



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav strojírenské technologie**

**Energie v povrchových úpravách**

**Energy in surface treatments**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2017**

**Tomáš VÍTEK**

**Studijní program:** Výroba a ekonomika ve strojírenství  
**Studijní obor:** Technologie, materiály a ekonomika strojírenství  
**Vedoucí práce:** doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc  
**Konzultant:** ing. Jiří Kuchař

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vítek** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **408971**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Energie v povrchových úpravách**

Název bakalářské práce anglicky:

**Energy in surface treatments**

Pokyny pro vypracování:

1. Zdroje energie
2. Možné úspory energií
3. Experimentální ověření návrhu úspory

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**doc. Ing. Viktor Kreibich CSc., ústav strojírenské technologie FS**

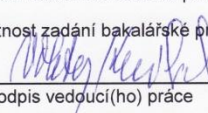
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

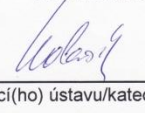
**Ing. Jiří Kuchař, ústav strojírenské technologie FS**

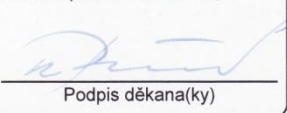
Datum zadání bakalářské práce: **26.04.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.08.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **10.08.2017**

  
Podpis vedoucí(ho) práce

  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

9. 5. 2017

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

**Prohlášení o samostatném zpracování bakalářské práce:**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne:.....

Podpis:.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Viktrou Kreibichovi, CSc. za vedení, odbornou pomoc a připomínky při vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Kuchařovi za odborné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

**Anotace:**

Bakalářská práce se zabývá problematikou zvyšujících se cen za energii a snižování zásob neobnovitelných zdrojů. Tato práce obsahuje využití obnovitelných zdrojů namísto neobnovitelných zdrojů. Dále obsahuje specifické úspory energie pro technologii povrchové úpravy. Práce zahrnuje experimentální část, která se zabývá, jak velký vliv na úsporu energie má izolace u lázně.

**Klíčová slova:**

Energie, povrchové úpravy, úspory, lakování, snížení nákladů, sušení, tryskání, odpadní teplo

**Annotation:**

This bachelor thesis delves into the problem of increasing prices of energies accompanied by decreasing stocks of unrenovable source of energy. The paper suggests using different renewable sources of energy to replace the unrenovable sources. It determines energy savings in case of surface treatments and examines the importance of insulation.

**Key words:**

Energy, Surface treatments, savings, coating, cost reduction, drying, casting, waste heat

Seznam použitých zkratk a symbolů:

| <u>Symbol</u>                  | <u>Jednotka</u> | <u>Význam</u>   |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | -               | Oxid křemičitý  |
| TiO <sub>2</sub>               | -               | Oxid titaničitý |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | -               | Oxid hlinitý    |
| CO                             | -               | Oxid uhelnatý   |
| CO <sub>2</sub>                | -               | Oxid uhličitý   |
| H <sub>2</sub> O               | -               | Voda            |
| Fe                             | -               | Železo          |
| Mn                             | -               | Mangan          |

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| Úvod .....  | 10 |
| 1 Úvod do tematiky týkající se energie.....                               | 11 |
| 1.1 Co je energie.....  | 11 |
| 1.2 Druhy energií.....  | 11 |
| 1.3 Problémy v souvislosti s energií.....                                 | 13 |
| 1.4 Spotřeba energie .....  | 13 |
| 1.5 Energie a výkon.....  | 15 |
| 2 Zdroje energie .....  | 15 |
| 2.1 Problémy spojené s neobnovitelnými zdroji energie.....                | 17 |
| 2.2 Obnovitelná energie .....   | 18 |
| 2.3 Využití obnovitelných zdrojů energie v průmyslu .....                 | 18 |
| 2.3.1 Hydro (vodní energie).....  | 18 |
| 2.3.2 Větrná energie.....   | 18 |
| 2.3.3 Geotermální energie.....  | 19 |
| 2.3.4 Energie mořských vln a přílivových nebo odlivových proudů .....     | 19 |
| 2.3.5 Solární energie .....   | 20 |
| 2.3.6 Odpadní materiál jako zdroj energie .....                           | 20 |
| 2.3.7 Biomasa .....   | 20 |
| 3 Přeměna energie a její využití v průmyslu.....                          | 22 |
| 3.1 Přeměna energie .....   | 22 |
| 3.1.1 Druhy energie a nositelů energie.....                               | 22 |
| 3.1.2 Výroba paliv.....   | 23 |
| 3.1.3 Výroba elektřiny .....  | 24 |
| 3.1.4 Elektrárny na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (teplárny)..... | 24 |
| 3.1.5 Elektrárny s paroplynovým cyklem .....                              | 25 |
| 3.2 Konečné použití energie v průmyslu.....                               | 26 |
| 3.2.1 Provoz kotlů.....   | 27 |
| 3.2.2 Kapaliny pro vytápění a chlazení.....                               | 29 |
| 3.2.3 Stlačený vzduch .....   | 29 |
| 4 Využívání odpadního tepla .....   | 31 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.1   | Technologie pro využívání odpadního tepla .....                   | 32 |
| 4.1.1 | Tepelná čerpadla .....  | 32 |
| 4.1.2 | Stirlingův cyklus .....   | 33 |
| 4.1.3 | Organický Rankinův cyklus .....                                   | 33 |
| 4.1.4 | Kalinův cyklus .....  | 34 |
| 4.1.5 | Plynová turbína s externím spalováním .....                       | 34 |
| 5     | Úspory energie v povrchových úpravách.....                        | 35 |
| 5.1   | Příklad úspor v žárovém zinkování při palivovém řešení.....       | 35 |
| 5.2   | Nesmáčivé povrchové úpravy .....                                  | 36 |
| 5.3   | Pomocí nanotechnologie .....                                      | 36 |
| 5.3.1 | Nanotechnologie v předúpravách povrchů.....                       | 37 |
| 5.3.2 | Nanotechnologie v oblasti nátěrů.....                             | 37 |
| 5.4   | Úspory energií v sušení .....                                     | 39 |
| 5.4.1 | Infračervené pece jako alternativa plynových horkovzdušných ..... | 39 |
| 5.4.2 | Sušení laku pomocí funkční keramiky .....                         | 39 |
| 5.4.3 | Sušení vodou ředitelných nátěrových hmot .....                    | 40 |
| 5.5   | UV Stop systém.....   | 41 |
| 5.6   | IR Stop systém .....  | 41 |
| 5.7   | Pomocí sekcionální ventilace .....                                | 41 |
| 5.8   | Nový systém využívající cirkulaci vzduchu od ABB.....             | 42 |
| 5.9   | Nízkoteplotní odmaštění před galvanizací .....                    | 43 |
| 5.10  | Manganofosfátování jako náhrada černění.....                      | 45 |
| 5.11  | Využití odpadního tepla pro ohřev agregátů lakovny.....           | 47 |
| 5.12  | Úspory energie na lakovně pomocí tepelných čerpadel .....         | 50 |
| 5.13  | Úspory energie v předúpravě v lakování .....                      | 50 |
| 5.14  | Úspory díky řídicímu systému .....                                | 51 |
| 5.15  | Použití LED osvětlení jako alternativa zářivky .....              | 51 |
| 5.16  | Vytápění s odpady z barev a plastů .....                          | 52 |
| 6     | Experimentální část.....  | 53 |
| 6.1   | Úvod do experimentální části.....                                 | 53 |
| 6.2   | Měření č. 1 .....   | 53 |



|            |                          |    |
|------------|--------------------------|----|
| 6.3        | Měření č. 2 .....        | 54 |
| 6.4        | Měření č. 3 .....        | 54 |
| 6.5        | Měření č. 4 .....        | 55 |
| 6.6        | Měření č. 5 .....        | 56 |
| 6.7        | Měření č. 6 .....        | 56 |
| 6.8        | Souhrn experimentu ..... | 57 |
| 6.9        | Závěr experimentu.....   | 60 |
| Závěr..... |                          | 61 |

# Úvod

Cena energie neustále roste, protože zásoby neobnovitelných zdrojů, které lidstvo nejvíce využívá (ropa, zemní plyn) se ztenčují. Na toto musí celý průmysl reagovat a výjimkou tomu není ani technologie povrchových úprav, kde náklady na energii jsou vysoké a právě na toto je tato práce zaměřena.

Začátek práce seznamuje s problematikou energie, kde je vysvětleno, co je to energie a jaké existují druhy zdroje energie. Dále tato práce pojednává o obnovitelných zdrojích energie, díky kterým může firma částečně nebo v některých případech i zcela úplně nahradit neobnovitelné zdroje energie. Pokud obnovitelné zdroje jdou použít obecně v průmyslu, pak by neměl být problém, je využít ani v technologii povrchových úprav jako třeba solární, větrnou a vodní energii či biomasu.

Předposlední část práce popisuje úspory energií přímo v technologii povrchových úprav. Tyto úspory jsou většinou umožněny vývojem nové technologie, která není tak energeticky náročná nebo jsou způsobeny využitím vzniklého odpadního tepla. Tato část obsahuje příklad úspory energie v žárovém zinkování, při použití zemního plynu a černého uhlí. Seznamuje nás také s novou technologií laků, novými systémy sušení a ventilací, nebo s nanotechnologií.

Poslední část je experimentální část. Experimentální část je zaměřena na úsporu energie pomocí izolace. Únik tepla by měl být minimální a lázeň by se měla rychleji ohřívat a tím se snížit spotřeba energie.

# 1 Úvod do tematiky týkající se energie

## 1.1 Co je energie

Pojem energie, který je běžně používán, nelze přesně definovat. Často se uvádí definice, že energie je schopnost fyzikální soustavy konat práci, ale při hlubším rozboru tato definice neobstojí. Tvzení, že energie je „práceschnopnost“ vylučuje už druhý zákon termodynamiky, který uvádí, že nelze sestavit periodicky pracující stroj, který by ochlazoval zdroj tepla a teplo získané by měnil v ekvivalentní množství práce. Z toho důvod se většinou od její „přesné“ definici v odborné literatuře upouští.

Nejlepší bude energii definovat jako veličinu charakterizující stav určité soustavy. Je-li tato soustava hmotná, vyplývá pak z teorie relativit vztah mezi hmotou a energií dle Einsteinova vztahu [1].

$$E = m \cdot c^2$$

Celková energie v izolované soustavě je součtem všech jejích druhů.

Jednotlivé energie jsou již lépe definovatelné a mezi nejčastěji uváděnými druhy jsou [1]:

- Tepelná energie
- Mechanická energie
- Elektrická energie
- Chemická energie
- Jaderná energie
- Zářivá energie
- Vnější energie

## 1.2 Druhy energií

### Tepelná energie

Stavová veličina musí být chápána pouze jako energie vnitřní a měla by být správně, tak i nazývána. Někde se uvádí, že je to tzv. mikrokinetická energie, neboť je spojená s rychlostí pohybu molekul v hmotné soustavě. Určuje se jako součin hmotnosti, měrného tepla a absolutní teploty [1].

### **Mechanická energie**

Vyskytuje se ve dvou formách, které bývají většinou uváděny i samostatně. Jedná se o potenciální (polohovou) a energii kinetickou (pohybovou) [1].

### **Elektrická energie**

Stavová veličina musí být chápána jako energie elektrostatického a magnetického pole, která vzniká v okolí pohybujících se nábojů [1].

### **Chemická energie**

Uvolňuje se nebo absorbuje při chemických reakcích, při nichž dochází k přeskupování atomů. Ze kterých jsou složeny molekuly různých sloučenin. Při chemických reakcích mezi sebou nereagují neutrální atomy, ale ionty, tj. atomy se záporným či kladným nábojem. Chemické sloučeniny jsou tedy povahy elektrické. Uvolněná chemická energie se rovná práci vykonané těmito elektrickými silami. Lze ji tedy chápat jako část energie měnící se na jiné druhy energie při chemických reakcích [1].

### **Jaderná**

Neboli také atomová energie, která se uvolňuje při jaderných reakcích pomocí změn vazebních sil v jádře atomu. Množství uvolněné energie je ekvivalentní úbytku hmotnosti podle již uvedeného Einsteinova vztahu. Při uvolnění dochází ke štěpení velmi těžkých jader na lehčí nebo při slučování velmi lehkých na těžší [1].

### **Zářivá**

Je to ve své podstatě energie elektromagnetického záření, která se uvolňuje ze zářivého tělesa při emisi kvant záření. Je charakterizována Planckovou konstantou a frekvencí záření. Zářivá energie se projevuje jako elektromagnetické vlny nejrůznějších vlnových délek od rentgenového záření, přes viditelné, ultrafialové a infračervené záření až k radiovým vlnám [1].

### **Vnější**

Definuje se pro stlačené látky, čímž jsou myšleny převážně páry a plyny a jejich hodnota se určuje jako součin tlaku a objem hmotné soustavy. U kapalin je měrný objem v relativně velkém rozsahu tlaků konstantní, takže se o vnější energii přímo nehovoří, ale bývá pro tento druh energie používán raději pojem energie tlaková. U tuhých látek se vnější energie přímo nedefinuje. Lze si ale představit obdobný druh energie projevující se například jako pružná deformace tělesa, ve kterém se tímto zvyšuje mechanické napětí, snižuje se objem atd [1].

### 1.3 Problémy v souvislosti s energií

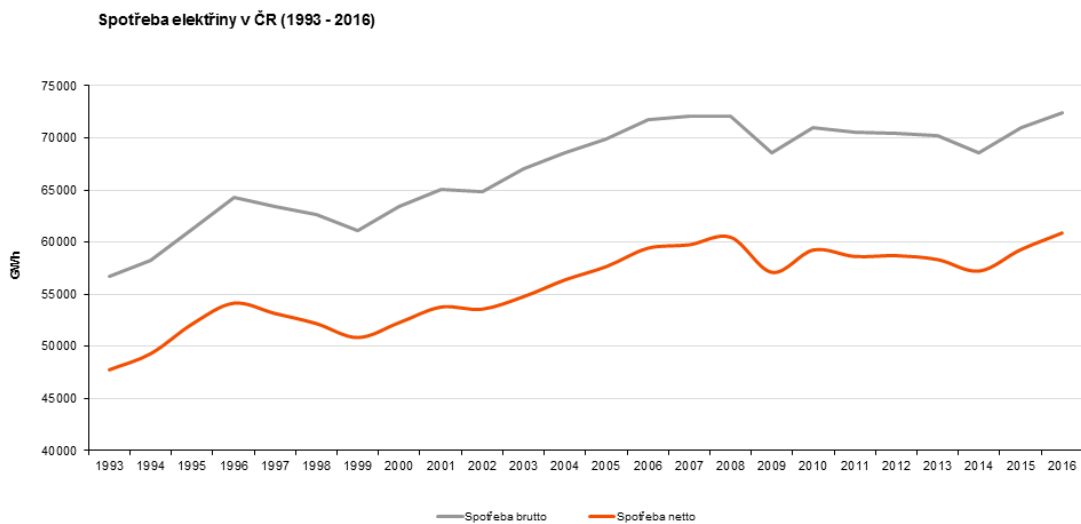
Při výrobě energie z fosilních paliv vznikají emise a ty jsou hlavní příčinou změny klimatu. Používání těchto paliv a jejich těžba má za následek znečištění a musíme mít na paměti, že zdroje těchto fosilních paliv ubývají. Z toho plyne, že v současné době je velmi důležité zabezpečení dodávek těchto fosilních paliv – jsme značně závislí zejména na uhlí a ropě.

Nejefektivnějším způsobem, jak snížit toto poškozování naší planety je implementace k energetické efektivnosti a k využívání obnovitelných zdroj energie. Toto je důležité jak v průmyslu, obchodě, ale i v každodenním životě. Energetická efektivnost nebo naprostá soběstačnost pomocí využívání obnovitelných zdrojů energie povedou ke zlepšení životního prostředí, ale mohou i zvýšit obchodní ziskovost. Lepší obchodní ziskovost vzniká díky snížení nákladu na energie a celkovým zvýšením efektivnosti výroby [2].

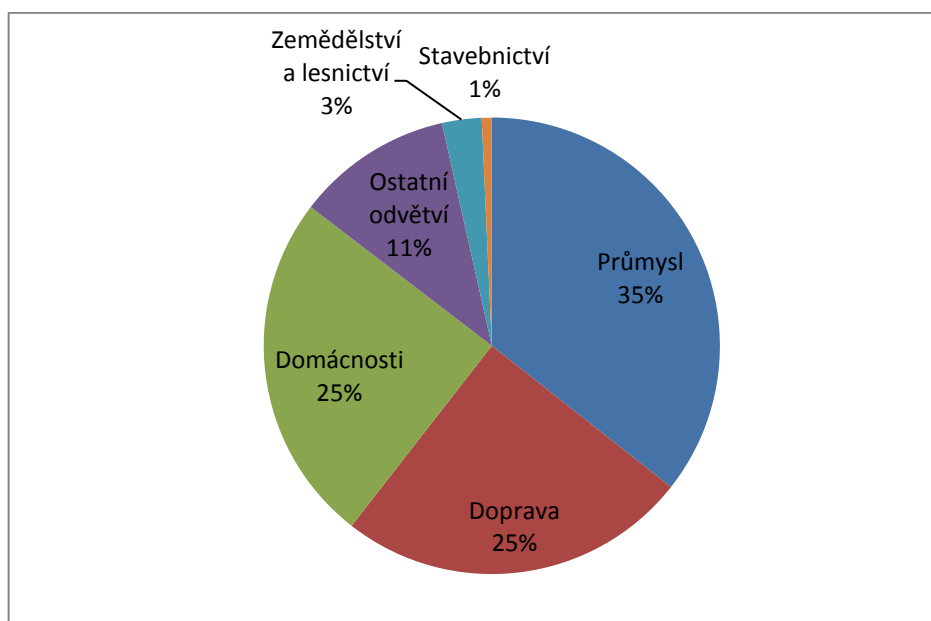
### 1.4 Spotřeba energie

Mezinárodní energetická agentura International Energy Agency (IEA) udává, že světová spotřeba energie bude stoupat průměrně o 2% ročně. Při takovém růstu se spotřeba energie každých 35 let zdvojnásobí světová spotřeba energie. Spotřeba energie přímo souvisí s ekonomickou výkonností. Avšak existuje rozdíl mezi spotřebou energie ve vysoce rozvinutých zemích a chudších zemích. USA spotřebují 25% světové energie. Průměrný obyvatel USA spotřebují 57 krát více energie než průměrný obyvatel Bangladéše [2].

Spotřeba energie v ČR stoupá (Obr. 1). Je to zapříčiněno tím, že český průmysl je na vzestupu a ten je největším spotřebitelem energie v ČR. Druhým největším spotřebitelem energie v ČR je doprava a třetí pozici zastává domácnosti (Obr. 2)



Obr. 1: Spotřeba elektřiny v ČR (1993 – 2016). [33]



Obr. 2: Spotřeba energie v ČR podle sektorů v roce. [2]

## 1.5 Energie a výkon

Výkon lze definovat jako množství vykonané práce nebo přeměněné energie z jedné formy na druhou, např. z elektrické na mechanickou energii v elektromotoru nebo z tepelné energie na mechanickou energii [2].

