

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití větru k temperaci rekreačních  
objektů

Praha, 2015

Autor: Pavel Fencel

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu za spolupráci a objektivní kritiku během tvorby. Dále chci poděkovat mé rodině za podporu v průběhu celého studia.

## **Abstrakt**

Má diplomová práce se zabývá temperací rekreačních objektů. Skládá se z několika částí. První kapitola uvádí čitatele do problému, kterým je temperace rekreačního objektu. Druhá kapitola popisuje vlastnosti referenčního objektu a jeho okolí. V třetí kapitole provádím návrh tří variant, které budu hodnotit. Ve čtvrté kapitole řeším vyhodnocení všech variant a analýzu výsledků. Poslední kapitola uzavírá celou práci výsledným doporučením k realizaci či nerealizaci projektu.

## **Klíčková slova**

Větrná elektrárna, temperace, vítr, ekonomické vyhodnocení, přímotop, tepelné čerpadlo

## **Abstract**

My thesis deals with temperation of holliday cottage. It is composed from several parts. First chapter introduces reader into problem which is temperation of holliday cottage. Second chapter describes properties of refferal object and it's surroundings. In third chapter I prepared three variants which I will evaluate. In fourth chapter I make evaluation and analysis of results. Last chapter closes whole thesis with final recommendation to realize or not to realize the project.

## **Keywords**

Wind turbine, temperation, wind, economic evaluation, heaters, heat pump



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Pavel Fencel

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management  
Obor: ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Využití větru k temperaci rekreačního objektu

Pokyny pro vypracování:

- popis rekreačního objektu
- metody využití větru
- ekonomické vyhodnocení

Seznam odborné literatury:

Pivrnec, J.: Finanční management. Grada, Praha 1995

Vítek, M.: Ekonomika dopravních energetických systémů. Skriptum FEL ČVUT, Praha 2008

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc. – ČVUT FEL, K 13116

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2015/2016  
L.S.

Prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.  
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 25.11. 2015

# Obsah

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	ix
<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Situační popis</b>	<b>3</b>
2.1 Státní legislativa . . . . .	3
2.2 Umístění větrné elektrárny . . . . .	4
2.3 Temperace . . . . .	5
2.3.1 Elektrický proud . . . . .	5
2.3.2 Plyn . . . . .	6
2.3.3 Dřevěné pelety . . . . .	6
2.3.4 Solární energie . . . . .	7
2.3.5 Větrná energie . . . . .	7
2.3.6 Offgrid systémy . . . . .	8
2.4 Popis rekreačního objektu . . . . .	8
2.4.1 Zkoumaný objekt . . . . .	8
2.4.2 Konstrukce objektu . . . . .	9
2.4.3 Křivka trvání teplot v oblasti . . . . .	10
2.4.4 Tepelná ztráta objektu . . . . .	12
2.4.5 Tepelná kapacita objektu . . . . .	14
2.4.6 Povětrnostní podmínky v oblasti . . . . .	16
2.4.7 Distribuční rozdělení větru . . . . .	17
<b>3 Analýza systému temperace větrem</b>	<b>20</b>
3.1 Cena ušetřené energie . . . . .	21
3.2 Varianta A - Air Breeze 160W . . . . .	21

3.2.1	Roční vyrobená energie . . . . .	22
3.2.2	Roční úspora . . . . .	24
3.2.3	Investiční náklady . . . . .	25
3.3	Varianta B - Savoniova turbína . . . . .	26
3.3.1	Technická realizace . . . . .	26
3.3.2	Zapojení turbíny . . . . .	27
3.3.3	Roční úspora . . . . .	29
3.3.4	Investiční náklady . . . . .	30
3.4	Varianta C - HY Pegasus 3,0 kW . . . . .	31
3.4.1	Roční vyrobená energie . . . . .	32
3.4.2	Roční úspora . . . . .	33
3.4.3	Investiční náklady . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Zhodnocení temperace větrem</b>	<b>36</b>
4.1	Varianta A - Air Breeze . . . . .	37
4.1.1	Citlivostní analýza . . . . .	38
4.1.2	Shrnutí . . . . .	39
4.2	Varianta B - Savoniova turbína . . . . .	40
4.2.1	Citlivostní analýza . . . . .	40
4.2.2	Shrnutí . . . . .	42
4.3	Varianta C - HyE 3000 W . . . . .	42
4.3.1	Citlivostní analýza . . . . .	43
4.3.2	Shrnutí . . . . .	44
4.4	Porovnání . . . . .	45
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>50</b>
<b>A</b>	<b>Technické nákresy objektu</b>	<b>I</b>



