



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# STANOVENÍ NÁKLADOVOSTI PROVOZU V ZÁVISLOSTI NA VÝROBNÍ TECHNOLOGII LITÍ

DETERMINATION OF OPERATING COSTS DEPENDING ON PRODUCTION TECHNOLOGY OF CASTING

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Libor Černocký

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Antonín Záděra, Ph.D.

BRNO 2023

## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Bc. Libor Černocký</b>
Studijní program:	Strojírenská technologie
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Antonín Záděra, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2022/23

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

### **Stanovení nákladovosti provozu v závislosti na výrobní technologii lití**

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

Pro pokrytí nákladů a zisku výrobních společností je nezbytné, aby svými produkty a službami uspokojily potřeby jejich zákazníků. Toho lze docílit pochopením a naplněním jejich požadavků, které kromě vlastní ceny služby nebo produktu jsou silně ovlivněny například funkčností a životností výrobků, dodacími termíny nebo třeba designem výrobků. Každá společnost by měla znát detailní skladbu svých výrobních nákladů a měla by být schopna je v technologickém kontextu správně nejen popsat, ale i neustále snižovat. Neshody mezi kalkulovanými a reálnými náklady výrobního procesu ovlivňují vedení společností v zásadních rozhodnutích a rozhodují často i o jejich konkurenceschopnosti a dalším rozvoji.

#### **Cíle diplomové práce:**

Technologicko–ekonomická analýza provozu zalévání transformátorů a senzorů, tedy nalezení souvislostí mezi procesy jejich lití výrobními parametry zajišťujícími dokončení bezvadných odlitků. Posuzovány budou procesy zalévání transformátorů za zvýšeného tlaku a ve vakuu. Přínosem této analýzy je vytvoření nástroje, který pro účely v oblasti engineeringu a obchodu dokáže při zadání vhodných vstupních parametrů předpokládané výroby daného typu transformátoru či senzoru pomoci provést volbu a podmínky výrobní technologie vakuového nebo tlakového lití.

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

ŠVECOVÁ, L. a J. VEBER. Produkční a provozní management. 2021. 344 s. ISBN 978-80-271-1385-9.

DOLEŽAL, J. a kol. Projektový management komplexně, prakticky a podle světových standardů. Praha, 2016. 424 s. ISBN 978-80-271-9067-9.

CAMPBELL, J. Castings. Butterworth - Heinemann Ltd., Oxford, 2000. ISBN 978-0-7506-1696-2.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

V diplomové práci se porovnávají technologické náklady zalévání přístrojových transformátorů a senzorů technologií zalévání ve vakuu a technologií zalévání za zvýšeného tlaku. K řešení byly využity principy manažerského účetnictví, které jsou teoreticky shrnuty. Analýza provozu zalévání přístrojových transformátorů a senzorů byla provedena ve společnosti ABB s. r. o. V provozu byly popsány technologické procesy zalévání transformátorů a senzorů a našly se příčiny vzniku nákladů technologií zalévání. Určily se vztahy mezi výší nákladů a množstvím přístrojových transformátorů a senzorů vyrobených danou technologií zalévání. Pro rok 2023 byly odhadnuty náklady technologií zalévání a určila se hodinová technologická sazba, podle které budou jednotlivé transformátory pokrývat technologické náklady pro tento rok. Dále byl vypočten bod zvratu celkových technologických nákladů obou technologií zalévání. Zjistilo se, že za současného stavu je pro množství transformátorů do bodu zvratu vhodnější využívat technologii vakuovou a po překročení množství bodu zvratu je výhodnější zvolit technologii tlakovou. Nakonec byl sestaven nástroj ke zvolení potřebného množství forem nově zaváděného typu transformátoru a k volbě technologie zalévání podle predikovaného objemu výroby.

### Klíčová slova

Manažerské účetnictví, kalkulace nákladů, nákladová sazba, řízení nákladů, bod zvratu.

## ABSTRACT

The diploma thesis compares the costs of potting instrument transformers and sensors using vacuum potting technology and potting technology of automatic pressure gelation. The principles of managerial accounting, which are theoretically summarized, were used for the solution. The analysis of the potting operation of instrument transformers and sensors was carried out in the company ABB s. r. o. The technological processes of potting of transformers and sensors were described in their production, and the reasons for the cost of potting technologies were found. The relationships between higher costs and the amount of instrument transformers and sensors produced by a given potting technology were determined. For the year 2023, the costs of potting technologies were estimated and the hourly technology rate was determined, according to which individual transformers will cover the technology costs for this year. Furthermore, the break-even point of the total technological costs of both potting technologies was calculated. It was found for the current condition that for the number of transformers up to the break-even point is more advisable to use vacuum potting technology, and when exceeding the break-even point quantity, it is more advantageous to choose the technology of automatic pressure gelation. Finally, it was created a tool to select the necessary number of casting molds of the new type of transformer and to choose the potting technology according to the predicted production volume.

### Keywords

Managerial accounting, cost calculation, cost management, cost rate, break-even point.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ČERNOCKÝ, Libor. *Stanovení nákladovosti provozu v závislosti na výrobní technologii lití* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/149173>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Antonín Záděra.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Stanovení nákladovosti prvozu v závislosti na výrobní technologii lití vypracoval(a) samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

---

Brno, 24. května 2023

---

Libor Černocký

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto doc. Ing. Antonínu Záděrovi, Ph.D. za zkušený a lidský přístup, který mi poskytl při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za stálou podporu a společnosti ABB s. r. o. za umožnění realizace této práce a všem dotčeným zaměstnancům, zejména z oddělení procesního inženýrství a financí a kontrolingu, za pomoc při jejím vypracování.

**OBSAH**

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD .....	9
1 MANAŽERSKÉ ÚČETNICTVÍ.....	10
1.1 Vymezení manažerského účetnictví .....	10
1.1.1 Vztah s finančním účetnictvím .....	11
1.2 Klasifikace nákladů s využitím v manažerském účetnictví.....	12
1.2.1 Druhové členění nákladů .....	12
1.2.2 Účelové členění nákladů.....	13
1.2.3 Kalkulační členění nákladů .....	14
1.2.4 Členění nákladů dle závislosti na objemu produkce.....	15
1.3 Kalkulační systém .....	18
1.3.1 Vysvětlení souvisejících pojmů .....	19
1.3.2 Kategorizace kalkulací .....	21
1.4 Kalkulační metody .....	22
2 TECHNOLOGICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA PROVOZU ZALÉVÁNÍ PŘÍSTROJOVÝCH TRANSFORMÁTORŮ A SENZORŮ .....	25
2.1 Současné členění prostor výroby přístrojových transformátorů a senzorů .....	26
2.1.1 Technologie zalévání transformátorů ve vakuu.....	29
2.1.2 Technologie zalévání transformátorů za zvýšeného tlaku.....	32
2.2 Technologické náklady technologií zalévání .....	34
2.2.1 Spotřeba elektrické energie .....	34
2.2.2 Odpisy.....	42
2.2.3 Neshodná výroba .....	44
2.2.4 Kvalita povrchu izolace .....	49
2.2.5 Opravy a údržba zařízení .....	50
2.2.6 Další technologické náklady.....	53
2.2.7 Určení ročních technologických nákladů a sestavení nákladových sazeb technologických zalévání.....	55
2.3 Srovnání technologií zalévání .....	59
ZÁVĚR.....	63

Seznam použitých zdrojů

## ÚVOD

Myšlenkou ke vzniku této práce bylo zkoumání ve výrobním prostředí průmyslového podniku a vytvořit tak mezikrok před nástupem do povolání. Bylo nutné vzít v potaz, že ve velkých průmyslových podnicích některé úkony trvají mnohem déle nebo jsou mnohem složitější, avšak touha poznání za hranicemi akademické obce převažovala. Jakmile se tedy naskytla možnost realizace závěrečné práce ve společnosti ABB s. r. o., došlo k navázání spolupráce.

Než se elektrická energie dostane k našim domácím spotřebičům, prochází elektrizačními soustavami a mnohokrát mění parametry elektrických veličin v širokých rozsazích. Parametry těchto elektrických veličin je však nutné přizpůsobovat citlivým a přesným měřicím zařízením a chránit je. Bezpečnost a ochrana nabývá na důležitosti obzvláště při práci v prostředí velmi vysokého napětí, jakými jsou rozvodny a trafostanice. K měření, příp. i jištění, proudů a napětí pomáhají přístrojové transformátory nebo senzory, a právě divize přístrojových transformátorů a senzorů společnosti ABB s. r. o. v Brně je světovým lídrem ve vývoji a výrobě těchto důležitých zařízení.

Zadání této závěrečné práce je vymezené technologicko-ekonomickou analýzou výroby přístrojových transformátorů a senzorů se zaměřením na provoz výroby izolace přístrojových transformátorů a senzorů, která je prováděna zaléváním izolační hmotou. K procesu zalévání má firma k dispozici dvě výrobní technologie, technologii zalévání ve vakuu nebo technologii zalévání za zvýšeného tlaku.

Cílem práce je vzájemné srovnání nákladů souvisejících s technologiemi zalévání a rozdílných důsledků souvisejících s jejich využíváním. Aby byly výrobní technologie objektivně srovnány, je důležité zohlednit veškeré příčiny vzniku nákladů, které se při finančním vyjádření budou lišit právě podle volby výrobní technologie. K tomu je nezbytné stanovit ještě metodu přidělení zkoumaných technologických nákladů dle volby výrobní technologie přístrojovým transformátorům jednotlivých typů. S přidělením technologických nákladů souvisí dále vyjádření míry, jakou se daný typ výrobku podílí na vzniku těchto nákladů. Sestavení závislosti růstu technologických nákladů na množství zalitých přístrojových transformátorů a senzorů pro každou výrobní technologii zalévání zvláště umožní výrobní technologie ekonomicky srovnat.

Výstupy práce budou ve zkoumané společnosti dále používány jako jeden z aspektů řešení rozhodovacích úkolů souvisejících s výrobními technologiemi vakuového a tlakového zalévání přístrojových transformátorů a senzorů. Právě podrobný ekonomický popis vzniku technologických nákladů, mimo běžné kalkulování, zjednoduší přípravu podkladů ke správným rozhodnutím souvisejících se zkoumanými technologiemi.

# 1 MANAŽERSKÉ ÚČETNICTVÍ

Tato kapitola obsahuje teoretická východiska k analýze technologické nákladovosti ve zkoumaném provozu, ke které je nutné pochopení principů manažerského účetnictví. Proto je vymezeno manažerské účetnictví se zaměřením na členění a kalkulování nákladů výrobního provozu. Klasifikovány jsou náklady pro použití v rozhodovacích vnitropodnikových úlohách s přesahem použití až do vnějšího prostředí. Dále jsou popsány druhy kalkulací a metody k jejich dosažení. V této souvislosti se pojednává také o problematice režijních nákladů, zejména jejich zohlednění v nákladovosti výrobních výkonů, nebo predikování plánu a sledování jejich plnění.

## 1.1 Vymezení manažerského účetnictví

Definice manažerského účetnictví jsou standardně velmi obecné a také se od sebe mírně liší. Vždy však mají společnou podstatu. Tu popisuje mezinárodně uznávaná definice manažerského účetnictví (Horngren): „*Manažerské účetnictví je oblastí účetnictví poskytující informace pro řídicí pracovníky podniku, resp. organizace, a jedná se o proces identifikace, měření, shromažďování a analýz podkladů, v němž se připravuje interpretace a sdělení informací, které pomáhají řídicím pracovníkům dosáhnout stanovených cílů* [1]“.

Primárním úkolem manažerského účetnictví je příprava vhodných podkladů pro řídicí rozhodování v podniku. Ostatní úkoly jsou s primárním úkolem propojeny. Společně proto vychází ze zjišťování skutečných souvislostí ve společnosti, které jsou v různých situacích a dobách kontrolovány, a zpracování zjištěných informací v souvislostech ve vhodném formátu pro rozhodovací úkoly podle jejich charakteru. Úkoly manažerského účetnictví jsou však v některých situacích částečně spjaty také s účetnictvím finančním a je obtížné určit hranici přechodu mezi těmito dvěma metodikami (vysvětleno na str. 11). Obsah informací manažerského účetnictví musí respektovat zvedenou hierarchii a sled v řízení strategickém, taktickém i operativním, jakož i pravomoci a odpovědnosti mezi vnitropodnikovými strukturami řízení. [2; 5]

Úkoly manažerského účetnictví lze potom sumarizovat do podsekcí stejného typu, které lze srovnávat nebo jsou podkladem pro podobnou problematiku, následovně [2; 5]:

- informace o strukturách nákladů – jsou informace o roztříděných nákladech a vztazích mezi nimi,
- informace o útvarech – informace vypovídají o jednotlivých útvarech podniku se zaměřením na souvislosti vzniku režijních nákladů, ze kterých je např. možné vyvodit kalkulace těchto nákladů,
- podklady pro kalkulace – jsou informace z minulosti a předpoklady o budoucnosti, ze kterých se tvoří výsledná kalkulace,
- informace o výkonech – podává informace o jednotlivých výkonech a přiřazuje k nim správné náklady, což souvisí také s vyvozováním a přiřazením důsledků za vznik těchto nákladů,
- delegování odpovědnosti – zajišťuje vyvození a přiřazení odpovědnosti za odchylky od naplánovaného stavu,
- sestavování rozpočtů – zde je úkolem příprava vnitropodnikových nebo celopodnikových rozpočtů,
- běžná kontrola nákladů – je chápána z kratšího časového horizontu a provádí se kontrolou plnění nastavených norem.

Manažerské účetnictví je také systém, ze kterého lze vyvodit indikátory k vyhodnocení stavu výroby. Řídicí pracovníci podniku pomocí těchto indikátorů získají objektivní přehled o efektivitě procesů a hlavně o kompletní nákladovosti svých produktů, přičemž náklady jsou

podrobně chápány a zahrnují detaily z interního pohledu. Přístupy k pojetí nákladů výrazně ovlivňují konkurenceschopnost firem. Nastavené marže a další určené náklady mají vliv na vhodné sestavení cen výrobků, plánování investice do podoblastí a rozvoje produkce výrobků své působnosti nebo na následná vyhodnocení těchto aktivit z ekonomického pohledu. Průběh aktivit v manažerském účetnictví se sestává ze sběru dat, jejich vyhodnocení a prezentace za účely zjišťování provozních nákladů v souvislostech. Nedílnou součástí je vytváření rozpočtů, pravidelné kontrolování odchylek skutečných nákladů od předpokládaných nákladů, určování rentability aktivit aj. [3]

Manažerské účetnictví má dále vliv hlavně na [3; 5]:

- predikce – rozumí se jí rozčleněný odhad nákladů i příjmu, ze kterých se sestavují rozpočty,
- kontrolu – pověření řídicí pracovníci vyhodnocují stav aktuálních nákladů a zejména sledují odchylky od těchto nákladů, kdy podle významnosti rozdílu vyvozují nápravná opatření,
- analýzu nákladů – primárně slouží ke zjišťování odpovědí na otázky nákladovosti produktu či služby nebo jejich položek,
- organizování – výroba může mít nastavená pravidla, jak postupovat vzhledem ke sledovaným údajům v aktuálním čase v manažerském účetnictví,
- výkonnost – čím aktuálnější zná pracovník řídicí nebo výrobní informace o výkonnosti, tím dříve může oprávněně na situaci reagovat,
- proces rozhodování – manažerské účetnictví je podkladem pro rozhodování obecně o vývoji firmy.

### 1.1.1 Vztah s finančním účetnictvím

Finanční účetnictví se odlišuje od manažerského účetnictví hlavně svým určením, které slouží pro vnější subjekty jako např. pro finanční instituce, které z něj určují bonitu klienta. Orientace finančního účetnictví je také na vlastníky či akcionáře, kterým poskytuje jasný pohled na zhodnocení majetku a hospodaření s ním. Zahrnuje také své ocenění v tržním prostředí, jako je know-how. Data jsou zveřejňována a jsou zpracována za jasně dané období standardizovanou formou tzv. „účetní uzávěrky“. Informace mají charakter podniku jako celku, zachycuje navíc vztahy podniku s dotčeným okolím jako jsou vztahy s dodavatelským řetězcem, s obchodními partnery a finančními subjekty. Tento pohled umožňuje sledování finančního stavu firmy v čase jako je posouzení finančního zdraví ve zkoumaném období. Finanční účetnictví popisuje zejména minulost podniku, tedy odpovídá na otázky, co se stalo, namísto otázek, co se mělo stát. [4; 5; 6]

Rozdíly mezi finančním a manažerským účetnictvím představují především jejich lišící se obsah, zásady a způsoby, ze kterých vychází, nebo měrné jednotky. Hlavním rozlišovacím znakem jsou rozdílní adresáti výstupů z těchto informací. Finanční účetnictví připravuje podklady pro komunikaci s externími uživateli, zatímco výstupy z manažerského účetnictví využívají vnitropodnikoví řídicí pracovníci. Časově se finanční účetnictví řídí účetním obdobím, zatímco to manažerské stanovuje zkoumané období dle potřeby pro řešení svých úloh a obecně jeho podoba ani obsah nejsou omezovány externími uživateli. Obdobně je to s používáním jednotek nebo členěním nákladů. Proto má finanční účetnictví větší systémovost pro vnější subjekty. Manažerské účetnictví poskytuje některé informace účetnictví finančnímu. Může se jednat o informace sloužící k ocenění dlouhodobého majetku nebo zásob. Oba přístupy k účetnictví se o sebe mohou vzájemně opírat v otázkách hodnocení uskutečněných rozhodnutí, kdy dojde k výhodnému propojení širších vztahů. [4; 5; 6]

Manažerské účetnictví je proto regulováno jen řídicími pracovníky firmy, kteří mají možnost skutečnosti subjektivně poupravit pro budoucí rozhodovací účely, a pokud by byly ty stejné skutečnosti zpracovány pracovníky jinými, je možné, že výstupy se od sebe budou nepatrně lišit. To se v případě finančního účetnictví stát nemůže, zde by měl být výstup v dané podobě shodný, ať už ho zpracovává libovolně pověřený (avšak kvalifikovaný) pracovník. [4; 5; 6]

## 1.2 Klasifikace nákladů s využitím v manažerském účetnictví

Předpokladem, aby bylo řízení nákladů účinné, je třeba zvolit jejich vhodné a podrobné členění. Klasifikace nákladů slouží k jejich hlubšímu uspořádání do homogenních skupin pro účetní a manažerské činnosti. K zařazení do skupin si pokládáme potřebné otázky charakterizované např. na obr. 1. Popis vlastností nákladů je účinným nástrojem pro určení jejich chování v konkrétních situacích a napomáhá plánování a rozhodování mající široký vliv na prosperitu podniku v současnosti i delší budoucnosti. [6; 10]



Obr. 1 Členění nákladů podle rozhodovacích úloh [5].

Náklad dle manažerského přístupu se projeví již v momentě jeho vynaložení, a ne až v okamžiku, kdy jsou za něj odvedeny peníze nebo jejich ekvivalenty. Díky tomu jsou zaúčtovány do období, kterého se týkají. V následujících podkapitolách budou přiblíženy jednotlivé metody členění nákladů. V literatuře jsou k nalezení i další členění, které již lze považovat za specifická a irelevantní ke zkoumané tématice. [6; 10]

### 1.2.1 Druhé členění nákladů

Druhé členění rozlišuje náklady dle shodné ekonomické podstaty na nákladové druhy. Základní nákladové druhy jsou náklady vstupující do podniku a jsou nezbytné pro zajištění libovolné podnikatelské činnosti. Tyto náklady souvisí s externími partnery dané firmy a jsou v ní zaúčtovány poprvé. Náklady mohou však být i interní (podnik dodává v rámci vlastní činnosti sám sobě). V časové souvislosti běžně uvádí konkrétní druh spotřeby a identifikuje dodavatele. Lepší představu členění nastíní určitě příklady nákladových druhů [5; 6]:

- spotřeba energie, spotřeby materiálu,
- externí služby,
- mzdové náklady, sociální a zdravotní pojištění,
- odpisy dlouhodobého hmotného majetku,
- úklidové služby aj.

Informace o těchto nákladech lze lépe sledovat i plánovat činnosti podniku. Z pohledu hmotné logistiky můžeme např. zlepšovat řízení dodavatelského řetězce a pravidelné vnitropodnikové výkony, z pohledu finanční logistiky umožňuje druhové členění nákladů zase optimalizaci období provádění transakcí, aby nedocházelo k výraznému kolísání čistého pracovního kapitálu, a je základem při sestavování rozpočtové rozvahy. Přestože druhové členění nákladů

má primárně kontrolní úkoly a vyjadřuje finanční účetnictví, je možné ho využít také v oblasti manažerského účetnictví, kdy při vhodném zanalyzování položek lze určit třeba rozpočty středisek. Výhodný je také popis interakce podniku s okolím. Přiřazení určitého nákladu konkrétnímu podnikovému výkonu však není vždy možné. Příčinu vzniku nákladu, jeho účel a účinnost spolu s dalšími detaily pro takovou interní analýzu však už vůbec nezískáme. Proto jsou potřebná i členění nákladů z jiných úhlů pohledu. [5; 6]

### 1.2.2 Účelové členění nákladů

Silnou stránkou druhovému členění nákladů jsou souvislosti s vnějším prostředím podniku, zatímco účelové členění specifikuje zase více vztahy vnitropodnikových procesů. Náklad členěný podle účelu je vytvořen činností, která s ním souvisí, a vyvolává tak přímo jeho vznik. Vyvolávající činnosti mohou mít výrobní i nevýrobní charakter. Na základě těchto vazeb je možné vyjádřit hospodárný objem výkonu a teoreticky predikovat vývoj nákladů. Nespornou výhodou účelového členění nákladů je jejich sledování [5; 6]:

- v linii výkonů – nákladové položky jsou monitorovány z pohledu řetězce výkonů, a tak umožňují sledování vynaložených nákladů v souvislostech tohoto výkonu,
- v linii útvarů – interní prostory podniku se běžně člení na divize, střediska a případné podrobnější pracoviště, mezi které se podle místa vzniku spotřeby přiřazují také náklady daného výkonu.

Zásadním principem účelového členění je zejména rozdělení nákladů souvisejících s výkonem na [5; 6]:

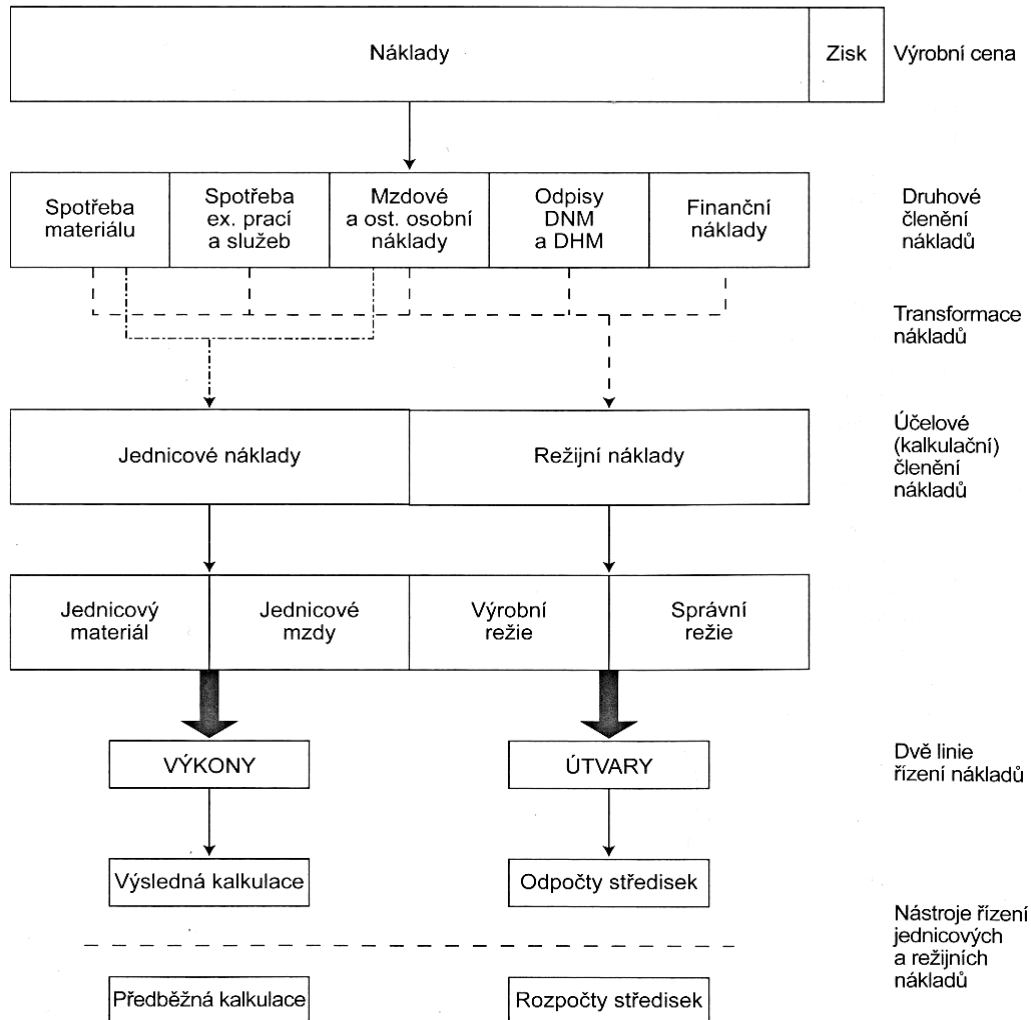
- náklady technologické (jednicové),
- náklady na vznik, zachování a udržení nastavených podmínek v průběhu výkonu (režijní náklady).

**Technologické náklady** se přímo vážou na technologické operace, které je vyvolávají, a jsou tedy kalkulační jednicí konkrétního výkonu. Stanovení technologických nákladů spadá mezi nesporné náklady, jakmile jsou nezbytné vždy prováděné stejné činnosti výkonu ohodnoceny stejnými spotřebami. Tím jsou míněny normy jednotlivých výkonů, kdy se výkonům přiřadí kalkulační položky. Vzhledem k tomu, že technologický náklad má jednicovou podobu, spadá mezi náklady variabilní (více viz str. 15). Technologickými nákladovými položkami jsou příkladem spotřeba materiálu, náklady výrobních pracovníků přímo spjatých s výkonem, spotřeba energie výrobního zařízení nebo jeho odpisy. [5; 6; 7]

**Náklady na zajištění podmínek provozu technologie** jsou určovány pro vhodný průběh činností, kterým vytváří požadované podmínky. Náklad tohoto typu není odvozen pouze pro konkrétní výkon, avšak také pro celý areál či středisko nebo pracoviště. Potom se přiřazuje zpravidla delšímu časovému období. Používá se též kumulativní označení režijní náklady. Režijní náklady částečně s objemem produkce (a tudíž i s konkrétním výkonem) souvisí a částečně nikoliv (není specifikována příčina nákladu). To si lze představit na spotřebě elektrické energie. Přibližné množství elektrické energie se použije třeba na osvětlení budov vždy nezávisle na množství zakázek. U spotřeby elektrické energie na provoz výrobních strojů již vztah růstu spotřeby s objemem výroby vzniká. Proto je charakter režijních nákladů mnohdy kombinovaný a jeho charakter má složku jak variabilní, tak fixní (hlouběji vysvětleno na str. 15). [5; 6; 7; 8]

Obr. 2 naznačuje řízení nákladů za využití členění nákladovosti na jednicovou a režijní. Do režijních nákladů je rozkládají někdy také náklady administrativního zajištění a jiná podpora nevýrobního charakteru. Režijní náklady souvisí s technologickým procesem komplexně, a kvůli tomu se nemění přímo úměrně s objemem provedených výkonů. U mnoha položek vznikají komplikace nepřilíš jasnou závislostí a příp. nezávislostí činností na výrobních

výkonech. Jde třeba o mzdu výrobního mistra, který má v popisu práce více činností na různých pracovištích (dohlížení na výrobu, personální zajištění asistence při nákupu, připomínkování při konstrukci aj.). Vzhledem k této skutečnosti není možné určit přesný podíl mistra na zhotovení jednoho vybraného výrobku. [7; 9].



