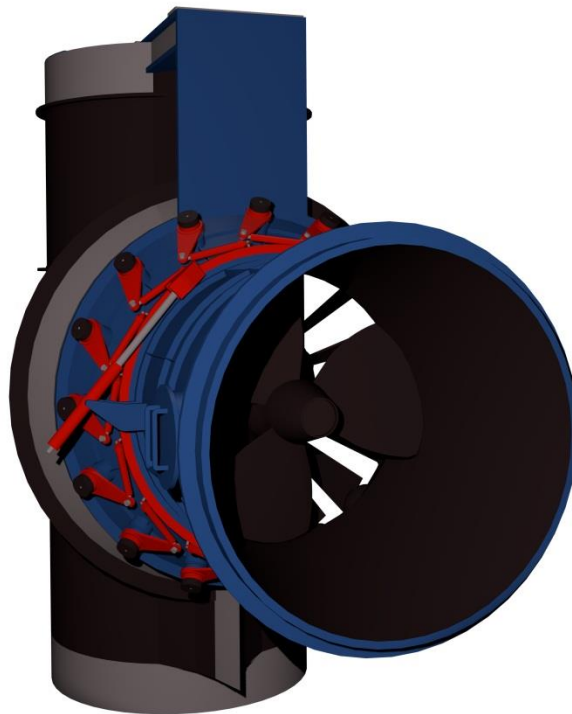




Středoškolská technika 2016

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Model a animace Kaplanovy přímoproudé turbíny



Pavel Imlauf

Integrovaná střední škola, 2.ročník
Kumburská 846, 509 91, Nová Paka

Koordinátor: Ing. Luboš Malý

ANOTACE PROJEKTU:

Při přemýšlení nad tématy projektu mě nejvíce zaujalo využívání vodního toku pomocí Kaplanovy přímoproudé turbíny na přeměnu v čistou energii. Kaplanovy přímoproudé turbíny mají spoustu modifikací, a já jsem se rozhodl zde popsat jednu z nich. Zároveň jsem toto téma zpracoval pomocí 3D modelu a vytvořil následné animace v příslušných programech. Tento 3D model je v tomto projektu přiložen jak v obrázkové podobě, tak ve formě modelu a animace na přiloženém CD. V projektu se též zabývám malou vodní elektrárnou MVE Velký Osek díky proběhlé exkurzi, která mě inspirovala k tvorbě tohoto projektu. Mimo to jsem přiblížil princip fungování tohoto zajímavého zařízení a zároveň zde upozornil na čistou tvorbu energie pomocí vodního toku.

Obsah

1. Úvod	4
1.1 Co mě vedlo ke zpracování tohoto tématu	4
1.2 Cíl projektu	4
2. MVE Velký Osek	5
2.1 Parametry	5
2.2 Výpočet úspory emisí MVE Velký Osek	5
2.3 Složení malé vodní elektrárny	5
3. Kaplanova přímoproudá turbína	7
3.1 Historie Kaplanovy turbíny	7
3.2 Základní princip výroby elektrické energie	7
3.3 Použití a popis Kaplanovy přímoproudé turbíny	7
3.4 Složení Kaplanovy přímoproudé turbíny	8
3.5 Pozitiva a negativa použití Kaplanovy přímoproudé turbíny	8
3.6 Příklady použití Kaplanovy turbíny	9
4. Vliv na životní prostředí	9
5. Popis vzniku modelu Kaplanovy přímoproudé turbíny	10
6. Závěr	11
6.1 Závěrečné prohlášení	11
6.2 Čestné prohlášení	11
6.3 Poděkování za pomoc při tvorbě projektu	11
6.4 Použitá literatura a zdroje	12
7. Příloha	13
7.1 Obrázky z exkurze MVE Velký Osek	13
7.2 Obrázky z exkurze VD Velký Osek	14

Kaplanova přímoproudá turbína – učební pomůcka

1. Úvod

1.1 Co mě vedlo ke zpracování tohoto tématu

Výzvou ke zpracování tohoto tématu byla nabídka exkurze MVE Velký Osek, kterou jsem neváhal přijmout, protože mě vždy výroba energie pomocí vodních elektráren zajímala. Exkurzi mi sjednal Mgr. Zbyněk Hruška, ředitel naší školy, který mě společně s Ing. Lubošem Malým doprovázeli. Provádějícím exkurzí se stal p. Libor Hruška, který po celý čas odpovídal na mé dotazy a provedl mě elektrárnou, jejíž velikost mě velmi překvapila, především tím, jak zapadala do okolního prostředí, které nikterak nenarušila.