# Seznam obrázků

2.1	Lokace referenčního objektu . . . . .	9
2.2	Křivka trvání teplot pro (2.9), (2.8) a (2.11) . . . . .	11
2.3	Průběh vnitřní teploty v čase při nefunkčním otopném systému. . . . .	16
2.4	Větrná mapa České republiky 2012 . . . . .	17
2.5	Weibullovo rozdělení pro $A = 3,95$ m/s a $k = 2$ . . . . .	18
2.6	Intenzita větru v průběhu roku . . . . .	19
3.1	Varianta A - Vzhled elektrárny . . . . .	22
3.2	Varianta A - Schéma . . . . .	24
3.3	Varianta B - Schéma turbíny [22, Strana 4] . . . . .	27
3.4	Varianta B - Nabíjecí charakteristika baterie [22, Strana 18]. . . . .	29
3.5	Varianta C - Vzhled elektrárny . . . . .	32
3.6	Varianta C - Vyrobená energie . . . . .	33
4.1	Varianta A - NPV podle investičních nákladů a rychlosti větru . . . . .	38
4.3	Varianta B - NPV podle investičních nákladů a rychlosti větru . . . . .	41
4.4	Varianta B - RCF podle investičních nákladů . . . . .	41
4.6	Varianta C - NPV podle investičních nákladů a rychlosti větru . . . . .	43
4.2	Varianta A - RCF podle ceny energie, růstu cen a diskontu . . . . .	47
4.5	Varianta B - RCF podle ceny energie, růstu cen a diskontu . . . . .	48
4.7	Varianta C - RCF podle ceny energie, růstu cen a diskontu . . . . .	49

# Seznam tabulek

2.1	Rozměry referenčního objektu . . . . .	10
2.2	Kvalitativní parametry objektu . . . . .	13
2.3	Tepelně-kapacitní parametry budovy . . . . .	15
3.1	Varianta A - Parametry elektrárny . . . . .	22
3.2	Varianta C - Parametry elektrárny . . . . .	32
4.1	Varianta C - Ekonomické parametry . . . . .	43
4.2	Porovnání variant . . . . .	45
4.3	Minimální rychlost větru pro rentabilitu variant . . . . .	46

# Kapitola 1

## Úvod

Obyvatelé České Republiky jsou známí svou oblibou v chalupářství a chatařství. Mnoho lidí vlastní chalupy a chaty v oblastech vzdálených od civilizace. Tráví zde volné víkendy a dovolené. Tyto objekty nebývají dlouhodobě obývané a je nutno se o ně přes zimu starat. Budova bez adekvátní péče v zimním období strádá.

Majitelé často řeší otázku, jak se o objekt starat, aby mohl být využíván i v zimním období. Je velmi nepříjemné vyrazit na výlet do zasněženého podhůří a než se stačí chalupa vytopit, člověk je na cestě domu. Pokud objekt není v zimě využíván, může se nábytek přikrýt, uklidit či odvést a při zajištěném větrání ponechat dům svému osudu. Takový systém je sice levný, ale vyžaduje poměrně velké množství práce při zazimování a odzimování. V zazimovaném objektu nepřichází výlet v zimě v úvahu, či je provázen dlouho zatápkou.

Další možností je objekt udržovat vytopený konstatně na nižší teplotu, při které je objekt neobyvatelný, avšak takzvaně nevymrzne<sup>1</sup>. V případě zimní návštěvy se lze objekt vytopit na příjemnou teplotu rychle a odpadají nutné práce při zazimování. Je však nutno dbát na náklady spojené s vytápěním objektu, byť na nižší teplotu. Způsob vytápění musí být navrhnout efektivně, aby majitel ušetřil na nákladech za vytápění.

V současné době existuje několik možností, jak objekt temperovat, a mnoho výrobců, jež realizaci provádějí. Jednotlivé typy jsou závislé na dostupnosti zdroje energie a velikosti investičních nákladů. Situaci může zkomplikovat absence přípojky plynu, elektřiny apod. Mnoho technologií je závislých na dostupnosti elektrické energie a zdroj elektrického proudu bývá podmínkou pro realizaci většiny z nich.

Systémů, jež by byly schopny temperovat objekt bez elektřiny a vysokých investičních

---

<sup>1</sup>Teplota v objektu neklesne natolik, aby docházelo k poškození. Typicky pod bod mrznutí vody.

nákladů je velmi málo. V takovýchto situacích přichází ke slovu hlavně obnovitelné zdroje energie (energie větru, vody, slunce atd). Jsou dostupné téměř kdekoli a velikost (intenzita) zdroje se mění spíše v lokálním měřítku. Různé geografické oblasti disponují různou intenzitou daného zdroje.

Sluneční energie je v současné době obecně nejvyužívanější. Donedávna byla dotována státem a je z obnovitelných zdrojů nejvýhodnější. Pro použití k temperaci objektů bez elektřiny však svou povahou nemusí být úplně vhodná. Výkon hlavně v zimních měsících klesá.

Energie větrná se k temperaci u nás nevyžívá. Česká Republika svou geografickou polohou nedisponuje příznivými povětrnostními podmínkami. Problémem jsou poměrně vysoké pořizovací náklady a nízké průměrné rychlosti větru na území. Větrná turbína musí v extrémních případech odolávat poměrně velkým silám a spolehlivost její konstrukce se odráží na její ceně.

Obnovitelné zdroje nejsou konkurenceschopné při současných cenách elektrické energie. Většina zařízení pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů má typicky vysoké investiční náklady. Česká Republika a ostatní země společně cílí na zvýšení podílu spotřeby z obnovitelných zdrojů a snížení emisí  $CO_2$ . To obecně vede k dlouhodobým plánům podpory obnovitelných zdrojů a tím zvyšování jejich ekonomické rentability.

