

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ekonomická analýza životního cyklu produktu

Economic Life Cycle Cost Analysis of the Product

STUDIJNÍ PROGRAM

Řízení rozvojových projektů

STUDIJNÍ OBOR

Projektové řízení inovací v podniku

VEDOUcí PRÁCE

Doc. Ing. Jan Vlachý Ph.D.

VAŇKOVÁ

MICHAELA

2018

VAŇKOVÁ, Michaela. Ekonomická analýza životního cyklu produktu. Praha: ČVUT 2018.
Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších
studií.



**MASARYKŮV ÚSTAV
VYŠŠÍCH STUDIÍ
ČVUT V PRAZE**

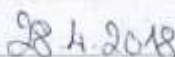

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	Vařková	Jméno:	Michaela	Osobní číslo:	426181
Fakulta/ústav:	Masarykův ústav vyšších studií (MÚVS)				
Zadávající katedra/ústav:	Oddělení ekonomických studií				
Studijní program:	Řízení rozvojových projektů				
Studijní obor:	Projektové řízení inovací				

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:	Ekonomická analýza životního cyklu produktu		
Název diplomové práce anglicky:	Economic Life Cycle Cost Analysis of the Product		
Pokyny pro vypracování:	<p>Cíl: Cílem DP je ekonomická analýza životního cyklu dvou vzájemně zastupitelných produktů a následně porovnání, respektive doporučení uživatelům.</p> <p>PŘÍNOS: Přínosem práce je zvýšení informovanosti zákazníků společností a možné využití v prodejní strategii.</p> <p>OSNOVA: 1. Úvod; 2. Teoretická část - životní cyklus produktu, náklady životního cyklu, technické specifikace produktů; 3. Praktická část - představení společností, LCC analýza, citlivostní analýza 4. Závěr</p>		
Seznam doporučené literatury:	<p>DHILLON, B. S. 2017. Life Cycle Costing for Engineers</p> <p>FREIBERG, František. Řízení nákladů životního cyklu produktu. Transfer inovací [online]. 2008, (11), 10-14 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: https://www.sj.f.tu.kz.sk/transferinovaci/pages/archiv/transfer/11-2008/pdf/10-14.pdf.</p> <p>VLACHY, Jan. Using Life Cycle Costing for Product Management. Management: Journal of Contemporary Management Issues. 2014</p>		
Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:	doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D., MÚVS ČVUT v Praze, oddělení ekonomických studií		
Jméno a pracoviště konzultanta(ky) diplomové práce:			
Datum zadání diplomové práce:	6. 12. 2017	Termín odevzdání diplomové práce:	4. 5. 2018
Platnost zadání diplomové práce:	30. 9. 2019		
			
Podpis vedoucí(ho) práce	Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	Podpis studenta(ky)	

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citovala a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této závěrečné práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne: 18. 05. 2018

Podpis:

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat Doc. Ing. Janu Vlachému Ph.D. za jeho cenné rady a odborné vedení při psaní této práce. Společnostem HYDAC spol. s r.o. a KOVOSVIT MAS, a.s., děkuji za poskytnutá data. Na závěr bych chtěla poděkovat své rodině za jejich podporu během celého studia.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je ekonomické porovnání dvou vzájemně zastupitelných produktů. Práce přechází od teoretického základu k praktickému řešení. Zkoumané produkty jsou hydraulické agregáty, které mají stejnou funkci, ale odlišné technologické a konstrukční provedení, přičemž jeden z hydraulických agregátů obsahuje frekvenční měnič. Podklady pro porovnání daných produktů byly získány na základě provedených zkoušek, čímž vznikla případová studie. Za daných podmínek byla provedena LCC analýza části životního cyklu obou produktů, citlivostní analýza a následné porovnání zakončené závěry.

Klíčová slova

Životní cyklus produktu, analýza nákladů životního cyklu, hydraulický agregát, obráběcí stroj, frekvenční měnič.

Abstract

The main goal of this diploma thesis is the economic comparison of two mutually substitutable products. The theoretical part of thesis describes life cycle of product and it is followed by the practical part. Examined products are hydraulic power units which has the same function but different technological and constructional design. Only one of the examined hydraulic aggregates includes a frequency converter. The case study was made based on experimental measuring. At the end of this thesis the LCC analysis of two parts of cycle was made and conclusions were made too.

Key words

Product life cycle, life cycle cost analysis, machine tool, hydraulic power unit, frequency converter.

Obsah

Úvod	5
1 OBECNÁ VÝCHODISKA	8
1.1 Úrovně produktu.....	8
1.2 Členění produktů.....	9
1.2.1 Spotřební produkty.....	9
1.2.2 Průmyslové produkty	10
1.3 Životní cyklus produktu.....	11
1.3.1 Koncepce a stanovení požadavků	11
1.3.2 Návrh a vývoj	12
1.3.3 Výroba	12
1.3.4 Provoz.....	12
1.3.5 Ukončení životnosti	12
2 STRUKTURA NÁKLADŮ	13
2.1 Členění nákladů	14
2.1.1 Druhové členění nákladů.....	14
2.1.2 Účelové členění nákladů.....	14
2.1.3 Náklady podle závislosti na změnách objemu výroby	15
2.1.4 Náklady podle spotřebovaných vstupů.....	15
3 NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU PRODUKTU	16
3.1 Přínosy analýzy nákladů životního cyklu	17
3.2 Princip	17
3.3 Oblasti řízení nákladů životního cyklu produktu.....	19
3.4 Aplikace metody LCC.....	20
3.5 Kalkulace nákladů životního cyklu produktu.....	21
3.6 Analýza citlivosti	22
3.6.1 Průběh citlivostní analýzy.....	22

4	ZKOUMANÝ PRODUKT	24
4.1	Hydraulické stroje.....	25
4.1.1	Rozdělení hydraulických strojů	27
4.1.2	Parametry hydraulických strojů	30
4.1.3	Zubové stroje	32
4.2	Elektromotor	34
4.2.1	Asynchronní motor.....	35
4.2.2	Frekvenční měnič	35
4.3	CNC obráběcí stroje.....	37
4.3.1	Soustruh.....	38
5	CHARAKTERISTIKA PRODUKTU.....	41
5.1	Základní charakteristika zkoumaného produktu	41
5.1.1	Charakteristika podniku HYDAC	43
5.2	Charakteristika zkušebního stroje	45
5.2.1	Charakteristika podniku Kovosvit MAS	46
5.3	Případová studie.....	47
6	ANALÝZA LCC	50
6.1	Aplikace LCC modelu.....	53
6.1.1	LCC analýza původního agregátu.....	54
6.1.2	LCC analýza nového agregátu.....	58
6.2	Citlivostní analýza	63
	Závěr	68
	Seznam použité literatury	70
	Seznam obrázků	73
	Seznam tabulek	75
	Seznam příloh	76

Úvod

Tato diplomová práce má za cíl na základě ekonomické analýzy provést porovnání dvou vzájemně zastupitelných produktů. Jeden z produktů je opatřen frekvenčním měničem. Toto zařízení slouží ke změně otáček elektromotorů, kterých je součástí. Při využití této technologie dochází ke zlepšení řízení procesu, optimalizaci provozu a snížení mechanického opotřebení u sestav řízených motory. Díky využití tohoto zařízení je především možné snížit spotřebu energie během provozní fáze životního cyklu produktu. V dnešní době, kdy vyspělé země stále zvyšují svou spotřebu energie, je zapotřebí dbát na zamezení plýtvání touto komoditou. Kdyby všechna zařízení, kde je možné implementovat frekvenční měnič, jej využívala, mohlo by dojít celosvětově k 10% snížení spotřeby elektrické energie. (Danfoss, 2017)

Jak již bylo řečeno, jeden z produktů je opatřen frekvenčním měničem. V rámci této ekonomické analýzy dojde k porovnání s produktem, který vykonává stejnou funkci, ovšem není na něm aplikován frekvenční měnič. K těmto účelům byly zvoleny hydraulické agregáty společnosti HYDAC spol. s r.o., která se specializuje na hydraulické stroje. Tento druh produktu byl pro tuto práci vybrán, jelikož hydraulické stroje zaujímají v dějinách jedinečné místo. Každá nová či zaniklá civilizace byla spjata s využíváním vody, kterou se v přírodě snažil člověk využít ve svůj prospěch, prostřednictvím hydraulickým strojům. Jako první byla kinetická energie kapaliny využita k získání mechanické práce u plovoucích mlýnů v Asii s vodními koly na principu spodní vody. Tento princip vodního motoru se později kolem 2. století před naším letopočtem rozšířil do Řecka a následně do dalších evropských zemí. Čerpání vody pomocí polohové složky energie se využívala k naplnění gravitačních akvaduktů, kde bylo zapotřebí pomocí vahadel, vodních kol nebo rumpálů, zvedat vodu v otevřených nádobách. Tlaková složka energie byla využita k čerpání již ve starověku, což dokazují archeologické vykopávky v Pompejích, kde byla nalezena kovová pístová čerpadla s kulovými ventily. Doba se posunula dále a v současné době se tato technologie přeměny hydraulické práce na práci mechanickou využívá stále. Existují však nové technologické postupy a řešení daných strojů. Rozšířila se i škála pracovních kapalin stejně tak, jako obory v nichž hydraulické stroje nacházejí své uplatnění. (Bláha, a další, 1992)

Tato diplomová práce je rozdělena na dvě části, na část teoretickou a část praktickou. V teoretické části je nejprve definován produkt, se kterým je spjat termín

životní cyklus. Životní cyklus je zde rozčleněn do fází, které jsou zde následně popsány v návaznosti na jejich ekonomickou stránku. Další kapitola definuje ekonomický pojem náklad a posléze člení jednotlivé náklady podle daných specifik. Díky předchozím kapitolám, je podán teoretický podklad pro další kapitolu, která se věnuje hlavnímu tématu této práce, což jsou náklady životního cyklu produktu. Zde je popsána definice pojmu nákladů životního cyklu, její princip, přínosy, aplikace a její kalkulace. K této kapitole se váže analýza citlivosti, která je zde vysvětlena a následně uveden její postup. Pro zasvěcení do problematiky hydraulických agregátů, zde byla zařazena kapitola, která se týká hlavních součástí a principů těchto strojů. Dojde zde k popisu hydraulických strojů, motorů, frekvenčních měničů a CNC strojů. Krátký teoretický podklad k CNC strojům zde byl zařazen, jelikož zkoumané hydraulické agregáty nelze testovat jako samostatné jednotky. Pro naše účely byl vybrán CNC obráběcí stroj, kam byly tyto hydraulické agregáty implementovány. Na základě měření byla stanovena případová studie a za daných podmínek je řešena tato diplomová práce. Nyní se už dostáváme do praktické části, kde jsou charakterizovány zkoumané produkty. V dalších částech práce je posléze provedena ekonomická analýza těchto produktů, citlivostní analýza a porovnání produktů ukončené závěry.

TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNÁ VÝCHODISKA

Produkt je prostředkem k uspokojení lidské potřeby. Pokud mluvíme o produktu, tak tím myslíme jakýkoliv statek uspokojující potřeby, který může být nabídnut na trhu. Produkt není omezen jen jako fyzický předmět, ale mohou to být i nehmotné předměty jako jsou služby. (Kotler, a další, 2003 str. 32)

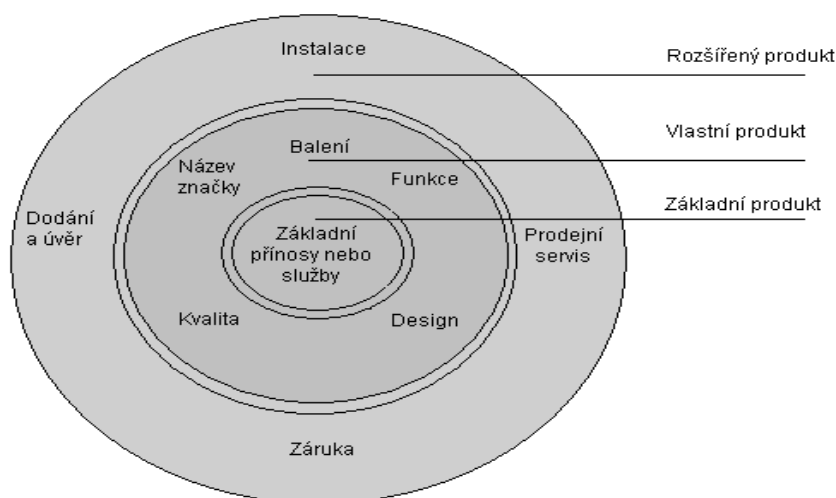
Přesná definice produktu podle Kotlera (2007, str. 615) zní: „Veškeré výrobky, služby, ale i zkušenosti, osoby, místa, organizace, informace a myšlenky, tj. vše, co se může stát předmětem směny, použití či spotřeby, co může uspokojit potřeby a přání.“

V dnešní době velké nabídky se produkty stávají něčím víc, než jenom charakteristickými rysy zboží či služby. Produkty v sobě obsahují i to, co znamenají pro spotřebitele a podle toho se rozhodují nad koupí daného produktu, zda jim to přinese i něco navíc, než jen základní uspokojení potřeby. (Kotler, a další, 2003 str. 382)

1.1 Úrovně produktu

Každý produkt má své úrovně neboli vrstvy, díky kterým si daný produkt, zákazník kupuje. Zákazník nehodnotí produkt jenom podle fyzického hlediska či pouze dle technických kvantitativních a kvalitativních vlastností. (Tomek, a další, 2009 stránky 77-78) Každá další vrstva nad rámec základní vlastnosti produktu, zvyšuje hodnotu produktu pro zákazníka. (Kotler, 2007 stránky 615-617)

Obrázek 1 Úrovně produktu



Zdroj: (Kotler, a další, 2003 str. 387)

Kotler (2007, str. 616-617) člení produkt do tří pomyslných úrovní. První vrstvou, která je hlavním důvodem koupě daného produktu, je jádro produktu. Jádro produktu tedy obsahuje základní funkci, kvůli které si zákazník produkt kupuje. Další vrstvou je vlastní produkt, což obsahuje úroveň kvality, design, styl, značku, balení i doplňky. Poslední vrstvou produktu tvoří rozšířený výrobek. Tato vrstva rozšiřuje produkt o služby, které si zákazník spolu s produktem kupuje. Může se jednat o instalaci, prodejní servis, záruky nebo formy financování a dodání.

1.2 Členění produktů

Produkty lze členit podle více kritérií a to například podle trvanlivosti, hmatatelnosti, potřeb zákazníků, atp. V této práci je rozdělíme na dvě základní skupiny podle spotřebitelů, kteří je používají a to na produkty spotřební a průmyslové. (Kotler, a další, 2003 stránky 387-390)

1.2.1 Spotřební produkty

Spotřební produkty si zákazníci kupují pro uspokojení vlastních potřeb. Dále pak se tyto produkty člení na rychloobrátkové zboží, na speciální výrobky a na zboží dlouhodobé spotřeby. Tyto skupiny se od sebe liší způsobem nákupního chování zákazníků, a jaký marketingový přístup se při nabízení daných produktů využívá. (Kotler, 2007 stránky 617-621)

1.2.2 Průmyslové produkty

Průmyslové výrobky jsou na rozdíl od spotřebních výrobků určeny k dalšímu zpracování nebo jsou pak dále obchodovány na trhu. V rámci průmyslových výrobků rozlišujeme tři skupiny průmyslových produktů. Materiály a součásti, dodávky a služby a kapitalizované položky. (Kotler, a další, 2003 stránky 389-391)

Obrázek 2 Schéma členění průmyslového produktu



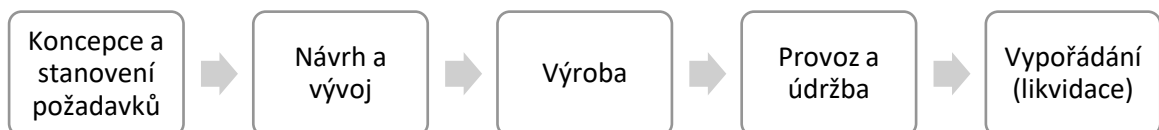
Zdroj: (Kotler, 2007 str. 619)

1.3 Životní cyklus produktu

Každý produkt během své existence prochází několika fázemi, které se souhrnně označují jako životní cyklus produktu. Průběh ani délka nejsou nikomu dopředu známe. Každá společnost se snaží o to, aby životní cyklus daného produktu byl co nejdelší, aby docházelo k zisku, který pokryje všechna rizika a úsilí vynaložená při uvádění produktu na trh. (Kotler, 2007 stránky 687-688)

Pro tuto práci je důležitá znalost životního cyklu produktu, jelikož v každé etapě jsou činnosti, které jsou spojeny se spotřebou zdrojů, což jsou náklady společnosti. Dále pak je důležité uvědomění si vztahu daných činností k bezporuchovosti, výkonnosti, udržitelnosti a k dalším znakům vztahujících se k nákladům životního cyklu. (Čorňák, a další, 2010 stránky 79-80)

Obrázek 3 Životní cyklus produktu



Zdroj: Upraveno (Čorňák, a další, 2010 stránky 79-80)

1.3.1 Koncepce a stanovení požadavků

V první fázi životního cyklu produktu je zapotřebí ověřit potřebu vyrábět daný produkt a jaké požadavky mají zákazníci. Zda investovat do daného produktu je na uvážení investora, jestli jsou přínosy plynoucí z dané investice dostačující. Přínosy z investice nemusejí být pouze finanční podoby, ale také například přínosy sociální, strategické, produktivní apod. Druhým aspektem pro přijetí rozhodnutí o investici mohou být nákladové, kvalitativní nebo časové povahy. Je zde i potřeba uvážit, zda je možné uspokojit potřeby klienta. (Freiberg, 2008 stránky 12-13)

1.3.2 Návrh a vývoj

Fáze návrhu a vývoje přenáší požadavky a potřeby zákazníků do koncepčního návrhu. Po stanovení odhadu přínosů a nákladů, dále pak analýzy nákladů životního cyklu produktu a následné analýzy rizik se dále uváží, zda se bude pokračovat na daném produktu. Další možností je, že se celý projekt zpozdí nebo úplně zamítne.

V rámci vývojové etapy produktu se požadavky klienta přetvoří do funkčních požadavků. Především na základě dvou hledisek se vybere ta nejlepší varianta návrhu. Prvním hlediskem pro rozhodnutí o variantě návrhu je riziko. Druhým hlediskem jsou přínosy a to jak finanční povahy, tak i nefinanční. *„Je třeba systematické analýzy pro zdůvodnění variant návrhů produktu a jejich důsledků na provozní náklady a náklady údržby vyvíjeného produktu a na životní prostředí“.* (Freiberg, 2008 stránky 12-13)

1.3.3 Výroba

V rámci výrobní fáze musí již existovat detailní kalkulace nákladů daného produktu a všechny podklady pro tuto kalkulaci musí být ověřeny, jelikož v této fázi se produkt ztvárňuje společně s jeho uživatelskými charakteristikami. (Freiberg, 2008 stránky 12-13)

1.3.4 Provoz

Během provozní fáze produktu je nutné kontinuálně aktualizovat analýzy životních nákladů produktu v návaznosti na změny, které nastaly, načež navazuje i aktualizace analýzy rizika, která je také potřeba. (Freiberg, 2008 stránky 12-13)

1.3.5 Ukončení životnosti

V rámci provozní fáze produktu je možné, že nastane konec jeho ekonomické životnosti. K tomuto zjištění nám mohou pomoci ekonomické měřítka výkonosti. Pokud tato skutečnost nastane, tak je nutné rozhodnout o změně, díky které dojde k ukončení životnosti produktu. (Freiberg, 2008 stránky 12-13)

2 STRUKTURA NÁKLADŮ

K zvyšování výkonnosti podniku se nejčastěji využívají aktivity vedoucí k optimalizaci nákladů. (Popesko, a další, 2016 stránky 27-28) Náklady jsou jednou ze základních ekonomických veličin, protože jsou spojeny s každým procesem, každou činností, každým produktem. Což z pravidla nelze říci o jiných ekonomických veličinách. Náklady jsou cenou využívání vlastních zdrojů (lidských, finančních, hmotných, nehmotných) nebo nakupovaných zdrojů a služeb. (Zralý, a další, 2014 str. 25) Náklady jsou podle jednotlivých uživatelů chápány odlišnými způsoby. Náklady jsou ve finančním a manažerském účetnictví chápány jinak a proto jsou náklady členěny na dvě základní skupiny:

- 1) Finanční pojetí nákladů, uplatňované v rámci finančního účetnictví.
- 2) Manažerské pojetí nákladů, které se uplatňuje v manažerském účetnictví.

