



## **Středoškolská technika 2018**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **TEPELNÁ ELEKTRÁRNA**

**Daniel Bartoníček, Silvie Vaňková, Štěpán Pyszny, Kuba Šilhavý**

Klasické gymnázium Modřany a základní škola, s. r. o.  
Rakovského 3136/II, 143 00 Praha 4

## Obsah

Úvod .....	4
Historie .....	5
Parní stroj a Parní turbína .....	5
Otevírání dveří .....	5
Aerolipile .....	5
Parní dělo.....	5
Objev atmosférického tlaku .....	6
Parní vůz .....	6
Výbušný motor .....	6
Papiňák .....	6
První prodej .....	7
Parní stroj do dolů .....	7
James Watt .....	7
Bafající ďábel .....	8
Vzestup parní turbíny .....	8
Rozdělení moderních tepelných elektráren .....	9
Popis typů tepelných elektráren .....	9
Uhelné elektrárny.....	9
Teplárny.....	10
Kondenzační parní elektrárny .....	10
Paroplynové elektrárny .....	11
Dieselové elektrárny.....	12
Části tepelných elektráren .....	12
Chladicí věž.....	12
Turbína .....	12
Transformátor .....	13
Generátor .....	13
Kondenzátor .....	13
Kotel .....	13
Odlučovače .....	13
Odsiřování .....	14
Reaktor .....	14
Tepelné elektrárny v ČR .....	14

Elektrárna Hodonín .....	14
Elektrárna Dětmarovice.....	15
Počerady.....	15
Vítkovice .....	15
Termočlánek.....	15
Sebeckův jev .....	16
Užití termočlátku .....	17
Měření teploty.....	17
Chlazení .....	17
Výroba elektrického proudu.....	17
Naše řešení .....	18
Praktické poznatky z provozu našeho modelu.....	20
Závěr .....	21
Přílohy.....	22
Zdroje .....	29

# Úvod

V dnešní době už je prakticky nemožné se obejít bez elektrické energie. Pomáhá nám pohánět dopravní prostředky, výrobní i zemědělské stroje. Dává nám světlo, teplo a pomáhá nám k úpravě potravin. Zkrátka k fungování většiny věcí kolem nás je potřeba právě tato energie. Proto na začátku 20. století došlo k výstavbě prvních elektráren. Ty nejjednodušší byly poháněny parním strojem nebo vodním kolem.

Pokrok dnešní společnosti ale zajistil vznik mnohem pokročilejších technologií pro výrobu elektrické energie. Zdroje energie se rozdělují z ekologického hlediska na obnovitelné a neobnovitelné. K obnovitelným zdrojům patří voda, Slunce a vítr. Jejich výhoda je větší šetrnost k životnímu prostředí, ale mají menší účinnost. K neobnovitelným zdrojům patří fosilní paliva vyznačující se větší účinností.

K nejvýkonnějším elektrárnám řadíme jaderné a tepelné. V této práci se budeme věnovat tepelným elektrárnám a jejich principu. Seznámíme vás taktéž s historií už od úplného začátku ve starověkém Řecku. Pokusíme se taktéž sestavit funkční model této elektrárny pomocí Peltierova článku.

# Historie

## Parní stroj a Parní turbína

### Otevírání dveří

Parní turbína byl poprvé použita už ve starověku. První vynálezce, se kterým je spojen první vynález parního stroje byl alexandrijský Řek Heron, zvaný též Méchanikos, který žil v 1. století před naším letopočtem. Z hlediska vynálezu parního stroje je významné hlavně jeho dílo zvané Pneumatika. V něm se Heron zabývá popisem různých hydropneumatických systémů, díky kterým mohou stroje fungovat bez přispění síly člověka. Heron líčí například stroj pro otevírání dveří, který využívá tepelné roztažnosti vzduchu (Obrázek 1).

Princip je takový, že Oheň pod utěsněnou nádobou zahřeje vzduch, ten zvětší objem, pronikne do jiného uzavřeného prostoru a vytlačí odtud vodu do nádoby zavěšené na kladce. Takto zvětšená hmotnost nádoby, působící jako závaží, odvíjí provaz namotaný na ose dveří a ty se začnou pohybovat tam, kam je potřeba.

### Aerolipile

Heron si uvědomil, že tepelná roztažnost vzduchu pro vytvoření strojů s dostatečnou účinností nestačí. Protože znal vodní turbínu, která pracuje na reaktivním principu, nahradil vodu párou. Oheň zde zahříval vodu v kulovém kotli, který byl zavěšený v ložiscích. Trysky po obvodu chrlily páru, takže kotel se reaktivní silou prudce roztočil. Tento první parní strojek v historii lidstva nazývali Řekové aeolipile (Obrázek 2) – míč boha větrů Aeola.

Méně známá je další Heronova hračka: proud páry nadzvedává balónek na rozšířeném konci trubice vedoucí z kotle.

### Parní dělo

Tepelnými stroji se zabýval i Leonardo da Vinci (1452 – 1519), jeho parní zařízení dokázalo vrhnout kouli o hmotnosti asi 36 kg, do vzdálenosti 185 m.

Princip spočíval ve vstřikování malého množství vody na rozžhavený povrch, přičemž náhle vzniklý velký objem páry vyrážel ven tryskou. Šlo tedy o jakési parní dělo, které jeho tvůrce nazval Architonnerre. (Obrázek 3)

# Objev atmosférického tlaku

Roku 1609 Giovanni Battista della Porta popsal aparát, ve kterém tlak páry přímo vytlačoval vodu do výšky. Šlo o hermeticky uzavřenou kovovou nádobu s vodou, pod jejíž hladinu ústila trubice vedoucí nad kouli. Když se pod nádobou rozdělal oheň, uvnitř se zvýšil tlak a hnal vodu do trubice. Na počest svého předchůdce jej nazval Heronovou fontánou (Obrázek 4) (šlo v podstatě o obměnu Heronova pokusu s míčkem nadzvedávaným parou).

## Parní vůz

Ferdinand Verbiest je prvním člověkem, který sestrojil historicky doložený fungující parní vůz (Obrázek 5) (1676).

Většina autorů se shoduje na tom, že nešlo o skutečný vůz, ale pouze o hračku, nikdo ale nevyvrací, že opravdu jezdil. Pohon pravděpodobně netvořil skutečný parní stroj, ale spíše o cosi na způsob Heronovy parní turbíny.

Jde o trojkolku, nesoucí topeniště s mohutným parním kotlem. Pára z něj je vedena do jediné trysky na oběžné kolo jakési primitivní turbíny. Ta pak přes jednoduché převody pohání dvojici zadních kol, zatímco jedno přední kolo patrně sloužilo k řízení.

## Výbušný motor

V 80. letech 17. století experimentoval holandský učenec Christian Huygens s použitím střelného prachu v pístovém stroji, určeném pro čerpání vody. Vynalezl první výbušný motor za pomoci francouzského mechanika Denise Papina.

Jejich stroj měl hnát vodu do fontán v královských zahradách Ludvíka XIX ve Versailles. Nakonec to ale nevyšlo, protože strážní panovníka se nelíbilo, že by se v jeho blízkosti mělo vyskytovat takové množství neustále explodujícího střelného prachu. Sestrojení výbušného motoru nevyšlo, ale Huygens ani Papin se svých snů nevzdali.

## Papiňák

Huyghens se začal věnovat jiným problémům a Papin dále přemýšlel na vylepšení motoru. Místo nebezpečného střelného prachu začal využívat páru.

Píst zůstal zachován: při zahřívání jej vznikající pára zdvihala, při ochlazování kondenzovala zpět ve vodu, zmenšovala objem a píst klesal. V roce 1690 popsal Papin princip nízkotlakého parního stroje a později znovu postavil i několik parních čerpadel.

Jakýmsi vedlejším produktem jeho úsilí o parní stroj byl totiž hrnec s pojistným ventilem, který roku 1679 vynalezl (Obrázek 6) (pod dnešním názvem „papiňák“). I přes velké množství vynálezů neznal Papin svou cenu a zemřel chudý a ve své době neslavný.

## První prodej

Thomas Savery (1650 – 1715) jako první začal uvažovat o použití parních zařízení v průmyslu. Jeho stroje měly čerpat vodu z dolů. V červenci 1698 si nechal patentovat jednoduchý parní stroj. Savery se spojil s kovářem Thomasem Newcomenem, a ty spolu parní stroje nejen zdokonalili, ale začali je dokonce i prodávat.