V rámci mé práce jsem se rozhodl zkoumat možnosti efektivního využití větru pro temperaci rekreačního objektu. Mou motivací je možné hodnotnější využití energie oproti prodeji do sítě.

# Kapitola 2

## Situační popis

V následující kapitole budu zkoumat zadaný problém. Za účelem vyhodnění si zvolím konkrétní stavbu a budu informace určovat pro ní. Výsledkem jsou základní podklady pro návrh a následné vyhodnocení.

### 2.1 Státní legislativa

Se vstupem do Evropské Unie přijala Česká Republika vyšší odpovědnost za svou energetickou politiku. Rada Evropského parlamentu stanovila indikativní cíle do budoucích let a podporuje všechny státy v dosažení určených cílů. V České Republice byl v roce 2005 přijat Energetický zákon (Zákon č. 180/2005 Sb.), který vymezuje dílčí cíle národního hospodářství, nástroje k jejich dosažení a způsoby jejich kontroly. Pro evropský průměr byl stanoven podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě energie 20 % do roku 2020, 24 % do roku 2030 a 25 % do roku 2050. Česká republika definovala a přijala své cíle v národním akčním plánu [1].

Energetický zákon a jeho pozdější novely upravují možnosti, jakými daných cílů dosáhnout. Základním nástrojem je podpora rozvoje výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Přednostně je kladen důraz na výrobu elektřiny. Dalšími podporovanými oblastmi jsou druhotné zdroje a kombinovaná výroba elektřiny a tepla. Základními nástroji pro podporu rozvoje jsou:

- Jistota návratnosti
- Systém výkupních cen

- Zelený bonus

Donedávna dotace na zvyšování energetické efektivity rodinných domů řešil program "Nová zelená úsporám". Jeho cílem bylo motivovat obyvatele k postupnému snižování energetické náročnosti budov (novostaveb i stávajících) a snižování emisí  $CO_2$ . Aby docházelo k výměně kotlů na tuhá paliva za ekologicky šetrnější varianty, bylo podporováno mnoho typů alternativních zdrojů tepla. Podpora se především týkala kotlů na biomasu, tepelných čerpadel a solárních systémů. Vítr, jako zdroj tepelné energie není v současnosti součástí podpory. Česká Republika nedisponuje dostatečným větrným potenciálem pro rozšířené využití jako zdroje energie.

Z hlediska zkoumaného problému nebudu podporu státu uvažovat. Podle posledních mnou dostupných informací nebude pro větrnou energii podpora v roce 2016 vypsána. Podporu státu má smysl uvažovat v teoretické úrovni během diskuze řešení.

## 2.2 Umístění větrné elektrárny

Všechny stavby s větší rozlohou nebo specifickou konstrukcí musí projít schvalovacím řízením na oblastním stavebním úřadě. Územním plánem jsou určeny základní rysy budoucí výstavby v oblasti. U větrných turbín se jedná především o výšku konstrukcí jež je plánem stanovena. Každá stavba by měla odpovídat plánovanému dojmu z nové zástavby. Přesná pravidla a podmínky budou odlišné pro satelitní město a pro výstavbu na venkově.

Kromě estetického hlediska a vlivu na krajinu [7] je stěžejním parametrem budované turbíny hlučnost. Ochrana lidského zdraví před hlukem je zakotvena v zákoně o ochraně veřejného zdraví (č. 258/2000 Sb.). Konkrétní hodnoty hladin hluku jsou stanoveny nařízením vlády (č. 148/2006 Sb.). Přes den je limit 50 dB a v noci je limit 40 dB [3]. Navrhované větrné turbíny musí tyto normy hluku splňovat. Menší větrné turbíny obecně nemají s těmito limity problémy a hlasitost při provozu typicky nepřekračuje samotnou hlučnost okolí působením větru.

Budu předpokládat, že z pohledu realizace budou mít menší větrné elektrárny menší problémy s umístěním. Samostatně stojící elektrárna větších rozměrů by nemusela být povolena. Důvodem může být například problém s umístěním v hustější zástavbě. Tuto problematiku je nutno zkoumat v souvislosti s každou realizací samostatně.

## 2.3 Temperace

Základem je vymezení pojmu temperace. Ta nemá obecně přijatou přesnou definici. Temperace objektů je pojem spjatý především s vlastnictvím a provozováním objektů s občasným využitím. Technicky ji lze popsat jako celoroční udržování teploty nad určitou mezní hodnotou. Tato teplota je pak příliš nízká pro pobyt, avšak dům při ní tolik netrpí.

V zimní období některé prvky (například topení s vodním médiem) vyžadují nutnost zazimování. Základním problémem je přirozený nárůst vlhkosti při nižších teplotách a následná kondenzace vody v objektu. Vnitřní vybavení i stavba samotná může být vlhkostí poškozována.