Nejprve jsme se přesunuli do samotné strojovny se třemi vodorovnými Kaplanovými přímoproudými turbínami, o které jsem se začal hned zajímat. Jednou ze zajímavých informací, které jsem se dozvěděl, bylo to, že tato vodní elektrárna je jediná v České republice, která má spád pod 2 metry, a to konkrétně 1,9 metru. To bylo možné jen díky použití Kaplanovy přímoproudé turbíny. Dále jsem byl seznámen s principy fungování této turbíny a přenosu energie na generátory a následně jsem byl i proveden celým zařízením. Měl jsem možnost navštívit i přilehlý jez VD Velký Osek, který je osazen prvorepublikovým zařízením, které umožňuje regulaci výšky hladiny. Následně jsem si prohlédl i plavební komoru, která v době mé exkurze byla v závěru rekonstrukce. Po zodpovězení mých dotazů a provedení elektrárnou jsem se uchvácen rozloučil a společně s doprovodem jsme se vydali na cestu domů.

Po cestě jsem přemýšlel, jak bych této exkurze mohl využít a zpracovat ji do tohoto projektu. Následně mě díky mému koníčku 3D modelování v počítačových programech napadlo zpracovat jednu z turbín osazených v této vodní elektrárně jako 3D model a přiblížit tak její konstrukci. Tato myšlenka se později rozvíjela až do osazení tohoto modelu animací. Má práce na tomto modelu však nekončí a v budoucnu bych se ho chtěl pokusit zhmotnit do podoby výukové pomůcky, a to pomocí 3D tiskárny, kterou naše škola vlastní, a poskytnout virtuální prohlídku mého modelu na mých webových stránkách pod odkazem: <http://www.polikarbonat.wbs.cz/3D.html>

1.2 Cíl projektu

Cílem tohoto projektu se pro mě stalo seznámení veřejnosti, žáků, či studentů s vlivem Kaplanovy přímoproudé turbíny na životní prostředí, opatřeních, které plynou s její instalací, samotným fungováním a konstrukcí turbíny, a hlavně vytvoření vzorku pro potřeby výuky o obnovitelných zdrojích ve škole.