Ve finančním pojetí nákladů jsou náklady chápány jako úbytky ekonomického prospěchu, což je zachyceno přírůstkem dluhů nebo úbytkem aktiv, což vede ke snížení vlastního kapitálu v hodnoceném období. *„Finanční účetnictví tedy pojímá náklady jako spotřebu externích vstupů evidovaných v účetním systému.“* Náklady jsou zde vyjádřeny v účetních cenách, neboli v cenách za která byla daná aktiva pořízena, anebo jsou evidovány v hodnotě nárůstu pasiv. Finanční pojetí nákladů je určeno spíše pro externí uživatele, protože spíše vyhovuje jejich potřebám. (Popesko, a další, 2016 stránky 27-28)

Manažerské pojetí nákladů je adresováno interním uživatelům podniku, kteří musí rozhodovat o procesech spojenými s náklady jako je například plánování, rozhodování, kontrolování činností. (Hradecký, a další, 2008 str. 22) V manažerském pojetí nákladů se přesně jedná o takové náklady, které jsou hodnotově vyjádřeny s účelným vynaložením ekonomických zdrojů podniku a zároveň účelově souvisí s ekonomickou činností. (Popesko, a další, 2016 stránky 27-28)

Každý podnik by měl znát všechny náklady jednotlivých produktů, jelikož bez této znalosti nelze stanovit například reálnou cenu produktu, budoucí výnosy atp. (Kavan, 2002 stránky 60-61)

2.1 Členění nákladů

Abychom v rámci podniku mohli řídit náklady a tím dosahovali vyšších zisků, musíme správně třídit naše náklady. Třídit náklady lze podle několika hledisek. Náklady můžeme třídit podle účelu, podle činností, podle původu vstupů, které jsme spotřebovali, podle druhu, podle závislosti nákladů v návaznosti na změnu objemu výroby aj. (Synek, a další, 2010 stránky 38-39)

2.1.1 Druhovému členění nákladů

Za nákladové druhy označujeme takové činitele, které vstupují z vnějšího okolí do reprodukčního procesu. Všechny druhy by měly mít společné znaky. Jedním z těchto znaků je, že se jedná o náklady prvotní, dále pak tyto náklady nejsou časově rozlišené a jejich původ je externí. Díky tomuto rozdělení nákladů lze podnik charakterizovat jako celek ve vztahu k jejich dodavatelům. (Vochozka, a další, 2012 str. 74)

Můžeme si uvést základní nákladové druhy:

- finanční náklady,
- spotřeba materiálu,
- použití a spotřeba externích služeb a prací,
- mzdové a ostatní osobní náklady zároveň se zdravotním a sociálním pojištěním pracovníků,
- odpisy nehmotného a hmotného investičního majetku.

Tyto nákladové druhy lze podle svého charakteru zařadit do tří skupin nákladů a to finanční náklady, provozní náklady a mimořádné náklady. Toto rozdělení je podobné jako ve výkazu zisku a ztrát. (Vochozka, a další, 2012 str. 74)

2.1.2 Účelové členění nákladů

V této kategorii třídění nákladů se využívá dvojí klasifikace nákladů podle účelu. První skupinou je třídění podle útvarů a další je podle výkonů. Střediska jsou typickým vnitropodnikovým útvarem. Střediskem rozumíme vymezenou část podniku jako je například dílna, slévárna atd. Tato střediska vykazují své náklady, za které odpovídají, což lze definovat jako nákladová střediska. U malých podniků je možné, že nejsou členěny na střediska, a proto se zde využívá pouze třídění nákladů podle výkonu neboli kalkulační třídění. (Synek, a další, 2010 stránky 40-41)

Náklady, které jsou evidovány za dané středisko, spadají do kategorie nákladů podle útvaru. Tato skupina bývá označována jako odpovědnostní účetnictví, jelikož střediska mají odpovědnost za vzniklé náklady. Jednicové náklady střediska jsou takové náklady, které lze přímo přiřadit určitému nákladovému středisku. Ty náklady, které nelze přímo přiřadit ke středisku, nazýváme jako střediskové náklady nebo také jako režijní náklady střediska. Každé středisko (podnik, závod) má svůj rozpočet, který obsahuje rozlišení režijních nákladů na výrobní, materiálové, odbytové a správní. (Synek, a další, 2010 stránky 40-43)

Třídění nákladů podle výkonů nebo také kalkulační třídění nákladů eviduje náklady, které jsou spojeny s nositeli nákladů, což jsou výrobky či služby. Díky tomuto třídění lze v podniku určit, co stojí za vznikem nákladů a co je výsledkem dané činnosti. V této skupině nákladů lze rozlišovat další dvě kategorie nákladů, a to přímé a nepřímé náklady. V případě přímých nákladů lze jednoznačně přiřadit daný náklad k jednotlivým výrobkům. Naopak u nepřímých nákladů nelze jednoznačně přiřadit náklad určitému výrobku. Nepřímé náklady obsahují položky, které bývají souhrnné pro celý chod útvaru. (Synek, a další, 2010 stránky 40-43)

2.1.3 Náklady podle závislosti na změnách objemu výroby

Náklady, které lze definovat podle hlediska závislé na objemu výroby, můžeme primárně rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinou jsou náklady variabilní. Variabilní náklady klesají s nižším objemem výroby a stoupají s vyšším objemem výroby. Vývoj variabilních nákladů je závislý na objemu výroby. Druhou skupinou jsou náklady fixní, které jsou stálé. (Váchal, a další, 2013 stránky 209-210)

2.1.4 Náklady podle spotřebovaných vstupů

V rámci členění nákladů podle spotřebovaných vstupů lze rozlišovat dvě skupiny.

V první skupině jsou zahrnuty náklady, které mají externí původ, jež nazýváme prvotní náklady nebo také externí náklady. Druhotné neboli interní náklady vznikají při spotřebě vnitropodnikových výkonů jako například při výrobě nářadí pro vlastní spotřebu nebo při výrobě páry. Pro tento druh nákladů je typické, že mají komplexní charakter, což znamená, že jsou založeny na základě původních nákladových druhů. (Synek, a další, 2010 stránky 44-45)

3 NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU PRODUKTU

Při pořizování zboží dlouhodobé spotřeby, kde jsou vysoké pořizovací náklady, by neměla být v koupi rozhodující pouze cena daného výrobku. Nízké počáteční náklady za daný produkt nezaručují nízké celkové náklady. (Vlachý, 2014)

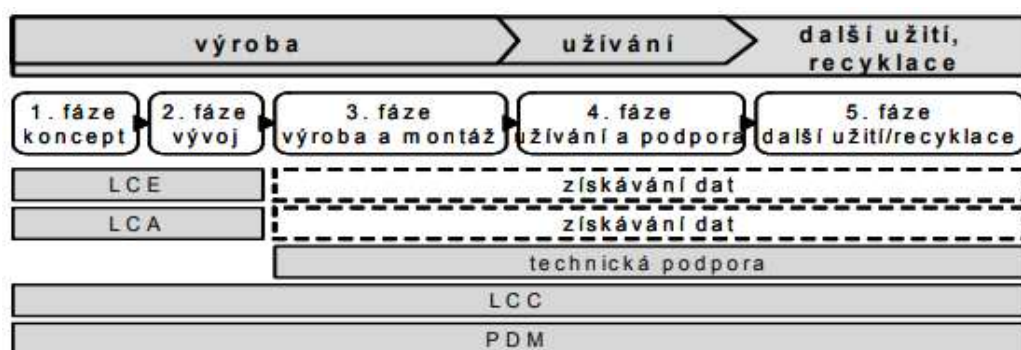
Definice nákladů životního cyklu produktu není v literatuře jednoznačná. Jedna z definic, která definuje, co si pod pojmem náklady životního cyklu představit je následující „Náklady životního cyklu produktu jsou sumou všech nákladů vynaložených na podporu produktu od jeho koncepce a výroby přes jeho provoz až do konce jeho ekonomické životnosti.“ (Woodward, 1997)

Původně byla tato metoda vyvinuta pro účely zadávání veřejných zakázek pro ministerstvo obrany a v současné době se využívá v oblasti vojenské a ve stavebním průmyslu. (Vlachý, 2014)

Analýza nákladů životního cyklu produktu je zaměřená na komplexní posouzení nákladů daného produktu od první etapy návrhu, až po ukončení jeho cyklu likvidací. Je zde možnost zanalyzovat jednotlivé etapy produktu po ekonomické stránce v rámci celého životního cyklu produktu a zjišťovat zde vztah mezi jednotlivými nákladovými položkami zacílené na výběr optimální varianty produktu. Tento přístup se uplatní zejména v podnicích, které využívají takové produkty, které v užívání spotřebovávají velké množství dalších zdrojů. (Freiberg, 2008 stránky 10-11)

Tato metoda je vhodná pro implementaci do procesu vývoje nového produktu pro lepší představu zákazníka o jiných, než pořizovacích nákladech produktu, což může být pro zákazníka rozhodujícím parametrem. (Freiberg, 2008 stránky 10-11)

Obrázek 4 Prvky managementu životního cyklu produktu



LCE - Life Cycle Engineering), LCA - Life Cycle Assessment, LCC - Life Cycle Costing), PDM - Produkt Data Management.

Zdroj: (Freiberg, 2008 str. 10)

3.1 Přínosy analýzy nákladů životního cyklu

Analýza nákladů životního cyklu produktu má své výhody, které ocení nejen společnosti, ale i uživatelé daného produktu. Základní výhody této metody jsou podle Schneiderové Heralové (2011, str. 16) v následujících aspektech:

- o celkový přehled o nákladech,
- o možnost plánovat budoucí výdaje,
- o porovnání s konkurenčními variantami,
- o schopnost optimalizovat a ovlivňovat budoucí náklady v etapě návrhu,
- o představa o budoucích provozních nákladech.

3.2 Princip

Rozdíl mezi konvenčním účetním řízením a metodou analýzy nákladů životního cyklu produktu je ve sledování nákladů, získávání a zároveň evidenci nákladů během daného životního cyklu produktu. Konvenční metody mohou tato data shromažďovat mnoho let. Metoda nákladů životního cyklu produktu kalkuluje se všemi náklady, které se vyskytnou od fáze vývoje až do poslední fáze likvidace. (Vlachý, 2014)

V rámci konvenčního ocenění produktu se kalkuluje s náklady prvního a druhého typu, což bývají přímé a nepřímé náklady (viz tabulka). Metoda nákladů životního cyklu produktu ovšem kalkuluje i s dalšími typy nákladů jako jsou náklady nehmotné a především v oblasti veřejných zakázek se usiluje o zapojení i tzv. externalit. Tato metoda má výhody především z dlouhodobého hlediska, kde není u rozhodování o koupi důležitá pouze počáteční cena, ale další náklady, které jsou vynaloženy v průběhu životního cyklu produktu. (Vlachý, 2014)

Tabulka 1 Druhy nákladů v LCC

Typy nákladu	Popis
1. Přímé	Přímé náklady na kapitálové investice, práce, materiál, likvidaci odpadu. Mohou zahrnovat opakované a jednorázové náklady.
2. Nepřímé	Nepřímé náklady nejsou přiděleny k produktu nebo procesu (režie). Mohou zahrnovat opakované a jednorázové nákladů.
3. Nepředvídané	Nepředvídané náklady obsahují položky jako pokuty a sankce, zranění osob nebo odpovědnost za škody na majetku, narušení výroby nebo služeb, reakce na konkurenci atd.

4. Nehmotné	Je obtížné měřit tyto náklady, zahrnují věrnost zákazníků, pracovní morálka, vztahy s veřejností, firemní image...
5. Externality	Náklady nesené ostatními stranami než jsou přímo zapojeny do životního cyklu (např. společnost).

Zdroj: (Vlachý, 2014)

3.3 Oblasti řízení nákladů životního cyklu produktu

Existují tři základní oblasti, které se týkají řízení nákladů životního cyklu produktu od jeho zrození, až po zánik. První oblastí jsou náklady daného podniku, který daný produkt vyrábí, dále pak oblast nákladu uživatele produktu a poslední oblastí jsou náklady společnosti. Jednotlivé nákladové položky jsou graficky znázorněny na obrázku číslo 5 níže. (Freiberg, 2008 stránky 11-12)

Toto pojetí si klade za cíl maximalizovat hodnotu produktu a zároveň zachovat stávající náklady výrobce, společnosti a uživatele. Náklady výrobce zahrnují takové položky, které jsou evidovány od fáze plánování s následnou konstrukcí, vývojem, výrobou, montáží, distribucí až po případný servis. Jsou to tedy úkony od prvního požadavku, až po expedici produktu zákazníkovi. V oblasti nákladů uživatele jsou zde nákladové položky, které souvisí s činnostmi, které provádí uživatel, což je od fáze dodání produktu až do okamžiku, kdy produkt ukončí svou ekonomickou životnost a zde končí vlastnictví produktu. Mohou sem spadat takové nákladové položky, které se týkají likvidace a recyklace prováděné uživatelem produktu. V poslední oblasti nazývané jako náklady společnosti, můžeme nalézt náklady, které jsou spojeny s užíváním produktu, tedy náklady týkající se bezpečné likvidace a recyklace. Jsou zde zejména náklady týkající se recyklace materiálů a následné náklady na minimalizaci dopadu na životní prostředí. (Freiberg, 2008 stránky 11-12)

Obrázek 5 Oblasti nákladů v rámci životního cyklu produktu



Zdroj: (Freiberg, 2008 str. 11)

3.4 Aplikace metody LCC

Tato metoda se využívá v situacích, kdy je potřeba nalézt výhodné řešení daného problému z několika alternativ. Podle Freiberga (2008 str. 12) lze tuto metodu využít v těchto situacích: „*Hodnocení alternativ provozních scénářů produktu, koncepčních řešení údržby a logistické podpory, konstrukčních konfigurací produktu, způsobů výroby produktu, způsobů distribuce a přepravy produktu, způsobů likvidace a recyklace produktu.*“ Aby byla tato metoda úspěšná, je zapotřebí spolupráce a výměna informací mezi jednotlivými partnery, kteří působí v daném životním cyklu produktu. Je zde zapotřebí informací ohledně komponentů a materiálů, servisních nákladů, provozní strategií a struktur výrobku. Aby docházelo k redukci nedostatku informací ohledně životního cyklu produktu, je zapotřebí zvolit a aplikovat vhodné metody, strategie a nástroje. (Freiberg, 2008 str. 12)

Úspěšnost této analýzy závisí na zvolení vhodných dat a jejich dostupnosti, které budou zapotřebí z různých aktivit a oblastí. Historická data jsou důležitým zdrojem informací, ale tato data nelze vždy využít a nemusejí být dostupná. Další data, která se mohou využít v této metodě, jsou získána prostřednictvím predikce určitých trendů v technologiích, na trhu konkurence, v odvětví, profesionálních dovednostech a znalostech, odborném tisku, prognózy poptávky, výzkumů atd. (Freiberg, 2008 str. 12)

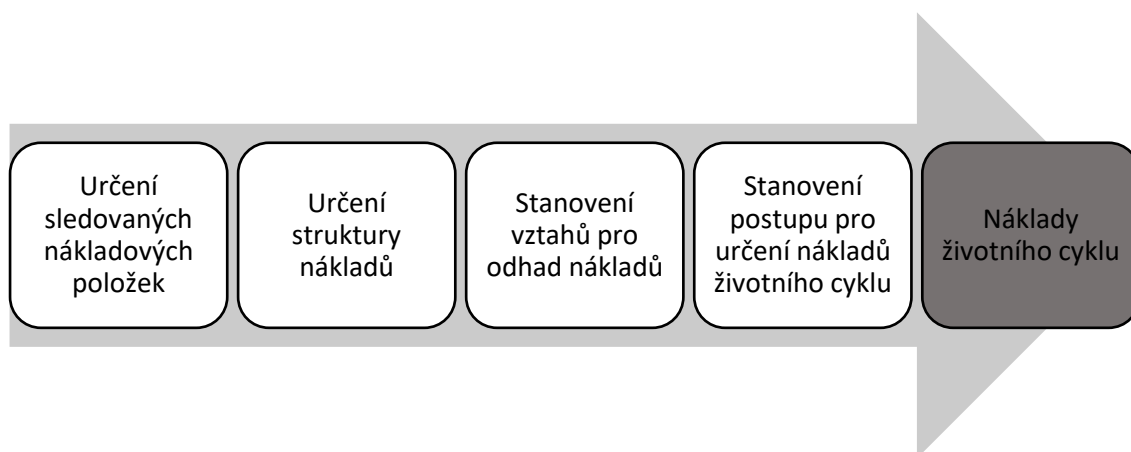
3.5 Kalkulace nákladů životního cyklu produktu

Stanovení kalkulace nákladů životního cyklu produktu lze chápat jako proces, který prochází několika fázemi produktu (viz kapitola: 1.3 Životní cyklus produktu). V kalkulaci se musí objevit položky ze všechny následující etap životního cyklu produktu:

- o etapa identifikace požadavků klienta,
- o etapa vývoje,
- o etapa výroby,
- o etapa provozu,
- o etapa konce ekonomické životnosti.

Všechny nákladové položky, které sledujeme, zahrnují takové náklady, které vzniknou již ve fázi pořízení produktu až po náklady spojené s koncem životnosti produktu, čímž myslíme samotnou likvidaci produktu. Je zapotřebí strukturovat položky nákladů tak, aby bylo možné odhalit potenciální vazby mezi jednotlivými položkami, což poslouží k nalezení optimální míře životního cyklu produktu. V závislosti na tom, o jaký produkt se jedná, tak se může struktura položek lišit, měla by ovšem umožnit kalkulaci nákladů životního cyklu. Vyjádření nákladových položek jako funkci jedné či více nezávislých proměnných je cílem odhadu nákladových závislostí. V poslední fázi kalkulace se stanoví metoda, díky níž se formulují náklady životního cyklu. (Freiberg, 2008 str. 12)

Obrázek 6 Postup kalkulace nákladů životního cyklu



Zdroj: (Freiberg, 2008 str. 13)

3.6 Analýza citlivosti

Tato analýza se provádí, aby se zjistily dopady v okamžiku, kdy se pozmění vstupní data. Výsledné změny se pozorují na veličinách, které rozhodují o budoucnosti investice, což může být například metoda vnitřního výnosového procenta, metoda čisté současné hodnoty apod. Zároveň se ty vstupy, které mají největší vliv na úspěšnost dané investice, označí, aby se pravidelně pozorovaly a byla jim věnována vyšší pozornost v oblasti řízení. Výsledky z citlivostní analýzy jsou důležitou oporou pro rozhodování o investici a zároveň jsou nepostradatelné i v provozní části, kdy si jsme vědomi vstupů, které mohou negativně ovlivnit danou investici. (Scholleová, 2009 str. 165)

3.6.1 Průběh citlivostní analýzy

Citlivostní analýza se provádí tak, že se sleduje veličina X v okamžiku, když se změní parametr Y, abychom viděli citlivost X při změně Y, tak ostatní parametry neměníme. Nejčastěji se provádí sledování na relativních změnách parametrů, což znamená, že se dozvíme, o kolik procent se nám změnila veličina X, když se změnil vstupní parametr Y o jedno procento. (Scholleová, 2009 str. 165)

Citlivostní analýza se podle Scholleové (2009, str. 165-168) provádí v pěti následujících krocích:

1. identifikují se sledované veličiny,
2. zhodnotí se předvídatelnost sledovaných veličin,
3. odhadne se rozmezí, ve kterých se vstupní veličiny budou pohybovat,
4. provede se vlastní analýza citlivosti,
5. vytvoří se výstupy a interpretují se.