Teplotu kritickou  $T_k$  (2.1) zvolím rovnu  $0^\circ\text{C}$ . Při poklesu vnitřní teploty pod kritickou hodnotu dochází k zamrznání vody v objektu. Otopný systém by tak měl v rámci temperace udržet teplotu vyšší než kritickou i při nízkých venkovních teplotách.

$$T_k = 0^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

Ve své práci zvolím teplotu temperace rovnu  $5^\circ\text{C}$ . Věřím, že tato hodnota je poměrně intuitivní. Rozdíl mezi teplotou temperace a teplotou kritickou by měl poskytnout dostatečnou tepelnou kapacitu pro tepelnou akumulaci na noční proud.

$$T_t = 5^\circ\text{C} \quad (2.2)$$

Objekt je efektivně temperován pokud se vnitřní teplota pohybuje mezi teplotou kritickou a teplotou temperace

$$T_t > T_v > T_k \quad (2.3)$$

Teplota kritická a teplota temperace jsou nezávislé na způsobu temperace.

### 2.3.1 Elektrický proud

Temperace elektrickým proudem je nejjednodušší a pravděpodobně nejrozšířenější variantou. Z technického hlediska umožňuje jednoduchou a snadnou regulaci výkonu. Základní podmínkou všech variant je dostatečná přípojka elektrického proudu, což nemusí být pro rekreační a odlehle objekty splněno. Nejrozšířenějšími možnostmi jsou:

- Přímotop
- Elektrokotel

- Tepelné čerpadlo

Efektivita všech elektrických typů vytápění je určena topným faktorem. Ten určuje množství vyprodukované tepelné energie na jednotku energie elektrické. Hodnota vyjadřuje poměr získaného tepla k použité elektrické energii [5].

$$COP = \frac{|\Delta Q|}{\Delta W} [-] \quad (2.4)$$

Přímotopy jsou nejlevnější a nejsnazší variantou temperace. Hlavní nevýhodou této varianty jsou poměrně vyšší variabilní náklady na vytápění (vzhledem k vytápění tuhými palivy). Důležité je dbát na celkový výkon a rozložení přímotopů.

Elektrokotel je realizován samostatně nebo v kombinaci s jiným druhem paliva. Temperování probíhá pouze elektrinou. Sekundární druh paliva je využíván během pobytu obyvatel v objektu s typicky levnějšími topnými náklady. Elektrokotel může být využíván v objektech s centrálním otopným systémem (například samospádové topení s vodním médiem). Topný faktor přímotopu a elektrokotle je roven přibližně jedné ( $COP \approx 1$ ).

Tepelná čerpadla jsou moderním způsobem vytápění. Existuje několik principelních řešení, které se označují podle ochlazovaného a ohřívajícího média. Jednotlivé principy se liší efektivitou, výkonem a především cenou. Dle požadovaného výkonu je nutno zvolit efektivní a dostupný typ. Topný faktor se pohybuje přibližně v rozmezí  $2 < COP < 10$ . Nižší topné faktory odpovídají jednoduchým a levným realizacím.

### 2.3.2 Plyn

Efektivní a jednoduchou variantou je využití plynu pro temperaci (např. zemní plyn). Běžně jsou k dostání plynové kotle nebo kotle na tuhá paliva s přídavným plynovým hořákem. Systém je automaticky řízen řídicí jednotkou. Variabilní náklady jsou nižší ve srovnání s temperací přímotopy. Využití tohoto způsobu je spjato s vyššími investičními náklady než realizace přímotopů. Podmínkou je přípojka plynu nebo zásobník na plyn.

### 2.3.3 Dřevěné pelety

Automatické kotle na pelety mohou temperovat objekt bez zásahu uživatele. Doba temperace z jednoho naplnění peletami je přímo závislá na velikosti zásobníku, výhřevnosti pelet a účinnosti spalování kotle. Tento způsob nabízí jedny z nejnižších variabilních nákladů



na temperaturaci. Nevýhodou je, oproti ostatním variantám, nutnost pravidelných návštěv za účelem doplnění zásobníku peletami.

### 2.3.4 Solární energie

Solární energie je v současnosti použitelnou možností pro celoroční přípravu teplé vody a výrobu tepla. V minulosti navíc byl tento typ masivně podporován. energii slunečního záření lze na užitečnou energii přeměnit dvěma základními způsoby

- Sluneční kolektory : Zachycené sluneční záření předá svou energii ohřívanému médiu. Hlavní výhodou je jednoduchý a levný princip.
- Fotovoltaické panely : Energie zachyceného slunečního záření je přímo přeměněna na elektrickou energii. Ta pak může být přeměněna na energii tepelnou nebo využita k pohonu jiných zařízení produkujících teplo.

Zisky ze slunečních kolektorů a fotovoltaických panelů přímo korelují s venkovní teplotou a ročním obdobím. Mnou zkoumané období představuje pro přeměnu energie ze slunce velmi nevýhodný časový úsek. Využití solární energie primárně k temperaturaci pravděpodobně nenajde rozsáhlé využití.

### 2.3.5 Větrná energie

Vítr se v současnosti nevyužívá jako zdroj vytápění. Společným problémem sluneční a větrné energie je nerovnoměrnost jejich výkonu a nízká hustota energie. Větrná energie může být přeměněna na elektřinu a ta uložena do akumulčního systému.