## Parní stroj do dolů

Savery spolu s Newcomenem vymysleli jednoduchý stroj (“ohnivý stroj”) v němž pára zahřívána ohněm nejdříve píst zdvihla. Obsluha pak válec ochladila studenou vodou, pára zkonzovala, píst klesl – a to se stále opakovalo. Lidská obsluha byla později nahrazena ventilem, který se automaticky otevřel, když píst dosáhl určité polohy.

Nakonec roku 1705 oddělil Newcomen kotel od válce s pístem a vytvořil tak první prakticky použitelný motor, tzv. atmosférický parní stroj (viz 7). Na něj napojil vahadlo, které vykonávalo užitečnou práci ve spojení s důlním čerpadlem. Stroj byl poprvé použit pro veřejné účely v roce 1711.

## James Watt

James Watt se narodil 19. ledna 1736 ve skotském Greenocku. Byl vyučený mechanik a brzy ho zaujal parní motor. Roku 1763 se začal věnovat zdokonalování Newcomenova atmosférického stroje a po šesti letech práce se mu to konečně povedlo. Jeho vylepšení spočívalo v tom, že pára se namísto ochlazování ve válci začala odvádět do speciálního kondenzačního zařízení. Tato rekonstrukce odstartovala Wattovi nové vynálezy jako např. klikový mechanismus a setrvačnick, takže byl schopný vykonávat i otáčivý pohyb (1781). Roku 1782 úplně zavrhl kondenzační fázi při pohybu pístu a vymyslel prvek, který přiváděl páru střídavě na jednu a na druhou stranu válce. Už zde tedy nepracoval pouze atmosférický tlak, ale tlak páry, čímž se otevřela cesta k mnohem vyšším výkonům i lepší účinnosti. O dva roky později Watt vymyslel odstředivý regulátor (Obrázek 8), automat, který udržoval předem nastavené otáčky stroje.

Už roku 1775 Watt založil, společně s podnikatelem Matthewem Boultonem, poblíž Birminghamu továrnu na výrobu parních strojů. Aby si tyto drahé stroje mohlo koupit co nejvíce lidí, nabízeli stroje do leasingu. Jejich továrna pod značkou Boulton and Watt postupně uváděla na trh stále nové a dokonalejší motory.

# Bafající ďábel

Parní stroj Jamese Watta nebyl ale ještě dokonalý. Měl nedostatečný výkon a moc velkou hmotnost. Angličana Richarda Trevithicka napadlo, že by byl dobrý nápad nahradit koně na cestách. Jeho cílem se tedy stalo parní stroj přetvořit na dopravní prostředek.

Trevithick začal zvyšovat tlak ve válci. Pár výbuchů, které byly s vylepšením spojeny, ho ale nezastavily a představil první vysokotlaký parní stroj, který si nechal v roce 1802 patentovat. Už roku 1801 se ale proslavil stavbou prvního silničního vozu zvaného Puffing Devil (Bafající ďábel) (Obrázek 9), ve kterém se dokonce svezlo i několik pasažérů. Poté v roce 1803 při jeho výbuchu zahynulo pár dělníků. Takže roku 1803 Puffing Devil nahradil parním kočárem, zvaným London Steam Carriage, s nímž se dokonce snažil provozovat jakousi víceméně pravidelnou osobní dopravu, pohybující se rychlostí až 15 km/h. Cesty ale v té době nebyly v příliš dobrém stavu, a vůz nebyl ani úplně pohodlný a navíc jízdenka byla dražší než na dostavníky tažené koňmi. Trevithick se tedy začal orientovat spíše na lokomotivy.

## Vzestup parní turbíny

Největší slávy dosáhl parní stroj v 19. století, ve 20. století význam parního stroje upadá, až se postupně propadl téměř do zapomnění. V mnoha odvětvích byl nahrazen spalovacími motory a elektřinou, a jeho následovníkem se stala především parní turbína (Obrázek 10). Tento vynález je spojen hlavně se jménem Charlese Algernona Parsonse (1854-1931). Roku 1889 založil firmu C A Parsons and Co. pro vývoj parní turbíny a roku 1894 další společnost pro vývoj a výrobu turbín pohánějících lodě. Dospěl k názoru, že jejich účinnost a nižší hmotnost při větším výkonu je přímo předurčují jak pro výrobu elektřiny, tak pro využití na moři.

Jeho první prototyp turbíny z roku 1885 měl sice výkon jen 4 kW, už v roce 1892 se mu ale podařilo dosáhnout dokonce 100 kW. Parsons se tedy rozhodl svůj vynález představit. Roku 1894 získal patent č. 394 "Pohon lodí parní turbínou, která otáčí šroubem nebo kolese přímo či prostřednictvím převodů" a po úspěšných experimentech s modely začal stavět malý parník Turbinia. Přibližně třicetimetrová loď po několika vylepšeních dosáhla tehdy neuvěřitelné rychlosti až 62 km/h. S takovouto rychlostí se nemohli srovnávat ani tehdejší válečné lodě. Parsons se musel samozřejmě se svým vynálezem pochlubit, tak se ukázal na námořní přehlídce (Obrázek 11) uspořádané na počest královny Viktorie. Jeho práce bylo očekávaně povšimnuto, a tak se pro parní turbíny otevřela cesta jak do lodních podpalubí, tak i do elektráren, kde ostatně pracují dodnes.



# Rozdělení moderních tepelných elektráren

Tepelné elektrárny se rozdělují dle toho, jaké spalují palivo. Většina tepelných elektráren spaluje fosilní paliva - uhlí, zemní plyn, ropa. Existují však i elektrárny spalující obnovitelné palivo – typicky biomasu.

ale také se spolu s uhlím může spalovat biomasa, biomasa však patří mezi obnovitelné zdroje. Tepelné elektrárny se tedy rozdělují na:

- Uhelné elektrárny
- Teplárny
- Kondenzační parní elektrárny
- Paroplynové elektrárny
- Dieselové elektrárny

## Popis typů tepelných elektráren

### Uhelné elektrárny

Základní princip fungování uhelné elektrárny je založen na přeměně energie tepelné na mechanickou a mechanické na elektrickou. Uhelné elektrárny spalují jak černé, tak i hnědé uhlí, také se k uhlí může přidat lopatkám předá svou pohybovou energii a roztočí ji. Vzhledem k tomu, že je turbína pevně spojena s generátorem, roztáčí se i ten a přeměňuje mechanickou energii na elektřinu. V elektrárenském generátoru rotuje magnet, vinutí, v němž se indukují napětí a proud, je umístěno na statoru okolo něj. Celé soustrojí se otáčí rychlostí 3000 otáček za minutu. Pára vycházející z turbíny je vedena do kondenzátoru, kde zkondenzuje, to znamená, že z plynu se stane opět kapalina. Z kondenzátoru je voda vedena zpět do kotle, kde celý cyklus začíná znovu. Pára vyrobená v kotli nemusí být využita pouze k výrobě elektřiny, může sloužit i k vytápění přilehlých obcí a měst.

Fyzikálním jevem, na němž je ve většině typů elektráren založena výroba elektrického proudu, je elektromagnetická indukce. Podle Faradayova zákona o elektromagnetické indukci se na koncích smyčky, která se otáčí v magnetickém poli, indukují střídavé elektrické napětí. Uzavřeme-li obvod, prochází smyčkou střídavý elektrický proud. Platí, že čím rychleji vodičem v magnetickém poli pohybujeme, tím je indukované napětí větší.

V České Republice se nachází mnoho uhelných elektráren např. v Ledvicích, Mělníku, Dětmovicích a Vítkovicích.

## Teplárny

Zabývá kombinovanou výrobou elektřiny a tepla pro technologické účely, otop či ohřev topné a užitkové vody. Výrobou a dodávkou samotného tepla se zabývá výtopna, u menších výkonů kotelná. Obvykle je vodní pára, vyrobená v parních kotlích přivedena do parní turbíny, která pohání elektrický generátor. Z vyšších parních odběrů turbíny může být vyvedena technologická pára a z nižších topná pára pro parní dodávky tepla nebo pro ohřev topné vody pro vytápění. Parní turbíny v teplárnách menších výkonů jsou často protitlakové - pára z protitlaku o vyšším tlaku je využita pro parní síť, s nižším tlakem pro základní horkovodní ohřívák topné vody. Parní turbíny větších tepláren mají často koncový díl kondenzační a pára pro technologii i vytápění je z turbíny vyváděna z odběrů, s tlakem páry závislém na umístění odběru na tělese turbíny.

