VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VÝVOJ REGULACE VENTILAČNÍCH TURBÍN

Development of ventilation turbine control

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE — PETR KREMZ

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. JÍŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Kremz

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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

Vývoj regulace ventilačních turbín

v anglickém jazyce:

Development of ventilating turbines control

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční vývoj mechanických systémů ventilačních větrných turbín včetně přibližných fyzikálních popisů zkonstruovaných odstředivých regulátorů.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat technickou zprávu obsahující celosvětový přehled ventilačních turbín včetně výrobců, technických rozborů a vhodnosti funkcí. Dle pokynů vedoucího práce nakreslit několik systémů ventilačních turbín s mechanickou regulací, případně přidávat vlastní konstrukční řešení. V technické zprávě popsat dynamiku zkonstruovaných mechanických regulací.

Seznam odborné literatury:

1. Shigley J.E.,Mischke Ch.R.,Budynas R.G.: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
2. Julina M.,Venclík V.: Mechanika dynamika pro školu a praxi.
Scientia s.r.o. Praha. 2001. ISBN 80-7183-238-9.
3. http://www.ventfair.com/
4. http://www.edmonds.com.au/
5. http://www.lomanco.com/
6. www.ventilacniturbina.cz

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 5.11.2014

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Ředitel ústavu	Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaobírá konstrukčním vývojem mechanických systémů ventilačních turbín. Cílem práce je zdokonalit vnitřní systém regulace ventilační turbíny a systém odvětrávání vzduchu. Výstupem práce bude model turbíny s regulačním systémem – klapkou v programu Solidworks. Dále pak grafické výkonnostní závislosti turbíny.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ventilační turbína, regulační systém, klapka, výkonnostní charakteristika, Solidworks

ABSTRACT

This bachelor thesis describes the design development of mechanical systems of ventilation turbines. The goal of this thesis is to improve the internal control system, the ventilation of the turbine and the system of ventilation air. The output of the work will be the model of the turbine with the regulatory system - the flap in the program Solidworks. Furthermore, the graphical performance of the dependence of the turbine.

KEYWORDS

Ventilation turbine, regulation system, flap, performance characteristics, Solidworks

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KREMZ, P. *Vývoj regulace ventilačních turbín*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 46 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 12. května 2015 ……..……..

Petr Kremz

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za možnost podílet se na konstrukčním vývoji ventilační turbíny a její funkci.

OBSAH

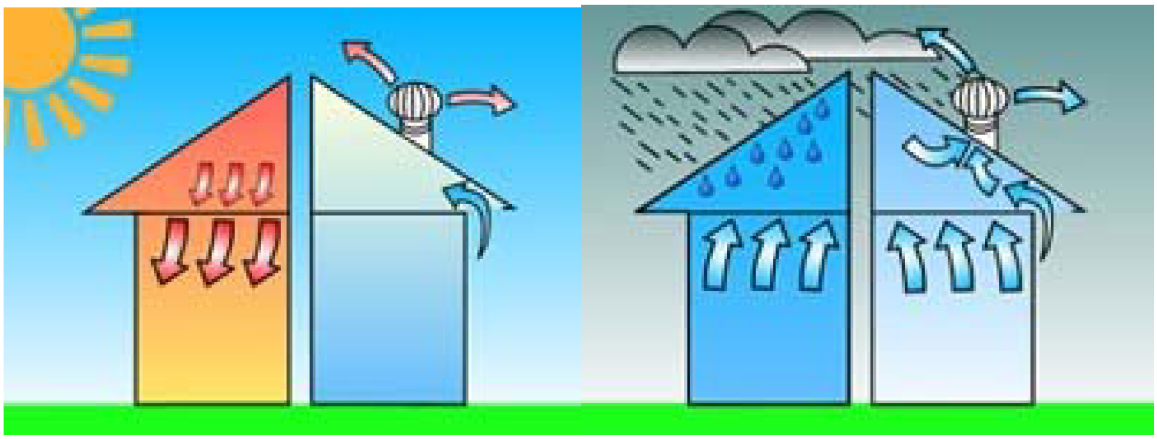
Úvod 9
1 ROZDĚLENÍ VENTILAČNÍCH TURBÍN PODLE MÍSTA ODVĚTRÁVÁNÍ 10
1.1 STŘEŠNÍ PLÁŠTĚ A PŮDNÍ PROSTORY 10
1.2 INTERIÉRY VÝROBNÍCH HAL A SKLADOVACÍCH PROSTOR 10
1.3 KANCELÁŘSKÉ PROSTORY A INTERIÉRY OBYTNÝCH DOMŮ 11
1.4 VĚTRACÍ ŠACHTY PANELOVÝCH DOMŮ 12
1.5 NÁRAZOVÉ VĚTRÁNÍ HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ 12
2 TYPY VENTILAČNÍCH TURBÍN 13
2.1 SAMOČINNÉ VENTILAČNÍ TURBÍNY (VIV) 13
2.2 HYBRIDNÍ VENTILAČNÍ TURBÍNY (HV) 14
2.3 VENTILAČNÍ TURBÍNY V AGRESIVNÍM PROSTŘEDÍ (VIV AP) 15
2.4 VENTILAČNÍ TURBÍNY NA PANELOVÝCH DOMECH 16
3 SVĚTOVÍ VÝROBCI VENTILAČNÍCH TURBÍN 17
3.1 EDMONDS 17
3.2 VENTFAIR 17
3.3 LOMANCO 18
4 KONSTRUKCE HYBRIDNÍ VENTILAČNÍ TURBÍNY 20
5 MODELOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH SOUČÁSTÍ TURBÍNY 22
5.1 PŮLDOMEK LOŽISKA 22
5.2 SYMETRICKÁ PRUŽINA 24
5.3 POTRUBÍ A LÍMEC TURBÍNY 26
5.4 LOPATKA TURBÍNY 27
6 VÝKONNOSTNÍ CHARAKTERISTIKY TURBÍN 28
7 SHRNUTÍ PROBLEMATIKY A KONSTRUKČNÍCH POSTUPŮ 32
7.1 VÝVOJ REGULAČNÍ KLAPKY 32
7.2 HLAVICE VENTILAČNÍ TURBÍNY 35
7.2.1 PLEXI HLAVICE VENTFAIR (SUPAVENT) 35
7.2.2 HLAVICE EDMONDS (HURRICANE) 36
7.2.3 HLAVICE VYTOZ-EKO (VIV 12) 37
8 MODELY SESTAV VENTILAČNÍCH TURBÍN 38
Závěr 42
Seznam použitých zkratek a symbolů 44
Seznam příloh 46

ÚVOD

Ventilační turbína je unikátní větrací systém, který slouží pro odvod vlhkosti a odpadního vzduchu z ventilačních šachet, komínů, střešního pláště, hal a interiérů staveb. Hlavním pohonem turbíny je ekologicky přírodní zdroj - vítr. Nejdříve byly vyvinuty samočinné turbíny, fungující jen na principu proudění vzduchu. Poté se tyhle turbíny zdokonalily pomocným elektromotorem, který roztáčí turbínu při úplném bezvětří na minimální požadované otáčky. Výhodou ventilačních turbín oproti centrálním elektrickým systémům je úspora elektrické energie, tichý a bezúdržbový chod turbíny, neustálá cirkulace čerstvého vzduchu a hlavně odsávání oxidu uhličitého z obytných prostor.

1 ROZDĚLENÍ VENTILAČNÍCH TURBÍN PODLE MÍSTA ODVĚTRÁVÁNÍ

1.1 STŘEŠNÍ PLÁŠTĚ A PŮDNÍ PROSTORY



Obr. 1. 1 Odvětrávání střešního pláště

Odvětrávání probíhá v zimě a v létě. V zimě se odvádí vlhkost a vzniklý kondenzát a v létě se zabraňuje nadměrnému pnutí tepla. Při tomto odvětrávání je nutné zajistit potřebný počet nasávacích otvorů a doporučuje se ventilační turbína typu VIV.

Odvětrávání střešních plášťů je také důležité. Vlhkost, která v chladných obdobích narušuje jak dřevěné, tak i kovové části střech je odváděna vzdušným oplachem vně objektu. Lze odvětrávat všechny typy střech (ploché, šikmé) se všemi typy krytiny. Je však nutno dodržet, aby ve spodní části střechy byly nainstalovány ventilační otvory, sloužící k proudění vzduchu a kvalitnímu chodu turbíny. [1]

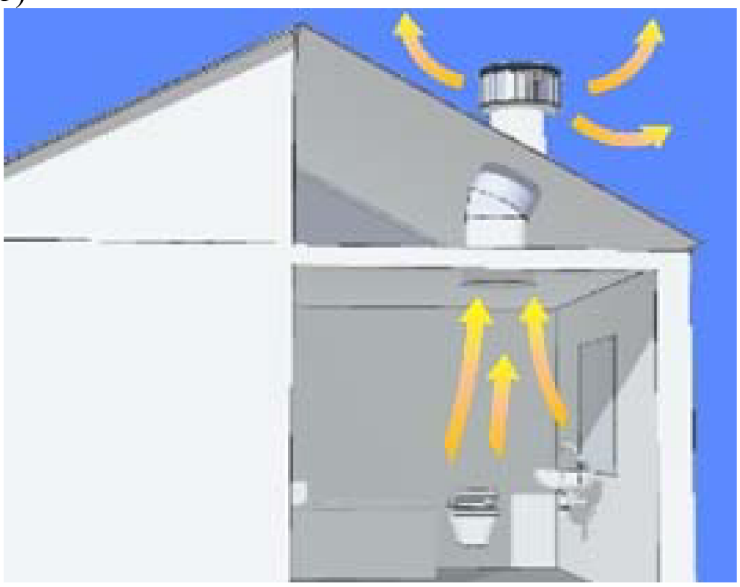
1.2 INTERIÉRY VÝROBNÍCH HAL A SKLADOVACÍCH PROSTOR

Obr. 1. 2 Ventilační turbíny na hale v Řečkovicích

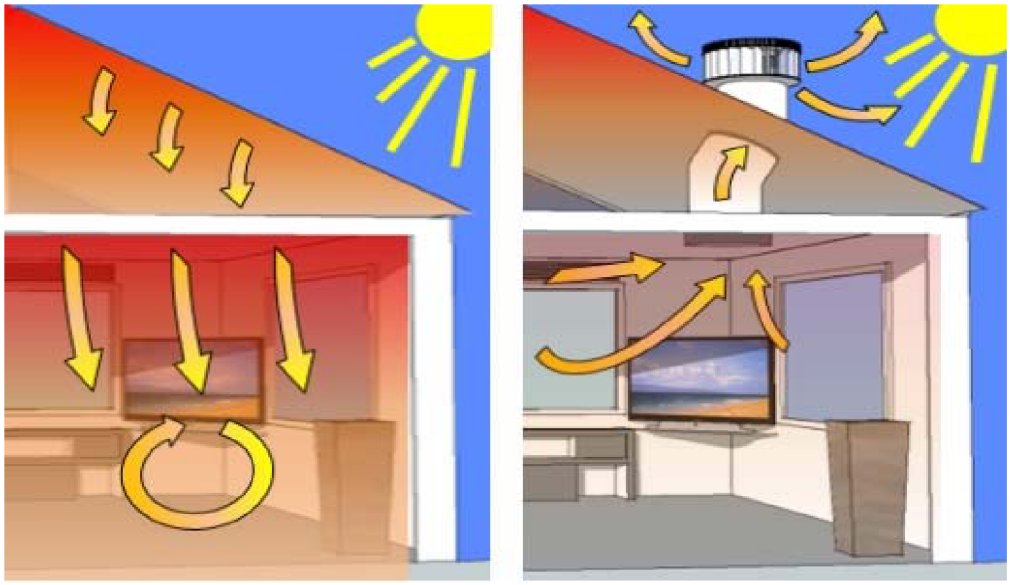
Převážně v letním období je nutné odvětrávat haly a skladovací prostory. Plechové krytiny se na slunci snadno rozpálí a zvýší tak teplotu v prostorech pod střechou. Tu je třeba snížit pomocí ventilačních turbín. Jejich regulace probíhá buď pomocí mechanických nebo elektromechanických klapek. Pro správnou cirkulaci vzduchu je nutné, aby měla každá turbína vlastní nasávací otvor alespoň 1,5 m^2 .

1.3 KANCELÁŘSKÉ PROSTORY A INTERIÉRY OBYTNÝCH DOMŮ

Využití ventilačních turbín v interiérech kanceláří a domů lze uvézt například jako náhrada za elektrický ventilátor, jenž je ve vysokých teplotách jediná pomůcka pro ochlazení kanceláře, která není vybavena klimatizací. Dalším příkladem může být koupelna bez oken u starých domů, kde se drží vlhkost a plíseň. Řešením je cirkulace vzduchu pomocí ventilačního systému, který se skládá ze: Střešního ventilátoru, ventilační mřížky, potrubí nebo ventilační hadice. (viz *obr.1.3*)



Obr. 1. 3 Ventilace koupelny [2]



Obr. 1. 4 Ventilace interiéru domu [3]

1.4 VĚTRACÍ ŠACHTY PANELOVÝCH DOMŮ

Obr. 1. 5 Ventilační turbíny na panelových domech v Kuřimi

Každý panelový dům má ventilační šachtu tzv.stupačku, do které jsou připojeny výústky z koupelny, WC, kuchyně. Odvětrávání této stupačky se provádí centrálním třífázovým ventilátorem, umístěným na střeše objektu, který zpravidla vykazuje velkou hlučnost, časté poruchy a spotřebovává nezanedbatelné množství energie.

Proto se začaly používat ventilační turbíny, které mají minimální spotřebu elektrické energie a bezúdržbový provoz. Pro odvětrávání se nejčastěji využívají turbíny Hurricane, které jsou ideální svou konstrukcí a extrémním objemem nasávání.

Turbína zajišťuje plynulý tah, a díky komínovému efektu nedochází ke zpětnému tahu a tudíž k prolínání nežádoucích pachů ve stupačce. Odvod vzduchu lze v jednotlivých místnostech regulovat uzavíratelnou ventilační mřížkou. Pro 1 až 7 pater stačí na jednu šachtu jedna VIV turbína. Pro více než 7 pater dvě VIV turbíny. Pro 10 a více pater se použije buď jednopotrubní systém, nebo dvoupotrubní.