Základním problémem tohoto přístupu však je samotná akumulace energie. Systémy jsou většinou přizpůsobeny na stálé či krátkodobé intenzivní nabíjení. Akumulční systém musí být přizpůsoben nerovnoměrnosti ve výkonu větrné elektrárny V současnosti je taková akumulace možná, avšak po navýšení investičních nákladů [16].

V testovacím provozu je uvažován systém výroby elektrické energie větru a jeho následná akumulace či napájení tepelného čerpadla [24]. Větrná energie je pro tento provoz spíše dodatečným zdrojem energie. Vytápění založené jen a pouze na větrné energii realizováno není.

### 2.3.6 Offgrid systémy

Offgrid systém je zařízení, jež ke své činnosti nevyžaduje připojení k elektrické síti a současně je zcela autonomní [23]. O těchto systémech mluvíme především v souvislosti s lokalitami, kde není elektrické připojení k dispozici, či by bylo ekonomicky nevýhodné připojení realizovat.

Z hlediska vytápění jsou plně autonomními pouze systémy založené hlavně na obnovitelných zdrojích. Většina systémů ke svému chodu vyžaduje elektrickou energii. Ta potom většinou pochází z baterií či obnovitelných zdrojů (energie větru, vody, slunce). Tyto autonomní systémy se obecně skládají ze zdroje elektrické energie, akumulátoru, řídicí jednotky a zdroje tepla.

Autonomní realizace mají vyšší investiční náklady, které znatelně rostou se zvyšujícími se nároky na spolehlivost systému. Finální řešení je pak navržené přímo pro daný objekt.

V práci se zabývám primárně větrnou energií ve vztahu k teplotě. Z předchozího popisu vyplývá, že větrná energie by pravděpodobně fungovala jako elektrárna pro primární zdroj vytápění. V případě vynikajících povětrnostních podmínek by bylo možno teoreticky řešit autonomní systém. V mém případě však tyto podmínky nenastanou.

## 2.4 Popis rekreačního objektu

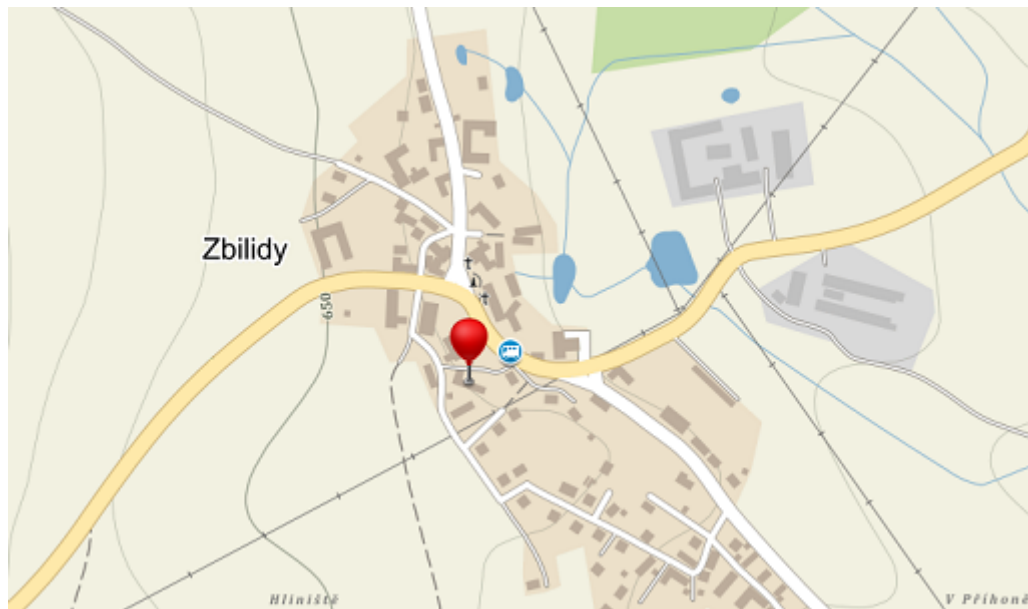
Pro objektivní návrh systému teploty je vhodné vztahovat výpočty na reálný objekt. Návrh pro skutečný objekt dále může nabídnout snadné porovnání s fungujícím (referenčním) modelem teploty. Také lze lépe zkoumat další problémy a specifika s problematikou spojená.

Pro ohodnocení množství úspory potřebuji znát tepelnou ztrátu objektu. Pro přesnější představu o hodnotě uspořené energie je důležité znát tepelnou kapacitu budovy. Základními informacemi pro určení těchto hodnot obsahuje technický popis konstrukce budovy.

### 2.4.1 Zkoumaný objekt

Jako referenční objekt jsem zvolil rekreační chalupu v obci Zbilidy na Jihlavsku. Obec se nachází v Českomoravské vrchovině v nadmořské výšce přibližně 650 m. n. m. V oblasti objektu dosahuje rychlost větru přibližně celorepublikového průměru. Díky známosti

s majitelem nemovitosti mám k dispozici potřebné dokumenty a mohu snáze určit a porovnat zjištěné údaje se skutečností.