Místo parní turbíny lze využít spalovací turbínu, která pohání elektrický generátor a horké spaliny jsou využity pro dodávku tepla v páře nebo topné vodě. Další možností je paroplynová teplárna, kdy spalovací turbína pohání jeden elektrický generátor a teplo spalin je využíváno pro výrobu páry, která je přivedena do parní turbíny pohánějící druhý elektrický generátor. Teplo pro vytápění je odebíráno jako v předchozích případech. Miniaturizací teplárny je kogenerační jednotka. Obvykle spalovací motor, kde je nejčastějším palivem zemní plyn, pohání elektrický generátor a produkuje odpadní teplo, obvykle u motorů odváděné chladičem. Teplo z chlazení bloku motoru, oleje a výfukových plynů je využito pro ohřev topné vody. Elektrická energie je buďto zcela spotřebována v místě výroby, nebo může být i dodávána do veřejné elektrorozvodné sítě. Dodavatel tepla se účastní při řešení zásobování teplem areálů a měst. Zdrojem primární energie v podmínkách České republiky je většinou hnědé uhlí, černé uhlí, méně pak biomasa. V České Republice jsou např. teplárny v Brně, Bruntálu, Táboře, Plzni a Českých Budějovicích.

## Kondenzační parní elektrárny

Uhlí je uskladněno na uhelných skládkách přímo u elektrárny. Velikost skládky je u elektráren v těsné blízkosti dolů zhruba taková, aby byla schopna zásobovat elektrárnu na sedm dní nepřetržitého provozu. Zatímco u ostatních elektráren jsou skládky tzv. dlouhodobé, které umožní provoz elektrárny po dobu až dvou měsíců. Před spálením se uhlí upraví na požadované parametry, tedy zbaví se kamenů a nadrtí se na uhelných prach a pásovými dopravníky je převezeno do kotelny. Tam se uhlí rozemele na nejjemnější frakci a následně se vyfukuje spolu s předehřátým vzduchem prostřednictvím hořáků do spalovací komory kotle. Zde začíná klasický termodynamický – Clause-Rankinův cyklus.

Teplo uvolněné spalováním uhlí se předá v parogenerátoru pracovnímu médiu - vodě, dojde ke změně jejího skupenství, transformuje se na vodní páru. Následně se v přehřívачi ohřeje pára na teplotu okolo

530 °C a zvýší se její tlak až 16 MPa. V blocích pracujících s nadkritickými parametry páry je pak teplota ještě vyšší cca 600 °C a tlak dosahuje hodnot až 28 MPa. Tato pára následně expanduje na turbíně, která je mechanicky spojena s generátorem. Lopatky turbíny se pohybují rychlostí 3 000 nebo 1 500 otáček za sekundu v závislosti na počtu pólových dvojic, čímž je dosaženo požadované síťové frekvence 50 Hz. Po vykonání práce putuje pára do kondenzátoru, kde kondenzuje na vodu s teplotou kolem 30 °C a tlakem 3 kPa. Tato voda se ještě před uzavřením cyklu, tedy opětovným vstupem do parogenerátoru, ohřívá v regeneračních ohřívácích napájecí vody. Ohřátí se provádí pomocí tepelného výměníku pára/voda tím, že se odebere část horké páry z turbíny, která svou kondenzací ve výměníku zvýší teplotu napájecí vody. Tím se zvyšuje účinnost celého procesu výroby elektrické energie v kondenzačních elektrárnách. Celková účinnost je u starších klasických bloků okolo 30 procent, u dnešních nejmodernějších nadkritických bloků je možné dosahovat účinnosti přesahující 40 procent.

## Paroplynové elektrárny

Paroplynový cyklus je moderním a ve světě velmi užívaným a osvědčeným zdrojem výroby elektrické energie, který díky základní konfiguraci hlavních komponent, čili spalovacích turbín, jejichž odpadní teplo obsažené ve spalinách využívají generátory páry a zásobují parou parní turbínu, dosahuje ve srovnání s uhelnými bloky vyšší tepelné účinnosti.

Spolu s použitím ekologického typu paliva, tedy zemního plynu, se tím výrazně snižuje zatížení životního prostředí oproti klasickým uhelným blokům.

Nejnákladnější částí paroplynových zařízení je spalovací turbína. Jedním z hlavních témat pro její neustálé zdokonalování je zvyšování teploty spalin na vstupu, což zvyšuje účinnost turbíny. Během příštích pěti let se očekává postupné zvyšování na 1500°C, a tím i zvýšení čisté tepelné účinnosti paroplynového oběhu na 60 procent. Paroplynové elektrárny se dnes dodávají v podstatě na klíč, cena standardních modelů se pohybuje okolo 500 EUR/kW<sub>e</sub>. Rozptyl výsledných investičních nákladů je způsoben rozdílnými technickými a ekonomickými podmínkami instalace a uvádění do provozu, takže průměrné výsledné investiční náklady jsou zhruba dvojnásobné. Doba výstavby paroplynového zařízení se pohybuje v rozpětí 30-40 měsíců, což je výrazně méně než v případě klasických uhelných nebo jaderných elektráren.

Díky nejnižším investičním nákladům, krátké době realizace a vysoké tepelné účinnosti jsou paroplynové elektrárny výrazně zvýhodněny oproti ostatním zdrojům na fosilní paliva. Cenou za tyto přednosti je potřeba ušlechtilého a drahého paliva pro provoz spalovací turbíny. Nejčastěji se paroplynové zdroje staví na zemní plyn, méně často na olej. V úvahu přicházejí i jiná plynná paliva, např. plyny po zplyňování uhlí, biomasy.

Paroplynové elektrárny jsou vysoce flexibilním zdrojem, který je schopný stabilizovat elektrizační soustavu a rychle tak vyrovnávat spotřebu elektřiny s její výrobou. Jejich provozem se vykrývají špič-

ky ve spotřebě elektřiny. Tento zdroj může být připojen k síti za několik minut po spuštění. Rychlejší už jsou jen vodní elektrárny.

V České Republice se nachází paroplynový cyklus Počerady, je prvním projektem svého druhu v České republice.

## **Diesellové elektrárny**

Pro pohon elektrického generátoru používají diesellový motor. Dosahují velkých výkonů při velké účinnosti. Používají se jako náhradní zdroje elektrické energie – například v nemocnicích, datacentrech, nebo třeba v hromadné dopravě (Pražské metro).

# **Části tepelných elektráren**

## **Chladicí věž**

Chladicí věž je zařízení, instalované zpravidla v tepelných elektrárnách. Slouží k ochlazení použité chladicí vody nebo jiné kapaliny na teplotu až 23 °C, pro nižší teploty je pak doporučován jiný způsob chlazení.

Zpravidla se jedná o velké komíny, které mohou mít až 100 metrů v průměru. Typické jsou pro jaderné elektrárny, protože ty pracují s menší účinností než tepelné a vyrábějí v dané lokalitě více energie. Z důvodu vysokých nákladů na chlazení je snaha situovat příslušný průmyslový podnik tam, kde je možné velké množství tepla volně vypouštět do okolí (pobřeží moře, velkých řek a vodních ploch).

Ačkoli chladicí věž tvarem připomíná komín, neputují do ní a z ní žádné spaliny. Oblak nad chladicími věžemi tedy není kouř, ale pouze zkondenzovaná vodní pára.

## **Turbína**

Turbína je mechanický rotační stroj skládající se z jednoho nebo více pohyblivých lopatkových kol umístěných na společné hřídeli, mezi nimi aktivně prochází kapalina nebo plyn. Kinetická, tepelná a tlaková energie proudícího plynu nebo kapaliny je v turbíně přeměňována na rotační pohyb hřídele stroje.

Turbína má mnohostranné využití. Velmi významné je její použití v energetice, kde se turbíny využívají především jako primární poháněcí stroje pro elektrické alternátory, vyrábějící elektrickou energii do veřejné elektrorozvodné sítě.

# Transformátor

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který umožňuje přenášet elektrickou energii z jednoho obvodu do jiného pomocí vzájemné elektromagnetické indukce. Používá se většinou pro přeměnu střídavého napětí (např. z nízkého napětí na vysoké) nebo pro galvanické oddělení obvodů.