Obr. 2 Principy řízení jednicových a režijních nákladů [6].

### 1.2.3 Kalkulační členění nákladů

Podstatnou úlohou manažerského účetnictví je vyjádření vztahů nákladů k výkonům. Zásadní však je, co výkonu přiřazeno bude, co ne a jaký bude přepočít pro komplexní náklady. Zároveň jde o obdobu účelového členění nákladů, některé zdroje je dokonce považují za synonyma jednicových a režijních nákladů. Rozdílem spočívá v tom, že v případě účelového členění byl náklad vztahován k jednici výkonu, zatímco kalkulační členění náklad vztahuje vůči většímu množství jednic ve skupině stejného druhu. [5; 10; 10]

Metoda rozděluje náklady na [5; 6; 10]:

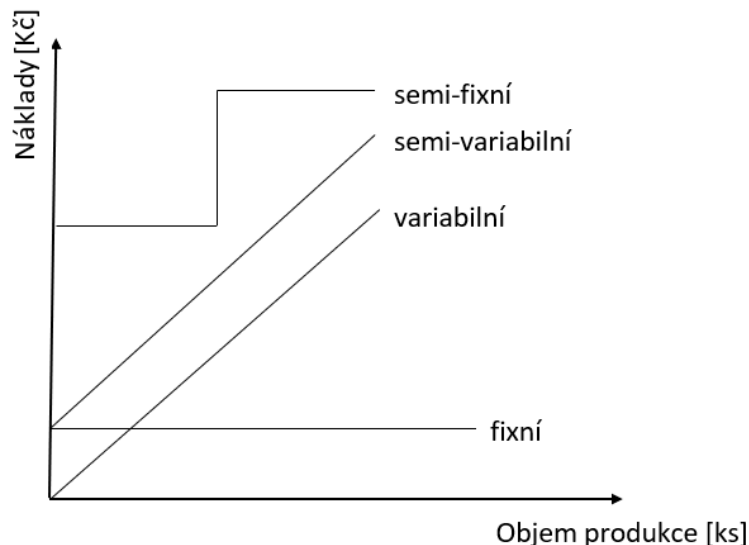
- **přímé náklady** – Tyto náklady je možné podle informací z účetnictví jednoznačně přiřadit určitému výkonovému druhu. Jsou jimi například náklady na jednicový materiál, pouze odpisy jednoúčelových strojů nebo náklady na zaměstnance rozdělené na kategorie dle jejich kvalifikace.
- **nepřímé náklady** – Nejsou přiřaditelné jednotlivě k výkonům, protože mezi nákladem a výkonem neexistuje vztah nebo třeba z důvodu nedostačujících účetních dat není

možné vazbu identifikovat, případně jde o irelevantní identifikaci v nákladové logice firmy. Proto může být mezi náklady nepřímé zařazen i náklad, který má na první pohled charakter nákladu přímého. Mezi příklady patří pronájem výrobních prostor, mzdy managementu, výdaje za informační systém.

#### 1.2.4 Členění nákladů dle závislosti na objemu produkce

Členění nákladů podle objemu produkce je považováno za jedno z nejdůležitějších. Tento přístup členění nákladů je v manažerském účetnictví obzvláště důležitý, protože zkoumá chování spotřeby nákladů při různém objemu výroby, přičemž při aproximaci tohoto chování lze určit vzorec pro odhady budoucích nákladů. Přístup je obecně uplatnitelný, a proto se náklad k výkonu porovnává v praxi v široké škále jednotek. Informace o závislostech slouží navíc jako jeden z podkladů k plánování výroby, k optimalizaci nákladových procesů a určení hranice hospodárnosti, k volbě vhodné metody kalkulace spotřeby nákladů a k mnoha dalším účelům nejen interního charakteru. [5; 10; 12]

Základní třídění nákladů dle objemu výroby je na variabilní (proměnné) a fixní (stálé). Nastávají však situace, kdy spolu tyto dvě kategorie podle různých předpokladů souvisí. Obvykle nákladová položka zahrnuje jak fixní složku, tak složku variabilní a je označována jako položka semi-variabilní. Jde o model závislosti celkových nákladů, který je podniky nejběžněji používán pro kalkulace. Pokud je náklad fixní po intervalech objemu produkce a v krajních hodnotách skokově (často také po celých číslech) vzroste na další fixní úroveň, nazývá se nákladem semi-fixním. Příkladem je pronájem stejných předmětů za jednotkovou cenu. Možná grafická znázornění tohoto třídění ukazuje obr. 3. [10; 12]

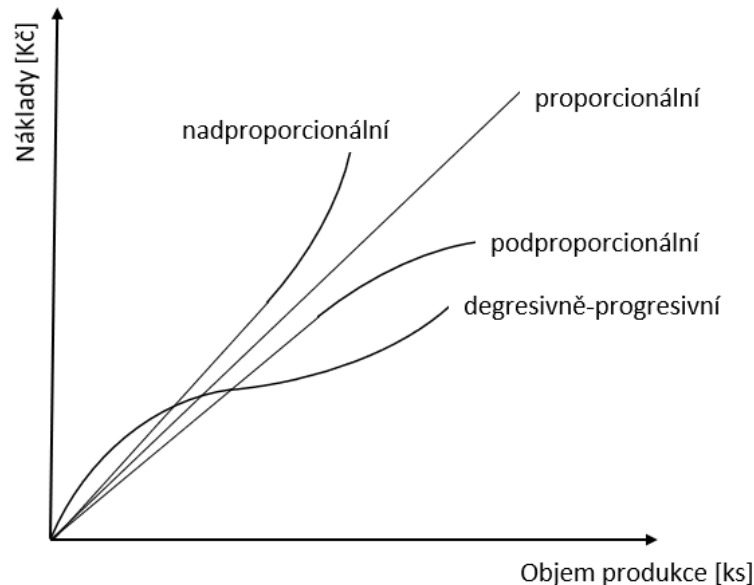


Obr. 3 Základní třídění nákladů dle objemu výroby – podle [12; 13].

**Variabilní náklady** jsou definovány proměnlivostí nákladové položky v závislosti na objemu výroby. To odpovídá kalkulační jednotci nebo složce režijních nákladů. V podnikových kalkulacích je nejčastěji používán předpoklad variability přímo úměrný (též proporcionální) růstu nákladů k objemu výroby, přestože reálná závislost není běžně zcela lineárně úměrná. Případy průběhu variabilních nákladů graficky znázorňuje obr. 4. Stanovování průběhů závislosti vývoje nákladů na vyráběném množství se někdy říká modelování nákladů. Průběh závislosti nákladů je pak označován jako [12; 13]:

- proporcionální – standardní lineární závislost,
- podproporcionální – náklady s vyšším objemem výkonu začínají růst pomaleji (např. cen materiálu při poskytnuté množstevní slevě),

- nadproporcionální – naopak náklady s vyšším objemem produkce začne neúměrně narůstat (např. celková odměna pracovníka za odpracované hodiny při započtení zákonných příplatků za přesčasy),
- degresivně-progresivní – náklady se vyvíjí neúměrně vlivem vstupu další vlastnosti do vývoje nákladů.



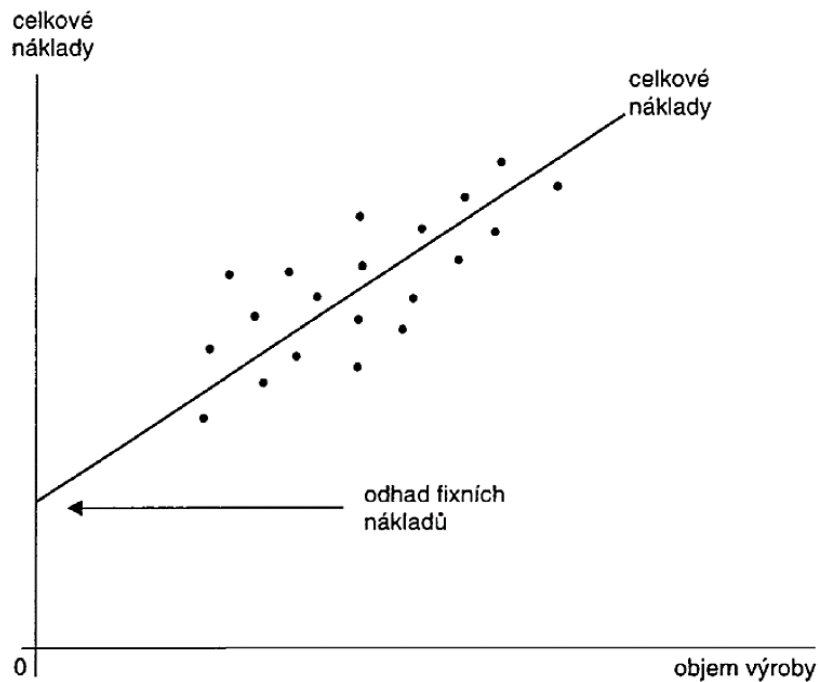
Obr. 4 Případy průběhů variabilních nákladů – podle [10; 13].

**Fixní náklady** jsou náklady neměnné za nějaké období (nejčastěji rok či jeho část). Typickým příkladem jsou odpisy majetku, tedy náklad nevztahující se ke stavu produkce. V kalkulacích se pak přiřazují výkonu nebo se určují kumulovaně pro získání marže, kterou musí výrobky pokrýt (tzv. „příspěvek na úhradu fixních nákladů a tvorbu zisku“), a dělí se globálně na [5; 6]:

- fixní náklady na výrobky,
- fixní náklady na skupiny nákladově obdobných výrobků,
- fixní náklady podle útvarů a
- fixní náklady na řízení podniku.

Při praktickém určování nákladových druhů dochází obvykle ke zjednodušování reálných průběhů nákladů. Snaha směřuje nákladové položky popisovat ve zkoumaném rozsahu proporcionalně, pokud nedochází k velmi významným odchylkám mezi skutečnými průběhy nákladů a průběhy proporcionalními. S lineárními závislostmi druhů nákladů na objemu produkce se poté lépe pracuje například při stanovení variabilní složky a fixní složky výkonu. K tomuto určení se využívá nejčastěji statistických metod. [12; 17]

Závislost nákladů na objemu produkce se stanoví nejčastěji pomocí metody nejmenších čtverců, obvykle formou rovnice přímky. V případě grafického znázornění to znamená, že se do grafu vynesou záznamy nákladů za období stejné délky v různých časech (příp. za stejné časové úseky na ekvivalentních nákladových objektech) pro počet vyrobených kusů. Vzniknou body, kdy na vodorovné ose je vyrobený objem za období a na svislé ose náklady. Body se proloží přímkou, kdy jimi přímka nejlépe prochází nebo jsou odchylky od bodů (tzv. reziduí) co nejmenší a zároveň se kladné a záporné odchylky v součtu vzájemně kompenzují. Nevýhodou metody je hlavně neověřená možnost odlišné závislosti v odlišných rozsazích objemů výroby, než je rozsah objemů výroby vynesení bodů. Proto je žádoucí, aby byl rozsah objemů výroby, pokud možno co největší. Pro aplikace je samozřejmě možné na svislou osu vynášet i jiné veličiny než náklady. [17; 19; 20; 21]



Obr. 5 Princip určení fixních nákladů semi-variabilní nákladové položky [18].

Pokud přímka proložená body na obr. 5 protíná svislou osu nákladů při nenulovém objemu výroby, znamená to, že tato část nákladů je hrazena vždy nezávisle na množství produkováných výrobků. Tuto část nákladů lze proto považovat za fixní složku nákladů. [5; 17]

V případě následující rovnice (1.1) pro určení závislosti celkových nákladů (v případě předpokladu lineární závislosti) na objemu produkce potom fixní složku nákladů představuje absolutní člen rovnice a variabilní složku nákladů jednicové variabilní náklady vynásobené objemem produkce [5; 17; 19]:

$$y = a \cdot x + b \quad (1.1)$$

kde:  $y$  – celkové náklady [Kč]

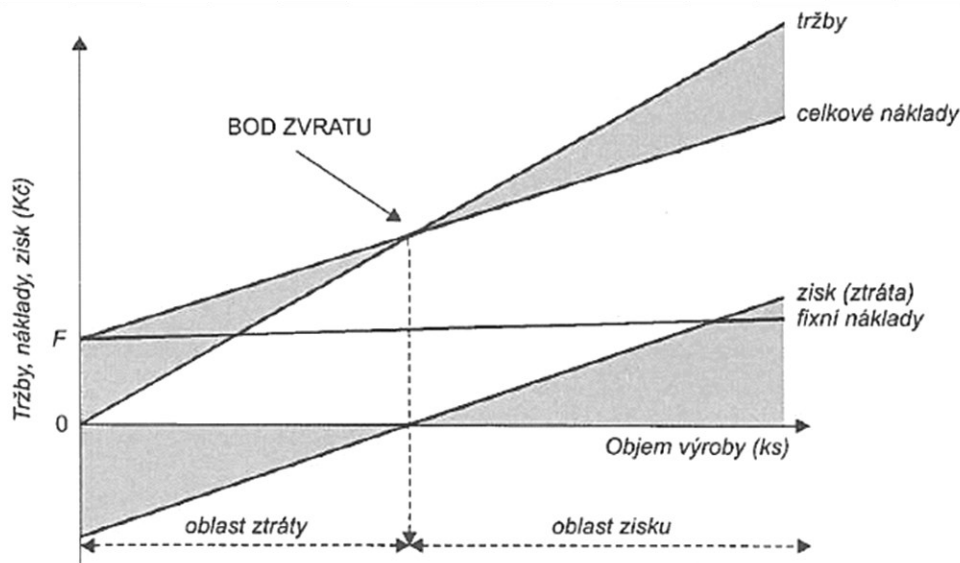
$x$  – objem výroby [ks]

$a$  – jednicové variabilní náklady [Kč]

$b$  – fixní náklady [Kč]

$a \cdot x$  – celkové variabilní náklady [Kč]

Při rozhodování o rentabilitě činností nebo stanovení optimálních výrobních podmínkách se využívá právě více takových přímek pro srovnávání nákladů. Nejznámější taková metoda se nazývá **bod zvratu**, který se dle literatury používá k určení objemu výroby, po jehož překonání podnik začne dosahovat zisku. Početně se požadované hodnoty veličin bodu zvratu určují vyjádřením a dopočítáním z rovnice, kde na jedné straně je předpis pro celkové náklady a na druhé předpis pro tržby. Dosažení vyššího objemu výroby než objemu výroby bodu zvratu je předpoklad rentability, který je důležité ověřit. Graficky bod zvratu znázorňuje obr. 6. Obdobně pak lze řešit vnitropodnikové úlohy optimalizující činnosti podniku nebo nastavování prodejních cen. [17; 22; 22]



Obr. 6 Grafické znázornění bodu zvratu a oblasti zisku a ztrát [14].

Samozřejmě se může stát, že se přímky nikdy neprotnou nebo se protnou při nedosažitelném objemu výroby za stejně dlouhé období jako to, pro které jsou fixní náklady rovnice vyjádřeny. Pro znázornění maximální kapacity výkonu se používá ukazatel nazývaný **kritické využití výrobní kapacity**, který se udává v %. Jeho hodnota musí být méně než 100 %, aby byl zvrát reálně dosažitelný. [10; 14]

Kritické využití výrobní kapacity se vypočte podle vztahu (1.2) [10]:

$$KVK = \frac{Q_{BZ}}{Q_{MAX}} \cdot 100 \quad (1.2)$$

kde:  $KVK$  – kritické využití výrobní kapacity [%]

$Q_{BZ}$  – objem výkonů v bodu zvratu [ks]

$Q_{MAX}$  – maximální objem výkonů za časové období [ks]

### 1.3 Kalkulační systém

**Kalkulační systém** je soubor kalkulací v dané firmě a vztahů mezi nimi sestavených tak, aby se souvislosti mezi kalkulacemi vzájemně shodovaly. Zajišťuje vhodné řízení nákladů v souvislosti s výkony. Na existenci druhů kalkulací, hierarchii, variantu podoby a podrobnost kalkulačního systému mají dominantní vliv [6; 10]:

- velikost podniku,
- charakter firmy,
- požadavky na vypovídající hodnoty kalkulací,
- účel jejich použití a požadavek na období.

Jediná kalkulace nedokáže odpovědět na všechny úkoly kalkulačního systému, mezi něž spadá zejména [13]:

- určení optimálně naplánovaného souběhu jednotlivých výkonů a nejvhodnějšího způsobu jejich vykonávání (nemusí se jednat pouze o interní proces a může se vyplatit převést část výroby na externí subjekty skrze „outsourcing“),
- určení vztahů mezi středisky a koordinace pracovníků tak, aby jednali v souladu s firemní vizí skrze vnitropodnikové ceny,

- zajištění nástroje sledující hospodárnost podniku, která se nejjednodušeji určuje přes kalkulace variabilních nákladových položek,
- určení zhodnocení a návratnosti investice,
- ohodnocení rozpracované výroby a jiných nedokončených činností v souvislostech,
- vyhotovení rozpočtů nákladů nebo sestavení politiky cenotvorby k dosažení nastavených ziskových cílů.

### 1.3.1 Vysvětlení souvisejících pojmů

**Kalkulace** je přepočítání nákladů, zisku nebo jiné hodnotové veličiny na výrobek, službu nebo činnost nebo jinak vyjádřenou jednotku výkonu podniku. Při určení režijní příirážky, zisku nebo dále konečné ceny se vychází z **nákladové kalkulace**, protože ve všech případech záleží na objemu nákladů. Náklady jsou klasifikovány na přímé a nepřímé. Právě u nepřímých nákladů (ekvivalentně označeny také jako režijní náklady) nastávají komplikace s přidělováním jejich poměrné výše jednotlivým nákladům. To je důvod velkého množství různorodých kalkulačních metod a zároveň přinejmenším do značné míry i jejich problematikou. Další problematikou kalkulací je definování požadavku na jejich přesnost a detailnost. S rostoucí přesností kalkulace totiž velmi výrazně rostou náklady na její vyhotovení, použití a také platnost, protože aby byl požadavek na vysokou přesnost v průběhu času udržen, je potřeba častěji provádět revize kalkulace a zahrnovat vliv změn. Proto určitá aproximace detailů v kalkulacích může být výhodnější i účelnější. [10; 13]

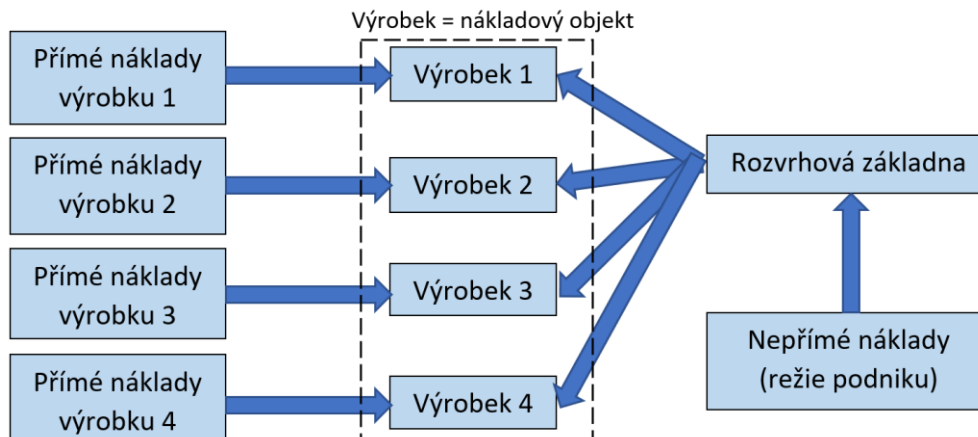
**Předmětem kalkulací** jsou kalkulační jednice odbytových a vnitropodnikových výkonů. Odbytové výkony slouží pro zákazníky mimo firmu, zatímco ty vnitropodnikové jsou charakteristické výkony jednotlivých služeb. Jsou to často polotovary nebo produkty rozpracované výroby dále určené pro vlastní potřeby. Kalkulační jednice mají přesně definovanou jednotku výkonu a množství, přičemž se liší pro každý typ a parametr výrobku. I v případě, kdy se jedná o stejné výrobky, které však byly vytvořeny odlišnou technologií, by mělo dojít k odlišení jejich nákladovosti. Výjimkou pro sjednocení nákladovosti mohou být případy, kdy technická odlišnost nemá vliv na nákladovost výrobku, nebo jde o různé konfigurace výrobku mající nepatrný vliv na jeho nákladovost (maximální odchylku lze určit např. po zahrnutí četnosti). V případě různé konfigurace se pro zjednodušení určí reprezentativní nákladově průměrný typ výrobku. [6; 13]

**Alokace nákladů** je pojem používaný pro přiřazení nákladových položek určitému výkonu, objektu nebo případě časovému období. Pojem alokace je používán většinou jen v situacích, kdy nelze spotřebu nákladů přiřadit přímo a je nutné zvolit přepočítání na základě vhodného uvážení. Jedná se o nepřímé náklady zpravidla fixního charakteru. Po přiřazení nákladu objektu se určí vztah s objektem, který zapříčinil vznik nákladu. [10; 13]

**Rozvrhová základna** je zprostředkující veličinou, pomocí níž dosáhneme přepočtu alokovaného nákladu danému objektu. Schematické znázornění použití rozvrhové základny v alokaci nákladů je na obr. 7. Rozvrhová základna je tím stěžejním článkem alokace, který představuje určitou kreativitu v jeho přípravě. Jsou na ni všeobecně kladeny následující požadavky [6; 10]:

- k této veličině mají mít rozvrhované náklady v nejvyšší možné míře příčinnou souvislost změn a jejich celkového důsledku,
- zvolit vhodnou velikost, aby malé odchylky od skutečnosti nezpůsobovaly velké výkyvy nákladů v kalkulaci,
- mezi výchozími náklady a rozvrhovou základnou by měla být přibližně zachována přímá úměra,

- rozvrhová základna by měla být co nejméně složitá, snadno a rychle zjistitelná a kontrolovatelná.



Obr. 7 Grafické znázornění alokace přímých a nepřímých nákladů – podle [10].

**Alokační princip** souvisí s volbou rozvrhové základny, protože její volbou je princip nastaven. Jsou tři základní alokační principy, které souvisí s cíli alokace nákladů a zajišťují spolehlivost alokace. Nelze je mezi sebou porovnávat, protože vycházejí z odlišných myšlenek. Mezi alokační principy se řadí [10; 13]:

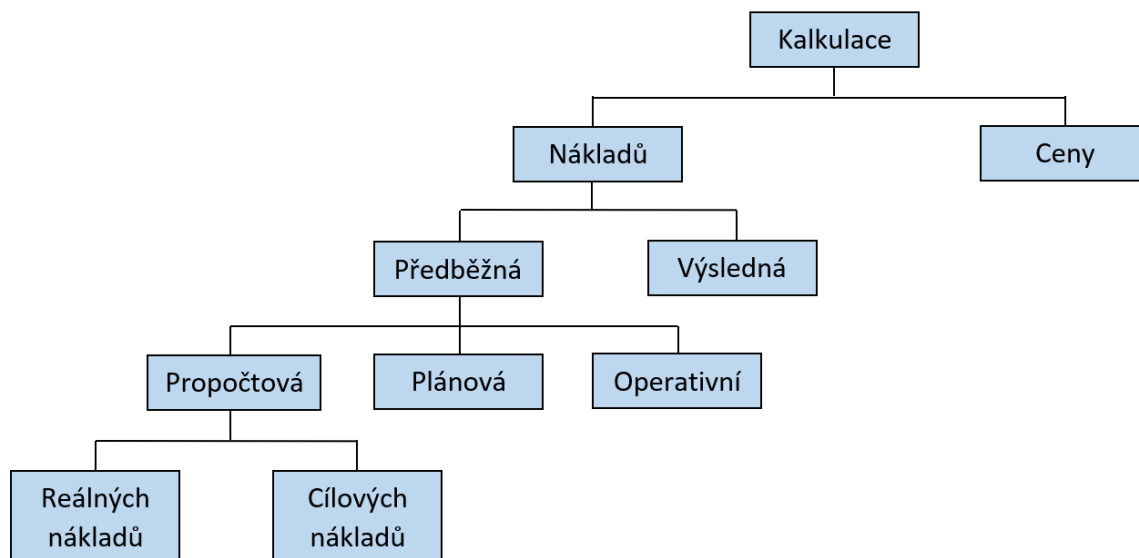
- princip příčinné souvislosti – určuje, že všechny výkony by měly souviset pouze s náklady, které svým vznikem vyvolal, a až v případě nemožnosti příčinnosti se přejde na zbývající principy,
- princip únosnosti nákladů – používá se hlavně, pokud kalkulace slouží pro účely cenotvorby, nebo k motivaci více využívat dostupné prostředky a až v případě neuplatnění pro tyto účely se přejde na další princip,
- princip průměrování – odpovídá na otázku, jaké náklady se průměrně pojí s jakým výrobkem.

S alokací přímo souvisí pojem absorpce. **Absorpční kalkulace** (nebo také kalkulace úplných nákladů) bere v potaz, resp. přerozděluje veškeré náklady podniku na objekty či výkony. Kalkulování, které zahrnuje všechny správní náklady, má zpravidla dlouhodobější charakter a je významné pro cenová rozhodování. Jejím velkým přínosem může být vlastnost určení, kdy budou fixní náklady pokryty, a tím pádem začne objekt generovat zisk. To pomáhá nejen v již zmíněné cenové politice, ale též v strategických úkonech jako jsou investice. U těchto významných rozhodnutí pak vzniká riziko možné nepřesnosti, jelikož nevhodně zvolená rozvrhová základna, kterou nelze nikdy určit naprosto přesně, může mít významný vliv na popis skutečnosti. [10; 13]

**Neabsorpční kalkulace** (též kalkulace neúplných nákladů) část správní režie nepřiznává výkonům. Tyto nepřiznané nákladové položky jsou obvykle fixní, proto je sestavení kalkulace jednodušší. Přesto je mladší než kalkulace absorpční. Při úplném oddělení fixních nákladů jde o tzv. kalkulaci variabilních nákladů. V tomto případě se fixní náklady hradí z rozdílu ceny a výši variabilních nákladů. Je však vhodná krátkodobější účinnost kalkulace, protože pokrytí fixních nákladů je zpravidla hůře předvídatelné. Na druhou stranu je jejím benefitem primitivní modifikovatelnost v reakci na změny. Výhodné použití neabsorpční kalkulace je v podniku typickým výrazným výkyvy svého provozu. V takovém případě mají fixní náklady vzhledem k objektům i ceně zakázky ve skutečnosti významně odlišný vliv. [10]

### 1.3.2 Kategorizace kalkulací

Jednotlivé kalkulace se od sebe liší, protože vznikají na základě odlišných předpokladů. Mohou zobrazovat celkové nebo jen variabilní náklady nebo jsou založeny na jiných alokačních principech. Z časového hlediska vznikají kalkulace pro okamžitá rozhodnutí nebo budoucí podle současného stavu kalkulačních proměnných nebo dle pravidelných dějů z minulosti. Pokud se kalkulace sestavuje pro určení budoucích úkonů, nazývá se předběžnou. Kalkulace určující, co se stalo a bylo dokonáno v minulosti, se pak označují jako výsledné. Zde bude popsáno toto a hlubší členění hierarchie kalkulací znázorněné na obr. 8. Zaměření kalkulací není jen na samotný výrobní proces, ale také na fáze projektu jako je vývoj výrobku, technologická příprava nebo komplexně mohou dlouhodobě predikovat např. životní cykly výrobků a v návaznosti na ně provádět strategické plánování systematicky. Takovými úkony jsou třeba nový vývoj, investice, využití pracovišť a jejich automatizace. [6; 15]



Obr. 8 Hierarchie kalkulačního systému – podle [13].