Obrázek 2.1: Lokace referenčního objektu

Stavba byla zkolaudována kolem roku 1927. Objekt je přibližně z 30ti procent podsklepený. Základem podlah je 5 cm perlitového betonu a 5 cm klasického betonu. Pod touto vrstvou je příprava na vzdušné vytápění. Vnější zdi jsou vystavěny z pískovcových bloků. Všechny vnitřní příčky jsou z pálených cihel. Vyjímkou je nosná zeď uprostřed objektu, jež je taktéž vystavěna z pískovcových bloků. Stropy jsou klenuté z pálených cihel, polystyrenové izolační vrstvy a vrstvy 10 cm betonu. Podkroví je nevytápěné a střecha je izolována skelnou vatou.

V současnosti je stavba používána jako chalupa a v době nepřítomnosti obyvatel je temperována přímotopy. Otopný systém je běžně napuštěn vodou. V zimním období však bývá voda vypuštěna a systém je zazimován.

## 2.4.2 Konstrukce objektu

Energetické vlastnosti objektu určuje především vnitřní uspořádání a materiály, z nichž je objekt vystavěn. Základem je velikost vytápěného prostoru. Tu mohu stanovit z technických plánů A. Spočtené rozměry se nalézají v tabulce 2.1.

Z těchto základních informací vyjdu při určení tepelné kapacity a tepelné ztráty.

Délka budovy	$l_l$	$m$	18,5
Šířka budovy	$l_w$	$m$	7,3
Výška stropu	$l_h$	$m$	3,0
Šířka - zed' S	$w_S$	$m$	0,6
Šířka - zed' J	$w_J$	$m$	0,35
Šířka - zed' Z	$w_Z$	$m$	0,67
Šířka - zed' V	$w_V$	$m$	0,67
Podlahová plocha	$S_p$	$m^2$	104,8
Zastavěná plocha	$S_z$	$m^2$	135,3
Podlaha nad sklepem	$S_s$	$m^2$	24,3
Vnitřní objem	$V_i$	$m^3$	314,5
Vnější objem	$V_e$	$m^3$	406

Tabulka 2.1: Rozměry referenčního objektu

### 2.4.3 Křivka trvání teplot v oblasti

Pro určení tepelné ztráty potřebuji znát teplotní podmínky v oblasti. Nejvíce vypovídající informaci poskytují měření v meteorologických stanicích v obci a okolí. Přístup k přesným informacím nemám. Méně přesné, avšak dostačující informace mohu získat výpočtem. Tvar křivky trvání teplot je určen rovnicí [15, Strana 72]

$$\vartheta = (1 - v)^{0,985v^{-0,626}}, \vartheta \in \langle 0; 1 \rangle, v \in \langle 0; 1 \rangle \quad (2.5)$$

kde  $\vartheta$  je bezrozměrnou proměnnou určující poměrný rozdíl teplot. Vychází z rovnice

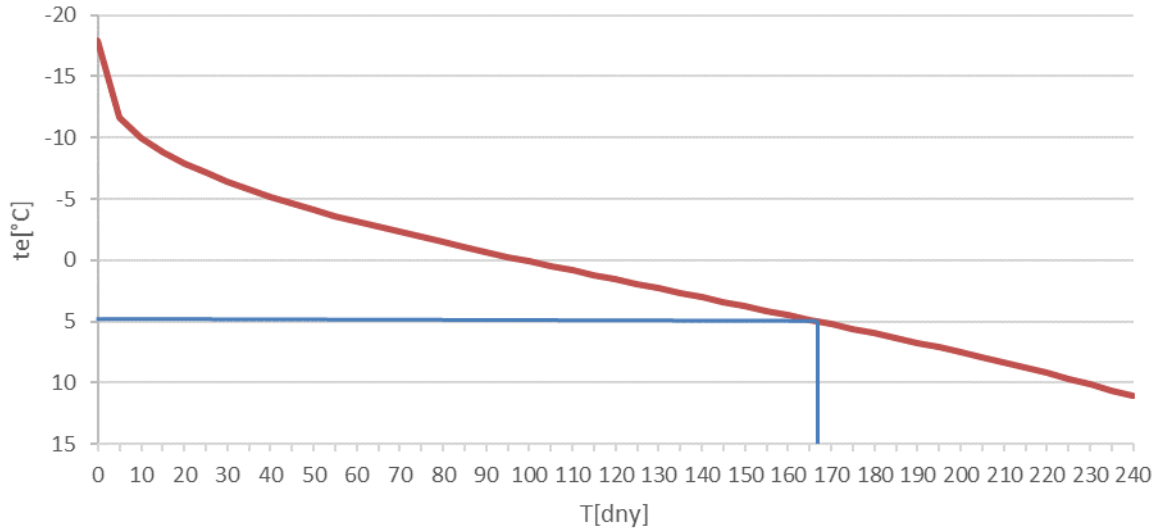
$$\vartheta = \frac{t_{max} - t_e}{t_{max} - t_{min}} \quad (2.6)$$