# Generátor

Elektrický generátor je elektrický stroj, sloužící k přeměně jiných druhů energie na energii elektrickou. Nejčastěji se jedná o rotační respektive točivé stroje, které využívají točivého magnetického pole a cívek, ve kterých se indukuje elektrické napětí.

Tyto stroje se používají jako generátory nejvíce, jelikož mohou být dimenzované na velmi velké výkony a navíc jejich účinnost je dobrá. Skládají se z rotoru a statoru, kdy obvykle rotor vytváří točivé magnetické pole a ve statoru jsou umístěny cívky, ve kterých se indukuje elektrické napětí.

# Kondenzátor

Kondenzátor je pasivní elektrotechnická součástka, jejíž charakteristickou vlastností je kapacita. Každý skutečný kondenzátor kromě toho vykazuje další, takzvané parazitní vlastnosti, jako je indukčnost a odpor, čímž se odlišuje od kapacitoru, což je myšlená ideální součástka, která má pouze kapacitu, navíc stálou a nezávislou na okolních podmínkách.

# Kotel

Kotel je otevřená nebo uzavřená nádoba sloužící k ohřívání a zpracování kapalin. Potřebné teplo se získává spalováním paliva v topeništi kotle nebo se přivádí teplonosnou látkou (párou, horkou vodou).

Nejběžnější kotle jsou v klasických uhelných parních elektrárnách, kde představují největší zařízení, sloužící na přeměnu chemické energie paliva na tepelnou energii páry, která bude dále využita na výrobu tepla a elektrické energie.

Nejdůležitějšími médii pro provoz kotle jsou voda a palivo. Voda se dopravuje do kotle napájecím čerpadlem pod vysokým tlakem, voda se ohřívá na bod varu a odpařuje se.

# Odlučovače

Ze spalin se odstraňují tuhé znečišťující látky (prach, sáze, popílek) v odlučovačích. Částice prachu z nich se oklepávají do výsypek.

# Odsiřování

Odsiřovací zařízení slouží k odstranění oxidu siřičitého ze spalin. Tak se odstraní z kouřových plynů až 95% oxidu siřičitého. Vyčištěné a odsířené spaliny odcházejí do komína.

# Reaktor

U jaderných elektráren je hlavní součástí právě reaktor. Jaderný reaktor je zařízení, které umožňuje řízené uvolnění jaderné energie, která je následně využívána pro výrobu elektrické energie. Jaderný reaktor pracující na principu štěpení těžkých jader a je zařízení, ve kterém se uskutečňuje samovolně se udržující řízená štěpná řetězová reakce. Tento fyzikální stav zajišťuje vhodné prostorové uspořádání všech hlavních součástí reaktoru (palivo, moderátor, chladivo, řídicí tyče atd.). Uvolněná jaderná energie následně zahřívá palivové soubory. Z nich je teplo odváděno chladivem

Štěpný jaderný reaktor – v tomto reaktoru je jaderná energie získávána pomocí štěpení těžkých jader jako  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  a dalších. Tento typ reaktoru ve světě v drtivé většině převažuje a proto se v běžné literatuře i mluvě pod názvem „jaderný reaktor“ téměř výhradně myslí právě tento druh. Patří mezi ně jak reaktory v jaderných elektrárnách, tak reaktory jaderných ponorek i menší výzkumné reaktory pro různé experimenty, výrobu radiofarmak atd. takovým způsobem, aby nedošlo k přehřátí souborů a byla tak zajištěna bezpečnost provozu reaktoru.

# Tepelné elektrárny v ČR

## Elektrárna Hodonín

Elektrárna Hodonín patří mezi nejstarší provozované elektrárny v České republice. Byla postavena ve dvou etapách v letech 1951 - 1957. Výběr lokality pro její výstavbu vycházel z místních podmínek, blízkosti lignitového dolu a řeky Moravy. Od 31. prosince 2009 je jeden z bloků hodonínské elektrárny určen výhradně ke spalování čisté biomasy. Zařízení disponuje elektrickým výkonem až 30 MW a denně si vyžádá 1200 tun biomasy. Vytvoření postačující rezervy nutné k pokrytí víkendového provozu vyžaduje dodávku cca 1600 tun biomasy každý všední den. Elektrárna Hodonín je současně evropským unikátem v dodávce přeshraničního tepla. V roce 2014 dodala do slovenského města Holíč zhruba 90 000 GJ z celkově vyrobených 550 000 GJ tepla.

# Elektrárna Dětmarovice

Elektrárna Dětmarovice (EDĚ) byla postavena v letech 1972 - 1976 a svým výkonem 800 MW je největší klasickou elektrárnou na území Moravskoslezského kraje a současně největším černouhelným zdrojem na území České republiky.

Stavět se začalo v roce 1971, bloky byly postupně přifázovány do sítě od května 1975 až do listopadu 1976. Elektrárna ročně vyrobí okolo 2,5 TWh elektrické energie a více než 800 TJ tepla, které se dodává především do Orlové.

## Počerady

Elektrárna Počerady leží v severozápadní části České republiky, přibližně uprostřed trojúhelníku měst Louny, Žatec, Most. Původní instalovaný výkon elektrárny byl 6 x 200 MW. Vlastní výstavba probíhala ve dvou fázích. První fází byla výstavba elektrárny Počerady I (bloky č. 1 až 4). Bloky č. 1 a 2 byly uvedeny do provozu v roce 1970, bloky č. 3 a 4 v roce 1971. V druhé fázi byla postavena elektrárna Počerady II (bloky č. 5 a 6). Tyto bloky byly uvedeny do provozu v roce 1977. Elektrárna Počerady patří mezi nejvyužívanější uhelné elektrárny v České republice. Svým instalovaným výkonem a poměrně vysokým vytěžováním ovlivňuje významným způsobem ekonomiku a životní prostředí celého regionu severozápadních Čech. Dodávku tepla zajišťuje elektrárna pouze pro svůj provoz. Realizované technické a ekologické programy elektrárny zajišťují spolehlivý, ekonomický a k životnímu prostředí šetrný provoz, plně srovnatelný s obdobnými provozu ve vyspělých státech Evropy.

## Vítkovice

Historie teplárny je úzce spjata s Vítkovickými železárnami a sahá až do roku 1912, kdy si prudký rozvoj válcoven a oceláren vyžádal velké množství všech druhů energií. Proto byl vytvořen závod Elektrárna, do kterého byly soustředěny veškeré energetické zdroje železáren. Součástí železáren byla energetika až do roku 2000. Výrobu tepla zajišťují 3 kotelní jednotky v areálu teplárny s tepelným výkonem 342 MWt. Jejich palivem je černé energetické uhlí. Hoření kotlů je stabilizováno zemním plynem. Ročně vyprodukují cca 3 500 TJ páry, ze které se společně vyrábí elektřina a teplo, takzvaným kogeneračním způsobem. 45 % vyrobené páry slouží pro dodávky tepla a 55 % pokryje produkci elektrické energie. Té se vyrobí 150 000 MWh za rok na dvou protitlakých a dvou teplárenských turbogenerátorech o celkovém instalovaném elektrickém výkonu 79 MW.

## Termočlánek

My jsme se rozhodli, pro jednoduchost naší elektrárny, použít peltierův článek (termočlánek), který funguje na základě peltierova jevu. Peltierův článek se používá především pro chlazení, nicméně jde použít i jako obyčejný termočlánek pro výrobu elektrické energie, což bude náš případ.

Termočlánek je elektrická součástka, která je schopna termoelektrického jevu – tedy přímé přeměny rozdílů teploty na elektrické napětí (Seebeckův jev) a naopak (Peltierův jev). Tohoto jevu se využívá především pro měření teploty pomocí termoelektrického teploměru, ale také pro chlazení objektů či generování elektrické energie. Je ideálním řešením tam, kde je potřeba udržovat konkrétní teplotu, protože to, jestli bude článek topit, nebo chladit, určuje pouze polarita zdroje, kterou lze okamžitě přepólovat a tím z „chladiče“ udělat „topič“.

## Sebeckův jev

Je přeměna teplotních rozdílů přímo na elektrické napětí.

Byl objeven německým fyzikem Thomasem Johannem Seebeckem, který zjistil, že mezi dvěma kovy, přičemž každý z nich má jinou teplotu v místě styku, existuje elektrické napětí zvané termoelektromotorické (nebo také termoelektrické). Velikost tohoto napětí závisí na rozdílu mezi teplotami kontaktních kovů.