**Propočtová kalkulace** je předběžnou kalkulací v momentě, kdy je pouze hrubá představa o výrobku a technické provedení se teprve vyvíjí. Tato kalkulace se sestavuje pro konkrétní výrobek a vychází z předpokladů a srovnávání s již zavedenými výrobky s podobnými charakteristikami. To je dost často možné, protože velká část průmyslových výrobků v jedné výrobní firmě je akorát rozdílnou modifikací nebo jinou kombinací již známých položek. Největší odchylky od skutečnosti v propočtové kalkulaci často způsobují výkonové a spotřební normy nového nevyzkoušeného procesu. Tato kalkulace nákladového zatížení výroby se využívá obvykle jako podklad k sestavení cenové nabídky a termínů skrze určení vytižení výrobních kapacit. Pro tyto účely se zkoumají nejprve reálné náklady, které se porovnají s konkurencí, a podle konkurenceschopnosti produktu na trhu se určí cílové náklady, kterých je třeba dosáhnout. Pomocí dalšího upřesňování nákladů a zefektivňování výroby se určí, do jaké míry je podnik schopen cílových podmínek dosáhnout a zda je strategicky vhodné plány zrealizovat. [6; 13; 15]

**Plánová kalkulace** je předběžnou kalkulací mnohem podrobnější oproti propočtové kalkulaci, a díky tomu může být použita pro plánování. Její použití je pro opakované výkony. Tato kalkulace vychází z norem spotřeby času a materiálu, které se v podnicích výrobního charakteru běžně revidují a zavádí začátkem nového účetního roku. V souladu s tímto časovým obdobím je také platnost kalkulace. Potom záleží na významnosti nákladových odchylek a obchodní politice, zda se provedou změny v kalkulaci při změně ceny dodávaného materiálu (kalkulace, ve které se vždy ihned upraví cena položky, je označována jako tržní kalkulace),

nebo bude dodržen princip jednotných cen v daném účetním období. Rozdíl mezi plánovou kalkulací určí na konci účetního období kalkulace výsledná. Z toho vyplývá možnost uplatnění plánové kalkulace k sestavení rozpočtů nebo srovnání původního a inovovaného výrobního postupu. [6; 13]

**Operativní kalkulace** se využívá zejména k vyjádření změny v přímých nákladech sériově vyráběných produktů způsobené záměnou komponent, změnou či optimalizací postupu nebo různými inovacemi technologie a souvisejí energetickou náročností. Kalkulace má také skvělé uplatnění v automatizovaných výroбах a ke kontrole plnění spotřeby a ohodnocení výkonů jednotlivých pracovníků. Pomocí operativní kalkulace lze dále hledat příčiny pochybení, ať už lidské nebo technologické. Operativní kalkulace má vztah k plánové kalkulaci takový, že monitoruje dodržování jejího plnění. Kalkulace je podkladem pro vyjednávání s dlouhodobými zákazníky o navýšení ceny nebo pro určení aktuálních rentabilních podmínek provádění výkonu. Hodnocení hospodárnosti pouze v minulosti už je považováno za výslednou kalkulaci, proto je důležité zvolit vhodnější kalkulaci pro danou aplikaci. [10; 13]

## 1.4 Kalkulační metody

Naprostě klíčové pro správné popsání procesů je zvolit vhodnou metodiku pro nastavení kalkulace. Ty se však liší dle velikosti, oboru působení a specifikacích provozu pro jednotlivé firmy. První krok výběru vhodné metody je klasifikace na produkci hromadnou či zakázkovou nebo určení charakteru služeb či obchodu. Zažité principy se liší také podle zemí. Nejen proto jsou kalkulační metody spíše obecnější a nechávají tvůrci kalkulace určitou volnost, aby dle chápání daného provozu zvolil nejvhodnější proměnné, rozvrhové základny, časové horizonty atd., aby kalkulace respektovala širší vztahy v podniku. [6; 10; 14]

**Kalkulace dělením** je nejjednodušší možnou kalkulací, která se využívá zejména v podnicích s hromadnou výrobou. Podmínkou použití metody je skutečnost, že náklady uskutečnění jakéhokoli výkonu musí být u každé jednice z dlouhodobého výhledu stejné, přičemž nejde jen o shodu v samotné výrobě, ale také v řízení v dodavatelského a odběrového procesu. Příkladem může být výroba elektrické energie nebo služby. [6; 10]

Obdobnou metodou je **kalkulace dělením s poměrovými čísly**, přičemž výkony, které počítá, nejsou zcela homogenní, provádí se však na stejném principu. Výrobky se v tomto případě od sebe liší v jednom technickém parametru (např. trváním procesu, hmotností, délkou aj.). Alokace nákladů probíhá skrze přepočítání předem stanovených ekvivalentních čísel, které nákladově porovnávají rozdílnost ve vlastnosti výrobků. V případě, že jsou výrobky produkovány na sklad a neprodají se v daném období, nemohou být zatíženy náklady spojenými s odbytem. Kalkulace se sestavuje zavedením typického představitele portfolia, jehož ekvivalentní číslo je rovno jedné. Ostatním výrobkům se určí čísla poměrně vzhledem k známé vlastnosti. Náklady na jeden ekvivalent se vypočtou ze součtu ekvivalentů a pro každý výrobek se vynásobí jeho poměrovým číslem. Důležité je nakonec ověření, zda kalkulace odpovídá skutečné spotřebě nepřímých nákladů. [10; 14]

**Dynamická kalkulace** bere v úvahu fixní náklady v souvislosti s objemem výroby. Jejím předpokladem je při nižších objemech výroby přepočítávat pro každý výrobek vyšší poměr fixních nákladů. To je uplatnitelné právě ve výroбах s velkými výkyvy v produkci, např. u zaměření sezónního charakteru. Významnou proměnnou je obvykle využití kapacit. Nejde o samostatně uplatnitelnou metodu, může však být vhodně užita v jiných kalkulacích. Z odběratelského pohledu může motivovat klienty k volbě zvýhodněných objemnějších zakázek, což může snížit administrativní náročnost firmy ale také zefektivnit výrobu vlivem větších dávek. [6]

**Kalkulace přírážková** je nejrozšířenější metodou používanou ke kalkulování plných nákladů výkonů, protože velká část firem má heterogenní produkci nebo využívá různých technologií a

postupů. Kalkulace umožňuje pracovat také s režijními náklady, jež každý výkon vyvolává rozdílně. Fixní náklady jsou výkonům přiřazeny nepřímo dle rozvrhové základny. To vysvětluje název kalkulace, protože přiřazení procentuálních režijních nákladů se někdy označuje jako režijní přírážka. Komplikace přináší někdy velké množství vstupních parametru, a tak v praxi dochází neojediněle ke zjednodušování či zaokrouhlování nejméně významných vlastností, aby se nekomplikovalo sestavování rozvrhové základny. [6; 14]

Fixní náklady se někdy pro zjednodušení v přírážkové kalkulaci rozčlení do skupin režii výroby, skladování, odbytu, správy atd. a skupiny se přiřadí podle vlastností výrobků. Tento princip je označován jako diferencované řešení. Další princip je sumační, který je založen na využití jediné rozvrhové základny a přímé úměry. U kalkulací vznikají vzájemné odchylky při vycházení z rozpočtovaných nákladů a nákladů skutečných, a proto je důležité rozhodovat podle účelu a v podniku zavedených metodik, aby se nelišily. [6; 10; 14]

V průmyslové praxi se **přírážková kalkulační uplatňuje s využitím strojních hodin**. Strojní hodiny neboli strojní sazba jsou pojem, avšak ve většině případů se počítá s minutami. Do tarifu strojních hodin se zahrne nejen fixní režie, ale také náklady variabilní. Přitom do zajištění se běžně zahrnuje lidská práce, odpisy, nájmy, údržba a materiály k tomu potřebné, spotřeba energie na provoz, nájmy a jiné náklady s vazbou na pracoviště. Sazba strojních hodin pracoviště v Kč za minutu se určí jako rozpočet výrobní režie technologického pracoviště za období vydělený předpokládaným množstvím provozu strojních minut tohoto pracoviště za stejné období. Protože jde sazbu pracoviště, standardně sazba zahrnuje všechny nebo většinou část operací na něm uskutečněných. Podle toho, jak výrobek časově zatíží technologii, je mu přidělen tento náklad technologického zajištění. Tedy náklady technologického pracoviště se pro výrobek určí jako čas výrobního chodu vynásobený strojní sazbou tohoto pracoviště. [6; 9; 10; 15]

S rostoucí úrovní automatizace rostou i celkové náklady jednotlivých výrobních středisek. Z tohoto pohledu je vždy do a pak zase od určité míry automatizace ekonomičtější využívat práci lidskou se všemi souvisejícími náklady, jenže automatizace je většinou mnohem produktivnější, takže zase zvyšuje kapacitu produkce na stejné ploše. Kdybychom chtěli ekonomičnost porovnat dle manažerských metod, museli bychom znát sazbu pracoviště pomocí lidské obsluhy a sazbu automatické výroby vynásobené potřebnými minutami zátěže pro tyto varianty. Zde má ještě větší význam sledovat i náklady nepřiraditelné tomuto pracovišti nebo středisku, protože se podle míry automatizace mohou významně lišit. Těmto nákladům se jako rozvrhová základna přidělují zpravidla přímé mzdy. Tento úkon je označován jako zůstatková přírážka výrobní režie. [6; 9]

Postup pro sestavení kalkulační je nakonec sestaven dle výrobních procesů, nemusí vždy respektovat hranice středisek, ale respektuje samotný procesní tok výrobou a k jeho sestavení je potřebné se řídit následujícími kroky [6; 9]:

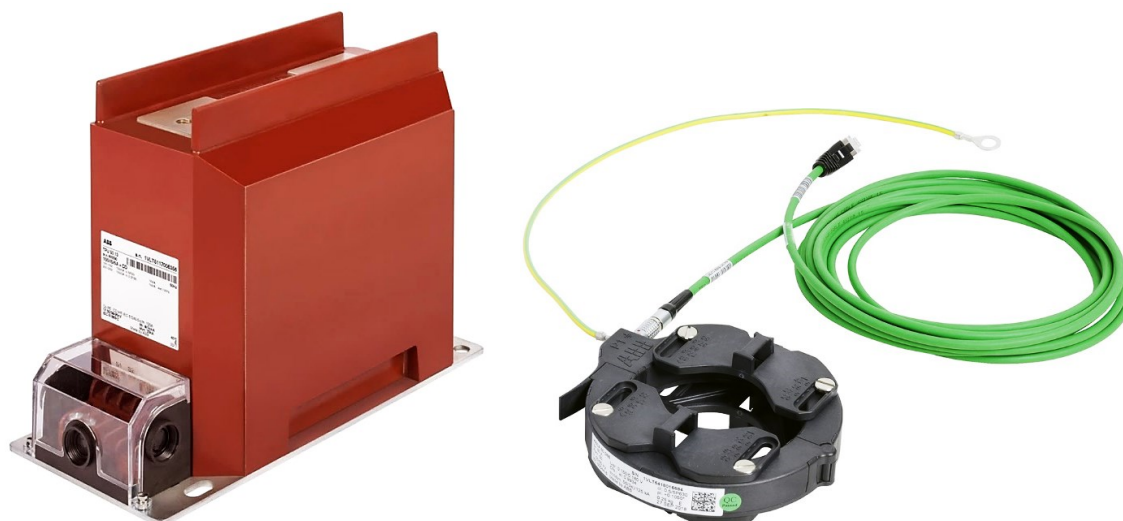
1. Nejprve je nutné pochopit procesy a popsat co nejvíce jejich charakteristik. Nejprve je vhodné je zařadit jako hlavní a vedlejší, přiřaditelné či nepřiraditelné útvarům, střediskům a výkonům atd. a až následně určovat konkrétní závislosti.
2. Zkompletovat seznam položek vzniklých nákladů a maximálně specifikovat vazby procesů k výkonům.
3. Procesům, které jsou podmíněné množstvím výkonů, stanovit vhodné jednotky, které kvantifikují procesy k nákladům.
4. Vyjádřit vhodně nákladové položky nejlépe za období stejné délky jako to, po které bude kalkulační platná. Nákladům bez vztahů v objemu činností stanovit rozvrhové základny, aby byly přidělitelné nákladům mající přímou souvislost s množstvím ve vztahu ke kapacitním předpokladům.

5. Vydělit celkové náklady přidělené procesu množstvím v určené měrné veličině k dosažení nákladů na jednici.
6. Tuto sazbu s plánovanými podmínkami zavést pro plánování na příští období. Pokud se však podmínky významně nepředvídaně změní, změní se i propočty a může být nutné provést změny ještě před původním koncem období platnosti.
7. Operativní a výsledné srovnávání sazeb se skutečností může napomoci příští revizi podmínek, aby pak více odpovídaly realitě.
8. Provést zúčtování nákladů za období minulé, nebo i dodatečně a výjimečně za období předcházející z důvodu významného pochybení v minulosti.

## 2 TECHNOLOGICKO-EKONOMICKÁ ANALÝZA PROVOZU ZALÉVÁNÍ PŘÍSTROJOVÝCH TRANSFORMÁTORŮ A SENZORŮ

Podstatou technologicko-ekonomické analýzy je vyčíslení výrobních nákladů souvisejících s technologickým provozem neboli určení technologických nákladů. Výše technologických nákladů za určité období se však mění v závislosti na mnoha proměnlivých faktorech. Analýzou provedenou v rámci diplomové práce bude určeno, jaký vliv mají jednotlivé faktory na výši technologických nákladů provozu zalévání přístrojových transformátorů a senzorů v závislosti na ročním vyráběném množství. Pro technologické náklady zalévání pak bude vyčíslen odhad jejich celkové výše pro rok 2023 a pro jeden kus podle typu přístrojového transformátoru nebo senzoru. Z důvodu utajení není u některých výpočtů provedeno dosazení, některé údaje či hodnoty nejsou uvedeny nebo jsou číselné hodnoty přepočteny dle utajených koeficientů.

Přístrojový transformátor nebo senzor jsou elektrické zařízení sloužící k měření nebo jistění elektrického proudu či napětí na principu elektromagnetické indukce. Hlavními součástmi obvodu přístrojového transformátoru jsou primární a sekundární vinutí a feromagnetický obvod neboli magnetické jádro. Novější alternativou přístrojových transformátorů jsou senzory. Obvod senzoru tvoří Rogowského cívka, což je speciálně navinutá cívka na jádře, které však není magnetické. Senzory mají zpravidla menší rozměry a jsou lehčí než ekvivalentní přístrojové transformátory, což umožňuje snadnou manipulaci a instalaci v místě jejich spotřeby. Ukázky přístrojového transformátoru a senzoru jsou na obr. 9. [24; 25; 26; 27]



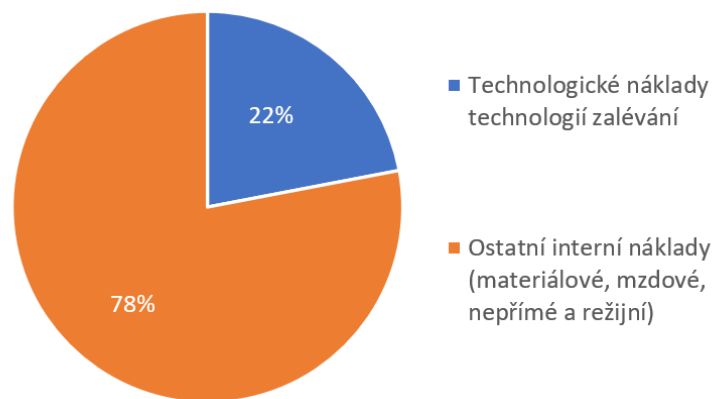
Obr. 9 Ukázka přístrojového transformátoru (vlevo) a senzoru (vpravo) [24].

Analýza zalévání přístrojových transformátorů a senzorů byla umožněna ve společnosti **ABB s. r. o.**, která se široce zaměřuje na oblast elektrotechniky a automatizace. Její výroba přístrojových transformátorů a senzorů v Brně patří mezi největší svého druhu na světě. Portfolio zde vyráběných výrobků lze členit na senzory a suché přístrojové transformátory proudu a napětí nebo dle využití na vnitřní a venkovní, dle tvaru na blokové a prstencové nebo dle elektrického napětí na přístrojové transformátory nízkého napětí, vysokého napětí a velmi vysokého napětí. Tyto přístrojové transformátory a senzory obsahují vnější izolaci, která se vyrábí tak, že jsou přístrojové transformátory a senzory zalévány hmotou na bázi epoxidové pryskyřice. V případě typu senzoru na obr. 9 je zalitý senzor uvnitř krabičky.

K zalévání přístrojových transformátorů i senzorů jsou ve zkoumaném provozu využívány dvě technologie zalévání. Jsou jimi technologie zalévání ve vakuu (dále též jako vakuová technologie) a technologie zalévání za zvýšeného tlaku (dále též jako tlaková technologie). Pojem zalévání je v podnikové terminologii označován také jako lití. Bez rozdílu, zda jde o přístrojový transformátor nebo senzor, je možné většinu přístrojových transformátorů a

senzorů zalévat při dosažení vhodných procesních parametrů, konstrukčních a technologických vlastností jak vakuovou technologií, tak tlakovou technologií. Proto jsou přístrojové transformátory a senzory v textu dále někdy pro zjednodušení označovány bez rozdílu pouze jako transformátory. Každá z těchto technologií zalévání má svá specifika a omezení, která budou rozebrána v podkapitolách 2.1.1 a 2.1.2. Technologické náklady technologií zalévání budou určovány zvláště pro vakuovou technologii a zvláště pro tlakovou technologii, aby bylo možné obě technologie zalévání z pohledu technologických nákladů srovnat.

Na obr. 10 je uvedeno průměrné složení celkových interních nákladů na výrobu transformátorů z jednotlivých nákladových druhů. Technologické náklady neboli veškeré náklady související s technologií výroby jsou velmi významným nákladovým druhem. Společností bylo uvedeno, že technologické náklady technologií zalévání, které jsou předmětem analýzy, aktuálně představují přibližně 60 % z technologických nákladů celé výroby transformátorů. Technologické náklady technologií zalévání jsou vyznačeny na obr. 10 a po přepočtení představují 22 % z celkových interních nákladů na výrobu transformátoru.



Obr. 10 Průměrné celkové interní náklady na výrobu transformátoru v %.

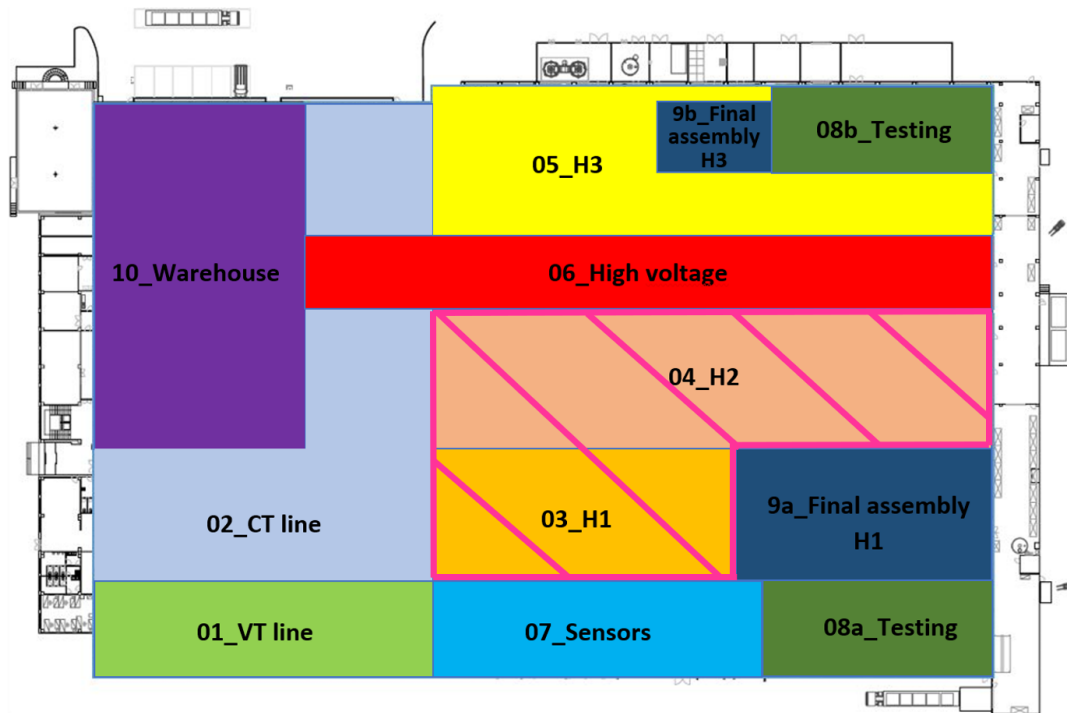
V této kapitole bude nejprve vymezena a popsána technologická část výroby izolace přístrojových transformátorů a senzorů, která bude analyzována. Bude tedy charakterizován provoz srovnávaných technologií zalévání transformátorů. Dále pak budou nákladově analyzovány jednotlivé příčiny vzniku technologických nákladů pro každou z technologií zalévání. Náklady se vyčíslí v ročním horizontu a rozdělí se podle charakteru ovlivnění objemem výroby, z čehož se určí celková hodinová technologická sazba pro technologie vakuového a tlakového zalévání. Takto sestavenou technologickou sazbou výrobky vhodně aproximují a pokryjí skutečné náklady technologií zalévání v množství a čase. Poté budou technologie nákladově srovnány. Bude také vytvořen nástroj pomáhající určit minimální cenu transformátoru a doporučení k výběru technologie zalévání pro nově zaváděný typ transformátoru.

## 2.1 Současné členění prostor výroby přístrojových transformátorů a senzorů

Prostory pro výrobu přístrojových transformátorů a senzorů společnosti ABB s. r. o. jsou fyzicky na haly, které jsou vzájemně propojeny a tvoří jeden komplex. Organizačně je komplex výrobní členěn podle jednotlivých hal. Sledování nákladů je ovšem vedeno v celcích v podobě nákladových středisek. Nákladová střediska se skládají většinou z jedné haly, někdy ale i z více hal. Na obr. 11 je schéma jednotlivých hal s jejich označením.

Prostor dvou hal 03\_H1 a 04\_H2 je ve schématu na obr. 11 vyznačen šrafováním. Jde o prostory s výrobními technologiemi a zařízeními, které slouží k procesům zalévání transformátorů a senzorů. Právě vyznačené prostory s technologiemi zalévání mají být dle zadání této práce

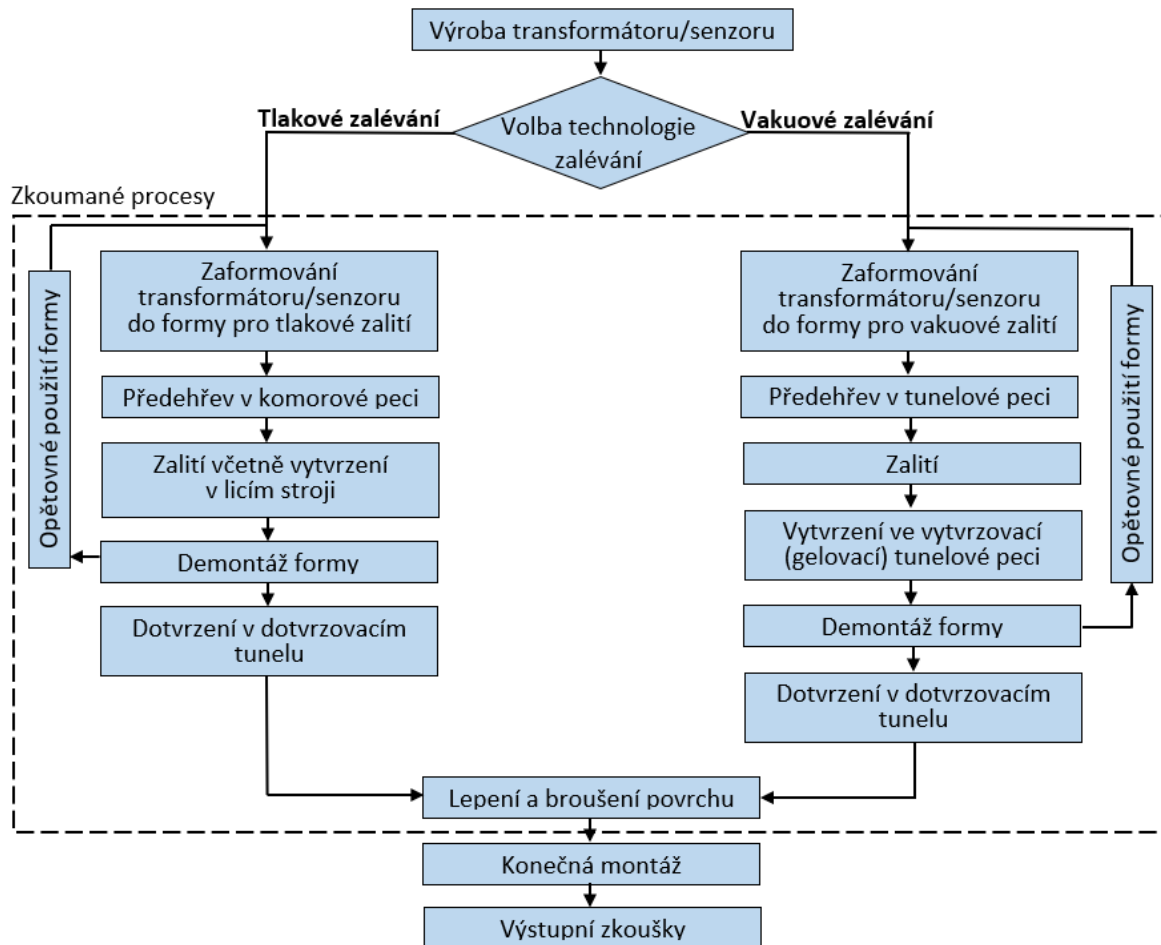
analyzovány. Haly 03\_H1, 04\_H2 a 05\_H3 jsou pak dohromady jediným nákladovým střediskem, které se v podniku nazývá „středisko zalévání“. Náklady obou technologií zalévání jsou proto evidovány dohromady. Z důvodu určení technologických nákladů pro každou technologii zalévání zvlášť je analýza provozu prováděna.



Obr. 11 Schéma hal výrobního komplexu přístrojových transformátorů a senzorů (z důvodu skutečných názvů hal jsou názvy ponechány v anglickém jazyce).

Výrobní proces výroby transformátoru nebo senzoru začíná expedicí materiálu z haly 10\_Warehouse na haly 02\_CT line, 01\_VT line nebo 07\_Sensors, kde jsou transformátory a senzory vyrobeny. Při výrobě transformátorů jsou nejprve navíjeny cívky z měděného drátu. Z cívek a dalších komponent jako elektrod, svorek, feromagnetických jader, kondenzátoru aj. jsou poté montáží, pájením nebo lepením vyrobeny transformátory nebo senzory. V halách 02\_CT line a 01\_VT se výrobky rozpracované výroby přesouvají mezi pracovníky nejčastěji pomocí dopravníků, jak již značí slovo „line“ v názvech hal. Vyrobený transformátor nebo senzor je z funkčních a bezpečnostních důvodů nutné dále izolovat.

Transformátory a některé typy senzorů jsou izolovány v halách 03\_H1, 04\_H2 a 05\_H3 zaléváním hmotou z epoxidové pryskyřice. K zalévání transformátorů jsou v halách 03\_H1, 04\_H2 využívány technologie vakuového zalévání nebo technologie tlakového zalévání. Níže na obr. 12 je procesní mapa výroby přístrojových transformátorů a senzorů zaměřená na procesy zalévání transformátorů podle zvolené technologie zalévání.



Obr. 12 Procesní mapa výroby transformátorů/senzorů zaměřená na část zalévání.

Technologie zalévání transformátorů je zvolena na základě výsledků testování před zavedením do výroby, na něž mají vliv také odhadované náklady na technologické parametry podle technologie zalévání. Dalším významným vlivem jsou pak kapacitní možnosti jednotlivých technologií zalévání. Proces zalévání transformátorů, tedy tvorby izolace transformátoru, se sestává ze:

- zaformování – operace, kdy operátor nainstaluje transformátor do formy pro danou technologii zalévání,
- předehřev – operace, při níž je zaformovaný transformátor s formou po určitou dobu ohříván na požadovanou teplotu,
- zalití – zaformovaný transformátor je zalitý hmotou z epoxidové pryskyřice, zalitý transformátor je v podniku ABB označován také jako „odlitek“,
- vytvrzení – reaktoplastický proces, při kterém tekutá hmota z epoxidové pryskyřice transformuje své molekuly a dochází k ztuhnutí,
- demontáž formy z transformátoru – rozložení formy ze zalitého transformátoru po vytvrzení,
- dotvrzení – tepelný proces, který zalitý transformátor podstoupí po demontáži formy,
- lepení neboli zalepení a broušení povrchu – činnosti opracování povrchu zalitého transformátoru, přesněji povrchu ztuhlé epoxidové hmoty (prováděno v hale 9a\_Final assembly H1 na obr. 11).