1.5 NÁRAZOVÉ VĚTRÁNÍ HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ

Je to pojem užívaný pro intenzivní odvětrávání pomocí elektrických ventilátorků s průtokem odváděného vzduchu koupelny cca 90m3/hod a WC cca 50m3/hod. Ventilátorky jsou navržené tak, aby překonaly tlakovou ztrátu průduchu větrací šachty a jsou používány v době, kdy chceme intenzivně větrat požadované zázemí. Ventilátorky „naženou“ vzduch propojovacím potrubím do hlavního průduchu, kde přirozeným tahem současně s pomocí hybridního ventilátoru nebo ventilační turbíny vzduch směřuje do prostor nad střechu. [4]

2 TYPY VENTILAČNÍCH TURBÍN

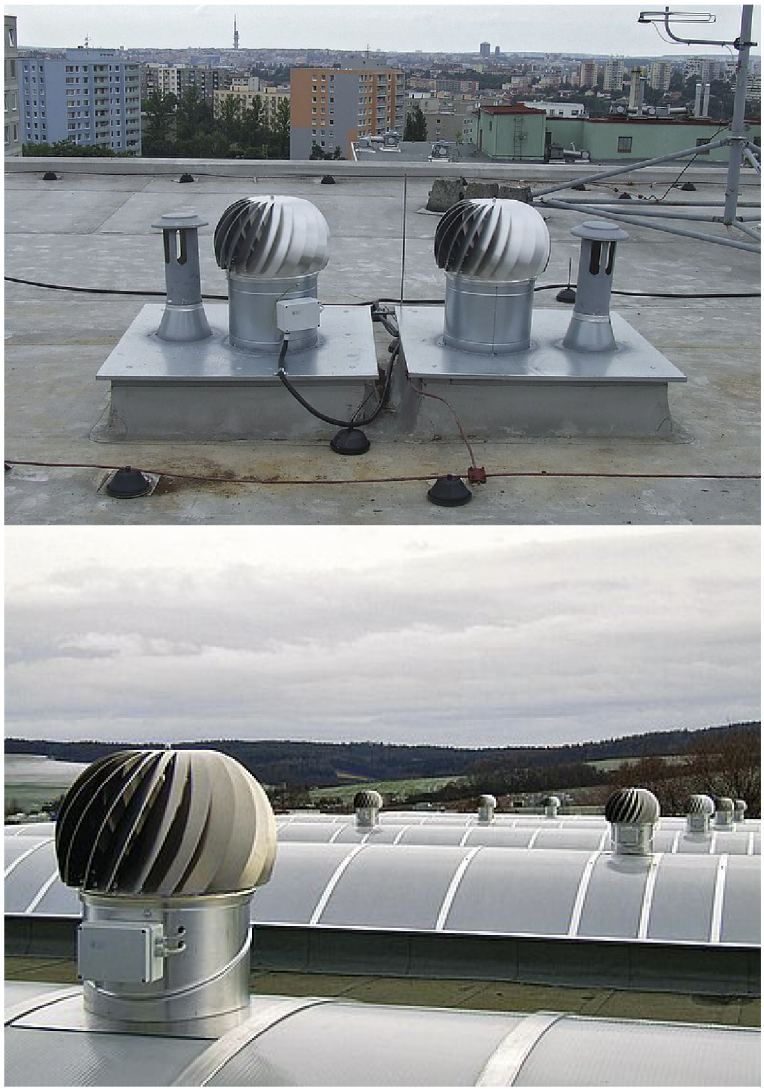
2.1 SAMOČINNÉ VENTILAČNÍ TURBÍNY (VIV)

Obr. 2. 1 Samočinné ventilační turbíny

Samočinné ventilační turbíny se liší pouze technickými parametry, tzn. velikostí ventilačních hlavic a průměrem tubusu, které mají také vliv v součinnosti se sílou větru na množství odvětraného vzduchu z odvětrávaných prostor. Ventilační turbína je celohliníkové konstrukce, složená ze tří částí:

1. základny, která slouží k uchycení do střešního pláště
2. stavitelného hrdla, kde kloubové nastavení umožní jednoduchou instalaci i na šikmou střechu dle sklonu až na 45°.
3. rotační hlavice, která má speciálně tvarované lopatky zajišťující přenos hnané síly větru a svojí rotací vytváří plynulý odtah z prostor pod rotační hlavicí. Svým uspořádáním brání zatečení dešťové vody do prostor pod hlavicí. Ideální výkon a tichý plynulý chod rotační hlavice zajišťují dvě značková ložiska SKF. Konstrukce rotační hlavice je uzpůsobena tak, aby odolávala větru o rychlosti minimálně 120km/h. Spojení rotační hlavice jsou jištěny šroubovým spojením s metrickým závitem a tím je zajištěna bezpečnost proti vytržení při nárazových větrech. [5]

2.2 HYBRIDNÍ VENTILAČNÍ TURBÍNY (HV)



Obr. 2. 2 Hybridní ventilační turbíny

Hybridní ventilátor HV je větrací systém, který ke své činnosti využívá ekologický přírodní zdroj energie – vítr, a malý elektrický motorek o výkonu 6W, kterým se liší od samočinných turbín. Spojením vzniká hybridní ventilační turbína, která zamezí tzv. nulovému výkonu.

Hybridní ventilátor je určený hlavně do míst, která jsou mírně v závětří. Její technologie umožňuje odvětrávání i v době bezvětří a garantuje tak minimální množství odvětraného ovzduší. Odolávají teplotám od -30°C až do +60°C a jsou konstruovány pro max. rychlost větru 130 km/hod.

Elektrický motorek se zapíná v případě, kdy turbína nedosáhne požadovaných otáček nebo požadovaného výkonu. V případě, že se proudění vzduchu náhle zvýší a rotační hlavice překročí „minimální“ nastavený výkon elektrického motorku, ten se pomocí jednosměrné spojky odpojí a rotační hlavice pracuje pouze silou proudění vzduchu. Tuto možnost funkce zajistí elektronická řídící jednotka. [6]

2.3 VENTILAČNÍ TURBÍNY V AGRESIVNÍM PROSTŘEDÍ (VIV AP)

Obr. 2. 3 Ventilační turbíny v agresivním prostředí

Další ze specializovaných ventilačních turbín je turbína VIV AP, která je určena pro zvýšené doplňkové větrání prostor tam, kde nelze vyloučit agresivní prostředí (odvětrání kanalizací, úpraven vod, čističek odpadních vod, atd.).

Proudící povětří v nadstřešním prostoru a stoupající teplý vzduch roztáčí hlavici, a ta zajistí plynulý odtah z požadovaného prostředí z prostoru pod ventilační turbínou.

Turbína VIV AP zajistí plynulé odvětrání prostor, kde nelze vyloučit prostředí agresivních výparů, kalů, vod a chemického prostředí. Je to například odvětrání kanalizací nebo čističek odpadních vod.

Maximální rychlost větru 130km/h, okolní teploty jsou stanoveny od -20°C do +40°C. [7]

2.4 VENTILAČNÍ TURBÍNY NA PANELOVÝCH DOMECH

Obr. 2. 4 Ventilační turbíny na panelových domech

Systém odvětrávání na panelových domech nezajišťuje větrání obytných místností, ale odvětrání zázemí, které je uvnitř dispozice bytu – WC + koupelna, které nemají vlastní okno. K zajištění účinnosti navrhovaného systému je nutné dodržet následná pravidla:

Požadavky na přívod vzduchu – je nutné zajistit trvalý přívod vzduchu do prostor bytu – minimálně stále otevřené mikroklima oken. Původní panelové domy měly nasávání pomocí přirozené infiltrace oken, dveří a spár mezi panely. Nyní jsou těsná plastová okna, zateplená fasáda a přirozená infiltrace je potlačena.

Požadavky na prostupnost přívodního vzduchu – je nutné zajistit převod vzduchu mezi místnostmi, do kterých se vzduch přivádí a místnostmi, ze kterých se vzduch odvádí do prostor hygienického zázemí. Tzv. cirkulace vzduchu. Pro tento účel slouží převáděcí otvory např. spáry pode dveřmi, stěnové otvory, dveřní mřížky. [8]

3 SVĚTOVÍ VÝROBCI VENTILAČNÍCH TURBÍN

3.1 EDMONDS

Australská firma Edmonds nabízí největší množství druhů ventilačních turbín na světě. Každá turbína je speciálně upravená na určité místo odvětrávání a liší se výrobním materiálem.

ECOPOWER - tato ventilační turbína vyniká svým výkonem a schopnosti úspory energie. Je také prvním hybridním ventilátorem na světě. Má motor ukrytý uvnitř turbíny a to snižuje náklady na údržbu. Využívá technologie německých EC motorů a má výrazně nižší hlučnost v porovnání s ostatními turbínami. Uplatňuje se při odvětrávání škol, tělocvičen, skladů, továren a kanceláří.

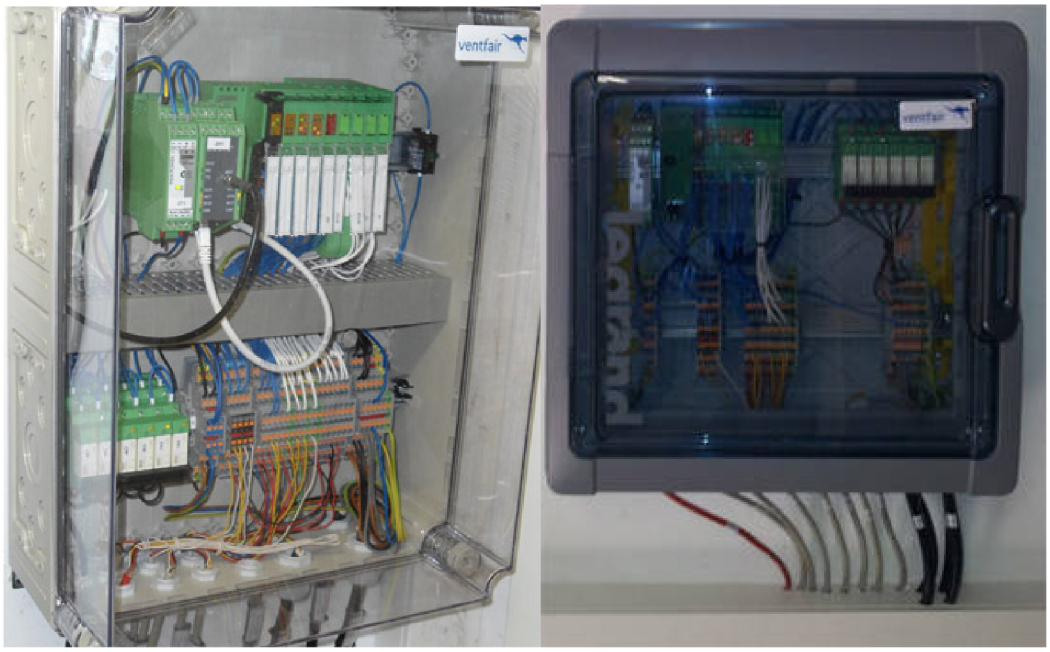
HURRICANE - typ FR a HI – je to světově nejvýkonnější typ turbíny, její hlavní výhodou je uvolňování kouře z prostorů zakouřených továren a skladů. Získal celosvětové uznání v oblasti větrných ventilátorů. Je vyroben z kvalitního námořního hliníku a tím má vysokou korozivzdornost. Typ BFR je obdobný ventilátor navržený pro požární zóny první kategorie. Typ S2 je navržen k odvádění tepla a vlhkosti v nepříznivých podmínkách. Dodává se s povrchovou úpravou bílého Polyolefinu, který napomáhá odolávat extrémním atmosférickým podmínkám.

STATIC VENT - je nízkoprofilový statický střešní ventilátor, který zbavuje podkrovní prostory od horkého nebo vlhkého vzduchu.

I DUCT - je typem ventilátoru, jenž odvětrává kanalizace. Jeho úkolem je nasávat znečištěný vzduch do potrubí, kterým je vzduch odveden pryč.

VEHICLE VENT - je ventilátor vyrobený z polymeru odolného vůči nárazům. Využívá se k odstranění pachů z vozidel, a také odebírá teplo uvnitř vozu. Dále se tyto ventilátory užívají u přívěsů, karavanů, lodí, autobusů, nebo železničních vagónů. [9]

3.2 VENTFAIR



Obr. 3. 1 Systém K-Box [10]

Německá firma Ventfair je jedinečná v tom, že využívá nejinteligentnější větrací systém na světě K-BOX. Je to duální řídící a kontrolní systém pro koordinovaný provoz klimatizací nebo ventilátorů.
Firma Ventfair nabízí 3 hlavní typy střešních ventilátorů:

WINDMASTER - je levnější variantou ventilační turbíny. Je vhodný pro všechny typy střech se sklonem až do 45 stupňů. Převážná část turbíny je vyrobena z hliníku a to zajišťuje velmi úsporný provoz. Využívá se nejčastěji na odvětrávání kuchyní, koupelen, starých budov apod. Tuhle turbínu ocení i hospodáři, pro odvod zápachu z chovných prostor.

SUPAVENT - je speciální střešní ventilátor z polymeru odolného vůči teplu, dešti a krupobití. Proto se usazuje v nejvyšším patře. Využívá se především pro ventilaci čerstvého vzduchu v místnostech.

TURBOVENTURA - je malý ventilátor vyroben z vysoce kvalitního polymeru. Je to jen menší alternativa SUPAVENTU, která se usazuje do menších střešních prostor, k odvětrávání koupelen, podzemních místností, kůlen nebo loděnic. [10]

3.3 LOMANCO

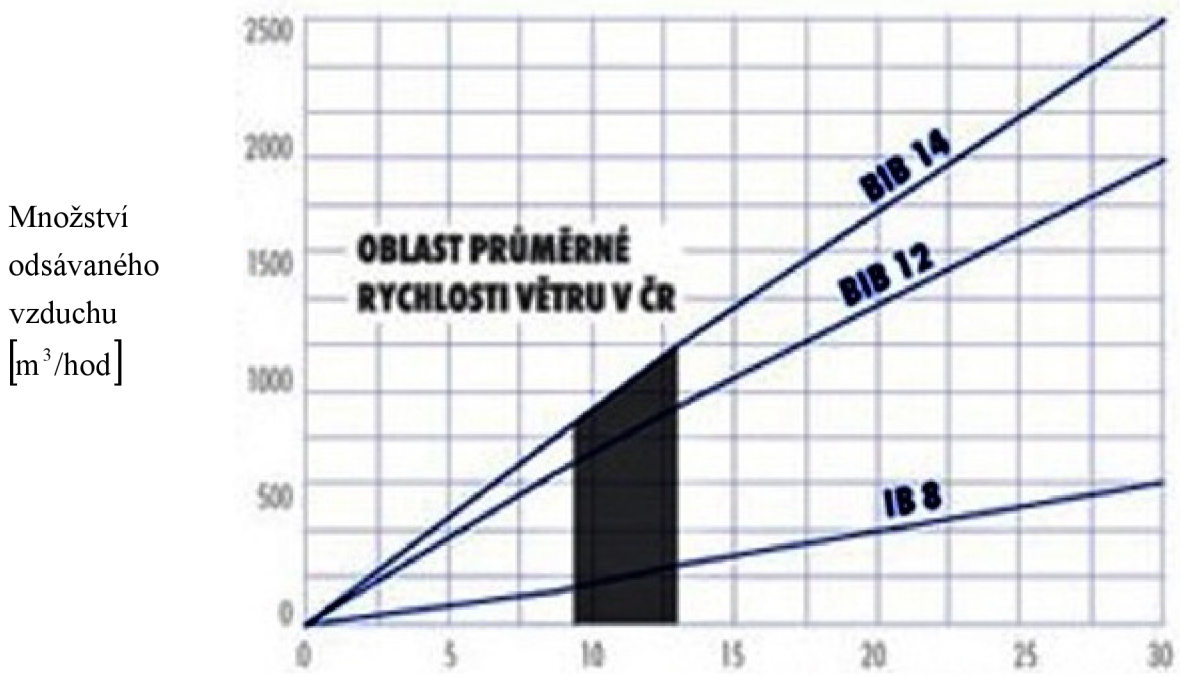
Firma Lomanco je původem Americká firma, jejíž rotační hlavice se užívají již od roku 1946. Turbíny Lomanco se testují proti síle větru až 236 km/hod. Jsou navrženy tak, aby celohliníková konstrukce turbíny nezatěžovala svojí vahou patentovaná ložiska. A pokud klesají otáčky rotační hlavice, tak se využívá vztlakové síly teplého vzduchu, který vstoupá vzhůru a napomáhá tak roztáčet turbínu. Nevýhodou této firmy je, že nevyrábí hybridní turbíny kombinované s přídavným elektromotorem.[11]

Legenda k obr. 3. 2:

1. Rotační hlavice
2. Speciálně tvarované lopatky
3. Ložiska
4. Nosná konstrukce turbíny
5. Stavitelný kloub
6. Univerzální základna

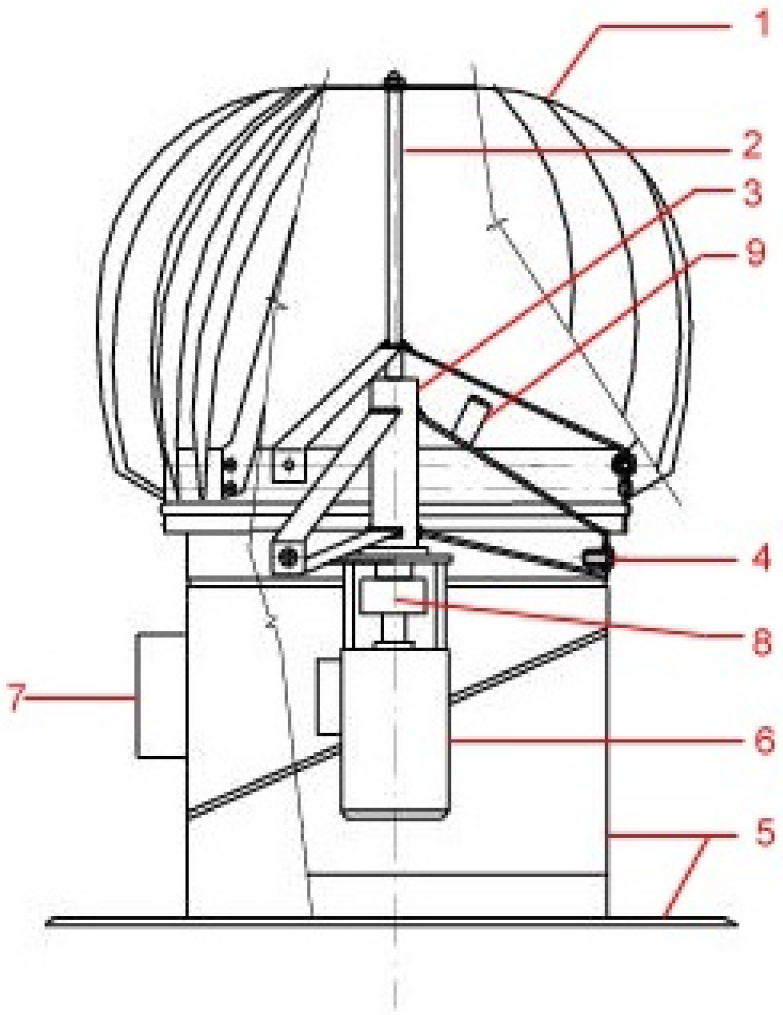
Obr. 3. 2 Konstrukce turbíny LOMANCO [3]

Firma Lomanco nabízí základní 3 typy turbín: BIB 14, BIB 12, IB 8. Z nichž má nejvyšší výkon ventilační turbína BIB 14 (viz. Obr 3. 2).