Na základě mnoha svých pokusů sestavil Seebeck čisté kovy v termoelektrickou řadu (zvanou Seebeckovu řadu) s následujícím pořadím:

Sb – Fe – Zn – Ag – Au – Sn – Pb – Hg – Cu – Pt - Bi

Termoelektrickým článkem, vytvořeným kterýmikoliv dvěma z uvedených kovů, prochází (za předpokladu rozdílných teplot na kovech) proud směrem od následujícího kovu z řady ke kovu v řadě předcházejícímu. Čím jsou kovy v Sebeckově řadě od sebe dále vzdálené, tím větší termoelektrické napětí jsou schopné vyprodukovat – tedy největší napětí vytvoří dvojice Bi – Sb.

V Sebeckově řadě jsou uvedeny pouze čisté kovy, ale tento jev lze pozorovat i mezi různými slitinami, nebo polovodiči.

Sebeckovy konstanty jsou nelineární a závisí na teplotě vodičů, použitém materiálu a jeho molekulární struktuře. Pokud jsou však Seebeckovy koeficienty v daném rozsahu teplot přibližně konstantní, mohou být linearizována a výsledné napětí můžeme vypočítat pomocí rovnice:

$$U_s = (\alpha_a - \alpha_b) * (T_2 - T_1) \text{ [V]}$$

Z rovnice vyplývá, že jestliže je teplota obou kovů stejná, tak nelze tento jev uplatnit (napětí = 0 V).



# Užití termočlátku

## Měření teploty

Termočlátky se nejčastěji používají pro účely měření teplot. Mezi hlavní výhody používání termočlátku pro měření teplot je, oproti jiným řešením (např. termistor, rtuťový, bimetalový, digitální) jsou především vysoké extrémní teploty, které je pomocí termočlátku měřit. Rozsah se pohybuje od  $-270$  °C až po  $2300$  °C v závislosti na použité kombinaci kovů. Mezi další výhody patří mimo jiné i poměrně nízké pořizovací náklady.

## Chlazení

Termočlátky (Peltierovi články) se dále používají k chlazení. Nejčastěji je najdeme v přenosných autochladičkách, ale používají se také třeba pro chlazení profesionálních filmářských kamer, kde je potřeba chladit obrazový senzor. Také se dá použít jako pomocník při chlazení procesoru při přetaktování. Jeho největší nevýhodou je jeho neefektivita – sice na jedné straně snížíte teplotu klidně až na  $-30$  °C, ale na straně druhé budete muset odvádět odpadní teplo, které bude přibližně 2.5 větší, než teplo, které jste odebral (odchladil) ze strany první. Z tohoto je jasné, že peltierův článek nemůže být pro účely chlazení používán v příliš velkém měřítku. V porovnání například s klasickým kompresorovým chladičem je účinnost mizerná, kvůli velmi vysoké spotřebě – proto se nepoužívá například v klimatizačních jednotkách. Naopak výhodou je teoreticky neomezená životnost, protože nejsou zapotřebí žádné pohyblivé části.

## Výroba elektrického proudu

Jak již jsem, na začátku kapitoly, psal, článek jde využít také pro výrobu elektrické energie. Stačí jednu stranu článku zahřívat a druhou chladit – na kontaktních bodech kovů bude vznikat napětí – naše vygenerovaná energie. Pro tyto účely by bylo spíše vhodné použít hned několik článků zapojených v sérii, protože jeden článek má velmi malý proudový zisk.

Vzhledem k zcela zanedbatelné efektivitě oproti regulérním elektrárnám (klasická teplená, jaderná) se nikde nepoužívají pro výrobu elektrické energie do klasické distribuční sítě. Uplatnění si však našli pro speciální meteorologické a především kosmické sondy, kde se užívá tzv. Radioizotopový termo-elektrický generátor, který funguje na bázi rozpadu radioaktivních izotopů (nejčastěji plutonium-238), které vydává radioaktivní alfa záření, které se přeměňuje na teplo a díky termočlátku následně na elektrickou energii. Výhodou takového zařízení je především extrémně dlouhá životnost (poločas rozpadu plutonia 238 je cca 87,7 let), díky které se hodí právě do zmíněných vesmírných sond, které nepotřebují příliš mnoho energie, ale zato potřebují stálý a dlouho trvající zdroj energie. Zařízení opět neobsahuje žádné pohyblivé mechanické části, které by zkracovali jeho životnost.

# Naše řešení

I přestože jsme si byli vědomi, že efektivita této technologie je pro plnohodnotnou elektrárnu příliš nízká, tak jsme se rozhodli pokračovat ve výrobě našeho modelu. Začali jsme objednááním 4ks článků typu TEG s označením SP1848 z čínského obchodu AliExpress, kde byly za zlomek ceny, než kdybychom je kupovali u nás. Mezitím, co nám články putovaly ze vzdálené Číny, tak jsme sehnali měděnou trubku, která nám bude sloužit, jako ochrana článků před přímým kontaktem s chladícím materiálem a plamenem ohně. Poté, co dorazily články, jsme mohli začít se stavbou. Prvním krokem bylo rozříznutí měděné trubky pomocí kotoučové brusky na jeden plát, který jsme vyklepali do roviny a následně ještě rozřízli na dva stejně velké pláty. Vyzkoušeli jsme, že se nám naše čtyři články hezky mezi tyto pláty naskládají, a jeli jsme nakupovat další součástky do nedalekého Hornbachu. Jeli jsme především pro 4 dlouhé šrouby, a nějakou desku, která by sloužila jako základ konstrukce. Nakonec jsme koupili:

černou desku z dřevotřísky – 300x600x15mm

plát kovu 250x500x2mm, který bude sloužit jako ochrana dřevěné základové desky před ohněm

uchycovací materiál – 4x dlouhé šrouby, 8ks podložek, 12ks maticek

vrták do kovu

náplně do tavné pistole

elektrikářskou pastu

elektrikářskou izolační pásku

sirky

Bylo v plánu sehnat klasickou teplo-vodivou pastu, pro lepší výměnu tepla mezi články a měděnými pláty, ale ukázalo se, že v námi potřebovaném množství by byla příliš drahá a také by byla pouze na objednání, protože to zřejmě není běžné zboží (o čem nás pánové v Hornbachu, kteří nevěděli, ani o co jde, přesvědčovali s tím, že máme zkusit nějaký počítačový obchod). Nakonec jsme tedy místo pravé teplo-vodivé pasty vzali elektrikářskou pastu, která je silně vodivá a má vysoký podíl kovu, tedy by měla být schopná alespoň trochu zlepšit tepelnou výměnu.

Uspokojeni, z úspěšného nákupu, jsme se vrátili domů a pokračovali ve stavbě. Měděné pláty jsme v rozích provrtali a kotoučovou brusku zarovnali, aby byly stejného tvaru. Černou základovou desku jsme rozřízli na polovinu, aby nám vznikl čtverec 30x30cm a plát ochranného kovu jsme rozřízli, abychom získali čtverec o rozměrech 25x25cm, který se hezky vejde do prostředku černé základové des-

ky. Po důkladném nakreslení jsme do základové desky a ochranného plechu vyvrtali 4 díry tak, aby korespondovali s dírami v měděných destičkách. Do vyvrtaných děr jsme zespodu základové desky zasunuli šrouby s podložkami. Seshora jsme přidali další podložky a vše upevnili matičkami.

Měli jsme tedy hotovou základovou desku, na které byl upevněný ochranný plech a z toho celého trčeli 4 dlouhé šrouby. (Obrázek 17)

Dále jsme našli kus staré hliníkové trubky (starý okap) z kterého jsme uřízli 11cm dlouhý kus, který jsme důkladně vrtačkou se štětinovým nástavcem vyčistili a opláchli vodou. Tento kus jsme pomocí tavné pistole připevnili k jedné z měděných destiček, tak aby trubka byla schopna udržet vodu, která bude sloužit jako chladicí materiál jedné strany termočlánků. Ukázalo se, že plast přímo z tavné pistole nevytvořil dokonalé těsnění a voda v několika místech lehce protékala. Přešli jsme tedy na záložní plán a přidali jsme ještě trochu lepidla z tavné pistole a celou destičku i s trubkou a lepidlem jsme strčili na chvíli nad plamen plynového sporáku – lepidlo se dokonale rozteklo a všechny netěsnosti se zatavili a bylo vyřešeno...