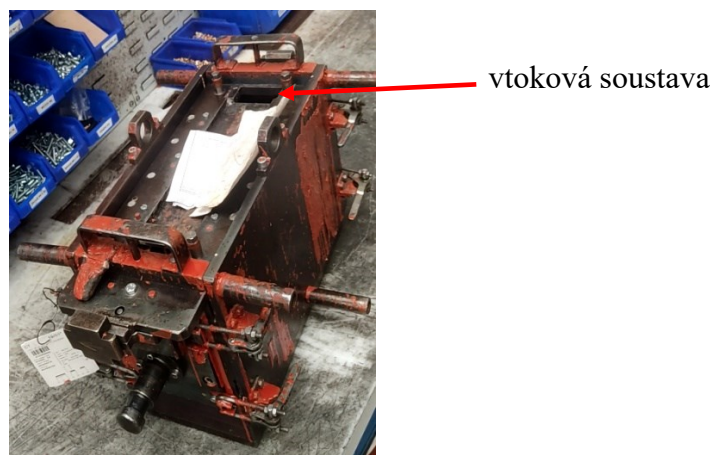
V hale 05\_H3 je zalévání transformátorů nejvíce modernizované. Procesy manipulace a zalévání transformátorů jsou již plně automatizovány a operátor provádí pouze zaformování transformátorů do forem a demontáž forem po zalití transformátorů. Automatizované zalévání transformátorů je v této hale prováděno pouze tlakovou technologií a umožňuje zalévání pouze některých typů transformátorů. Pro halu 05\_H3 je technicky umožněno procesy a technologické náklady pečlivě monitorovat. Proto není nutná analýza nákladovosti technologie automatizovaného tlakového zalévání v hale 05\_H3. Hala 06\_High voltage je specifickou výrobou transformátorů velmi vysokého napětí. Provádí se zde také zalévání těchto transformátorů, a to ručním zaléváním, které není součástí zadání této práce.

Na zalitých transformátorech je v hale 9a\_Final assembly H1 nebo v hale 9b\_Final assembly H3 na obr. 11 lepený a broušený povrch a následně uskutečněna konečná montáž. Konečná montáž znamená montáž upevňujících komponent na dokončené transformátory. Po konečné montáži jsou transformátory po dopravnících dopraveny dle obr. 11 do hal 08a\_Testing nebo 08b\_Testing neboli do zkušeben k měření výstupních zkoušek. Při výstupních zkouškách je prováděno měření elektrických vlastností transformátorů k identifikaci neshodné výroby. Transformátory shodné výroby jsou nakonec zaskladněny.

V následujících podkapitolách 2.1.1 a 2.1.2 je detailněji popsán proces výroby izolace transformátorů dle technologie zalévání transformátorů ve vakuu a technologie zalévání transformátorů za zvýšeného tlaku.

### 2.1.1 Technologie zalévání transformátorů ve vakuu

Technologií zalévání ve vakuu neboli vakuovou technologií zalévání se zalévá většina transformátorů a senzorů v hale 03\_H1 a menšina (tzv. venkovních) transformátorů v hale v hale 04\_H2. Ve zkoumaném provozu se vakuová technologie zalévání označuje také zkratkou VAC. Sestavené transformátory se pro vakuové zalévání zaformovávají do uzavřených kovových forem s otvory v její horní části viz obr. 13. Skrze tyto otvory je transformátor zaléván hmotou z epoxydové pryskyřice, a proto se otvory nazývají buď vtokové nebo vtoková soustava. Plochy formy v kontaktu s později zalitým transformátorem musí být ošetřeny separátorem, aby se epoxydová hmota k formě nepřilepila.

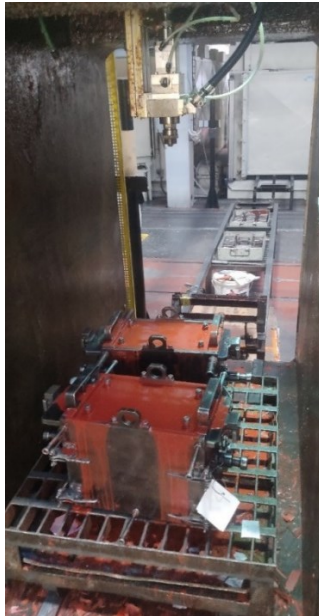


Obr. 13 Forma na zalití transformátoru vakuovou technologií.

Zaformované transformátory se po válečkovém dopravníku přesouvají nejprve do předehřivacího tunelu, kde je nastavena konstantní teplota přes 100 °C. Předehřivacím tunelem prochází zaformované transformátory nejčastěji sedm hodin. V tunelu dochází mimo zvýšení teploty formy a součástí transformátoru také k jejich vysušení. Bez precizního vysušení by v zalité části transformátoru mohly vlivem odpařené vlhkosti vznikat vzduchové bubliny způsobující často částečné výboje vodivých částí transformátoru.

Částečné výboje jsou u transformátorů jev, při kterém opakované menší elektrické výboje vodivých částí transformátoru dokážou postupně překonat izolační vrstvu transformátoru z epoxidové pryskyřice. Právě částečné výboje jsou při využívání vakuové technologie nejčtenější příčinou vzniku neshodné výroby. Neshodná výroba tohoto typu je odhalena až výstupními zkouškami po dokončení transformátoru, a proto jeho vyřazení neboli zmetkování způsobuje významné vícenáklady při využití vakuové technologie.

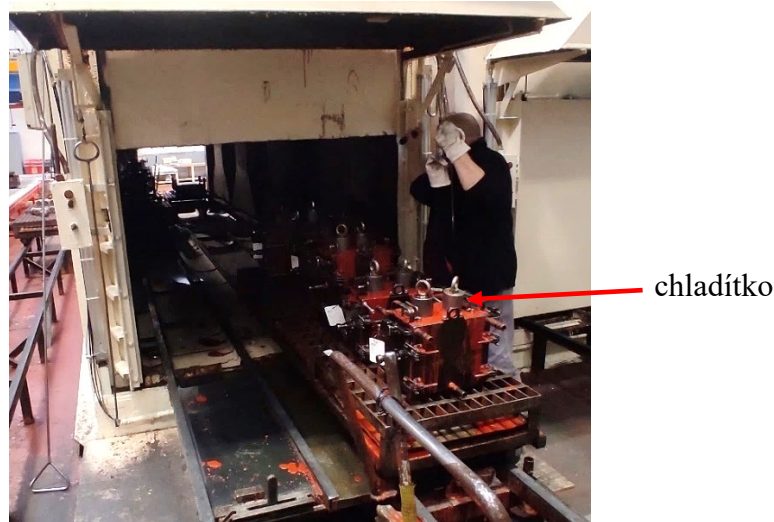
Po uplynutí doby předehřevu vyjme obsluha předehřátou formu s transformátorem a přesune ji do vakuové komory (viditelná v otevřeném stavu na obr. 14). Jedná se o komoru, po jejímž uzavření je z komory vyčerpán vzduch a v níž je transformátor zalit epoxidovou pryskyřicí. V komoře probíhá fáze vakuového sušení a samotné zalití se pak uskutečňuje za vakua v rozsahu 5-100 mbar, tedy 0,5-10 kPa. 10-45 minut (liší se podle typu transformátoru) probíhá přerušované zalévání hmotou z epoxidové pryskyřice. Přerušované zalévání zlepšuje zatékání hmoty a probíhá až do momentu, kdy hladina hmoty stoupne nad vtokové otvory. Podle tvaru a objemu formy a transformátoru mají jednotlivé typy transformátorů sestaven vlastní strojní program zalévání, který končí otevřením vakuové komory.



Obr. 14 Otevřená vakuová licí komora po zalití transformátoru.

Na horní část formy kolem vtokových otvorů jsou obsluhou umístěny předem vychlazená „chladítka“. Forma se zalitým transformátorem se přesouvá do dalšího tzv. „gelovacího“ neboli vytvrzovacího tunelu (viz obr. 15), kde zůstává jednu až tři hodiny. Zde se hmota zahřívá, až se dosáhne bodu gelace, což je stav, při kterém se projeví reaktoplastické vlastnosti epoxidové pryskyřice. Dochází k transformaci molekul a z tekuté epoxidové pryskyřice se postupně stává tuhá hmota.

V průběhu tuhnutí dochází ke zmenšování objemu hmoty, což vede i k poklesu hladiny pod vtokové otvory. Proto musí obsluha udržovat hladinu hmoty nad vtokovými otvory dodatečným zaléváním. Přiložená „chladítka“ pomáhají k usměrnění tuhnutí hmoty od spodu formy nahoru k vtokovým otvorům. Ochlazení horní části formy v okolí vtokových otvorů je určeno množstvím „chladítek“. Při dostatečném ochlazení v okolí vtokových otvorů v této oblasti ztuhne hmota nejpozději. Pokud by hmota v oblasti vtokových otvorů ztuhla dříve než uvnitř formy, důsledkem stále probíhajícího tuhnutí hmoty uvnitř formy, se kterým souvisí nepatrné smrštění hmoty, by vedlo ke vzniku dutiny v izolaci. Vznik dutin v izolaci zapříčiňuje pokles izolačních vlastností a tím způsobuje vznik neshodné výroby.



Obr. 15 Zasouvání zalitých transformátorů do vytvrzovacího neboli „gelovacího“ tunelu.

Na druhém konci „gelovacího“ tunelu jsou odloženy „chladítka“ a forma je ze zalitého transformátoru demontována, ihned očištěna a po válečkovém dopravníku dopravena zpět k zaformování dalšího transformátoru. Zalitý transformátor je obsluhou opracován a odvezen do dotvrzovacího tunelu (viz obr. 16), kde během 20-30 hodin prochází segmenty tunelu s postupně se snižujícími teplotami zajišťujícími řízeně zpomalené ochlazení transformátoru. Během této doby se dokonale dokončuje reakce v hmotě (tzv. dotvrzení). Řízené ochlazení vede k lepším izolačním vlastnostem hmoty.



Obr. 16 Dotvrzovací tunel.

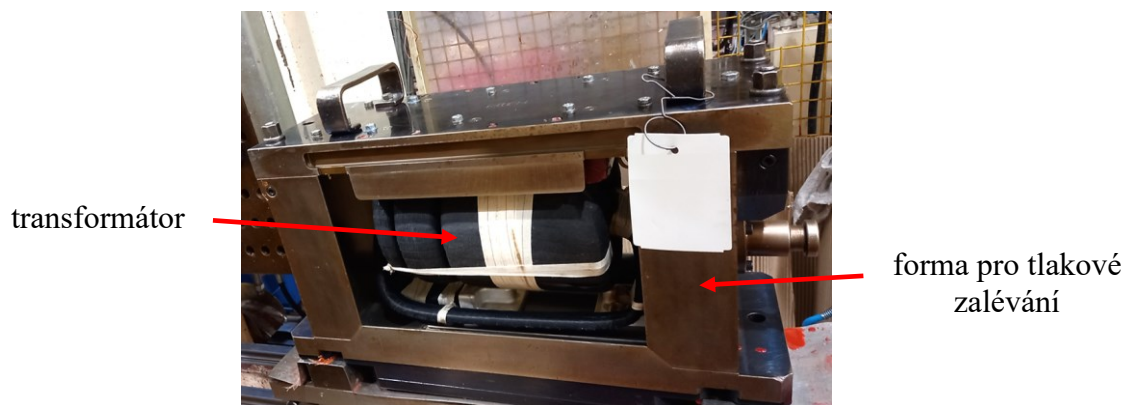
Zalévání transformátorů vakuovou technologií se vyznačuje nižší kvalitou povrchu hmoty. Jedním z hlavních důvodů je nemožnost udržování konstantně zvýšeného tlaku ve stále otevřeném vytvrzovacím tunelu. Proto po vytažení z dotvrzovacího tunelu jsou četné povrchové dutiny a nerovnosti hmoty zalepovány přídatnou hmotou. Vlivem vakuové technologie a konstrukcí forem pro tuto technologii vzniká navíc nerovná plocha hmoty v horní části formy u vtokové soustavy. Proto je v této části potřeba při zalévání vždy více hmoty, než je požadováno u dokončeného transformátoru. Tuto nadbytečnou hmotu označovanou jako „nálitek“ a přídavky vzniklé zalepením nerovností povrchu je nutné manuálně nebo strojně zbrousit (viz obr. 17). Na obroušeném transformátoru se provede konečná montáž upevňujících komponent a je po dopravnících dopraven na zkušebnu k měření výstupních zkoušek.



Obr. 17 Strojní broušení povrchu transformátoru zalitého vakuovou technologií.

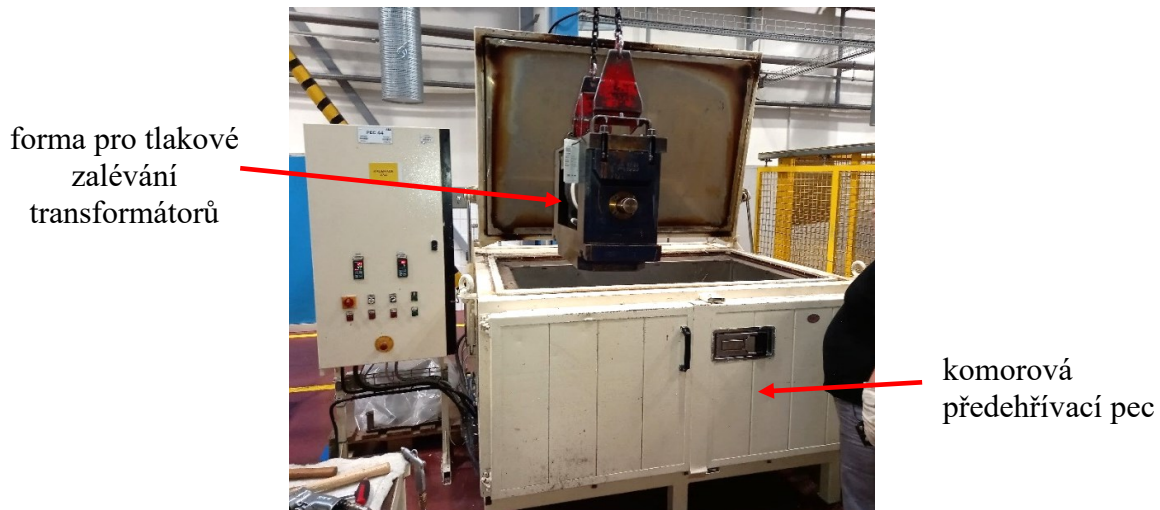
### 2.1.2 Technologie zalévání transformátorů za zvýšeného tlaku

Technologií zalévání za zvýšeného tlaku neboli tlakovou technologií zalévání se zalévá většina transformátorů a senzorů v hale 04\_H2 a menšina transformátorů v hale v hale 03\_H1. Zalévání tlakovou technologií je v daném provozu označováno také jako tlakové lití nebo zkratkou APG (Automatic pressure gelation) [28]. Technologie tlakového zalévání byla ve společnosti ABB zavedena později než technologie vakuového zalévání. Podstatou výhod tlakové technologie je zalévání transformátorů včetně procesu tuhnutí neboli vytvrzování hmoty z epoxidové pryskyřice přímo v licím stroji za zvýšeného tlaku. Tím se dosahuje oproti vakuové technologii nejen vyšší povrchové kvality hmoty zalitého transformátoru, ale také vyšší maximální produktivity.



Obr. 18 Zaformovaný transformátor ve formě pro tlakové zalévání (na stranách otevřená forma).

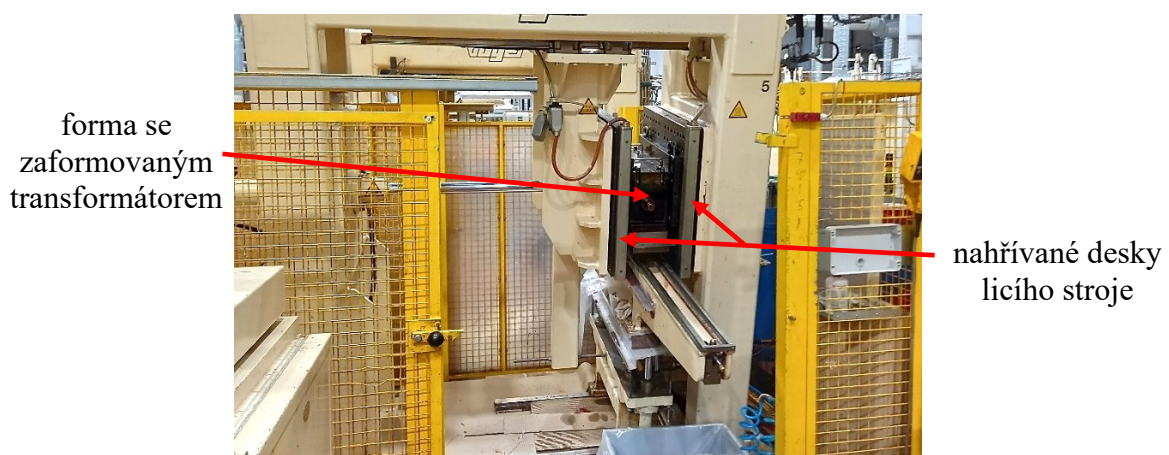
V hale 04\_H2 je většina licích strojů a v hale 03\_H1 se nachází několik dalších licích strojů, přičemž každý licí stroj má vlastní pracoviště. Jednotlivá pracoviště jsou vybavená prostorem na zaformování transformátorů do otevřených forem (zaformovaný transformátor na obr. 18), vlastní předehřívací komorovou pecí a jeřábem pro manipulaci s formami. Souběžně při zalévání s vytvrzováním transformátoru v licím stroji je operátorem další transformátor zaformován a přesunut jeřábem do předehřívací komorové pece s kapacitou až šesti zaformovaných transformátorů (viz obr. 19). Požadavky na předehřev a vysušení transformátoru a formy jsou podobné jako u vakuové technologie. Jakmile je transformátor v licím stroji zalitý a vytvrzený, je operátorem odložen na pracovní stůl a ihned je do licího stroje umístěn předehřátý zaformovaný transformátor z předehřívací pece.



Obr. 19 Vkládání formy s transformátorem do předehřívací peci.

Každý typ transformátoru má podle tvaru a objemu hmoty sestaven vlastní strojní program zalévání. Strojní program začíná sevřením otevřené formy mezi nahřívané desky licího stroje (viz obr. 20), které společně s formou vymezí prostor zalití transformátoru. Celý rám licího stroje s formou se kvůli odvodu vzduchu naklopí na stranu a po požadovaném nahřátí desek licího stroje se vtokovou soustavou začne vhnět do prostoru zalití transformátoru epoxidová pryskyřice.

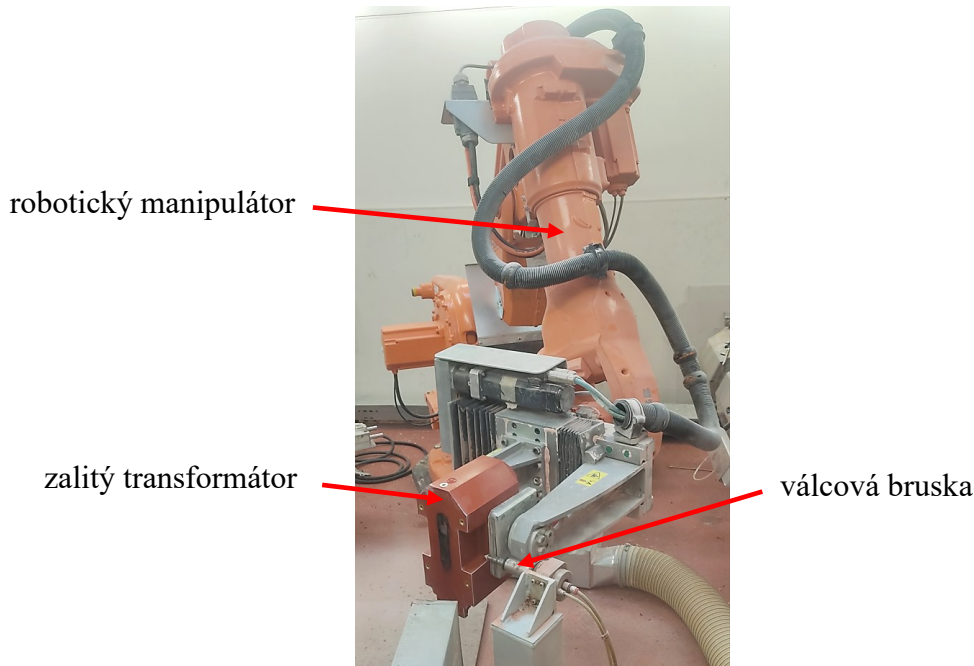
Strojní program pro zalití a vytvrzení hmoty u jednoho transformátoru trvá běžně více než hodinu. Vytvrzení neboli tuhnutí hmoty je řízeno nahříváními deskami licího stroje, které jsou ve svých částech (tzv. segmentech) nahřívány na různé teploty. Přesněji jsou teploty nejvyšší na obr. 20 v horních částech desek stroje a klesají ke spodním částem desek stroje, kde se nachází vtoková soustava. Takto nahřívání částí desek stroje zajistí, že hmota tuhne shora dolů po vtokovou soustavu. Tuhnoucí hmota kolem transformátoru zmenšuje svůj objem, a proto je vtokovou soustavou dodávána další hmota pod tlakem dosahujícím podle typu transformátoru 2-5 bar, tj. 0,2-0,5 MPa [28]. Zvýšený tlak během vytvrzování zlepšuje kvalitu povrchu hmoty zalitého transformátoru oproti transformátoru, který je zalitý vakuovou technologií.



Obr. 20 Tlakový licí stroj v provozu.

Ze zalitého a vytvrzeného transformátoru je operátorem demontována forma a podstupuje stejný proces dotvrzení v dotvrzovacím tunelu jako v případě zalití vakuovou technologií. Při použití tlakové technologie obsahuje povrch hmoty zalitého transformátoru ovšem mnohem méně dutin a nerovností, které je po dotvrzení potřeba zalepit přídatnou hmotou. Dále je

robotickým manipulátorem provedeno broušení hran hmoty zalitého transformátoru včetně zbroušení malého „nálitku“ vzniklého vtokovou soustavou válcovou bruskou. Na obroušeném transformátoru se provede konečná montáž upevňujících komponent stejně jako při využití vakuové technologie a je po dopravnících dopraven na zkušebnu k měření výstupních zkoušek.



Obr. 21 Broušení zalitého transformátoru robotickým manipulátorem.

## 2.2 Technologické náklady technologií zalévání

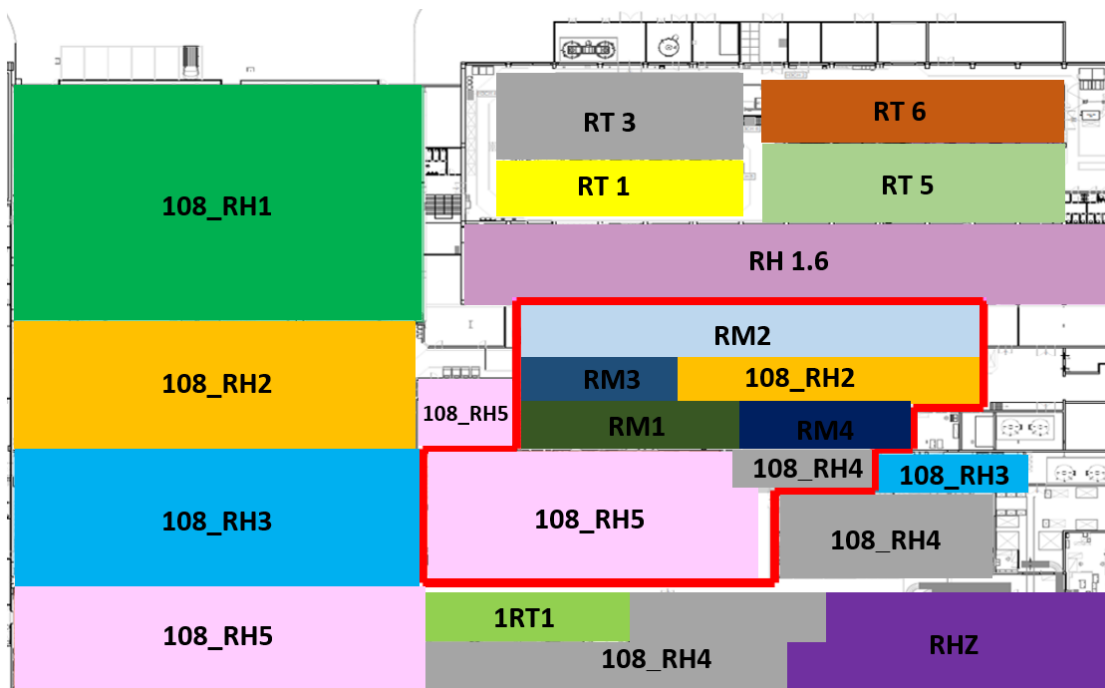
V této kapitole jsou analyzovány jednotlivé faktory mající vliv na vznik nákladů souvisejících s technologiemi vakuového a tlakového zalévání transformátorů. Technologické náklady jsou zkoumány v závislosti na množství transformátorů vyrobených danou technologií v ročním časovém horizontu. Oceňování nákladů technologií zalévání se provádí hlavně z důvodu zjištění veškerých technologických nákladů pro každou technologii zalévání zvlášť a přidělení těchto nákladů jednotlivým typům transformátorů.

Určení závislosti technologických nákladů na množství vyrobených transformátorů v roce 2022 umožní predikci technologických nákladů pro budoucí období nebo určení nákladové sazby technologií v podkapitole 2.2.7 tak, aby náklady přidělené jednotlivým transformátorům pokryly celkové roční technologické náklady. Proto jsou zde náklady členěny na variabilní a fixní složku. Znalost celkových technologických nákladů daného transformátoru umožní dále zdokonalit optimalizaci provozu např. výběrem ekonomicky výhodnější technologie. Z obchodního hlediska je znalost výrobních nákladů důležitá k určení marže transformátoru.

### 2.2.1 Spotřeba elektrické energie

Spotřeba elektrické energie nebývala pro mnohé podniky v posledních letech zásadním tématem k analyzování a úsporám. To se ovšem v roce 2022 s turbulencemi na trhu s energiemi změnilo. Ceny plynu ovlivňují ceny a poptávku po elektrické energii a naopak. Takže po několikanásobném navýšení cen zemního plynu dodavatele se totéž stalo také u cen elektrické energie. Také v případě zkoumaného podniku, který používá k zajištění svého provozu zejména elektrickou energii, došlo po skončení fixace smluvních podmínek s dodavatelem k výraznému navýšení jednotkové ceny elektřiny. Při roční spotřebě elektrické energie této energeticky náročné výroby se právě energetická náročnost stala ještě významnější tematikou.

V průběhu dostavování nových hal a pořízování nových zařízení do výrobních prostor docházelo k zapojování těchto zařízení do odečitatelných rozvaděčů elektrické energie v dosavadním provozu až do dosažení jejich předpokládané kapacity a podle kapacitní potřeby se zapojily zbývající zařízení do nově instalovaných rozvaděčů. Tato zapojení však nerespektovala rozložení nákladových středisek a už vůbec ne účetní či kalkulační jednotky. Proto pro nákladová střediska není v některých případech možné přesně určit spotřebu elektrické energie dle pravidelných odečtů, ze kterých by bylo možné navíc určit závislost na objemu výroby. Na obr. 22 je uvedena mapa působnosti jednotlivých rozvaděčů ve výrobních prostorách a červeným rámečkem je ohraničen zkoumaný prostor obou technologií nákladového střediska zalévání transformátorů. U zkoumaných rozvaděčů byly měsíční odečty spotřeby provedeny bohužel pouze u rozvaděčů s typovým označením v názvu „RH“.