Z rovnice můžeme vyjádřit  $t_e$  a tím dostaneme výslednou teplotu pro vstupní parametr  $\vartheta$

$$t_e = t_{max} - \vartheta(t_{max} - t_{min}) \quad (2.7)$$

Teploty  $t_{max}$  a  $t_{min}$  jsou stanoveny pro dříve dané otopné období. Teplota  $t_{min}$  představuje minimální teplotu během otopného období. Nejedná se o teplotu extrémní, ale plošně naměřenou. Pokud venkovní teplota klesne pod  $t_{max}$  celistvě na určitou dobu (typicky dva dny) začíná otopná sezona. Teploty jsou vztaženy k oblasti a jejich hodnota může být ještě snížena pro vyšší nadmořské výšky [4].

$$t_{max} = 13^\circ C \quad (2.8)$$



Obrázek 2.2: Křivka trvání teplot pro (2.9), (2.8) a (2.11)

$$t_{min} = -18^{\circ}C \quad (2.9)$$

Parametr  $v$  v rovnici (2.5) představuje časový rozměr křivky. Transformaci do rozměru dnů (hodin) lze provést vztahem:

$$v = \frac{\tau}{d} \quad (2.10)$$

Kde  $d$  je délka otopného období a  $\tau$  je doba trvání ve stejném rozměru jako  $d$ . Délka otopného období je určena teplotou  $t_{max}$ , pro (2.8) je její velikost:

$$d = 257 \text{ dnů} \quad (2.11)$$

Rozšířením rovnice (2.5) o rozměry z rovnic (2.7) a (2.10) dostanu výsledný tvar, který vyjadřuje teoretickou závislost teploty na délce trvání. Výsledná křivka je zobrazena na grafu obr. 2.2.

Standardně jsou tepelné ztráty vztaženy k vnitřní teplotě objektu pohybující se kolem  $20^{\circ}C$ . Doba topného období je pro teplotu kratší díky nižší uvažované vnitřní teplotě (2.3). Podle křivky trvání teplot je teplota nižší či rovna teplotě teploty (2.3) po dobu

$$d_5 = 167 \text{ dnů} \quad (2.12)$$

Nyní mám potřebné podklady pro určení tepelné ztráty objektu.

### 2.4.4 Tepelná ztráta objektu

Pro lepší představu o hodnotě uspořené energie potřebuji znát tepelnou ztrátu objektu.

Tepelná ztráta vychází ze vzorce

$$Q_C = Q_{HT} + Q_V + Q_S + Q_O \quad (2.13)$$

Kde  $Q_C$  je celková tepelná ztráta,  $Q_{HT}$  ztráta prostupem tepla,  $Q_V$  ztráta výměnou vzduchu,  $Q_S$  solární zisky a  $Q_O$  ostatní vnitřní zisky. Všechny ztráty a zisky jsou určovány ke stejnému temperačnímu období.

Hlavním zdrojem ztráty jsou ztráty prostupem tepla. Obecně lze tepelné ztráty objektu prostupem tepla (energií unikající z objektu) vyjádřit vzorcem [25, Strana 25]

$$H_T = L_D + L_S + H_U \quad (2.14)$$

Kde  $H_T$  je ztráta prostupem tepla,  $L_D$  je tepelná propustnost pláštěm budovy,  $L_S$  ztráta přes zeminu a  $H_U$  měrná ztráta prostupem přes nevytápěné prostory.

Výsledná tepelná ztráta obsahuje ještě další menší bilanční toky [25, Kapitola 3].

- Vnitřní tepelné zisky z jiných zdrojů než otopné soustavy (např. při přípravě pokrmů). Ve výpočtech budu předpokládat, že tyto zisky jsou rovny nule. Cílem je temperace v době, kdy není obydlí obýváno.
- Tepelné ztráty vznikají unikajícím teplým vzduchem a jeho náhradou za vzduch studený. Větrání je v zimě minimální, proto budu uvažovat pouze pasivní prodyšnost.
- Pasivní solární zisky jsou způsobeny především průnikem slunečních paprsků přes prosklené plochy objektu. Jejich vliv je minimální a pro zjednodušení je zanedbám.

Výpočet jednotlivých ztrát/zisků určují ČSN normy a jejich výpočet je komplexní teoretickou procedurou. Pro potřeby mé práce není nutno znát přesnou hodnotu tepelné ztráty. Proto jsem vybral jeden z dostupných kalkulátorů [21]. Rozměry budovy se nalézají v tabulce 2.1. Důležitou roli hrají kvalitativní vlastnosti objektu a jeho uspořádání. S ohledem na vlastnosti objektu 2.4.2 je možno odhadnout fyzikální vlastnosti obálky ohraničující vytápěný prostor.

V tabulce 2.2 jsou podle normy <sup>1</sup> určeny hodnoty prostupu tepla  $U_i [W m^{-2} K^{-1}]$  určující velikost ztrátového výkonu jednotkovou plochou při jednotkovém rozdílu vnější a vnitřní

---

<sup>1</sup>ČSN 73 0540-2:2007

teploty a bezrozměrný činitel teplotní redukce  $b_k$ , který určuje redukovanou ztrátu pro-  
stupem přes nevytápěné prostory  $H_U$  <sup>2</sup>.

Z hlediska teploty budu považovat temperovaný prostor za částečně vytápěný. Teplotní spád není tak velký a prostup tepla přes nevytápěné prostory bude probíhat zpomaleně.