Obr. 1 VD Velký Osek, které zajišťuje výšku hladiny pro MVE Velký Osek

2. MVE Velký Osek

2.1 Parametry

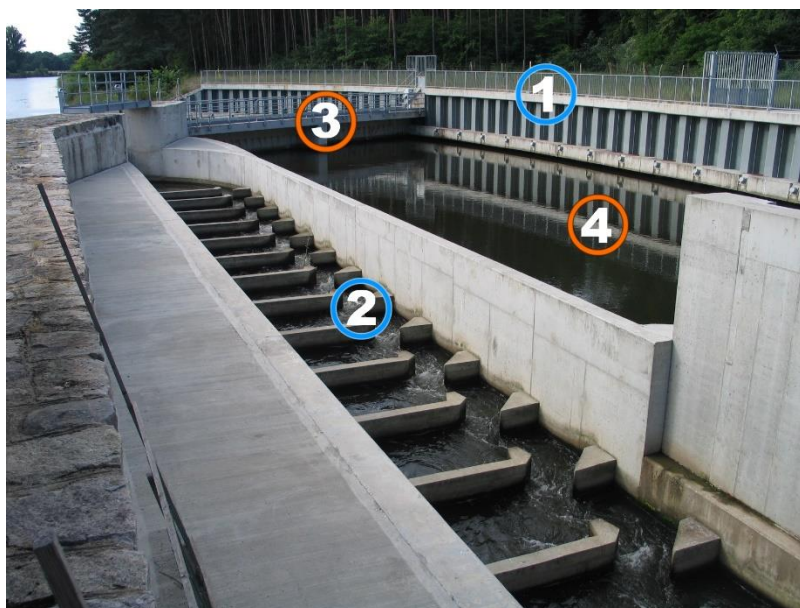
Tato malá vodní elektrárna je poměrně nové vodní dílo z roku 2012 a je osazena třemi soustrojími Kaplanovy přímoproudé turbíny po 300 kW (celkově tedy 900 kW). Elektrárna zásobuje cca 1 000 domácností a roční předpokládaná výroba energie je 4 000 MWh. V tomto případě jsou turbíny osazeny každá třílopatkově s průměrem oběžného kola 2,24 m, maximální hltností 18 m³/s a provozními otáčkami 111 ot/min. Převod na generátor je zde řemenový (111/500 ot/min) a generátor je zde použit pro každou turbínu asynchronní třífázový. Provoz elektrárny je vykonáván bezobslužně, jen s občasnými kontrolami za účelem údržby této vodní elektrárny. MVE Velký Osek se nachází na řece Labi na 912. říčním kilometru. Elektrárna využívá vodního díla VD Velký Osek a toto vzdouvací zařízení je osazeno třemi jezovými poli světlostí 19 m hrazenými zdvižnými stavidly tvořící výšku spádu 1,9 m a pro říční dopravu osazeného o plavební komoru. Rád bych zde vyzdvihl velice zajímavý rybí přechod, který je důležitý pro zajištění bezpečné migrace ryb a jiných na vodu vázaných živočichů proti proudu, případně i po proudu.

2.2 Výpočet úspory emisí MVE Velký Osek

Vynásobíme-li roční předpokládanou výrobu (4000 MWh) emisním faktorem elektřiny (1,17 t CO₂/MWh), získáme roční úsporu 4 680 tun emisí CO₂.

2.3 Složení malé vodní elektrárny

1. Přiváděcí kanál - slouží pro přívod vody.
2. Rybí přechod - slouží k bezpečné migraci ryb.
3. Hrubé česle - slouží pro zachycení větších předmětů a jsou vyrobeny z tlustostěnných ocelových trubek s mezerami 150-300 mm podle požadavků v závislosti na charakteru toku.



4. Lapač kamenů a písku - slouží k zachycení kamenů a usazení písků.

Obr. 2

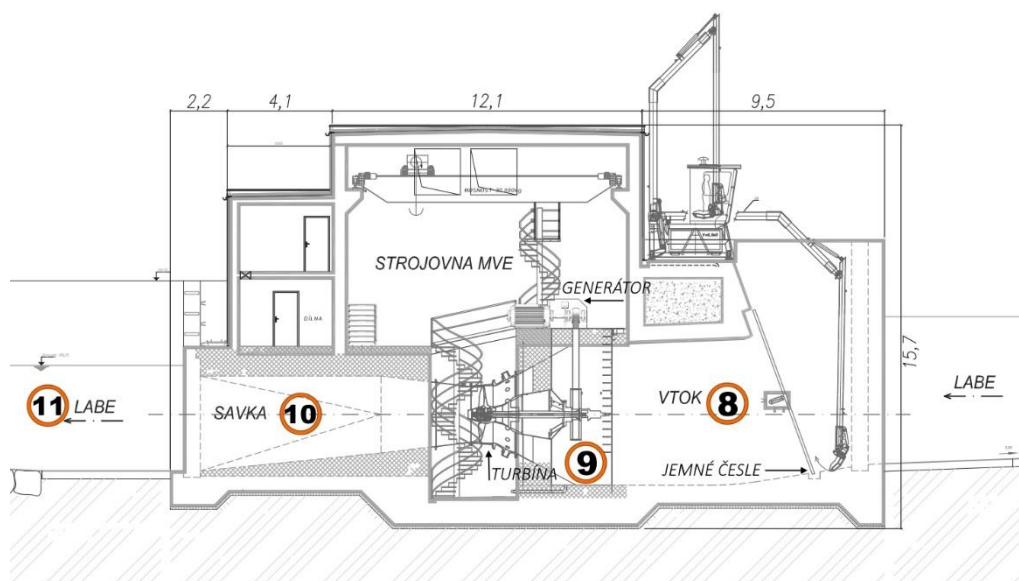
Kaplanova přímoproudá turbína – učební pomůcka