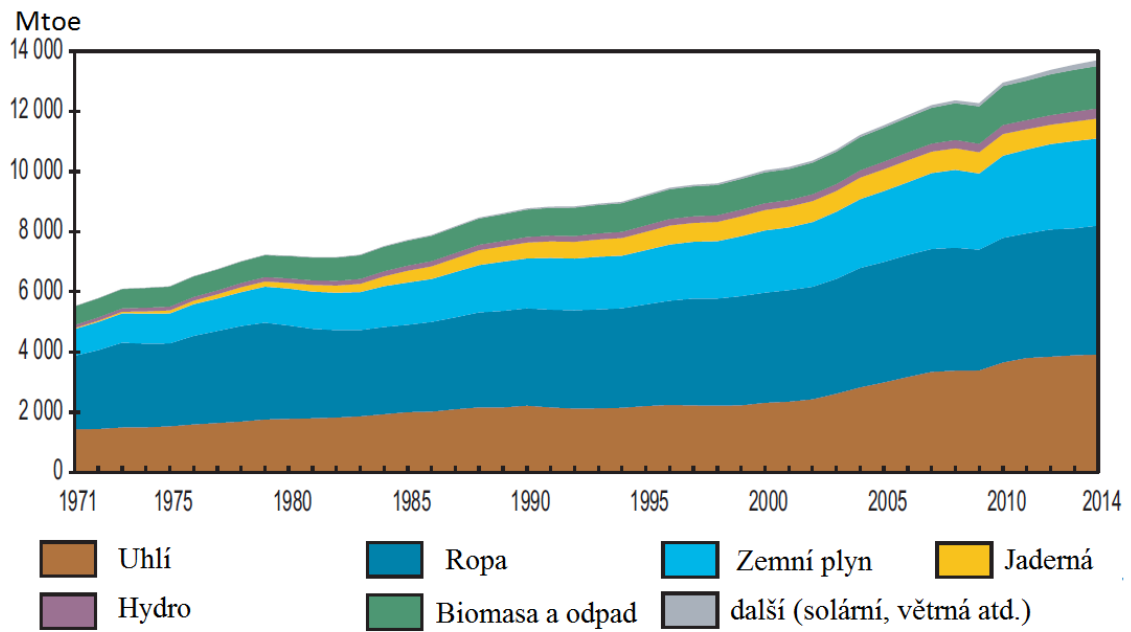
- **Joule [J]** – Joule je jednotka pro měření energie. Vzhledem k tomu, že energie je schopnost hmoty konat práci, jeden Joule představuje práci vykonanou při působení síly 1 newtonu na dráze 1 metru ve směru síly [2].
- **Watt [W]** – Watt je jednotka výkonu, jde o výkon, při kterém se vykoná práce 1 joulu za 1 sekundu [2].

## 2 Zdroje energie

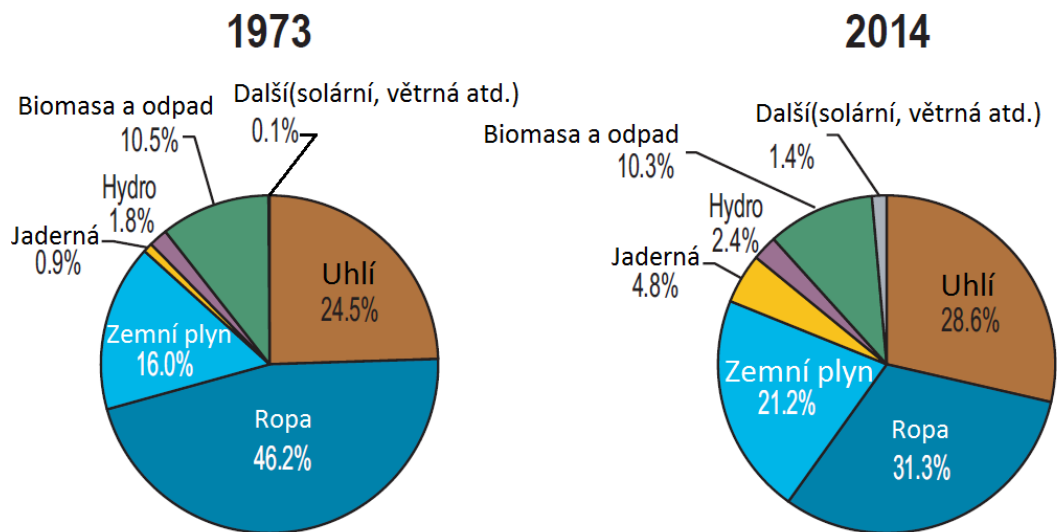
Primární energie je taková energie, která neprošla ještě žádným procesem přeměny nebo úpravy. Primární energie je obsažena v neobnovitelných zdrojích, např. surová ropa, uhlí, zemní plyn, uran, ale je obsažena i v obnovitelných zdrojích, např. větrná, solární, vodní, geotermální [2].

V uplynulých 40 letech došlo k celkovému nárůstu spotřeby energie (Obr. 3). Na tomto nárůstu se větší měrou podílí jaderná energie a zemní plyn, naopak se snížilo využívání ropy. V posledních letech se podíl fosilních paliv na celkové spotřebě energie snížil přibližně ze 70,7 % na 59,9 % (Obr. 4). Během prvních 10 let se snížilo využívání uhlí na výrobu elektřiny, díky tomu, že se začal v širší míře používat plyn na výrobu elektřiny a tím se snížili i emise vypouštěné do ovzduší.

Různé země samozřejmě spotřebují různé množství primární energie a to v závislosti na klimatických podmínkách, počtu obyvatel, energetické náročnosti svého průmyslu atd. Zajímavý přehled lze získat díky prozkoumání skladby energetických zdrojů v různých zemích. Podle údajů z roku 2014 na 81,1 % energie spotřebované ve světě podílela z 31,3 % ropa, 28,6 % uhlí, 21,2 % zemní plyn.



Obr. 3: Světové dodávky primární energie od roku 1971 do roku 2014. [4]



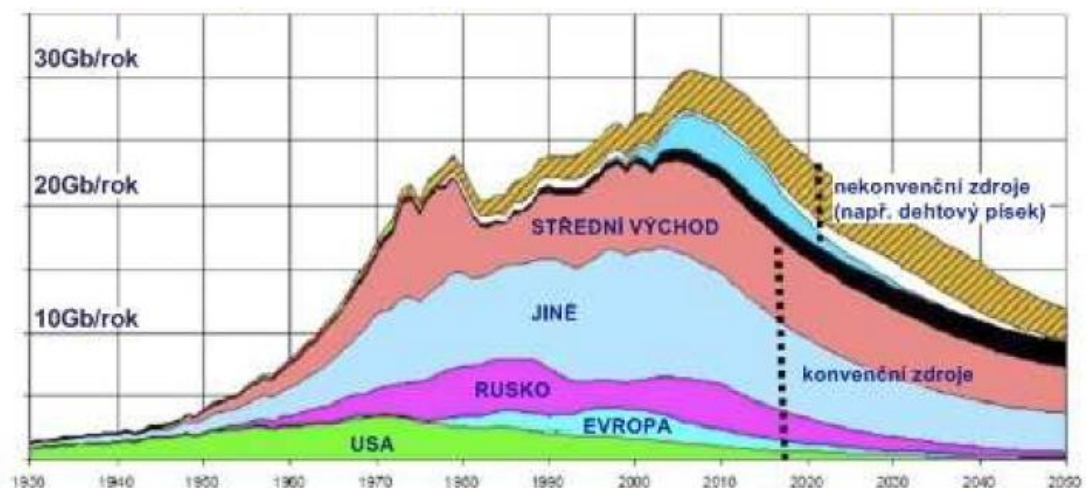
Obr. 4: Srovnání spotřeby primární energie - dle paliv. [4]



## 2.1 Problémy spojené s neobnovitelnými zdroji energie

Při spalování fosilních paliv, se produkuje oxid uhličitý a tím velkou mírou přispíváme ke změně klimatu. K tomu však v závislosti na podmínkách spalování, používaném zařízení na čištění spalin a hlavně na složení paliv, produkujeme plyny a kouře, které způsobují kyselé deště. Všechny tyto problémy ovlivňují negativně naši planetu, a proto je hlavní cílem budoucnosti zvýšení efektivity a intenzivní využívání energie z obnovitelných zdrojů [2].

Podle současných odhadů odhadu dodávek, nastane ropný vrchol v roce 2020 při množství 93 milionu barelů za den (mdb). Současná roční spotřeba ropy je 31,1 bilionu barelů, čili 85 mbd. Existují však názory, že jsme již ropného vrcholu dosáhli a nově objevené zdroje již nejsou dostačující, protože poptávka je stále více a více stoupající a nedokáže ji již dostatečně uspokojit [3].



Obr. 5: Světová produkce ropy v závislosti na čase. [2]

Vrcholek grafu (Obr. 5) představuje střed celosvětové produkce uhlovodíku.

V roce 1956 Marion King Hubbert, geolog pro Shell Oil předpovídal, že vrchol produkce ropy ve Spojených státech nastane v roce 1960. Za tuto předpověď se stal terčem posměchu, ze strany zástupců většiny průmyslových odvětví, nakonec se však ukázalo, že jeho odhad byl správný. Byl první, kdo tvrdil, že objevení a tudíž produkce ropy bude po dobu svého trvání sledovat Gaussovou křivku (Obr. 5). Po své úspěšné předpovědi vrcholné těžby ropy ve Spojených státech začala být tato analýza označována jako Hubbertův vrchol (Hubbertš Peak) [3].

## 2.2 Obnovitelná energie

Podle Mezinárodní energetické agentury činil podíl z energie z obnovitelných zdrojů v roce 2014 14,1 % na celkové světové dodávce primární energie. Hlavní zdroje tvořila biomasa se 73,05 % a hydro (vodní energie) s 17,02 %. Zbýlých 9,93 % tvoří tzv. „nové“ obnovitelné zdroje kam spadá větrná energie, solární energie a příliv a doliv. Výzkum Mezinárodní energetické agentury říká, že do roku 2030 podíl obnovitelných zdrojů energie zůstane na úrovni okolo 14 % globální spotřeby energie [4].

## 2.3 Využití obnovitelných zdrojů energie v průmyslu

Jednotlivé zdroje energie se dají aplikovat přímo ve výrobním závodě. Když fungují jinde, není problém použít tyto zdroje v technologii povrchových úprav.

### 2.3.1 Hydro (vodní energie)

První ukázkou využití obnovitelných zdrojů pomocí vody byly vodní mlýny, pracující tak, že se energie proudící vody zadrží a využije k pohonu kola a soustrojí napojené na kolo. Později se tento způsob stal běžnou praxí na výrobu elektřiny. Přečerpávací vodní elektrárna umožňuje shromažďování elektřiny v době, kdy je jí nadbytek a její vrácení do sítě v době, kdy je vyšší poptávka. Voda se v noci, kdy je poptávka po elektřině nízká a tím je i nízká její cena, přečerpá do horní nádrže. Potom, když je doba špičky a cena za elektřinu je vysoká, se zadržovaná voda uvolní k výrobě energie. Vzhledem k tomu, že většina obnovitelných zdrojů energie je nestálých, je toto velmi užitečná technologie, pomocí které lze nahromadit velké množství energie [2].

### 2.3.2 Větrná energie

I zde byly první ukázkou využití větrné energie větrné mlýny, kde také k pohonu sloužilo kolo napojené na soustrojí, ale nyní lze častěji vidět „větrné farmy“, vyrábějící elektrickou energii. Pobřežní státy využívají větrných turbín v pobřežních vodách, protože díky lepší stálosti větru mají zde menší záboru plochy. Pokud je k dispozici vhodný prostor, lze větrné turbíny příležitostně využívat v průmyslu [2]. Bohužel jsou zde limity větrnými podmínkami, které mohou být nárazové a tím by byla nárazová

i výroba energie. Samozřejmě by to bylo jiné někde na pobřeží, kde jsou stálejší povětrnostní podmínky a výroba energie by mohla pak být skoro nepřežitá.

### **2.3.3 Geotermální energie**

Geotermální je často spojována s gejzíry, vulkanickou činností a s horkými prameny, jako je to například na Novém Zélandu nebo Islandu. V roce 1094 byla postavena první geotermální elektrárna na přehřátou páru v Larderello v Itálii. Dnes elektrárna v Larderello zásobuje elektřinou cca milion domovů. Geotermální čerpadla jsou systémy, které používají elektricky poháněná zařízení k odčerpávání tepla z půdy pár metrů pod povrchem země. Pracují na stejném principu jako ledničky, využívají velké tepelné kapacity země k zajištění přívodu tepla, jehož teplota se okruhem čerpadla zvýší na požadovanou teplotu, kterou lze použít pro ohřev. Jejich použití je převážně omezeno na domácnosti [2].

### **2.3.4 Energie mořských vln a přílivových nebo odlivových proudů**

Převážně se používá na pobřežní a navigační světel, ale využívá se i na výrobu energie na prodej nebo na rozvoj technologie. Přílivové elektrárny, například na řece Rance ve Francii, zachycují vodní energii odtékající a přitékající přímořským přítokem. Pokles a vzestup vodní hladiny mezi odlivem a přílivem poskytuje potenciální energii, kterou lze získat. Pomocí mořských proudů, které uvádějí do pohybu velké množství vody, lze rovněž využívat k pohánění podvodních turbín zlomocí kinetické energie, jako například ve Strangford Lough v Severním Irsku. Pohyb vln vyvolaným větrem lze také využít pomocí přeměny na mechanickou energii, která může být postupně přeměněna na energii elektrickou [2]. Tento způsob získávání energie je však ještě ve vývoji a důkladnému zkoumání. Bohužel i tento způsob získávání je omezený polohou a mohou ji využívat pořádně přímořské státy.

### 2.3.5 Solární energie

Fotovoltaické články se zatím využívají relativně málo, zejména se používá pro samostatní zařízení. Solární kolektory se používají k výrobě pouze malého podílu požadovaného tepla. Ve velkém měřítku se využívá ojediněle, protože vyžaduje soustavu parabolických zrcadel, která soustředí sluneční světlo na potrubí, které obsahuje teplotnosné médium, například oleje, který uvede do varu vodu a ta spustí chod generátoru a ten vyrobí elektřinu [2]. Dá se použít například na střeche haly, pokud je dostatečně velká a otočená na dobrou světovou stranu. Tato výroba není příliš efektivní, ale hodí se na menší úspory, ale návratnost je za několik desítek let.

### 2.3.6 Odpadní materiál jako zdroj energie

Odpadní materiál lze použít k výrobě elektrické nebo tepelné energie. Biologicky rozložitelný odpad na skládkách přirozeně vytváří tzv. „skládkový plyn“, který lze spalovat a tím lze vyrábět elektřinu, i když se rýžoven vyrobí i teplo, ale to se obvykle nijak nevyužije. Splaškový kal, živočišná kejda, splašková voda a biologicky odbouratelný odpad z pivovarů, jatek a dalších zemědělskopotravinářských průmyslových odvětví se může biologicky rozkládat („anaerobně vyhnívat“) a produkovat palivo, které je bohaté na metan. Komerční, průmyslový odpad a hořlavý komunální odpad, například obaly, lze spalovat ve spalovně odpadku cementářské peci a tím vyrábět elektrickou nebo tepelnou energii. Mnoho průmyslových odvětví, včetně zemědělskopotravinářského průmyslu, například nábytkářské, papírenské, produkují značné množství hořlavého nebo biologicky rozložitelného materiálu, který lze využít jako zdroj energie. Avšak při tepelném zpracování těchto odpadů by se mělo věnovat pozornosti ochraně prostředí, jak před emisemi vypuštěnými do ovzduší, tak před znečištěním kapalným odpadem [2].

### 2.3.7 Biomasa

Jako energetický zdroj se dá pěstovat rostlinný materiál, který se použije buď spalováním k výrobě tepelné energie, nebo pomocí procesu přeměny na tekutá či plynná paliva nebo k výrobě elektřiny. Biomasa se často označuje za „uhlíkově neutrální“ zdroje energie, protože během spalování se uvolňuje uhlík, který rostlina absorbovala během svého růstu [2].

Jestliže se dané rostliny osazují znovu, lze pak očekávat, že se dosáhne uzavřeného cyklu, ačkoliv je třeba brát v úvahu emise metanu z rozkládajícího se rostlinného materiálu. Například účelové pěstování stromu jako zdroj paliva se se praktikuje již velmi dlouhou dobu a v této tradici se v dnešní

době pokračuje. Jedna z výhod biomasy od ostatních obnovitelných zdrojů energie je ta, že se dá skladovat. Předmětem kritiky je však skutečnost, že pěstováním rostlin jako zdrojů paliva se odebírá půda, určená k pěstování rostlin k výrobě potravin a to vede ke snížení množství a tím vyšším cenám potravin [2]. Další značnou nevýhodou je, že pokud se na daném poli rostliny každoročně neobmění, tak půda přichází o živiny a tím půda chřadne.

V dnešní době se nejvíc používá řepka olejná, protože její zpracovatelnost je téměř 100%. Její plody se využívají na výrobu oleje a zbytek části rostliny se dá použít jako rostlinný materiál například ke spalování či výrobu plynu.

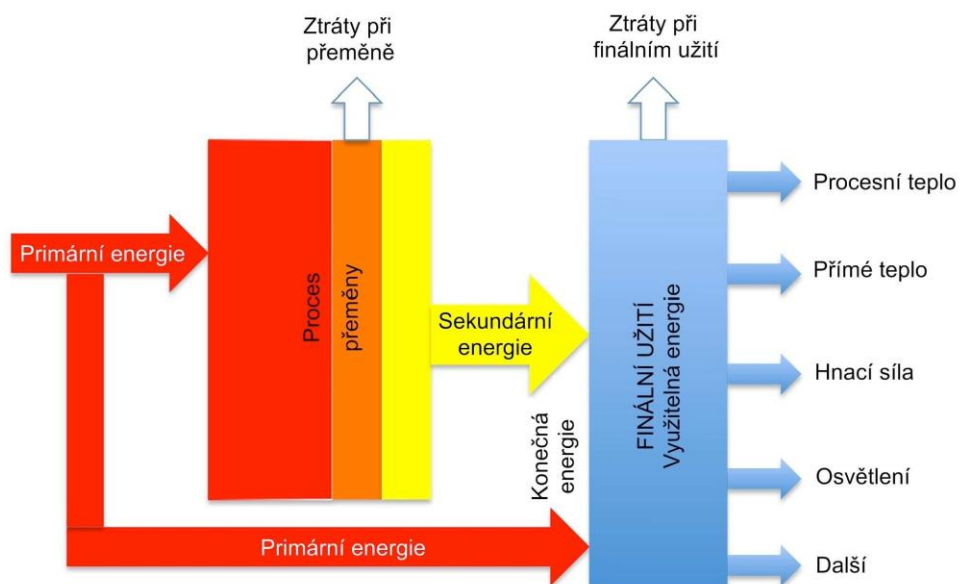
V dnešní době je mnoho firem, které vytváří paliva z přírodních zdrojů. Například z mořských řas se dá získat palivo, které dokáže pracovat na stejném principu jako nafta. Řasy se pěstují ve speciálních nádobách. V těchto nádobách se dají pěstovat buď na souši, nebo ve vodě a díky tomu nezabíráme zemědělskou půdu, jak to je u řepky olejné. Další palivo podobné naftě vyrábí pomocí kyseliny levolové, která se získává například ze škrobu kukuřice.