Obr. 22 Schéma prostor připojených k odečitatelným rozvaděčům elektrické energie.

Při srovnání přehledové mapy hal (viz obr. 11) a mapy rozvaděčů na obr. 22 bylo zjištěno, že některé rozvaděče jsou zapojeny na více halách i střediscích a také technologiích (např. 108 RH2, 108 RH4, 108 RH5). Z tohoto důvodu není přesně stanovitelná spotřeba elektrické energie na středisku zalévání. Protože rozvaděč 108 RH5 napájí jak vakuové, tak tlakové lící systémy, nelze také určit spotřeby energie pro jednotlivé výrobní technologie z odečtů na těchto rozvaděčích. Jako nepříliš efektivní možnost řešení pro bližší určování elektrické spotřeby pomocí odečtů by bylo přepojování rozvaděčů samostatně dle systému středisek nebo ještě dle kalkulačních objektů. Přesná identifikace spotřeby energie pomocí zapojení rozvaděčů RH na jednotlivá střediska a zařízení by vedla k vyšším nákladům. Nebyla by totiž efektivně využita volná kapacita rozvaděčů, a navíc by takový systém nebyl jednoduše flexibilní na změny v uspořádání jednotlivých zařízení.

Pro účely určení přibližné spotřeby energie k vyčíslení nákladů na ni nebylo možné využít ani údaje příkonů zařízení, protože celkové příkony statisticky významně neodpovídají reálné spotřebě energie na těchto zařízeních. Z výše uvedených důvodů byla zavedena možná úsporná opatření a zahájen projekt monitorování spotřeby elektrické energie. Nejprve bylo zakoupeno monitorovací zařízení spotřeby elektrické energie ZAMEL MEW-01 (viz obr. 23) a začaly se měřit spotřeby středně náročných elektrických zařízení (předehřívací pece a tlakové lící

stroje) z pohledů cyklů. Spotřeba se relativně výrazně lišila mezi měřenými modely výrobních zařízení.



Obr. 23 Monitorovací zařízení spotřeby elektrické energie ZAMEL MEW-01 [29].

Při potřebě analyzování spotřeby energie nastala při použití cenově dostupnějšího zařízení ZAMEL MEW-01 komplikace. Po konzultaci s výrobcem systém nedokázal totiž zajistit zaznamenávání spotřeby elektrické energie v čase. Podle provedeného měření bylo zřejmé, že aktuální spotřeba elektrické energie se velmi výrazně liší v situacích, kdy se licí zařízení nebo přehřívací pec rozehrívají před prvním licím cyklem po spuštění nebo když už jen udržují chod na nastavené teplotě. Z tohoto důvodu byl zaznamenán velký rozptyl naměřených hodnot. Nebylo tak možné vyjádřit závislosti spotřeby elektrické energie dle licích cyklů typů výrobků (potažmo dle nastavených teplot) a množství použité epoxidové hmoty.

Dále potom naměřené hodnoty nezohledňovaly, jak zahrnout energeticky náročné spuštění zařízení do provozu do licích cyklů s udržováním konstantní teploty, aby spotřeba elektrické energie pro jeden kus výrobku daného typu odpovídala v součtu přibližně roční spotřebě energie. Zařízení ZAMEL MEW-01 navíc nemohlo rozsahem měření ani konstrukcí měřit energeticky náročná zařízení s vysokou potřebou elektrického proudu (míchací zařízení na licí hmotu nebo dotvrzovací tunely). Instalaci měřicího zařízení do rozvaděče konkrétního stroje je ve zkoumaném provozu oprávněno provést pouze několik osob s elektrotechnickou kvalifikací, které by frekventované přemísťování měřicích zařízení vytěžovalo. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem byl získán soubor dat spotřeby elektrické energie zařízení, který nebyl pro získání závislosti spotřeby energie dostačující.

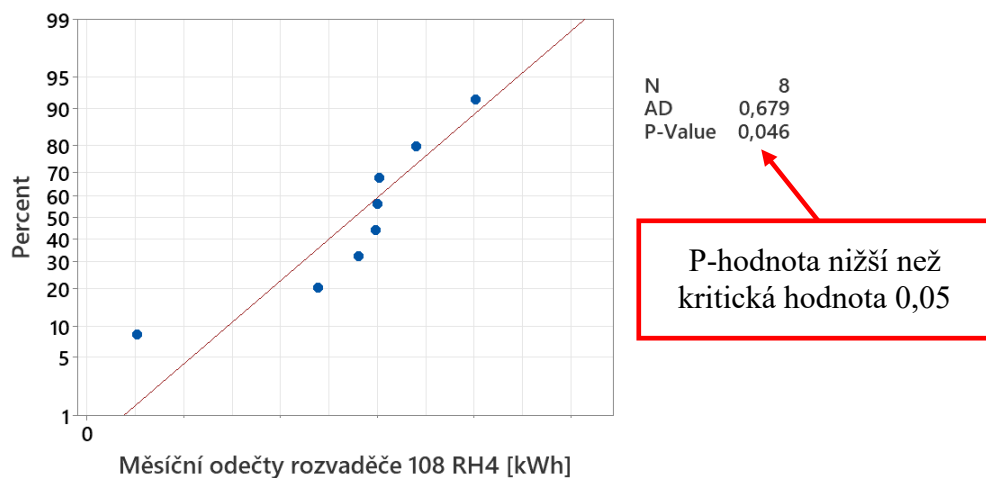
Jako nejvhodnější řešení k získání dostatečného souboru dat spotřeby elektrické energie zařízení se proto jevil pořízení většího množství jiných měřičů na monitoring spotřeby energie, které budou zapojeny trvale a budou umožňovat záznam spotřeby energie v čase. Proto byl zahájen projekt procesního měření spotřeby energie výrobku. Začalo výběrové řízení na dodavatele monitorovacího systému, který zajistí kompletní soubor dat spotřeby energie na požadovaných zařízeních. V době vypracovávání této diplomové práce nebyl zatím takový monitorovací systém k dispozici.

Vycházelo se proto z přehledu měsíčních odečtů na odečitatelných rozvaděčích zaznamenávaných v průběhu uplynulého roku. Jak již bylo zmíněno, měsíční odečty spotřeby energie na jiných typech rozvaděčů snižovalo přesnost určení nákladů na energie střediska zalévání pro obě výrobní technologie. V tab. 1 jsou uvedeny zaznamenané odečty elektrické energie v průběhu kalendářních měsíců a kusy zalévaných transformátorů v halách s působností odečítaných rozvaděčů v halách. Spotřeba energie byly dále zkoumané podle transformátorů zalitých dle technologie zalévání a haly.

Tab. 1 Zaznamenané měsíční odečty rozvaděčů použitých k výpočtu a počet zalitých kusů dle technologie zalévání a haly.

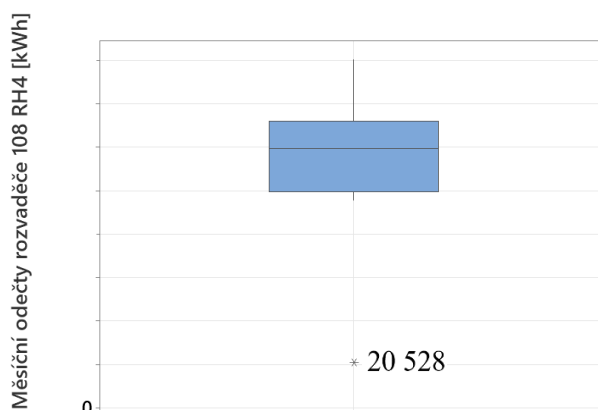
Kalendářní měsíc	Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4 [kWh]	Měsíční odečty rozvaděče 108 RH5 [kWh]	Zalito v hale 03_H1 [ks]	Z toho zalito vakuově [ks]	Z toho zalito tlakově [ks]	Z toho vyráběno v hale 01_VT [ks]
Květen	-20 528	165 348	27 626	11 034	9 366	2 556
Červen	160 656	174 368	23 742	9 830	9 760	2 714
Červenec	120 014	134 044	13 680	6 558	5 676	1 818
Srpen	120 748	156 820	15 248	8 314	5 140	2 234
Září	135 990	164 248	15 406	8 300	5 248	2 508
Říjen	119 312	141 600	14 298	9 292	4 088	2 512
Listopad	112 366	143 876	11 140	8 000	2 654	2 508
Prosinec	95 454	144 920	9 464	6 342	2 598	1 844

Následuje vysvětlení přeškrtnuté hodnoty v tab. 1. Pro soubory dat v jednotlivých sloupcích v tab. 1 byly provedeny testy normality rozdělení dle Anderson-Darling v programu Minitab. Při stanovené hladině významnosti 5 % (tj.  $p = 0,05$ ) bylo pro soubory dat ve všech sloupcích kromě sloupce „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“ ověřeno normální rozdělení. Pouze pro soubor dat označen „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“ byla P-hodnota nižší než stanovená a značila, že v daný soubor dat nemá normální rozdělení (viz obr. 24).



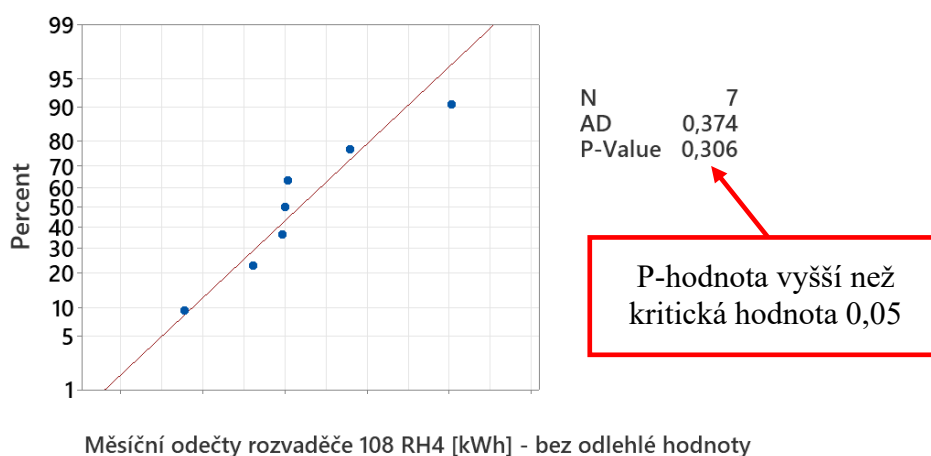
Obr. 24 Test normálního rozdělení pro soubor dat „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“.

Pro soubor dat „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“ znázorněný na obr. 24 byl z důvodu nízké P-hodnoty proveden Dixonův test odlehlých hodnot. Test v programu identifikuje odlehlé hodnoty souboru dat jejich zobrazením v krabicovém diagramu. Dixonův test odlehlých hodnot v krabicovém diagramu na obr. 25 identifikoval zobrazenou hodnotu 20 528 jako hodnotu odlehlou.



Obr. 25 Krabicový diagram pro soubor dat „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“.

Když byl pro soubor dat „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“ opět proveden test normálního rozdělení bez odlehlé hodnoty, byla již P-hodnota vyšší než kritická hodnota 0,05 (viz obr. 26). Soubor dat „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“ má tedy při vyřazení odlehlé hodnoty normální rozdělení. Proto je hodnota 20 528 v tab. 1 přeškrtnutá a nebude s ní při analýze dále počítáno.

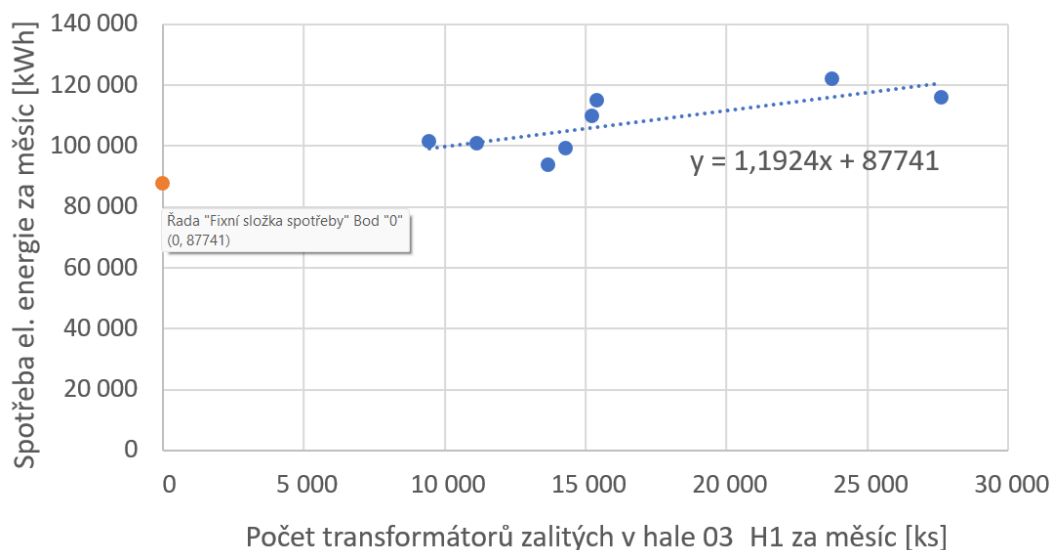


Obr. 26 Test normálního rozdělení pro soubor dat „Měsíční odečty rozvaděče 108 RH4“ bez odlehlé hodnoty.

Rozvaděčem s označením 108 RH5 jsou napájeny vakuové technologie, tlakové technologie i hala 01\_VT line. Proto proběhla snaha při znalosti kusů vyráběných v této hale, kusů zalitých vakuově a kusů zalitých tlakově vyjádřit jejich závislost na spotřebě elektrické energii matematicky. Předpokládá se sice, že závislost vyráběných kusů na spotřebě elektrické energie není lineární (např. při provozu dotvrzovacího nebo předehřivacího tunelu je spotřeba téměř stejná při velmi různém počtu kusů), bylo by však možné provést aproximaci do požadovaného tvaru.

Matematickým výpočtem matice známého měsíčního množství kusů a spotřeb energie vracela po dosazení do programu Matlab záporné koeficienty pro celkovou rovnici spotřeby elektrické energie. Fixní složka spotřeby elektrické energie nemůže ovšem ze své podstaty klesat s rostoucím počtem vyráběných kusů. Záporné koeficienty vypočtené rovnice proto určují, že spotřeba energie statisticky významně nezávisí pouze na množství kusu vyráběných v halách a obou technologiích zalévání. V průběhu zaznamenávání spotřeby musely být nepravidelně prováděny systémové změny, energeticky náročné provozní úkony, nebo jen každý typ výrobku zkrátka ovlivňuje spotřebu elektrické energie na tomto rozvaděči výrazně odlišně.

Proto se přešlo na rozpočítání nákladů na energie na základě odečtů z rozvaděčů zaznamenaných měsíčně v průběhu roku 2022 se zavedením subjektivních zjednodušujících předpokladů. Předpoklady se stanovovaly na základě konzultace s techniky působícími v provozu nebo dle hodnot odečítaných na dalších odečitatelných rozvaděčích. První předpoklad byl, že spotřeba elektrické energie haly 03\_H1 je vždy 0,7-násobek spotřeby energie zaznamenané na rozvaděči 108 RH5. Zároveň se závislost spotřeby určí jen z pohledu množství vyrobených kusů na hale (a nerozlišují se výrobní technologie) a pro spotřebu v hale 04\_H2 bude použitý pak stejný výpočetní vztah jako u haly 03\_H1. Přestože se skoro jistě bude závislost vývoje spotřeby elektrické energie na množství kusů v obou halách odlišovat, je toto řešení v současnosti považováno za nejvhodnější.



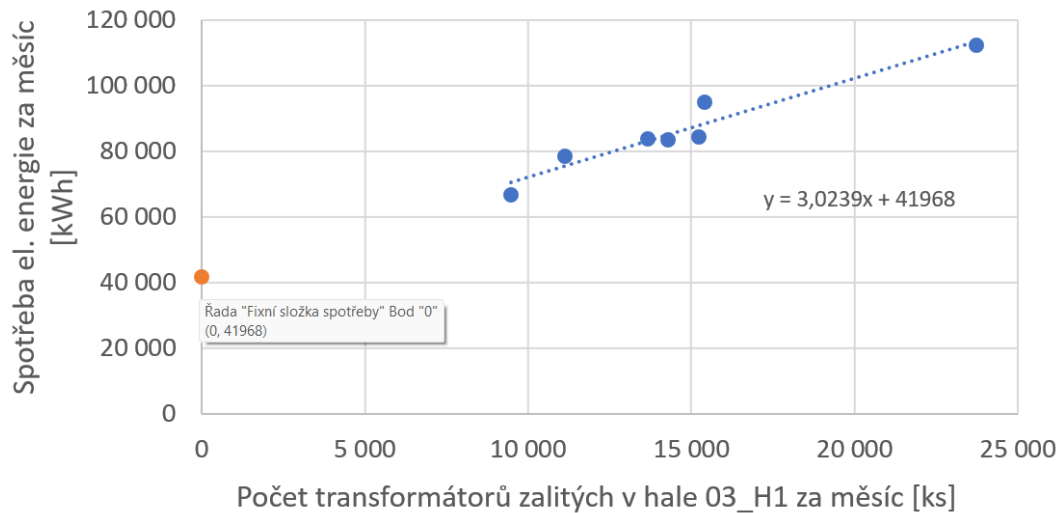
Obr. 27 Závislost spotřeby elektrické energie (0,7-násobku) rozvaděče 108 RH5 na vyrobených kusech.

Nejprve byly do grafu (obr. 27) vyneseny 0,7-násobky hodnot měsíční spotřeby elektrické energie na rozvaděči 108 RH5 v závislosti na množství vyrobených kusů na strojích k tomuto rozvaděči připojených. Dále byla sestavena lineární závislost těchto proměnných. Pro upřesnění koeficient determinace  $R^2$  by se měl co nejvíce přibližovat hodnotě 1 (pro rostoucí závislost) nebo hodnotě -1 (pro klesající závislost), jestli je mezi zkoumanými veličinami vzájemný vztah. Pokud mezi nimi vztah není, koeficient determinace se blíží hodnotě 0. Při zjištěném koeficientu determinace  $R^2 = 0,5641$  by bylo možné zkoumat vztahy s větším množstvím veličin (například právě skupiny typů výrobků vyráběných dle technologií), momentálně k nim však nejsou požadované vstupní údaje.

Aby bylo možné určit, zda je nebo není koeficient determinace statisticky významný, byl vypočten koeficient korelace  $R$  (jako odmocnina z koeficientu determinace). Hodnota koeficientu korelace vyšla  $R = 0,75$ . Dále byla zavedena nulová hypotéza, že koeficient determinace je statisticky významný, pokud zjištěný koeficient korelace překračuje kritickou hodnotu odpovídající  $P$ -hodnotě. Jako kritická hodnota při 5 % hladině významnosti byla použita tabelovaná kritická hodnota výběrového koeficientu mnohonásobné korelace pro  $n-1$  hodnot souboru, která byla pro výběrový soubor sedmi hodnot a jediný prediktor 0,666. Jako alternativní hypotéza, při níž koeficient korelace není statisticky významný, bylo zvoleno tvrzení, že zjištěný koeficient korelace je nižší než kritická hodnota. Zjištěný koeficient korelace je vyšší než 0,666. Proto se nulová hypotéza nezamítá a koeficient determinace je pro výběrový soubor hodnot statisticky významný.

Při procesech v hale 03\_H1 prochází zalité transformátory ještě dotvrzovacím tunelem, který je připojen k rozvaděči 108 RH4. Zde nastává stejná komplikace s určením spotřeby energie,

protože rozvaděč napájí ještě část zařízení jiné haly (9a\_Final assembly H1). Proto byl zaveden další subjektivní předpoklad, že spotřeba elektrické energie dotvrzovacího tunelu patřícího k hale 03\_H1 je vždy 0,7-násobek spotřeby na rozvaděči 108 RH4. Koeficient determinace zjištěného vztahu veličin (z vynesných měsíčních spotřeb elektrické energie při množství zalitých kusů v hale 03\_H1 na obr. 28) se v tomto případě výrazně blíží hodnotě 1 a vztah je statisticky významný. Přesnost zvyšuje také doba průchodu zalitého transformátoru dotvrzovacím tunelem, která je stejná u kusů zalitých vakuovou i tlakovou technologií a není mezi nimi tedy v této části výroby procesní rozdíl.



Obr. 28 Závislost spotřeby elektrické energie 0,7-násobku rozvaděče 108 RH4 (tj. dotvrzovacího tunelu) na vyrobených kusech.

Vztahy závislosti na obr. 27 a na obr. 28 se pro účely zjištění měsíční spotřeby v celé hale 03\_H1 sečtou:

$$y = 1,1924 \cdot x + 87\,741 + 3,0239 \cdot x + 41\,968$$

$$y = 4,2163 \cdot x + 129\,709$$

( $y$  = *variabilní složka spotřeby* + *fixní složka spotřeby*)

kde:  $x$  – počet transformátorů zalitých v hale 03\_H1 za měsíc

$y$  – celková měsíční spotřeba el. energie v hale 03\_H1 za měsíc [kWh]

Z kalkulačních důvodů se měsíční závislost spotřeby el. energie na kusech převede na roční vynásobením absolutního (fixního) členu rovnice dvanácti měsíci:

$$y = 4,2163 \cdot x + 129\,709 \cdot 12$$

$$y = 4,2163 \cdot x + 1\,556\,508$$

( $y$  = *variabilní složka spotřeby* + *fixní složka spotřeby*)

kde:  $x$  – počet transformátorů zalitých v hale 03\_H1 za rok

$y$  – celková roční spotřeba el. energie v hale 03\_H1 za rok [kWh]

Rovnici převedeme do peněžního vyjádření spotřeby vynásobením obou členů rovnice jednotkovou cenou elektřiny předpokládané na období následujícího roku (rok 2023), tj. 5,90 Kč za kWh:

$$y = 5,9 \cdot 4,2163 \cdot x + 5,9 \cdot 1\,556\,508$$

$$y = 24,8762 \cdot x + 8\,716\,445$$

( $y = \text{variabilní složka nákladu} + \text{fixní složka nákladu}$ )

kde:  $x$  – počet transformátorů zalitých v hale 03\_H1 za rok

$y$  – celková cena spotřebované el. energie v hale 03\_H1 za rok [Kč]

Po dosažení počtu kusů (za předpokladu jejich stejné energetické náročnosti) zalitých v hale 03\_H1 za uplynulý rok vakuovou nebo tlakovou technologií za  $x$  získáme celkovou částku platby za spotřebovanou elektrickou energii v této hale, kde 1. člen rovnice představuje variabilní složku nákladu a druhý člen fixní složku nákladu:

$$y_{03\_H1} = 24,8762 \cdot x_{03\_H1} + 8\,716\,445$$

$$y_{03\_H1} = 2\,980\,517 + 8\,716\,445$$

( $y = \text{variabilní složka nákladu} + \text{fixní složka nákladu}$ )

kde:  $x_{03\_H1}$  – počet kusů zalitých v hale 03\_H1 za rok [ks]

$y_{03\_H1}$  – celková cena spotřebované el. energie v hale 03\_H1 za rok za všechny v této hale zalité transformátory [Kč]

Vzhledem k nedostatku dat zaznamenaných z rozvaděčů zavedeme dále předpoklad, že vztah k určení ceny za spotřebovanou elektrickou energii v hale 04\_H2 bude stejný pouze s poměrně přepočtenou výší fixní složky dle počtu zde vyrobených transformátorů k hale 03\_H1:

$$y_{04\_H2} = 24,8762 \cdot x_{04\_H2} + 8\,716\,445$$

$$y_{04\_H2} = 1\,383\,117 + 4\,044\,889$$

( $y = \text{variabilní složka nákladu} + \text{fixní složka nákladu}$ )

kde:  $x_{04\_H2}$  – počet kusů zalitých v hale 04\_H2 za rok [ks]

$y_{04\_H2}$  – celková cena spotřebované el. energie v hale 04\_H2 za rok za všechny v této hale zalité transformátory [Kč]

Protože však potřebujeme náklad za elektrickou energii podle výrobní technologie, pro získání částky za spotřebovanou energii na výrobu **tlakově zalitých** kusů k  $y_{04\_H2}$  musíme přičíst část nákladů z haly 03\_H1 poměrně přepočtenou pro kusy, které tam byly zality pouze tlakově:

$$y_{APG} = 2\,079\,651 + 6\,081\,884$$

( $y = \text{variabilní složka nákladu} + \text{fixní složka nákladu}$ )

kde:  $y_{APG}$  – celková cena spotřebované el. energie na všechny transformátory zalité v hale 03\_H1 a 04\_H2 tlakovou technologií [Kč]

Částku za spotřebovanou energii **vakuově zalitých** transformátorů vypočteme potom poměrným přepočtením  $y_{04\_H1}$  pro kusy, které v hale 03\_H1 byly zality pouze vakuově:

$$y_{VAC} = 2\,283\,983 + 6\,679\,450$$

( $y = \text{variabilní složka nákladu} + \text{fixní složka nákladu}$ )

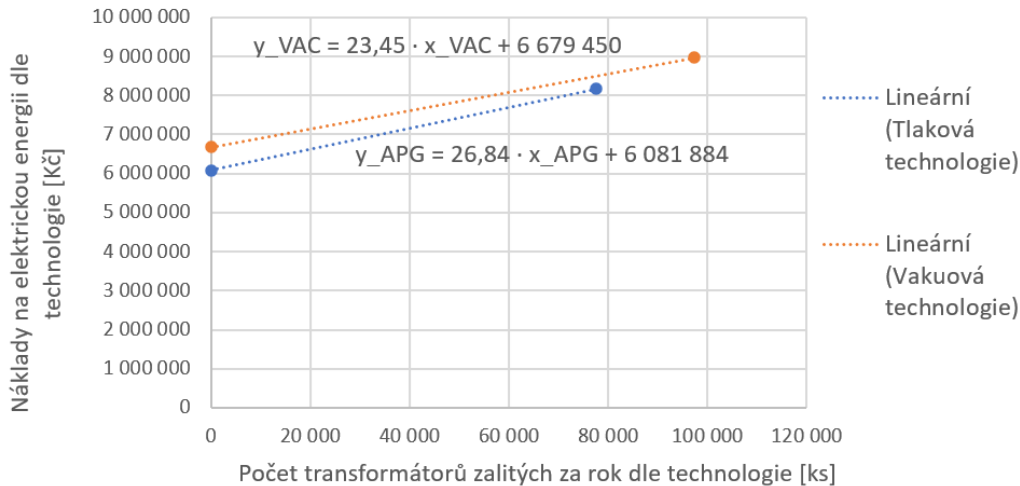
kde:  $y_{VAC}$  – celková cena spotřebované el. energie na všech transformátory zalité v hale 03\_H1 a 04\_H2 vakuovou technologií [Kč]

Náklady na spotřebu elektrické energie na rok 2023 dle výrobních technologií v halách 03\_H1 a 04\_H2 jsou potom v tab. 2.

Tab. 2 Náklady na spotřebu elektrické energie dle výrobních technologií na rok 2023.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání	2 079 651	6 081 884
Vakuové zalévání	2 283 983	6 679 450

Vzorec pro roční spotřebu elektrické energie dle technologie  $y$  byl pak získán z grafu v poli  $[x,y]$  neboli [počet vyrobených kusů, náklady] ze závislosti přímky tvořené krajními body o souřadnicích  $[0, \text{fixní složka nákladu}]$  a  $[\text{celkový roční počet vyrobených kusů danou technologií, variabilní složka nákladu} + \text{fixní složka nákladu}]$ . Výpočetní vzorce jsou znázorněny v grafu na obr. 29 níže.



Obr. 29 Vztah závislosti ceny za spotřebu elektrické energie na vyrobených kusech dle výrobní technologie dle cen dodavatele na rok 2023.