5. Budova MVE.
6. Jemné česle - jemné česle jsou vyrobeny z ocelových prutů pravoúhlého průřezu s rozměry od 60/8 mm až do 160/20 mm. Jsou podpírány jedním či více vodorovnými nosníky proudnicového průřezu z důvodu nutnosti pevnosti této konstrukce i při plném ucpání. Čištění česlí většinou probíhá strojově.
7. Čistící stroj.



Obr. 3

8. Vtok - vtok je umístěn před vstupem do spirál turbín.
9. Turbína - slouží pro přenos či získávání energie z vodního toku.
10. Savka - slouží jako výpust' z turbín.
11. Odpadový kanál - slouží pro odvod vody a navrácení jí do toku.



Obr. 4

3. Kaplanova přímoproudá turbína

3.1 Historie Kaplanovy turbíny

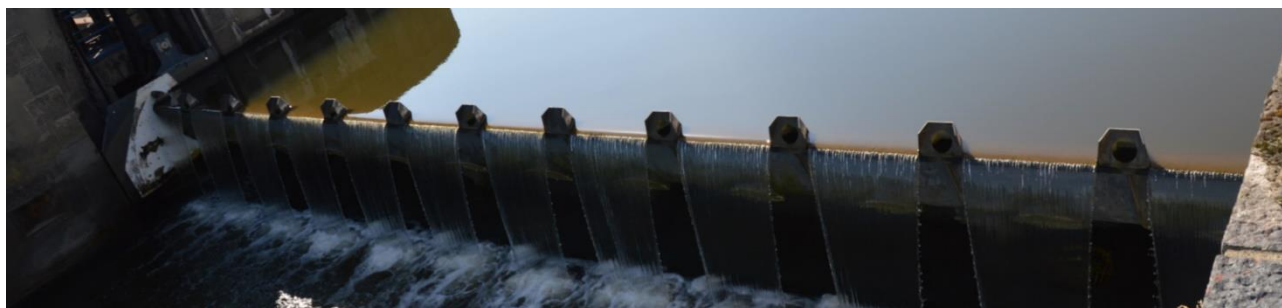
V letech 1910 - 1912 brněnský profesor techniky Viktor Kaplan vynalezl nový typ turbíny. Tato turbína byla inspirována Francisovou turbínou, avšak lišila se hlavně menším počtem lopatek, tvarem oběžného kola a především možností regulace náklonu lopatek u oběžného i rozváděcího kola. Prof. Viktor Kaplan vzal při návrhu této vodní turbíny v potaz vazkost vody. Vazkost neboli viskozita znamená, že čím větší viskozita, tím větší brzdění pohybu kapaliny nebo těles v kapalině. První prototyp Kaplanovy turbíny byl vyroben v roce 1919 brněnskou firmou Ignác Storek. Po dokončení zkoušek této turbíny se ukázalo, že turbína dosahuje vynikající mechanické účinnosti až 86 %. Další prototyp už byl úspěšně vyzkoušen v poděbradské elektrárně. Později, když se povedlo Kaplanovým žákům vyřešit problémy s kavitací (vznik dutin v kapalině při lokálním poklesu tlaku následovaný jejich implozí), se tato turbína stala nejvýznamnějším typem turbíny užívaným ve velkých elektrárnách po celém světě, hlavně díky úspěšné montáži tehdy největší vodní turbíny světa ve švédském Jlla Edet v roce 1925, a tak se staly Kaplanovy turbíny velice úspěšným výrobním artiklem československého strojírenství.