Poté jsme natřeli tenkou vrstvu teplo-vodivého materiálu (elektrikářská pasta) doprostřed měděných destiček a upevnili mezi ně naše termočlánky. (Obrázek 18)

Destičky jsme připlácli k sobě a řádně přitlačili, aby se přebytečná teplo-vodivá pasta rozprostřela po člancích a vytvořila dobré jak tepelné, tak mechanické spojení. Celou konstrukci s destičkami s termočlánky a z jedné strany připevněnou trubkou jsme nasunuli na šroubky s matičkami, které celou konstrukci drží zvednutou nad základovou deskou. Po srovnání matiček tak, aby horní část konstrukce byla +/- vodorovná, jsme konstrukci upevnili dalšími matičkami seshora, tedy nyní bylo již vše pevně spojeno a připraveno k prvnímu testu. Do chladicí nádrže (trubka z horní strany) jsme nalili běžkou studenou vodu z vodovodního řádu a mezi základovou deskou a spodní měděnou destičku jsme umístili 4 zapálené svíčky. (Obrázek 19)

Články jsme provizorně zapojili do prototypovací nepájivé desky, kde jsme články zapojili do série a mohli jsme měřit celkové výstupní napětí. Zezačátku jsme dostávali hodnoty okolo 3.2V, ale po lehkém seřízení výšky, v které byla konstrukce upevněná nad hořícími svíčkami, jsme se dostali na stabilních 4.3-4.4 V. Připomínám, že jako chladicí materiál jsme použili pouze studenou vodu z vodovodu – za použití ledu by výkon byl ještě vyšší. S výkonem jsme byly spokojeni, a tedy jsme pokračovali k úklidu stavební oblasti a závěrečným detailům, jako nastříkání základové desky z bočních stran černou barvou, nebo spájení jednotlivých článků do série a upevnění vodičů pomocí kombinace elektrikářské pásky a samo-stahovacích bužirek. (Obrázek 20).

## Praktické poznatky z provozu našeho modelu

Měl jsem obavy, že 4 zapálené svíčky způsobí takové teplo, že by se lepidlo z tavné pistole mohlo roztavovat a začít tak propouštět vodu. Tato obava se naštěstí nepotvrdila – ani po 70 minutách provozu našeho modelu se teplota horní měděné destičky nedostala na tak vysokou teplotu, aby se lepidlo opravdu roztavilo – ano bylo měkčí, ale k tekutému stavu mělo daleko.

Další poznatek z provozu delší dobu bylo, že chladicí materiál (vodu) je nutné každých 30 - 45 minut vyměnit, pro dosažení maximálního výkonu. Voda se totiž značně ohřívá a po 60 minutách provozu již teplota naroste na takovou hodnotu, že není možné ve vodě udržet prst. Toto se samozřejmě podepíše na výsledném výkonu, protože rozdíl teplot mezi stranami článků se značně snižuje. Nicméně i po hodině provozu jsme stále dostávali napětí 3V+, což stačilo na lehké roztočení svítícího 12V větráku z počítače.

Bohužel nikdo z nás nemá laserový teploměr, a tedy neznáme přesný rozdíl mezi stranami článků.

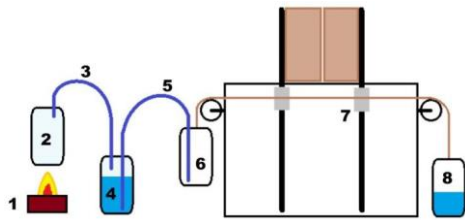
# Závěr

Dle našeho očekávání není výkon termočlánků nikterak zázračný. Nicméně i přesto vidím jisté příležitosti, kde by se dali termočlánky jako zdroj energie uplatnit. Především v místech, kde je nutné odvádět odpadní teplo, ale zároveň jsou k dispozici přírodně chladné podmínky – napadá mě například využití v datacentrech umístěných v chladných lokalitách, kde je možné jednu stranu článku zahřívat odpadním teplem a druhou stranu chladit podnebnými podmínkami, či automobilový průmysl, kde zatím stále používáme zážehové/spalovací motory, které generují velké množství odpadního tepla (na rozdíl od elektromobilů). Nicméně i tak by byla návratnost takové investice příliš dlouhá na to, aby se vyplatila...

Pravděpodobně tedy zůstaneme u vesmírných sond a podobných experimentálních a nízko příkonových využití.

Každopádně je jasné, že pokud se nepřijde na nějaký průlom v oblasti prvcích, které by v kombinaci s jiným prvkem dokázali účinnost termočlánků rapidně zvýšit, tak nám termočlánky jako zdroje elektrická energie nebudou schopné nahradit zdroje, které jsme schopni vyrobit z fosilních paliv.