Identifikace sledovaných veličin

V prvním kroku je zapotřebí stanovit kvantifikovatelné parametry, jež přímo ovlivňují do tvorby rozhodovacího kritéria. Tyto parametry bychom měli vybrat bez ohledu na zvolenou techniku analýzy citlivosti. (Scholleová, 2009 str. 165)

Zhodnocení předvídatelnosti sledovaných veličin

Abychom měli kompletní představu o vstupech, tak je dobré provést hodnocení předvídatelnosti daných veličin, což nám ukáže ty veličiny, které je velmi obtížné přesně definovat a předvídat. (Scholleová, 2009 str. 166)

Odhad rozmezí vstupních veličin

V tomto kroku je zapotřebí odhadnout vstupní parametry v charakteristikách číselných a možné odchylky těchto parametrů prostřednictvím rozdělení nebo odhadem středních hodnot, které určíme jako nejpravděpodobnější možnost, která nastane anebo odhadnutím krajních hodnot. (Scholleová, 2009 str. 167)

Vlastní analýza citlivosti

Tento krok je typický tím, že musíme mít určenou sledovanou veličinu a všechny vstupní parametry, které na ni mohou mít vliv. Citlivostní analýza je postavena na předpokladu, že všechny vstupní veličiny jsou vzájemně nezávislé. To ovšem v reálném světě ve většině případů neplatí. K samotné analýze můžeme využít techniky simulační, numerické nebo analytické. (Scholleová, 2009 str. 167)

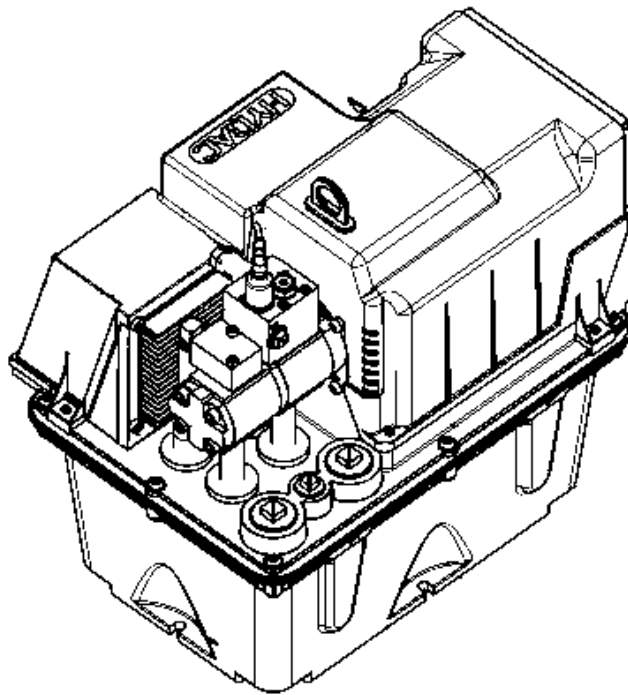
Tvorba výstupů a interpretace

Z citlivostní analýzy nám mohou vyjít grafy, kde bude vizuálně znázorněna závislost znaku na vstupních veličinách, tabulky s hodnotami, nebo vztahy. Naše výstupy by měly být uchopitelné jak pro tvůrce daných hodnot, tak i pro uživatele. Analýza citlivosti dále může obsahovat procentuální vyjádření pravděpodobnosti, s jakou lze očekávat danou změnu vstupů a jestli je možné tato rizika akceptovat. (Scholleová, 2009 str. 167)

4 ZKOUMANÝ PRODUKT

V této práci budeme porovnávat životní cyklus dvou produktů, které mají stejné využití, liší se ovšem konstrukční provedení, s čímž jsou spojené odlišné náklady v rámci životního cyklu daných produktů. Jedná se o hydraulické zařízení, jehož nejdůležitější součásti a principy, na jehož základech funguje, pro pochopení daného tématu si vysvětlíme v následujících podkapitolách. Na závěr této podkapitoly dojde k seznámení s CNC obráběcími stroji, jelikož měření zkoumaného produktu probíhalo během zapojení na tomto typu stroji. Během měření probíhal výrobní cyklus, který bude následně popsán a upřesněn, za jakých podmínek probíhal.

Obrázek 7 Hydraulický agregát



Zdroj: (HYDAC, 2018)

4.1 Hydraulické stroje

Hydraulické stroje jsou jedny z nejrozšířenějších pracovních a energetických jednotek, které jsou součástí technických zařízení. Tyto stroje mají širokou škálu uplatnění při různých lidských činnostech. Hydraulické stroje pracují na dvou základních principech a to buď na hydrostatickém, nebo hydrodynamickém principu. V obou případech dochází k přenosu energie prostřednictvím kapaliny.

Kapalina je u hydraulických strojů pracovním médiem. Kapalina může být objektem čerpání nebo může za určitých okolností být využita k mazání různých pohyblivých částí strojů, ale hlavně je nositelem hydraulické energie. Základní fyzikální vlastnosti kapaliny mají vliv na vlastnosti a parametry hydraulických strojů, především na jejich řešení, provoz a konstrukční provedení.

Plyny, páry a kapaliny jsou označovány pod pojmem tekutina. Proudění nestlačené tekutiny není na rozdíl od stlačených tekutin provázeno termodynamickými změnami dané proudící látky. Tyto změny souvisí s přeměnami mechanické a tepelné energie.

Pokud budeme uvažovat předpoklad, kdy se kapalině neodvádí nebo nepřivádí teplo, kapalinám se při změně tlaku o hodnotu $\pm \Delta p$ prakticky nemění vnitřní energie, takže její kapalina se prakticky nemění, což znamená $\Delta t = 0$, takže platí:

$$\Delta t \neq f(\pm \Delta p). \quad [K]$$

t ... teplota [K]

p ... tlak [Pa]

Díky této vlastnosti kapaliny hydraulické stroje dosahují vyšší účinnosti, než pneumatische stroje, jejichž pracovním médiem jsou stlačitelné tekutiny, pro něž platí vztah:

$$\pm \Delta t = f(\pm \Delta p). \quad [K]$$

t ... teplota [K]

p ... tlak [Pa]

Měrná hmotnost kapaliny neboli hustota závisí na stavových veličinách, což je teplota a tlak. Hustota kapalin je definována jako:

$$\rho = \frac{dm}{dV} = \frac{dm}{df(p,t)} \quad [\text{kg.m}^{-3}].$$

t ... teplota [K]

p ... tlak [Pa]

ρ ... hustota [kg.m⁻³]

Pokud dojde ke změně tlaku, tak hustota se mění velmi málo a to díky relativně malé stlačitelnosti kapalin. Ovšem při změně teploty kapaliny se změní její objem. Se vzrůstající teplotou kapaliny, objem kapaliny roste a měrná hmotnost klesá. Výjimkou pro tuto vlastnost je voda, kde se její objem od 0°C do teploty 3,98°C zmenšuje a při vyšších teplotách se opět zvětšuje. Objem měnící se s teplotou lze u kapalin popsat pomocí vztahu:

$$V = V_0[1 + \alpha(t - t_0)] \quad [\text{m}^3].$$

V ... objem kapaliny při teplotě t [m³]

V₀ ... objem téže kapaliny při teplotě t₀ [m³]

α ... teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny [K⁻¹]

t ... teplota, při které má kapalina objem V [°C]

t₀ ... teplota (vztažná), při níž je známá velikost objemu V₀ [m³]

S teplotou se hustota kapaliny mění přibližně podle vztahu:

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(t - t_0)] \quad [\text{kg.m}^{-3}]$$

ρ ... hustota kapaliny při teplotě t [kg.m⁻³]

ρ_0 ... hustota kapaliny při teplotě t₀ [kg.m⁻³]

(Melichar, a další, 2002 stránky 22-23)

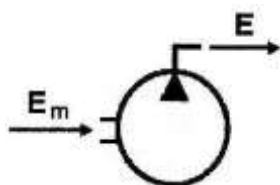
4.1.1 Rozdělení hydraulických strojů

Dělit hydraulické stroje lze podle různých hledisek jako například podle konstrukční a hydraulické koncepce, použití, charakteristických konstrukčních znaků, autorů řešení nebo podle velikosti parametrů stroje. Nejvhodnější rozdělení, které dělí stroje, je podle smyslu přeměny energie a podle způsobu přeměny energie ve stroji. (Melichar, a další, 2002 str. 19)

Rozdělení hydraulických strojů jak uvádí Melichar a kol. (2002, str. 19) podle smyslu přeměny energie na čtyři základní skupiny:

- 1) Čerpadla – jedná se o hydrogenerátory, které mění převáděnou energii mechanickou na energii hydraulickou

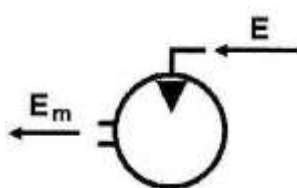
Obrázek 8 Schéma energetické přeměny u čerpadel



Zdroj: (Bláha, a další, 1992 str. 31)

- 2) Motory – lze je rozčlenit na primární a sekundární. Do primární skupiny patří turbíny a do sekundární skupiny hydromotory. Motory mění převáděnou energii hydraulickou na energii mechanickou.

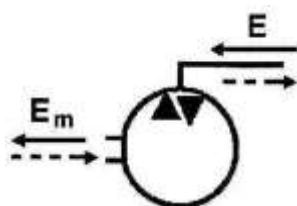
Obrázek 9 Schéma energetické přeměny u motorů



Zdroj: (Bláha, a další, 1992 str. 31)

- 3) Reverzibilní stroje – jedná se o čerpadlové turbíny a hydrogenerátory nebo hydromotory. Tyto reverzibilní stroje přeměňují energii v jednom stroji v obou směrech.

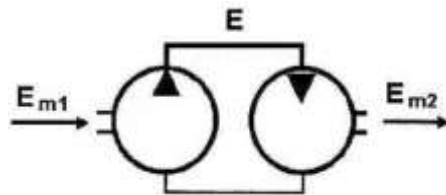
Obrázek 10 Schéma energetické přeměny u reverzibilních strojů



Zdroj: (Bláha, a další, 1992 str. 31)

- 4) Složená soustrojí - jedná se o hydraulické mechanismy, které zprostředkovávají přenos mechanické energie prostřednictvím hydraulické energie na jinou mechanickou energii. Pokud se jedná o přenos rotační energie, pak mluvíme o hydraulických převodech neboli měničích momentu. Když mluvíme o přenosu posuvné energie, tak mluvíme o hydraulických pohonech, jako jsou například hydraulické lisy. (Melichar, a další, 2002 stránky 19-20)

Obrázek 11 Schéma energetické přeměny u složených soustrojí



Zdroj: (Bláha, a další, 1992 str. 31)

Melichar a kol. (2002, str. 20) uvádí i druhé rozdělení hydraulických strojů, tentokrát podle principu činnosti stroje do tří základních skupin:

- Hydrostatické stroje – v rámci těchto strojů dochází k přeměně mechanické energie, kterou zde vykonává hřídel, na energii hydraulickou, jejíž nositelem je kapalina. Tento děj se může odehrávat i opačně. Tento proces se odehrává přímo na pracovním prvku daného stroje s absencí zprostředkujícího mezistupně, čímž je kinetická energie kapaliny. V činném prostoru stroje se utváří hydrostatický tlak kapaliny.
- Hydrodynamické stroje – tyto stroje přeměňují mechanickou energii na hydraulickou nebo opačně. Tyto děje probíhají na principu rotujících lopatkových oběžných kolech stroje a na základě změn momentu hybnosti protékající kapaliny.
- Speciální stroje – do této kategorie spadají například čerpadla elektromagnetická, proudová, periferální, čerpadla mamutová a vodní trkače. (Melichar, a další, 2002 str. 20)

Kapalina různých vlastností a druhů je v hydraulických strojích a potrubních systémech nositelkem hydraulické energie.

Hydraulická energie má dvě základní modifikace:

- 1) potenciální energie (polohová, tlaková),
- 2) kinetická energie (pohybová, rychlostní).

Tyto dvě modifikace jsou vzájemně vázány a vyskytují se ve všech bodech proudu při proudění kapaliny. *“Mírou energetického obsahu kapaliny je její měrná energie definovaná jako energie vztažená na jednotku hmotnosti 1 kg kapaliny.”* V jakémkoliv průtokovém průřezu je kapaliny celková měrná energie E určena sumou tlakové měrné energie E_p , kinetické měrné energie E_k a polohové měrné energie E_h :

$$E = E_p + E_h + E_k \quad [\text{J.kg}^{-1}]$$

Následující fyzikální veličiny nám pomohou k určení celkové měrné energie:

p ... absolutní statický tlak v kapalině	[Pa]
ρ ... měrná hmotnost v kapalině	[kg.m ⁻³]
g ... tíhové zrychlení ($g \approx 9,81 \text{ m.s}^{-2}$)	[m.s ⁻²]
h ... výška těžiště průtokového průřezu od základní vztažné roviny	[m]
c ... střední rychlost proudění v průřezech, v nichž se stanovuje tlak p	[m.s ⁻¹].

Celkovou měrnou energii můžeme vyjádřit vztahem:

$$E = \frac{p}{\rho} + g * h + \frac{c^2}{2} \quad [\text{J.kg}^{-1}].$$

(Melichar, a další, 2002 stránky 20-21)

4.1.2 Parametry hydraulických strojů

Mezi základní parametry hydraulických strojů patří měrná energie a průtok. Fyzikální zákony nám udávají tyto parametry. Jedná se o zákon zachování energie a zákon zachování hmotnosti.

Veličina průtoku je udávána jako potřebné množství protékající kapaliny, daného rozsahem a účelem jejího použití. Druhá základní veličina měrná energie, je dána možnostmi nebo potřebou hydraulického systému, ve kterém hydraulický stroj pracuje. Velikost stroje určuje veličina průtoku a energetický stav pracovní kapaliny definuje veličina měrné energie, která je směrodatná pro pevnostní dimenzování stroje.

Průtok určitého hydraulického stroje Q (m^3s^{-1}) se určí jako objem kapaliny, který proteče za jednotku času určitým průřezem stroje.

Měrná energie určitého hydraulického stroje E ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$) se určí jako rozdíl celkových měrných energií kapaliny mezi dvěma charakteristickými průřezy hydraulického stroje. Tuto veličinu lze vyjádřit dle vztahu:

$$E = \frac{\Delta p}{\rho} + \Delta h g + \frac{\Delta c^2}{2} \quad [\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}].$$

„Přiřadíme-li veličinám ve vstupním průřezu stroje index 1 a ve výstupním průřezu index 2, tak lze vyjádřit měrnou energii čerpadla“:

$$E = \frac{p_1 - p_2}{\rho} + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2} + g * y \quad [\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}].$$

p ... absolutní statický tlak v kapalině v charakteristickém průřezu	[Pa]
ρ ... měrná hmotnost v kapalině	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
g ... tíhové zrychlení ($g \approx 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)	[$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]
c ... střední rychlost proudění v průřezech, v nichž se stanovuje tlak p	[$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].
y ... svislá vzdálenost míst charakteristických průřezů, ke kterým jsou vztaženy hodnoty tlaku a rychlosti	[m]

Další důležitou veličinou je účinnost η , která nám udává hospodárnost přeměny energie v daném hydraulickém stroji. Její význam nabývá na významu s délkou jeho provozu a také s jeho velikostí. Účinnost nám vyjadřuje poměr mezi energií, která je do stroje přiváděná a energií, která je ze stroje užitečně odváděna, což by se dalo také říct, že je to rozdíl mezi příkonem a výkonem stroje. „Protože v reálném stroji dochází vedle záměrné, pro daný hydraulický stroj charakteristické, přeměně energie nutně i k transformacím energie z jedné formy na druhou, přičemž druhá se nedá z různých důvodů využít, platí vždy $\eta < 1$.“ Účinnost čerpadla lze popsat vztahem:

$$\eta = \frac{P_h}{P_m} = \frac{Q * \rho * Y}{M * \omega}$$

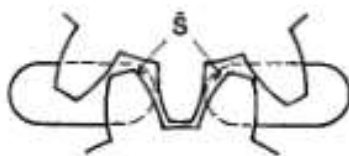
η ... účinnost stroje (celková účinnost)	[1]
P_m ... mechanický příkon (čerpadlo)	[W]
P_h ... hydraulický výkon (čerpadlo) někdy jako P jako užitný výkon	[W]
Q ... průtok	[m ³ .s ⁻¹]
ρ ... hustota kapaliny	[kg.m ⁻³]
Y ... měrná energie čerpadla	[J.kg ⁻¹].
M ... krouticí moment	[N.m]
ω ... úhlová rychlost ($\omega = 2.\pi.n$)	[s ⁻¹]
(Melichar, a další, 2002 stránky 30-32)	

4.1.3 Zubové stroje

Tento stroj, jež vykonává rotační pohyb pracovního prvku, je jedním z nejrozšířenějších z rychloběžných hydrostatických strojů, do kterých spadá námi zkoumaný produkt. Jejich nejčastější využití je jako čerpadlo neboli hydrogenerátory. Další méně využívanou možností těchto strojů, je využití jako hydromotor. „Bezventilový rozvod kapaliny u zubových strojů umožňuje reverzaci otáček i reverzibilitu přeměny energie, často vyžadované u mobilních hydraulických mechanismů.“ Zubová čerpadla jsou nejčastěji využívána při čerpání topných a mazacích olejů především díky jejich dobré samonasávací schopnosti a celkové jednoduchosti. Využití zubových strojů je nevhodné v případě znečištěných a málo mazivových kapalin. (Melichar, a další, 2002 stránky 110-113)

U zubových čerpadel existuje pojem škodlivý prostor, jež je dán u stroje v části, kde se mění objem a je to tvořeno vrcholovými a patními kružnicemi zubů, které jsou v záběru, jejich šířkou a boky, přičemž je zaplněn kapalinou. Škodlivý prostor se během záběru zubů mění, kvůli tomuto jevu dochází k tlakové pulsaci v kapalině, což zapříčiní hlučnost stroje. (Melichar, a další, 2002 stránky 110-113)

Obrázek 12 Škodlivý prostor u zubových strojů

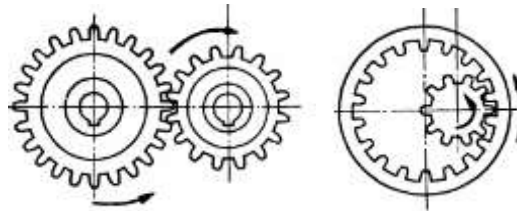


Zdroj: (Melichar, a další, 2002 str. 110)

Aby docházelo k zamezení hlučnosti stroje, tak se využívá tzv. odlehčovací kanálek umístěný do boční strany tělesa daného stroje, jež má za úkol tlumit pulsace díky propojení tlakové oblasti a škodlivého prostoru. Jelikož jsou součástí stroje dvě ozubená kola, tak je zapotřebí dvou odlehčovacích kanálek. (Melichar, a další, 2002 stránky 110-113)

Zubové stroje rozlišujeme na stroje s vnějším ozubením a s vnitřním ozubením. Čerpadla s vnějším ozubením mají oproti strojům s vnitřním o něco horší samonasávací schopnosti a zároveň jsou hlučnější, což je dáno větším škodlivým prostorem u čerpadel s vnějším ozubením. (Melichar, a další, 2002 str. 111)

Obrázek 13 Zubový stroj s vnějším ozubením a zubový stroj s vnitřním ozubením



Zdroj: (Bláha, a další, 1992 str. 110)

Zubová čerpadla s vnějším ozubením mají výhodu v jejich jednoduchosti a ceně, mají dobrou životnost a lze u nich získat vysoké otáčky. Mají ovšem i nevýhody jako je hlučnost, využití při malých objemech. Poslední nevýhoda tkví v jejich principu konstantnosti, což znamená, že jejich objem nelze regulovat. Naproti tomu zubová čerpadla s vnitřním ozubením mají tišší chod, také dobrou životnost, jsou konstruované pro vyšší tlaky a vyvinou vyšší otáčky. Jejich nevýhoda je především v ceně, která je čtyřikrát vyšší, než u čerpadel s vnějším ozubením. Jelikož zubové čerpadlo s vnitřním ozubením je konstruováno na podobném principu jako čerpadlo s vnějším ozubením, takže v nich také nelze regulovat objem kapaliny. (HYDAC, 2018)