## 3 Přeměna energie a její využití v průmyslu

### 3.1 Přeměna energie

#### 3.1.1 Druhy energie a nositelů energie

Následující diagram (Obr. 6) zobrazuje primární energii, její přeměny na jiné formy energie, užití energie, sekundární energii a její konečnou spotřebu.



Obr. 6: Přeměna primární energie (např. větrné energie nebo uhlí) na sekundární energii (např. elektřinu) a konečné užití při vytápění, pohonu motorů, osvětlení atd. [2]

Přenášení primární energie v její přirozeně podobě může být velmi obtížné. Primární energie se přeměňuje při tzv. transformačním procesu na vhodnější nositele energie – sekundární. Nejběžnějším příkladem je elektřina, která se vyrábí v elektrárnách ze zemního plynu, ropy, uhlí, nebo z vodní a větrné energie apod. I když je elektřina vhodným nositelem energie, tak musela být vytvořena rozsáhlá elektrická síť na distribuci elektřiny z centralizovaných elektráren až ke konečným spotřebitelům. Díky využívání obnovitelných zdrojů, se výroba energie rozptýlila na více míst.

Skladování elektřiny je velmi obtížné, ale lze ji snadno přepravovat. Oproti tomu se tekutá paliva snadno skladují i přepravují. Surovou ropu lze rafinovat a tím vzniká celá řada paliv – například nafta, benzin, topné oleje, petrolej atd. Paliva získané rafinací dále lze spalováním přeměnit na tepelnou energii, například vytápění budov, nebo přeměnit na mechanickou energii, například doprava. Musíme si však uvědomit, že přeprava a rafinace samy energii spotřebovávají.

Jak uvidíme později, v průmyslu lze přeměnit palivo nebo elektřinu na další nositele energie, jakým je například pára nebo stlačený vzduch. Koneční spotřebitelé energie mohou použít jak primární, tak sekundární energii pro pohony strojů, vytápění, osvětlení, technologické procesy atd. [2].

### **3.1.2 Výroba paliv**

Frakční destilací ropy (směs uhlovodíků a jejich derivátů od metanu až po těžký bitumen) se vyrábějí hlavní tekutá paliva. V průmyslu se obvykle používají lehké a střední topné oleje (nafta a kerosin) pro výrobu páry a ohřev. Nafta a benzin jsou hlavní paliva používaná v železniční a silniční dopravě. Zkapalněný ropný plyn (LPG) je plyn, který je zkapalněný pomocí tlaku k jeho uskladnění a přepravě, používá se v dopravě a jako zdroj tepla.[2] Avšak v momentální době se více v dopravě využívá stlačený zemní plyn (CNG), protože spadá do koncepce na podporu ekologických paliv.

Tekutá „biopaliva“ jsou vyráběna z biologických zdrojů. Biologický materiál, ať procesní odpad nebo speciálně vypěstovaný, je možné biochemicky přeměnit na paliva jako je například etanol, metanol, metylester řepkového oleje („bionafta“). Byly provedeny pokusy získat tato paliva ze speciálně vypěstovaných plodin („agropaliva“), ale v současné době se vede debata o vhodnosti tohoto počínání („palivo nebo potrava“) [2].

### 3.1.3 Výroba elektřiny

Elektřinu lze také vyrábět z obnovitelných zdrojů: vodní energie, slunečního záření, větru, biomasy a geotermální energie, ale většina elektřiny se vyrábí z páry vzniklé z nukleárních reakcí nebo spalováním fosilních paliv. Avšak s fosilními palivy jsou spojené obavy a o zabezpečení dodávek a stopujícími cenami těchto surovin.

Velká část tepelných elektráren jsou zkonstruovány pouze k výrobě elektřiny (bez využití tepla). Při výrobě tepelné energii dochází k typickému spalování fosilních paliv. Jaderná energie vzniká použitím speciální nukleární technologie vytvoření k získání užitečné energie (teplo) z atomového jádra pomocí jaderného štěpení (řízená reakce). Tato tepelná energie přemění vodu na páru, která pak pohání turbínu a vyrábí mechanickou energii (rotace vodičů). Tato rotace vodičů vyvolá relativní pohyby mezi vodiči a magnetickým polem a tím dojde k výrobě elektřiny. Pára projde turbínou, její teplota a tlak se sníží (pomocí venkovního ochlazení) až pára zkondenzuje a poté se vrátí do procesu v podobě kondenzátu, z kterého se znovu vyrobí pára.

Nevýhoda tohoto procesu je, že celková účinnost výroby elektřiny je nízká: 40 % - 50 %. Dochází ke ztrátám citelným teplem spalin (komínová ztráta), dále pak ke ztrátám tepla, které je předáván do chladicího systému kondenzátorů páry. Bohužel je toto chlazení nezbytné a v Evropě během léta musí některé elektrárny snížit svoji výrobu i výkon kvůli zvýšení teploty chladicí vody v letních měsících. Značnou spotřebu energie taky představuje vlastní spotřeba energie elektrárny (doprava a příprava paliva, pohony epilátoru a čerpadel, odstruskování). Další 5% - 10% energie se ztratí při přenosu a transformaci elektřiny rozvodných systému [2].

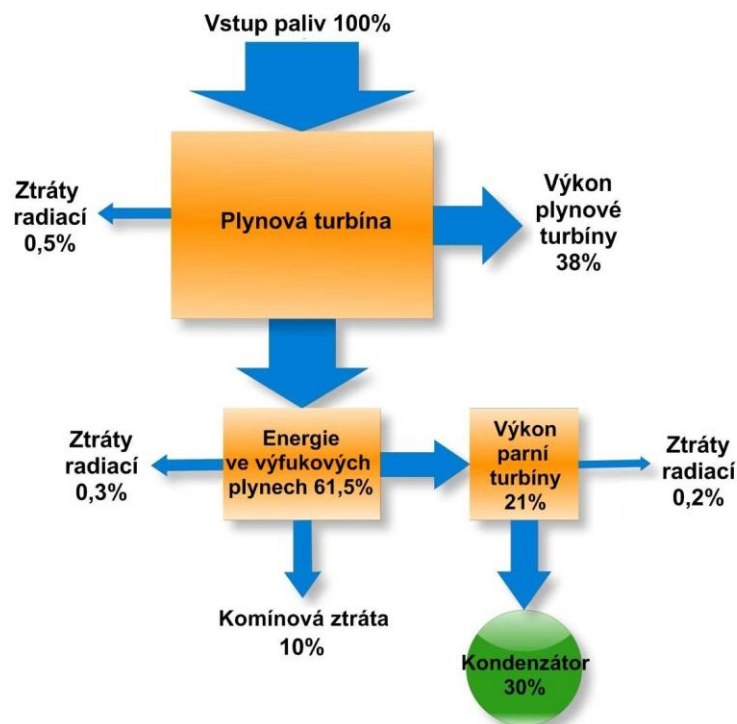
### 3.1.4 Elektrárny na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (teplárny)

Elektrárny na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (CHP) jsou určeny k výrobě jak elektřiny, tak tepla – proces je nazývaný jako „kogenerace“. Elektrárny tohoto typu dodávají elektřinu do sítě a vyrobené teplo používají jednak pro vlastní potřebu, ale i ho dále prodávají přílehlým domácnostem a průmyslovým podnikům (dálkově vytápějí). Při využívání elektráren na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla se docílí velké energetické efektivity, neboť účinnost elektráren vyrábějících pouze elektřinu je nižší než 50 %, zatímco zde u CHP elektráren je účinnost obvykle vyšší než 75 %. V mnoha částech Evropy je ale bohužel tento způsob výroby tepla a elektřiny jen málo využíván [2].



### 3.1.5 Elektrárny s paroplynovým cyklem

Elektrárna s kombinovaným cyklem je elektrárna, která používá jako palivo plyn, který se nejdříve spaluje. Vznikající horké spaliny pohání plynovou turbínu s generátorem a potom se použijí spaliny k výrobě páry, která pohání parní turbínu s generátorem. Tento způsob výroby elektrické energie je mnohem účinnější, ale jeho používání je do značné míry omezeno na nově vybudované elektrárny, které mají přívod plynu. Ačkoliv další zdroje fosilních paliv, například uhlí, mohou být zplyněny a využity pro tuto technologii, byla by výroba už složitější a hlavně dražší. Celková tepelná bilance je znázorněna v diagramu (Obr. 7) [2].



Obr. 7: Energetická bilance elektrárny s paroplynovým cyklem. [2]

## 3.2 Konečné použití energie v průmyslu

Tabulka 1: Hlavní použití energie [2]

| Elektrická energie                              | Tepelná energie           |
|---|---------------------------|
| Ohřev   | Čerpadla                  |
| Chlazení  | Ventilátory               |
| Mrazení   | Dopravní pásy             |
| Pece  | Motory                    |
| Sušení  | Obrábění, tváření, montáž |
| Vytápění prostorů a ochlazování, včetně větrání | Vakuové systémy           |
| Pečení  | Drcení, broušení mletí    |
|   | Osvětlení                 |

Více jak 85% elektřin používaných v průmyslu se přivádí do elektromotorů. Elektromotory přeměňují elektrickou energii na mechanickou a pohánějí ventilátory, dopravní pásy, čerpadla, kompresory atd. Motory bývají v provozu mnoho hodin v průběhu několika let, a proto je důležité správně stanovit používání vysoce výkonných motorů a zajistit jejich odbornou obsluhu, aby se minimalizovala zbytečná spotřeba elektřiny.

Další oblastí, kde se významnou měrou spotřebovává elektřina, je osvětlení. Provést změny, kterou povedou ke zmenšení spotřeby, lze snadno: je zajistit požadovanou úroveň osvětlení odpovídající prováděnému úkolu. Instalací osvětlovací soustavy, která poskytuje výkonnější osvětlení na jednotku energetického vstupu.

Kompresorové chladicí okruhy používají chladicí kapalinu. Chladicí kapalina ochlazuje tím, že se odpařuje při nízké teplotě a tlaku. Teplo potřebné na svou přeměnu z kapalné fáze na plynnou odvádí z prostředí, které zrovna ochlazuje. Tyto páry chladicí kapaliny se poté většinou stlačí a kondenzují se za vyšších teplot a tlaku a teplo vzniklé při kondenzaci předají do okolí. Potřebná energie ke stlačení par chladicí kapaliny se získá z elektřiny dodané z elektromotoru, který pohání kompresor.

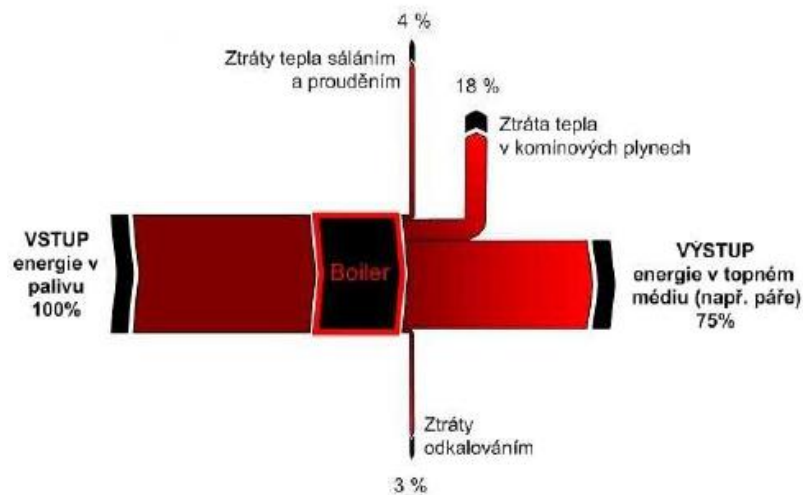
Různé druhy ventilátorů zajišťují dodávku vzduchu potřebného pro průmyslové procesy a pro větrání. Přivádějí čerstvý venkovní vzduch a odsávají vzduch u budovy. Klimatizační jednotky, které používají chladicí plyny, se používají k regulaci vlhkosti a teploty v budově [2].

### 3.2.1 Provoz kotlů

Kotel je nádoba, která se používá teplo k výrobě páry nebo teplé vody. Jako zdroj energie se využívá fosilní palivo avšak v případě malého kotle lze použít i elektřinu.

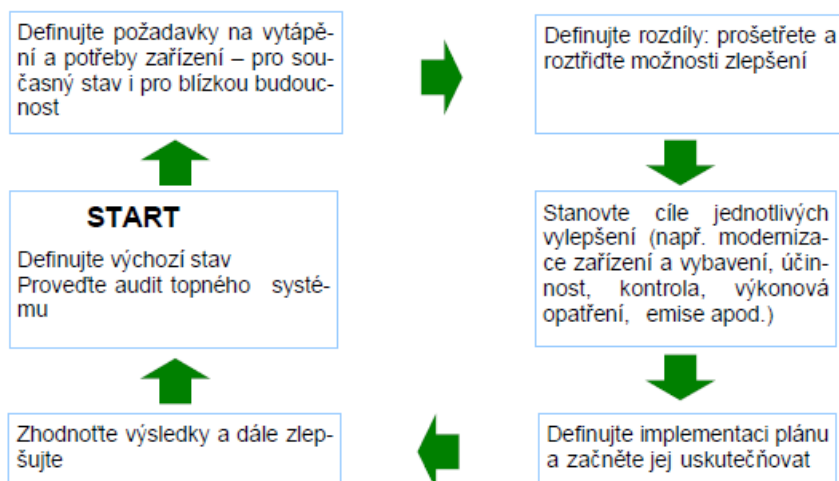
Pára vznikající v kotli obsahuje výparné teplo potřebné k odpařování vody a je koncentrovanějším nosičem tepla než horká kapalina. Páru lze použít k ohřevu vody (včetně destilace a odpařování), ale i k pohonu mechanického zařízení, jakou jsou vakuové systémy, parní ejektory, odstředivé kompresory a parní turbíny, které mohou vyrábět elektřinu nebo pohánět stroje. Zkondenzovaná pára se vrací zpět do kotle, čímž se zabrání nejen ztrátě vody, ale i ke ztrátě zbytkového tepla kondenzátu.

Hlavní kroky při snaze o zlepšení energetické účinnosti zařízení jsou zjistit energetické toky. K největším ztrátám dochází při vypouštění horkých spalin (kominová ztráta). Další ztráty jsou způsobené prouděním tepla a sáláním a u parních kotlů přistupují tepelné ztráty při odluhování a odkalování kotle. Jak je vidět (Obr. 8) tyto ztráty představují 3 % - 4 % [2].



Obr. 8: Příklad energetické bilance topného/ kotle. [2]

Kroky ke zvýšení účinnosti kotle:



Obr. 9: Kroky ke zvýšení účinnosti kotle. [2]

Ke zvýšení energetické účinnosti kotle vede systematický postup, zahrnuje několik jednoduchých kroků (viz Obr. 9).

Hospodárný a energetický účinný provoz kotle je důležitý a kontrola kotle by neměla probíhat odděleně. Pro dosažení dalších eventuálních úspor energie a využití odpadní energie by se ještě měla provést kontrola [2]:

- Systémy distribuce tepla (například kondenzátu a páry)
- Aspekty energetické účinnosti a potřeby tepla v procesech náročných na spotřebu tepla, zařízení a výrobků

Energetické a tepelné ztráty v soustavě kotle, parních a kondenzátních okruhů a turbín se dají snížit několika způsoby. Některé, jako například při kombinované výrobě elektřiny (kogeneraci) a tepla, jsou složité a náročné [2].

Kroky vedoucí ke zlepšení energetické účinnosti[2]:

- Zabránit únikům kondenzátu a páry
- Snížit teplotu vody v soustavě nebo tlak páry
- Zabránit nasávání nežádoucího vzduchu
- Udržovat teplosměnné plochy čisté a to jak na straně vody, tak i na straně spalin. Kromě zemního plynu prakticky každé palivo zanechává na stěnách trysek a trubek určité množství usazenin.
- Maximalizovat návrat horkého kondenzátu

- Kondenzátní a parní soustava musí být správně konstruována, aby se omezila potřeba údržby, eliminovaly hydraulické rázy a snížili ztráty tepla.
- Voda zbytečně ztracená odkalem a odluhem – peníze ztracené v odpadu

### 3.2.2 Kapaliny pro vytápění a chlazení

Voda (studená a horká) je při ohřevu a chlazení nejběžněji používané teplotnosné medium. Další teplotnosnou kapalinou jsou oleje (silikonový nebo minerální pro ohřev a hlazení) a glykoly (směs glykolu a vody se používá při chlazení). Tyto jiné teplotnosné kapaliny mají větší rozpětí provozní teploty než voda. Lze je ohřát na více než 100 °C, aniž by se začaly vařit (nebo zvyšovali tlak v uzavřené soustavě) a lze je také zchladit pod 0 °C, aniž by zmrzly. V průmyslu teploty přesahují rozmezí 0 °C až 100°C, a proto se tyto vlastnosti skvěle hodí [2].

Proces chlazení/ohřívání může probíhat účinněji při dodržení těchto kroků[2]:

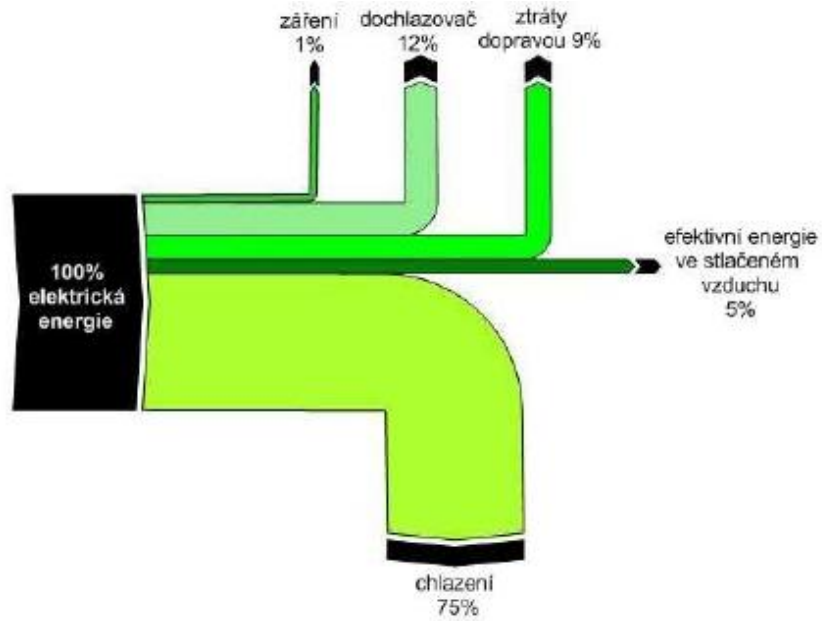
- Pomocí izolace, která snižuje tepelné ztráty.
- Pravidelné odstraňování usazenin, kalů a inkrustů snižuje hydraulické ztráty.
- V rámci procesu využívat rekuperovanou energii z teplotnosných kapalin.