Obr. 3. 3 Graf výkonů turbín LOMANCO [12]

4 KONSTRUKCE HYBRIDNÍ VENTILAČNÍ TURBÍNY



Obr. 4. 1 Řez hybridní ventilační turbínou [13]

Ventilátor se skládá z:

(1) hlavice
(2) rotoru
(3) statoru
(4) upevňovacích šroubů
(5) základny s hrdlem
(6) elektromotoru
(7) řídící elektronické jednotky
(8) spojky
(9) snímače otáček
(10) a dalších dílů

Hlavice (1) je tvořena lopatkami speciálního tvaru, které zajišťují maximální účinnost a současně brání zatékání při dešti. Při otáčení hlavice dochází k vysávání vzduchu z prostoru pod hlavicí a dále z napojeného sacího potrubí. Hlavice je vyrobena z hliníkových slitin a je spojena s rotorem (2), který je uložen ve dvou speciálních ložiskách SKF ve statoru (3). Stator je připevněn třemi šrouby M6 (4) k základně (5). Všechny ocelové díly jsou galvanicky zinkované.

Základna (5) je vyrobená z hliníku, je vybavena stavitelným hrdlem a umožňuje montáž na střechu o sklonu 0-45°.

Chod ventilátoru je řízen elektronickou jednotkou (7) na základě nastavení a měření otáček snímačem (9). Cyklus měření probíhá každých 10minut v délce 30s. Pokud úroveň otáček nedosahuje stanovené hodnoty - 50 nebo 80ot./min., dojde k zapnutí elektromotoru, který prostřednictvím jednosměrné spojky (8) začne pohánět hlavici ventilátoru a to rychlostí 150ot./min.

Pokud je rychlost větru dostatečná a tím otáčky hlavice jsou nad stanovenou mezi, motor zůstává v klidu a hlavice je poháněna jenom větrem. [13]

Obr. 4. 2 Hybridní ventilátor HV (Raul)

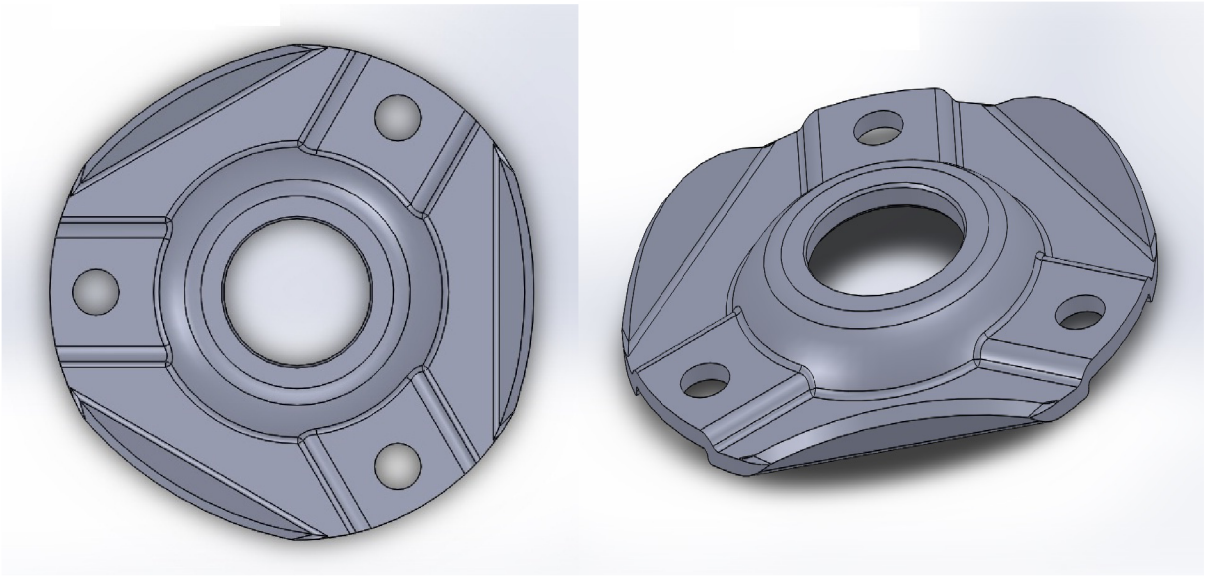
5 MODELOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH SOUČÁSTÍ TURBÍNY

V dnešní době moderních technologií se využívá k modelování strojních součástí různých počítačových programů jako jsou: Solidworks, Inventor, Catia, Rhinoceros a jiné. Mě osobně je nejbližší program Solidworks, proto jsem ho vybral k modelování dílů sestavy ventilační turbíny.
V této kapitole se pokusím přiblížit způsob modelování jednotlivých nejsložitějších součástí sestavy a popsat problematiky, jenž se u dílů vyskytly.

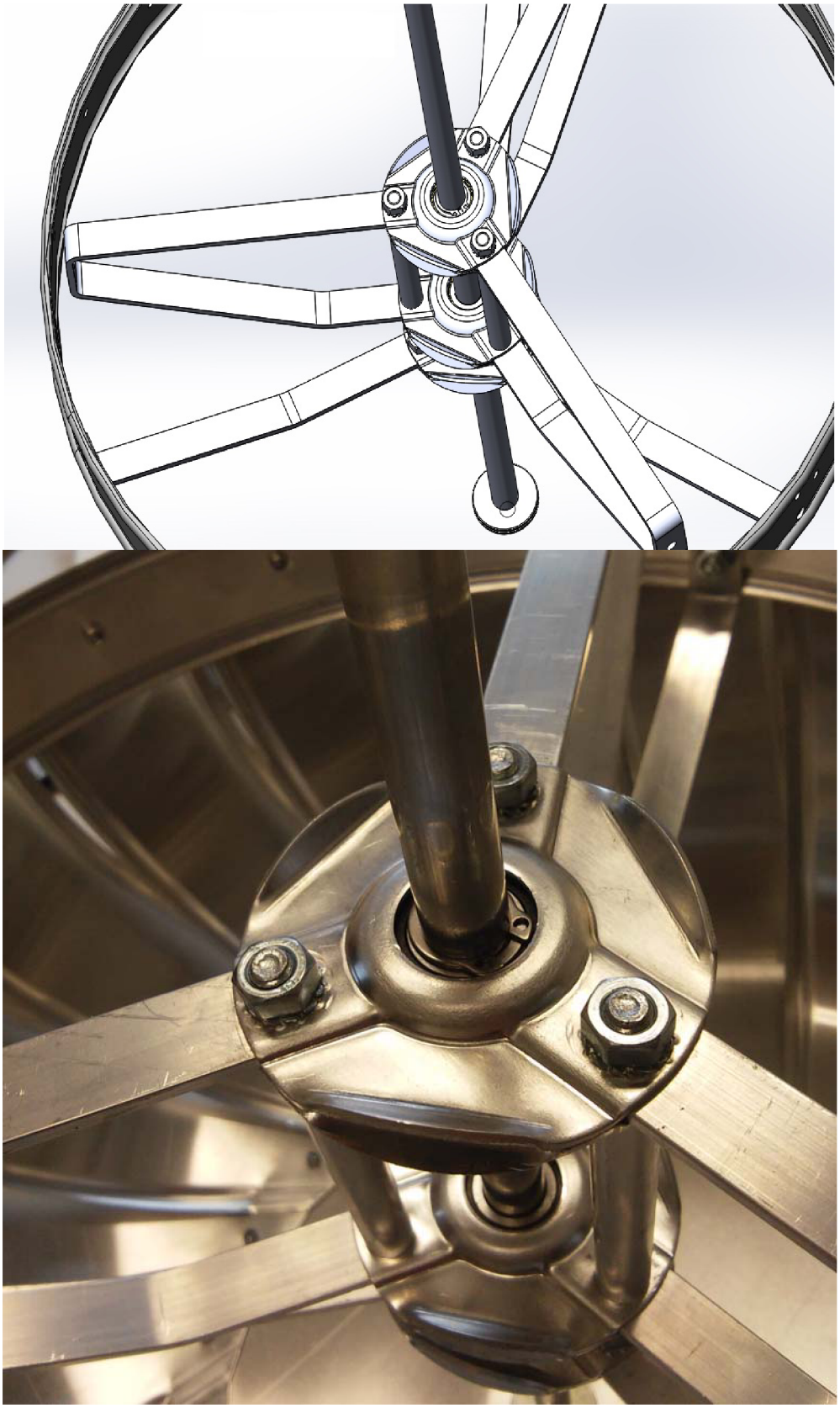
5.1 PŮLDOMEK LOŽISKA

Jelikož je to plechový díl, jsou 2 možnosti modelování. Tím nejvhodnějším je tvořit díl přímo jako plech a začít tak prvkem „základní plech‘‘. Tím jednodušším je vytvořit díl jako plast a poté ho převést na plech prvkem „převést na plechový díl“. Problémem jsou ovšem ohyby plechu, na které je třeba užít prvek „ohyb ze skicy‘‘ anebo prvek „úkos“. Vypuklý prostor pro ložisko a ramena lze vymodelovat prvkem „tvarovací nástroj‘‘, ale já použil jednodušší způsob, kdy jsem si přidal na horní straně materiál pomocí prvku „vysunutí‘‘ a dole ho odebral prvkem „odebrání rotací‘‘ a „odebrání vysunutím‘‘. Na díry pro šrouby jsem použil také prvek „odebrání vysunutím‘‘, tím jsem však vytvořil jen jednu díru. Dále je nejvhodnějším prvkem k nakopírování děr po kruhové ose prvek „kruhové pole‘‘. Druhou možností je již při tvorbě skici užít totožný prvek „kruhové pole skicy" pro nakopírování kružnic, a poté vysunout již 3 díry. Nakonec stačí vybrat prvek „zaoblit‘‘, nastavit poloměr zaoblení a označit hrany, které chci zaoblit.

Na (*Obr. 5. 1*) je znázorněn model půldomku v programu Solidworks. A na (*Obr. 5. 2*) je vidět sestava půldomku s ostatními komponenty sestavy.



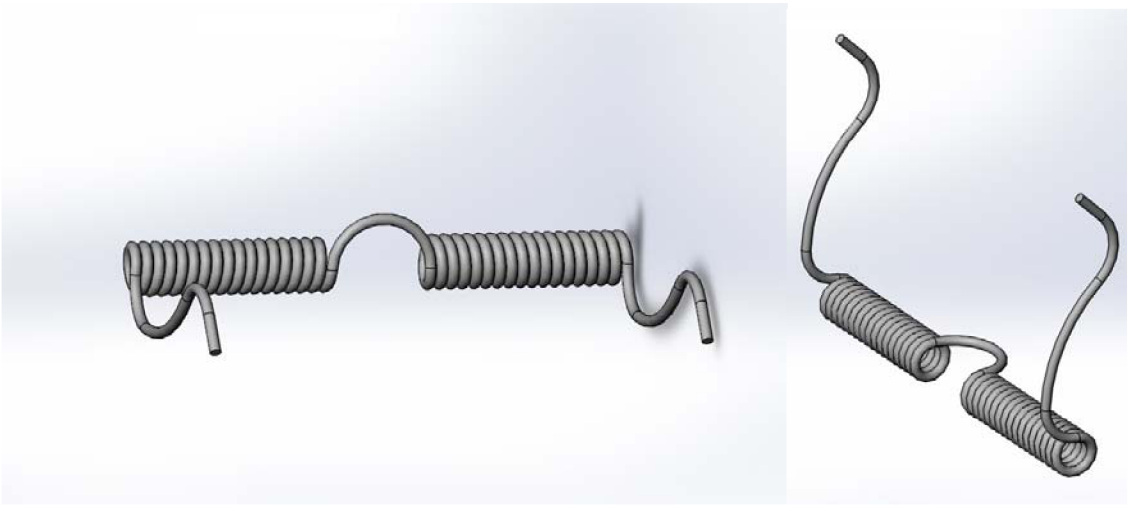
Obr. 5. 1 Půldomek ložiska – model v Solidworks



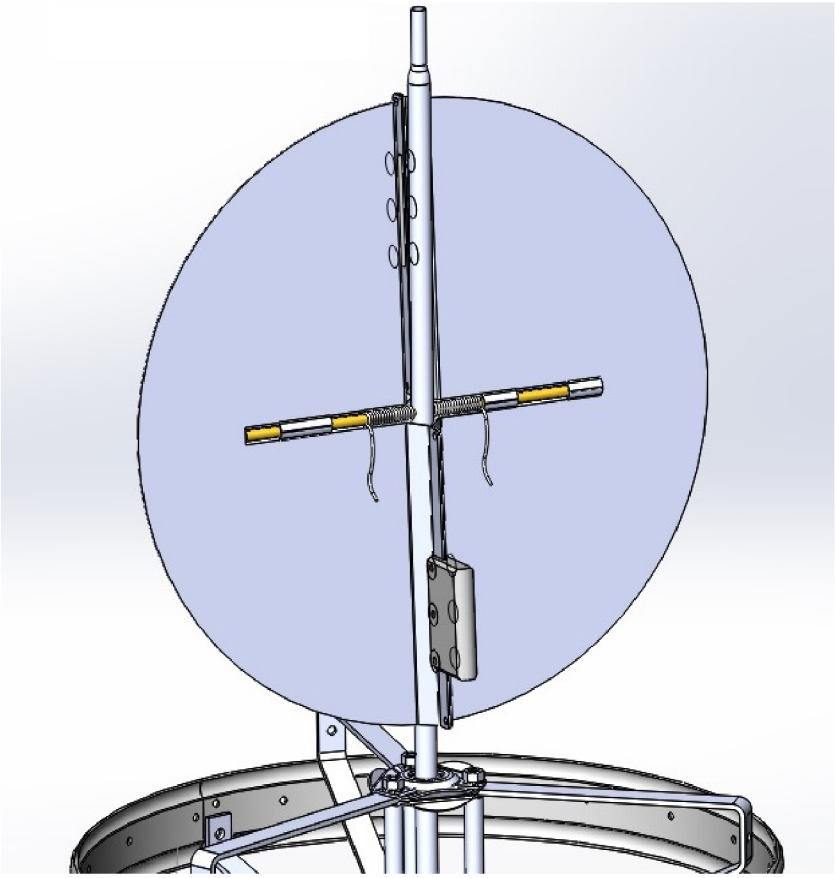
Obr. 5. 2 Model sestavy s půldomkem v Solidworks a foto skutečné sestavy [15]

5.2 SYMETRICKÁ PRUŽINA

Symetrická pružina je pouze pojmenování pro dvojitou zkrutnou pružinu. Pustíme-li se do jejího modelování, je zde důležité znát při tvorbě skicy prvek „šroubovice/spirála‘‘. Tím se vytvoří trasa zkroucené spirály. Aby z ní vznikla objemová pružina je třeba užít prvku „tažení po křivce‘‘. Dále už je to jen o znalosti práce s rovinami a na konci se použije prvek „zrcadlení‘‘ a vznikne hotová symetrická pružina. (*obr. 5. 3)* Je nezbytné zvolit korozivzdorný materiál pružiny, jelikož bude pružina pracovat někdy i ve vlhkém nebo mrazivém prostředí. Vhodným materiálem tedy může být např. korozivzdorná ocel X7CrNiAl17-7 stanovená dle ČSN EN 10270-3:2001