3.2 Základní princip výroby elektrické energie

Kaplanova přímoproudá turbína využívá kinetické energie vody, která proudí přes lopatky turbíny, jež přeměňují tuto kinetickou energii na mechanickou, která je pomocí hřídele (případně i řemenice) přenášena na generátor přeměňující tuto energii na elektrickou, a ta se následně transformuje a odvádí do elektrické přenosové soustavy. Množství možné vyrobené elektrické energie ve vodní elektrárně je dáno hydroenergetickým potenciálem průtoku řeky, na němž se vodní elektrárna nachází, a též účinností soustrojí turbín.

3.3 Použití a popis Kaplanovy přímoproudé turbíny

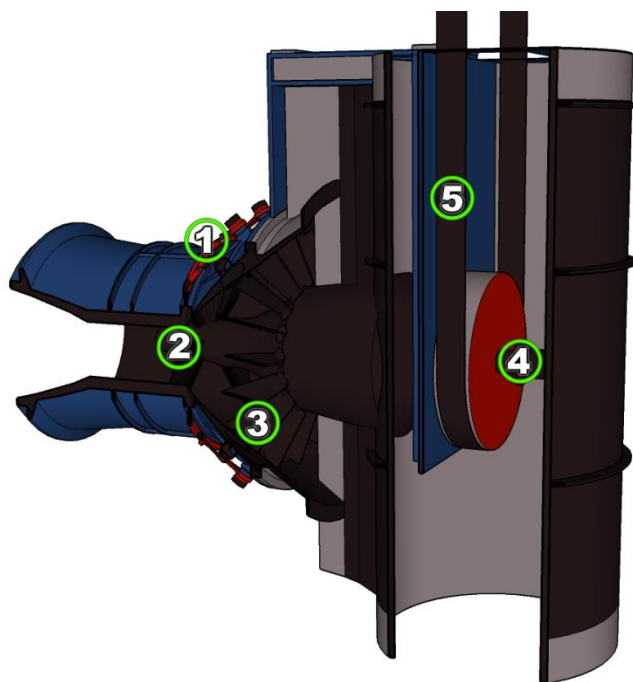
Kaplanova přímoproudá turbína se řadí mezi přetlakové turbíny, do kterých voda vstupuje směrem do oběžného kola s určitým přetlakem, který po průtoku turbínou klesá. Velice hojně se tedy tento typ turbíny používá především na tocích, na kterých není možné vytvořit umělou nádrž pro větší vzednutí hladiny. Tento typ turbíny totiž při velkém rozsahu průtoků vyniká svou účinností díky charakteristické možnosti nastavování rozváděcích lopatek, či lopatek oběžného kola, nebo obojí zároveň v závislosti na aktuálním průtoku. Tato turbína se používá na tocích s nižším spádem při využití většinou na jezích, avšak dá se použít i na přehradách se spádem od 1 do 70,5 m. Turbína tohoto typu se tak především používá na průtočných vodních elektrárnách, které nemají za úkol zadržovat vodu v nádržích, ale jen využívat okamžitý průtok vody tokem, ale též i na vodních dílech s přehradovou hrází.



Obr. 5 Nastavitelná vzdouvací zařízení, součást VD Velký Osek

3.4 Složení Kaplanovy přímoproudé turbíny

1. Regulační kruh - pomocí regulačního kruhu natáčíme do požadovaného úhlu regulační lopatky.
2. Oběžné kolo - oběžné kolo je osazeno lopatkami přenášející energii toku na mechanickou energii.
3. Regulační lopatky - regulují průtok vody turbínou, a tak i rychlost otáček oběžného kola.
4. Dutá hřídel - přenáší mechanickou energii získanou oběžným kruhem na řemenici.
5. Řemenice - řemenice přenáší získanou energii na generátor.



Obr. 6 Můj model Kaplanovy přímoproudé turbíny s číslováním

3.5 Pozitiva a negativa použití Kaplanovy přímoproudé turbíny

Klady použití Kaplanovy přímoproudé turbíny oproti ostatním turbínám:

- využití na tocích bez nutnosti vyššího zvýšení vodního toku a zaplavení tak krajiny,
- možnost nastavování rozváděcích lopatek, či lopatek oběžného kola.