# Přílohy



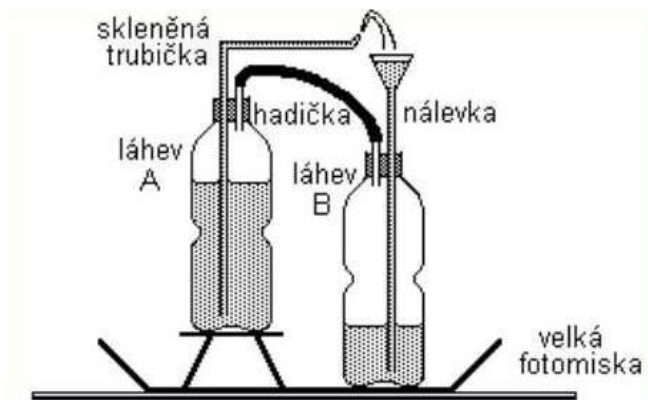
Obrázek 1 – Otvírání dveří



Obrázek 2 – aeropile



Obrázek 3 – Architonnerre - parní dělo



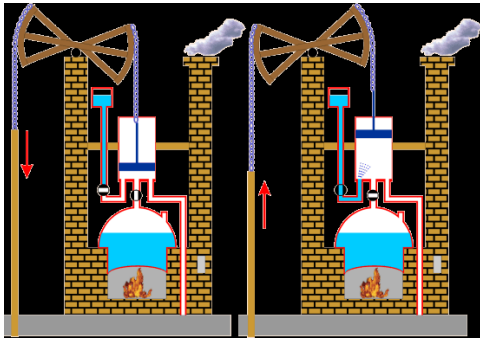
Obrázek 4 – Heronova fontána



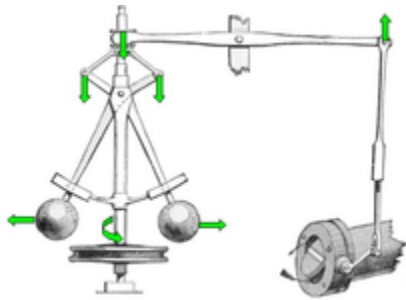
Obrázek 5 – Parní vůz



Obrázek 6 - Papinův hrnec



Obrázek 7 – Atmosférický parní stroj

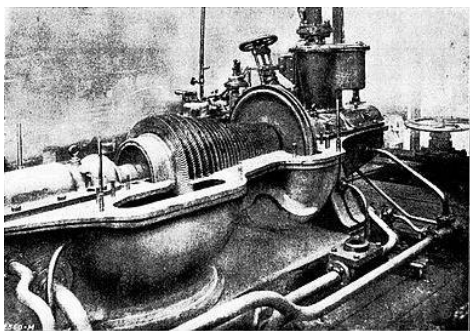


Obrázek 8 – Odstředivý regulátor

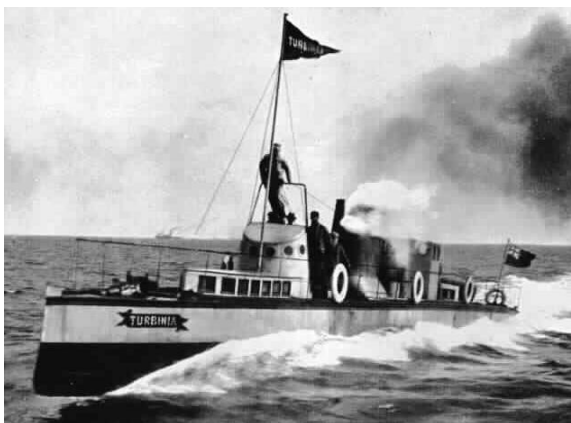


Obrázek 9 – Bafající ďábel





*Obrázek 10 – Parní turbína*



*Obrázek 11 – Námořní přehlídka*



*Obrázek 12 – Uhelná elektrárna v Dětmovicích*



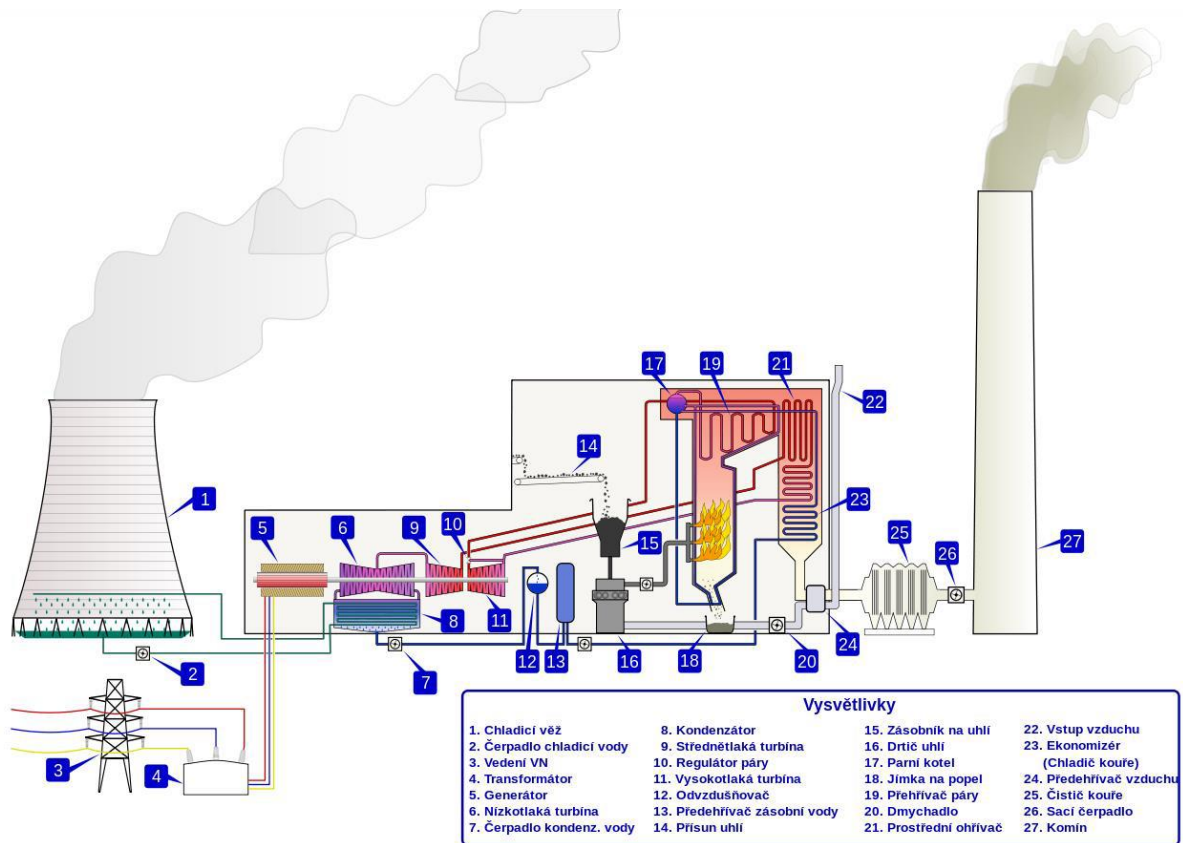
*Obrázek 13 – Teplárna České Budějovice*