Obr. 5. 3 Symetrická pružina – Solidworks model



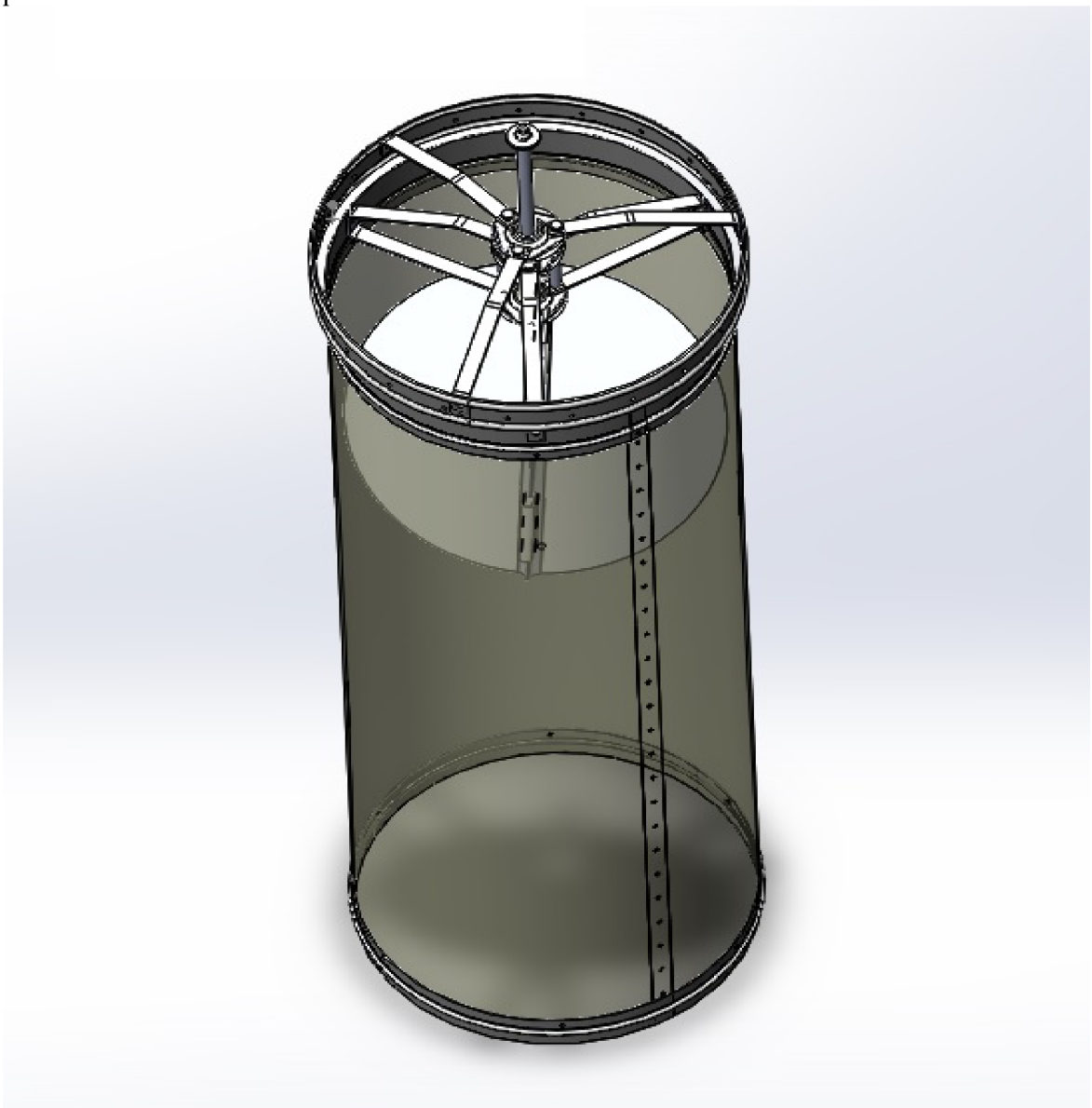
Obr. 5. 4 Symetrická pružina v sestavě – Solidworks model

Obr. 5. 5 Symetrická pružina v sestavě – skutečný model [15]

5.3 POTRUBÍ A LÍMEC TURBÍNY

Velikost průměru potrubí je přímo úměrná množství odsávaného vzduchu. Já si zvolil světlost 355mm, dle možností dostupnosti na trhu. Na prototypu bude použito průhledné polykarbonátové potrubí, z důvodu viditelnosti funkce uzavírání klapky při nadměrné rychlosti rotace turbíny.

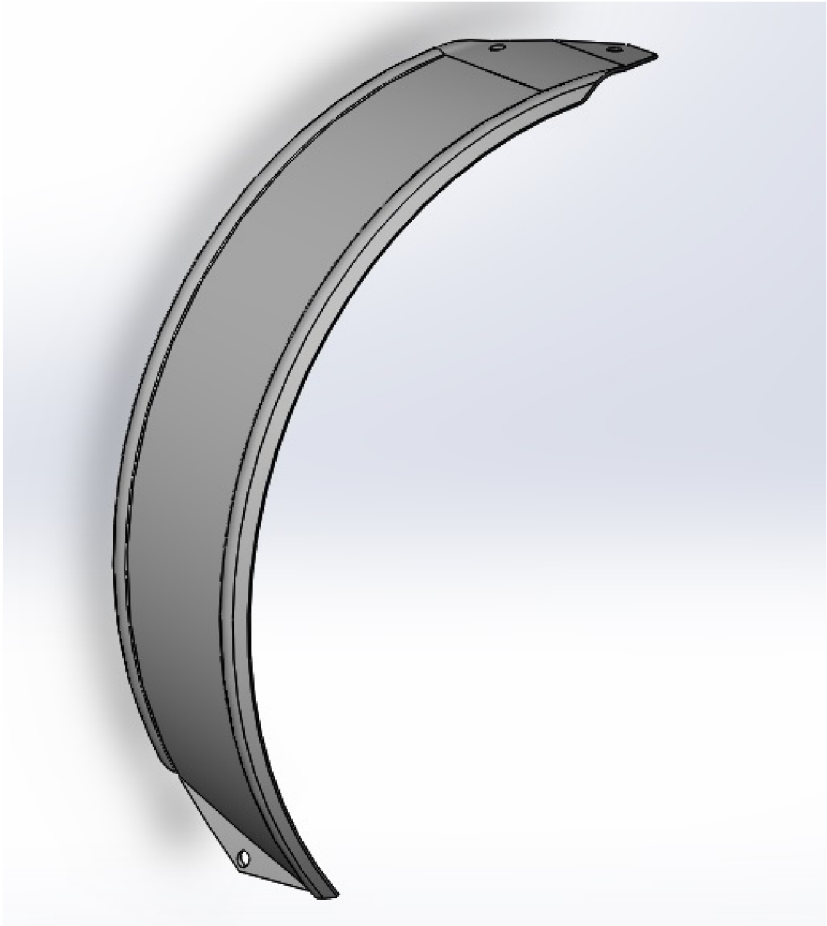
K úspěšnému zhotovení modelu potrubí je třeba znát prvek „rozdělovací křivka‘‘. Díky němu lze na potrubí nanést jakoukoliv skicu a naznačit tím přesahy na potrubí. Polykarbonátové potrubí je totiž ve skutečnosti vytvořené z ohnutého plátu do tvaru válce tak, že konce plátu jsou nabalené na sebe a připevněné k sobě pomocí 24 nýtů M4.
Límec turbíny lze také jednoduše vymodelovat. Stačí si představit řez tímto límcem a pomocí něj vytvořit skicu s tvarem plechu a použít prvek ,,přidání rotací‘‘ a rotovat kolem osy. A nakonec vytvořit prvkem ,,odebrat vysunutí‘‘ díru a tu nakopírovat pomocí prvku ,,kopírovat po kružnici‘‘.



Obr. 5. 6 Potrubí ventilační turbíny – Solidworks model

5.4 LOPATKA TURBÍNY

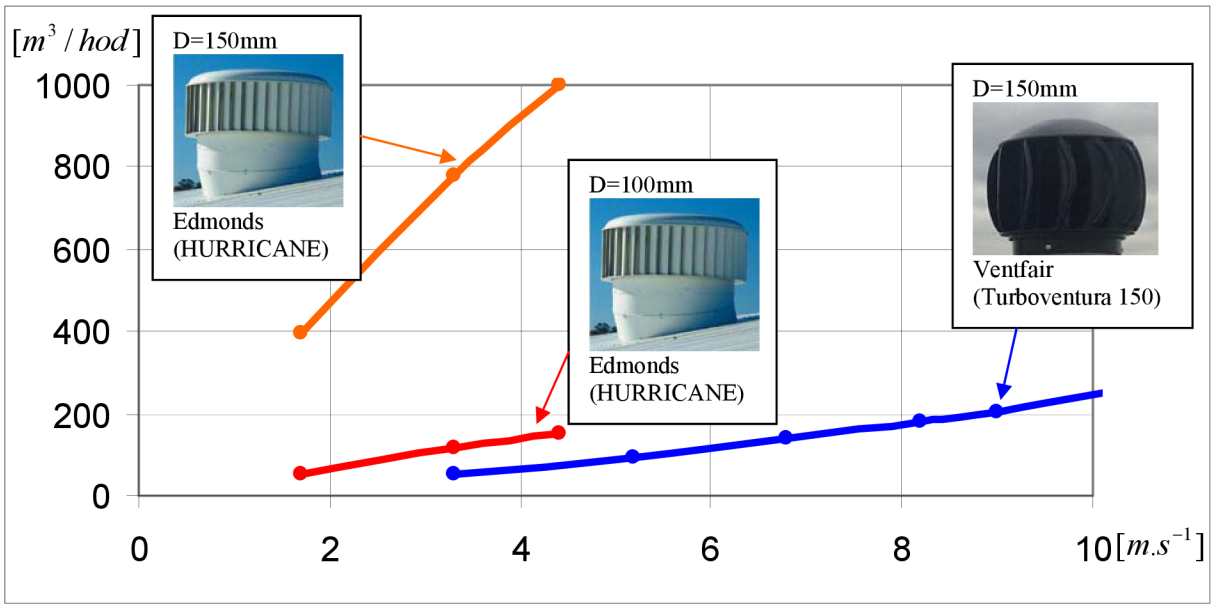
Jedním z nejtěžších dílů turbíny je lopatka hlavice Vytoz-Eko. (*obr. 5. 7)* K vymodelování této lopatky je třeba být již zkušený Solidworks konstruktér a znát práci s rovinami, protože ty tu hrají velkou roli. Když se pustíme do samotného modelování, je třeba začít prvkem „přidání vysunutí" a udělat tak narovnaný plech s bočními rádiusy. Poté pomocí prvku „ohyb ze skicy" nebo „lem z hrany" utvoříme ohyb plechu v dolní části lopatky. Nyní je třeba ohnout lopatku prvkem „ohnout", kde lze nastavit úhel a poloměr ohnutí.
Druhým způsobem je vytvoření skicy ve tvaru řezu lopatky, a poté pomocí vodící křivky ve tvaru rádiusu lopatky užít prvek „přidání tažením po křivce".
Horní část lopatky je trochu problematická, jelikož zde nastává již zmiňovaný problém s rovinami. Pomocí rovin je třeba utvořit skicy a pomocné vodící křivky, díky nimž pak pomocí prvku „přidání spojením profilů" vytvoříme objemovou část, kterou se pak lopatka připojí k hornímu poklopu turbíny. Otvory na připevňovací nýty M4 vytvoříme pomocí prvku „odebrání vysunutím".
Dále je třeba lopatku správně napasovat do sestavy s turbínou. K tomu použijeme v modelu lopatky pomocných skic, na kterých vytvoříme body, kterými pak přichytneme v sestavě lopatku k otvorům na horním poklopu turbíny a otvorům na límci turbíny. Následně si zjednodušíme práci v sestavě prvkem „kruhové pole součásti". Vybereme lopatku a stanovíme kruhovou osu, po které budem kopírovat lopatku. V poli „počet instancí" navolíme číslo 21 a tím se nám vytvoří 21 lopatek na hlavici turbíny Vytoz-Eko.



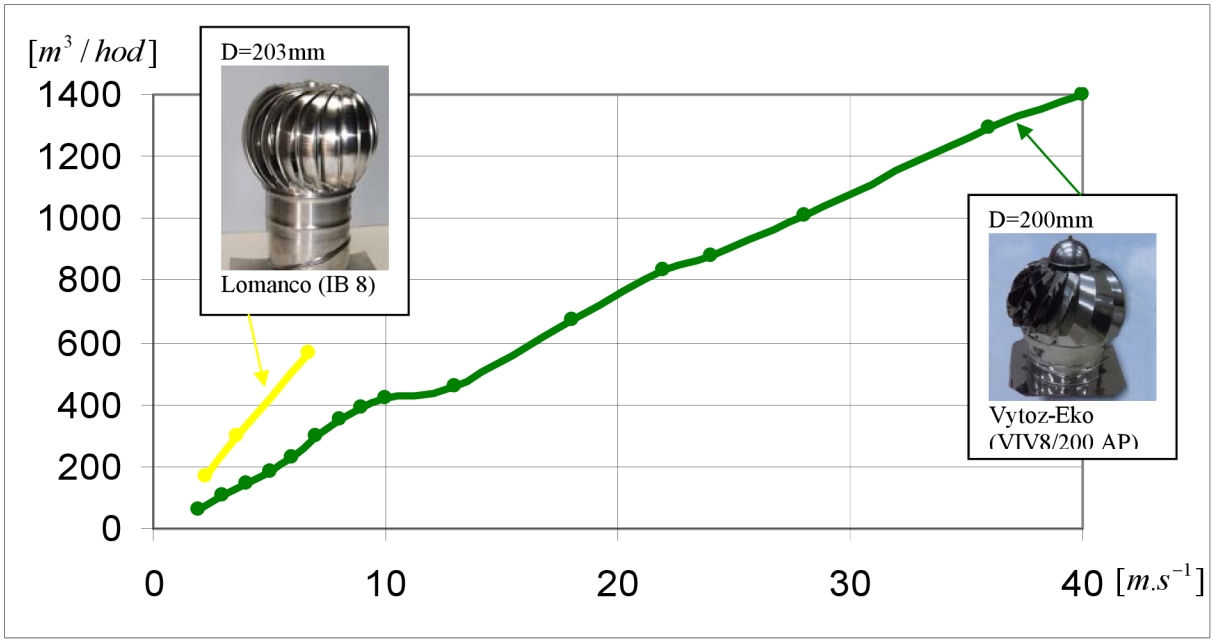
Obr. 5. 7 Lopatka turbíny Vytoz-Eko – Solidworks model

6 VÝKONNOSTNÍ CHARAKTERISTIKY TURBÍN

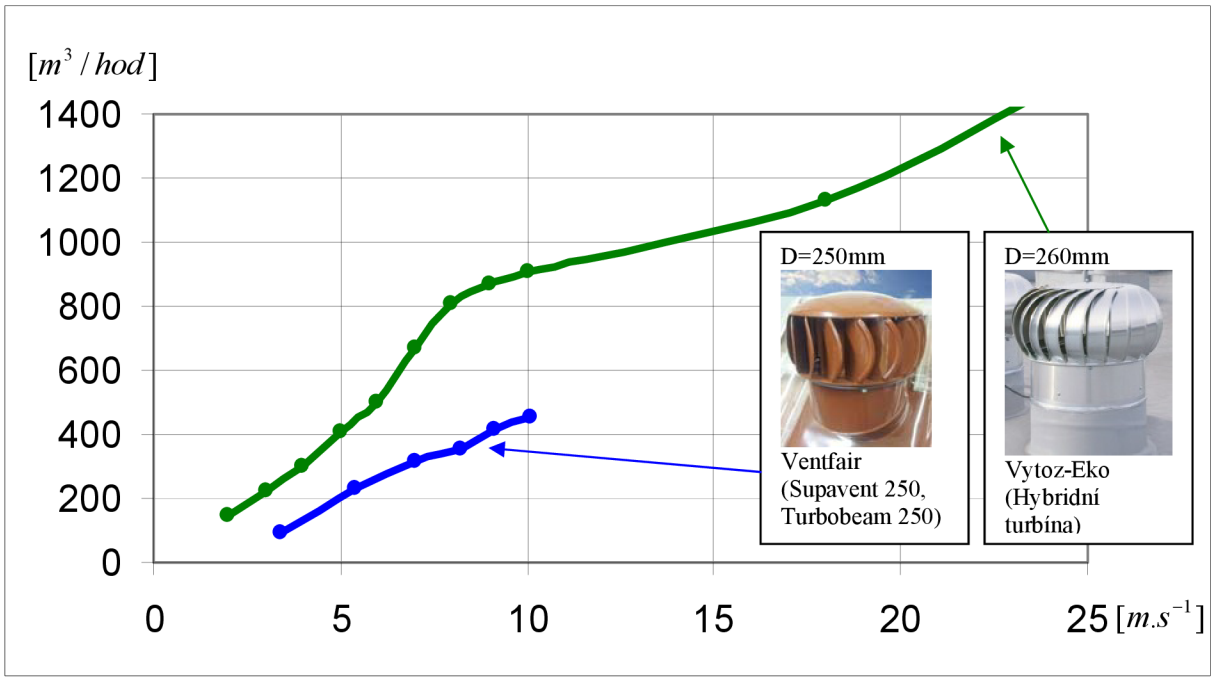
Grafické závislosti odsávaného množství vzduchu na rychlosti větru pro vnitřní průměry ventilačních potrubí D=100, 150, 200, 203, 250, 260, 300, 305, 355, 356, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 milimetrů.