Bylo ověřeno, že vypočítané náklady na elektrickou energii pro obě technologie zalévání odpovídají v součtu celkovým účetním nákladům provozu. Množství zalitých transformátorů, kdy se protnou křivky na obr. 29 lze vyjádřit jako  $x$  z rovnosti uvedených rovnic. Toto množství ovšem není při ročních kapacitách výroby dosažitelné. Z grafu na obr. 29 potom vyplývá, že náklady na elektrickou energii jsou pro roční objemy výroby na vyrobený kus vyšší pro vakuovou technologii. Náklady na spotřebu elektrické energie budou dále kalkulovány s dalšími náklady zkoumaných technologií dle strojních hodin provozu.

### 2.2.2 Odpisy

Pořizovací náklady na výrobní stroje a zařízení je nutné promítnout do cen výrobků, přičemž se tak děje skrze účetní odpisy. Obvykle platí, že čím více se činnost firmy blíží těžkému průmyslu a čím více je provoz technologicky vyspělý, tím vyšší je podíl odpisů v technologických nákladech. Firma vede samozřejmě dle zákonných požadavků působení v České republice české účetnictví, ovšem pro své vnitropodnikové potřeby využívá jako mezinárodní korporace jednotnou metodiku, kterou jsou americké všeobecně uznávané účetní principy (US GAAP).

Účetnictví dle US GAAP má oproti českému účetnictví metodicky několik rozdílů. Zde však zkoumáme hmotný majetek, proto se zaměříme zejména na něj. Metodika je obecně volnější a nabízí více možností. Principy US GAAP nepožadují jako v českém účetnictví, aby součet všech odpisů (neboli oprávek) dosáhl celé pořizovací ceny majetku. Majetek se považuje za aktivně používaný po celou dobu, kdy je pro podnik zdrojem ekonomického užitku. Ovšem i po vyřazení může být majetek veden v účetnictví se zbytkovou hodnotou až do doby, kdy je prodán za nenulovou částku, která uhradí společně s oprávkami pořizovací cenu majetku. Další možností je kapitalizace nákladů na údržbu, opravy či rekonstrukce do ceny zařízení. Účetní jednotka si sama stanovuje dobu životnosti majetku tak, aby lépe zobrazovala skutečnost. Podnik může nejen tak popsat lépe realitu a dosahovat pomocí toho lepších výsledků hospodaření.

Metod odepisování dle principů US GAAP je více. Pro srovnání pořizovacích cen zařízení dle technologie použijeme standardní lineární metodu odepisování. Účetní jednotka má stanovenou vnitropodnikovou směrnici pro zařazení relevantního technologického majetku do odepisových skupin v tab. 3.

Tab. 3 Relevantní odepisové skupiny k práci dle vnitropodnikové směrnice.

Odpisová skupina	Počet let odepisování
Budovy (typ I) – konstrukce z betonu/cihel oceli s pevnými základy a nástavbou k dlouhodobému využití	40
Stroje k vytváření izolace za tepla nebo za studena	8
Stroje k tepelnému zpracování	8
Mostové jeřáby	15
Nástroje a formy	3

Z databáze majetku střediska zalévání byly vybrány významné zařízení umístěné v hale 03\_H1 a 04\_H2. Nebylo kalkulováno s veškerými „drobnými“ položkami, protože pro účel kalkulace prakticky nemají význam. Tato zařízení byla rozdělena podle technologie na majetek sloužící technologii tlakového anebo vakuového zalévání (vnitřních i venkovních transformátorů včetně transformátorů označovaných RCCT).

Pro porovnání technologií nebylo vhodné kalkulovat s již odepsanými nejvýznamnějšími zařízeními. Proto, přestože zůstatková účetní hodnota se významně lišila, byly roční odpisy určeny dle tab. 3 z pořizovacích cen zařízení (pro pravidelné roční srovnání bude ale vhodnější vycházet ze skutečné zůstatkové ceny vedené v účetnictví). Aby zde však byly položky obou technologií navzájem lépe porovnatelné, byly hodnoty jejich pořizovacích cen přepočteny na dnešní ceny pomocí indexů cen průmyslových výrobců, které monitoruje Český statistický úřad a uveřejňuje v příloze „Tab. 2.1 Indexy cen průmyslových výrobců podle CZ-CPA“ [30]. V uvedené tabulce v záložce „IR15 roční (yearly)“ jsou přehledy meziročních změn cen výrobků pomocí indexů dle kategorií od roku 1990. Pro skupinu „stroje a zařízení j. n.“ jsou všechny zaznamenané indexy v tab. 4.

Tab. 4 Indexy cen průmyslových výrobců ročně pro skupinu stroje a zařízení j. n. [30]:

rok	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
index [-]	26,5	44,6	50,3	57,6	64,7	68,6	73,4	77,4	81,3
rok	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
index [-]	83,0	84,7	86,1	87,7	87,9	88,9	91,3	92,7	95,1
rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
index [-]	97,4	99,1	97,5	97,7	98,5	99,4	100,0	100,0	100,1
rok	2017	2018	2019	2020	2021	2022	-	-	-
index [-]	100,8	101,8	103,9	106,3	109,6	122,3	-	-	-

Podle roku uvedení výrobních strojů a zařízení do provozu byly původní pořizovací hodnoty zařízení převedeny za využití indexů cen strojů a zařízení z tab. 4 na dnešní pořizovací ceny následovně:

$$\text{hodnota posledního roku} = \text{pořizovací hodnota} \cdot \frac{\text{index posledního roku}}{\text{index roku uvedení do provozu}}$$

Jako příklad vypočteme dnešní pořizovací hodnotu pro zařízení, jež bylo zakoupeno a uvedeno do provozu v roce 2009 v tehdejších cenách za 6 037 664 Kč:

$$\text{hodnota v roce 2022} = 6\,037\,663 \cdot \frac{122,3}{99,1} = 7\,451\,122 \text{ Kč}$$

V seznamu majetku byly k nalezení i položky uvedené do provozu před rokem 1990, v tomto případě by se dnešní cena vyjádřila jako průměrný meziroční růst indexů cen vynásobený počtem let uplynulých do posledního roku. Následně byly získány odpisy, kdy přepočtené ceny na dnešní byly vyděleny počtem odepisovaných let podle odpisových skupin v tab. 3:

$$\text{roční odpis} = \frac{\text{pořizovací cena}}{\text{počet let odepisování dle odpisové skupiny}}$$

Pro případ příkladového zařízení byl rovnoměrný roční odpis určen dosazením do předchozího vzorce v dnešních cenách následně:

$$\text{roční odpis} = \frac{7\,451\,122}{8} = 931\,390 \text{ Kč}$$

Pro obě technologie zalévání se sečetly odpisy pro míchací a licí zařízení, válečkové dráhy, zásobníky pryskyřice a tvrdidla, mostové a sloupové jeřáby, předehřívací tunely či pece nebo tunely dotvrzovací. Technologii vakuového i tlakového zalévání byly přiřazeny zařízení z obou zkoumaných hal (tj. pro vakuovou technologii byly zkoumány dohromady zařízení vnitřních, venkovních i RCCT transformátorů, aby mezi nimi nebyly velké rozdíly, a skutečnosti budou zohledněny v konečné kalkulaci).

V případě forem na zalévání je srovnávací situace jiná. Jedná se o velmi významný majetek, u kterého by při odepisování z pořizovací hodnoty všech forem byly dnešní ceny pro obě technologie zalévání v řádech desítek milionů korun českých. Vakuová technologie je ve společnosti ABB v provozu déle než tlaková technologie, a také proto v majetku eviduje více forem. Samotný náklad na pořízení stejné formy dle výrobní technologie se významně neliší. Zde využijeme odepisování z dnešních pořizovacích cen pouze u forem, které ještě mají zůstatkovou hodnotu a nejsou zcela odepsány, aby nebylo srovnání technologií zalévání zkresleno. Bylo by však vhodné zahrnout všechny náklady spjaté s formami do nákladů na formy, resp. odpisů (tedy skladování, opravy atd.), protože jde ve své podstatě o náklady výrobní technologie.

Tab. 5 Odpisy na výrobní zařízení a formy dle výrobních technologií na rok 2023.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání - zařízení	0	24 739 634
Vakuové zalévání - zařízení	0	12 509 596
Tlakové zalévání - formy	0	5 227 333
Vakuové zalévání - formy	0	3 262 100

Nastavené odepisování není v průběhu roku nijak ovlivněno objemem výroby, proto mají odpisy z kalkulačního hlediska zcela fixní charakter a položky budou zahrnuty do celkové kalkulace nákladů výrobních technologií (viz tab. 5). Z tab. 5 také vyplývá, že pořizovací náklady na výrobní zařízení a formy jsou významně vyšší pro tlakovou technologii.

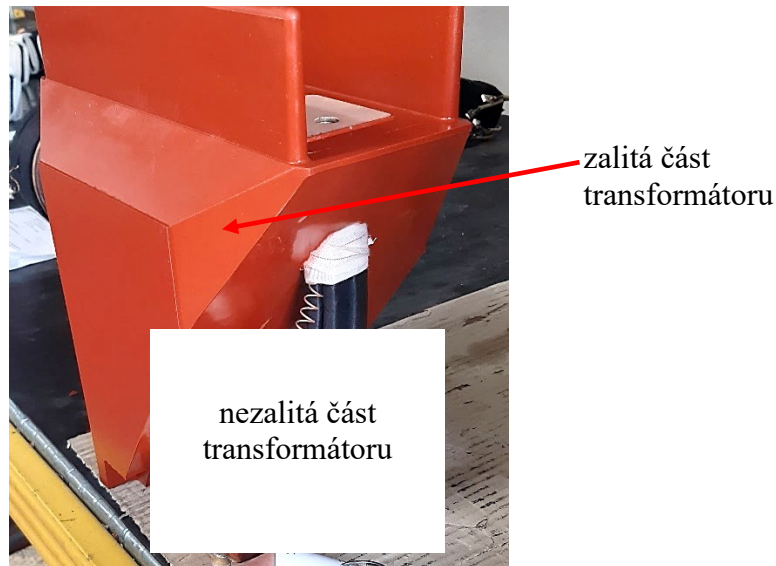
### 2.2.3 Neshodná výroba

Rozdílné náklady obou technologií zalévání spojené s **neshodnou výrobou neboli zmetky** mají významnou roli na celkovou technologickou nákladovost. Důvody této významnosti jsou ty, že transformátory a senzory jsou měřicí či jisticí zařízení, na které jsou sice kladeny vysoké zkušební požadavky. Hlavně jakmile jsou pracně sestavené funkční části, jako navíjené cívky, zality epoxidovou hmotou, opětovné použití zalitých komponent není možné. Vznikají tak vysoké náklady na mzdy a materiál.

Pouze několik komponent se na transformátory montuje až po jejich zalití. V takovém případě, pokud je z pohledu pracnosti rentabilní komponenty demontovat a opětovně použít. V případě

opětovného použití komponent je důležité tyto děje evidovat v zásobách i v materiálových nákladech na samotný zmetek. Předpokládá se, že při inventurách materiálu vznikají největší jednicové nesrovnalosti právě neodpovídající evidencí těchto opětovně použitých komponent na dalších výrobcích.

Je pouze minimum případů, kdy je zmetek identifikován přímo po zalití. Pokud už se to stane, jde většinou o viditelně špatně zalitý kus. Příčinou bývá většinou chybný postup operátora nebo procesní závady technologického charakteru v průběhu zalévání. Drobné povrchové nedokonalosti jako nerovnosti a dutiny je u těchto vad většinou možné opravit. Výrazné nedolití transformátoru (na obr. 30) však není možné opravit.



Obr. 30 Ukázka neopravitelného zmetku (nedolitý kus).

Většina závadných transformátorů je vyřazena až na zkušebně, kde se identifikují skryté vady. Dle normy prochází transformátory několikastupňovou kontrolou. Nejčastější závadou jsou částečné výboje, které vznikají běžně vznikem vzduchových kapes uvnitř izolace během zalévání transformátoru. Další časté závady jsou nekonzistentně izolující vrstvy funkčních částí, přerušení vodivých částí či vzájemným dotykem vodivých částí v průběhu předchozí výroby, manipulace nebo až působením proudu epoxidové hmoty v průběhu zalévání. Tyto vady uvnitř izolace zalitých transformátorů už nelze nijak opravit a jedná se o neshodnou výrobu. Pokud nejsou zakázky přesného počtu zaskladněny podle výrobního plánování na čas, příčinou prodloužení termínu dodání může být právě výroba dalšího kusu. Proces výroby trvá totiž několik desítek hodin. Prodloužení termínu může nastat u případů, kdy se jedná se o dražší typy transformátorů s unikátními parametry nebo málo vyráběné typy, u kterých se nevyrábí rezerva na sklad.

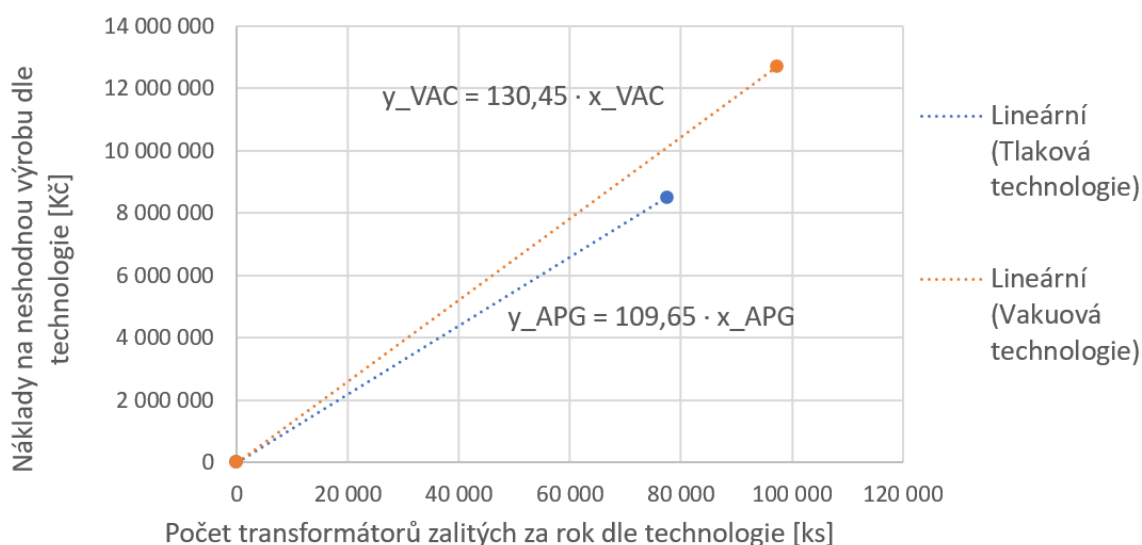
Do nákladů na neshodnou výrobu se proto zahrnují dosavadní výrobní náklady jako na materiál použitý do vyřazení, mzdové náklady i administrativní režie, náklady na opracování, reklamace a technologické náklady. Z databáze byly tyto náklady získány, rozděleny podle výrobní technologie na vakuovou a tlakovou a podle toho sečteny. Do těchto nákladů se nezapočítávaly náklady na neshodnou výrobu z haly 05\_H3 a 07\_Sensors. Dále zde nebyly započítány náklady kvalitativního charakteru povrchu jako je lepení povrchu a broušení.

Pokud by teoreticky nebyl vyroben žádný výrobek, nevznikly by žádné náklady na neshodnou výrobu. Z této úvahy je zřejmé, že náklady na zmetky mají zcela variabilní charakter, a proto jsou náklady v přehledu nákladů dle technologie za rok 2022 v tab. 6 zařazeny ve sloupci variabilní složky nákladů.

Tab. 6 Náklady na neshodnou výrobu (zmetky) dle výrobní technologie na rok 2023.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání	8 495 959	0
Vakuové zalévání	12 708 110	0

Nejkorektnější by bylo náklady členit dle typů transformátorů a každému určit náklady na neshodnou výrobu zvlášť. Tím by některé typy transformátorů byly podle skutečných nákladů na jejich zmetky příliš nákladné. Protože by bylo kalkulování nákladů na zmetky dle typů bylo příliš složité a meziočně pravděpodobně výrazně odlišné, ponechá se právě přiřazení nákladů výrobním technologiím. Níže na obr. 31 je graf s nákladovými funkcemi na neshodnou výrobu dle výrobní technologie podle počtu vyrobených kusů danou technologií.



Obr. 31 Vztah závislosti nákladů na nekvalitu na vyrobených kusech dle výrobní technologie.

Vydělením nákladů v tab. 6 počtem kusů neshodné výroby dané technologie za rok 2022 byly určeny průměrné výrobní náklady jednoho zmetku vyrobeného vakuovou a tlakovou technologií. Poměrem kusů zmetků ke všem kusům vyrobených v tomto roce byl získán podíl neshodné výroby transformátorů podle výrobní technologie zalévání viz tab. 7.

Tab. 7 Podíl kusů neshodné výroby a průměrné výrobní náklady na zmetek dle technologie.

Výrobní tech.	Průměrný náklad na kus [Kč]	Neshodná výroba [%]
Tlakové zalévání	3 293	3,33 %
Vakuové zalévání	4 998	2,61 %

Celkové roční náklady na neshodnou výrobu, která vznikla vakuovou technologií, jsou vyšší. Celkový podíl neshodné výroby je ovšem nižší. Tlaková technologie dosahuje vyšší kvality izolace z epoxidové pryskyřice. Proto transformátory, které jsou náchylnější na vznik zmetku, jsou při vyšším vyráběném množství zalévány přednostně technologií tlakovou. Z tohoto důvodu je pro tlakovou technologii zaznamenán větší poměr neshodné výroby.

Dále bylo zjišťováno, jestli je pro již vyráběné typy transformátorů možné doporučit technologii zalévání z pohledu významně nižšího poměru shodné a neshodné výroby. V analyzovaném provozu je ovšem většina typů transformátorů zalévána pouze jednou z technologií. Aby mohl být takový typ transformátoru zaléván druhou z technologií zalévání, byly by nutné vysoké investiční náklady v podobě zakoupení forem pro druhou technologii. Proto bylo srovnáváno pouze několik typů transformátorů, ke kterým je na skladě dostatečný počet forem k požadovaným objemům výroby pro obě technologie zalévání a zároveň byly zalévány oběma technologiemi v závislosti na výrobních kapacitách jednotlivých technologií.

Pouze takové typy transformátorů umožňovaly vzájemné srovnání množství shodné a neshodné výroby transformátorů pro obě technologie zalévání.

Pracovníky společnosti bylo dodáno množství srovnatelných typů transformátorů shodné a neshodné výroby pro obě technologie zalévání pouze za rok 2022. Pro počty transformátorů shodné a neshodné výroby stejného typu byl proveden pro každou technologii zalévání zvlášť Pearsonův chí-kvadrát test (viz obr. 32 a obr. 33).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	
1	3114	1426	9493	1025	2568	1135	1320	528	1616	379	2987	typ transformátoru
	3045,7	1433,2	9497,9	1046,3	2515,3	1120,0	1338,1	529,4	1593,2	386,9	3030,2	ks shodné výroby
	1,530	0,036	0,003	0,433	1,103	0,202	0,246	0,004	0,327	0,161	0,617	očekávané ks dle chí-kvadrát testu
2	27	52	302	54	26	20	60	18	27	20	138	príspevek do chí-kvadrát testu
	95,3	44,8	297,1	32,7	78,7	35,0	41,9	16,6	49,8	12,1	94,8	ks neshodné výroby
	48,913	1,149	0,082	13,833	35,264	6,448	7,869	0,125	10,459	5,156	19,714	
All	3141	1478	9795	1079	2594	1155	1380	546	1643	399	3125	
	<b>B4</b>	<b>All</b>										
1	1362	26953										
	1416,7											
	2,111											
2	99	843										
	44,3											
	67,504											
All	1461	27796										

Chi-Square Test			
	Chi-Square	DF	P-Value
Pearson	223,288	11	0,000
Likelihood Ratio	234,321	11	0,000

P-hodnota méně než kritická hodnota 0,05

Obr. 32 Chí-kvadrát test kusů shodné a neshodné výroby dle typu transformátoru pro tlakovou technologii.

Pro poměry množství transformátorů shodné a neshodné výroby zalité tlakovou technologií byla získána nulová P-hodnota, a proto jsou v poměrech množství shodné a neshodné výroby pro jednotlivé tyty transformátorů navzájem statisticky významné rozdíly.

	<del>A1</del>	<del>A2</del>	<del>A3</del>	<del>A4</del>	A5	<del>A6</del>	A7	<del>A8</del>	B1	B2	
1	72	0	0	147	522	80	363	0	5179	2387	očekávané množství méně než 5
	71,95			164,32	571,73	96,26	398,65		5093,05	2358,87	
	0,000			1,826	4,325	2,747	3,189		1,451	0,336	
2	2	0	0	22	66	19	47	0	59	39	
	2,05			4,68	16,27	2,74	11,35		144,95	67,13	
	0,001			64,168	151,976	96,510	112,042		50,966	11,791	
All	74	0	0	169	588	99	410	0	5238	2426	
				B3	B4	All					
1				4717	447	13914					
				4723,56	435,60						
				0,009	0,298						
2				141	1	396					
				134,44	12,40						
				0,321	10,478						
All				4858	448	14310					

	Chi-Square	DF	P-Value
Pearson	512,432	8	0,000
Likelihood Ratio	334,676	8	0,000

P-hodnota méně než kritická hodnota 0,05

Obr. 33 Chí-kvadrát test kusů shodné a neshodné výroby dle typu transformátoru pro vakuovou technologii.

Podle chí-kvadrát testů pro každou technologii byly odebrány typy transformátorů s nedostatečně reprezentativním množstvím k základnímu výběru (viz přeškrtnuté sloupce na obr. 33). Za typy transformátorů s dostatečně reprezentativním množstvím jsou považovány ty, u kterých je dle chí-kvadrát testu očekávané množství transformátorů neshodné výroby aspoň 5. Chí-kvadrát test byl potom proveden pouze pro typy transformátorů s dostatečně reprezentativním množstvím. K tomuto testu byla získána také nulová P-hodnota, a proto jsou v poměrech množství shodné a neshodné výroby pro jednotlivé typy transformátorů navzájem statisticky významné rozdíly pro obě technologie zalévání.

Proto byly provedeny chí-kvadrát testy pouze samostatně pro množství shodné a neshodné výroby jednoho typu transformátoru podle množství zalitých transformátorů danou technologií. Typy transformátorů s nedostatečně reprezentativním množstvím nebyly vyhodnoceny. Pro zbývající typy transformátorů lze tvrdit, že jejich poměr shodné a neshodné výroby je pro jednu z technologií zalévání při P-hodnotě nižší než 0,05 (hladina významnosti 5 %) statisticky významně nižší. Pro tyto typy transformátorů je v tab. 8 technologie zalévání se statisticky významně nižším poměrem množství shodné a neshodné výroby označena křížkem.

Tab. 8 Technologie zalévání se statisticky významně nižším poměrem shodné a neshodné výroby podle typu transformátoru.

Výrobní tech.	A5	A7	B2	B3	B4
Tlakové zalévání	X	X			
Vakuové zalévání			X	X	X

Chí-kvadrát testy pro jednotlivé typy transformátorů nabývaly pro všechny typy transformátorů v tab. 8 nulové P-hodnoty a zároveň byly jedinými typy transformátorů, jejichž chí-kvadrát testy dosahovaly P-hodnoty nižší než 0,05. Podle tab. 8 je tedy tlakové zalévání dle statisticky významně nižšího poměru množství shodné a neshodné výroby vhodnější pro transformátory typu A5 a A7 a vakuové zalévání pro typy transformátorů B2, B3 a B4.

## 2.2.4 Kvalita povrchu izolace

Kvalita povrchu izolace zalitého transformátoru je v této práci reflektována potřebou oprav povrchů izolace transformátorů lepením dutin a broušením přídavné vrstvy hmoty. Tyto činnosti jsou vykonávány v hale 9a\_Final assembly H1 a technologické náklady na ně včetně mzdových nákladů byly dodány pracovníky společnosti. V tab. 9 je rozepsán dodaný přehled příčin vzniku technologických nákladů na lepení a broušení povrchu pro transformátory vyráběné oběma technologiemi zalévání dohromady. Součet všech nákladů uvedených v tab. 9 představuje náklady na lepení povrchů izolace a broušení přídavné vrstvy hmoty transformátorů vyrobených oběma technologiemi zalévání. Lepení povrchů izolace a broušení přídavné vrstvy hmoty se totiž provádí dohromady pro transformátory zalité vakuovou i tlakovou technologií. Zvýšená pracnost těchto činností je představována mzdovými náklady, které jsou nejvýznamnější nákladovou položkou. Hodnoty v tab. 9 jsou určeny za celý rok 2022.

Tab. 9 Technologické náklady na lepení a broušení povrchu zalitých transformátorů podle příčin jejich vzniku pro obě technologie dohromady.

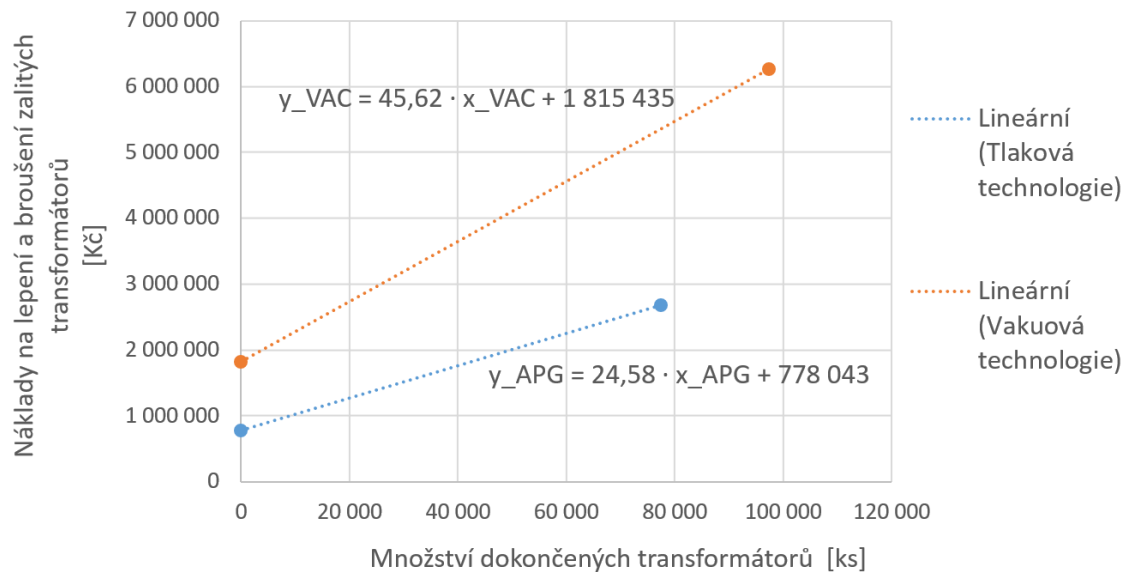
Skupina nákladů	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]	Náklady celkem [Kč]
Odpisy zařízení	0	1 800 000	1 800 000
Energie	1 150 522	289 478	1 440 000
Opravy, údržba a úklid zařízení a prostor	144 000	144 000	288 000
Nájem	0	360 000	360 000
Mzdové náklady	5 054 233	0	5 054 233
<b>Celkem</b>	<b>6 348 755</b>	<b>2 593 478</b>	<b>8 942 233</b>

Z dostupných dat společnosti bylo zjištěno, že přibližně 70 % pracovního času operátoři v roce 2022 lepili a brousili transformátory vyrobené vakuovou technologií. Technologické náklady na lepení povrchů izolace a broušení přídavné vrstvy hmoty z tab. 9 byly proto ze 70 % přiděleny vakuové technologii a zbývajících 30 % tlakové technologii. Celkové technologické náklady na lepení povrchů izolace a broušení přídavné vrstvy hmoty jsou shrnuty v tab. 10.

Tab. 10 Celkové technologické náklady na lepení a broušení povrchu zalitých transformátorů rozdělené mezi technologie vakuového a tlakového zalévání.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání	1 904 626	778 043
Vakuové zalévání	4 444 129	1 815 435

Celkové technologické náklady na lepení a broušení povrchu zalitých transformátorů jsou znázorněny v grafu na obr. 34 v závislosti na množství dokončených transformátorů dle technologie zalévání.