Obrázek 14 – Kondenzační parní elektrárna v Pruněřově

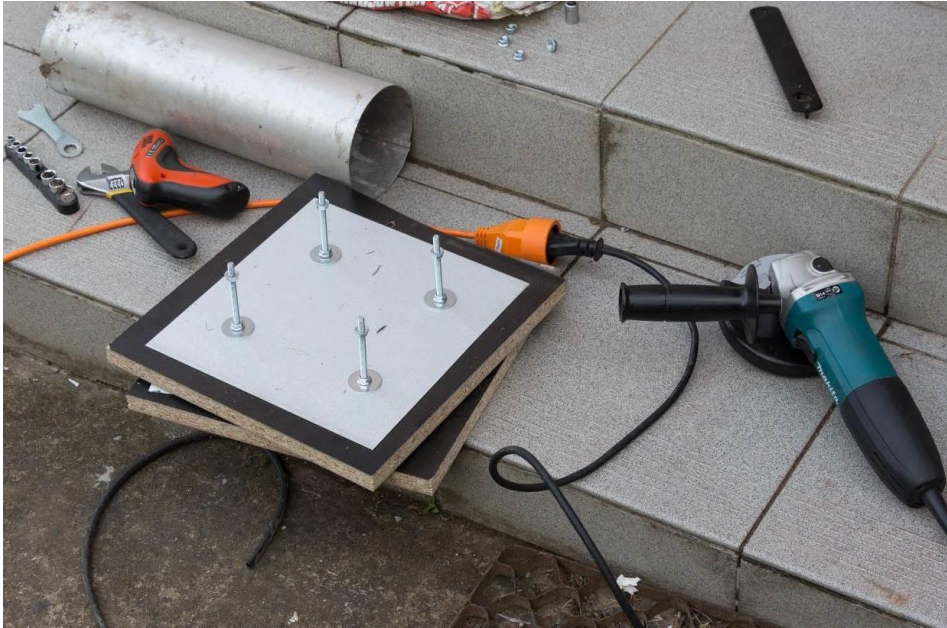


Obrázek 15 – Paroplynová elektrárna v Počeradecích

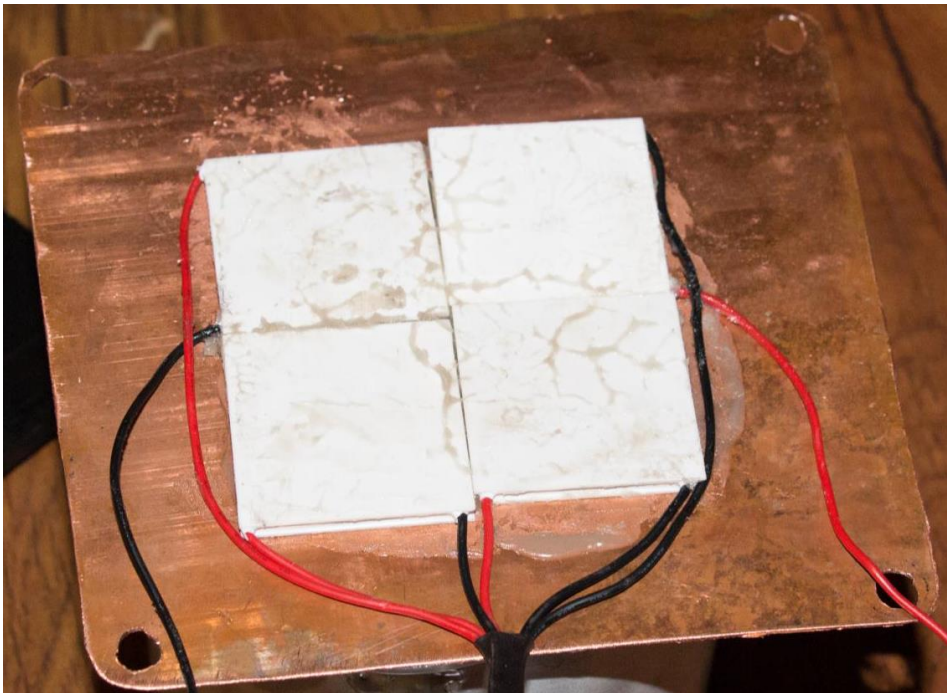


Obrázek 16 – schéma klasické tepelné elektrárny

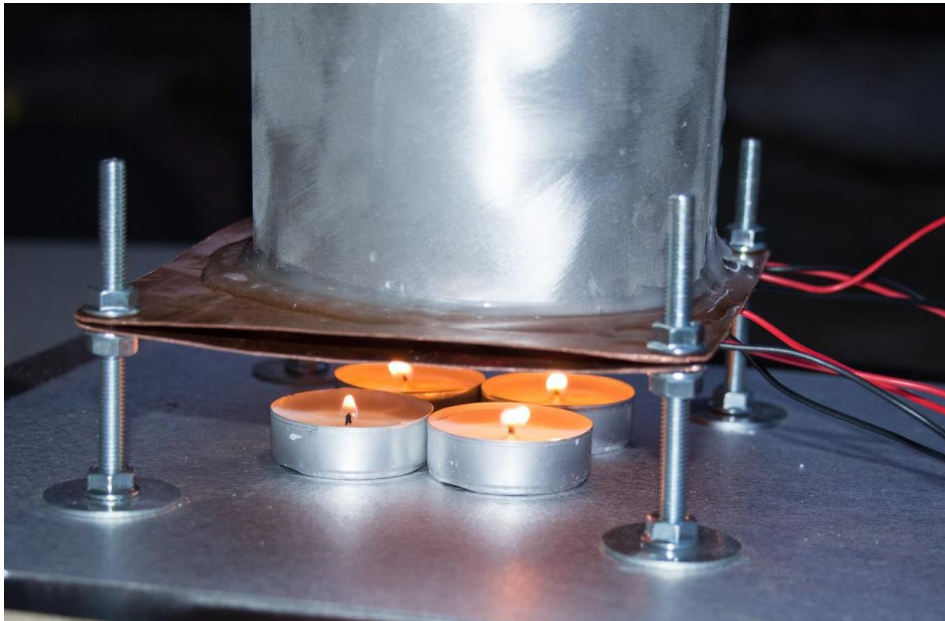
## Dokumentace ze stavby



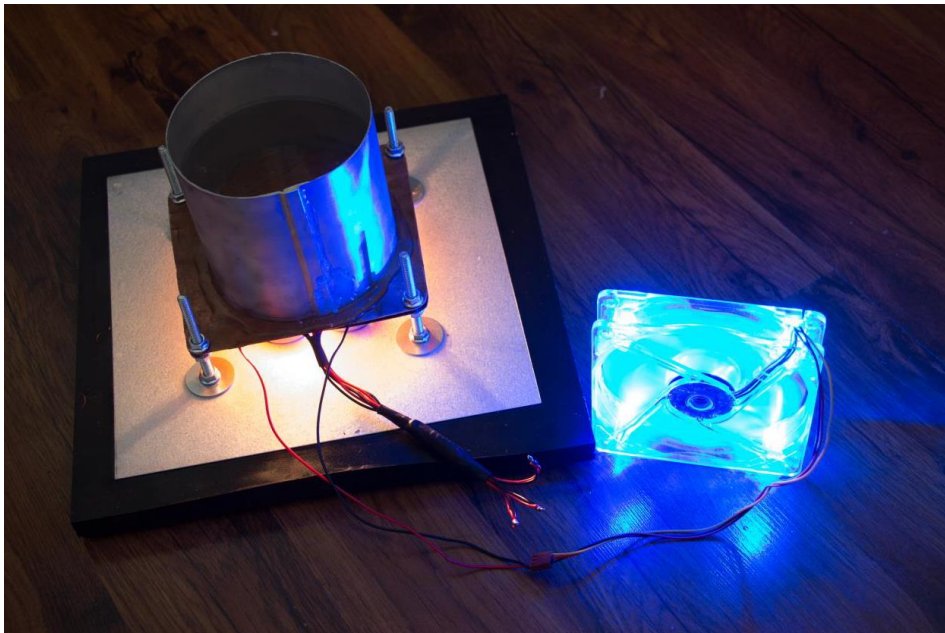
*Obrázek 17 – základová deska*



*Obrázek 18 – termočlánky 28*



*Obrázek 19 – první spuštění*



*Obrázek 20 – výsledek*

# Zdroje

*Tepelné elektrárny v České republice, Jan Pokorný, ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, 2012, vedoucí práce Ing. Miroslav Šafařík, bakalářská práce, dostupné online:*

*<https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/2835/BP%20Pokorny%202012.pdf?sequence=1>*

*Historie parního stroje. Staré stroje. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:*

*<http://www.starestroje.cz/historie/historie.parniho.stroje.php>*

*Parní stroj. Steam Zine. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://www.steamzine.cz/parni-stroj-a-jeho-historie-aneb-podle-ceho-ma-steampunk-ve-svem-nazvu-paru/>*

*Parní stroj. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:*

*[https://cs.wikipedia.org/wiki/Parn%C3%AD\\_stroj#Historie\\_parn.C3.ADho\\_stroje](https://cs.wikipedia.org/wiki/Parn%C3%AD_stroj#Historie_parn.C3.ADho_stroje)*

*Elektrárna. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:*

*<https://cs.wikipedia.org/wiki/Elekt%C3%A1rna#Historie>*

*Výroba elektřiny. cvut.cz. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:*

*[https://www.fd.cvut.cz/personal/janes/elektrotechnika1/prednasky prezentace/predn07\\_vyroba\\_elektriny.pdf](https://www.fd.cvut.cz/personal/janes/elektrotechnika1/prednasky prezentace/predn07_vyroba_elektriny.pdf)*

*Objevitelé páry. 21.st.cz. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:*

*<http://21stoleti.cz/2006/12/19/vynalezci-a-objevitele-v-oblaku-pary/>*

*PARNÍ TURBINY, PETR KLÍMA, VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2013, bakalářská práce, vedoucí online: DOC. ING. JAN FIEDLER, DR., dostupné online:*

*<https://core.ac.uk/download/pdf/30293096.pdf>*

*NÁVRH A TVORBA LABORATORNÍ ÚLOHY S PELTIEROVÝM ČLÁNKEM, Bc. MICHAL MEJZLÍK, BAKALÁŘSKÁ PRÁCE, VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2009, vedoucí práce Ing. Jan Macháček, dostupné online:*

*[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=15693](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=15693)*

*Martin Všetická. Peltierův jev. fyzika.jreichl.com. [online]. 2006-2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:*

*<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/911-peltieruv-jev>*

*Martin Všetická. Peltierův. Termoelektrické články. fyzika.jreichl.com. [online]. 2006 – 2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/909-termoelektricke-clanky>*

*Seebeckův jev. Sbírka fyzikálních pokusů. [online]. 31. 12. 2016 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:*

*<http://fyzikalnipokusy.cz/1863/seebeckuv-jev>*

*Petr Hawliczek a Lukáš Malyrz. Využití Pelierových termočlánků jako zdroje elektrické energie z odpadního tepla. <http://hawelson.blog.cz/>. [online]. 2. listopadu 2009 v 19:14 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://hawelson.blog.cz/0911/vyuziti-pelierovych-termoclanku-jako-zdroje-elektricke-energie-z-odpadniho-tepla>*

*Tepelná elektrárna, prezentace Ministerstvo školství, [online]  
[http://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old\\_web/\\_files/projekty/enazp/07/MMP/047\\_Tepelna\\_elektrarna.ppt](http://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old_web/_files/projekty/enazp/07/MMP/047_Tepelna_elektrarna.ppt)*

*Tepelná elektrárna. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1\\_elektr%C3%A1rna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_elektr%C3%A1rna)*

*Turbína. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Turb%C3%ADna>*

*Chladicí věž. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Chladic%C3%AD\\_v%C4%9B%C5%BE](https://cs.wikipedia.org/wiki/Chladic%C3%AD_v%C4%9B%C5%BE)*

*Transformátor. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Transform%C3%A1tor>*

*Elektrický generátor. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD\\_gener%C3%A1tor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_gener%C3%A1tor)*

*Kondenzátor. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Kondenz%C3%A1tor>*

*Jaderný reaktor. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%BD\\_reaktor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%BD_reaktor)*

*Jaderná elektrárna. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1\\_elektr%C3%A1rna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1_elektr%C3%A1rna)*

*Seznam tepelných elektráren. Wikipedie.org. [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z:  
[https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Seznam\\_tepelných\\_elektráren\\_v\\_Česku](https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Seznam_tepelných_elektráren_v_Česku)*

*Tepelné elektrárny. Vítejte na zemi.cz. [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z:  
[http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=tepelne\\_elektrarny&site=energie](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=tepelne_elektrarny&site=energie)*

*Tepelné elektrárny v ČR. Wikiwand.cz. [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z:  
[http://www.wikiwand.com/cs/Seznam\\_tepelných\\_elektráren\\_v\\_Česku](http://www.wikiwand.com/cs/Seznam_tepelných_elektráren_v_Česku)*