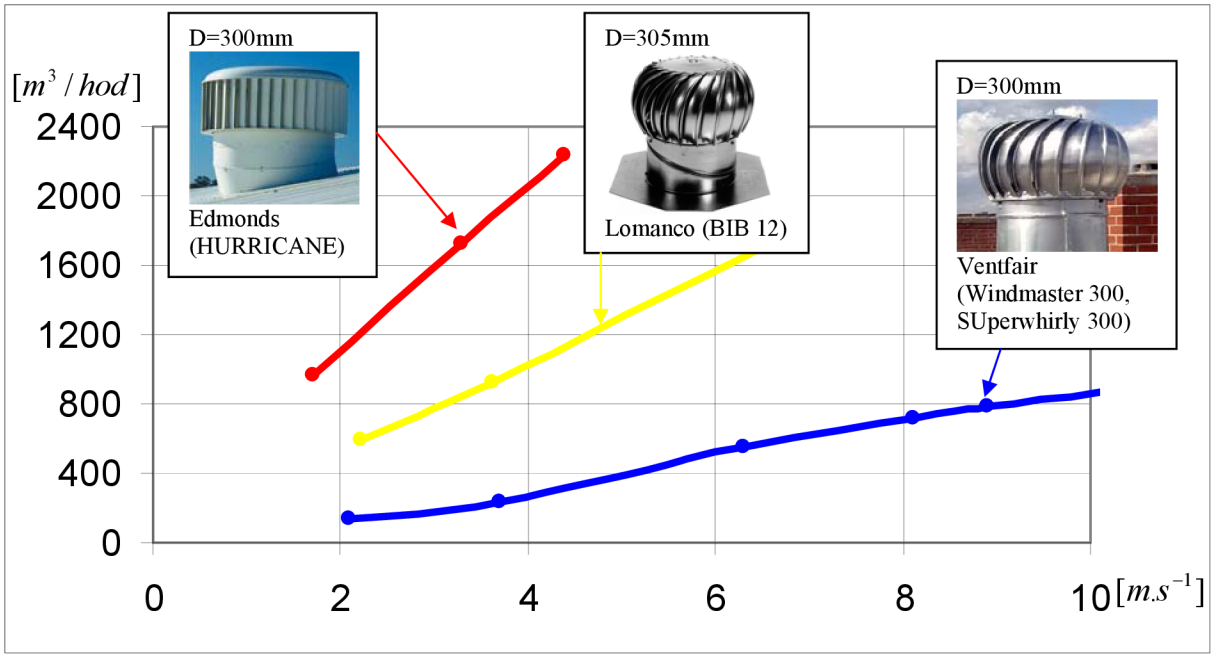
Obr. 6. 1 Výkonnostní charakteristiky



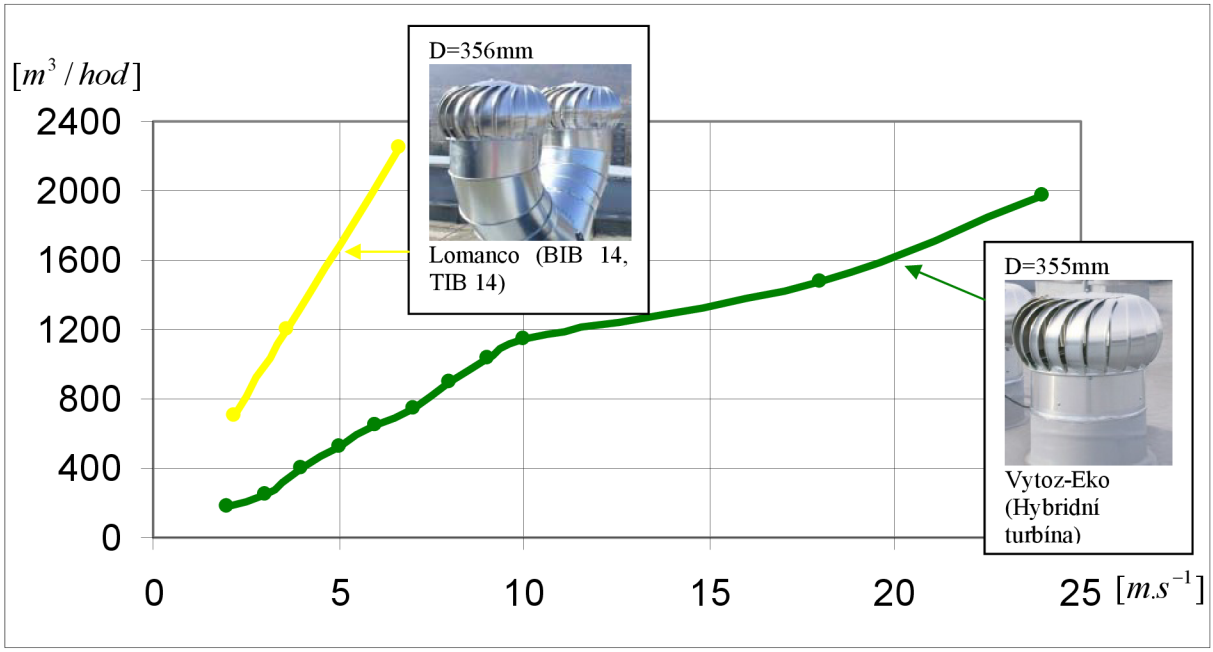
Obr. 6. 2 Výkonnostní charakteristiky



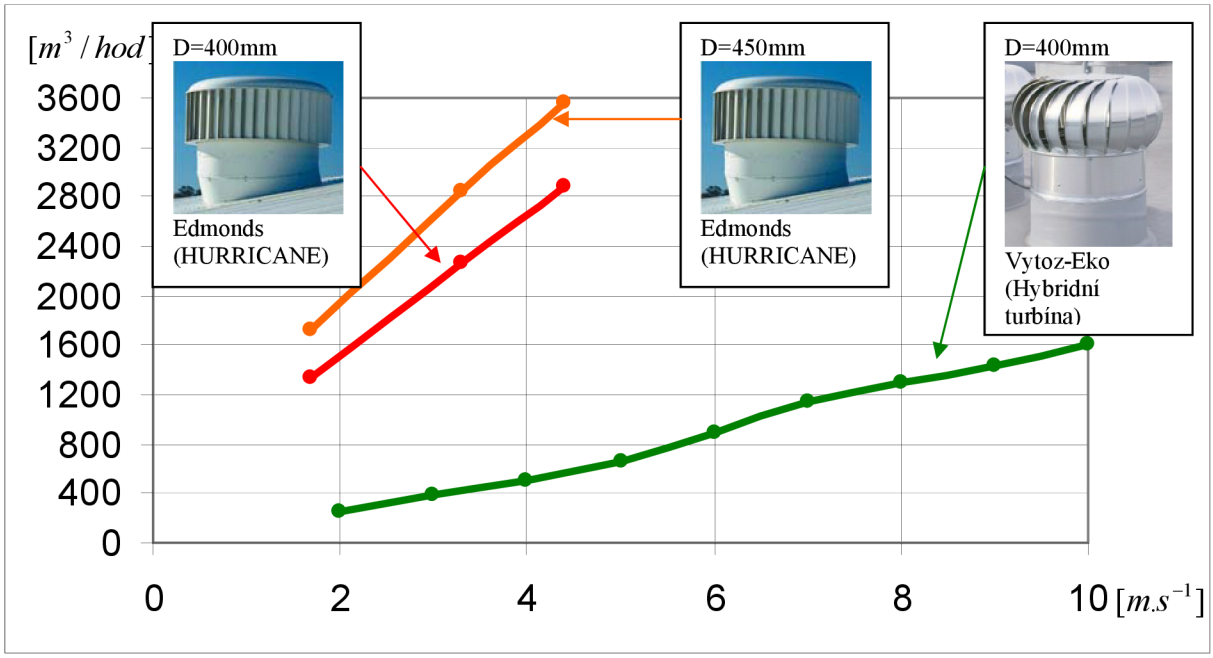
Obr. 6. 3 Výkonnostní charakteristiky



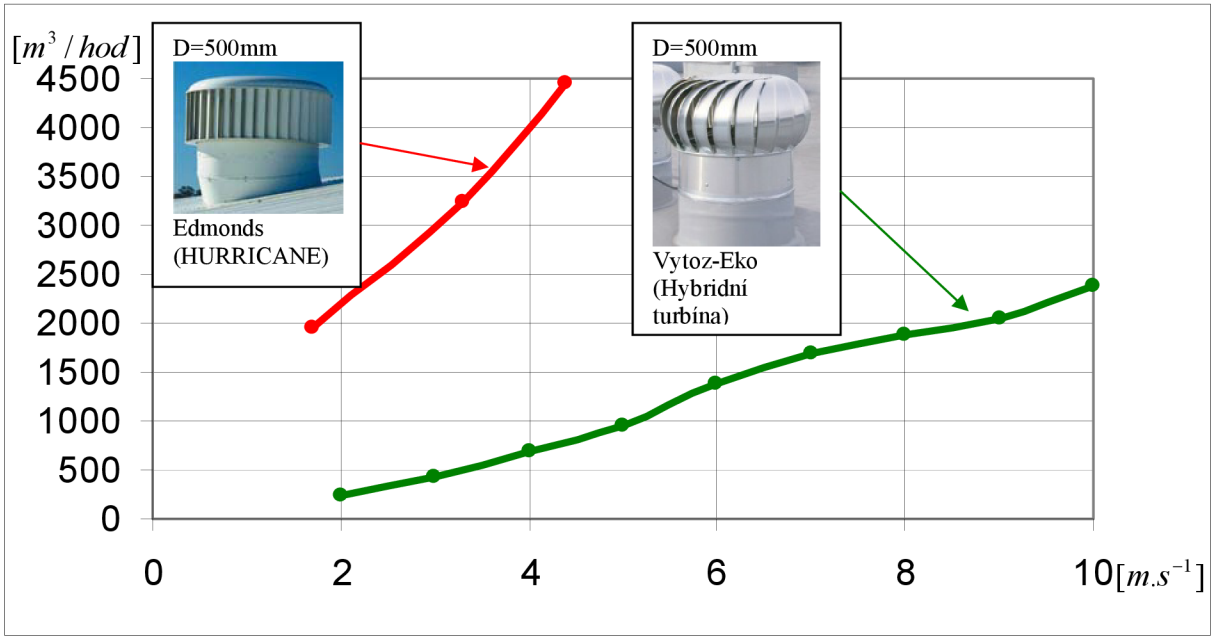
Obr. 6. 4 Výkonnostní charakteristiky



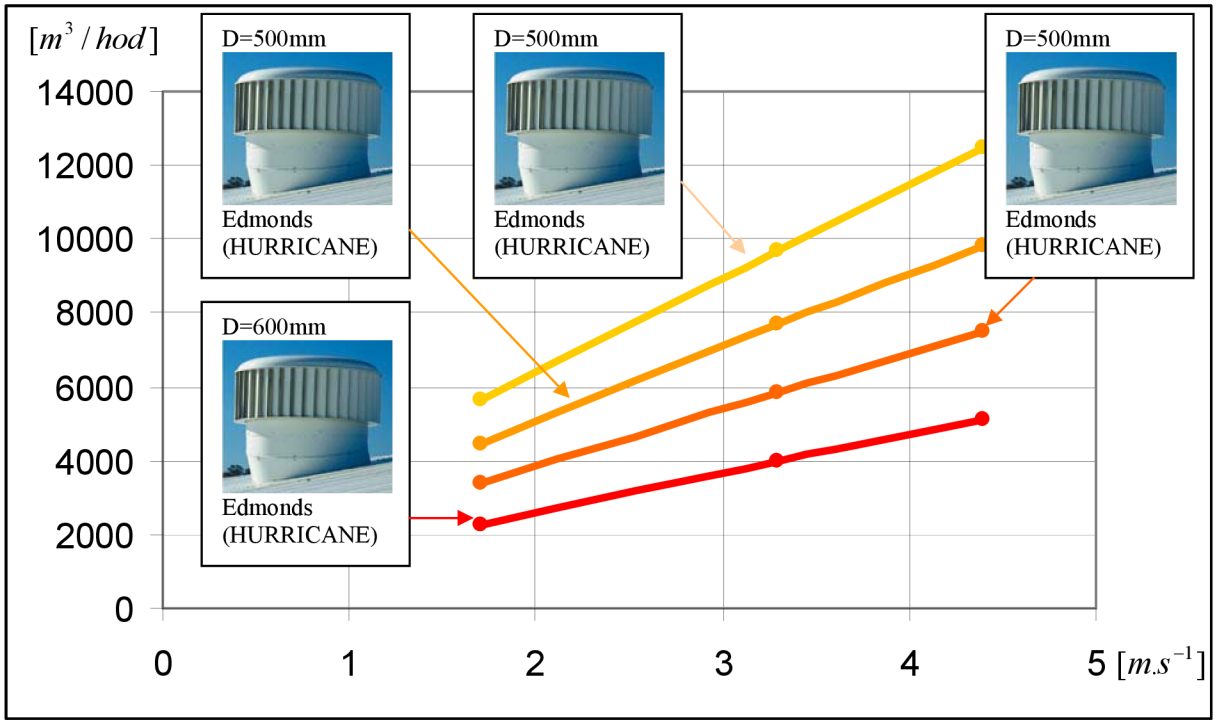
Obr. 6. 5 Výkonnostní charakteristiky



Obr. 6. 6 Výkonnostní charakteristiky



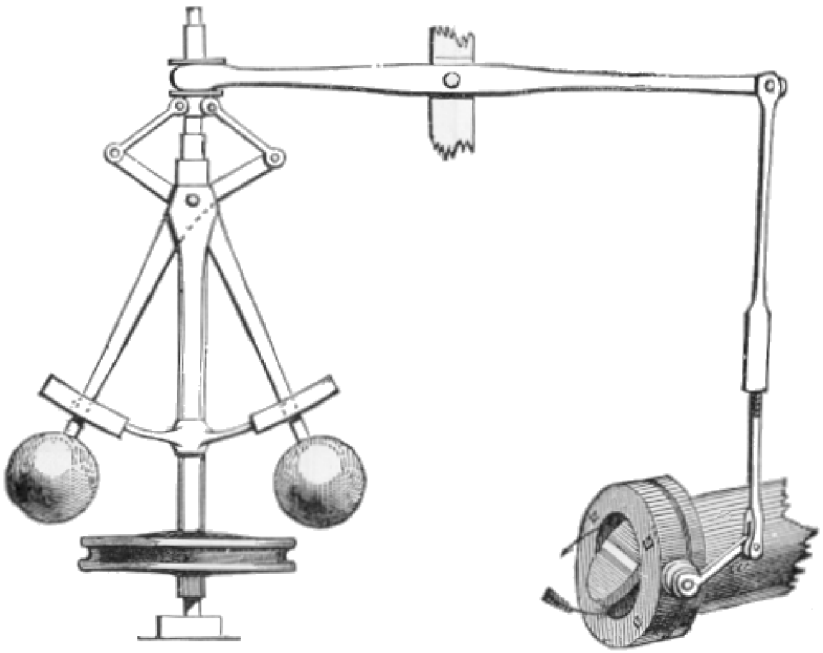
Obr. 6. 7 Výkonnostní charakteristiky



Obr. 6. 8 Výkonnostní charakteristiky

7 SHRNUTÍ PROBLEMATIKY A KONSTRUKČNÍCH POSTUPŮ

Při silném větru má ventilační turbína vysoké otáčky a tok odsávaného vzduchu představuje hodnoty řádově tisíců m^3/hod. - to znamená obrovské tepelné ztráty při nízkých teplotách v zimě, proto bylo třeba vymyslet regulační systém, jenž by dokázal tyto tepelné ztráty eliminovat. Podle instrukcí vedoucího Bakalářské práce doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. by regulace odsávaného vzduchu mohla fungovat na principu Wattova regulátoru.(viz. O*br. 7. 1)*