Obr. 34 Celkové technologické náklady na lepení a broušení povrchu zalitých transformátorů v závislosti na množství dokončených transformátorů dle technologie zalévání.

Obr. 34 dokazuje, že celkové technologické náklady na lepení a broušení povrchu zalitých transformátorů jsou na jeden transformátor nižší při použití technologie tlakového zalévání.

### 2.2.5 Opravy a údržba zařízení

Všechna výrobní zařízení je nutné také udržovat, seřizovat nebo opravovat, aby byly schopné provozu. Pravidelnost údržby může mít výrazný vliv na kvalitu výrobků. Naopak počet výrobků produkovaných výrobním zařízením může mít vliv na četnost jeho údržby i oprav. Je však zřejmé, že počet výrobků není jedinou příčinou vzniku nákladů na opravy a údržbu. Někdy může mít větší vliv na vznik těchto nákladů jiný parametr, například stáří stroje.

Proto bylo analyzováno závislost většího množství příčin vzniku nákladů na opravy a údržbu. Do nákladů na opravy a údržbu byly zahrnuty také všechny náhradní díly a materiály. Nejvíce prediktorů bylo možné získat pro licí stroje využívající technologii tlakového zalévání. Z tohoto důvodu se hledání vztahů omezilo právě na licí stroje. K těmto strojům byly zjištěny zvlášť roční náklady na údržbu a opravy, roční množství na nich zalitých transformátorů a stáří těchto licích strojů od aktivace. Některé stroje byly nepatrně odlišné svou konstrukcí, byly pořízeny v různých letech nebo od více dodavatelů.

Licí stroje se tedy různily i pořizovací cenou. To byl důvod, aby se jako možná příčina vzniku nákladů na opravy a údržbu posuzovaly také pořizovací ceny těchto zařízení. Aby však bylo možné srovnávat výrazně starší licí stroje s mladšími, bylo nutné jejich pořizovací ceny přepočítat na ceny shodného času. Proto byly pořizovací ceny licích strojů přepočteny na ceny dnešní pomocí indexů cen průmyslových výrobců obdobně jako při počítání odpisů (detailní postup pro přepočítání pořizovacích cen na dnešní je uveden v podkapitole 2.2.2). Určitě by při dostatečně objektivních datech bylo možné jako příčinu vzniku nákladů na opravy a údržbu zahrnout i další prediktory.

Pro sestavené hodnoty prediktorů a odezev doplněných o vzájemné iterace byla ve statistickém programu Minitab provedena analýza nejlepšího výběru prediktorů vícekritériální regrese. Koeficient determinace  $R^2$  je na obr. 35 označen jako R-Sq. Další sloupec označen jako R-Sq (adj) je upravený koeficient determinace. Upravený koeficient determinace zohledňuje významnost prediktorů vícekritériální regrese, a má tudíž větší vypovídající schopnost než koeficient determinace R-Sq. Jeho hodnota by měla být co nejvyšší, ale současně by se měla hodnota Mallows Cp pohybovat okolo hodnoty 1.

Vars	R-Sq	R-Sq (adj)	R-Sq (pred)	Mallows Cp	S	i	s	s	s	s	s	Z a l i t é k s * P o ř i z o v a c í c Z c Z c e n a i t d é n e ř e k e k e
1	23,0	17,1	0,0	-0,5	9271,3							X
1	13,1	6,4	0,0	0,9	9849,0							X
1	11,8	5,0	0,0	1,1	9925,8			X				
2	29,2	17,4	0,0	0,7	9252,9			X				X
2	24,1	11,5	0,0	1,4	9581,0		X					X
2	24,0	11,3	0,0	1,4	9588,8						X	X
3	37,7	20,7	0,0	1,5	9070,2	X	X					X
3	33,8	15,7	0,0	2,0	9348,1		X	X				X
3	29,4	10,1	0,0	2,7	9654,9	X		X				X
4	40,1	16,2	0,0	3,2	9323,6	X	X	X				X
4	39,9	15,9	0,0	3,2	9339,9	X	X	X				X
4	39,3	15,0	0,0	3,3	9386,3	X		X	X			X
5	41,4	8,8	0,0	5,0	9722,2	X	X	X	X			X
5	40,5	7,4	0,0	5,1	9796,6	X	X	X		X		X
5	40,2	7,0	0,0	5,2	9822,2	X	X	X	X	X		X
6	41,5	0,0	0,0	7,0	10307	X	X	X	X	X	X	X

Obr. 35 Vyhodnocení analýzy výběru prediktorů vícekriteriální regrese.

Nejvhodnější variantou prediktorů reprezentovaných křížky je na obr. 35 řádek zvýrazněný v rámečku, protože dosahuje nejvyšší hodnoty upraveného koeficientu determinace pro vícekriteriální regresi při hodnotě 1,5 ukazatele Mallows Cp. Těmito prediktory jsou pořizovací ceny licích strojů v dnešních cenách, množství transformátorů zalitých na stroji za rok a iterace součinu množství transformátorů zalitých na stroji za rok a pořizovacích cen licích strojů v dnešních cenách.

Pro tyto nejvhodnější prediktory byla provedena vícekriteriální regresní analýza, ze které byla získána rovnice pro určení ročních nákladů na opravy a údržbu licího stroje. Rovnici pro určení

ročních nákladů na opravy a údržbu licího stroje je pak možné transformovat k určení celkových ročních nákladů na opravy a údržbu pro technologie. Získaná rovnice má tvar:

$$\begin{aligned} \text{Roční náklady na opravy a údržbu licího stroje} &= \\ &= 12,5 \cdot \text{Zalité ks} + 0,004\ 14 \cdot \text{Pořizovací cena dnes} - \\ &- 0,000\ 005 \cdot \text{Zalité ks} \cdot \text{Pořizovací cena dnes} + 28\ 796 \end{aligned}$$

Pro tuto vícekriteriální regresi byla provedena dále analýza rozptylu na obr. 36. Poslední sloupec určuje P-hodnoty pro jednotlivé zvolené prediktory zvlášť. P-hodnota v rámečku je určena pro celou regresi. Protože je tato P-hodnota 0,144 větší než 0,05 (při 5 % hladině významnosti), nelze tuto vícekriteriální regresi považovat za statisticky významnou.

### Analysis of Variance

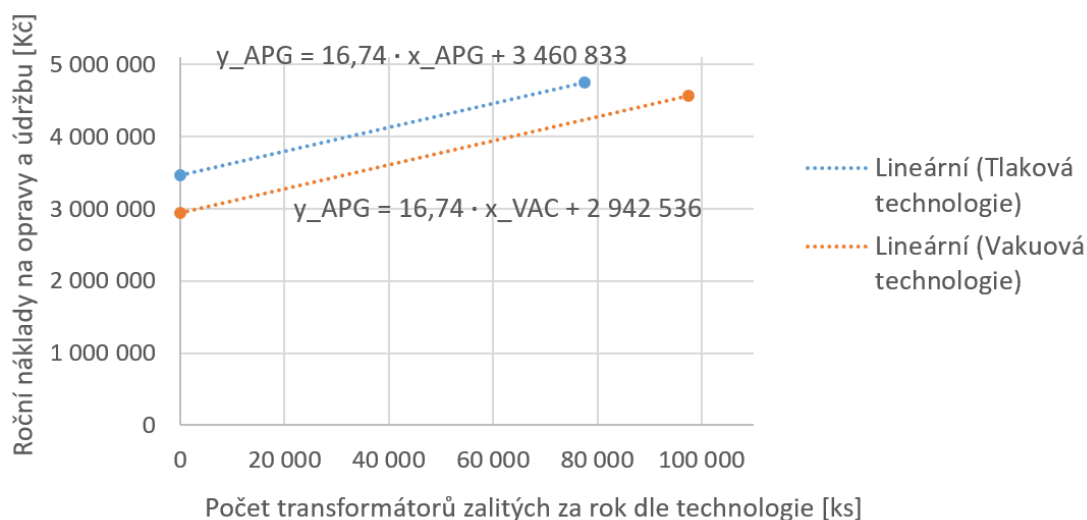
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	546687471	182229157	2,22	0,144
Pořizovací cena dnes	1	122442919	122442919	1,49	0,248
Zalité ks	1	196592172	196592172	2,39	0,150
Zalité ks*Pořizovací cena dnes	1	280876756	280876756	3,41	0,092
Error	11	904944838	82267713		
Total	14	1451632309			

Obr. 36 Analýza rozptylu vícekriteriální regrese.

Statisticky významná regrese však byla získána pro veškeré roční náklady na opravy a údržbu celé haly 04\_H2 v závislosti na počtu kusů zalitých v této hale za zaznamenané roky. Zařízení v této hale slouží zejména technologii tlakového zalévání, proto byla rovnice získaná regresní analýzou použita pro náklady na opravy a údržbu technologie tlakového zalévání.

Obdobně se regrese provedla pro veškeré roční náklady na opravu a údržbu výrobních zařízení v hale 03\_H1 s prediktorem počtu zalitých kusů v této hale za zaznamenané roky. Tato regrese však dosahovala velmi nízkého koeficientu determinace a nebyla statisticky významnou. Protože většina zařízení v této hale je používána v souvislosti s technologií vakuového zalévání, předpokládá se, že náklady na opravy a údržbu zařízení v hale 03\_H1 odpovídají nákladům na opravy a údržbu zařízení sloužících technologii vakuového zalévání.

Aby bylo možné získat rovnici pro náklady na opravy a údržbu technologie vakuového zalévání, byl zaveden předpoklad, že na náklady na opravy a údržbu zařízení vakuové technologie bude mít jednotkové množství zalitých kusů stejný vliv jako u technologie tlakového zalévání. Pro bližší vysvětlení to znamená, že obě rovnice budou mít shodný koeficient prediktoru, resp. přímkou v grafu na obr. 37 budou mít stejný sklon. Dále bylo učeno, že přímkou pro vakuové zalévání protne v grafu bod získaný průměrováním získaných hodnot. Přesněji byl bod získán průměrem ročního počtu zalitých kusů v hale 03\_H1 a průměrem ročních nákladů na opravy a údržbu zařízení v hale 03\_H1 za poslední tři roky. Při nadefinovaném sklonu přímkou se pak pro nulové množství kusů zalitých vakuovou technologií získala fixní složka nákladů na opravy a údržbu technologie vakuového zalévání. Závislosti vývoje nákladů na opravy a údržbu vakuové i tlakové technologie na počtu zalitých kusů danou technologií shrnuje graf na obr. 37.



Obr. 37 Vztah závislosti nákladů na opravy a údržbu zařízení na vyrobených kusech dle výrobní technologie.

Z rovnic na obr. 37 byly pro obě technologie zalévání získány variabilní a fixní složky ročních nákladů na opravy a údržbu zařízení, které shrnuje tab. 11.

Tab. 11 Náklady na opravy a údržbu zařízení vč. náhradních dílů dle technologie na rok 2023.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání	1 297 381	3 460 833
Vakuové zalévání	1 631 128	2 942 536

Náklady na opravy a údržbu zařízení jsou dle obr. 37 tedy v přepočtu na zalitý transformátor dle výrobní technologie při současných ročních objemech výroby vyšší pro technologii tlakového zalévání.

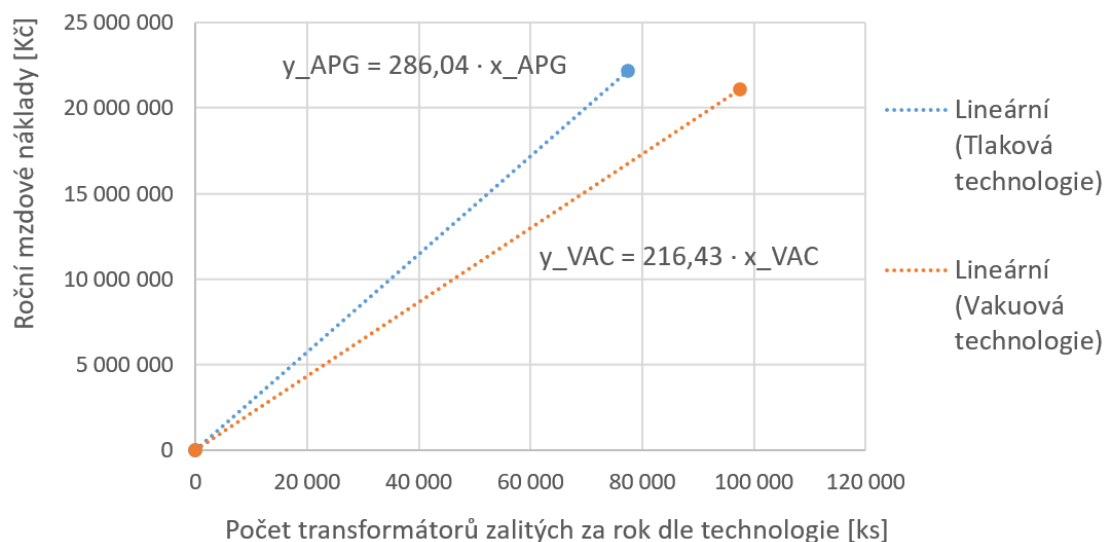
## 2.2.6 Další technologické náklady

Další statisticky významné náklady, které souvisí s technologiemi zalévání, jsou úklidové služby, licence a nájmy. Proto budou také zařazeny mezi náklady technologie. Někdy se do technologických nákladů řadí mzdové náklady nezbytné pro chod technologie. Aby bylo sledování mzdových nákladů a ukazatelů jednodušší, bude výhodnější mzdové náklady nezahrnovat do technologické sazby, ale kalkulovat je samostatně. Pro úplnost srovnání technologických nákladů však byly zahrnuty. Zjištěné roční **mzdové náklady** na obsluhu technologií zalévání jsou v tab. 12.

Tab. 12 Mzdové náklady na obsluhu technologií zalévání.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání	22 163 050	0
Vakuové zalévání	21 083 557	0

Závislosti ročních mzdových nákladů na obsluhu technologií zalévání na objemu výroby jsou dle technologií zalévání znázorněny na obr. 38 níže. Z grafu na obr. 38 pak vyplývá, že mzdové náklady na obsluhu technologií zalévání jsou v přepočtu na vyrobený transformátor vyšší pro technologii tlakového zalévání.



Obr. 38 Celkové roční mzdové náklady na obsluhu technologií zalévání.

Dalším významným nákladem souvisejícím s technologiemi zalévání jsou poplatky za **úklidové služby**. Z výkazu nákladů za rok 2022 bylo zjištěno, že tyto náklady činily 1 250 000 Kč za celé středisko zalévání (03\_H1, 04\_H2 a 05\_H3 na obr. 11). Bylo potřeba najít způsob rozdělení těchto nákladů podle výrobních technologií. Nakonec byly tyto náklady rozděleny podle přibližné výměry pro prostor sloužící jednotlivým technologiím. Přesněji byly celkové náklady na úklid vyděleny celkovou výměrou střediska zalévání a vynásobeny výměrami prostor sloužících pro vakuové zalévání, tlakové zalévání a pro úplnost také zalévání v hale 05\_H3. Výměry a přerozdělené náklady na úklid jsou shrnuty v tab. 13 níže.

Tab. 13 Náklady na úklid přerozdělené dle výměry pro rok 2023.

Výrobní technologie	Výměra prostor [m <sup>2</sup> ]	Odpovídající náklady na úklid [Kč]
Tlakové zalévání	3 500	478 351
Vakuové zalévání	1 876	256 396
Hala 05_H3	3 770	515 253
<b>Celkem</b>	<b>9 146</b>	<b>1 250 000</b>

Předpokládá se, že větší objem výroby má také vliv na navýšení poplatků za úklid vlivem zvýšené pracnosti. Pro kalkulační účely náklady na úklid však budeme považovat za čistě fixní nákladovou položku. Proto jsou náklady na úklid v tab. 14 níže pouze ve fixní složce nákladu.

Tab. 14 Přehled variabilní a fixní složky nákladu na úklid pro rok 2023.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání	0	478 351
Vakuové zalévání	0	256 396

Další významnou nákladovou položkou související s technologiemi zalévání jsou náklady na **nájmy** (příp. licence a patenty). Nákladová položka nájmu zahrnuje nájem za nemovitosti, na kterých výrobní středisko, v našem případě technologie zalévání, působí. Dále pak licenční poplatky a interní nájem výpomocí mezi středisky pro lepší přerozdělení nákladů mezi taková střediska.

Z důvodu nedodání detailů položek nájmu pro rozdělení mezi technologie zalévání byly tyto náklady pro celé středisko přerozděleny stejně jako pro úklidové služby dle výměr v tab. 13. Náklad na nájem na kus výrobku z počtů za rok 2022 je z výsledku výrazně vyšší pro tlakovou technologii. Nájem jsou pro hodnocené období konstantní a případná úprava jejich výše není ovlivněna množstvím produkce, proto má v tab. 15 níže opět zcela fixní charakter.

Tab. 15 Přehled variabilní a fixní složky nákladu na nájem pro rok 2023.

Výrobní technologie	Variabilní složka nákladu [Kč]	Fixní složka nákladu [Kč]
Tlakové zalévání	0	5 457 998
Vakuové zalévání	0	2 925 488

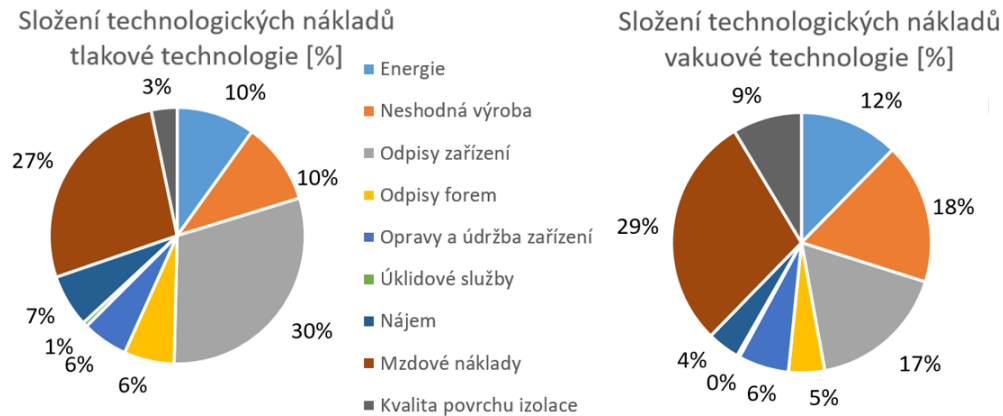
### 2.2.7 Určení ročních technologických nákladů a sestavení nákladových sazeb technologii zalévání

Výstupem zkoumání jednotlivých příčin vzniku technologických nákladů bylo určení jejich variabilní a fixní složky pro jednotlivé technologie zalévání. Náklady těchto kategorií by mohly být sice přiřazovány typům výrobků přesněji podle jejich skutečné účasti na vzniku nákladu. Ovšem by tím některé typy výrobků byly ztrátové, kalkulace by byla složitá a mezi časovými obdobími jistě proměnná. Navíc na ni není dostatečné množství vhodných a konzistentních dat. Proto dále v tab. 16 sečteme variabilní a fixní složky nákladů jednotlivých kategorií dle technologií zatím bez ohledu na rozdílné vlastnosti typů výrobků.

Tab. 16 Součty zkoumaných nákladů dle technologie a druhu nákladu pro rok 2023.

Kategorie	Technologické náklady [Kč]			
	Tlaková technologie		Vakuová technologie	
	variabilní	fixní	variabilní	fixní
Energie	2 079 651	6 081 884	2 283 983	6 679 450
Neshodná výroba	8 495 959	0	12 708 110	0
Odpisy zařízení	0	24 739 634	0	12 509 596
Odpisy forem	0	5 227 333	0	3 262 100
Opravy a údržba zařízení	1 297 381	3 460 833	1 631 128	2 942 536
Úklidové služby	0	478 351	0	256 396
Nájem	0	5 457 998	0	2 925 488
Kvalita povrchu izolace	1 904 626	778 043	4 444 128	1 815 435
Mzdové náklady	22 163 050	0	21 083 557	0
<b>Celkem</b>	<b>35 940 667</b>	<b>46 224 076</b>	<b>42 150 906</b>	<b>30 391 001</b>

Po sečtení variabilních a fixních nákladů obou výrobních technologií je složení technologických nákladů pro obě technologie procentuálně porovnáno na obr. 39. Nejvýznamnější rozdíly mezi technologickými náklady představuje větší podíl odpisů (vyšší pořizovací ceny) výrobních zařízení tlakové technologie nebo větší podíl nákladů na neshodnou výrobu a kvalita povrchu izolace vakuové technologie. Celkové náklady na technologie zalévání přepočtené na kus znamenají však průměrně pouze necelých 22 % veškerých interních nákladů na transformátor.



Obr. 39 Složení technologických nákladů výrobních technologií pro rok 2023.

Vzorec pro celkové roční technologické náklady  $y$  byl pak získán z grafu v poli  $[x,y]$  neboli [počet vyrobených kusů, náklady] ze závislosti regresní přímky tvořené krajními body o souřadnicích  $[0, \text{fixní složka nákladu}]$  a  $[\text{celkový roční počet vyrobených kusů danou technologií, variabilní složka nákladu} + \text{fixní složka nákladu}]$ . Výpočetní vzorce pro celkové technologické náklady mají podobu:

$$y_{APG/VAC} = k_{APG/VAC} \cdot x_{APG/VAC} + b_{APG/VAC}$$

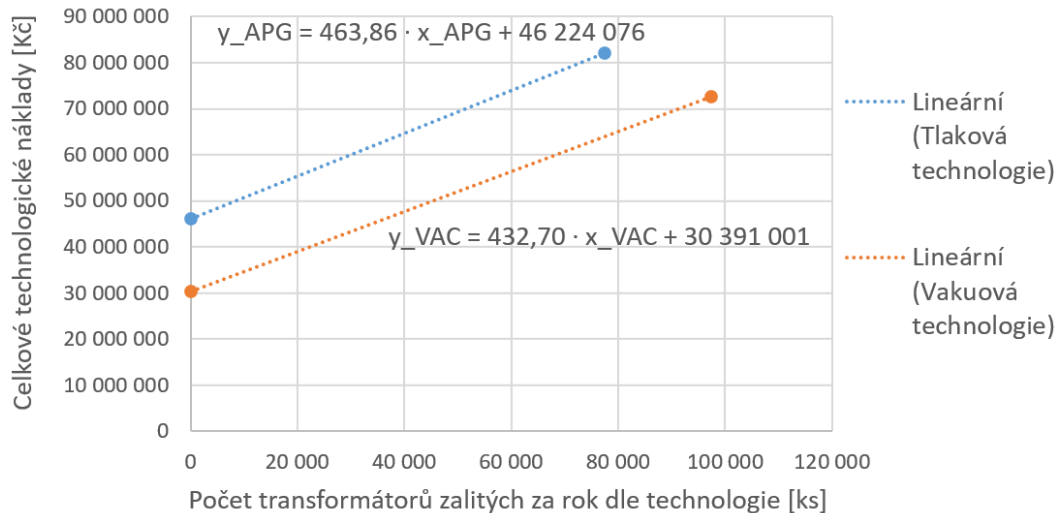
kde:  $y_{APG/VAC}$  – celkové náklady technologie APG – tlakové technologie/VAC – vakuové technologie [Kč]

$k_{APG/VAC}$  – koeficient vlivu vyrobeného množství technologie APG – tlakové technologie/VAC – vakuové technologie [-]

$x_{APG/VAC}$  – množství transformátorů zalitých APG – tlakovou technologií/VAC – vakuovou technologií [ks]

$b_{APG/VAC}$  – fixní náklad za zkoumané období (rok) pro APG – tlakovou technologií/VAC – vakuovou technologií [Kč]

Celkové roční technologické náklady obou technologií zalévání jsou pro roční objemy výroby roku 2023 znázorněny graficky na obr. 40.



Obr. 40 Vztah závislosti celkových ročních technologických nákladů na zalitých kusech pro rok 2023.

Křivka celkových ročních technologických nákladů technologie tlakového zalévání je v grafu na obr. 40 v celém průběhu možných ročních objemů výroby nad křivkou celkových technologických nákladů vakuové technologie. Z obr. 40 je zřejmé, že křivky funkcí celkových ročních technologických nákladů jsou při ročních objemech výroby v době zkoumání vyšší pro technologii tlakového zalévání. Celkové roční technologické náklady jsou vhodné k výpočtu roční časové sazby technologických nákladů. Porovnání nákladovosti obou technologií zalévání se zahrnutím vlivu celkových počátečních investičních nákladů na technologické vybavení (místo ročních nákladů ve formě odpisů) bude provedeno v podkapitole 2.3.

Dále bylo potřeba stanovit, jakou logikou budou jednotlivé typy transformátorů pokrývat náklady technologie, tedy do jaké míry je jimi daná technologie využívána. První myšlenkou bylo určit míru vytížení technologie podle nezbytného času, po který transformátory daného typu prochází zařízeními technologií zalévání (tj. součet časů v předehřívacích pecích, v zalévacích strojích, ve vytvrzovacím tunelu a v dotvrzovacích tunelech). Vzhledem k tomu, že mezi technologickými náklady jednotlivých typů transformátorů je ve skutečnosti zřejmý nepoměr, který by bylo nutné určit (a že časy předehřevů a dotvrzení se majoritně příliš neliší), bylo přistoupeno k rozhodnutí za míru vytížení technologií považovat pouze časy zalévání typů transformátorů, které jsou již ze strojních programů zalévání známy. V případě tlakové technologie strojní programy zalévání zahrnují také čas vytvrzení transformátoru ve stroji.

Pro určení technologické nákladové hodinové sazby bylo dále určeno, kolik hodin (správně strojních hodin) jsou obě technologie za rok v provozu. Byl zaveden předpoklad, že do strojních hodin bude zahrnut také nezbytný přípravný čas na zalitý transformátor. Množství strojních hodin, které pokryje veškeré náklady technologie se určí jako:

$$\text{Strojní hodiny za rok} = \sum [(norma \text{ zalévání} + \text{přípravného času typu}) \cdot \text{zalité kusy typu}]$$

Po dosazení dat získaných z databází do vztahu byly určeny roční strojní hodiny pro technologie zalévání následně:

$$\text{Strojní hodiny za rok}_{\text{tlakové zalévání}} = 57\,547 \text{ hod}$$

$$\text{Strojní hodiny za rok}_{\text{vakuové zalévání}} = 6\,431 \text{ hod}$$

Vzhledem k 3-směnnému provozu výroby a počtu strojních hodin tlakové technologie je možné např. některé tlakové stroje dlouhodobě odstavit a optimalizovat jejich využití. Strojní hodiny

za rok se již použijí pro výpočet složek technologické neboli strojní sazby, která pokryje variabilní a fixní složky ročních nákladů (součty variabilních a fixních složek dle technologie jsou v tab. 16) a jejich součtem se získá celková strojní sazba (tj. sazba výrobní technologie):

$$\text{Variabilní složka sazby} = \frac{\text{součet ročních variabilních nákladů}}{\text{strojní hodiny za rok}}$$

$$\text{Fixní složka sazby} = \frac{\text{součet ročních fixních nákladů}}{\text{strojní hodiny za rok}}$$

$$\text{Celková nákladová sazba technologie} = \text{variabilní složka sazby} + \text{fixní složka sazby}$$

Po dosazení hodnot dle technologie zalévání byly získány hodinové strojní sazby a její složky k pokrytí fixních a variabilních nákladů (viz tab. 17). Z důvodu požadavku samostatného sledování nákladů na mzdy nebyly mzdové náklady do strojních sazeb zahrnuty.

Tab. 17 Hodinová sazba výrobní technologie zalévání a její složky pokrývající variabilní a fixní složky nákladů.

	Strojní sazba [Kč/hod]			
Technologie	Tlakové zalévání		Vakuové zalévání	
Celková sazba	1 042,66		8 001,27	
Charakter složky	variabilní	fixní	variabilní	fixní
Pokrytí složky	239,42	803,25	3 275,76	4 725,50

Hodinová sazba technologie je sestavena tak, že když každou hodinu zalévání transformátorů ocení uvedenými částkami variabilní a fixní složky, tak by měly být přibližně pokryty predikované roční náklady technologie.