Je třeba ale zmínit i negativa, které s sebou nese použití vodních turbín, a to především Kaplanovy přímoproudé turbíny. Jedním z problémů je kavitace. Jedná se o vznik dutin v kapalině při lokálním poklesu tlaku, následovaný jejich implozí (opakem exploze). Příčinami může být zvýšení rychlosti (hydrodynamická kavitace), případně průchod intenzivní akustické vlny v periodách zředění (akustická kavitace). Kavítaci z počátku tvoří vakuum, které se obmění na páru okolní kapaliny, či do něho proniknou plyny z okolní kapaliny. Při vymizení podtlaku, který zapříčinil kavítaci, její bublina kolabuje za vzniku rázové vlny s destrukčním účinkem na okolní materiál. Po určité době se tak může stát, že materiál nabude kritického poškození a zapříčiní tak havárii zařízení.

3.6 Příklady použití Kaplanovy turbíny

VODNÍ ELEKTRÁRNA SLAPY - na této vodní elektrárně jsou instalována tři soustrojí s Kaplanovými turbínami využívající vod řeky Vltavy pro spád 56 m s instalovaným výkonem 3 x 48 MW. Elektrárna byla uvedena do provozu roku 1956.

VODNÍ ELEKTRÁRNA LIPNO - elektrárna leží na řece Vltavě, je vybavena jedním soustrojím s Kaplanovou turbínou se spádem 10 - 4 m a instalovaným výkonem 1,5 MW (Lipno II). Dále je osazena dvěma soustrojím s Francisovými turbínami s instalovaným výkonem 2 x 60 MW (Lipno I). Kaplanova turbína byla uvedena do provozu v roce 1957 a dvě Francisovy turbíny byly uvedeny do provozu o dva roky později v roce 1959.

VODNÍ ELEKTRÁRNA STŘEKOV - je osazena třemi soustrojím s Kaplanovými turbínami s celkovým instalovaným výkonem 19,5 MW. Elektrárna byla uvedena do provozu v roce 1936 a leží na řece Labi.

VODNÍ ELEKTRÁRNA ORLÍK - v této vodní elektrárně jsou instalována čtyři soustrojí s Kaplanovými turbínami pro spád 70,5 m s instalovaným výkonem 4 x 91 MW. Tato vodní elektrárna byla uvedena do provozu v roce 1962 a její přehrada tvoří nejobjemnější akumulační nádrž v České republice. Hladina nádrže pokrývá 26 km² a vzdouvá Vltavu v délce 70 km, Otavu v délce 22 km a Lužnici v délce 7 km od ústí.

MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA HNĚVKOVICE - tato malá vodní elektrárna ležící na Vltavě byla uvedena do provozu v roce 1992 a byla vybudována v souvislosti s výstavbou Jaderné elektrárny Temelín. Vzniklá nádrž tak slouží jako rezervoár technologické vody pro areál temelínské elektrárny. Ve vodní elektrárně jsou instalována dvě soustrojí s Kaplanovými turbínami s instalovaným výkonem 2 x 4,8 MW.