### 3.2.3 Stlačený vzduch

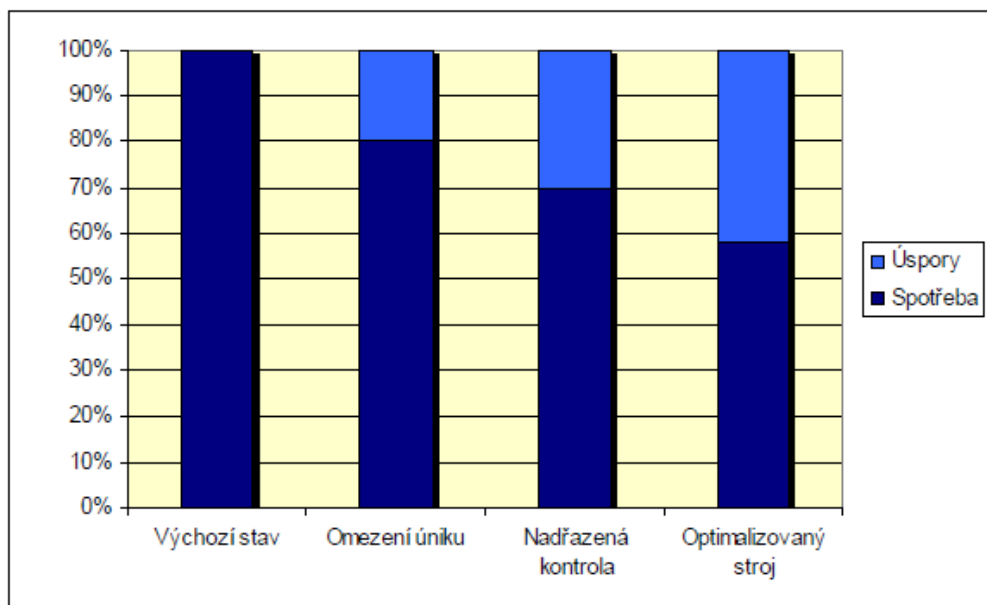
Stlačený vzduch se využívá k pohonu vzduchem ovládaných (pneumatických) nástrojů a k pohonu určitých speciálních přístrojů.

Kompresory jsou většinou poháněné elektromotory, ale obří kompresory mohou být poháněné plynovými turbínami nebo parou. Malé přenosné kompresory mohou mít pohon na naftu nebo benzín. Kompresory jsou neefektivní součástí vybavení, protože až 90 % dodané energie se může ztratit v podobě odpadního tepla. Stlačený vzduch je uskladněný v nádobě, která slouží jako zásobník, udržovaný nad atmosférickým tlakem, ke kterému se připojují jednotlivé spotřebiče.

95 % energie se přemění na teplo a pouze 5 % z celkového množství energie je uskladněno v podobě stlačeného vzduchu. Na diagramu (Obr. 10) lze vidět kde dochází ke ztrátám [2].



Obr. 10: Energetická bilance kompresoru. [2]



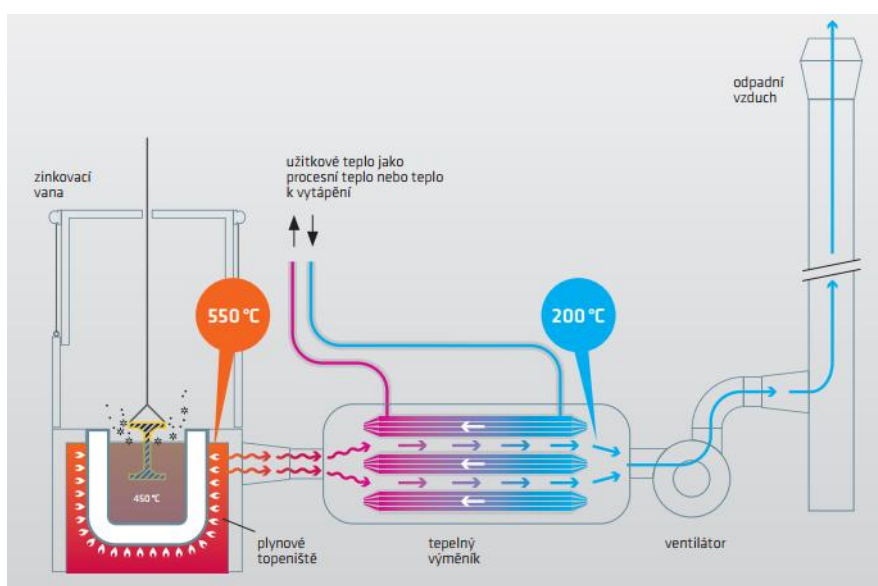
Obr. 11: Energetické úspory - systém stlačeného vzduchu. [2]

U kompresoru lze dobře využívat odpadní teplo. 80 % - 93 % elektrické energie použité na pohon vzduchových kompresorů se přemění na teplo. Pokud dokážeme správně zkonstruovat rekuperační jednotku, pak dokážeme regenerovat 50 % - 90 % odpadního tepla a toto teplo lze využít k ohřevu vody nebo vzduchu [2].

## 4 Využívání odpadního tepla

V povrchových úpravách vzniká mnoho tepla. Odpadní teplo lze využít ke tvorbě energie či ohřívání vody. Například v žárových zinkovnách je odpadní teplo používáno jako procesní teplo nebo jako teplo k vytápění (Obr. 12), ale velmi hojně se využívá i v lakovnách, kde vzniká mnoho tepla ať už z tepelných van či při likvidaci odpadní vody.

- Teplo vznikající chladnutí tepelně zpracovaných výrobků.
- Teplo z horkých kondenzátorů
- Teplo ze spalin odcházející do komínů z kotlů průmyslových pecí



Obr. 12: Zpětné získávání tepla v žárové zinkovně. [34]

Odpadní teplo se dělí podle teplot:

### 1) Odpadní teplo s teplotou pod 100 °C

Může být použito k přeměně na jiný druh energie, například na elektrickou, pro tepelná čerpadla, a pro vytápění. Takové teplo využívá například Kalinův cyklus [5].

### 2) Odpadní teplo s teplotou mezi 100 °C až 400 °C

Využití tohoto tepla by přineslo značné úspory pro průmysl, protože toto teplo uvolněné do atmosféry představuje důležitou část z celkových tepelných emisí. Lze ho využít pro tepelná čerpadla, pomocí organickým Rankinovým cyklem [5].

### 3) Odpadní teplo nad 400 °C

Toto teplo vzniká v chemických provozech, sklárnách, hutnictví železa, barevných kovů atd. Zdrojem tohoto tepla bývá většinou horký plyn, ale taky chladicí voda. Používá se obvykle pro předehřívání vzduchu pro spalování, pro dodávání tepla vytápěcím systémům a při výrobě elektřiny [5].

Výhody využívání odpadního tepla všeobecně lze rozdělit na přímé a nepřímé. Přímou výhodou je, že se odpadní teplo přímo podílí na účinnosti procesu. Díky zvýšení účinnosti se snižují náklady. Tím vzniká úspora energie a snižuje se cenu výrobku, což je v současné době při vysoké konkurenci velice důležité. Nepřímá výhoda je, že snížení produkce spalin. Při spalování vznikají toxické látky (např. oxid uhelnatý), které unikají do prostředí a tyto látky jsou pro přírodu škodlivé. Jestliže množství energie vzniklé spalováním je dostačující i bez využívání odpadního tepla, tak pak při jeho využívání snížit množství spalovaného paliva pro získání stejného množství energie. Snižování produkce spalin navazuje na snižování velikosti zařízení, které se spalinami manipulují, například ventilátory. Výkon těchto zařízení úzce souvisí s jejich cenou, nižší cena – méně výkonný. Pokud se sníží výkon těchto zařízení, tak pak se sníží množství potřebné energie pro jejich provoz [5].

## 4.1 Technologie pro využívání odpadního tepla

### 4.1.1 Tepelná čerpadla

Principem tepelného čerpadla je transformace tepelné energie z nižší na vyšší teplotní úroveň. Jako hnací energii tepelné čerpadlo používá tepelnou energii v podobě teplé nebo horké vody, páry, či vzduchu o určité minimální teplotě (uvádí se, že alespoň 88 °C) Zároveň platí, že čím vyšší teplotu hnací energie bude mít, tím efektivnější bude tepelné čerpadlo pracovat.

Tepelná čerpadla našla již uplatnění jak v systémech dálkového vytápění a chlazení, ale i v průmyslových aplikacích. Na trhu se vyskytuje mnoho typů tepelných čerpadel s různými výkony, lze tedy tepelné čerpadlo aplikovat jak na menší stavby (obytné stavby), ale i na velké stavby (průmyslové stavby) [12,13].



## 4.1.2 Stirlingův cyklus

Stirlingův motor, též známý jako horkovzdušný motor, který si nechal v roce 1816 patentovat skot Robert Stirling. V letech 1827 – 1840 nechal patentovat další dvě zdokonalené varianty svého stroje. Na jeho Počest nesou tyto motory jméno po něm. V 19. století a 20. století vznikali různé aplikace těchto motorů, které například pumpovaly vodu. Malé motory mohly dokonce pohánět šicí stroj nebo domácí ventilátory. Používaly se různé druhy paliv (pevná, plynná a kapalná). V té době byl Stirlingův motor limitován pouze metalurgickými množnostmi doby. Z těchto důvodů byl vytlačen spalovacími motory a elektromotory. V 50. letech 20. století technologický rozvoj výroby materiálu umožnil další rozvoj Stirlingova motoru [6]. Stirlingův cyklus lze využít na odpadní teplo, solární i geotermální energii a tu pak převést na mechanickou práci a dále pak na elektřinu. Jako jediný pístový motor dokáže přeměnit sluneční energii přímo na mechanickou a následně na elektrickou energii.

Stirlingův motor má omezený rozsah působnosti, a proto se v současnosti tyto motory používají především pro výrobu elektrické, popřípadě tepelné energie. Jeho konkurentem je v dnešní době především spalovací motor. Náklady na výrobu Stirlingova motoru jsou 3x vyšší než u motoru s vnitřním spalováním o stejném výkonu [6]. Proto musíme pečlivě vybírat a zvážit, pro které aplikace je Stirlingův motor vhodný. V současné době se převážně využívá pro tyto aplikace:

- Solární energie
- Výroba energie spalováním paliv
- Námořnictví

## 4.1.3 Organický Rankinův cyklus

Rankinův cyklus je termodynamický cyklus, který převádí teplo na práci a jako pracovní látku používá obvykle vodu. Rankinův cyklus využívající vodu jako pracovní látku, produkuje přibližně 85 % světové produkce elektřiny. Tento cyklus je pojmenován po skotském fyzikovi a inženýrovi Williamu Johnovi Macquorn Rankinovi, který vyvinul kompletní teorii parního motoru. Časem se začaly objevovat cykly, které používaly jiné pracovní látky než vodu, jako například organický Rankinův cyklus. Organický Rankinův cyklus umožňuje kogeneraci (kombinovaná výroba tepla a elektrické energie) z nízkopotenciálního tepla. Díky tomu lze použít organické látky jako látky pracovní, které mají oproti vodě při daných podmínkách lepší vlastnosti (nižší bod varu). Jsou vhodné pro nižší výkony, ale dnes dosahují tyto cykly i výkon v řádu megawatt [7].

Typické aplikace:

- Elektrárny na biomasu
- Geotermální elektrárny
- Využití odpadního tepla
- Solární elektrárny

#### **4.1.4 Kalinův cyklus**

Kalinův cyklus vynalezl a nechal patentovat v 80. letech 20. století Dr. Alexander Kalina, Rus žijící v USA. Kalinův cyklus pracuje na principu Rankinova cyklu (modifikace Rankinova cyklu), který používá kapalinu s nízkým bodem varu (roztok amoniaku ve vodě). Oproti organickému Rankinověmu cyklu je tato technologie velice málo rozšířená. Kalinův cyklus dosahuje vyšších účinností než organický Rankinův cyklus, ale jen pro určité teploty [8].

Typické aplikace:

- Využití geotermální a solární energie a odpadního tepla
- Využití energie moří a oceánů

#### **4.1.5 Plynová turbína s externím spalováním**

Základní cyklus plynové turbíny jako první navrhnul bostonský inženýr Georg Brayton v druhé polovině 19. století a po něm je tento cyklus pojmenován. Dnes se Braytonův cyklus používá pro takové plynové turbíny, kde se expanze a komprese uskutečňují v rotačním stroji. V dnešní existují dvě hlavní oblasti použití plynových turbín – výroba elektrické energie a letectví.

U plynové turbíny s externím spalováním (Externally fired gas turbine) není spalovací komora připojena k plynové turbíně a tím se právě liší od klasického Braytonova cyklu. Díky tomu nejsou výfukové plyny při spalování v přímém kontaktu s lopatkami turbíny. Plynové turbíny s nepřímým a přímým spalováním jsou v principu podobné a termodynamicky je popisuje Braytonův cyklus. Nápad vnějšího spalování u plynové turbíny není nová. Ve 20. století nebyla k dispozici „čistá“ paliva (zemní plyn) a byla používána „špinavá“ paliva, která mohla být použita jen pro (co se týče plynové turbíny) plynovou turbínu vnějším spalováním [9].

Typické aplikace:

- Solární energie
- Elektrárny na biomasu

## 5 Úspory energie v povrchových úpravách

K úsporám energiím v povrchových úpravách lze docílit mnoha způsoby. První úspory vznikají už jen správným uskupením pracovní linky (vzdálenost, časové prodlevy atd.), další úspory lze získat v předúpravě povrchů (tryskání, odmašťování atd.) a nakonec v konečné úpravě povrchů. Záleží taky na počtu a druhu tryskacích jednotek, druhem sběru abraziva a na způsobu zajištění filtrace a výměny vzduchu. V dnešní době ty nejlepší technologie dovedou při malých zástavbových rozměrech vyčistit a dopravit abrazivo a vyčistit prašný vzduch z boxu a přitom ještě šetřit energii a k tomu splnit i nejpřísnější kritéria a předpisy pro zajištění čistoty ovzduší.

Většina těchto úspor je díky vývoji nových technologií (například plazma, nanotechnologie) a jejich užití anebo zdokonalování stávající technologie (například vývoj tepelných čerpadel, menší a výkonnější). Nanotechnologie dovoluje zkoumat věci skrz molekuli a to napomáhá k lepším chemickým sloučeninám a jejich roztoků, které lze aplikovat na odmašťování či vytvořit lepší, odolnější barvy a laky.

### 5.1 Příklad úspor v žárovém zinkování při palivovém řešení

Velký vliv na úsporu energie v žárovém zinkování je palivové řešení pro ohřev zinkové lázně. Velký rozdíl je mezi použitím černého uhlí a zemního plynu. Při používání uhlí vznikají problémy, jako že dochází ke kolísání teploty zinkovací vany, kvůli ovlivnění lidským faktorem a také byly zjištěny teplotní rozdíly během procesu, které měly negativní vliv na kvalitu pozinkování. Navíc zde vznikal únik emisí do ovzduší. Tyto problémy lze odstranit přejítím na zemní plyn. Sníží se nám únik emisí do ovzduší, ale hlavně ohřev lázně lze bez problému regulovat a nedochází ke kolísání teploty. Tímto přechodem z černého uhlí na zemní plyn lze roční spotřebu energie asi o 4000 GJ [14].

$$4\,000\text{ GJ} = 4 \cdot 10^{12}\text{ J}$$

$$1\text{ J} = 2,778 \cdot 10^{-4}\text{ Wh}$$

$$4 \cdot 10^{12}\text{ J} = 11\,112 \cdot 10^5\text{ Wh} = 11\,112 \cdot 10^2\text{ kWh}$$

$$1\text{ kWh} = 4,83,-\text{ Kč}$$

$$11\,112 \cdot 10^2\text{ kWh} = 5\,367\,096,-\text{ Kč}$$

Roční úspora při přejití z uhlí na zemní plyn činí asi 5 367 096,- Kč. Samozřejmě v České republice již nejspíše nebude žárovou zinkovnu na černé uhlí, avšak pro ukázkou úspory je to velmi dobrý příklad. Lze tedy předpokládat, že cena energie – elektřiny v budoucnu nadále poroste.

## 5.2 Nesmáčivé povrchové úpravy

Kvůli snižování energetické náročnosti vznikl projekt na základě využití hydrofobních a olejobních povrchů. Podstatou tohoto projektu bylo zdokonalení technologie tvorby vysoce hydrofobních nebo olejobních povrchů, na které navazují následné cíle zaměřené na využití těchto vrstev v kontaktu s kapalinami. Tyto vrstvy jsou připravované pomocí nanotechnologie a na bázi plazmatu na různých materiálech a výrobcích. Olejofobie, respektive hydrofobie způsobí, že kapalina povrch nesmáčí a to znamená, že proudící kapalina na povrchu neuplívá, ale naopak prokluzuje. Tím výrazně sníží hydraulické ztráty a smykové napětí. Zároveň tato povrchová úprava způsobí, že na povrchu daného materiálu smáčených kapalinou se neusazují sraženiny z dané kapaliny anebo se vyloučí tak mají jen nízkou adhezi k povrchu. Dalším přínosem projektu je ještě mezioborový přesah, kdy lze vyvinuté povrchy aplikovat nejen v oblasti hydrauliky a v oblasti čištění odpadních vod, ale i ve většině průmyslových odvětví [11].

## 5.3 Pomocí nanotechnologie

Nanotechnologie nabízí zcela výjimečné a možnosti pro uživatele, průmysl a životní prostředí. V dnešní době se nanotechnologie zařazuje mezi popřední okruhy evropských výzkumů. Pomocí použití nanotechnologie a nanomateriálů lze dosáhnout předem stanoveného molekulárního rozdělení částic o velikosti řádu 5-10 molekul [16].

### 5.3.1 Nanotechnologie v předúpravách povrchů

Nanotechnologie je nová, moderní forma chemické povrchové úpravy před lakováním. Touto technologií lze nahradit, před následným lakováním, klasické postupy, jako je pískování nebo odmaštění. V případě náročnějších požadavků na korozní odolnost následovalo ošetření zinečnatým nebo železnatým fosfátem. Avšak nevýhodou těchto klasických technologií je tvorba kalu, který je řazen do kategorie „Nebezpečný odpad“, protože obsahuje fosfor ve formě  $\text{FePO}_4$  a těžké kovy jako chrom, měď, mangan, nikl apod. I toto jsou jedny z důvodů, proč v poslední době jsou fosfátové úpravy kovů nahrazovány tzv. Nanotechnologií. Tyto chemické přípravky na bázi kyseliny hexafluorozirkoničité a jimi ošetřené komponenty neobsahují fosfáty, těžké kovy a ani těkavé organické látky. Tyto chemické přípravky se používají v tří, pěti či více stupňových linkách. Během procesu se buď kontroluje automaticky pH, nebo manuálně, pomocí titrace, celkové kyseliny. Velkou výhodou je, že lázeň pracuje od teploty okolí až do 40 °C. Během tohoto procesu nedochází k tvorbě kalů.

Pomocí těchto chemických přípravků, které jsou vyráběny pomocí nanotechnologie, je možno ve stejné lázni ošetřovat jak hliník, železo tak zinek. Při tomto ošetření dochází na površích kovů k vytvoření konverzní amorfní vrstvy, která, co se týká korozní odolnosti, plně nahrazuje železnatý fosfát a v mnoha případech i fosfát zinečnatý [15].