Pro firmu je však nevhodné, aby se prodejní ceny stejných typů transformátorů, které vyrábí vakuovou nebo tlakovou technologií, byly podle výrobní technologie odlišné. Proto je vhodné se řídit nákladovostí pouze jedné z technologií. Přehlednější by bylo vyjít vždy z časů jedné technologie a přepočíst čas zalévání pro technologii druhou, aby se náklady obou technologií shodovaly. Doporučuje se však reálný čas zalévání ponechat u technologie, která bude používána převážně. Fiktivních časů bude dosaženo vynásobením reálného času jedné technologie (pracovní + přípravný) následujícím poměrem:

$$\text{Přepočtený pracovní čas 2. tech.} =$$

$$= (\text{reálný pracovní čas 1. tech.} + \text{přípravný čas 1. tech.}) \cdot \frac{\text{strojní sazba 1. tech.}}{\text{strojní sazba 2. tech.}}$$

Jako příklad uvedeme přepočet pro konkrétní typ transformátoru, u kterého předpokládáme, že produkce bude nižší a bude zaléván vždy, kdy to bude možné, vakuovou technologií (pracovní čas je 20,0 min a přípravný čas 0,5 min – nutno převést na hodiny):

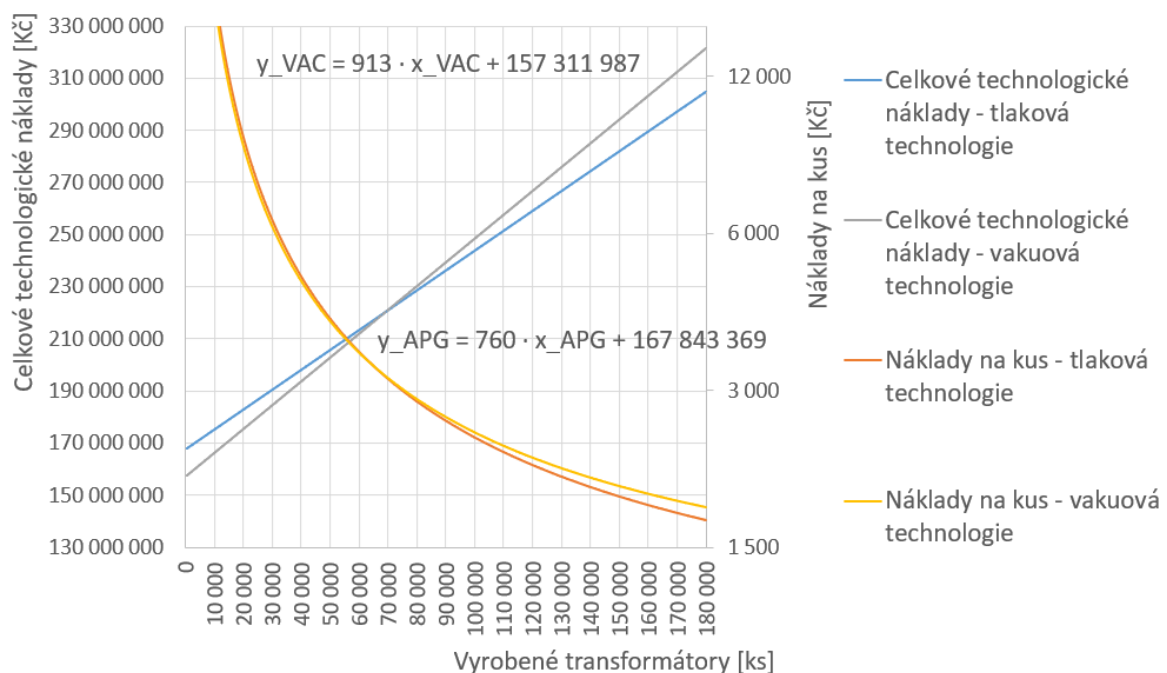
$$\text{Přepočtený pracovní čas tlakové tech.} = \frac{(20,0 + 0,5)}{60} \cdot \frac{8\,001,27}{1\,042,66} = 2,62 \text{ hod}$$

V tomto případě je nutné za technologický strojní čas považovat pouze poměrně přepočtený pracovní čas z druhé technologie a pro čas zbývající do reálného času použít přípravný čas nulového nákladu tak, aby součet časů korespondoval s pracovním časem obsluhy zalévání. Odchytky od plánovaného pokrývání nákladů dle strojních sazeb je pak vhodné sledovat odchylkou reálných nákladů na výrobu od fiktivních vynásobených počtem takto nákladově oceněných transformátorů. Přepočtené pracovní časy technologických zařízení nejsou také použitelné pro výrobní plánování.

### 2.3 Srovnání technologií zalévání

Ke srovnání technologických nákladů byly vyjádřeny celkové vstupní investiční náklady na vybavení technologií v dnešních cenách. Proto se do srovnání nákladovostí technologií již nezapočítávaly odpisy. Aby bylo možné náklady technologií zalévání objektivně srovnat, byl ještě proveden přepočet zjištěných technologických nákladů obou technologií na stejnou výrobní kapacitu. Technologické náklady tlakové technologie se poměrně přepočety na skutečnou kapacitu vakuové technologie.

Do grafu na obr. 41 byly vyneseny takto upravené celkové technologické náklady pro každou z technologií zalévání v závislosti na množství vyrobených transformátorů. Celkové technologické náklady na svislé ose jsou vyznačeny na levé straně grafu. Do grafu na obr. 41 byly dále zaneseny celkové technologické náklady na jeden transformátor podle celkového vyrobeného množství transformátorů každou z technologií zalévání. Celkové technologické náklady na jeden transformátor na svislé ose jsou vyznačeny na pravé straně grafu.



Obr. 41 Grafické znázornění bodu zvratu v hodnotách roku 2022.

Moment protnutí křivek celkových technologických nákladů na obr. 41 se nazývá bod zvratu. Stav bodu zvratu nastane, když se nákladové funkce obou technologií budou rovnat. Z rovnice, kde na každé straně je rovnice pro technologické náklady jedné z technologií, bylo vyjádřeno množství kusů  $x$  a dosazením do jedné z rovnic nákladů technologií byly určeny celkové náklady  $y$ :

$$y_{APG} = y_{VAC}$$

$$760 \cdot x + 167\,843\,369 = 913 \cdot x + 157\,311\,987$$

$$x = \mathbf{68\,833\,ks}$$

$$y = \mathbf{220\,156\,116\,Kč}$$

Z obr. 41 a vypočteného bodu zvratu bylo zjištěno, že celkové technologické náklady jsou při analyzovaném stavu provozu do množství 68 833 zalitých transformátorů nižší pro technologii vakuového zalévání. Po překročení toho množství, při celkových nákladech na jednu z technologií 220 156 116 Kč, jsou nižší celkové technologické náklady na technologii tlakového zalévání. Bod zvratu již byl celkovými realizovanými objemy výroby oběma technologiemi zalévání dosažen. Tlaková technologie je z hlediska všech nákladů

na technologie zalévání při současném stavu přes vyšší počáteční náklady považována po bodu zvratu za technologii výhodnější.

Je ovšem nutné upozornit, že vakuovou technologií se zalévá většina málo poptávaných typů transformátorů a je jí současně primárně prováděno testování při zavádění nového typu transformátoru, což souvisí také s potřebou většího množství forem oproti technologii tlakové. Pořizovací náklady na formy jsou zahrnuty v grafu na obr. 41 do fixní složky nákladů. Pokud by průměrné roční počty zalitých transformátorů stejného typu byly shodné pro obě technologie zalévání, bylo by pro vakuovou technologii potřeba méně forem na počty zalitých transformátorů a bod zvratu v grafu na obr. 41 by nastal výrazně později. Celkové technologické náklady na vyrobený transformátor pak pomůžou například obchodníkům ke stanovení vhodných prodejních cen transformátorů.

Při zavádění výroby nového typu transformátoru je při volbě výrobní technologie nezbytné posuzovat nejen nákladovost technologie zalévání, ale také předpokládané vytížení obou technologií zalévání. Další vliv mají vstupní náklady na testování před zavedením nového typu do výroby nebo množství forem, které bude nutné zakoupit. Zakoupení nových forem je pro firmu významnou položkou v technologických nákladech. Protože se pro předpokládanou produkci daného typu transformátoru požadavky na počet forem pro obě technologie různé, bude v dále posuzován jejich vhodný počet.

Kritérií k určení, jak se v případě daného typu transformátoru zvolí konkrétní technologie zalévání, je v současnosti několik. Nové typy transformátorů se vždy během testování před zavedením do výroby zalévají nejprve vakuovou technologií. Pokud však transformátory zalévané vakuovou technologií nedosahují požadovaných kvalitativních parametrů, testují se dále zaléváním tlakovou technologií. Výsledky testování se srovnávají a podle nich, plánovaného objemu výroby a kapacit technologií je zvolena jedna z technologií zalévání.

Dále byla proto pro zavádění nového typu transformátoru sestavena pomůcka k určení potřebného počtu forem dle technologie a předpokládaného vyráběného množství transformátorů tohoto typu. Technologie zalévání se odlišují svou produktivitou a podle toho požadavkem na počet forem pro dosažení požadované produkce za určité období. Neovlivitelným omezením směnové produkce konkrétního typu transformátoru je v případě tlakového zalévání cyklus licího stroje, v případě vakuové technologie také cyklus forem. Proto byly procesní logikou sestaveny vztahy pro určení, kolik transformátorů stejného typu je možné zalít za pracovní směnu v závislosti na množství zakoupených forem při předpokladu, že bude dostupná kapacita zalévacích zařízení:

- Pro technologii tlakového zalévání:

$$y_{APG} = 8 \cdot \frac{x_{APG}}{6}$$

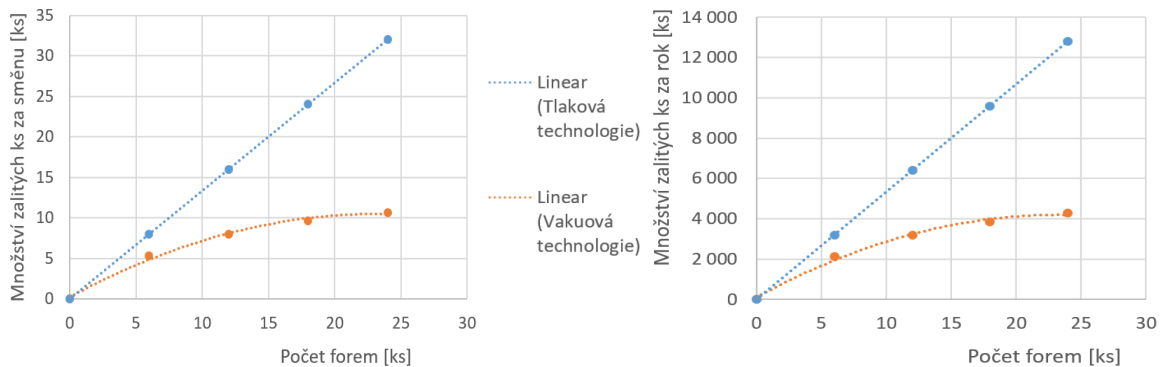
- kde:  $y_{APG}$  – množství transformátorů, které je možné zalít za směnu tlakovou technologií podle dostupných forem [ks],  
 $x_{APG}$  – množství dostupných forem pro daný typ transformátoru pro tlakovou technologii [ks].

- Pro technologii vakuového zalévání:

$$y_{VAC} = \frac{x_{VAC}}{7 + 0,5 \cdot (x_{VAC} - 2)}$$

- kde:  $y_{VAC}$  – množství transformátorů, které je možné zalít za směnu vakuovou technologií podle dostupných forem [ks],  
 $x_{VAC}$  – množství dostupných forem pro daný typ transformátoru pro vakuovou technologii [ks].

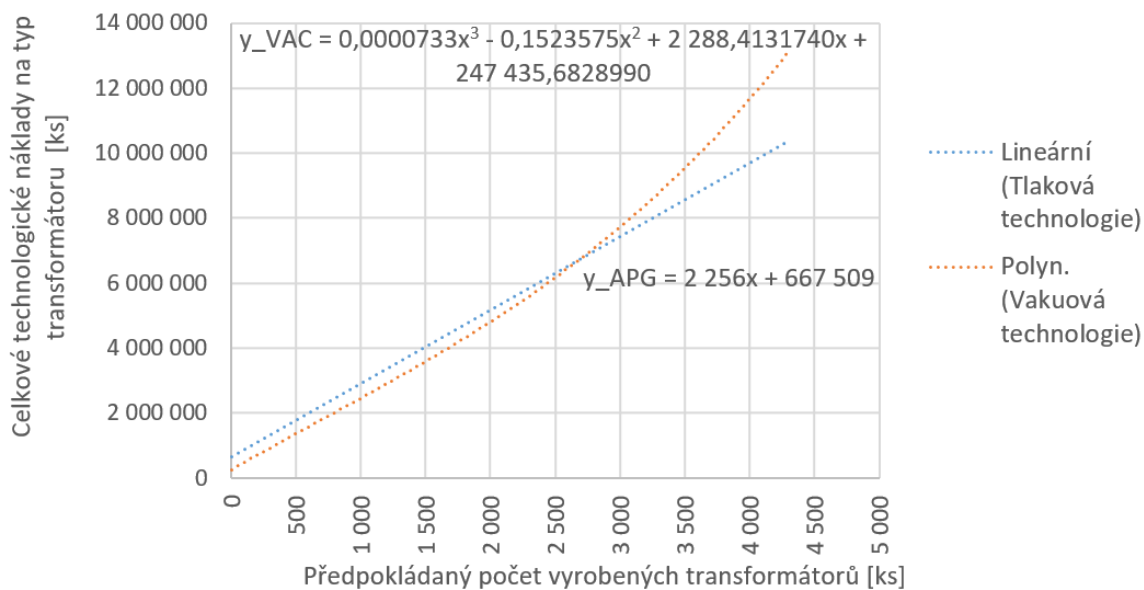
Dosažením do vztahů byl získán průběh růstu počtu zalitých kusů stejného typu za směnu v závislosti na množství forem dle technologie a graficky byl zobrazen na obr. 42 vlevo. Na obr. 42 vpravo je na svislé ose množství zalitých kusů stejného typu pro lepší představu za rok, které bylo získáno pro předpoklad dostupné kapacity během 400 směn za rok. Z obr. 42 je zřejmé, že tlaková technologie je při větším množství forem výrazně produktivnější a u vakuové technologie má více forem stále menší vliv na celkovou produkci. Nutné je však podotknout, že v případě tlakové technologie je nutné pro více než šest forem použít další licí stroj. Na obr. 42 jsou proto násobky šesti forem označeny body. Ceny forem se liší zejména dle typu transformátoru. Pro zjednodušení předběžného kalkulování je doporučeno předpokládat stejnou cenu za formu pro obě technologie zalévání, protože průměry cen již zakoupených forem dle technologií zalévání jsou velmi podobné.



Obr. 42 Graf maximálního počtu zalitých transformátorů stejného typu za směnu (vlevo) a za rok při 400 směnách (vpravo) dle technologie zalévání v závislosti na počtu forem.

Z výše uvedeného vyplývá, že produktivita vakuové technologie klesá s objemem výroby a zároveň je nutné s vyššími objemy výroby zakoupit více forem než pro technologii tlakovou. Proto pro případ, kdy jsou výsledky testování typu transformátoru před zavedením do výroby podobné pro obě technologie zalévání, byl dále vytvořen rozhodovací nástroj ke zvolení technologie zalévání dle jejich technologických nákladů. Porovnálo se, jak se do technologických nákladů zalévání nového typu transformátoru promítají požadavky na odlišné množství forem při různých produktivitách technologií zalévání.

Byly zjištěny celkové technologické náklady technologií zalévání pro rostoucí předpokládaná požadovaná roční množství transformátorů tak, že se jako fixní náklady zahrnují náklady na testování nového typu transformátoru. Do fixních nákladů se také postupně zahrnovaly náklady na formy dle technologie zalévání pro požadovaná roční množství transformátorů. Variabilní náklady se určovaly z časových strojních sazeb technologií zalévání pro průměrné časy zalévání. Strojní sazby technologií zalévání byly stanoveny dříve v tab. 17. Závislost celkových technologických nákladů nového typu transformátoru je zobrazena níže v grafu na obr. 43.



Obr. 43 Bod zvratu technologických nákladů technologií zalévání pro nově zaváděný typ transformátoru.

V grafu na obr. 43 s rostoucím předpokládaným požadovaným ročním množstvím transformátorů zaváděného typu neúměrně rostou celkové technologické náklady vakuové technologie. To je způsobeno neúměrně rostoucí potřebou forem se snižující se produktivitou vakuové technologie viz obr. 42. Bod zvratu nákladů na technologie zalévání nastal přibližně u požadovaného ročního množství 2750 transformátorů nového typu, které odpovídá pro vakuovou technologii potřebě pořízení devíti forem a pro tlakovou technologii potřebě šesti forem.

Proto, pokud jsou výsledky testování nového typu transformátoru před zavedením do výroby podobné, doporučuje se z pohledu nákladů na technologie zalévání zvolit do požadovaného ročního množství 2750 transformátorů tohoto typu technologii vakuového zalévání. Pro předpoklady vyššího ročního množství transformátorů nového typu se doporučuje zvolit technologii tlakového zalévání. Při volbě technologie zalévání je ovšem důležité také zohlednit, zda jednotlivé technologie zalévání disponují odpovídající nevyužitou výrobní kapacitou.

## ZÁVĚR

V této práci byla provedena technologicko-ekonomická analýza provozu zalévání přístrojových transformátorů a senzorů ve společnosti ABB s. r. o. Nejprve byl popsán celý průběh výroby přístrojových transformátorů a senzorů a vymezilo se, v jakých prostorách výrobního komplexu probíhají analyzované procesy technologií zalévání. Detailněji byly charakterizovány jednotlivé operace a specifika zalévání přístrojových transformátorů a senzorů podle využívaných technologií zalévání, kterými jsou technologie zalévání ve vakuu a technologie zalévání za zvýšeného tlaku.

Pro technologie zalévání byly zjištěny jednotlivé příčiny vzniku technologických nákladů. Posuzovanými příčinami vzniku technologických nákladů byly energie, neshodná výroba, kvalita povrchu izolace, odpisy zařízení a forem, údržba zařízení včetně oprav, úklidové služby, nájmy včetně licenčních poplatků a mzdy. Pro každou technologii zalévání byly určovány závislosti výše nákladů vzniklých těmito příčinami na množství přístrojových transformátorů a senzorů vyrobených danou technologií zalévání za roční období. K určení vztahů mezi výší nákladů a množstvím přístrojových transformátorů a senzorů vyrobených danou technologií zalévání bylo využito výpočtu nebo kvalifikovaného odhadu fixních složek a variabilních složek nákladů. Získaná a používaná data a výsledky byly podloženy vhodnou statistikou.

Pro analyzovaný provoz zalévání bylo při jeho současném stavu zjištěno, že pro technologii zalévání ve vakuu jsou vzhledem k technologii zalévání za zvýšeného tlaku výrazně vyšší zejména náklady na neshodnou výrobu a na dosažení požadované kvality povrchu izolace zalitých transformátorů v přepočtu na vyrobený transformátor. Pro technologii zalévání za zvýšeného tlaku jsou pak vzhledem k technologii zalévání ve vakuu vyšší zejména náklady na technologické vybavení, resp. odpisy, v přepočtu na vyrobený transformátor.

Pro jednotlivé příčiny vzniku technologických nákladů byl vyčíslován odhad nákladů pro rok 2023 a jejich součtem byl získán odhad celkových technologických nákladů pro rok 2023 pro každou z technologií zalévání. Poté byla vypočítaná hodinová strojní sazba, podle které budou jednotlivé transformátory konkrétního typu pokrývat celkové roční fixní a variabilní technologické náklady každé z technologií zalévání. Dále byl určen bod zvratu všech technologických nákladů obou technologií zalévání pro shodné maximální výrobní kapacity. Vyplyvá z něj, že celkové technologické náklady jsou za současného stavu do množství 68 833 zalitých transformátorů nižší pro technologii vakuového zalévání. Tlaková technologie z hlediska všech nákladů na technologie zalévání dosahuje při současném stavu přes vyšší počáteční náklady po překročení bodu zvratu nižších celkových technologických nákladů. Dále zjištěná závislost množství vyrobených transformátorů na výši celkových technologických nákladů na vyrobený transformátor pomůže například obchodníkům ke stanovení vhodných prodejních cen transformátorů.

Při analýze se zjistilo, že produktivita technologie zalévání ve vakuu oproti technologii zalévání za zvýšeného tlaku pro jeden typ transformátoru výrazně klesá s počtem dostupných forem pro jednotlivé technologie. Protože při zavádění nového typu transformátoru do výroby vznikají vysoké investiční náklady právě na formy, byl vytvořen nástroj k určení množství forem. Dále byl určen nástroj k volbě technologie zalévání nového typu transformátoru při podobných výsledcích testování tohoto typu transformátoru. Na základě predikce ročního množství vyrobených transformátorů nového typu transformátoru nastal bod zvratu technologických nákladů přibližně při 2750 transformátorech. Do množství bodu zvratu je z pohledu nákladů na technologie zalévání výhodnější zvolit technologii vakuového zalévání a po překročení bodu zvratu technologii tlakového zalévání. Byly tak splněny všechny cíle této práce a její výsledky bude možné společností prakticky použít.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. HORNGREN, Charles a kol. *Introduction to Management Accounting*. 16th ed. Upper Saddle River: Person Prentice Hall, 2014. ISBN 978-0-13-305878-9.
2. ČECHOVÁ, Alena. *Manažerské účetnictví*. 2. aktualizované a rozšíření vyd. Brno: Computer Press, 2011, 194 s. ISBN 978-80-251-2831-2.
3. CIUHUREANU, Alina-Teodora. *The dualism of the accounting activity of the company. Characteristic of the managerial accounting and implications in the management of the company*. Annals of the University of Petroșani. Economics [online]. Petrosani: University of Petrosani, Faculty of Sciences, 2012, 93-104 s. [cit. 2023-03-04]. ISSN 1582-5949. Dostupné z: <https://web-s-ebcohost-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=f59f8eb4-716a-47ad-9c06-6d8bf4547427%40redis>.
4. LANDA, Martin. *Základy účetnictví*. 2. upravené vyd. Ostrava: Key Publishing, 2011, 254 s. ISBN 978-80-7418-117-7.
5. FIBÍROVÁ, Jana, ŠOLJAKOVÁ, Libuše, WAGNER, Jaroslav a PETERA, Petr. *Manažerské účetnictví: nástroje a metody*. 3. upravené vyd. Praha: Wolters Kluwer, 2020, 414 s. ISBN 978-80-7598-885-0.
6. HRADECKÝ, Mojmír, LANČA, Jiří a ŠIŠKA, Ladislav. *Manažerské účetnictví*. Praha: Grada, 2008, 259 s. ISBN 978-80-247-2471-3.
7. LAZAR, Jaromír. *Manažerské účetnictví a controlling*. Praha: Grada, 2012, 271 s. ISBN 978-80-247-4133-8.
8. VYSKOČIL, Vlastimil K. a ŠTRUP, Ondřej. *Podpůrné procesy a snižování režijních nákladů: (facility management)*. Praha: Professional Publishing, 2003, 288 s. ISBN 80-86419-45-2.
9. LANG, Helmut. *Manažerské účetnictví: teorie a praxe*. Praha: C. H. Beck, 2005, 216 s. ISBN 80-7179-419-8.
10. MYŠKOVÁ, Renáta. *Vliv členění nákladů na provozní hospodářský výsledek v malých a středních firmách* [online]. Univerzita Pardubice, 2000 [cit. 2023-05-10]. ISSN 1211-555X.
11. POPESKO, Boris a PAPADAKI, Šárka. *Moderní metody řízení nákladů: Jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení*. 2. aktualizované a rozšířené vyd. Praha: Grada Publishing, 2016, 263 s. ISBN 978-80-247-5773-5.
12. SYNEK, Miloslav a KISLINGEROVÁ, Eva. *Podniková ekonomika*. 6. přepracované a doplněné vyd. V Praze: C.H. Beck, 2015, 526 s. ISBN 978-80-7400-274-8.
13. KRÁL, Bohumil. *Manažerské účetnictví*. 4. rozšířené a aktualizované vydání. Praha: Management Press, 2018, 791 s. ISBN 978-80-7261-568-1.
14. TAUŠL PROCHÁZKOVÁ, Petra a JELÍNKOVÁ, Eva. *Podniková ekonomika - klíčové oblasti*. Praha: Grada Publishing, 2018, 255 s. ISBN 978-80-271-0689-9.
15. PATRICK, A. W. *Burden Rates-Machine Hours versus Direct Labor Hours*. *The Accounting review* [online]. American Accounting Association, 1961, s. 645-647 [cit. 2023-05-18]. ISSN 0001-4826.
16. DOLEŽAL, Jan. *Projektový management*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 2023, 426 s. ISBN 978-80-271-3619-3.
17. OGEROVÁ, Brigitte a FIBÍROVÁ, Jana. *Řízení nákladů*. Praha: HZ Editio, 1998, 155 s. ISBN 80-86009-24-6.
18. SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 3. přepracované a aktualizované vydání. Praha: Grada, 2003, 466 s. ISBN 80-247-0515-X.

19. HINDLS, Richard. *Statistika pro ekonomy*. 8. vydání. Praha: Professional Publishing, 2007, 415 s. ISBN 978-80-86946-43-6.
20. HINDLS, Richard, ARLTOVÁ, Markéta, HRONOVÁ, Stanislava, MALÁ, Ivana, MAREK, Luboš, PECÁKOVÁ, Iva a ŘEZANKOVÁ, Hana. *Statistika v ekonomii*. Průhonice: Professional Publishing, 2018, 395 s. ISBN 978-80-88260-09-7.
21. MAREK, Luboš a kol. *Statistika pro ekonomy: aplikace*. 2. vydání. Praha: Professional Publishing, 2007, 485 s. ISBN 978-80-86946-40-5.
22. DUCHOŇ, Bedřich. *Inženýrská ekonomika*. Praha: C. H. Beck, 2007, 288 s. ISBN 978-80-7179-763-0.
23. HRADECKÝ, Mojmír a KRÁL, Bohumil. *Řízení režijních nákladů*. Praha: Prospektrum, 1995, 100 s. ISBN 80-7175-025-5.
24. ABB Review. *Rogowski coil current sensors for arc flash detection* [online]. ABB s. r. o., 25.05.2021 [cit. 27.3.2023]. Dostupné z: <https://new.abb.com/news/detail/78554/rogowski-coil-current-sensors-for-arc-flash-detection>.
25. PETROV, Georgij Nikolajevič. *Elektrické stroje 1: Úvod – transformátory*. 1. vydání. Praha: Academia, 1980, 385 s. ISBN 21-045-80.
26. DVOŘÁK, Miloš a KOPEČEK, Jan. *Přístrojové transformátory měřicí a jistící*. 1. vydání. Praha: Academia, 1966, 491 s. ISBN neznámé.
27. MAJLING, Eduard. *Transformátory – základní vlastnosti a dělení* [online]. OM Solutions s. r. o. [cit. 25.4.2023]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/transformator-zakladni-vlastnosti-a-deleni>.
28. KUTA, Antonín. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. Praha: VŠCHT, 1999, 203 s. ISBN 80-7080-367-3.
29. PAVEKO REGULAČNÍ TECHNIKA. *MEW-01 | Zařízení pro měření spotřeby elektřiny s Wi-Fi / vnější anténa / 3 fáze / 100 A* [online]. PAVEKO, spol. s. r. o. [cit. 27.3.2023]. Dostupné z: <https://eshop.peveko.cz/mew-01-zarizeni-pro-mereni-spotreby-elekriny-s-wi-fi-vnejsi-antena-3-faze-100-a/>.
30. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Ceny výrobců – časové řady* [online]. Český statistický úřad, 15.03.2023 [cit. 01.04.2023]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/ipc\\_cr](https://www.czso.cz/csu/czso/ipc_cr).