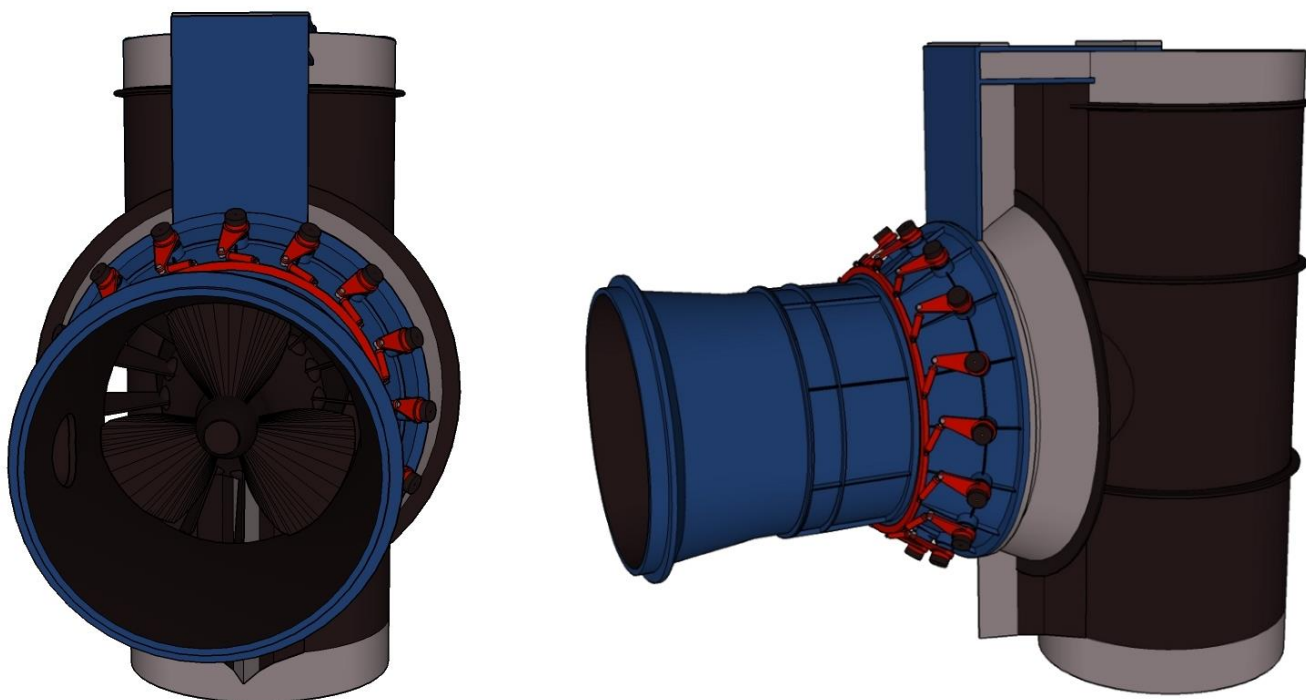
VODNÍ ELEKTRÁRNA KNÍNIČKY - jedná se o vodní elektrárnu, která byla uvedena do provozu v roce 1941. Je osazena jedním vertikálním turbosoustrojím s Kaplanovou turbínou. Její instalovaný výkon je 3,1 MW. Vodní elektrárna leží na řece Svratce, její umístění je v brněnské městské části.

4. Vliv na životní prostředí

Dalším bodem, kterým bych se chtěl zabývat, je vliv použití této turbíny na životní prostředí. Díky možnosti umístit Kaplanovu přímoproudou turbínu na menší spády není třeba uměle vytvářet rozsáhlé vodní nádrže, a tak zaplavovat půdu, kterou lze zachovat v původním stavu a využívat jí k jiným libovolným účelům. Je sice možné tuto turbínu osadit i na vodní elektrárnu se spádem až 70,5 m, ale tam už se vliv na životní prostředí zvyšuje. Dále bych uvedl okysličování vody, které je velice důležité pro ryby a čištění vodních toků, tyto elektrárny jsou právě pro ryby osazovány rybím přechodem pro bezpečné proplutí ryb.

5. Popis vzniku modelu Kaplanovy přímoproudé turbíny

Pro tvorbu modelu turbíny jsem se rozhodl použít program Google SketchUp, a pro následné vytvoření animací program Blender. Prvním důležitým krokem pro samotnou tvorbu modelu bylo sehnat nějakou technickou dokumentaci. Po nalezení technického výkresu jsem se pustil do hrubého modelu turbíny, který jsem neustále zdokonaloval až do současné podoby, ovšem ve zdokonalování modelu hodlám pokračovat. Velkým zdrojem informací a inspirace se pro mě stalo dokumentární video firmy APB Plzeň, která přepravovala a následně ukládala tyto turbíny přímo do mnou navštívené elektrárny MVE Velký Osek. Modelování pak díky těmto materiálům a poznatkům z exkurze šlo poměrně od ruky a během modelování této turbíny jsem se přiučil novým možnostem modelování a též principům funkčnosti samotné Kaplanovy přímoproudé turbíny. Za nejtěžší část na samotném modelování bych označil modelování lopatek oběžného kola, kde jsem hledal nejvěrohodnější řešení. Nakonec jsem zvolil metodu vytvoření "vějíře" a jeho následné oříznutí do tvaru lopatky. Po uznání modelu za dostatečně detailní jsem se rozhodl ho osadit texturou, neboli "barvou", a exportovat tento model po částech, z důvodu následného osazování animacemi, do Blenderu. V Blenderu na mě čekala už jen práce v podobě vyhlazení hran modelu a vytvoření animací. Rozhodl jsem se animovat otáčení oběžného kola v závislosti na poloze regulačních lopatek, které jsem též osadil animací, a to uzavření a otevření vtoku do turbíny. V závislosti na to jsem animoval i regulační okruh.