**Výhody těchto chemických přípravků[15]:**

- Pracuje samostatně při teplotě již od 20 °C a tím šetří energii z ohřevu lázně
- Snižuje náklady na likvidaci odpadů
- Snižuje náklady na čištění zařízení a jeho údržbu
- Nevytváří se kal při reakci
- Neobsahuje žádné těžké kovy
- Neobsahuje žádné těkavé organické látky
- Jednoduchá manipulace, kontrola a údržba

### 5.3.2 Nanotechnologie v oblasti nátěrů

V dnešní době nanočástice již obsahují i samočisticí fasádní barvy a autolaky, které jsou stabilnější a téměř necitlivé na poškrábání rotačními kartáči. Nanotechnologie v oblasti nátěrů umožňuje výrobu účinnějších a ekologičtějších úprav povrchů. Jedna z největších výhod ale je ekologický aspekt výroby. Při výrobě nátěru tohoto druhu se sníží spotřeba materiálu a hlavně se snižuje energie na výrobu těchto nátěrů a prodlouží se životnost nátěrového systému a sníží se vliv jeho výroby na okolí. Avšak již dnes lze dosáhnout velmi významných vlastností při použití nanočástic, které zlepšují antikorozní

vlastnosti, zvýší odolnost vůči poškrábání a pevnost, samočisticí efekt, UV ochranu, antimikrobní vlastnosti atd.

Zjednodušeně by se dalo říct, že tyto nátěrové systémy pracují na principu, že k polymerním pojivům se pro zlepšení vlastností dodávají nanočástice. Na výrobu nanočástic a stabilních nátěrových hmot s nanočásticemi je potřebná určitá vyšší technologická úroveň a taky vysoká úroveň znalostí. A tyto nátěry mají právě již zmíněné vlastnosti. V automobilovém průmyslu se například používá síť nanočástic oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ), která je odolná vůči mechanickému opotřebení a má vysokou UV stabilitu. V nábytkářském průmyslu se zase používá oxid křemičitý ( $\text{SiO}_2$ ) a oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) kvůli odolnosti vůči poškrábání a opotřebení. Dále se používá oxid titaničitý ( $\text{TiO}_2$ ) kvůli jeho fotokatalytickým vlastnostem, toho se využívá například na skla automobilových zrcadel, které se díky tomu nikdy nezarosí. Hojně se využívají ještě ionty stříbra, které mají antimikrobní vlastnosti – nátěry vnitřních ploch v chladničkách [16].

Nanotechnologie, i přes veškeré skvělé výsledky, je ještě stále v úvodní fázi širokého použití. Možností, které se sebou tato technologie přináší, je však mnohem více než si momentálně dokážeme představit. Avšak bude nutno ještě odstranit některé vedlejší účinky, jako je třeba snaha nanočástic k aglomeraci. V důsledku inovací v mnoha oblastech použití se nanotechnologií připisuje velký hospodářský potenciál [16], který nám může přinést ještě větší úsporu energie, než přináší právě teď.

Například společnost Nano-X GmbH vytvořila povlak „x-tec ECO“ na bázi vody, který lze používat na brzdny kotouč. Komerčně dostupné nátěrové hmoty se obecně skládají z práškového zinku nebo z lamel zinku a hliníků. Tyto převážně používané systémy, které jsou používány pro brzdové kotouče, vyžadují teploty pečení 320 – 360 °C a to má za následek vysoké náklady na energii. Nový povlakový systém obvykle vyžaduje teploty sušení pod 200 °C, nicméně teploty pod 150 °C jsou také možné. Sušení se může provádět klasickým způsobem v peci nebo pomocí indukce. Povlaky mají vynikající vlastnosti pro ochranu proti korozi a velmi vysokou odolnost proti agresivním čističům kol. Nový systém povlaků vytváření transparentní vrstvy na brzdovém kotouči. Po 300 hodinách zkoušky solným postřikem podle DIN EN ISO 9227 litina vykazuje jen mírné známky koroze [27,28].

## 5.4 Úspory energií v sušení

### 5.4.1 Infračervené pece jako alternativa plynových horkovzdušných

Plynové horkovzdušné pece mají účinnost jen mezi 5 až 7%. To znamená, že jen 7% vytvořeného tepla se využije k ohřátí dílů. Naopak plynová infračervená katalytická pec má účinnost 80%. Infračervená technologie velmi rychle nahřívá lakovaný díl – 1 minuta v katalytické Infračervené pece = 3 minuty v horkovzdušné. Navíc provozní náklady jsou až o 65% nižší než u horkovzdušné a ze statistiky plyne, že většina firem dosáhla minimálně 30% úspor. Instalace vyžaduje až o 67% méně místa než horkovzdušná pec. Infračervená pec zlepšuje rozliv a kvalitu povrchu a umožňuje přesnou a rychlou regulaci teploty [32].

Využití infračervených katalytických pecí[32]:

- Práškové lakování MDF desek a dalších dřevěných podkladů
- Sušení mokřích barev (rozpouštědlových i vodou ředitelných)
- Práškové lakování železných a neželezných kovů
- Tvarování plastů

### 5.4.2 Sušení laku pomocí funkční keramiky

Sušení laku je velmi časově a energeticky nákladné. Samozřejmě, že existující technologické řešení na bázi infračerveného záření ve srovnání s konvekčním (tepelným) proděním v mnoha případech poskytuje určité výhody v kvalitě povrchového pokrytí, délce sušení a energetické náročnosti.

Klasické zářiče spotřebují více energie, než je potřeba pro sušení a vytvrzování lakované vrstvy. Asi 60 % vyzářené energie je viditelné světlo (od 0,3 do 0,7  $\mu\text{m}$ ) a krátkovlnné infračervené světlo (0,7 až 2,5  $\mu\text{m}$ ). Ani jednu z těchto zmiňovaných druhů energie však proces lakování nepotřebuje a navíc energie se přenáší za relativně nízké rychlosti (rychlost zvuku) [19,20].

Řešením výše uvedených problémů je technologie použití infračerveného záření na základě funkční keramiky (IR.C). Funkční keramika se syntetizuje v solární peci a pomocí solárního tavení lze získat požadované homogenní stechiometrické složení a tím dosáhnout reprodukovatelnosti charakteristik funkční keramiky.

IR.C – technologie má značné výhody ve srovnání s běžnými technologiemi sušení tekutých nátěrů. Doba sušení ve vodě rozpuštěného laku může být snížena (zaleží na konkrétních podmínkách) ve srovnání s tradiční konvekcí skoro sedmkrát. Ve srovnání s krakováním infračerveným zářením dvakrát. Stejně tak se s dobou sušení samozřejmě snižuje i spotřeba energie. To je velice důležitý aspekt v dnešní době při používání neobnovitelných zdrojů primární energie (ropa, zemní plyn). Při použití solární tepelné energie nebo odpadního tepla v kombinaci s IR.C, jsou variabilní náklady na energii téměř nulové.

IR.C – technologie může v procesu lakování s pomocí práškového laku přinášet ještě větší ekonomický efekt. Jestliže doba sušení a vytvrzení ve vodě rozpustného laku na plastových dílech může být snížena od 16 minut do 2,5 minut, tak v procesu lakování ocelového plechu lze pomocí práškového laku snížit dobu od 12 minut do 0,2 minut. Stejně tak se s dobou snižuje opět i spotřeba energie.

Sušení laku pomocí IR.C – technologie přináší dvojí účinek (proces se označuje jako „sušení“, ale ve skutečnosti je to proces polymerace). Z lakovaného povrchu se odstraní vlhkost a zároveň se zvyšuje rozdíl v úrovni vlhkosti. To je způsobeno tím, že v důsledku ohřívání vzduchu na povrchu výrobku s rostoucí teplotou klesá relativní vlhkost. Toto však pomáhá absorbování uvolněné vlhkosti. Tato kombinace vzduchu a IR.C vede k výraznému zlepšení sušení, což zvyšuje úsporu energie a času pomocí technologie IR.C (bez konvekce) v porovnání s IR.C (s konvekcí) téměř dvojnásobně.

Velmi důležité účinky má lak při obohacení přísadou funkční keramikou v poměru 0,5 % - 2 % objemu laku. Vytvrzování a sušení laku je mnohem ekonomičtější, pokud jde o energii a čas, jejich náklady jsou sníženy o 30 % ve srovnání s procesy IR.C, ve kterých se lak užívá bez přídavku funkční keramiky. Vytvrzování a sušení některých druhů automobilových laků s přísadou funkční keramiky trvá maximálně pět minut při relativně nízkých teplotách. Například automobilový lak se suší běžnými způsoby po dobu 30 minut při zahřátí povrchu na teplotu ne menší než 130 °C. Použití funkční keramiky v automobilovém průmyslu a v mnoha dalších odvětvích, může snížit počet technologických operací, zlepšit kvalitu povlaku a výrazně zredukovat spotřebu energie [19].

### **5.4.3 Sušení vodou ředitelných nátěrových hmot**

Výhody sušení vodou ředitelných nátěrových hmot na bázi snížení vlhkosti v průmyslové sušičce jsou takové, že sušení probíhá za teploty vzduchu (20 – 50 °C). Vysuší se bez tepelného namáhání. Tento proces je velmi ekonomický díky principu tepelného čerpadla a ve srovnání s ostatními konvenčními sušičkami je spotřeba energie až o 80 menší [31].



## 5.5 UV Stop systém

UV Stop systém pro automatické přepínání výkonu UV lamp v přímé závislosti na přítomnosti materiálu v komoře sušícího tunelu. Tento systém pracuje tak, že přepíná UV lampy z úsporného stand-by režimu do pracovního režimu v okamžiku, kdy materiál vchází do UV vytvrzovací komory tunelu. V době, kdy materiál opouští UV komoru tunelu a nevchází-li hned další materiál, jsou UV lampy přepnuty z pracovního režimu do úsporného stand-by režimu. Přepínání mezi uvedenými režimy nemá vliv na celkovou životnost UV lamp, avšak zajišťuje podstatné energetické úspory [17].

## 5.6 IR Stop systém

IR Stop systém pro automatické vypínání IR lamp v přímé závislosti na přítomnosti materiálu v sušící komoře sušícího tunelu. Tento systém pracuje tak, že zapíná IR lampy v době, kdy materiál vchází do sušící komory tunelu. V době, kdy materiál opouští sušící komoru tunelu a dále nevchází další materiál, jsou IR lampy vypnuty. Toto automatické vypínání a zapínání IR lamp nám zajišťuje podstatné energetické úspory [18].

## 5.7 Pomocí sekcionální ventilace

Energeticky úsporná sekcionální ventilace stříkacích ploch a kabin pro volné stříkání se provádí s využitím systému sledování pozice pracovníka, který provádí stříkání. Systém zachycuje lakýrníka pomocí senzorů/kamer a zároveň příslušně ovládá odsávání a přívod vzduchu z aktivní sekce pracoviště.

V běžných zařízeních je ventilovaná celá stříkací plocha a to vede ke značnému množství ventilačního vzduchu a tím i k vysokým energetickým a investičním nákladům. Při sekcionální ventilaci se zároveň s otevřením přívodu vzduchu v oblasti stropu otevírají v podlaze protilehlé modulární uzavíratelné sekce nárazových předodlučovačů, které jsou ovládané pneumaticky, přes které je vzduch odsáván. Tímto způsobem je na libovolném místě stříkací plochy dosaženo cíleného proudění vzduchu s vysokou účinností odvodu škodlivin a strhávání.

Tento systém se dá využít pro ventilaci jak ploch pro volné stříkání bez rušivých stěn kabin, tak i velkých stříkacích kabin. Potenciál úspory elektrické energie činí většinou 50 % - 70 %. Díky omezení množství ventilačního vzduchu se ve stejné míře snižují i náklady na ohřev a to vede také ke snížení zátěže životního prostředí emisemi kouřových plynů, které obsahují CO, CO<sub>2</sub>, nehledě na obligatorní použití rekuperačního zařízení.

Dvojnásobný záchyt částic pevných emisí chráněný nárazovými předodlučovači a následně instalovanými filtračními kazetami umožňuje vycetění stříkací plochy v nejkratším čase a to i za provozu. Životnost filtračních vložek se prodlužuje oproti obvyklému uložení pod podlahovými mřížovými rošty až osminásobně a tím jsou náklady na jejich likvidaci minimalizovány.

Pomocí teleskopicky výsuvné sušicí kabiny lze rozměrné díly, nastříkané na ploše pro volné stříkání, velmi dobře intenzivně sušit. Teleskopická sušička je při procesu stříkání zasunuta v parkovací poloze před plochou pro volné stříkání. V této sušicí kabině lze při podélném proudění docílit teploty sušení 60 °C. Díky tomu lze významně zkrátit extrémně dlouhé doby schnutí nástřiku při teplotě okolí.

Díky obsluze plochy pro volné stříkání pomocí mostového jeřábu se snižují další časově náročné vnitropodnikové transporty stříkaných výrobků. Oproti uzavřené stříkací kabině se dají časy zkrátit až o 70 % [21].

## **5.8 Nový systém využívající cirkulaci vzduchu od ABB**

Většina nátěrových hmot obsahuje organická rozpouštědla, která jsou nebezpečná pro životní prostředí a zdraví lidí. Kvůli tomu jsou firmy pod tlakem, aby snižovali provozní náklady a emise. Rozhodující oblastí pro optimalizaci se stává lakovací kabina. A na to zareagovala společnost ABB vývojem systému cirkulace vzduchu v kombinaci s likvidací rozpouštědel a s procesem úspory energie.

Proces cirkulace vzduchu lakovací kabiny, který byl navržen pouze pro použití s automatickými roboty, začíná po čistícím cyklu. Vznikající znečištěný vzduch z procesu není odváděn do okolního prostředí, místo toho se z 90 % recykluje přímo v kabině a až potom se zpracovává. Tento recirkulační systém umožňuje opakované použití vzduchu a k tomu koncentrace rozpouštědel v kabině je v poměru, který odpovídá optimalizaci procesu spalování ředidel. Koncentrace rozpouštědel je udržovaná v bezpečném rozmezí pomocí neustálého monitorování.

Tento systém využívá speciální vzduchový průchod, kterým je odsáváno 10% proudícího vzduchu, který je odváděn do regenerační termicko-oxidační jednotky (RTO). Odsávání je nahrazeno přívodem malého množství vzduchu z okolí. Proces je velice stabilní a má jen velmi malý vliv na okolní prostředí. Avšak vyžaduje speciální prachový filtr a velmi účinný čistící proces.

Na základě recirkulačního procesu musí být vzduch nasycený rozpouštědlem, tento vzduch dále prochází přes keramickou komoru zahřátou na vysokou teplotu okolo 780 °C, odkud je přiváděn do spalovací komory. Při této teplotě dochází samospalování rozpouštědel a k jejich úplné likvidaci. Vzduch zbavený rozpouštědlem s teplotou 835 °C poté prochází přes další keramickou komoru, kde je vzduch ochlazen na teplotu 60 °C a následně je odveden do okolního prostředí.

Systém spotřebovává energii pouze v počáteční fázi, dále je spotřeba energie téměř nulová a tepelná účinnost se blíží 95 %. Proces plně vyhovuje všem zákonům na ochranu životního prostředí, ve všech zemích.

Dalším důležitým zdrojem úspor je proces úpravy okolního vzduchu. Proces ABB ve srovnání s tradičním schématem snižuje množství použitého čerstvého vzduchu a tím snižuje i spotřebovanou energii o desetinásobek. Další úspory přináší systém s uzavřeným vodním okruhem, který je používán v tomto stupni.

Tento systém je modulární a využívá koncepci „plug and play“, díky tomu se snadno instaluje, má malé půdorysy a plně vyhovuje všem směrniciím na ochranu životního prostředí.

K samospalování rozpouštědel dochází v recyklační komoře vzduchu, která se nachází uprostřed schématu. Při použití tohoto systému, může úspora energie činit, ve srovnání se stávajícími linkami, až 30%, což představuje snížení celkových ročních nákladů na lakovací procesy asi o 9 %. Navíc kompletní automatizace procesu umožní, že pracovníci nemusí být vystaveni působení nebezpečných látek [22].

## 5.9 Nízkoteplotní odmaštění před galvanizací

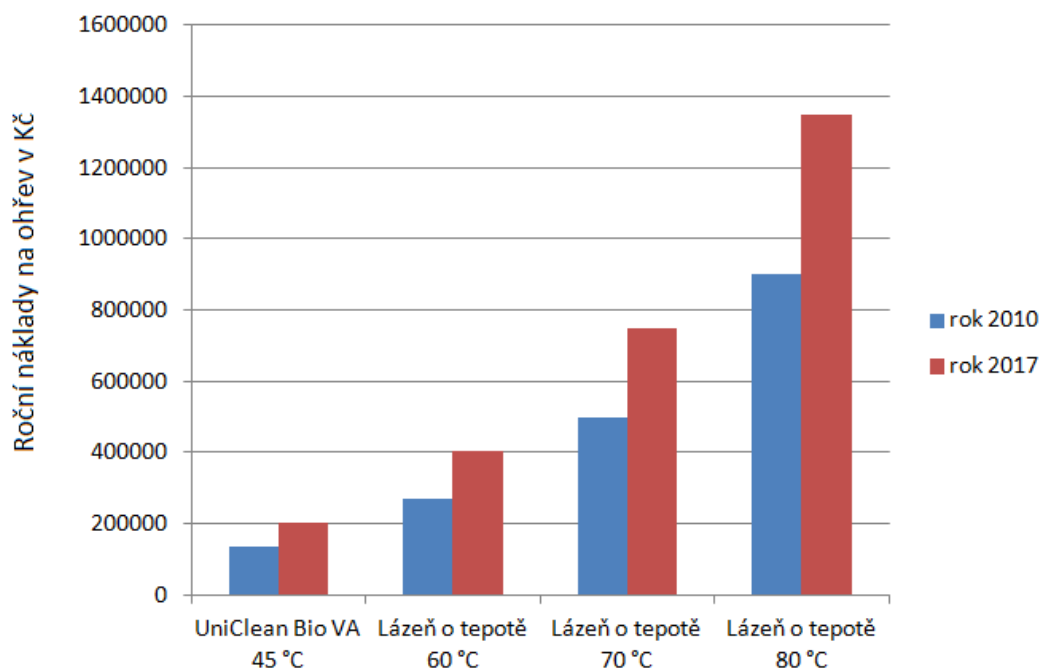
Při provádění povrchových úprav, ať už se jedná o anodizaci, lakování nebo galvanické pokovení, je kritickou operací odmaštění povrchu základního materiálu. Pro provedení kvalitní povrchové úpravy je nutná podmínka kvalitně provedené odmaštění. V dnešní době, až na nepatrné výjimky, se používají alkalické odmašťovací lázně, které se zpravidla dodávají ve formě koncentráту pro rozpuštění ve vodě. Výběr vhodného přípravku na odmaštění závisí samozřejmě na povaze základního materiálu (hliník, ocel, barevné kovy), typu čištění (brusné emulze, obráběcí oleje atd.), případně na aplikaci (postřík, ponor, ultrazvuková lázeň a jiné).

Dalším velmi důležitým procesním parametrem je teplota lázně a i doba aplikace. U běžných lázní používaných v galvanice se teplota pohybuje mezi 60 – 80°C. Avšak takto vysoká teplota je značným finančním nákladem na ohřev a udržování dané teploty lázně. Náklady na udržení provozní teploty lázně a její ohřev rostou se stoupající teplotou daleko rychleji než lineárně. Například u lázně o objemu 5 000 litrů a třisměnném provozu činí náklady na ohřev 80°C až 900 000 Kč, u lázně 70°C cca 500 000 Kč a při teplotě 60°C 270 000 Kč ročně. Výpočet byl proveden pro otop elektrickou energií při ceně 3,2 Kč/kWh v roce 2010[22]. Avšak v roce 2017 je cena 4,8 Kč/kWh, takže dnešní roční náklady jsou mnohem vyšší. Při teplotě 80°C činí roční náklady až 1 350 000 Kč (zvýšení o 450 000 Kč) při 70°C činí roční náklady 750 000 Kč (zvýšení o 250 000 Kč) a při teplotě 60°C činí roční náklady 405 000 Kč (zvýšení o 135 000 Kč) a lze očekávat, že ceny v budoucnu nadále porostou a tím by se zvyšovali i náklady. Zvýšení energetických nákladů lze vidět na grafu (Obr. 13).