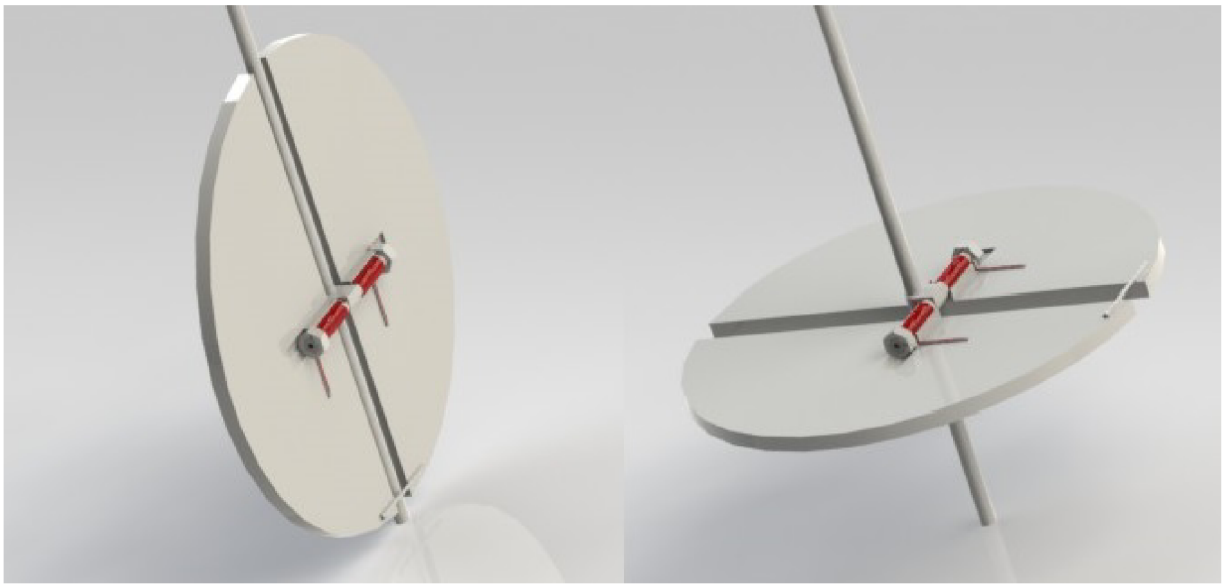
Obr. 7. 1 Princip Wattova regulátoru v uplatnění ke škrtící klapce [15]

7.1 VÝVOJ REGULAČNÍ KLAPKY

Při prvním pokusu o zkonstruování klapky jsem narazil na zásadní problém, kdy musí klapka rotovat zároveň s turbínou. Tudíž nemohla být klapka sestrojena z jednoho kusu, ale ze dvou půlklapek. Navrhl jsem pružinový způsob uzavírání klapky (viz. *Obr. 7. 2)*, jenž se později ukázal, že je pro správnou funkci turbíny nežádoucí.

Obr. 7. 2 První způsob konstrukce regulační klapky

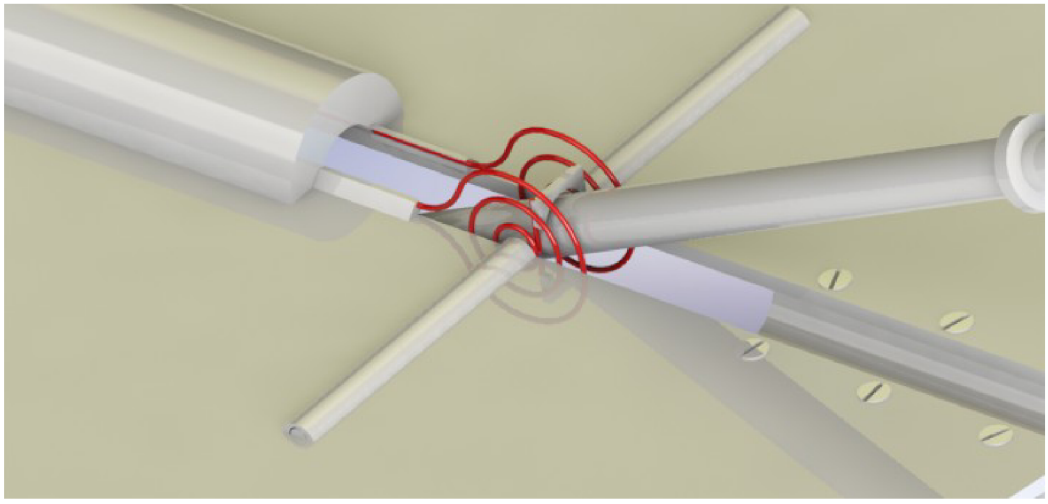
Při druhém pokusu vývoje klapky jsem vymodeloval malou spojovací součástku, která by rotovala zároveň s hřídelí turbíny. Nastal zde další problém, kdy bylo třeba vystředit klapku tak, aby při uzavření zůstala na obou stranách stejná vůle od potrubí. To jsem vyřešil posunutím drážek pro vodorovnou mosaznou trubku na obou půlklapkách (viz. *Obr. 7. 3)*. Po následné konzultaci této klapky s vedoucím Bakalářské práce mi bylo sděleno, že by bylo dobré zakomponovat Archimedovu pružinu do sestavy.



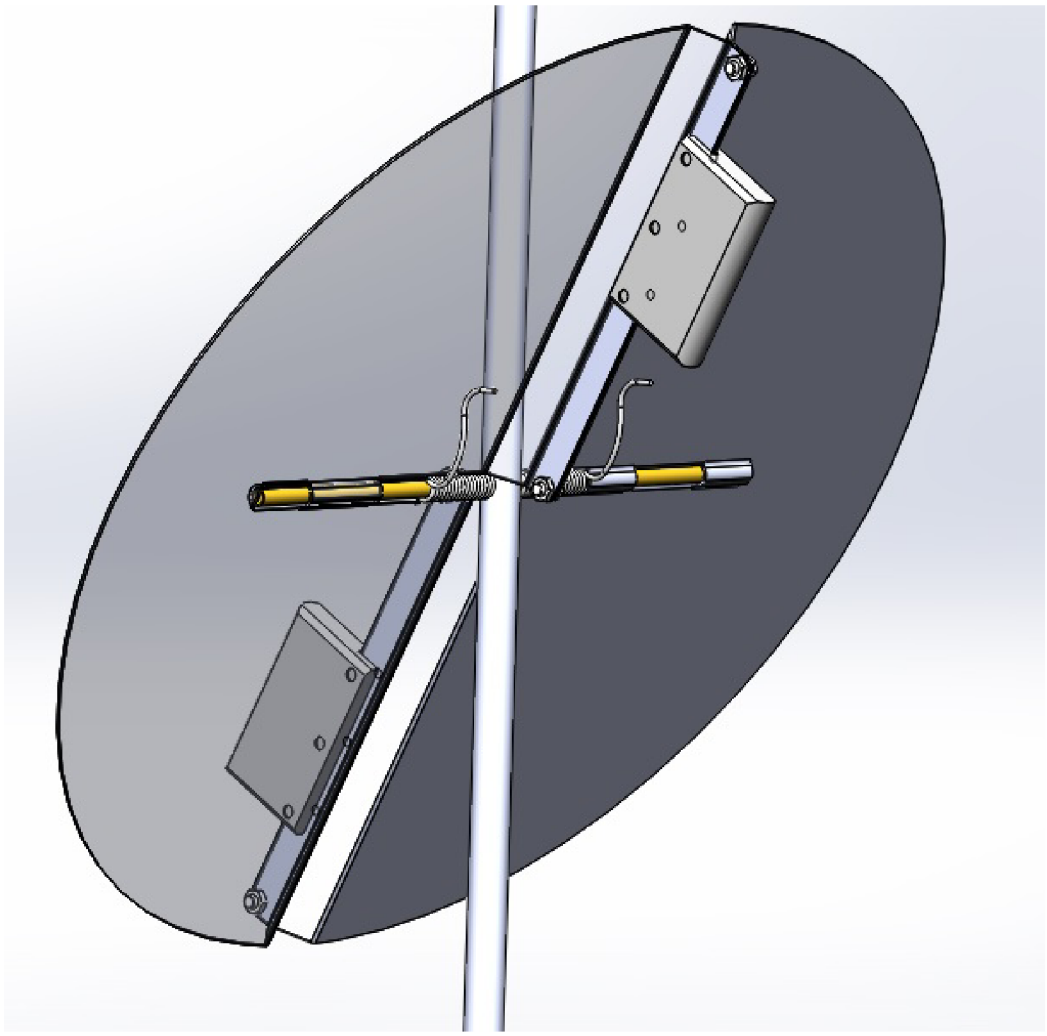
Obr. 7. 3 Druhý způsob konstrukce regulační klapky

Při třetím pokusu se již výsledek začal trochu podobat finální verzi klapky. Byly zde zakomponovány nevývažky, sloužící také jako spojovací díl obou půlklapek. Každý nevývažek je připevněn ke klapce pomocí 6ti šroubů M3x8. V regulačním systému klapky jsou zakomponované pružiny typu Archimedovy spirály a upravené tak, aby byly na jednom svém konci nalepeny do drážek na půlklapkách a na druhém konci se pomocí nalepovacího dílu spojily a zároveň tak zamezily protáčení pružin na hřídeli o průměru 3mm. Ta je usazena v rouře o průměru 3,5mm, kde je 0,5mm vůle, aby se klapka snadno otáčela. (viz. *Obr. 7. 4)*

V konečném řešení však byla užita vhodnější dvojitá zkrutná pružina (viz. *Obr. 7. 5)*. Každý nevývažek je připevněn pomocí 3 tzv. červíků a každá z půlklapek je vytvořena z plechu tloušťky 1mm. Obě půlklapky jsou k sobě spojeny čtyřmi šrouby M4x6. Požadavkem na mosaznou trubku bylo ji pevně ukotvit ke klapce, proto bylo třeba utvořit na půlklapce půlkruhové prolisy, do kterých byla trubka natlačena. Je třeba počítat s tím, že pracujeme s plechem a ten má tendence se ohýbat a různě deformovat, proto je třeba půlkruhové prolisy rozříznout, aby šlo s plechem případně tvarovat. Mosazná trubka má vnější průměr 5,4mm a má tloušťku stěny 0,5mm. Je uchycena v otvoru hřídele turbíny o průměru 5,5mm. A je zde 0,1mm vůle, jelikož mosazná trubka se vůči hřídeli turbíny otáčí zároveň s klapkou.



Obr. 7. 4 Třetí způsob konstrukce regulační klapky



Obr. 7. 5 Konečná verze konstrukce regulační klapky

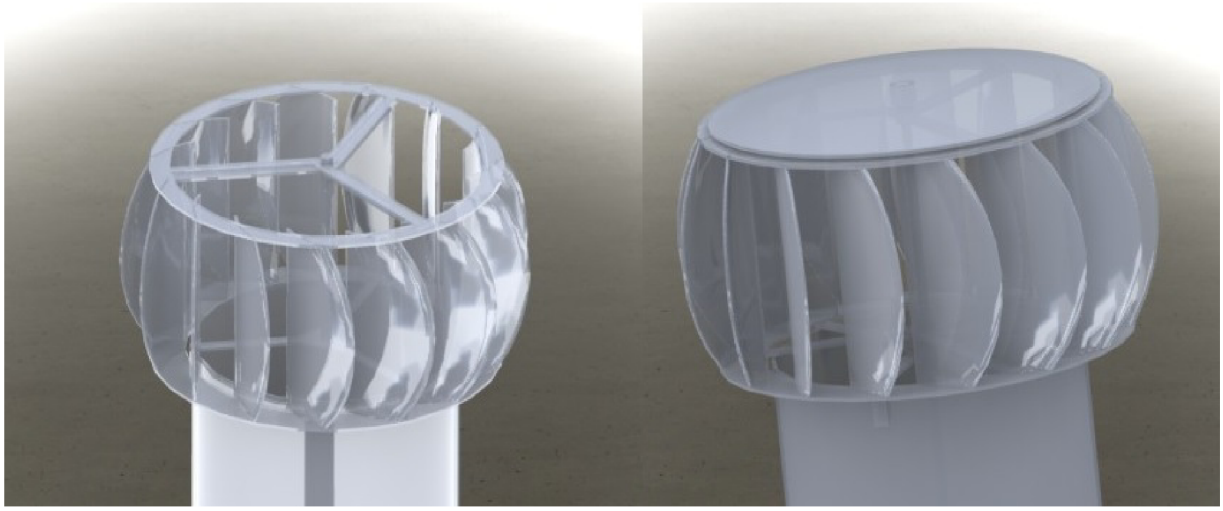
7.2 HLAVICE VENTILAČNÍ TURBÍNY

Hlavice je nejdůležitější částí ventilační turbíny. Celkový výkon turbíny určuje její tvar, materiál, ložiska, a hlavně natočení lopatek. Níže na (*Obr. 7. 6)* je znázorněno několik turbínových hlavic, jenž se dají snadno sehnat na trhu.

Obr. 7. 6 Hlavice ventilačních turbín [15]

7.2.1 PLEXI HLAVICE VENTFAIR (SUPAVENT)

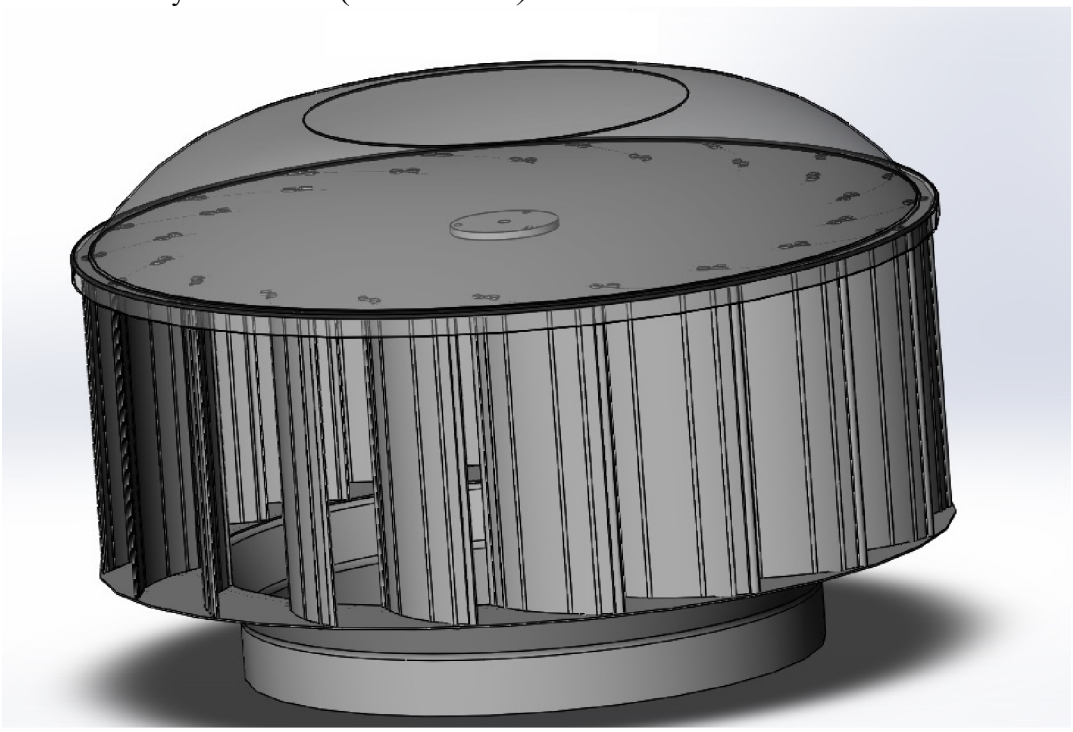
První hlavice, jenž jsem měl vymodelovat byla z plexi materiálu (viz. *Obr. 7. 7*). Měla posloužit jako prototyp ke zkouškám regulačního systému. Později však byla tato hlavice nežádoucí a bylo třeba vymodelovat reálnější plechovou hlavici, se kterou se i lépe pracovalo při montáži.