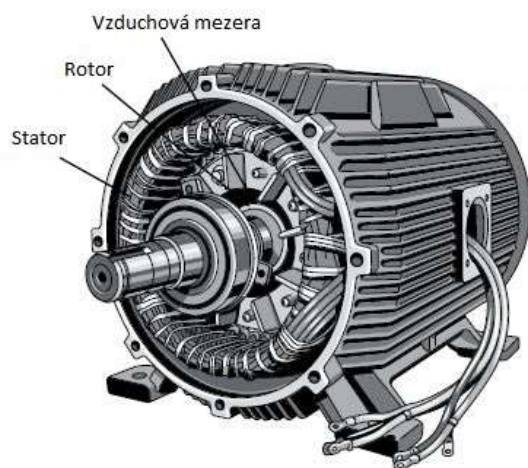
4.2 Elektromotor

Elektromotor je znám už od druhé průmyslové revoluce, kdy mohl za tehdejší rozvoj a pokrok ve všech odvětvích. Díky zavádění elektromotorů do provozů docházelo k výstavbě elektráren a dále pak k rozvoji rozvodných zařízení sloužící k přenosu elektřiny do větších vzdáleností. Elektromotory nahradily v továrnách a fabrikách parní stroje. Díky výhodám, který tento stroj přinášel a stále přináší jako například kompaktnost, hospodárnost a bezpečnost, tak docházelo k revolučním změnám v hospodářství a průmyslu. Elektrifikace výroby zvýšila produktivitu práce. (Vojtovič, 2011 str. 15)

Primární funkcí elektromotoru je přeměna elektrické energie na mechanickou. Lze je označit za měniče elektromagnetické energie. Elektromotory mohou být napájeny střídavým nebo stejnosměrným zdrojem elektrické energie. V současné době se ve strojírenství nejvíce vyskytují elektromotory na bázi trojfázových proudů. Tyto elektromotory vynikají svou jednoduchostí a výkoností. Elektromotory pracují na principu pohybu vodičů s proudem v magnetickém poli, což vytváří proud v oblasti vinutí statoru. (Lepil, a další, 2010 stránky 203-204)

Trojfázový elektromotor se skládá ze dvou základních částí, což je pevný stator a pohyblivý rotor. Mezi těmito dvěma částmi se nachází vzduchová mezera. Vnitřní průměr statoru bývá označován jako průměr vrtání. Stator neboli vnější část motoru, má v sobě na ložiskách uložený otáčející rotor. Existují i typy motoru, které toto uspořádání mají opačně, tedy že větší část motoru rotuje. Další částí v motoru je hřídel, která může být vertikální nebo horizontální. (Roubíček, 2004 str. 13)

Obrázek 14 Schéma elektromotoru



Zdroj: (ELECTRICAL ENGINEERING, 2011)

Rotor i stator jsou opatřeny vinutím. Vinutí bývá nejčastěji rozložené, skládající se z cívek založených v drážkách po celém obvodu vzduchové mezery mezi rotorem a statorem. Další možností je nasunutí cívek na vyniklých pólech, kde jsou rozmístěné po celém obvodu. Ve svorkovnicích jsou vedeny konce vinutí. Kotva je ta část, kde se indukuje napětí, což bývá nejčastěji rotor motoru a to bývá například u stejnosměrných motorů, ale například u synchronních motorů, buzených rotorem, to může být stator. (Roubíček, 2004 str. 13)

Elektromotor působí na principu tažné síly od vodiče, který je umístěn v magnetickém poli, kde protéká proud. Celková tažná síla, která vzniká mezi statorem a rotorem působí na rotor tak, že vytváří točivý moment, který se přenáší prostřednictvím hřídele rotoru na zařízení, které je poháněné daným elektromotorem. (Roubíček, 2004 stránky 13-15)

4.2.1 Asynchronní motor

V průmyslových aplikacích je nejznámějším a nejpoužívanějším typem elektromotoru asynchronní motor. Je to proto, že tento typ elektromotoru přináší spoustu výhod jako je například jednoduchá konstrukce, dobré provozní vlastnosti a velká provozní spolehlivost. Jejich cena je také přijatelná, což je zapříčiněno jejich hromadnou výrobou. Asynchronní motory bývají vyráběny pro nízké napětí od 60 W až pro vysoké napětí do 14 MW. (Uhlíř, 2002 str. 49)

4.2.2 Frekvenční měnič

Elektrický motor lze zefektivnit prostřednictvím frekvenčního měniče. Frekvenční měnič je zařízení, které umožňuje řízení otáček. Frekvenční měniče způsobily v průmyslu využívající elektromotory revoluci v regulaci otáček u těchto motorů. Díky frekvenčním měničům lze v různých procesech snížit spotřebu energie. Frekvenční měniče se využívají v různých zařízeních od domácích spotřebičů, až po průmyslové stroje a zařízení, což napomáhá ke snížování emisí oxidu uhličitého a již řečeného snížování nákladů na energii. (Pohonná technika, 2011)

Elektromotory se dříve nedaly řídit jinak, než jenom regulací prostřednictvím škrticích klapek, řemenicemi, převody a dalšími způsoby, které ovšem pracovaly tak, že plýtvaly energií, jelikož ze spotřebované energie bylo 20 % čisté ztráty. (Pohonná technika, 2011)

Otáčivou rychlost asynchronních motorů lze efektivně řídit prostřednictvím frekvenčního řízení otáček motoru, což lze dosáhnout několika způsoby podle vztahu:

$$n = ns (1 - s) = \frac{f_1}{p} (1 - s).$$

n ... synchronní otáčky

s ... skluz

f_1 ... kmitočet napájecího napětí motoru

p ... počet pólových dvojic statoru

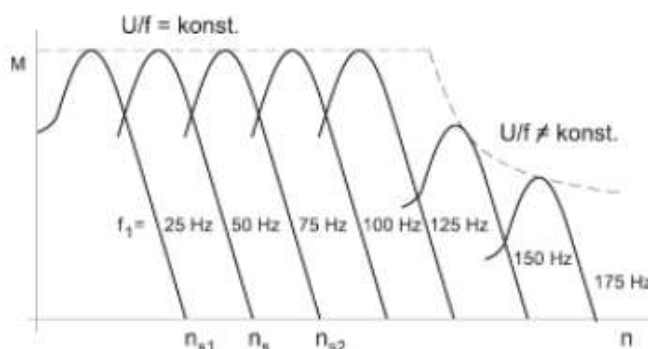
Dle předchozí rovnice je zřejmé, že otáčky motoru a tedy i hřídele motoru, lze ovlivnit změnou veličiny f_1 neboli kmitočtem napájecího napětí motoru. Tento děj se odehrává ve frekvenčním měniči, kde se současně musí upravit napájecí napětí. Napájecí napětí se ovšem musí měnit tak, aby byly zachovány v motoru magnetické poměry. Což se upravuje podle vztahu:

$$\frac{U_1}{f_1} = konst.$$

U_1 ... napájecí napětí

Frekvenční měnič je velmi kompaktní, díky čemuž ho někteří výrobci ve specifických případech umísťují přímo na těleso motoru (např. společnost Siemens). Díky využití frekvenčního měniče na asynchronním motoru lze získat zcela odlišné vlastnosti oproti samotnému asynchronnímu motoru. Tyto závěry lze demonstrovat na průběhu momentových charakteristik.

Obrázek 15 Momentové charakteristiky asynchronního motoru s frekvenčním měničem



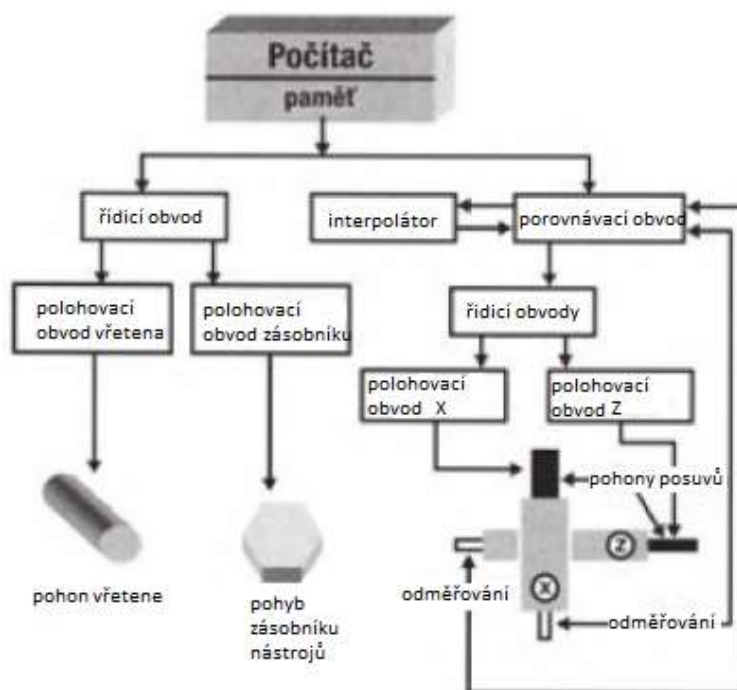
Zdroj: (Maixner, 2006 str. 99)

Z tohoto grafu je patrné, že při splnění předešlé podmínky, momentové charakteristiky se s kmitočtem posouvají a zároveň mají maximální konstantní moment, což je dáno tím, že měníme u asynchronního motoru asynchronní otáčky prostřednictvím změny kmitočtu f_1 . (Maixner, 2006 stránky 98-99)

4.3 CNC obráběcí stroje

Obráběcí stroje prošly během své existence velkou modernizací. V současné době se setkáváme s obráběcími stroji, které se označují jako CNC. Pojem CNC slouží k označení výrobního stroje, který je počítačově (číslicově) řízený. Zkratka CNC je odvozena od anglického pojmenování „Computer Numerical Control“. Pracovní funkce, které stroj vykonává, se provádí prostřednictvím řídicího systému stroje, do něhož se nahrávají činnosti prostřednictvím programů. Programy jsou sepisovány pomocí alfanumerických znaků, ty jsou pak dále tříděny do skupin, kterým se říká věty nebo bloky. Zmíněné programy mají za úkol řídit silové prvky stroje a měly by zaručit, aby výroba požadované součásti proběhla v přesném pořadí, v kterém jsou sepsány po jednotlivých blocích. (Štulpa, 2015 stránky 9-10)

Obrázek 16 Blokové schéma CNC obráběcího stroje - zjednodušené (na příkladu soustruhu)



Zdroj: (Štulpa, 2015 str. 10)

- Počítač – průmyslový počítač, do kterého se nahrává řídicí systém. Složený z obrazovky a ovládacího panelu.
- Řídící obvody – převod logických signálů na silnoproudé elektrické signály, díky nimž se ovládají jednotlivé části stroje (posuvy, motory, vřetena).
- Interpolátor – zaručuje přesnost výrobku, jelikož řeší dráhu nástroje.

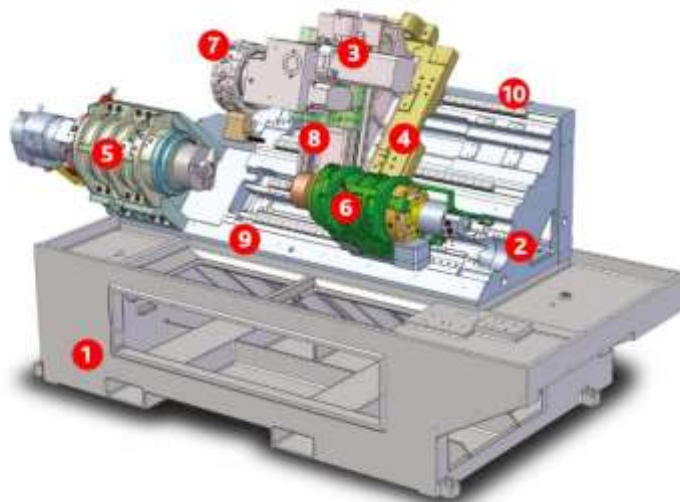
- o Porovnávací obvod – slouží k porovnání hodnot v zadaném programu a dosažených hodnot nástrojem. Jedná se o jakousi zpětnou vazbu. (Štulpa, 2015 str. 11)

4.3.1 Soustruh

Soustružení se provádí na obráběcím stroji nazývaným jako soustruh. Soustružení je jedna z nejstarších obráběcích operací hned po vrtání, lze tuto operaci zařadit do 13. století. Soustruh se skládá ze součástí, které mají rotační nebo rovinné plochy. V současné době tyto stroje tvoří více než třetinu obráběcích operací mezi obráběcími stroji. Prostřednictvím soustruhu lze obrábět rotační plochy, jako jsou válce, kužely, ale i závity a rovinné plochy. Na soustruhu lze provádět více obráběcích operací díky přídatným zařízením, takže soustruh může vykonávat operace jako frézování, broušení, vrtání, vystružování, vyhrubování apod. Soustruh funguje na principu rotace obrobku, přičemž nástroj vykonává především dva druhy vedlejších pohybů, a to přísuvy a posuvy. Posuvy nástroj provádí příčné a rovnoběžné, díky čemuž obrobek udává tvar. Druhým typem vedlejších pohybů nástroje jsou přísuvy, jež udávají hloubku řezu. (Řasa, a další, 2000 str. 38)

Soustruh se skládá z několika hlavních součástí, čímž je základ stroje, lože, saně, hlavní vřeteno, protivřeteno, nástrojová hlava a valivé vedení os, viz obrázek.

Obrázek 17 Vizualizace soustruhu a jeho hlavních částí

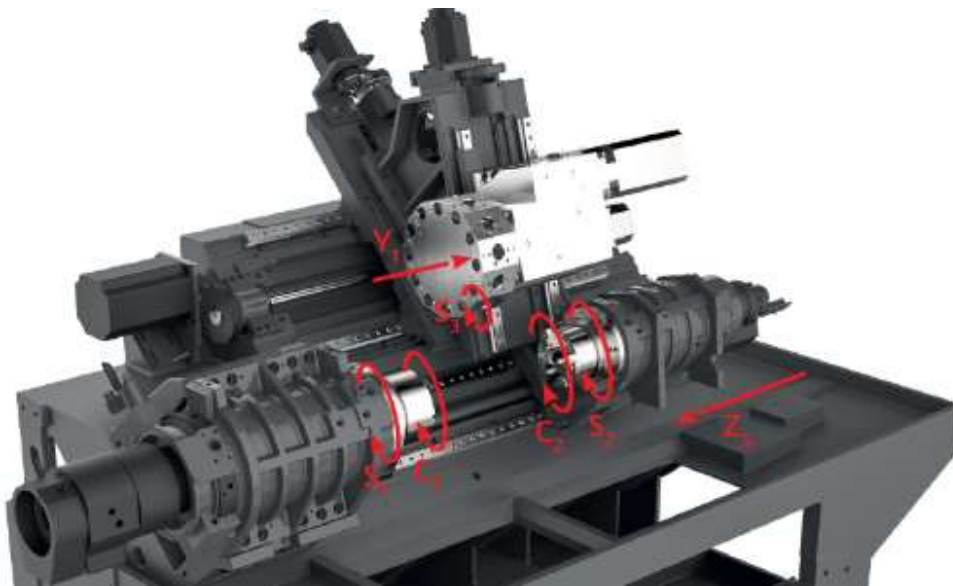


- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Základ stroje | 6. Protivřeteno |
| 2. Lože | 7. Nástrojová hlava |
| 3. Saně - posuv v ose Y | 8. Valivé vedení - osa X1 |
| 4. Saně - posuv v ose Z1 | 9. Valivé vedení - osa ZS |
| 5. Hlavní vřeteno | 10. Valivé vedení - osa Z1 |

Zdroj: (KOVOSVIT MAS, 2018)

Vřeteno slouží k uchopení obrobku. Některé soustruhy mají i protivřeteno, díky čemuž lze obrobek opracovávat z obou stran. Soustruhy mohou využívat více souřadnicových os, než tomu bylo v minulosti. Jedná se o osy X, Y a Z, což lze pozorovat na obrázku níže. Další součástí soustruhu je lože, kde jsou uloženy obráběcí nástavce a nástrojová hlava stroje. Lože u tohoto stroje přispívá k lehčí manipulaci s obrobky a snadnějšímu odvodu třísek. Další součástí soustruhu jsou saně častěji označované jako suport. Suportem se označují nástavce, které změní soustruh na jiný typ obráběcího stroje, jako například pokud se přidá frázovací nástavec, tak soustruh obrábí obrobek jako frézka. Nástrojová hlava plní hlavní funkci soustruhu, což je obrábění obrobku. Poslední částí, kterou zmíníme je valivé vedení. Díky valivému vedení se obráběcí nástavce, koník či protivřeteno může posunovat s vyššími dynamickými charakteristikami. (Štulpa, 2015 stránky 164-167)

Obrázek 18 Osy obráběcího centra soustruhu



Zdroj: (KOVOSVIT MAS, 2018)

PRAKTICKÁ ČÁST

5 CHARAKTERISTIKA PRODUKTU

V této části práce bude charakterizován produkt, jež byl vybrán pro tuto práci. Jedná se o hydraulický agregát společnosti HYDAC spol. s r. o, který budeme zkoumat na strojním zřízení společnosti Kovosvit MAS a.s. Tento postup je nutný, jelikož bychom daný hydraulický agregát bez stroje, kam bude implementován, nemohli podrobit testování pro danou případovou studii. Nejprve si krátce představíme společnosti a dané produkty.

5.1 Základní charakteristika zkoumaného produktu

V této práci budeme porovnávat dva hydraulické agregáty, jež mají stejnou funkci, ale odlišné konstrukční a technologické provedení. Jedná se o agregáty řady Compact Power Unit CO3, jež patří do skupiny výrobků kompaktních. Jedná se o pohonné jednotky, které jsou nejkompaktnější formou hydraulického napájení s minimálními rozměry instalace a vysokou flexibilitou rozložení pro zákazníka. Díky malým rozměrům přírub a volitelným vybavením se stohovací moduly lze přístroj přizpůsobit libovolné montážní poloze a kdykoliv je možné jej rozšířit o nové funkce. V závislosti na dostupném místě instalace může být ovládací prvek připevněn přímo k napájecí jednotce nebo integrován jako samostatný modul v blízkosti produktu. (HYDAC, 2018)

Kompaktní pohonné jednotky HYDAC jsou nabízeny v různých formách. Kompaktní pohonné jednotky jsou vyráběny s vzduchem chlazenými motory a motory ponořenými do oleje (pro jednu pohonnou jednotku je také k dispozici chlazení vodou). Motor pohání číslicově řízený soustruh, který je od společnosti KOVOSVIT MAS, a.s. Produkty, které budeme zkoumat, označíme jako původní hydraulický agregát a druhý jako nový hydraulická agregát, jež obsahuje frekvenční měnič (HYDAC, 2018)

Původní hydraulický agregát

Jedním z produktů, které společnost HYDAC nabízí je hydraulický agregát, který je složen z čerpadla, motoru, hydraulického rozdělovače s tlakovým pojistným ventilem, zpětným ventilem, senzory, teplotním spínačem, tlakovým spínačem, nádrží s ukazatelem hladiny oleje a chladicím zařízením.

Tabulka 2 Výkon původního hydraulického agregátu

<i>příkon</i>	0,65	[kW]
<i>výměna obrobků</i>	0,82	[kW]
<i>výměna nástroje</i>	0,92	[kW]

Zdroj: Vlastní zpracování

Nový hydraulický agregát

Na rozdíl od původního hydraulického agregátu, tento agregát obsahuje dvojitě čerpadlo, motor, hydraulické rozdělovače s pevným tlakovým pojistným ventilem a zpětným ventilem, senzory, teplotní spínače, frekvenční měnič, tlakový spínač, nádrž s ukazatelem hladiny oleje a chladicí zařízení.

Tabulka 3 Výkon nového hydraulického agregátu

<i>příkon</i>	0,6	[kW]
<i>výměna obrobků</i>	1	[kW]
<i>výměna nástroje</i>	0,9	[kW]

Zdroj: Vlastní zpracování

V následující tabulce je porovnání vybraných parametrů.