Sleva chemických přípravků od dodavatele nepřinese žádnou výraznou úsporu a vyjednávání za lepší cenu elektrické energie je téměř nadlidský úkol, takže jedinou optimistickou cestou je nalezení úspory na straně spotřeby energie. Úspory spotřeby energie lze dosáhnout použitím lázní pracujících při nižší provozní teplotě a takovou jednou z variant může být odmašťovací lázeň řady UniClean Bio, které jsou navrženy tak, aby zajistili výborné odmaštění celé řady základních materiálů již při teplotě 45-50°C. Speciální přísady a tenzidy zajistí odmaštění při nízké teplotě a biologická složka díky schopnosti přirozeně odbourávat emulgované oleje zase výrazně prodlouží životnost odmašťovací lázně, v některých případech může jít až o roky. Díky tomu se odmašťovací lázeň sama regeneruje a odmašťovací účinek lázně se s časem nesnižuje. Avšak co se výrazně sníží, jsou náklady na udržování teploty a ohřev lázně, množství přísady pro znovuzakládání lázně a množství odpadu.

Lázně využívají tzv. proces bioremedlace. Tento proces není ničím cizorodým, ale naopak se kolem nás odehrává každý den. Bioaktivní složky rozkládají organické látky, jako jsou nečistoty a mastnota na oxid uhličitý a vodu. Samotná biologická složka neslouží k vlastnímu odmaštění dílců, k tomu jsou v lázni jiné aktivní látky a další přísady, ale slouží k prodloužení životnosti lázně.

Tyto lázně se již používají od roku 2007 v Americe a Asii, od roku 2009 v Polsku a od roku 2010 v ČR. Díky tomu lze vyzdvihnout pár zajímavých čísel. Tyto odmašťovací lázně nám výrazně sníží náklady na otop lázně cca o 50 %. Navíc zvyšuje životnost lázně v porovnání s klasickou chemickou odmašťovací lázní [23].



Obr. 13: Porovnání ročních nákladů na ohřev a udržování teploty při 3 směnném provozu a objemu lázně 5000l. [23]

## 5.10 Manganofosfátování jako náhrada černění

Manganofosfátování a černění jsou již desetiletí známé technologie pro úpravu povrchu železných materiálů. Důležité faktory starší techniky černění, se od počátku nijak nezměnily. Pouze technika se za desetiletí přizpůsobila rostoucím požadavkům, bezpečnosti práce a okolnostem životního prostředí. Účelem nasazení černění je dekorativní černé zbarvení a dočasná ochrana proti korozi v oblastech strojírenství a zbraní. Účelem manganofosfátování původně bylo, a ještě stále je, zlepšení tření, tedy výhodné ovlivnění záběhových procesů s kluzným třením, a proto tato technologie bývá označovaná také jako kluzné fosfátování. Navíc manganofosfátování nabízí nejen dočasnou ochranu proti korozi, zvláště při následném naolejování, ale dokonce taky vytváří na povrchu vrstvu šedočerné barvy.

**Černění** – pod tímto pojmem se rozumí „výroby“ vrstvy oxidu na železe, litině nebo oceli ponořením dílů do vařícího alkalického roztoku. Účel černění je obvykle dekorativní zbarvení a krátkodobá korozní odolnost částí strojů při dodržení přísných bezpečnostních opatření. Černění je vhodné jak pro závěsové tak pro bubnové zboží.

**Manganofosfátování** – fosfátování probíhá v roztoku kyseliny fosforečné. Na fosfátovaném povrchu vzniká krystalická vrstva skládající se z fosfátů. V případě manganofosfátování jsou to fosfáty manganu a železa. Toto fosfátování je vhodné také jako kluzké fosfátování. Přípravky pro fosfátování jsou vhodné jak pro závěsové zboží tak pro bubnové [24].

Tabulka 2: Příklad dvoustupňového černění. [24]

| Pozice stupeň | Pracovní           | Produkt (ZWEZ Chemie GmbH) | Doba ponoru (min) | Teplota (°C) |
|---------------|--------------------|----------------------------|-------------------|--------------|
| 1             | Odmaštění          | DEGRELIT                   | 5 – 10            | 50 - 85      |
| 2             | Třístupňový oplach | voda                       | 1 – 3             | tm*          |
| 3             | Moření             | DEGRELIT                   | 3 – 10            | tm – 50      |
| 4             | Třístupňový oplach | voda                       | 1 – 3             | tm           |
| 5             | Černění            | NEGROVIT                   | 10 – 15           | 138 – 140    |
| 6             | Oplach             | voda                       | 3                 | tm – 40      |
| 7             | Černění            | NEGROVIT                   | 10 – 15           | 141 – 145    |
| 8             | Oplach             | voda                       | 3                 | tm – 40      |
| 9             | Třístupňový oplach | voda                       | 3                 | tm           |
| 10            | Naolejování        | WEZETOL                    | 5 – 10            | tm           |

\*tm – teplota místnosti

Tabulka 3: Příklad manganofosfátování.[24]

| Pozice | Pracovní stupeň    | Produkt<br>(ZWEZ Chemie<br>GmbH) | Doba ponoru<br>(min) | Teplota<br>(°C) |
|--------|--------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------|
| 1      | Odmaštění          | DEGRELIT                         | 5 – 10               | 50 - 85         |
| 2      | Třístupňový oplach | voda                             | 1 – 3                | tm*             |
| 3      | Moření             | DEGRELIT                         | 3 – 10               | tm – 50         |
| 4      | Třístupňový oplach | voda                             | 1 – 3                | tm              |
| 5      | Aktivace           | PHOSCOND                         | 3 – 5                | 20 – 45         |
| 6      | Fosfátování        | PHOSPHAVIT                       | 5 – 20               | 95 – 98         |
| 7      | Oplach             | voda                             | 3                    | tm – 40         |
| 8      | Třístupňový oplach | voda                             | 3                    | tm              |
| 9      | Naolejování        | WEZETOL                          | 5 – 10               | tm              |

\*tm – teplota místnosti

Tabulka 4: Vlastnosti černění a fosfátování. [24]

|                          | Černění   | Manganofosfátování  |
|--------------------------|---|---|
| Označení podle DIN 50960 | br B f  | Mnph r 10 f   |
| Struktura vrstvy         | směs oxidů  | (Mn,Fe) <sub>5</sub> H <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O |
| Tloušťka vrstvy          | cca. 1 μm   | 2 – 5 μm  |
| Barva                    | černá   | tmavě šedá až černá   |
| Struktura vrstvy         | amorfní   | jemnozrná   |
| Kontrola vrstvy          | vzhled, korozní odolnost,<br>ochranná hodnota, hmotnost | Vzhled, korozní odolnost,<br>tloušťka a hmotnost                                      |
| Odolnost v solné mlze    | bez naolejování: 30 minut<br>s naolejováním: 24 hodin   | bez naolejování: 3 hodiny<br>s naolejováním: 48 hodin                                 |

Tabulka 5: Náklady, spotřeba chemie a energie. [24]

|   | Černění                     | Manganofosfátování           |
|---|-----------------------------|------------------------------|
| Nasazení                                | 82 kg/100 l                 | 13 kg/100 l                  |
| Spotřeba chemikálií                     | 15 – 30 g/ m <sup>2</sup>   | 100 – 130 g/ m <sup>2</sup>  |
| Spotřeba energie*<br>dle pozice černění | 120 kW, 60kW                | 40 kW                        |
| Ztráty odparem                          | 30 – 35 kg/m <sup>2</sup> h | 25 – 30 kg/ m <sup>2</sup> h |
| Náklady na likvidaci<br>bez dopravy     | 40 EUR                      | 15 EUR                       |

\*Vypočítán pro ohřívání 100 litrů kapaliny z 20 °C na provozní teplotu za 3 hodiny. Maximální průchod zboží je 250kg/10 minut.

Moderní povrchy z manganofosfátování splňují všechny rozměrové, dekorativní a ochranné požadavky a jsou tedy pravou alternativou ke klasickému černění. Díky nižší spotřebě energie při fosfátování je možná úspora až 70%. Náklady na spotřebu vody a na vytápění jsou díky nižší pracovní teplotě nižší, to je však vyrovnáno vyšší spotřebou chemikálií. Investiční náklady pro linku jsou při fosfátování nižší než při černění a to kvůli menšímu počtu nádrží a menším nárokům na odsávání a vyhřívání, protože páry vznikající při manganofosfátování se čistí v odlučovači, zatímco plyny vznikající při černění musí být odsávány. Množství vznikajícího kalu je přibližně stejné, ale náklady na likvidaci kalu z manganofosfátování jsou zhruba o 2/3 menší než při černění. Z hlediska životního prostředí všechny argumenty hovoří pro manganofosfátování, protože koncentrát pro manganofosfátování není na rozdíl od černicí soli žádná nebezpečná látka. Při plánování nových linek a při vývoji dílu je výhodné učinit rozhodnutí ve prospěch fosfátování. Nasazení černění je výhodné pouze tam, kde je nutná amorfní struktura, a kde bude dostatečné skrz ochranu a dekorativní vlastnosti černé vrstvy. V mnoha oblastech strojírenství bylo upřednostněno manganofosfátování před černěním právě z důvodů výše uvedených aspektů [24].

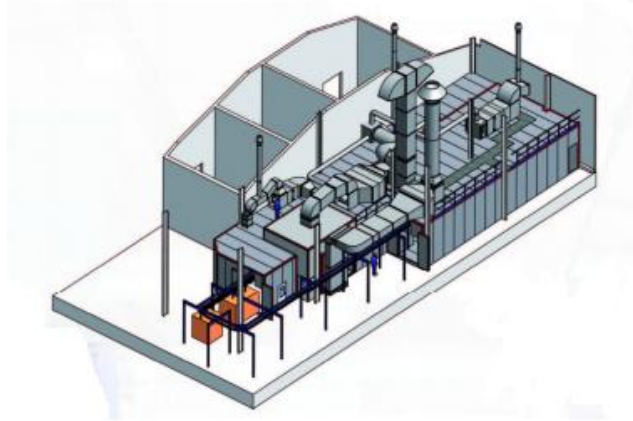
## 5.11 Využití odpadního tepla pro ohřev agregátů lakovny

Provoz lakovny představuje jednu z nejvíce energetických náročných operací a to má pak i dopad na výslednou cenu vyráběného produktu. Zařízení pro nanášení nátěrových hmot a lakovací linky zahrnují více zařízení s vysokou energetickou spotřebou. Jedná se o vytápění lázní, ohřev sušáren a vypalovacích pecí a ohřev přiváděného vzduchu do aplikační kabiny. Častým současným řešením je klasické napájení agregátů známými energiemi, jako například zemním plynem, elektrickým proudem, olejem atd. To znamená, že spotřeba těchto energií je vázána pouze na zajištění provozu lakovací linky s nízkým stupněm využití jejich celkové energetické hodnoty.

Kvůli dosažení větší konkurenceschopnosti snížením výrobních nákladů a z důvodu minimalizace vlivu na životní prostředí se jeví jako vhodná cesta získávání více druhů využitelné energie z jednoho primárního zdroje. Díky tomuto trendu snižování nákladů na výrobu, se firma Thaler Maschinenbau GmbH v roce 2008 rozhodla zareagovat a pořídit lakovací linku s využitím odpadních medií s energetickým obsahem pro vytápění za současného zásobení z vlastní odběrné sítě elektrickým proudem. Tato lakovací linka pracuje na principu kogenerace pro vytápění lakovací linky a neosazování jednotlivých zařízení vlastními energetickými zdroji. To vše za současné produkce elektrické energie, přednostně využitě pro vlastní spotřebu s odvodem přebytku do rozvodné sítě.

Lakovací linka slouží k lakování pro předměty, které konstrukčně tvoří lesní a zemědělské stroje vyráběné firmou Thaler. Linka je určena pro povrchovou úpravu ocelových dílů o maximálních rozměrech: 2500 x 1400 x 1800 (d x š x v). Nosná pojezdová jednotka Power & Free dopravníku je dimenzována na provozní zatížení 1000 kg. Kapacita linky činí 20 traverz s upravenými díly za hodinu

provozu. Používány jsou vysoce sušinové dvouvrstvé nátěrové hmoty s obsahem těkavých organických látek pod 10% hm a většina dílů je před nanášením NH tryskána. Linka je navržena pro dvouvrstvé nanášení základního a vrchního laku v lakovací kabině s následnou vytápěnou vytěkáací zónou a sušárnou nátěrových hmot.



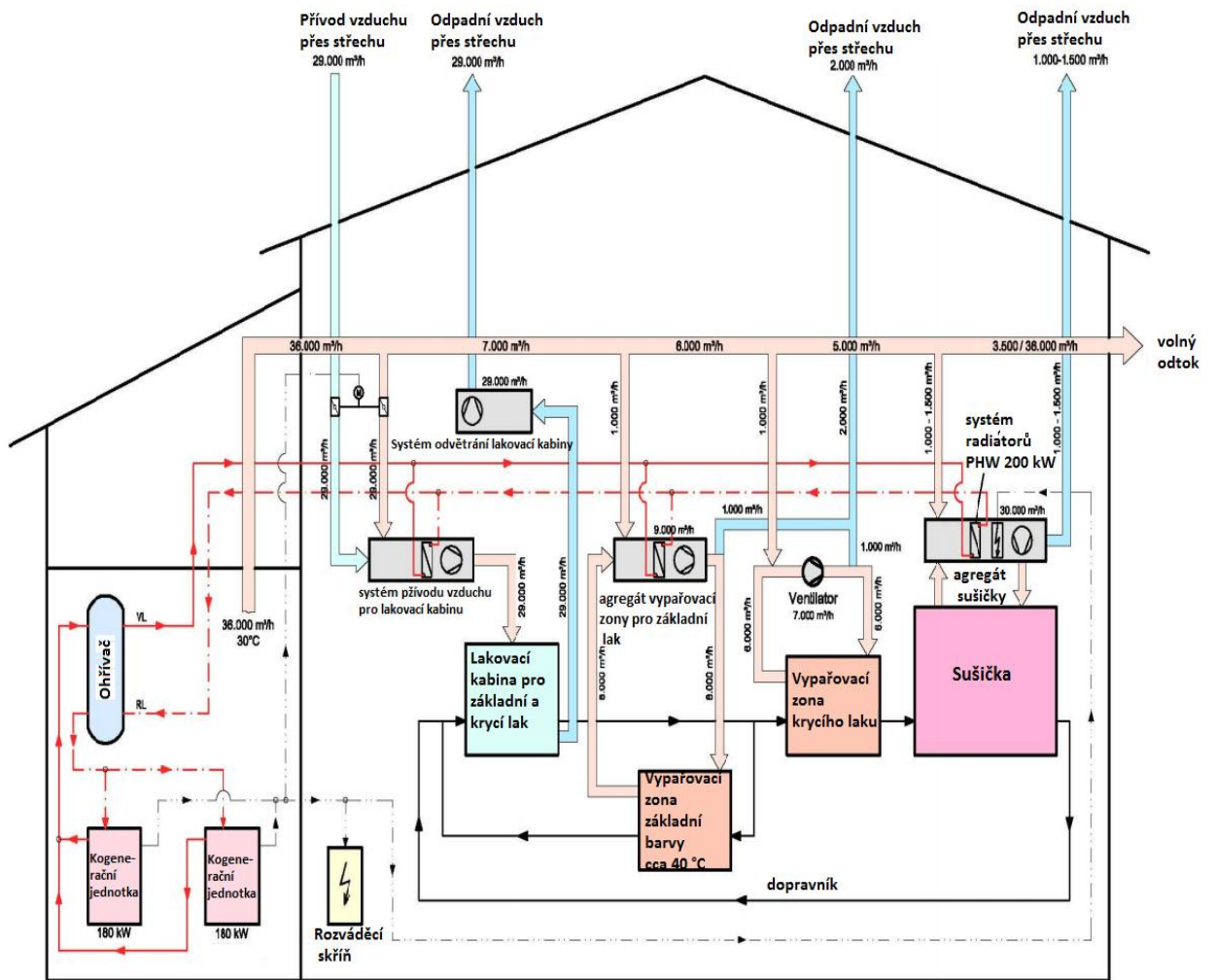
Obr. 14: 3D model lakovací linky. [25]

Instalované topné příkony jednotlivých zařízení jsou následující:

- Cirkulační a topný agregát sušárny nátěrových hmot – 200 kW
- Přívodní vzduchotechnická jednotka lakovací kabiny – 340 kW
- Vzduchotechnický agregát vytěkáací zóny – 40 kW

Základem celého tohoto systému jsou dvě instalované kogenerační jednotky pro spalování odpadových olejů. Každá tato jednotka má produkci 180 kWh elektrické energie. Teplo vznikající při ochlazování média spalovacího motoru a při spalování teplého média je pomocí výměníku tepla převedeno do teplovodního čerpadlového systému s centrálním zásobníkem vody, která je cirkulačním potrubím rozváděná k horkovodním výměníkům v jednotlivých vzduchotechnických jednotkách. V agregátu sušárny je dodatečně namontován elektrický topný registr s využitím vyráběné elektrické energie a tím je umožněno provozovat sušárnu s vyšší teplotou cirkulujícího vzduchu, než je teplota topné vody v případě použití jiných lakovacích systémů. Při správném technickém návrhu celého systému lakovací linky je docíleno celkové energetické soběstačnosti lakovací linky jak v kategorii tepelných příkonů, tak v kategorii elektrických. Na schématu (Obr. 15) je znázorněno celkové energetické řešení linky.





Obr. 15: Schéma řešení energetické linky. [25]

Z dat z uvedení lakovací linky do provozu s dosažením projektované kapacity je možní potvrdit, že i v podmínkách zimního období dosáhlo zrealizované řešení 100 % energetické soběstačnosti v obou energetických kategoriích. Použitím kogeneračních jednotek se nezvyšují náklady na celkovou údržbu lakovací linky. Dodatečné náklady na údržbu se vztahují pouze na motory tepelné elektrárny, kterou je nutné provádět několikrát měsíčně, a na výměnu převodových olejů.

Komunikace lokální řídicího systému kogenerace a řízení lakovací linky je uskutečněno pomocí průmyslové sběrnice Profibus. Při spuštění provozu lakovací linky je teplota topné vody zvýšená z 80 °C na provozní 95 °C. Při skončení provozu lakovny za nepřetržitého provozu kogeneračních jednotek je teplota vody snížena zase na původní hodnoty za současné změny účinku rekuperátoru z důvodu, že by mohlo dojít k přehřátí spalovacího motoru. Systém lze provozovat i bez chodu vlastní lakovací linky pro vytápění prostředí haly, případě jiných teplených spotřebičů [10, 25].

Na základě získaných výsledků z provozu lakovací linky lze stanovit předpoklad níže uvedené energetické bilance a očekávaných přínosů. Tepelná bilance za 1 rok provozu, 250 pracovních dnů s čistým provozním využitím 8 hodin denně.