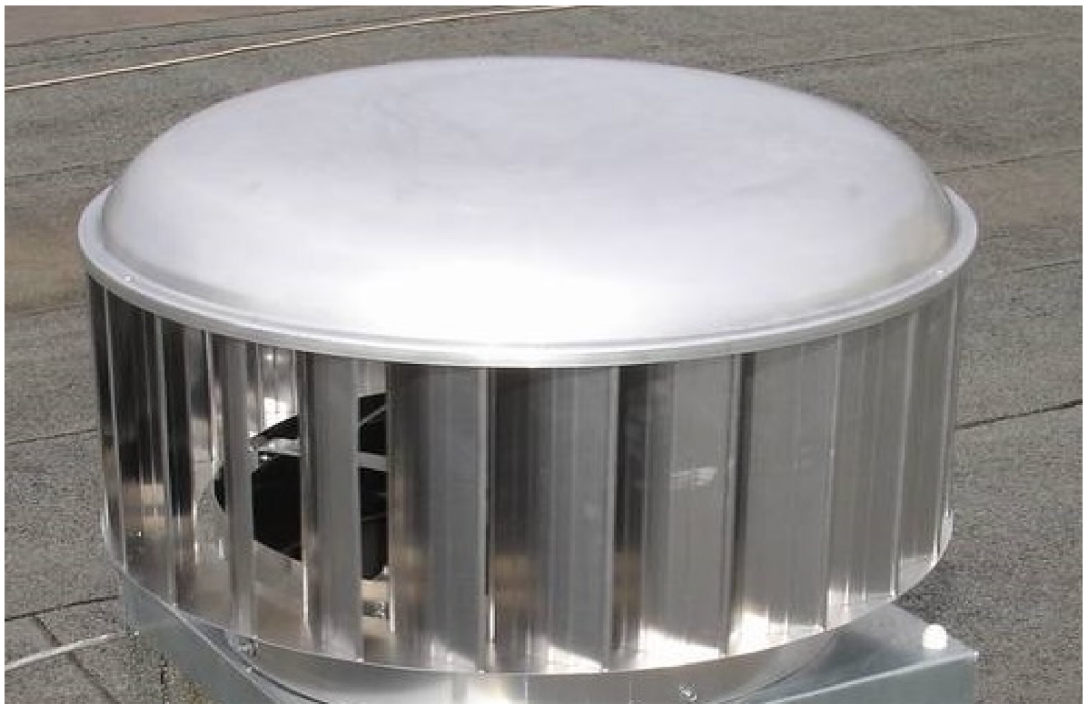
Obr. 7. 7 Plexi hlavice firmy Ventfair (Supavent)

7.2.2 HLAVICE EDMONDS (HURRICANE)

Tento typ hlavice je používán u nejvýkonnějších turbín na světě. Má tak efektivně natočené lopatky, že když se do nich vítr opře, má největší záběr pro roztáčení turbíny. Tohle je tzv. know-how každé firmy, co vyrábí větrné turbíny. Proto nebylo možné nikde sehnat přesné výkresy s natočením a tvarem lopatek. A proto bylo nutné koupit hlavici přímo od firmy Edmonds (viz. *Obr. 7. 9)* a pak ji odměřit pomocí posuvného měřítka, pravítek, úhloměru a lupy. A následně vymodelovat. (viz. *Obr. 7. 8)*



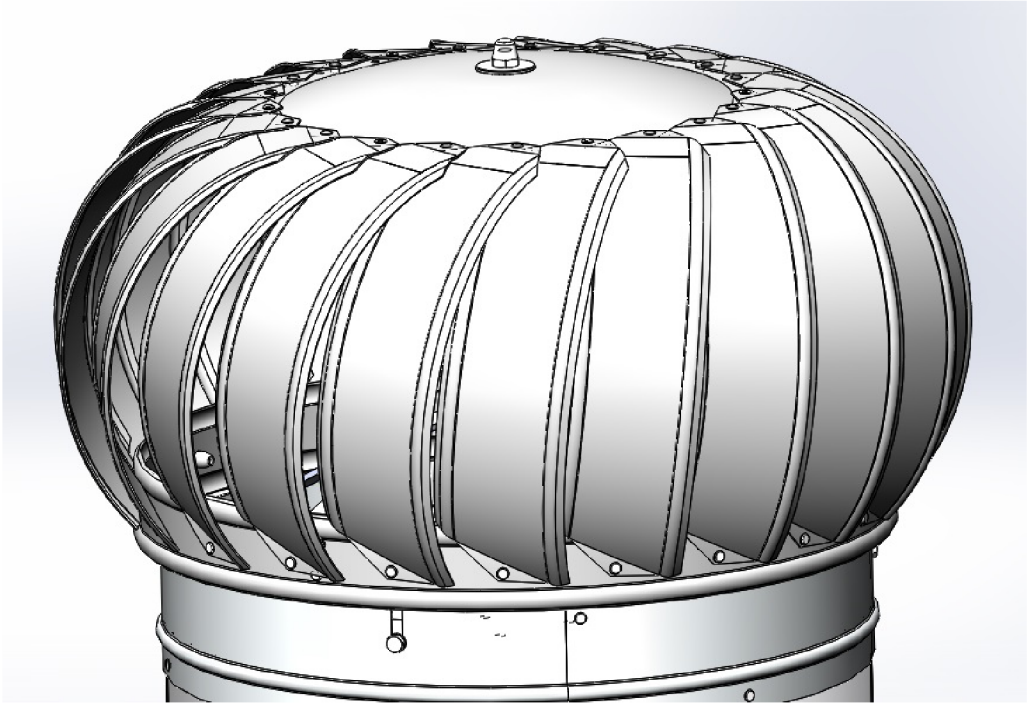
Obr. 7. 8 Hlavice firmy Edmonds (Hurricane) - Model v Solidworks



Obr. 7. 9 Hlavice firmy Edmonds (Hurricane)

7.2.3 HLAVICE VYTOZ-EKO (VIV 12)

Hlavice firmy Vytoz-Eko je na první pohled téměř totožná s hlavicí firmy Lomanco (BIB 14). Liší se však jiným natočením lopatek, což ve výsledku změní výkonnostní charakteristiku turbíny. A dále hlavice firmy Lomanco nerotuje spolu s hřídelem turbíny jako u firmy Vytoz-Eko. 21 lopatek je uchyceno pomocí nýtů M4 a celková hlavice je utažena vlastní půlkulovou maticí M8 k hřídeli turbíny. Na prvním prototypu ventilační turbíny doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. byla použita právě tato hlavice firmy Vytoz-Eko. (viz. *Obr. 7. 10)*

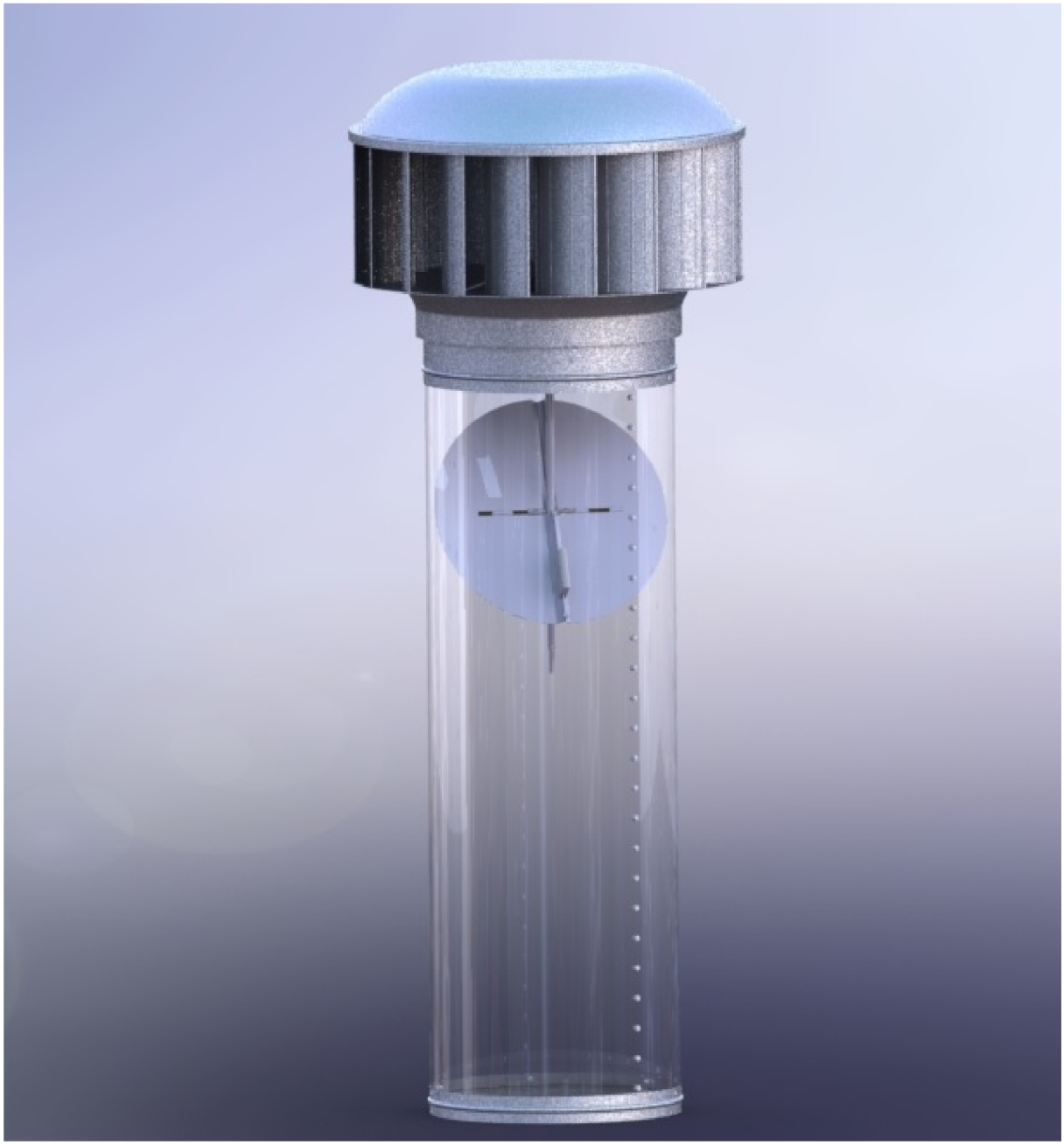


Obr. 7. 10 Hlavice firmy Vytoz-Eko (VIV 12)

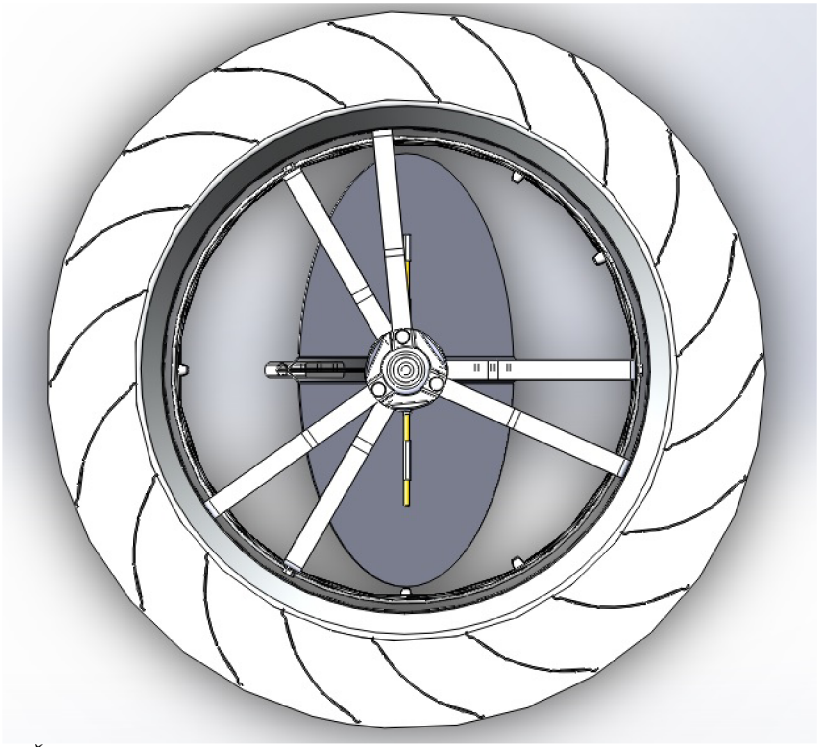
Obr. 7. 11 Hlavice firmy Lomanco BIB 14

8 MODELY SESTAV VENTILAČNÍCH TURBÍN

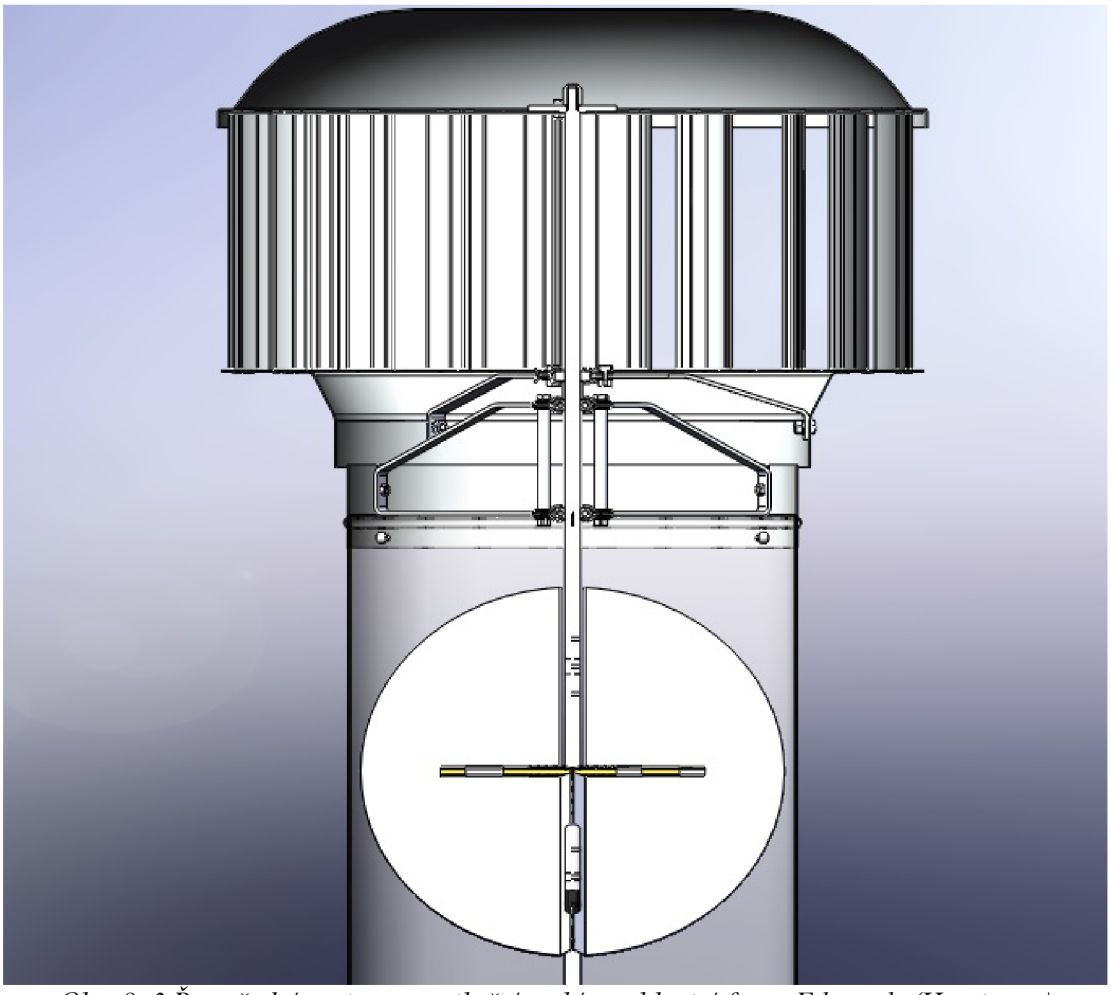
Tato kapitola bude obsahovat několik pohledů ventilačních turbín s hlavicí firmy Edmonds a Vytoz-Eko. Na (*Obr. 8. 1*) a (*Obr. 8. 4*) jsou „vyrendrované" obrázky turbín pomocí doplňkového modulu PhotoView 360 v prostředí Solidworks.