Tabulka 4 Porovnání agregátů

	<i>Původní agregát</i>	<i>Nový agregát</i>
<i>Výkon motoru [kW]</i>	1,5	1,5
<i>Počet čerpadel [ks]</i>	1	2
<i>Typ čerpadla</i>	Vnější zubové	Vnější zubové
<i>Označení čerpadla</i>	PGE102-1000-RBR1-N-3700	Zahnr.doppel I-7,4+II-6,3ccm-CO3-CLN-PF

Příkon [kW]	0,65	0,6
Průtok [l/min]	15	18

Zdroj: Vlastní zpracování

5.1.1 Charakteristika podniku HYDAC

Historie společnosti se datuje od roku 1993, kdy byla založena společnost Hdydromal spol. s r. o., což bylo československé zastoupení společnosti HYDAC INTERNATIONAL. Po událostech, které vedly k rozdělení Československé republiky, vznikly dvě samostatné společnosti se sídly v České republice a Slovenské republice. O dva roky později v roce 1996, společnost Hydromal převzala mateřská společnost HYDAC INTERNATIONAL, čímž se ze společnosti Hydromal stala dnešní společnost HYDAC spol. s r. o., která se zapojila do sítě světových dceřiných společností. (HYDAC, 2018)

Obrázek 19 Pobočky HYDAC



Zdroj: (HYDAC, 2018)

Společnost HYDAC je jedním z největších dodavatelů na trhu s hydraulikou v České republice. HYDAC lze charakterizovat jako moderní a zároveň dynamicky rozvíjející se společnost s cílem poskytovat všem svým obchodním partnerům profesionální servis zabývající se fluidními prvky, konstrukcí, projekcí, výrobou a montáží hydraulických, filtračních, chladících a mazacích agregátů. (HYDAC, 2018)

Obrázek 20 Logo společnosti



Zdroj: (HYDAC, 2018)

HYDAC se snaží eliminovat dopady činností na životní prostředí, což zaměstnanci respektují. Díky celkovému postoji společnosti jak k zákazníkům, dodavatelům, zaměstnancům, tak i k životnímu prostředí, lze HYDAC považovat za profesionální a spolehlivou společnost. Dobré jméno společnosti stojí za prosperitou a spokojeností ze všech zúčastněných stran. (HYDAC, 2018)

5.2 Charakteristika zkušebního stroje

Zkoušky hydraulických agregátů probíhaly na obráběcím centru na principu soustruhu od společnosti KOVOSVIT MAS, a.s. Jedná se o řadu číslicově řízených strojů s označením SP Line 280. Bližší specifikata tohoto stroje jsou níže v tabulce.

Obrázek 21 Soustruh SP Line 280 SY



(KOVOSVIT MAS, 2018)

Tabulka 5 Technická specifikata stroje SP Line 280 SY

<i>Pracovní prostor</i>	Oběžný průměr nad ložem	570 mm	
	Max. délka soustružení	450 mm	
	Max. průměr soustružení	280 mm	
	Max. průchod tyče eletrovřetenem	∅ 61 mm	
<i>Hlavní vřeteno (elektrovřeteno)</i>	Max. otáčky	4 700 min ⁻¹	
	Max. otáčky	6 000 min ⁻¹	
<i>Protivřeteno</i>	Počet poloh	12	
<i>Nástrojová hlava</i>	Průměr otvoru VDI	40 mm	
	Max. otáčky nástrojového vřetena	4 000 min ⁻¹	
	Elektrovřeteno	Výkon S1/S6 - 40 %	20,9/27 kW
		Max. krouticí moment S1/S6 40 %	200/257 Nm
	Protivřeteno	Výkon S1/S6 - 40 %	7,5/9 kW
		Max. krouticí moment S1/S6 40 %	48/57 Nm
<i>Motor vřetena</i>	Nástrojové vřeteno	Výkon S3 - 40 %	8 kW
		Max. krouticí moment S3 - 40 %	40 Nm
<i>Rozměry a hmotnost stroje</i>	Délka x Šířka x Výška	3 875 mm x 2 122 mm x 2 345 mm	
	Hmotnost	7 900 kg	

Zdroj: (KOVOSVIT MAS, 2018)

5.2.1 Charakteristika podniku Kovosvit MAS

Společnost Kovosvit MAS se pohybuje na trhu obráběcích strojů již 79 let. Za tuto dobu získala mnoho ocenění a to za přínos pro Českou republiku ve vývoji obráběcích strojů. Jejich zákaznickou prioritou jsou subdodavatelé v různých druzích průmyslu, jako je letectví, automobilový, energetický anebo strojírenský. Svým zákazníkům společnost nabízí výrobky nejvyšší kvality, komplexní služby, řešení šité na míru, flexibilitu požadavkům zákazníka.

Obrázek 22 Logo společnosti Kovosvit MAS a.s.



Zdroj: (KOVOSVIT MAS, 2018)

Společnost Kovosvit MAS vznikla roku 1939 jako součást Baťových závodů, kde se začaly vyrábět obráběcí stroje a v určitém mezidobí i jízdní kola. Od roku 1939 do současnosti si tato společnost prošla velkým technickým vývojem, kdy se na začátku produkce jednalo o běžné obráběcí stroje a následně se začalo s jejich vývojem, až do dnešní podoby numericky řízených strojů. Tyto stroje byly v určité době vnímány jako velmi pokrokové, jelikož svou koncepcí předběhly dobu. Společnost v současné době posiluje svou pozici v celosvětovém měřítku na trhu strojírenství. V České republice si udržuje prvenství ve výrobě multifunkčních obráběcích strojů. „Výroba je soustředěna z 60% na multifunkční a pětiosé stroje (hi-tech), 40% tvoří standardní CNC obráběcí centra a soustruhy. V těchto segmentech výroby je Kovosvit MAS jedním z šesti světových výrobců, které tyto hi-tech technologie vyrábí.“ (KOVOSVIT MAS, 2018)

5.3 Případová studie

Pro stanovení nákladů životního cyklu daného produktu nyní stanovíme podmínky případové studie. Nelze určit obecný postup sestavení nákladové struktury, jelikož faktory vstupující do jednotlivých dějů by zkreslily výstupy analýzy. Pokud u hydraulického agregátu zákazník dodrží optimální provozní podmínky, tak lze uvažovat takřka o neomezené životnosti, ale pro naše potřeby budeme uvažovat obdobnou životnost, jako má obráběcí stroj.

Testování obou hydraulických agregátů probíhalo za podmínek popsaných v následující tabulce.

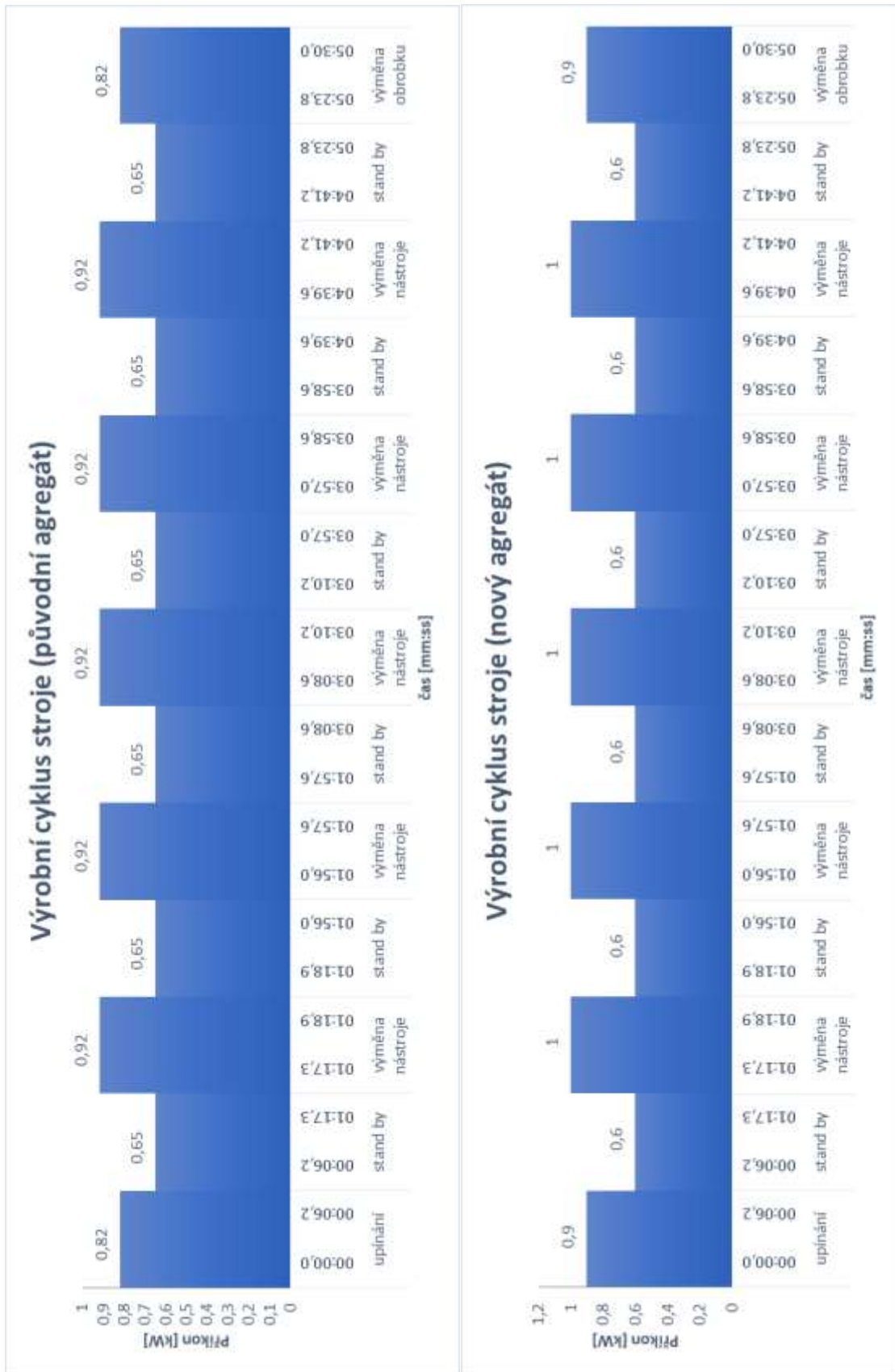
Tabulka 6 Podmínky případové studie

<i>Veličina</i>	<i>Hodnota</i>	<i>Jednotka</i>
<i>tlak</i>	25	[bar]
<i>otáčky</i>	3000	[ot/min]
<i>teplota oleje</i>	40	[°C]
<i>teplota okolí</i>	22	[°C]
<i>životní cyklus</i>	16	[rok]

Zdroj: Vlastní zpracování

Hydraulický agregát obsahoval hydraulický olej VG32, který během měření dosahoval teploty 40°C. Celé testování probíhalo na stroji, který byl v zahřátém stavu připraven na produkční výrobu. Na obráběcím stroji byl nastaven stejný obráběcí cyklus. Měření probíhalo pod tlakem 25 barů a při 3000 otáčkách za minutu. Toto měření bylo provedeno na stroji, kam byl nejprve implementován původní hydraulický agregát a následně byl vyměněn za nový hydraulický agregát, aby se zjistily hodnoty, které jsou potřebné pro stanovení jednotlivých provozních nákladů. Tento výrobní cyklus trval 5,5 minuty a skládal se z několika operací, které lze vidět v grafech níže, stanovené pro jednotlivé agregáty. Tyto operace zahrnovaly činnosti jako je upnutí obrobku, výměny nástrojů a stand by režim. Stand by režim je pohotovostní režim, při kterém hydraulický agregát není využíván.

Obrázek 23 Výrobní cyklus stroje



Zdroj: Vlastní zpracování

Pro tuto případovou studii jsme si zvolili podmínky, které mohou zastupovat jednu skupinu potenciálních zákazníků. Stroj je pořízen pro třisměnný provoz a je na něm nastaven jeden obráběcí program pro konkrétní obrobek. Pro daný stroj lze vypočítat výrobní kapacitu dle vztahu:

$$\text{kapacita stroje} = \text{počet dní v roce} * \text{počet hodin stroje v provozu}.$$

Předchozí vztah udávající kapacitu stroje je vhodný pro takové stroje, které přes rok nemají žádné prostoje. Za našich podmínek stroj využije svou kapacitu na 91 %. Zbýlých 9 % bude zákazník využívat pro běžné servisní a jiné činnosti, které v průběhu roku budou potřeba. Využitelný časový fond stroje lze stanovit podle následujícího vzorce:

$$\text{využitelný časový fond} = \text{kapacita stroje} * \text{koeficient prostoje}.$$

Stroj bude v užívání 16 let, během kterých musíme počítat i s přestupnými roky. Využitelný časový fond jsme spočítali dle předchozího vzorce.

Tabulka 7 Využitelný časový fond stroje

	Čas [hod/rok]	Plánované prostoje [%]	Časový fond stroje [hod/rok]
Rok	8760	9	7971,6
Přestupný rok	8784	9	7993,44

Zdroj: Vlastní zpracování

Během jednoho roku zvládne stroj zvolený výrobní cyklus trvající 5,5 minuty opakovat celkem 86 962 a během přestupného roku 87 201.

6 ANALÝZA LCC

V této části diplomové práce provedeme LCC analýzu v návaznosti na případovou studii stanovenou v předchozí kapitole. Cílem této práce je ekonomická analýza životního cyklu dvou vzájemně zastupitelných produktů a jejich následné porovnání. V analýze se zaměříme na poslední tři fáze životního cyklu produktu, což je provozní část, část údržby a servisu a jako poslední část je ekonomické ukončení provozu s následnou likvidací produktu. Předchozí části životního cyklu nebyly zahrnuty do této analýzy, kvůli ochraně dat společnosti, jelikož by tato data mohla být využita ke konkurenčnímu boji v daném segmentu. Dalším důvodem nezahrnutí těchto fází byla složitost dohledávání potřebných dat. V této práci nebudou uvedeny ani ceny daných produktů, což je dáno opět ochranou dat společnosti. Celá tato ekonomická analýza bude řešena z pohledu nákladů zákazníka, díky čemuž se tato práce může stát podkladem pro rozhodování, kterou z variant produktů zvolit. Ovšem musí se brát v potaz podmínky, za kterých byl daný produkt zkoumán. Pokud by se změnila podmínky případové studie, tak se výsledek této ekonomické analýzy může lišit.

Všechny modely stanovující náklady životního cyklu zahrnují náklady, které jsou vynaloženy v odlišných časových úsecích. Aby jednotlivé varianty mohly být objektivně hodnoceny, tak je zapotřebí vzít v úvahu časovou hodnotu peněz. Za předpokladu, že jedna jednotka určité měny dnes, má větší hodnotu, než jedna jednotka stejné měny v budoucnosti. Tento předpoklad můžeme vyjádřit následujícím vztahem:

$$PV = f_t * FV$$

PV ... současná hodnota peněz

FV ... budoucí hodnota peněz

f_t ... faktor času využitý pro transformaci budoucí hodnoty peněz na současnou hodnotu peněz (funkce úrokové míry a času)

Faktor f_t lze chápat jako diskontní faktor, který převádí budoucí hodnotu na současnou hodnotu. Tento vztah lze popsat vzorcem:

$$f_t = \frac{FV}{(1+r)^T}$$

r ... diskontní sazba

T ... analyzované období

Současnou hodnotu daného stroje lze tedy určit podle vztahu:

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^T}$$

Pro volbu optimální varianty podle LCC využijeme metodu čisté současné hodnoty. Díky této metodě se rozhodneme o tom, jakou variantu produktu zvolíme na základě nákladů životního cyklu produktu. Zvolíme tu variantu, jež bude mít nižší čistou současnou hodnotu. Výsledkem této metody budou náklady spojené s produktem, které vynaložíme v budoucnosti, převedené na současnou hodnotu. Jelikož v této metodě budeme využívat převážně náklady, bude pro naše potřeby praktické uvažovat náklady jako kladné hodnoty. Čistou současnou hodnotu produktu stanovíme jako sumu diskontovaných ročních finančních toků po analyzovanou dobu.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

NPV ... čistá současná hodnota nákladů životního cyklu

C_t ... součet finančních toků v čase t

r ... diskontní sazba

t ... časový okamžik

T ... analyzované období

(Schneiderová Heralová, 2011 stránky 40-41)

K převodu veškerých nákladů použijeme anuitní ekvivalent, abychom byli schopni provést porovnání variant. K tomuto účelu využijeme roční ekvivalent nákladů označovaný jako EAC, jež bude obsahovat náklady vynaložené v budoucnosti během životnosti produktu převedené na období jednoho roku. Díky této metodě lze porovnávat produkty s různou životností produktu. Výsledkem této metody jsou průměrné roční náklady, které nelze ztotožňovat s reálnými náklady spotřebované v daném roce životního cyklu. Ta varianta, jež bude mít nižší hodnotu EAC je optimální. Hodnota EAC se vypočítá podle vztahu:

$$EAC_i = \frac{NPV_i}{f_{tai}}$$

EAC_i ... roční ekvivalent LCC varianty i

NPV_i ... čistá současná hodnota LCC varianty i

f_{tai} ... anuitní faktor pro převod ročních částek

Čistá současná hodnota LCC varianty i se diskontuje faktorem f_{tai} , který můžeme také označovat jako anuitní faktor. Tuto hodnotu vypočítáme podle následujícího vztahu:

$$f_{tai} = \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^t}}{r}$$

r ... roční úroková míra

t ... časový okamžik

(Schneiderová Heralová, 2011 stránky 41-42)

6.1 Aplikace LCC modelu

V této podkapitole stanovíme veškeré náklady, které jsou spojeny s určitými fázemi životního cyklu zkoumaných produktů. Jedná se o fázi provozu, fázi údržby a servisu a poslední fázi ukončení životního cyklu produktu. Pro výpočet NPV v LCC analýze budeme potřebovat stanovit hodnotu diskontní sazby, kterou budeme využívat pro převod budoucích hodnot na současnou. Tuto sazbu odvodíme ze stavebnicového modelu pro výpočet nákladovosti kapitálu označovaného jako WACC. Tento model stanoví hodnotu WACC prostřednictvím přírážek za specifická rizika společnosti a lze jej vyjádřit jako:

$$WACC = r_f + r_{LA} + r_{PS} + r_{FS}$$

r_f ... bezriziková sazba

r_{LA} ... riziková přírážka za velikost

r_{FS} ... riziková přírážka za finanční stabilitu

r_{PS} ... riziková přírážka za podnikatelské riziko

Jedná se o ratingový model Ministerstva průmyslu a obchodu. Tento vzorec je vhodný pro přibližný odhad společnosti, která využije daný produkt. (Scholleová, 2009) K výpočtu WACC zvolíme hodnoty, které jsou zaznamenány pro dané odvětví na webových stránkách Ministerstva průmyslu a obchodu pro segment „Výroba kovových konstrukcí a kovodělných výrobků, kromě strojů a zařízení“. Do výpočtu budou použita data, která jsou nejnověji zveřejněná. Jedná se o aritmetický průměr čtyř po sobě jdoucích kvartálů. Z dat uveřejněných pro období od třetího čtvrtletí roku 2016 do druhého čtvrtletí roku 2017 vychází, že v daném odvětví je průměrná hodnota bezrizikové sazby 0,56 %, riziková přírážka za velikost činí 2,24 %, riziková přírážka za finanční stabilitu je 5,13 % a riziková přírážka za podnikatelské riziko je 3,69 %. (Odbor ekonomických analýz, 2018) Tyto hodnoty dosadíme do vzorce za účelem zjištění nákladovosti kapitálu.

$$WACC = 0,56 + 3,69 + 5,13 + 2,24 = 11,62 \%$$

Tuto hodnotu budeme využívat jako diskontní faktor, jelikož nám určí cenu všech finančních zdrojů, které společnost využívá. Hodnota WACC nám udává odhad podnikové diskontní míry, která představuje minimální výnos, kterého by měl investiční projekt dosáhnout.

6.1.1 LCC analýza původního agregátu

V této části práce budou stanoveny náklady původního hydraulického agregátu pro fázi užívání zařízení, fázi údržby a servisu a fázi likvidace. V rámci provozní fáze proběhne kalkulace nákladů pro jeho celou životnost. Do této fáze životního cyklu vstupují opakované náklady. Jedná se o náklady na energie a náklady související s doplňováním oleje. Úbytek oleje je způsoben tím, že při výrobním cyklu se využívá hydraulický olej k promazávání daného zařízení. Toto promazávání probíhá při zapnutí stroje, ale pokud stroj běží v nepřetržitém provozu, tak se mazání spíná jednou za 10 hodin. Kvůli promazávání stroje dochází k úbytkům oleje z nádrže, který je zapotřebí v určitých intervalech doplňovat.