*Celková roční úspora topného oleje využitím druhotně suroviny p.a. je 136 850 l.*

***Snížení nákladu na lakovací proces:***

*160 závěsů za den x 250 pracovních dnu = 40 000 dílů p.a.*

*136 850 l topného oleje x 0,80 € = 109 480 €*

*109 480 € / 40 000 dílů = 2,73 € úspora energie na jeden lakovaný závěs*

V poměru topného oleje nebo plynu asi 80 centů za 10 kWh vyplývající z teplené bilance se jedná o energetické úspory cca 109 000 € ročně. Ve vyúčtování je již zohledněn prodej vyrobené energie zpět do rozvodné sítě za podporovanou cenu a zpětný nákup elektrické energie pro vlastní spotřebu za cenu tržní [26].

Na závěr lze konstatovat, že zmíněné řešení představuje cestu k druhotnému použití spalitelných odpadových produktů za současného pokrytí tepelných energetických provozu lakovací linky a za dnešní produkce elektrické energie v oblasti obnovitelných zdrojů s využitím subvencovaného nákupu [10].

## **5.12 Úspory energie na lakovně pomocí tepelných čerpadel**

S pomocí tepelných čerpadel se odpadní teplo z pecí zužitkuje a použije se pro ohřev vany chemické předúpravy. Tímto lze dosáhnout efektivnější produkce a spotřeba energie se sníží o více než polovinu. Ve snížení spotřeby hrají velkou roli právě tepelná čerpadla. Dvě jednotky využívají odpadní teplo, které pochází z výparů z předúpravy, sušící pece a chladicí zóny. Kondenzáty se navíc vrací zpět do systému předúpravy. Maximální teplota těchto čerpadel na výstupu je 65 °C, avšak aby toto teplo mohlo být použito pro ohřev odmašťovací lázně, nesmí mít tato lázeň vyšší provozní teploty než 55 °C, tím pádem je nutno dobu expozice přizpůsobit teplotě a obsahu chemikálií v lázni, aby bylo dosaženo požadovaného odmašťovacího efektu. Kvůli rychlému ohřevu po odstávce lázně je odmašťovací stupeň vybaven klasickým plynovým ohřevem. Praxe však ukazuje téměř nulové využití plynového ohřevu během standardní produkce [26].

## **5.13 Úspory energie v předúpravě v lakování**

Jedná se o novou chemickou předúpravu, kde příprava výrobků probíhá v postřikovém tunelu o 6 stupních. Odmaštění je následováno třemi oplachovými stupni, pasivací a závěrečným oplachem. Celá tato předúprava je vytvořena pro snížení spotřeby energie a dosažení anomálního množství odpadních vod. Postřiková čerpadla jsou vybavena frekvenčními měniči, odmašťovací stupeň sběračem oleje

a všechny lázně také mají externí patronový filtr. Je snímána vodivost oplachu, která přechází pasivaci. Při překročení požadované hodnoty se lázeň pročistí přes iontoměnič. Veškerá voda projde zařízením pro rezervní osmózu. Díky těmto opatřením je spotřeba vody velmi nízká a životnost lázně dlouhá. Materiál výrobku tvoří nerezavějící materiály, ocel a zároveň zinkovaná ocel. Pro všechny tyto jmenované materiály se používá technologie Oxsilan. Řízení lázně s Oxsilanem je velmi snadné, protože hodnota pH a konduktivity se měří průběžně a pomocí připojeného dávkovacího čerpadla se tyto hodnoty udržují na správné úrovni [26].

## **5.14 Úspory díky řídicímu systému**

V dnešní době dosahuje průmysl plné automatizace a robotizace. To lze skvěle využít v řízení systému. Řídicí systém propojuje všechny řídicí jednotky do jednoho a vše na sebe navazuje, tak nedochází k žádným časovým prodléváním. Pomocí toho se zvyšuje produkce a výrobní energetické náklady na výrobek jsou nižší, protože za stejné energetické náklady se stihne více výrobků. Navíc systém dokáže, během přestávek celou linku snadno přepnout do úsporného režimu, kdy dojde ke snížení teplot a ochraně výrobků v peci. Celý systém je vybaven snímači, takže lze na dotykové obrazovce vše snadno sledovat. Například v lakování dokáže snímač odhalit, kde je dopravník zaplněn a kde je prázdné místo. V těchto prázdných místech pak dochází k automatickému zastavování postřikových čerpadel, čímž se opět dosahuje značných úspor energie [26].

## **5.15 Použití LED osvětlení jako alternativa zářivky**

Osvětlené prostředí je potřebné například v lakovně. Momentálně se hojně využívají zářivky, ale ty nejsou moc energeticky účinné a mohou být škodlivé, avšak zářivky lze v dnešní době nahradit vysoce kvalitními LED moduly. LED mají ve srovnání s tradičními světelnými zdroji podstatě delší životnost a díky jejich velikosti a kompaktnosti potřebují mnohem méně místa. Vyznačují se tím, že světlo může být realizováno s nižší výškou nebo hloubkou. Další výhodou LED světel je, že nabízejí svůj plný světelný výkon ihned po zapnutí a poskytují velmi dobré podání barev. Nainstalování LED technologie nám zlepší světelné podmínky a sníží provozní náklady.

Podle propočtu Asociace německých výrobců elektrických a elektronických produktů by Německo ušetřilo přibližně 8,3 miliardy kWh, kdyby přešli všichni na zcela energeticky úsporné osvětlení. To by bylo asi 5 milionů tun CO<sub>2</sub> a asi 1,2 miliardy eur. Energeticky úsporné osvětlovací prostředky jsou LED, které jsou stále častěji používány jako průmyslové osvětlení nebo k osvětlení pracoviště [29].

## 5.16 Vytápění s odpady z barev a plastů

Ať už je to prášková barva nebo brusný prach, odpad musí být zlikvidován a to je velmi drahé. V budoucnu mohou společnosti ušetřit náklady na likvidaci a snížit náklady na vytápění nově vyvinutými systémy pro spalování práškové pevné látky.

Takovýto odpad například vzniká při lakování a firma ho musí likvidovat, avšak při jeho likvidaci musí firma šáhnout hluboko do kapsy. Firmy v budoucnu budou moci tyto náklady ušetřit a také sníží náklady na vytápění haly, sušáren a mnoho dalších vysokoteplotních procesů. S nově vyvinutým systémem, lze použít všechny hořlavé práškové průmyslové odpady, k vytvoření tepla, ať už je to barva, plastový prášek nebo částice dřeva. Potenciál úspor je obrovský, 25% se obvykle používá pro vytápění zemním plynem, který lze tímto systémem spalování nahradit. Navíc se nám sníží o 100 % náklady na likvidaci a ještě takto může dokonce vyrábět elektřinu, která může být dodávána do sítě.

Systém se skládá ze tří základních jednotek: prachového hořáku, ohřevu vody a filtračního systému. Práškový odpad je pneumaticky (stlačen vzduchem) transportován do hořáku, tam záměrně smíchán se vzduchem a nakonec spálen. Ohřátá voda pak generuje teplo a tak ohřívá halu nebo sušárny. Výfukové plyny vznikající při spalování jsou extrahovány a čištěny ve filtračním systému [30].

## 6 Experimentální část

### 6.1 Úvod do experimentální části

Experimentální část se zabývá tím, jak velký vliv na úsporu energie má tepelná izolace. Tepelná izolace se používá u vytápěných van, tunelů či pecí. Tento experiment je zaměřen na vytápění van. Avšak z výsledných údajů lze odvodit, jak velkou úlohu může hrát i v jiném místě použití než u van.

Jako provizorní vana slouží nádoba o objemu 5 litrů. Do této nádoby je nalito 4 litry vody o teplotě 24 °C. Tato voda je přivedena na bod varu (100 °C). Ohřev probíhá pomocí elektrického vařiče, který je zapojený do wattmetru, který počítá spotřebu v kWh a dobu ohřevu. Tento ohřev je proveden šestkrát a postupně je přidávána izolace z pěnového polyetylenu. Tři ohřevy jsou provedeny bez poklopu a tři ohřevy s poklopem, kvůli srovnání, protože velké množství tepla uteče vrchní částí. Ohřev probíhá za teploty okolí 21 °C

#### Pomůcky:

Nádoba o objemu 5l, elektrický vařič, wattmetr P5801, pěnový polyetylen o tloušťce 4 mm, pěnový polyetylen o tloušťce 2 mm, voda

### 6.2 Měření č. 1

Měření číslo 1 - bez izolace a bez poklopu

*Doba ohřevu = 1560 s*

*Spotřeba elektrické energie = 0,568 kWh*



Obr. 16: Měření č. 1- Nádoba bez izolace a bez poklopu

### 6.3 Měření č. 2

Měření číslo 2 - s izolací o tloušťce 4 mm a bez poklopu

*Doba ohřevu = 1380 s*

*Spotřeba elektrické energie = 0,528 kWh*



*Obr. 17: Měření č. 2 - Nádoba s izolací 4 mm a bez poklopu*

### 6.4 Měření č. 3

Měření číslo 2 - s izolací o tloušťce 6 mm a bez poklopu

*Doba ohřevu = 1260 s*

*Spotřeba elektrické energie = 0,490 kWh*



*Obr. 18: Měření č. 4 - Nádoba s izolací 6 mm a bez poklopu*



Obr. 19: Ukázka izolace 4 mm a 2 mm

## 6.5 Měření č. 4

Měření číslo 4 - bez izolace a s poklopem

*Doba ohřevu = 1200 s*

*Spotřeba elektrické energie = 0,468 kWh*



Obr. 20: Měření č. 4 - Nádoba bez izolace s poklopem

## 6.6 Měření č. 5

Měření číslo 5 - s izolací 4 mm a s poklopem

*Doba ohřevu = 1080 s*

*Spotřeba elektrické energie = 0,450 kWh*



*Obr. 21: Měření č. 5 - Nádoba s izolací 4 mm a poklopem*

## 6.7 Měření č. 6

Měření číslo 6 - s izolací 6 mm a s poklopem

*Doba ohřevu = 1050 s*

*Spotřeba elektrické energie = 0,437 kWh*



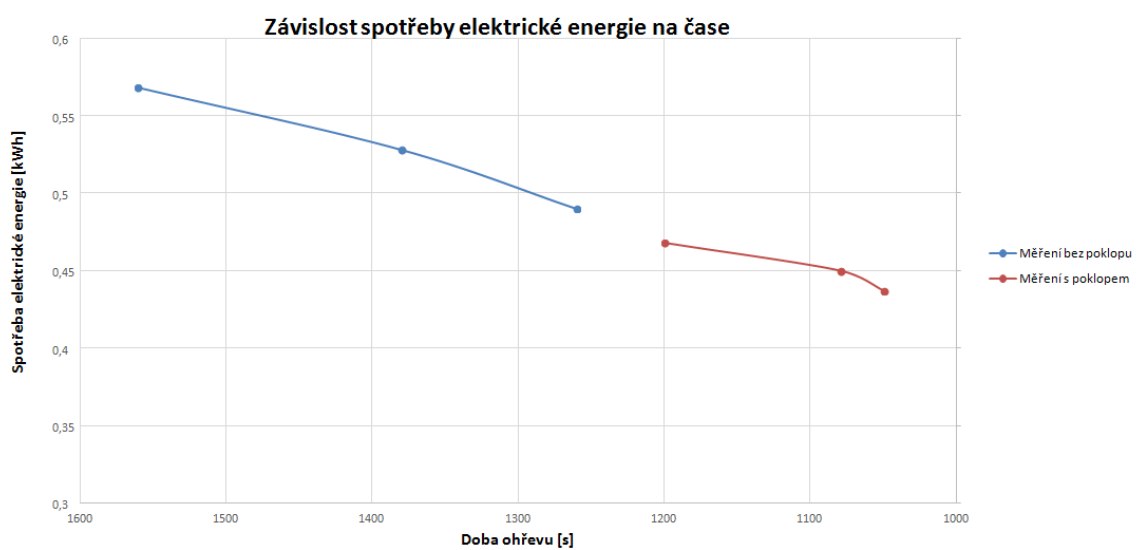
*Obr. 22: Měření č. 6 - Nádoba s izolací 6 mm a s poklopem*



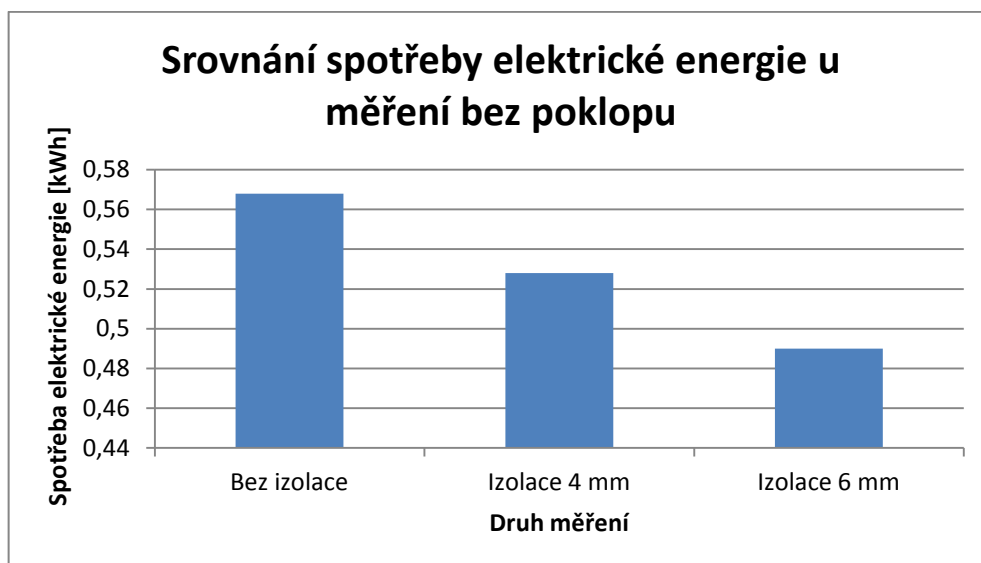
## 6.8 Souhrn experimentu

Tabulka 6: Souhrn všech měření

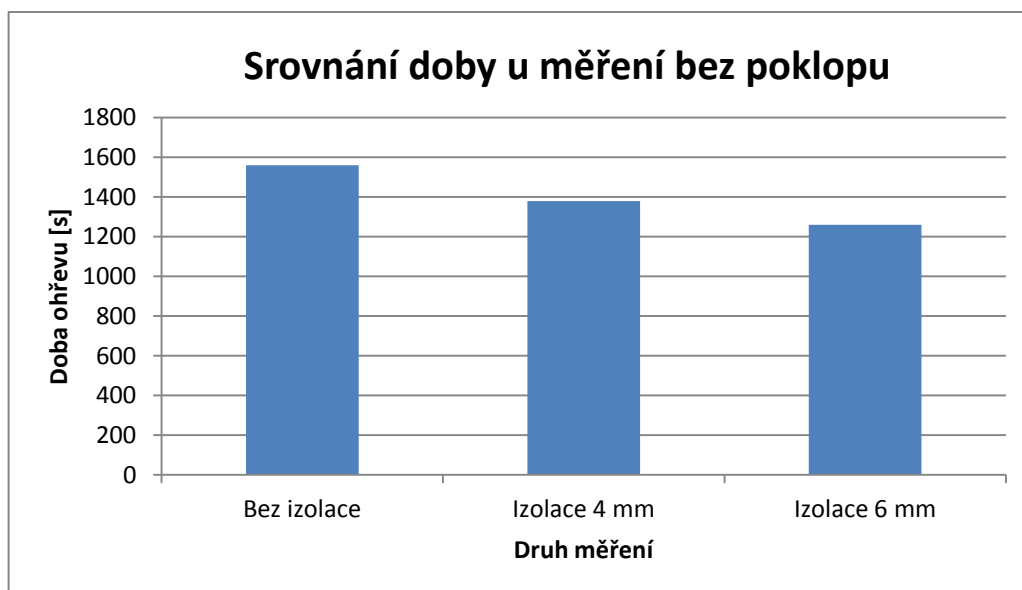
| Druh měření                   | Doba [s] | Spotřeba elektrické energie [kWh] |
|-------------------------------|----------|-----------------------------------|
| Bez izolace<br>a bez poklopu  | 1560     | 0,568                             |
| Izolace 4 mm<br>a bez poklopu | 1380     | 0,528                             |
| Izolace 6 mm<br>a bez poklopu | 1260     | 0,49                              |
| Bez izolace<br>a s poklopem   | 1200     | 0,468                             |
| Izolace 4 mm<br>a s poklopem  | 1080     | 0,45                              |
| Izolace 6 mm<br>a s poklopem  | 1050     | 0,437                             |



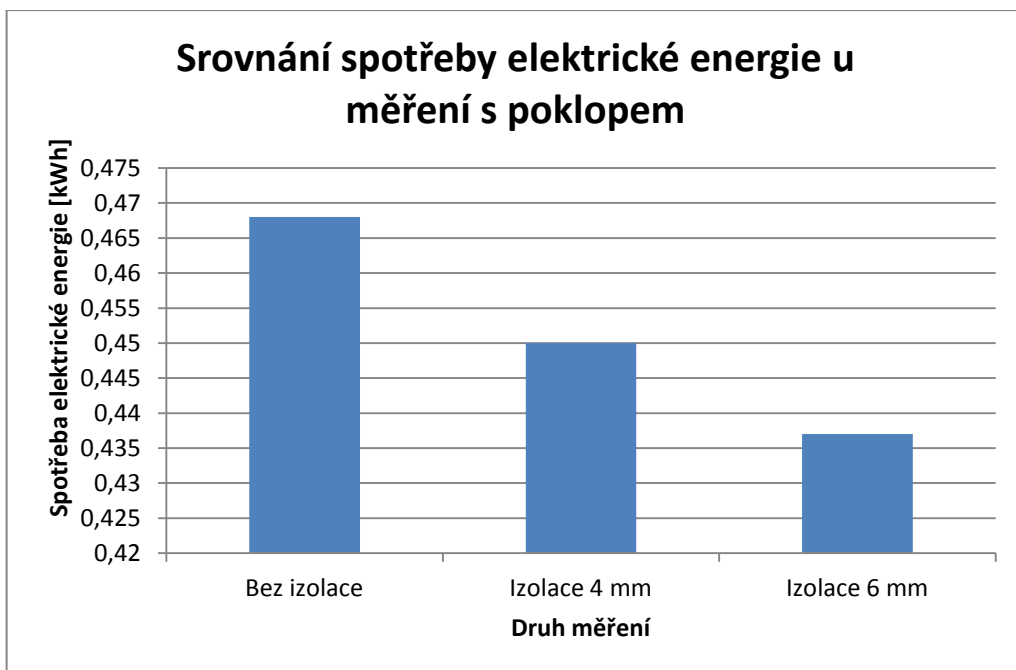
Obr. 23: Závislost spotřeby elektrické energie na čase



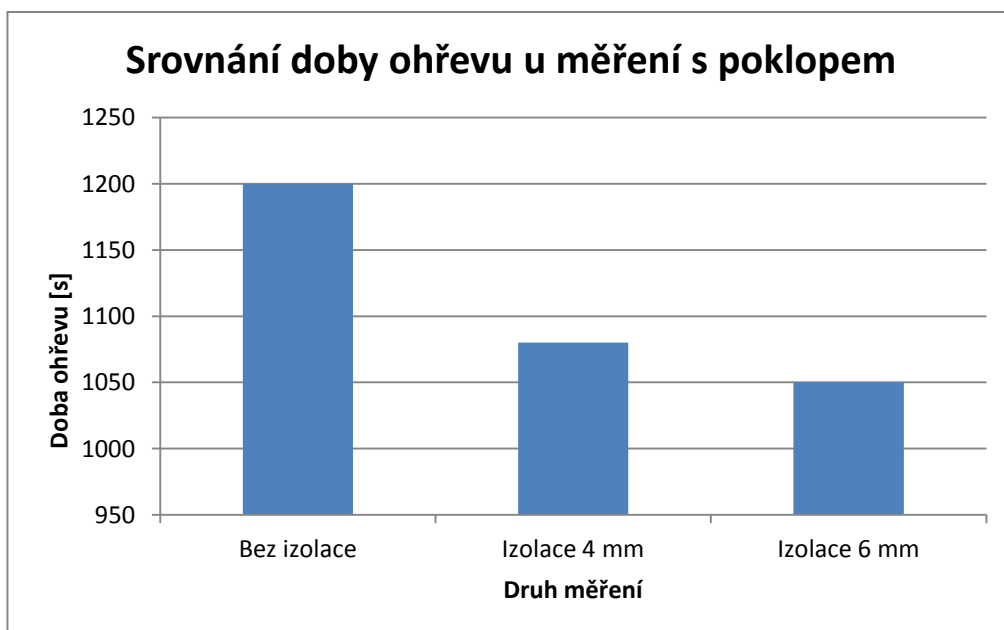
Obr. 24: Srovnání spotřeby elektrické energie u měření bez poklopu



Obr. 25: Srovnání doby ohřevu u měření bez poklopu



Obr. 26: Srovnání spotřeby elektrické energie u měření s poklopem



Obr. 27: Srovnání doby ohřevu u měření s poklopem

## 6.9 Závěr experimentu

Z experimentu jde vidět, že pomocí izolace se nám zkrátí čas ohřevu kapaliny a tím se sníží spotřeba energie (Obr. 23). Avšak doba ohřevu a tím spotřeba energie závislá na všech okrajových podmínkách. Tedy na druhu a objemu kapaliny, na teplotě ohřevu, na materiálu a tloušťce izolace atd. Pomocí izolace a s automatickým řídicím systémem ohřívání udržíme déle určitou teplotu bez přitápění a tím ušetříme další energii, protože automatický systém sám bude ohřev vypínat a zapínat pomocí snímačů teploty.