Obr. 7 Model Kaplanovy přímoproudé turbíny, jehož jsem autorem

Na přiloženém CD se nachází tento model jak ve formách souborů z použitých programů (Google SketchUp, Blender), tak i pro případné spuštění bez nutnosti vlastnictví těchto programů ve formě videa, a to ve formátu AVI.

6. Závěr

6.1 Závěrečné prohlášení

Závěrem bych chtěl především upozornit na to, že je velice důležité věnovat se problematice získávání energie z vodních toků, a snažit se tak využít maximálně energetický potenciál našich toků. K tomuto cíli je však rozhodně nutné mít velký výběr druhů turbín pro různé spády a průtoky, a dle mě v nich rozhodně nesmí chybět, právě díky možnosti osazení na malých spádech, Kaplanova přímoproudá turbína. Už jen díky malým dopadům na okolní prostředí v podobě mírně vzedmuté hladiny. Navíc oproti jiným druhům získávání energií je určitě příjemnější, když vám za domem u řeky vyroste vodní elektrárna, než když se zde postaví tepelná elektrárna spalující ve velké míře uhlí. Osobně bych tedy získávání energie pomocí Kaplanovy přímoproudé turbíny hodnotil jedinečně kladně, protože bere ohled jak na okolní obyvatelstvo, tak na říční dopravu a ryby díky možnosti osazení rybích přechodů a plavebních komor.

Na samý závěr bych chtěl ještě říci, že je důležité dosáhnout energetické samostatnosti lidstva, a Kaplanova přímoproudá turbína tomu může z části přispět, je však důležité nacházet nové způsoby jak získávat čistou energii, ať už je to s pomocí vodních toků či sluneční energie, je třeba nacházet nová řešení a šířit je, aby získávání čisté energie pomocí obnovitelných zdrojů převládlo nad získávání energie z vyčerpatelných zdrojů, většina kterých navíc škodí naší planetě a nám samotným.

6.2 Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem tento projekt zpracoval samostatně za pomoci uvedených zdrojů.

Podpis:

6.3 Poděkování za pomoc při tvorbě projektu

Rád bych poděkoval všem, kteří mě při tvorbě projektu podpořili, a to:

Ing. Luboši Malému – motivace, konzultace a osobní zapojení,

Mgr. Zbyňku Hruškovi – zajištění exkurze,

p. Liboru Hruškovi – odborná konzultace,

Mgr. Renatě Němcové – pravopisná korekce.

6.4 Použitá literatura a zdroje

- <http://www.betontks.cz/sites/default/files/2012-2-36.pdf>
- <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny-cez/ceska-republika.html>
- <http://www.vodniturbiny.cz/index.php?linkid=08>
- <http://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=976&coid=48>
- <http://www.czechinvest.org/31-eeoze092-projekt-vystavby-mve-velky-osek-stredocesky-kraj>
- <http://oze.tzb-info.cz/vodni-energie/9317-slavnostni-predvedeni-nove-male-vodni-elektrarny-velky-osek>

7. Příloha

7.1 Obrázky z exkurze MVE Velký Osek



Př. 1 Kaplanova přímoproudá turbína



Př. 2 Má maličkost ve strojně



Př. 3 Rybí přechod

7.2 Obrázky z exkurze VD Velký Osek



Př. 4 Vzduvací zařízení a názorná ukázka malého spádu 1,9 metru



Př. 5 Prvorepublikové zařízení vzduvacího zařízení VD Velký Osek



Př. 6 Fotografie dokončovacích prací na modernizaci plavební komory