Společnost poskytuje na tyto hydraulické agregáty půlroční záruční lhůtu, ode dne spuštění. Během této doby by se měly projevit poruchy, které lze v záruční lhůtě odstranit. Poté záleží na spotřebiteli, jak dodržuje optimální podmínky, při kterých můžeme uvažovat o nekonečné životnosti daného zařízení. V následujících výpočtech budeme uvažovat, že se nejedná o vadné výrobky a že spotřebitel dodržuje optimální podmínky, čímž vymizí náklady na fázi údržby a servisu. V následujících výpočtech budou provozní náklady tohoto agregátu za jednotlivé roky stanovena podle vzorce:

$$N_p = N_E + N_o$$

N_p ... provozní náklady

N_E ... náklady na energie

N_o ... náklady na olej

Při jednom výrobním cyklu stroje dochází ke spotřebě energie 218,768. Průměrná cena energie je v současné době 3,82 Kč/kWh. Cena oleje typu VG 32 je 0,0619 Kč/ml.

Tabulka 8 Spotřeba energie původního agregátu

Období [rok]	Kapacita stroje [hod/rok]	Časový fond [hod/rok]	Počet cyklů	Spotřeba energie [kWh]	Cena energie [Kč/kWh]	Spotřeba energie [Kč/kWh]
1	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
2	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
3	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
4	8 784	7 993,44	87 201	5 299,11	3,82	20 242,59
5	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
6	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11

7	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
8	8 784	7 993,44	87 201	5 299,11	3,82	20 242,59
9	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
10	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
11	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
12	8 784	7 993,44	87 201	5 299,11	3,82	20 242,59
13	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
14	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
15	8 760	7 971,6	86 962	5 284,58	3,82	20 187,11
16	8 784	7 993,44	87 201	5 299,11	3,82	20 242,59

. Zdroj: Vlastní zpracování

Nyní provedeme výpočet spotřeby oleje. Jedná se o malé množství, ale pro úplnost výpočtu, je potřebné tuto položku zahrnout. Jak již bylo zmíněno, tak hydraulický olej se využívá k promazávání stroje. V předchozí kapitole jsme si zvolili třisměnný provoz, takže se stroj bude promazávat každých 10 hodin množstvím o velikosti 80 mm³.

Tabulka 9 Spotřeba oleje původního agregátu

Období [rok]	Spotřeba oleje [ml/rok]	Cena oleje [Kč/ml]	Spotřeba oleje [Kč/rok]
1	63,76	0,0619	3,9467
2	63,76	0,0619	3,9467
3	63,76	0,0619	3,9467
4	63,92	0,0619	3,9566
5	63,76	0,0619	3,9467
6	63,76	0,0619	3,9467
7	63,76	0,0619	3,9467
8	63,92	0,0619	3,9566
9	63,76	0,0619	3,9467
10	63,76	0,0619	3,9467
11	63,76	0,0619	3,9467
12	63,92	0,0619	3,9566
13	63,76	0,0619	3,9467
14	63,76	0,0619	3,9467
15	63,76	0,0619	3,9467
16	63,92	0,0619	3,9566

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkové provozní náklady původního hydraulického agregátu v jednotlivých letech lze pozorovat v tabulce níže. Jedná se o součet spotřeby energií a spotřeby oleje. S těmito hodnotami budeme dále pracovat.

Tabulka 10 Provozní náklady původního agregátu

Období [rok]	Spotřeba energie [Kč/rok]	Spotřeba oleje [Kč/rok]	Celkové náklady [Kč/rok]
1	20 187,11	3,95	20 191,06
2	20 187,11	3,95	20 191,06
3	20 187,11	3,95	20 191,06
4	20 242,59	3,96	20 246,55
5	20 187,11	3,95	20 191,06
6	20 187,11	3,95	20 191,06
7	20 187,11	3,95	20 191,06
8	20 242,59	3,96	20 246,55
9	20 187,11	3,95	20 191,06
10	20 187,11	3,95	20 191,06
11	20 187,11	3,95	20 191,06
12	20 242,59	3,96	20 246,55
13	20 187,11	3,95	20 191,06
14	20 187,11	3,95	20 191,06
15	20 187,11	3,95	20 191,06
16	20 242,59	3,96	20 246,55

Zdroj: Vlastní zpracování

Součástí této LCC analýzy je i poslední fáze produktu, která je spjata s ukončením životnosti produktu. Odhadované náklady na likvidaci byly stanoveny prostřednictvím analýzy současných výkupních cen materiálů a jejich průměrných hodnot. Po ukončení životnosti stroje, do kterého byl hydraulický agregát implementován, se předpokládá, že tento agregát by měl být stále funkční. Hydraulický agregát je sestaven přímo pro tento druh stroje, a proto je jeho životnost podmíněna životností tohoto stroje. Ve fázi, kdy stroj dojde na konec své životnosti, tak se hydraulický agregát rozebere na jednotlivé součásti, které se dají do výkupu. Nejhodnotnější položkou na celé sestavě je elektromotor, který by se mohl dále využít, a jeho předpokládaná výkupní cena by mohla tvořit 1 000 Kč. Další položkou je ekologická likvidace kapaliny, která je nutná podle zákona o odpadech a o změně některých dalších zákonů č.185/2001 Sb. Likvidaci může provést osoba pověřená k nakládání s těmito odpady.

Kapalina se předá společnosti odpovědné za ekologickou likvidaci, výkupní cena 1 kg oleje se v současné době pohybuje kolem 1,5 Kč. U agregátů při hmotnosti oleje 17 kg je výkupní cena odhadnuta na 25,5 Kč. Další větší položkou je nádrž o hmotnosti 3,5 kg v hliníkovém provedení, tato položka bude vykoupena za 20 Kč/kg, což je 70 Kč za nádrž. Zbylé součásti obsahující slitiny různých kovů, nekovů a elektroinstalace je odhadnuta na 220 Kč. Celkem by spotřebitel mohl při likvidaci dostat za tyto produkty přibližně 1315,5 Kč. Tyto náklady budou do LCC analýzy zaneseny jako oportunitní v 16. roce.

Stanovené provozní náklady nyní převedeme na čistou současnou hodnotu.

$$\begin{aligned}
 NPV LCC_{PA} = & \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^1} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^2} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^3} + \frac{20\,246,55}{(1 + 0,1162)^4} \\
 & + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^5} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^6} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^7} + \frac{20\,246,55}{(1 + 0,1162)^8} \\
 & + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^9} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^{10}} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^{11}} + \frac{20\,246,55}{(1 + 0,1162)^{12}} \\
 & + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^{13}} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^{14}} + \frac{20\,191,06}{(1 + 0,1162)^{15}} + \frac{20\,246,55}{(1 + 0,1162)^{16}} \\
 & + \frac{-1\,315,5}{(1 + 0,1162)^{16}} = 143\,713,23 \text{ Kč}
 \end{aligned}$$

Čistá současná hodnota původního agregátu je 143 713,23 Kč. Tuto hodnotu musíme pomocí anuitního faktoru f_{tai} převést na ekvivalentní roční náklady EAC_{PA} původního hydraulického agregátu.

$$f_{tai} = \frac{1 - \frac{1}{(1 + 0,1162)^{16}}}{0,1162} = 7,1236$$

$$EAC_{PA} = \frac{143\,713,23}{7,1236} = 20\,174,24 \text{ Kč}$$

Ekvivalentní roční náklady původního hydraulického agregátu jsou 20 174,24 Kč.

6.1.2 LCC analýza nového agregátu

U tohoto typu hydraulického agregátu budeme postupovat stejně jako u původního agregátu. V tomto typu zařízení díky využití frekvenčního měniče, dochází k prodloužení životnosti určitých částí zařízení. Jedná se ovšem o zanedbatelné položky, které v těchto výpočtech nebudeme uvažovat. Nejprve si opět stanovíme provozní náklady tohoto zařízení. Spotřeba energie nového agregátu během výrobního cyklu stanoveném v případové studii je 204,92 kW.

Tabulka 11 Spotřeba energie nového agregátu

Období [rok]	Kapacita stroje [hod/rok]	Časový fond [hod/rok]	Počet cyklů	Spotřeba energie [kWh]	Cena energie [Kč/kWh]	Spotřeba energie [Kč/kWh]
1	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 909,27
2	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 909,27
3	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 909,27
4	8 784	7 993,44	87 201	4 950,67	3,82	18 961,24
5	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
6	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
7	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
8	8 784	7 993,44	87 201	4 963,67	3,82	18 961,24
9	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
10	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
11	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
12	8 784	7 993,44	87 201	4 963,67	3,82	18 961,24
13	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
14	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
15	8 760	7 971,6	86 962	4 950,07	3,82	18 961,27
16	8 784	7 993,44	87 201	4 963,67	3,82	18 961,24

Zdroj: Vlastní zpracování

Stejně jako u původního agregátu, stanovíme spotřebu oleje i u nového agregátu. Následující hodnoty jsou shodné s hodnotami u původního agregátu, jelikož je množství dodávaného oleje nadefinováno programem, který řídí obráběcí centrum. Tento druh nákladu není závislý na typu hydraulického agregátu.

Tabulka 12 Spotřeba oleje nového agregátu

<i>Období [rok]</i>	<i>Spotřeba oleje [ml/rok]</i>	<i>Cena oleje [Kč/ml]</i>	<i>Spotřeba oleje [Kč/rok]</i>
1	63,76	0,0619	3,9467
2	63,76	0,0619	3,9467
3	63,76	0,0619	3,9467
4	63,92	0,0619	3,9566
5	63,76	0,0619	3,9467
6	63,76	0,0619	3,9467
7	63,76	0,0619	3,9467
8	63,92	0,0619	3,9566
9	63,76	0,0619	3,9467
10	63,76	0,0619	3,9467
11	63,76	0,0619	3,9467
12	63,92	0,0619	3,9566
13	63,76	0,0619	3,9467
14	63,76	0,0619	3,9467
15	63,76	0,0619	3,9467
16	63,92	0,0619	3,9566

Zdroj: Vlastní zpracování

Součtem spotřeby energií a spotřeby oleje získáme provozní náklady nového agregátu. Tyto náklady jsou zaznamenány v tabulce níže.

Tabulka 13 Provozní náklady nového agregátu

Období [rok]	Spotřeba energie [Kč/kWh]	Spotřeba oleje [Kč/rok]	Celkové náklady
1	18 909,27	3,95	18 913,22
2	18 909,27	3,95	18 913,22
3	18 909,27	3,95	18 913,22
4	18 961,24	3,96	18 965,19
5	18 909,27	3,95	18 913,22
6	18 909,27	3,95	18 913,22
7	18 909,27	3,95	18 913,22
8	18 961,24	3,96	18 965,19
9	18 909,27	3,95	18 913,22
10	18 909,27	3,95	18 913,22
11	18 909,27	3,95	18 913,22
12	18 961,24	3,96	18 965,19
13	18 909,27	3,95	18 913,22
14	18 909,27	3,95	18 913,22
15	18 909,27	3,95	18 913,22
16	18 961,24	3,96	18 965,19

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkové provozní náklady nyní převedeme na čistou současnou hodnotu. V čitateli jsou náklady spojené s provozem daného hydraulického zařízení, které diskontujeme hodnotou ve jmenovateli.

LCC analýza obsahuje i poslední fázi produktu, která je spjata s ukončením životnosti produktu. Odhadované náklady na likvidaci byly stanoveny prostřednictvím analýzy současných výkupních cen materiálů a jejich průměrných hodnot. Popis likvidace je stejný jako u původního agregátu. Nejvyšší položkou na celé sestavě je elektromotor s frekvenčním měničem, který by mohl být dále zužitkován, a jeho předpokládaná výkupní cena by mohla činit 4 000 Kč. Další položkou je ekologická likvidace kapaliny, která je nutná podle Zákona o odpadech a o změně některých dalších zákonů č.185/2001 Sb. Likvidaci může provést osoba pověřená k nakládání s těmito odpady. Kapalina se předá společnosti odpovědné za ekologickou likvidaci, výkupní cena 1kg oleje se v současné době pohybuje kolem 1,5 Kč. U agregátů při hmotnosti oleje 17 kg je výkupní cena odhadnuta na 25,5 Kč. Další větší položkou je

nádrž o hmotnosti 3,5 kg v hliníkovém provedení, tato položka bude vykoupena za 20 Kč/kg, což je 70 Kč za nádrž. Zbylé součásti obsahující slitiny různých kovů, nekovů a elektroinstalace je odhadnuta na 260 Kč. Celkem by spotřebitel mohl při likvidaci dostat za tyto produkty přibližně 4 355,5 Kč. Tyto náklady budou vedeny v analýze jako oportunitní náklady s opačným znaménkem a započítané budou v 16. roce.

$$\begin{aligned}
 NPV LCC_{NA} = & \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^1} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^2} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^3} + \frac{18\,965,19}{(1 + 0,1162)^4} \\
 & + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^5} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^6} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^7} + \frac{18\,965,19}{(1 + 0,1162)^8} \\
 & + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^9} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^{10}} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^{11}} + \frac{18\,965,19}{(1 + 0,1162)^{12}} \\
 & + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^{13}} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^{14}} + \frac{18\,913,22}{(1 + 0,1162)^{15}} + \frac{18\,965,19}{(1 + 0,1162)^{16}} \\
 & + \frac{-4\,355,50}{(1 + 0,1162)^{16}} = 134\,136,03 \text{ Kč}
 \end{aligned}$$

Čistá současná hodnota nového agregátu nám vyšla 134 808,12 Kč. Tuto hodnotu musíme dále převést pomocí anuitního ekvivalentu, díky čemuž získáme ekvivalentní roční náklady.

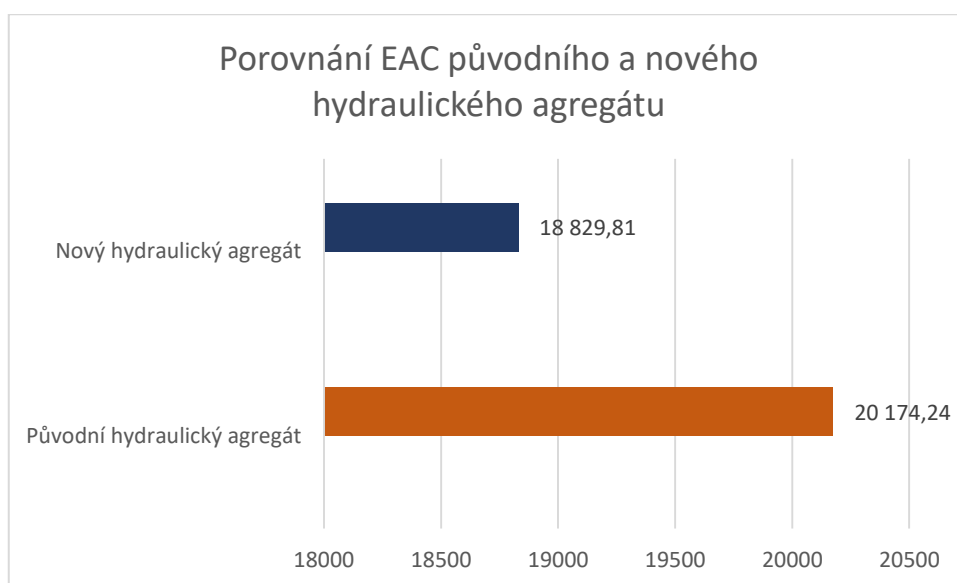
$$f_{tai} = \frac{1 - \frac{1}{(1 + 0,1162)^{16}}}{0,1162} = 7,1236$$

$$EAC_{NA} = \frac{134\,136,03}{7,1236} = 18\,829,81 \text{ Kč}$$

Po převodu čisté současné hodnoty pomocí anuitního ekvivalentu nám vyšly roční ekvivalentní náklady ve výši 18 829,81 Kč.

Po převodu čisté současné hodnoty na roční ekvivalentní náklady EAC obou produktů, nám vyšly hodnoty, které jsou graficky znázorněny v grafu níže. Původní hydraulický agregát má roční ekvivalentní náklady ve výši 20 174,24 Kč. Nový agregát disponuje ročními ekvivalentními náklady o 6,7 % menšími, oproti původnímu agregátu.

Obrázek 24 Porovnání EAC původního a nového agregátu



Zdroj: Vlastní zpracování

V rámci porovnání ročních ekvivalentních nákladů lze usoudit, že za daných podmínek je výhodnější provoz nového hydraulického agregátu.

6.2 Citlivostní analýza

V rámci zkoumaných fází životního cyklu produktů, vstupují do kalkulací nákladů několik faktorů, které jsou nezávisle proměnné na závislých proměnných. Faktory, které při procentuální změně budeme pozorovat, jsou změny cen energií, změna ceny výkupního materiálu a dále stanovíme i vliv WACC na našich výpočtech. Nákladovost kapitálu je zde zohledněna, jelikož tato aplikace modelu není implementována na konkrétní společnost, tak zde uvidíme vlivy, při změně tohoto faktoru. V této analýze budeme postupovat tak, že pokaždé změníme pouze jeden faktor a budeme pozorovat nastalé změny. Tím zjistíme jaký je procentuální vliv vstupu na ostatní položky. U vybraných faktorů nastolíme změnu $\pm 10\%$.

Tabulka 14 Přehled faktorů pro citlivostní analýzu původního agregátu

<i>Faktor</i>	<i>Původní hodnota</i>	<i>$\Delta +10\%$</i>	<i>$\Delta -10\%$</i>
<i>Cena 1 kWh [Kč/kWh]</i>	3,82	4,20	3,44
<i>Cena výkupu [Kč]</i>	1 315,50	1 447,05	1 183,95
<i>WACC</i>	0,1162	0,1278	0,1046

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 14 nám ukazuje procentuální změnu vybraných faktorů původního agregátu, které budeme dále analyzovat. Desetiprocentní změna faktoru nám později ukáže, jaký má vliv na výslednou hodnotu EAC obou hydraulických agregátů.

Tabulka 15 Přehled faktorů pro citlivostní analýzu nového agregátu

<i>Faktor</i>	<i>Původní hodnota</i>	<i>$\Delta +10\%$</i>	<i>$\Delta -10\%$</i>
<i>Cena 1 kWh [Kč/kWh]</i>	3,82	4,20	3,44
<i>Cena výkupu [Kč]</i>	4 355,50	4 791,05	3 919,95
<i>WACC</i>	0,1162	0,1278	0,1046

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 15 demonstruje stejný postup, s tím rozdílem, že se jedná o nový agregát.

Hodnoty z předcházejících tabulek byly implementovány do vzorců k výpočtu EAC LCC obou agregátů při změně o 10 %. V tabulce 16 je vypočítán rozdíl EAC LCC původního agregátu a EAC LCC nového agregátu při navýšení faktorů o 10 %. Tento rozdíl je posléze vyjádřen procenty. Z tohoto procentuálního rozdílu je patrné, že při změně tří faktorů, se stále jedná o hodnoty okolo 7 %.

Tabulka 16 Tabulka srovnání EAC agregátů při $\Delta +10\%$

Faktor	Původní agregát	Nový agregát	Rozdíl	%
	$\Delta +10\%$	$\Delta +10\%$		
Cena 1 kWh	22 194,12	20 721,83	1 472,29	7,11%
Cena výkupu	20 171,39	18 820,37	1 351,02	7,18%
WACC	21 508,26	20 074,93	1 433,33	7,14%

Zdroj: Vlastní zpracování

V následující tabulce jsou zaznamenána data, která byla ovlivněna pokaždé změnou jednoho faktoru. Nejprve došlo k snížení určitého faktoru o 10 % a následně byly hodnoty zaneseny do vzorců. Tento postup se opakoval pro všechny faktory. Výsledná tabulka demonstruje rozdíl hodnot EAC LCC nového a původního agregátu.