Experiment byl rozdělen do dvou částí z důvodu, aby bylo zjištěno, jak velký vliv má na ohřev poklop lázně. Podle zjištěných hodnot jde vidět, že uzavřená lázně dosahuje mnohem větších energetických úspor než otevřená. Některé žárové zinkovny na zinkovou lázeň poklop používají. Za zvážení by stálo, zda by se vyplatilo používat i na lázních na před úpravu povrchu všude tam, kde se ohřívá lázeň. Avšak musí se brát v úvahu provoz. Otevírání a zavírání poklopu by mohlo být časově zdlouhavé a úspora za energii by mohla být pak zanedbatelná.

Izolace by mohla najít uplatnění ve ventilacích na získání více odpadního tepla. Při odvodu odpadního tepla dochází ke ztrátám a není tedy využito všechno odpadní teplo, které by mohlo. Získalo by se více odpadního tepla a vyrábělo by více energie, která by se posílala zpět do sítě nebo firma by se stala energeticky soběstačnější. (kapitola 6.9)

Experiment potvrdil, že užívání izolace je cesta k úsporám energie. Při vývoji nových materiálů za využití nových technologií (nanotechnologie) se izolace může zdokonalovat a přinést ještě větší energetické úspory.

## Závěr

Možností úspor energie v technologii povrchových úprav je mnoho. Úspory energie mohou být dosaženy v jednotlivých fázích povrchových úprav, ať už v předúpravě povrchu, dokončovacím procesu nebo sušení. Pomocí nově vyvinuté technologie, využití vzniklého odpadního tepla, použitím obnovitelných zdrojů, izolace nebo zlepšení ventilace, se získají značné energetické úspory.

Obnovitelné zdroje v momentální době ještě nedokážou nikde plně v průmyslu nahradit ty neobnovitelné. Je tomu tak i proto, že v případech větrné, geotermální a vodní elektrárny závisí velmi i na umístění, nebo na meteorologických podmínkách. U solární energie zase fotovoltaický článek dokáže přeměnit jen 17 % energie dopadajícího záření a to je příliš málo. Lepší cestou by mohla být biomasa. Vedle haly by se mohla postavit teplárna, kde by se spalovala biomasa, avšak nevýhodou je, že rostlinná biomasa je omezena ročním obdobím. V budoucnu budou hrát velkou roli paliva z biomasy (z řas a z kyseliny levulové), ale ty jsou momentálně ještě ve vývoji.

V dnešní době automatizace je důležité používat automatické řídicí systémy, které uspoří mnoho energie. Systémy obsahují různé senzory či kamery a rozpoznají, kdy pracovat a kdy ne. Nedochází tedy ke zbytečnému plýtvání.

Naprosto nezbytné je využívání vznikajícího odpadního tepla či odpadu k ohřevu nebo výrobě elektrické energie.

Značné energetické úspory se získají při promyšleném a propracovaném ventilačním systému.

Izolace může hrát velkou roli v úsporách energie. Je to levnější alternativa, než použití nových systémů či stavby vlastní elektrárny, a už od malé tloušťky má značný vliv na spotřebu energie při ohřívání, a proto se izolace používá i ve vysokoteplných pecích, kde se díky ní dosahuje teplot 500 °C a jsou stále energeticky úsporné. Izolace by měla najít uplatnění i jinde než u van, tunelů nebo pecí. Například u ventilace odpadního tepla, aby se mohl využít plný potenciál odpadního tepla a nedocházelo ke ztrátám.

Velké úspory energie jsou získané pomocí nových technologií (například nanotechnologie). A díky tomu vznikají nové druhy laků, či celé nové systémy. Lze tedy předpokládat, že vývoj nové nebo prohlubování stávající technologie bude v budoucnu hrát velkou roli v úsporách energie nejen povrchových úpravách, ale i v celém průmyslu.

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| <i>Obr. 1: Spotřeba elektřiny v ČR (1993 – 2016). [33]</i> .....   | 14 |
| <i>Obr. 2: Spotřeba energie v ČR podle sektorů v roce. [2]</i> .....   | 14 |
| <i>Obr. 3: Světové dodávky primární energie od roku 1971 do roku 2014. [4]</i> .....   | 16 |
| <i>Obr. 4: Srovnání spotřeby primární energie - dle paliv. [4]</i> .....   | 16 |
| <i>Obr. 5: Světová produkce ropy v závislosti na čase. [2]</i> .....   | 17 |
| <i>Obr. 6: Přeměna primární energie (např. větrné energie nebo uhlí) na sekundární energii (např. elektřinu) a konečné užití při vytápění, pohonu motorů, osvětlení atd. [2]</i> ..... | 22 |
| <i>Obr. 7: Energetická bilance elektrárny s paroplynovým cyklem. [2]</i> .....   | 25 |
| <i>Obr. 8: Příklad energetické bilance topného/ kotle. [2]</i> .....   | 27 |
| <i>Obr. 9: Kroky ke zvýšení účinnosti kotle. [2]</i> .....   | 28 |
| <i>Obr. 10: Energetická bilance kompresoru. [2]</i> .....  | 30 |
| <i>Obr. 11: Energetické úspory - systém stlačeného vzduchu. [2]</i> .....  | 30 |
| <i>Obr. 12: Zpětné získávání tepla v žárové zinkovně. [34]</i> .....   | 31 |
| <i>Obr. 13: Porovnání ročních nákladů na ohřev a udržování teploty při 3 směnném provozu a objemu lázně 5000l. [23]</i> .....  | 44 |
| <i>Obr. 14: 3D model lakovací linky. [25]</i> .....  | 48 |
| <i>Obr. 15: Schéma řešení energetické linky. [25]</i> .....  | 49 |
| <i>Obr. 16: Měření č. 1- Nádoba bez izolace a bez poklopu</i> .....  | 53 |
| <i>Obr. 17: Měření č. 2 - Nádoba s izolací 4 mm a bez poklopu</i> .....  | 54 |
| <i>Obr. 18: Měření č. 4 - Nádoba s izolací 6 mm a bez poklopu</i> .....  | 54 |
| <i>Obr. 19: Ukázka izolace 4 mm a 2 mm</i> .....   | 55 |
| <i>Obr. 20: Měření č. 4 - Nádoba bez izolace s poklopem</i> .....  | 55 |
| <i>Obr. 21: Měření č. 5 - Nádoba s izolací 4 mm a poklopem</i> .....   | 56 |
| <i>Obr. 22: Měření č. 6 - Nádoba s izolací 6 mm a s poklopem</i> .....   | 56 |
| <i>Obr. 23: Závislost spotřeby elektrické energie na čase</i> .....  | 57 |
| <i>Obr. 24: Srovnání spotřeby elektrické energie u měření bez poklopu</i> .....  | 58 |
| <i>Obr. 25: Srovnání doby ohřevu u měření bez poklopu</i> .....  | 58 |
| <i>Obr. 26: Srovnání spotřeby elektrické energie u měření s poklopem</i> .....   | 59 |
| <i>Obr. 27: Srovnání doby ohřevu u měření s poklopem</i> .....   | 59 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| <i>Tabulka 1: Hlavní použití energie [2]</i> .....               | 26 |
| <i>Tabulka 2: Příklad dvoustupňového černění. [24]</i> .....     | 45 |
| <i>Tabulka 3: Příklad manganofosfátování. [24]</i> .....         | 46 |
| <i>Tabulka 4: Vlastnosti černění a fosfátování. [24]</i> .....   | 46 |
| <i>Tabulka 5: Náklady, spotřeba chemie a energie. [24]</i> ..... | 46 |
| <i>Tabulka 6: Souhrn všech měření</i> .....                      | 57 |

## Zdroje

- [1] VRTEK, Mojmir. *Energie a její transformace* [online]. Praha: VOŠ s SPŠ elektrotechnická Františka Křižíka, leden 2008 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <http://www.vosaspsekrizik.cz/cs/download/studium/sps/elektroenergetika/energie-a-jeji-transformace.pdf>
- [2] COAKLEY, Tadhg, Noel DUFFY, Sebastian FREIBERG, Johannes FRESNER, Jos HOUBEN, Hannes KERM, Christina KRENN, Colman MCCARTHY, Harald RAUPENSTRAUCH. *Energetická účinnost průmyslu*. [online] IUSES, září 2009 [cit. 2017-6-26]. Dostupné také z: [http://www.iuses.eu/materiali/cz/MANUAL\\_PRO\\_STUDENTY/Energeticka\\_ucinnost\\_v\\_prumyslu.pdf](http://www.iuses.eu/materiali/cz/MANUAL_PRO_STUDENTY/Energeticka_ucinnost_v_prumyslu.pdf)
- [3] *Peak oil* [online]. [cit. 2017-07-02]. Dostupné z: <http://peakoil.com/what-is-peak-oil>
- [4] *Key Renewables Trends* [online] IEA 2016 [cit. 2017-07-07]. Dostupné z <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyRenewablesTrends.pdf>
- [5] *Waste energy recovery in the industry in the ECE region*. New York: United Nations, 1985. ISBN 92-1-116318-8.
- [6] *Stirlingův motor* [online]. [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://stirlingmotor.cz/>
- [7] The ORC technology. *Turboden* [online]. [cit. 2017-07-08]. Dostupné z: <http://www.turboden.eu/en/rankine/rankine-history.php>
- [8] LOLOS, Periklis A., Emanuil D. ROGDAKIS. *Thermodynamic analysis of klina power unit driven by low temperature heat sources*. *Thermal Science* [online]. 2009 [cit. 2017-07-08]. Dostupné z <http://thermalscience.vinca.rs/pdfs/2009-4/periklis.pdf>
- [9] MOHAMMAD AL-ATTAB, Khaled Ali. *Development and characterization of biomass gasifier-combustor system for hot air production*. [online]. Yemen: 2007. 24 s. Diplomová práce. University of Yemen [cit. 2017-07-09]. Dostupné z: [http://eprints.usm.my/8909/1/DEVELOPMENT\\_AND\\_CHARACTERIZATION\\_OF\\_BIOMASS\\_GASIFIER-COMBUSTOR\\_SYSTEM\\_FOR\\_HOT\\_AIR\\_PRODUCTION.pdf](http://eprints.usm.my/8909/1/DEVELOPMENT_AND_CHARACTERIZATION_OF_BIOMASS_GASIFIER-COMBUSTOR_SYSTEM_FOR_HOT_AIR_PRODUCTION.pdf)
- [10] HÝLA, Jan. Využití odpadního tepla pro ohřev technologických agregátů lakovny při kogenerační výrobě elektrické energie. *Povrchové úpravy* [online]. 2009, **2009**(02) [cit. 2017-07-10]. Dostupné z: <http://www.povrchoveupravy.cz/2009-02-clanek03.html>
- [11] Nesmáčivé povrchové úpravy. *Asio* [online]. [cit. 2017-07-12]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/plasma-nesmacive-povrchove-upravy>
- [12] Tepelná čerpadla. *O energetice* [online]. [cit. 2017-07-12]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/teplo/tepelna-cerpadla/>



- [13] Využití odpadního tepla pro výrobu elektřiny, tepla a chladu. *O energetice* [online]. [cit. 2017-07-12]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/teplo/vyuziti-odpadniho-tepla-pro-vyrobu-elektřiny-tepla-a-chladu/>
- [14] Ekonomické úspory v povrchové úpravě kovů – žárové zinkování. *Tretiruka* [online]. [cit. 2017-07-13]. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/ekonomicke-uspory-v-povrchove-uprave-kovu-zarove-zinkovani/>
- [15] Nanotechnologie. *Metalchem* [online]. [cit. 2017-07-13]. Dostupné z: <https://www.metalchem.cz/nanotechnologie>
- [16] GODNJAVEC, Jernjeja a Josef PILKA. Nanotechnologie je více než výkřik módy. *Povrchové úpravy* [online]. 2010, **2010**(2) [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://www.povrchoveupravy.cz/2010-02-clanek02.html>
- [17] UV Stop systém. *Aeroterm* [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <http://www.aeroterm.cz/uvstop-system/produkt/49/46/>
- [18] IR Stop systém. *Aeroterm* [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <http://www.aeroterm.cz/irstop-system/produkt/50/46/>
- [19] Úsporné a kvalitní sušení laku pomocí funkční keramiky. *Engineering* [online]. [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <http://www.engineering.sk/clanky2/stroje-a-technologie/2856-usporne-a-kvalitni-suseni-laku-pomoci-funkcni-keramiky>
- [20] Infrarot bedarfsgerech steuern. *Besser lackieren* [online]. [cit. 2017-07-16]. Dostupné z: <http://www.besserlackieren.de/Technologien-Substrate/Trocknen/Infrarot-bedarfsgerecht-steuern>
- [21] ŠMÍD, Jiří. Sekcionální ventilace zajišťuje významnou úsporu energie. *Povrchové úpravy* [online]. 2011, **2011**(4) [cit. 2017-07-16]. Dostupné z: [http://povrchoveupravy.cz/PDF/PU4\\_Smid.pdf](http://povrchoveupravy.cz/PDF/PU4_Smid.pdf)
- [22] Nový systém od ABB využívá cirkulaci vzduchu pro zdokonalení procesu lakování a úsporu energie. *Control engineering Česko* [online]. [cit. 2017-07-16]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/novy-system-od-abb-vyuziva-cirkulaci-vzduchu-pro-zdokonaleni-procesu-lakovani-a-uspore-ener/>
- [23] KONVALINKA, Roman. Nízkoteplotní odmaštění před galvanizací. *Povrcháři* [online]. 2011, **2011**(8), 2 [cit. 2017-07-17]. Dostupné z: [http://povrchari.cz/kestazeni/201008\\_povrchari.pdf](http://povrchari.cz/kestazeni/201008_povrchari.pdf)
- [24] LENZER, Stefan, Jaroslav BANK, Everstar s.r.o a . Černění nebo manganofosfátování? *Povrchové úpravy* [online]. 2005, **2005**(02) [cit. 2017-07-18]. Dostupné z: <http://www.povrchoveupravy.cz/2005-02-clanek01.html>
- [25] *Vortrag Thaler website kompatibilitaetsmodus* [online] Afotek [cit. 2017-07-18]. Dostupné z [http://www.afotek.de/images/downloads/Aktuell/vortrag\\_thaler\\_web\\_site\\_kompatibilitaetsmodus\\_.pdf](http://www.afotek.de/images/downloads/Aktuell/vortrag_thaler_web_site_kompatibilitaetsmodus_.pdf)
- [26] ASKENGREN, Lars. Úspory energie na lakovně díky tepelným čerpadlům NIBE. *Povrchové úpravy* [online]. 2015, **2015**(3) [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: <http://povrchoveupravy.cz/PDF/3-2015/Askengren.pdf>
- [27] Bremsscheiben innovativ schützen. *Besser lackieren* [online]. [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: <http://www.besserlackieren.de/Industrielle-Anwendungen/Automobillackierung/Bremsscheiben-innovativ-schuetzen>

- [28] X-tec-korrosionsschutz. *Nano-x* [online]. [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: <https://www.nano-x.com/start-deutsch/produkte-f%C3%BCr-die-industrie/x-tec-korrosionsschutz/>
- [29] Lackierkabinen energieeffizient ausleuchten. *Besser lackieren* [online]. [cit. 2017-07-22]. Dostupné z: [http://www.besserlackieren.de/Technik-Produkte/Lackierhilfsmittel/Lackierkabinen-energieeffizient-ausleuchten#at\\_pco=tst-1.0&at\\_si=59739e3a33ebaea8&at\\_ab=per-2&at\\_pos=0&at\\_tot=2](http://www.besserlackieren.de/Technik-Produkte/Lackierhilfsmittel/Lackierkabinen-energieeffizient-ausleuchten#at_pco=tst-1.0&at_si=59739e3a33ebaea8&at_ab=per-2&at_pos=0&at_tot=2)
- [30] Mit Abfällen aus Lack und Kunststoff heizen. *Besser lackieren* [online]. [cit. 2017-07-23]. Dostupné z: <http://www.besserlackieren.de/Technik-Produkte/Kabinen-Anlagen-Technik/Mit-Abfaellen-aus-Lack-und-Kunststoff-heizen>
- [31] Mit weniger Energie schneller trocknen. *Besser lackieren* [online]. [cit. 2017-07-25]. Dostupné z: <http://www.besserlackieren.de/Technologien-Substrate/Trocknen/Mit-weniger-Energie-schneller-trocknen>
- [32] Infračervené pece. *Surfin* [online]. [cit. 2017-07-30]. Dostupné z: <http://www.surfin.cz/cz/produkty/infrapece-vulcan>
- [33] Energetika v ČR. *Cez* [online]. [cit. 2017-08-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/cisla-a-statistiky/energetika-v-cr.html>
- [34] *Wiegel informace pro zinkování* [online] Wiegel Verwaltung GmbH, Norinberk: srpen 2013 2016 [cit. 2017-08-01]. Dostupné z [http://cz.wiegel.de/fileadmin/Redaktion/downloads-cz-sk/Wiegel\\_InformaceProZinkovani-web.pdf](http://cz.wiegel.de/fileadmin/Redaktion/downloads-cz-sk/Wiegel_InformaceProZinkovani-web.pdf)