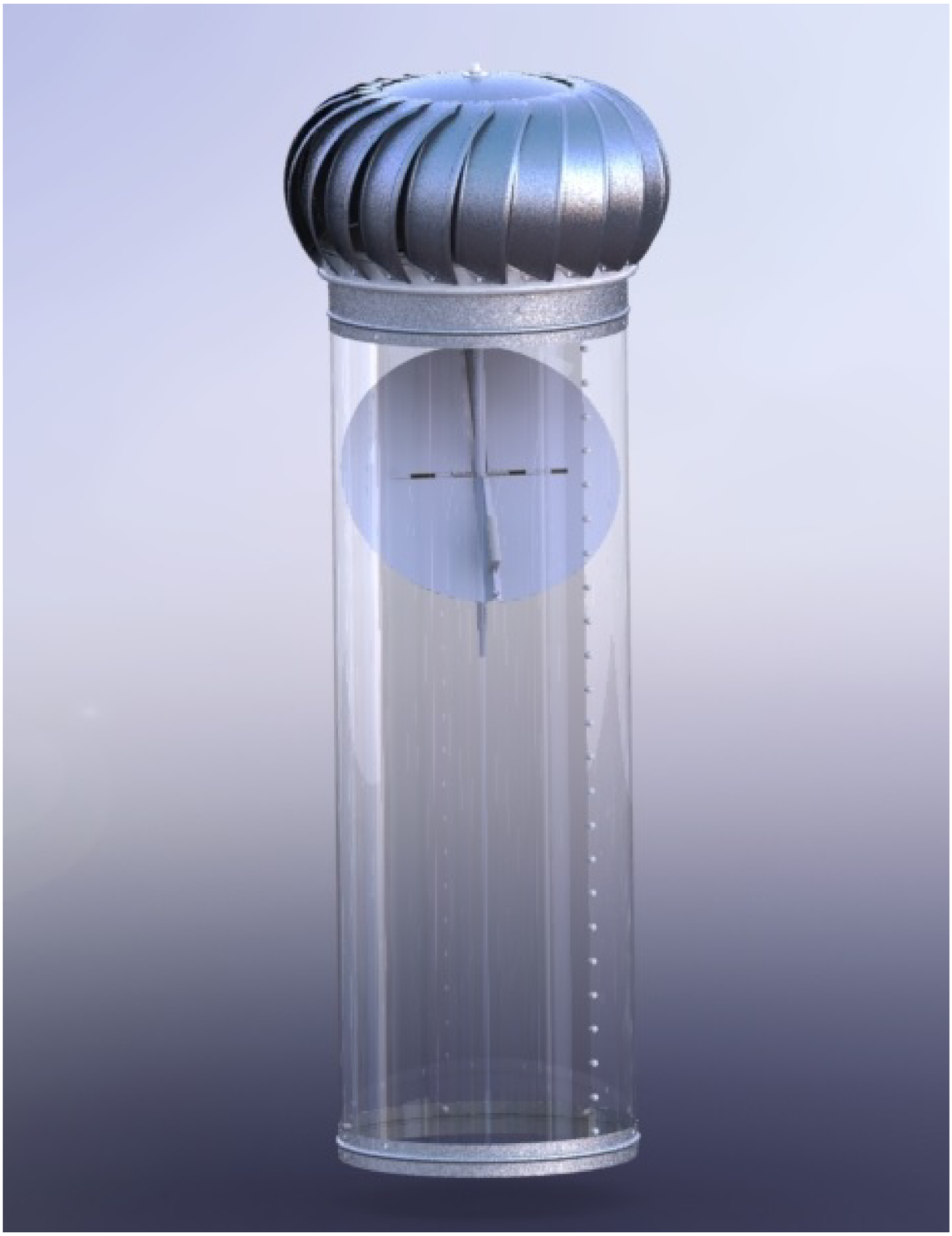
Obr. 8. 1 Ventilační turbína s hlavicí firmy Edmonds (Hurricane)



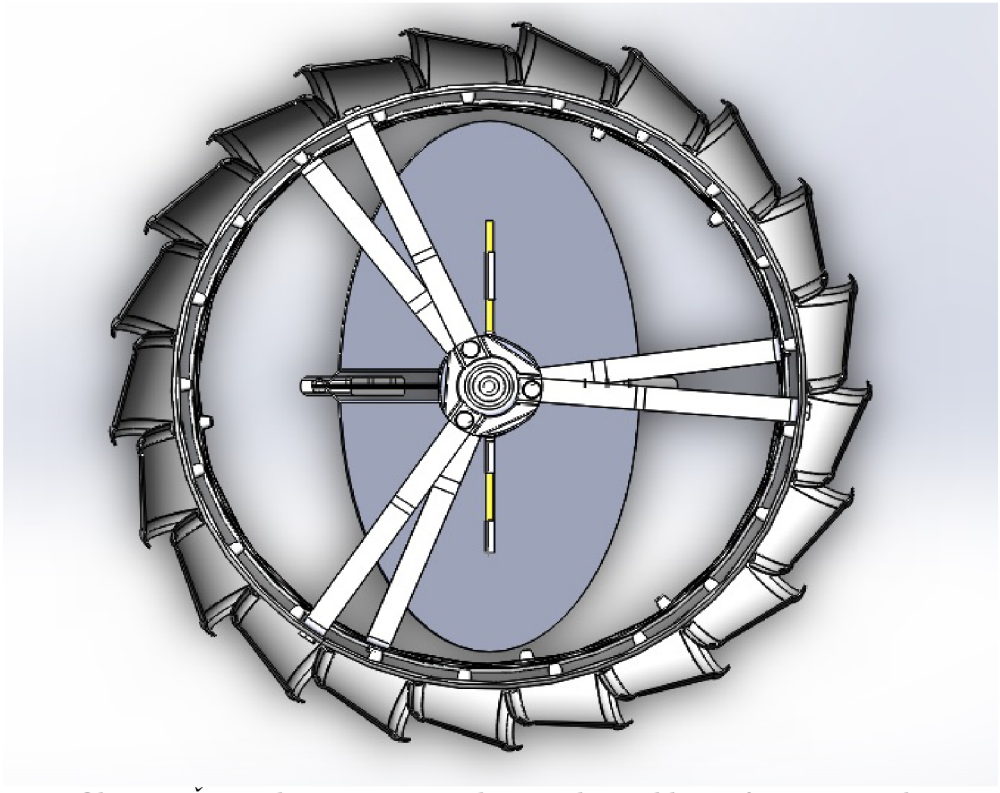
Obr. 8. 2 Řez vrchní rovinou ventilační turbíny s hlavicí firmy Edmonds (Hurricane)



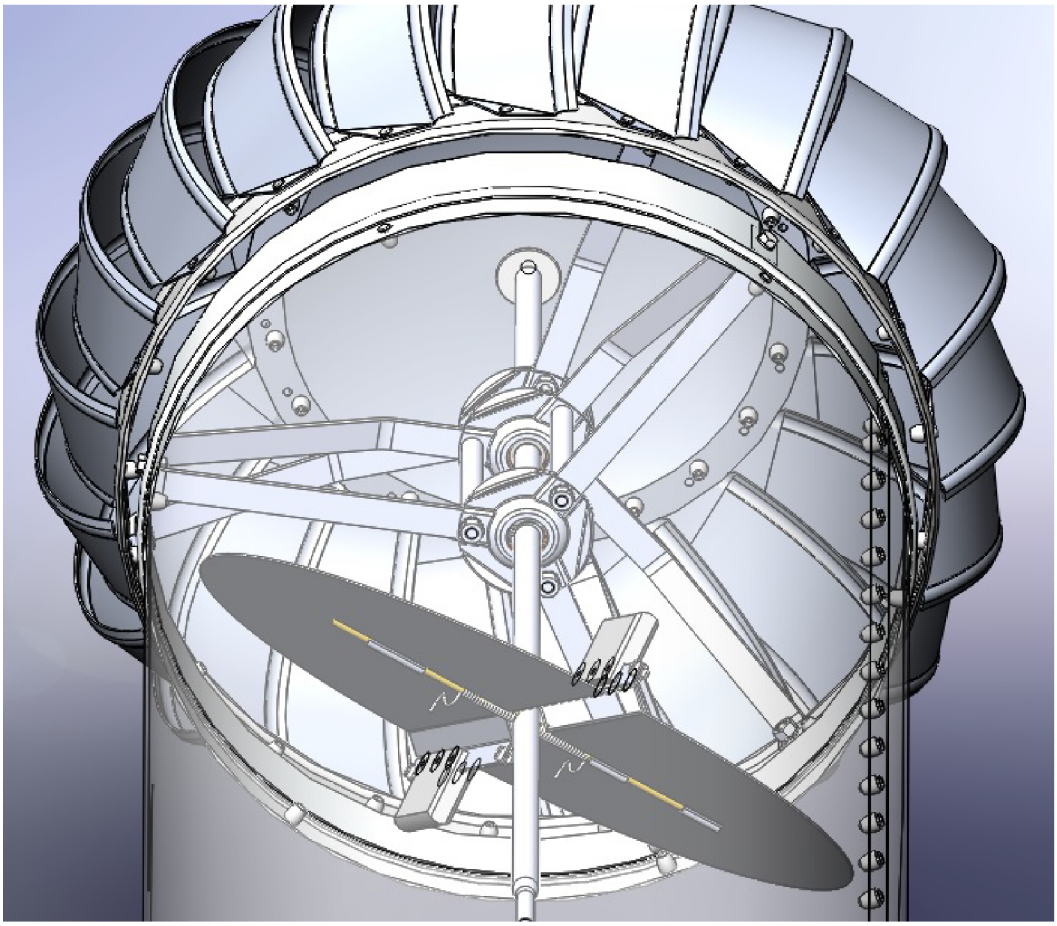
Obr. 8. 3 Řez přední rovinou ventilační turbíny s hlavicí firmy Edmonds (Hurricane)



Obr. 8. 4 Ventilační turbína s hlavicí firmy Vytoz-Eko



Obr. 8. 5 Řez vrchní rovinou ventilační turbíny s hlavicí firmy Vytoz-Eko



Obr. 8. 6 Spodní pohled ventilační turbíny s hlavicí firmy Vytoz-Eko

ZÁVĚR

Dle instrukcí doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. byl vypracován celosvětový přehled ventilačních turbín včetně výkonnostních charakteristik firem: Edmonds, Lomanco, Vytoz-Eko, Ventfair. Dále se povedlo navrhnout funkční regulační systém ventilační turbíny, vhodný pro hlavice firmy Edmonds a Vytoz-eko. K tomu bylo třeba vymodelovat obě sestavy ventilačních turbín a jejich pohledy zaznamenat do výkresů.

V této Bakalářské práci je dále popsán postup modelování jednotlivých součástí turbíny a shrnuty problémy a konstrukční postupy při vývoji regulačního systému.

Výsledkem je shrnutí všech výkonnostních charakteristik jednotlivých turbín do jednoho grafu a výkresy vymodelovaných sestav ventilačních turbín s regulačním systémem, včetně polykarbonátového potrubí.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

[1] EDMONDS. Něco o ventilaci [online]. 2007-2008
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.ventilacniturbiny.cz/neco-o-ventilaci

[2] VENTFAIR. Badezimmerentlüftung [online]. 2015
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.ventfair.com/index.php?id=cetest_firstpage

[3] VENTFAIR. Wohnraumentlüftung [online]. 2015
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.ventfair.com/index.php?id=112

[4] KAP SYSTEM. Nárazové větrání hygienického zázemí [online]. 2015 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.kapsystem.cz/ventilacni-turbiny-na-panelovych-domech/

[5] KAP SYSTEM. Ventilační turbíny VIV [online]. 2015 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.kapsystem.cz/ventilacni-turbiny-viv/

[6] KAP SYSTEM. Ventilační turbíny HV [online]. 2015 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.kapsystem.cz/ventilacni-turbiny-hv/

[7] KAP SYSTEM. Ventilační turbína pro agresivní prostředí [online]. 2015
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.kapsystem.cz/ventilacni-turbina-pro-agresivni-prostredi/

[8] KAP SYSTEM. Ventilační turbíny na panelových domech [online]. 2015
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.kapsystem.cz/ventilacni-turbiny-na-panelovych-domech/

[9] EDMONDS. Residential products [online]. 2010
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.edmonds.com.au/Products/Residential.aspx

[10] VENTFAIR. Für Sie [online]. 2015
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://ventfair.com/index.php?id=50

[11] LOMANCO. Popis jednotlivých součástí [online]. 2015
[cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.lomanco.cz/popis.php

[12] LOMANCO. Lomanco leták [online]. 2013 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.abcweb.cz/UserFiles/menustranky/dokumenty/lomanco-letak-2013.pdf

[13] RAUL. Hybridní ventilátor [online]. 2015 [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://www.ventilacniturbina.cz/hybridni_ventilator.php

[14] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

[15] MALÁŠEK, Jiří. Podklady vedoucího bakalářské práce na základě přihlášek vynálezů PV 2014-491 (2014/350) a PV 2014-492 (2014/351) s uplatněním práv VUT v Brně.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

D	[*mm*]	Průměr (světlost) ventilačního potrubí
EC motory		Elektricky komutované motory
HV		Hybridní ventilátor
SKF		Svenska Kullagerfabriken
v	[$m.s^{-1}$]	Rychlost větru
VIV		Samočinná ventilační turbína
Q	[m^3 / *hod*]	Objemový průtok vzduchu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. 1 Odvětrávání střešního pláště....10
Obr. 1. 2 Ventilační turbíny na hale v Řečkovicích....10
Obr. 1. 3 Ventilace koupelny [2]....11
Obr. 1. 4 Ventilace interiéru domu [3]....11
Obr. 1. 5 Ventilační turbíny na panelových domech v Kuřimi....12
Obr. 2. 1 Samočinné ventilační turbíny....13
Obr. 2. 2 Hybridní ventilační turbíny....14
Obr. 2. 3 Ventilační turbíny v agresivním prostředí....15
Obr. 2. 4 Ventilační turbíny na panelových domech....16
Obr. 3. 1 Systém K-Box....17
Obr. 3. 2 Konstrukce turbíny LOMANCO [3]....18
Obr. 3. 3 Graf výkonů turbín LOMANCO [12]....19
Obr. 4. 1 Řez hybridní ventilační turbínou [13]....20
Obr. 4. 2 Hybridní ventilátor HV (Raul)....21
Obr. 5. 1 Půldomek ložiska – model v Solidworks....22
Obr. 5. 2 Model sestavy s půldomkem v Solidworks a foto skutečné sestavy [15]....23
Obr. 5. 3 Symetrická pružina – Solidworks model....24
Obr. 5. 4 Symetrická pružina v sestavě – Solidworks model....24
Obr. 5. 5 Symetrická pružina v sestavě – skutečný model [15]....25
Obr. 5. 6 Potrubí ventilační turbíny – Solidworks model....26
Obr. 5. 7 Lopatka turbíny Vytoz-Eko – Solidworks model....27
Obr. 6. 1 Výkonnostní charakteristiky....28
Obr. 6. 2 Výkonnostní charakteristiky....28
Obr. 6. 3 Výkonnostní charakteristiky....29
Obr. 6. 4 Výkonnostní charakteristiky....29
Obr. 6. 5 Výkonnostní charakteristiky....30
Obr. 6. 6 Výkonnostní charakteristiky....30
Obr. 6. 7 Výkonnostní charakteristiky....31
Obr. 6. 8 Výkonnostní charakteristiky....31
Obr. 7. 1 Princip Wattova regulátoru v uplatnění ke škrtící klapce [15]....37
Obr. 7. 2 První způsob konstrukce regulační klapky....37
Obr. 7. 3 Druhý způsob konstrukce regulační klapky....38

Obr. 7. 4 Třetí způsob konstrukce regulační klapky.....39
Obr. 7. 5 Konečná verze konstrukce regulační klapky.....39
Obr. 7. 6 Hlavice ventilačních turbín [15] *.....40*
Obr. 7. 7 Plexi hlavice firmy Ventfair (Supavent) 40
Obr. 7. 8 Hlavice firmy Edmonds (Hurricane) - Model v Solidworks.....41
Obr. 7. 9 Hlavice firmy Edmonds (Hurricane) 41
Obr. 7. 10 Hlavice firmy Vytoz-Eko (VIV 12) 42
Obr. 7. 11 Hlavice firmy Lomanco BIB 14.....42
Obr. 8. 1 Ventilační turbína s hlavicí firmy Edmonds (Hurricane).....43
Obr. 8. 2 Řez vrchní rovinou ventilační turbíny s hlavicí firmy Edmonds (Hurricane).....43
Obr. 8. 3 Řez přední rovinou ventilační turbíny s hlavicí firmy Edmonds (Hurricane).....44
Obr. 8. 4 Ventilační turbína s hlavicí firmy Vytoz-Eko.....45
Obr. 8. 5 Řez vrchní rovinou ventilační turbíny s hlavicí firmy Vytoz-Eko.....45
Obr. 8. 6 Spodní pohled ventilační turbíny s hlavicí firmy Vytoz-Eko.....46

SEZNAM PŘÍLOH

Seznam tištěných příloh:

I. EDMONDS - SESTAVA

II. VYTOZ-EKO - SESTAVA

III. SHRNUTÍ VÝKONNOSTNÍCH CHARAKTERISTIK VENTILAČNÍCH TURBÍN

Seznam elektronických příloh:

I. EDMONDS - SESTAVA.pdf

II. VYTOZ-EKO - SESTAVA.pdf

III. SHRNUTÍ VÝKONNOSTNÍCH CHARAKTERISTIK VENTILAČNÍCH TURBÍN.jpg