Tabulka 17 Tabulka srovnání EAC agregátů při $\Delta -10\%$

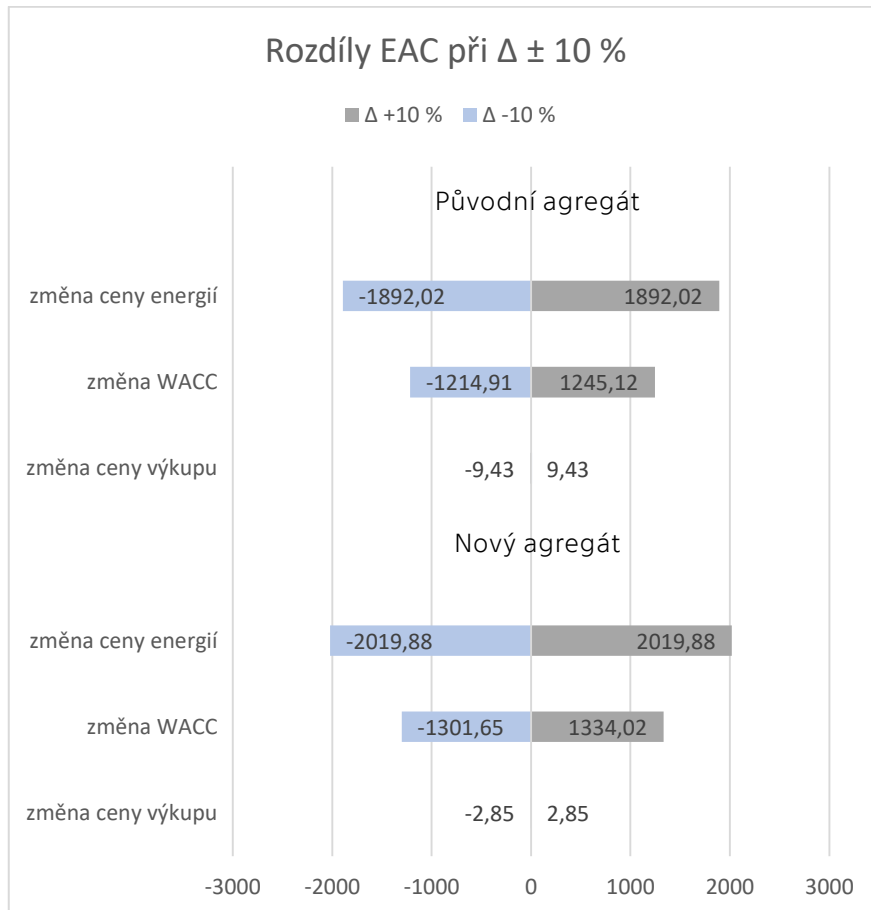
Faktor	Původní agregát	Nový agregát	Rozdíl	%
	$\Delta -10\%$	$\Delta -10\%$		
Cena 1 kWh	18 154,36	16 937,79	1 216,57	7,18%
Cena výkupu	20 177,09	18 839,24	1 337,85	7,10%
WACC	18 872,58	17 614,90	1 257,69	7,14%

Zdroj: Vlastní zpracování

V návaznosti na předchozí tabulky, lze konstatovat, že nejvíce náchylnými faktory na změnu, jsou ceny energií a ceny výkupu. Při změně faktoru WACC je vliv změny u obou produktů stejný. Hodnota WACC by neměla mít vliv na hodnoty výpočtů.

Následující graf znázorňuje rozdíly EAC při změně faktoru o $\pm 10\%$. Můžeme zde vidět korelaci mezi vstupními proměnnými modelu a následné rozdělení jejich výstupů. V našem případě nám vyšel jako nejvíce rizikový faktor změna ceny energií. Hodnota WACC zde vyšla jako druhá nejrizikovější, což je dáno nízkým počtem vstupních proměnných. Změna ceny výkupu je zde jako nejméně rizikový faktor, což je dáno nízkým procentuálním zastoupení položky na celkové nákladové struktuře.

Obrázek 25 Tornádo diagram

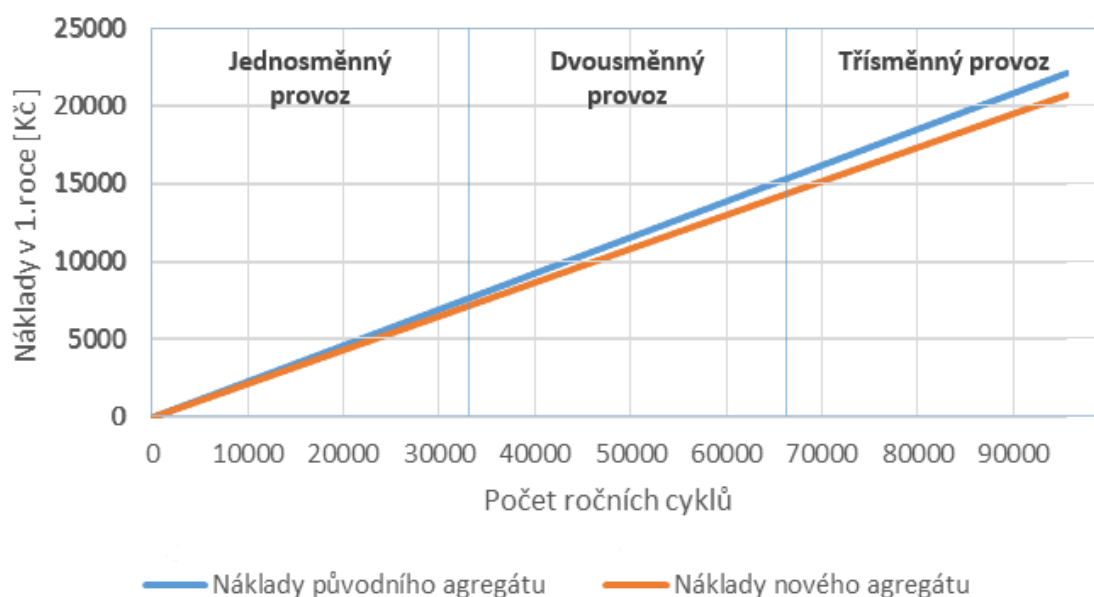


Zdroj: Vlastní zpracování

Porovnání využití časového fondu stroje

Pro námi zvolené podmínky případové studie lze graficky znázornit náklady jednotlivých produktů v návaznosti na jejich využitelnost. Budeme uvažovat náklady v prvním roce. Do grafu zaneseme náklady v daném intervalu a počet cyklů, které se na obráběcím stroji během jednoho roku mohou provést. Na obrázku 26 jsou vidět minimální a maximální meze využitelnosti stroje. Minimální hodnotou počtu cyklů pro jednosměnný provoz byla 0 a maximální mezí bylo 31 854 cyklů. Maximální hodnota je udávána bez jakýchkoliv prostojů. Rozdíly nákladů v jednosměnném provozu jsou nepatrné v řádech desítek korun. V tomto případě by bylo pro zákazníka lepší zvolit tu variantu, která bude mít nižší pořizovací náklady, jež v našich výpočtech neuvažujeme. Větší rozdíly jsou patrnější v dvousměnném a třisměnném provozu. U těchto typů provozů je již zapotřebí zvážit obě varianty z pohledu provozních a pořizovacích nákladů.

Obrázek 26 Porovnání nákladů v návaznosti na využitelnost stroje



Zdroj: Vlastní zpracování

Rozhodnutí o zvolení vhodnější varianty

V případě hydraulických agregátů je rozhodující v provozní fázi energetická náročnost provozu, tedy spotřeba elektrické energie daná příkonem agregátů při vykonávání jednotlivých činností za jednotku času.

Za podmínek této případové studie, kdy v průběhu výroby se bude jednat o jeden výrobní program, lze stanovit dvě rovnice, kde po dosazení hodnot času, lze teoreticky zjistit výhodnost dané varianty, z pohledu spotřeby elektrické energie. Ke zjištění lepší varianty je zapotřebí znát celý obráběcí cyklus. Během obráběcího cyklu dochází nejprve k upnutí obrobku, následuje část obrábění, kde se střídá činnost výměny nástroje, stand by režim a v průběhu může docházet znovu k upínání obrobku. Celý průběh obráběcího cyklu záleží na složitosti a obrobitelnosti obrobku. Při znalosti těchto hodnot, lze dosadit do rovnic:

$$t_n P_{PA_n} + t_{sb} P_{PA_{sb}} + t_o P_{PA_o} = E_{PA}$$

$$t_n P_{NA_n} + t_{sb} P_{NA_{sb}} + t_o P_{NA_o} = E_{NA}$$

t ... jednotka času

P ... příkon

E ... spotřeba elektrické energie

index n ... vztahující se k výměně nástrojů

index sb ... vztahující se k stand by režimu

index o ... vztahující se k upínání obrobku

index NA a PA ... rozlišení výpočtů pro nový a původní agregát

$$0,9 t_n + 0,6 t_{sb} + 1 t_o = E_{NA}$$

$$0,92 t_n + 0,65 t_{sb} + 0,82 t_o = E_{PA}$$

V rovnicích je příkon agregátů uváděn v kilowattech (kW). Po dosazení hodnot zákazníkem, lze porovnat spotřebu elektrické energie u těchto zařízení. Z předchozích vztahů je patrné, že nový agregát je energeticky výhodnější, díky nízkému příkonu ve stand by režimu. Tato skutečnost je dána aplikací frekvenčního měniče, díky čemuž lze snížit frekvenci otáček na minimum, což u původního agregátu nelze.

Závěr

První část této diplomové práce byla věnována položení teoretického základu potřebného k pochopení řešené problematiky. Druhá část diplomové práce aplikovala poznatky z teoretické části. Nejprve byly charakterizovány produkty, kterých se daná analýza týkala, a posléze došlo k představení společnosti vyrábějící dané produkty. Následně byl popsán stroj, do kterého byly implementovány zkoumané produkty. Díky získaným znalostem o daných produktech, byly ve společnosti KOVOSVIT MAS, a.s. provedeny za účasti zaměstnanců společnosti HYDAC spol. s r.o. zkoušky a na jejich základech byla stanovena případová studie výrobního cyklu. Za podmínek případové studie jsme mohli získaná data podrobit ekonomické analýze vybraných částí životního cyklu produktu. V diplomové práci nejsou uvedeny ceny zkoumaných zařízení, jelikož by se tato data mohla stát v konkurenčním prostředí na daném segmentu pro společnost rizikovou. Analýza životního cyklu byla provedena z pohledu zákazníka. Pro naše účely byly zvoleny tři fáze, které jsme analyzovali. Jednalo se o fázi provozu, fázi údržby a servisu a fázi likvidace. Nejprve jsme stanovili veškeré náklady, které jsme uvedli pro celou předpokládanou životnost. Následovala aplikace metody čisté současné hodnoty. Výsledné hodnoty jsme převedli prostřednictvím anuitního ekvivalentu na takové položky, které bychom mohli vzájemně porovnat. Následovala citlivostní analýza, kde jsme stanovili faktory, které by mohly ovlivnit celkovou výši kalkulovaných nákladů. Nyní se dostáváme do fáze, kde udáme závěry této analýzy.

V návaznosti na stanovené podmínky případové studie, lze konstatovat, že výhodnější z variant je nový agregát. Tento závěr lze podložit výpočty v 6. kapitole, kde vyšly ekvivalentní náklady o 7 % nižší. Výsledek je zapříčiněn nižšími náklady výrobního cyklu, čehož bylo dosaženo příkonem produktu neboli spotřebou elektrické energie. Využití frekvenčního měniče způsobí snížení otáček ve stand by režimu pracovního cyklu hydraulických agregátů, což je spojeno s nižší spotřebou elektrické energie. Tento závěr není obecný pro všechny případy, ale je vázán podmínkami stanovenými v případové studii. Za předpokladu shody zmiňovaných podmínek a podmínek potenciálního zákazníka, lze tuto práci využít pro rozhodování mezi zkoumanými variantami.

V závěru práce je uveden jednoduchý vzorec, který zákazníci mohou využít pro výpočet spotřeby elektrické energie, což je rozhodující faktor, jenž utváří většinu provozních nákladů tohoto agregátu. Tento vzorec lze aplikovat na jeden výrobní

program za podmínek, které jsou stanoveny v případové studii a za předpokladu znalosti dosazovaných veličin.

Tato práce se dá využít jako zdroj základních informací pro potenciální zákazníky, kteří se rozhodují mezi těmito variantami hydraulických agregátů. Je zde znázorněn výrobní cyklus obrobku a následně jsou k němu stanoveny kalkulace provozních nákladů, které dokreslují teoretické informace o agregátech. V předchozích výpočtech lze vidět ekonomické aspekty obou variant, které lze aplikovat ve výpočtech jiné společnosti.

Cílem práce byla ekonomická analýza životního cyklu dvou vzájemně zastupitelných produktů a jejich následné porovnání. Tento cíl se podařilo splnit v praktické části, kde jsme pomocí čisté současné hodnoty stanovili finanční toky u obou produktů a následně jsme je přepočítali pomocí anuitního faktoru na ekvivalentní náklady, které jsme posléze mohli porovnávat.

Seznam použité literatury

Bláha, Jaroslav a Brada, Karel. 1992. *Hydraulické stroje*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1992. 8003006651.

Čorňák, Štefan a Vališ, David. 2010. *Řízení a ekonomika provozu BSV II*. Brno : autor neznámý, 2010. 9788072317370.

Danfoss. 2017. Danfoss Engineering tomorrow. *Co jsou frekvenční měniče?* [Online] Danfoss s.r.o., 2017. [Citace: 8. 5 2018.] <http://drives.danfoss.cz/danfoss-drives/what-is-an-ac-drive/#/>.

Dhillon, B. S. 2010. *Life Cycle Costing for Engineers*. Boca Raton : Taylor and Francis Group, 2010. 9781439816882.

ELECTRICAL ENGINEERING. 2011. [Online] 29. leden 2011. [Citace: 15. březen 2018.] <http://electricalengineeringmaster.blogspot.cz/2011/01/ac-motor-construction.html>.

Freiberg, František. 2008. Řízení nákladů životního cyklu produktu. *Transfer inovací- Internetový časopis o inovaciách v priemysle*. [Online] listopad 2008. [Citace: 5. březen 2018.] <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/11->.

Hradecký, Mojmír, Lanča, Jiří a Šiška, Ladislav. 2008. *Manažerské účetnictví*. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 9788024724713.

HYDAC. 2018. HYDAC. [Online] 2018. <https://www.hydac.com/>.

Kavan, Michal. 2002. *Výrobní a provozní management*. Praha : Grada Publishing, spol. s r. o., 2002. 8024701995.

Koblen, Ivan a Szabo, Stanislav. 2016. *Manažment životného cyklu leteckej techniky I*. Košice : MULTIPRINT, s r. o., 2016. 9788089551286.

Kotler, Philip a Armstrong, Gary. 2003. *Marketing*. Praha : Grada, 2003. 9788024705132.

Kotler, Philip. 2007. *Moderní marketing*. Praha : Grada, 2007. 9788024715452.

KOVOSVIT MAS. 2018. KOVOSVIT MAS | KOVOSVIT MAS, a.s., KOVOSVIT MAS. [Online] 2018. <https://www.kovosvit.cz/>.

Lepil, Oldřich a Šedivý, Přemysl. 2010. *Fyzika pro gymnázia*. Praha : Prometheus, 2010. 9788071963851.

- Maixner, Ladislav. 2006. *Mechatronika*. Brno : Computer Press, a. s., 2006. 8025112993.
- Melichar, Jan, Bláha, Jaroslav a Brada, Karel. 2002. *Hydraulické stroje - Konstrukce a provoz*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. 8001026574.
- Odbor ekonomických analýz. 2018. Ministerstvo průmyslu a obchodu. [Online] 23. 1 2018. [Citace: 10. 5 2018.] <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/analyticke-materialy-a-statistiky/analyticke-materialy/financni-analyza-podnikove-sfery-za-1--pololeti-2017--234755/>.
- Pohonná technika. 2011. Pohonná technika. [Online] duben 2011. [Citace: 23. březen 2018.] <http://www.pohonnatechnika.cz/>.
- Popesko, Boris a Papadaki, Šárka. 2016. *Moderní metody řízení nákladů*. Praha : Grada Publishing, a. s. , 2016. 9788027190508.
- Roubíček, Ota. 2004. *Elektrické motory a pohony - příručka techniky, volby a užití vybraných druhů*. Praha : BEN- technická literatura, 2004. 807300092X.
- Řasa, Jaroslav a Gabriel, Vladimír. 2000. *Strojírenská technologie*. Praha : Scientia, spol s r. o., 2000. 8071832073.
- Schneiderová Heralová, Renáta. 2011. *Udržitelné požívání staveb (ekonomické aspekty)*. Praha : Wolters Kluwer ČR, 2011. 9788073576424.
- Scholleová, Hana. 2009. *Investiční controlling*. Praha : Grada Publishing, a. s., 2009. 9788024767482.
- Synek, Miroslav a Kislingerová, Eva. 2010. *Podniková ekonomika*. Praha : C. H. Beck, 2010. 9788074003363.
- Štulpa, Miloslav. 2015. *CNC Programování obráběcích strojů*. Praha : Grada Publishing, 2015. 9788024752693.
- Tomek, Gustav a Věra, Vávrová. 2009 . *Jak zvýšit konkurenční schopnost firmy*. Praha : Nakladatelství C H Beck, 2009 . 9788074000980.
- Uhlíř, Ivan. 2002. *Elektronické stroje a pohony*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. 8001024822.
- Váchal, Jan a Vochozka, Marek. 2013. *Podnikové řízení*. Praha : Grada Publishing a.s. , 2013. 9788024786827.
- Vlachý, Jan. 2014. Using Life Cycle Costing for Product Management. *Management: Journal of Contemporary Management Issues*. 2014.

Vochozka, Marek a Mulač, Petr. 2012. *Podniková ekonomika*. Praha : GRADA Publishing, a.s. , 2012. 9788024743721.

Vojtovič, Sergej. 2011. *Koncepce personálního řízení a řízení lidských zdrojů*. Praha : Grada Publishing a.s., 2011. 9788024739489.

Woodward, D. G. 1997. Life Cycle Costing – Theory, Information Acquisition and Application. místo neznámé : International Journal of Project Management, 1997, Sv. 15.

Zralý, Martin, a další. 2014. *Management a ekonomika podniku*. Praha : Česká technika, 2014. 9788001054604.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Úrovně produktu	8
Obrázek 2 Schéma členění průmyslového produktu	10
Obrázek 3 Životní cyklus produktu	11
Obrázek 4 Prvky managementu životního cyklu produktu	16
Obrázek 5 Oblasti nákladů v rámci životního cyklu produktu	19
Obrázek 6 Postup kalkulace nákladů životního cyklu	21
Obrázek 7 Hydraulický agregát.....	24
Obrázek 8 Schéma energetické přeměny u čerpadel.....	27
Obrázek 9 Schéma energetické přeměny u motorů.....	27
Obrázek 10 Schéma energetické přeměny u reverzibilních strojů.....	27
Obrázek 11 Schéma energetické přeměny u složených soustrojí.....	28
Obrázek 12 Škodlivý prostor u zubových strojů.....	32
Obrázek 13 Zubový stroj s vnějším ozubením a zubový stroj s vnitřním ozubením	33
Obrázek 14 Schéma elektromotoru	34
Obrázek 15 Momentové charakteristiky asynchronního motoru s frekvenčním měničem.....	36
Obrázek 16 Blokové schéma CNC obráběcího stroje - zjednodušené (na příkladu soustruhu)	37
Obrázek 17 Vizualizace soustruhu a jeho hlavních částí.....	38
Obrázek 18 Osy obráběcího centra soustruhu	39
Obrázek 19 Pobočky HYDAC	43
Obrázek 20 Logo společnosti.....	44
Obrázek 21 Soustruh SP Line 280 SY	45
Obrázek 22 Logo společnosti Kovosvit MAS a.s.	46
Obrázek 23 Výrobní cyklus stroje	48
Obrázek 24 Porovnání EAC původního a nového agregátu	62

Obrázek 25 Tornádo diagram	65
Obrázek 26 Porovnání nákladů v návaznosti na využitelnost stroje	66

Seznam tabulek

Tabulka 1 Druhy nákladů v LCC.....	17
Tabulka 2 Výkon původního hydraulického agregátu.....	42
Tabulka 3 Výkon nového hydraulického agregátu	42
Tabulka 4 Porovnání agregátů.....	42
Tabulka 5 Technická specifikata stroje SP Line 280 SY.....	45
Tabulka 6 Podmínky případové studie.....	47
Tabulka 7 Využitelný časový fond stroje	49
Tabulka 8 Spotřeba energie původního agregátu.....	54
Tabulka 9 Spotřeba oleje původního agregátu	55
Tabulka 10 Provozní náklady původního agregátu	56
Tabulka 11 Spotřeba energie nového agregátu.....	58
Tabulka 12 Spotřeba oleje nového agregátu	59
Tabulka 13 Provozní náklady nového agregátu.....	60
Tabulka 14 Přehled faktorů pro citlivostní analýzu původního agregátu.....	63
Tabulka 15 Přehled faktorů pro citlivostní analýzu nového agregátu	63
Tabulka 16 Tabulka srovnání EAC agregátů při $\Delta +10\%$	64
Tabulka 17 Tabulka srovnání EAC agregátů při $\Delta -10\%$	64

Seznam příloh

Příloha 1 Prospekt hydraulických agregátů CO3	77
---	----

HYDAC INTERNATIONAL

The frequency-controlled continuous-operation unit for machine tools – Compact Power Unit C03

The image shows a black hydraulic power unit (C03) in a factory environment. Blue arrows on the left indicate cooling air intake, and red arrows on the right indicate cooling air output. A yellow warning triangle is visible on the right side of the unit. The background shows a clean, industrial setting with machinery and overhead lighting.

ES 320 01/01.16



Your competent partner for innovative hydraulic solutions in machine tools

The "heart" of your machine tools

The frequency-controlled Compact Power Unit CO3 forms the "heart" for the hydraulics in your machine tools. The frequency-controlled, continuous-rated double pump of the CO3 reacts to every demand spike and compensates immediately. In addition, efficient air flow in the power unit housing guarantees optimal motor and oil cooling. All in all, this ensures excellent machine availability.

The Compact Power Units CO3 are constantly in use – literally, because they are designed for continuous operation 24/7. At the same time, they require lower drive power than conventional power units and in addition take care of oil conditioning and cooling.

The new stacking system HL, as complete control logic for the auxiliary functions in machine tools, can be used to extend the functions of the power unit.



Compact Power Unit CO3



Energy efficiency

Suitable for continuous operation

Quiet running (optional)

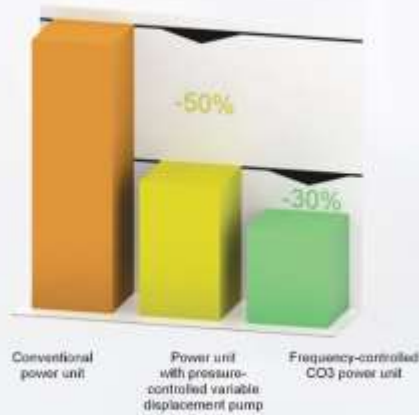
Plug and play

Reliability

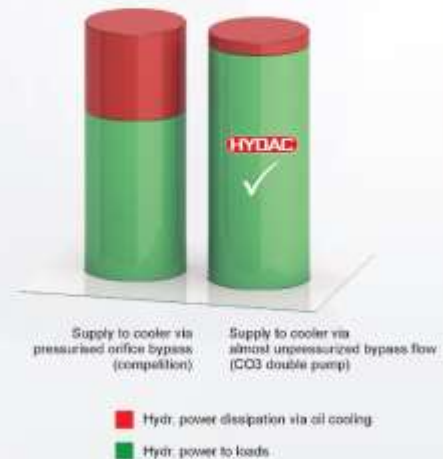
High level of integration

The perfect supply solution – HL stacking system
see brochure no. 5.319 – HL stacking system

Power consumption of various power unit concepts compared



HYDAC double-pump set-up compared with single-pump set-up with bypass orifice at 1.5 KW



6 5 320 0704 16

2 HYDAC



Always in action for maximum productivity

Supply, cooling, oil conditioning in one unit

- Reduced drive power due to frequency-controlled motor
- Highly dynamic adjustment to application-based load changes
- Optimum fluid power supply via requirements-based closed loop pressure control at each operating point
- Greater cooling capacity than conventional power packs with bypass oil cooling
- Centralised cooling of oil, motor and frequency inverter via full integration of all components in innovative housing and air flow
- Constant motor cooling even at low drive speeds thanks to forced ventilation

- Designed for operating type S1
- Very efficient cooling with low energy requirement
- Permanent oil cooling and conditioning thanks to double pump (bypass-filtration optional)

- Complete plastic composite encapsulation and low frequency running characteristics in stand-by operation make the power pack barely perceptible
- Low noise pump optional

- Simple and time-saving commissioning due to pre-defined electrical and hydraulic connections
- International connectable

- Components have been service-life tested, proving themselves over many years provide high availability

- TM design (laser monolithic design) and the consistent use of modern materials in combination enable a low weight and extremely high mechanical and thermal stability



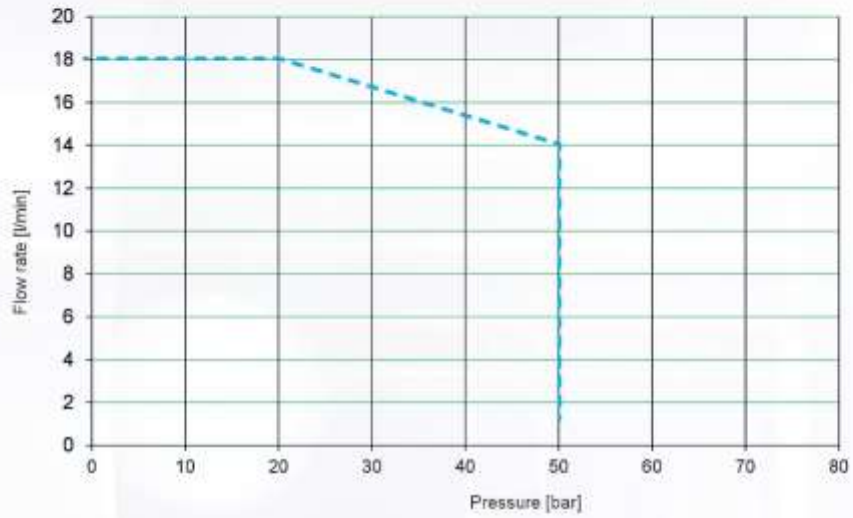
Innovative air flow for simultaneous cooling of motor, oil and frequency inverter



CO3 Performance

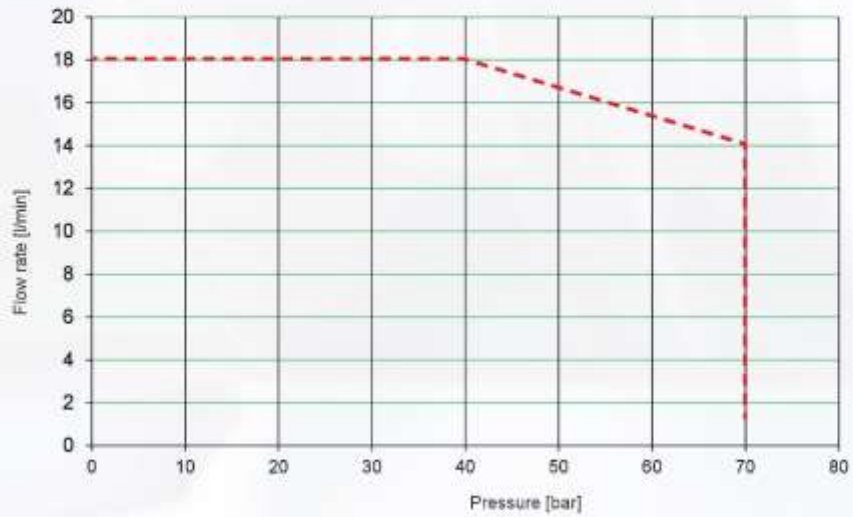
Q/P curve with 1.5 kW motor

Measured with $v = 33 \text{ mm}^2/\text{s}$ and oil temperature 40°C



Q/P curve with 2.2 kW motor

Measured with $v = 33 \text{ mm}^2/\text{s}$ and oil temperature 40°C



Specifications

Specifications (standard layout)

	1Ph 1.5 kW	1Ph 2.2 kW
Frequency inverter		
Supply voltage:	200–240 V	200–240 V
Mains frequency:	50/60 Hz	50/60 Hz
Rated current of device:	9.0 A	9.0 A
Motor-pump unit		
Rated power:	1.5 kW	2.2 kW
Permissible flow rate, continuous operation:	10 l/min	7 l/min
Max. flow rate:	18 l/min	18 l/min
Operating pressure:	max. 50 bar	max. 70 bar see Q-P graph
Relieving pressure:	55 bar	75 bar
Tank filling volume:	approx. 17 l / (approx. 30 l for oil tank made from aluminium, A30)	
Tank discharge volume:	approx. 10 l / (approx. 23 l for oil tank made from aluminium, A30)	
Operating fluid:	Mineral oil to DIN 51524, Part 2	
Media operating temp. range:	-20 to +80 °C	
Ambient temperature range:	-20 to +35 °C	
Viscosity range:	10 to max. 380 [mm ² /s]	
Filtration:	To ISO 4406 Class 21/19/16 or better	
Protection class:	IP54 to DIN EN 60034-5	
Total weight with plastic oil tank:	Without oil filling: approx. 29 kg	With oil filling: approx. 46 kg
Total weight with aluminium oil tank:	Without oil filling: approx. 32 kg	With oil filling: approx. 59 kg

All data is subject to technical modifications! **Other layouts on request.**

CO3 basic equipment

The basic power unit includes:

- Double pump (standard)
- Hydraulic manifold with fixed-setting pressure relief valve and check valve
- Temperature switch, motor
- Temperature sensor, oil
- Frequency inverter
- Pressure transmitter
- Tank with oil level gauge
- Screw type cable gland

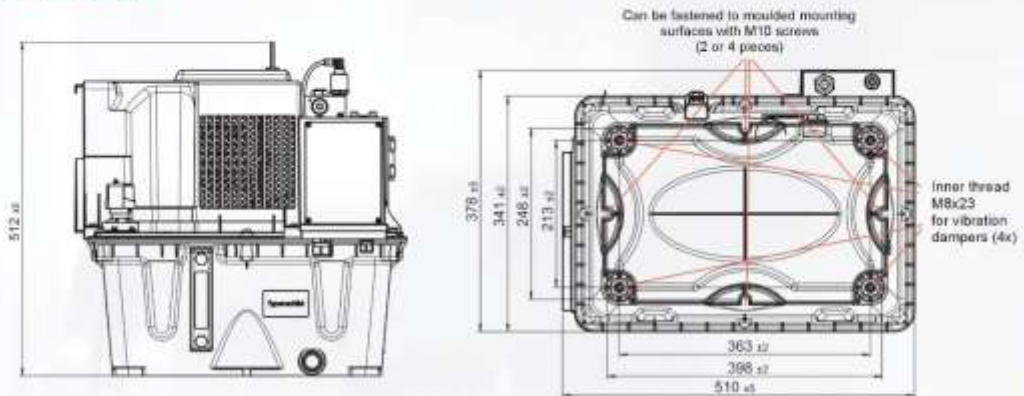
Specific examples

Part no. 3950305
CO3FULK17-A-18 05N-50-63-1.5-BA-F55
Part no. 3950306
CO3FULK17-A-18 05N-70-63-2.2-BA-F75



CO3 data

DIMENSIONS



Installation requirements



NOTICE: The power unit's cooling strategy is based on unobstructed air flow through the housing. It is therefore vital to provide air inlet and outlet openings if the power pack is installed inside an enclosure. The positions and dimensions of the required opening can be taken from the above sketch.

- Stationary industrial environment (Category C3)
- Provide adequate ventilation, particularly on the inlet air and the outlet air side
- Set up with dust protection. For a high-dust environment, we recommend using an easy-to-remove dust protection filter – ideally with three layers, or alternatively with four layers for particularly high dust load (consider reduced cooling capacity).
- Protect power unit from wet, spray water, cooling lubricants and high humidity (RH above 85 %)



CO3 equipment options

Basic equipment with plastic oil tank

Pressure gauge **5**

Part no.: 4547450 (incl. screwed fittings)

Dust protection filter (pre-ventilation installation) **7**

Part no.: 3976047 (3-layered)
3831117 (4-layered)

Pivotable oil draining hose

Part no.: 3886411

Oil level gauge with electrical monitoring **4**

Bypass filter Stat-X (in tank) **9**

Stat-X replacement filter element, 20µm
Part no.: 3958361

Oil tank

Part no.: 4105572 incl.
oil level gauge, 1 x seal,
1 x oil draining screw

Oil tray

Part no.: 4047957

Vibration dampers GUA + GUB **8**

Set of 4

Part no.: 4047445 type GUA
Part no.: 4047446 type GUB

Fully equipped with plastic oil tank (without oil tray)

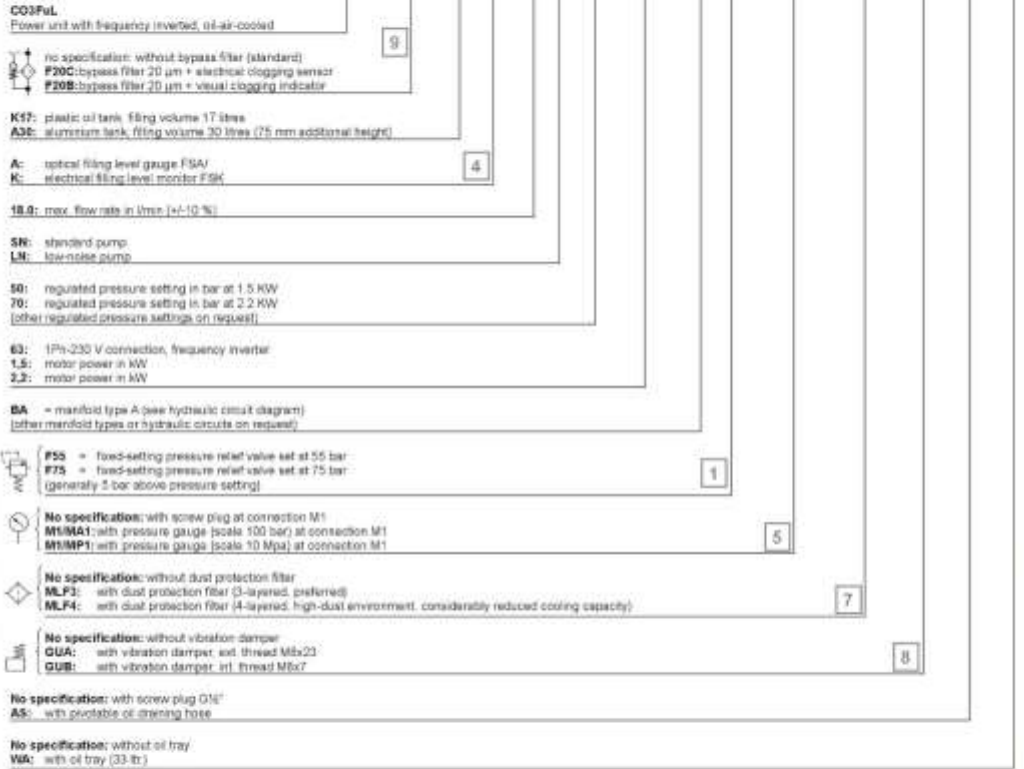
Fully equipped with aluminium oil tank (without oil tray)

* Items 4 and 9 cannot be retrofitted – only possible as original equipment

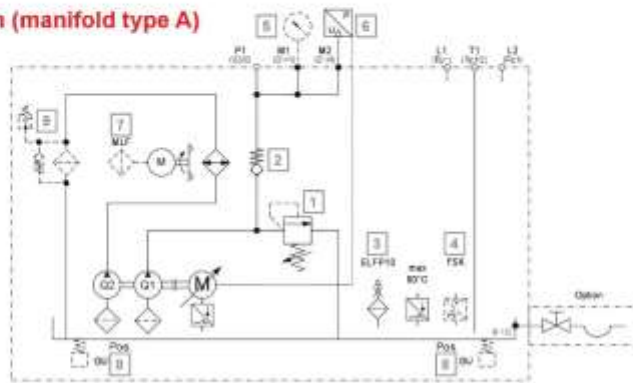


Model code

Example: **CQ3FUL - F20B - K17 - A - 18,0SN - 50 - 63 - 1.5 - BA-F55 + M1/MA1 + MLF4 + GUA + AS + WA**

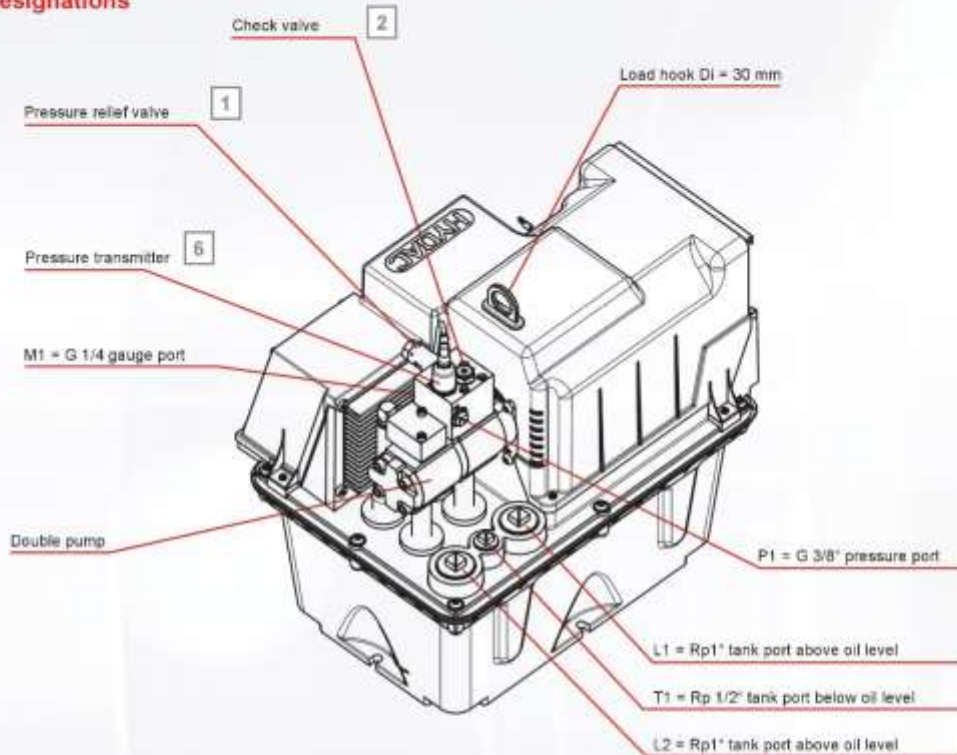


Circuit diagram (manifold type A)



Connection and equipment data

Designations



Notices and operating conditions

- Ensure that the unit is only used for its designated purpose. Do not use the power unit for anything other than its intended purpose!
- In all product life phases, the corresponding work on the power unit must only be performed by authorised specialist personnel.
- Only perform work while the power pack is in a de-energised and depressurised state.
- For the bypass filtration option, only the STAT-X filter elements described in this brochure under equipment options may be used, to prevent electrostatic charging.
- CO3 power units are exclusively intended for use in stationary operation and industrial applications.
- Ensure adequate continuous ventilation (inlet air and outlet air) in the area of the axial fan and the oil/air heat exchanger.
- Power unit to be set up in an environment with low dust and corrosion conditions.
- For a high-dust environment, use dust protection filter.
- Power unit to be operated only within the capacity limits described in this brochure.
- Operation only with permitted operating media.
- Connection and power supply only in conjunction with permissible single-phase networks with equipotential bonding within the specified limits.
- HYDAC operation instructions (drawing no. 4153997) applies in addition.

**Global Presence.
Local Expertise.
www.hydac.com**



Accumulators 30 000



Fluid Filters 10 000



Process Technology 77 000



Filter Systems 75 000



Compact Hydraulics 31 000



Accessories 61 000



Electronics 150 000



Cooling Systems 27 000



- HYDAC Headquarters
- HYDAC Companies
- HYDAC Sales and Service Partners

HYDAC INTERNATIONAL

HYDAC FLUIDTECHNIK
GMBH

Justus-von-Liebig-Str.
66280 Sutzbach/Saar
Germany

Telephone
+49 6897 509-01
Fax
+49 6897 509-577

e-mail: futec@hydac.com
Internet: www.hydac.com

E 5 325 0/06 16