	$S$	$U_i$	$b_k$
Podlaha na terénu	80,6	3,1	0,4
Podlaha nad sklepem	24,3	3,1	0,29
Strop	104,8	0,51	0,29
Zed' J	50,9	1,3	0,9
Zed' Z	17,1	1,5	1
Zed' S	50,9	1,3	1
Zed' V	21,9	2,6	0,2
Okna	14,3	2,35	0,82
Dveře	6,3	4,7	0,49

Tabulka 2.2: Kvalitativní parametry objektu

Ztrátový výkon na jednotkový rozdíl vnitřní a vnější teploty mi vyšel

$$P_Z \cong 350 \text{ WK}^{-1} \quad (2.15)$$

Teplu ztracené za celé temperační období mohu určit z doby trvání venkovní teploty (obr. 2.2). S ohledem na teplotu je energie ztracena pouze v případě, kdy venkovní teplota klesne pod teplotu teploty 5 °C (2.3). Z výsledků kapitoly 2.4.3 vychází doba temperační sezóny  $d_5$  rovna přibližně 167 dnů (2.12). Ztrátová energie vychází z plochy pod křivkou trvání teplot, kterou mohu zapsat integrálem

$$Q = \int_0^{d_5} P(\tau) d\tau \quad (2.16)$$

Kde  $P(\tau)$  je ztrátový výkon pro danou venkovní teplotu. Rozepsáním rovnice získám finální tvar

$$Q_{ZC} = \int_0^{d_5} P_Z \cdot (t_t - t(\tau)) d\tau \quad (2.17)$$

Křivka trvání teplot vyjádřená funkcí  $t(\tau)$  je dle kapitoly 2.4.3 pro integraci náročná. Výpočet si zjednoduším sumací obdelníků pod křivkou. Budu počítat s šířkou jednu hodinu

<sup>2</sup>[19]

a výškou rovnou ztrátovému výkonu uprostřed intervalu. Touto metodou získám velikost plochy pod křivkou. Jelikož křivka trvání teplot nemá žádné rychle se měnící pasáže, bude se výsledek pouze drobně lišit od reálné hodnoty získané integrací.

Takto spočítám tepelnou ztrátu podle následujícího vztahu

$$Q_Z = \sum_{i=0}^{d_5} P_Z \cdot (t_i - t(i)) \cdot T \quad (2.18)$$

kde  $t(i)$  je teplota v čase  $i$  zjištěná z křivky trvání teplot a  $T$  je perioda.

Pro referenční objekt mi vyšla tepelná ztráta podle vztahu (2.18) rovna

$$Q_Z \doteq 9,3 \text{ MWh} \quad (2.19)$$

Tepelná ztráta je důležitá pro konfrontaci s velikostí úspory. Při úspoře blízcí se samotné spotřebě energie je nutno přistoupit k ohodnocení energie pečlivěji.

### 2.4.5 Tepelná kapacita objektu

Tepelná kapacita je další důležitou charakteristickou vlastností objektu. Určím ji jako sumu tepelných kapacit všech vnějších i vnitřních stěn, podlah a stropů. Tepelná kapacita vzduchu a vybavení je zanedbatelná vzhledem k mnohonásobně vyšší tepelné kapacitě zdiva [17].

Tepelnou kapacitu zdiva spočítám jako

$$C = c \cdot \delta \quad (2.20)$$

kde  $c$  je měrná tepelná kapacita materiálu zdiva v  $Jkg^{-1}K^{-1}$ ,  $\delta$  je hustota zdiva v  $m^3kg^{-1}$ .

Celkové teplo akumulované vůči současné venkovní teplotě spočítám ze vztahu

$$Q_K = (t_e - t_{int}) \sum_{i=1}^n C_i \cdot V_i \quad (2.21)$$

kde  $t_e$  je velkovní teplota v Kelvinech,  $t_{int}$  je vnitřní teplota v kelvinech,  $C_i$  je objemová tepelná kapacita  $i$ -tého zdiva s rozměrem  $Jm^{-3}K^{-1}$  a  $V_i$  je objem  $i$ -tého zdiva v  $m^3$ .

Referenční objekt, podle projektové dokumentace a parametrů v kapitole 2.4.1, má hodnoty uvedné v tabulce (tabulka 2.3) [2]. Na základě těchto hodnot mohu vypočítat přibližnou hodnotu tepelné kapacity.



	Materiál	$V$	$C$	$\rho$
Vnější stěny	Pískovec	91,5	720	1800
Vnitřní stěny	Cihly	19,9	877	1237
Podlaha	Beton	21	645	1150
Strop	Beton + Cihly	21	830	1220

Tabulka 2.3: Tepelně-kapacitní parametry budovy

Výsledná hustota a tepelná kapacita je váženým průměrem materiálů z nichž je okrajová plocha otopné zóny vystavěna.

Výsledná kapacita referenčního objektu dle vztahu (2.21) pro rozdíl mezi teplotou temperace a teplotou kritickou rovna

$$Q_K \doteq 0,9 \text{ GJ} = 0,25 \text{ MWh}_t \quad (2.22)$$

pro  $t_e$  odpovídající teplotě kritické  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  (2.1) a  $t_i$  odpovídající teplotě temperační  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  (2.3).

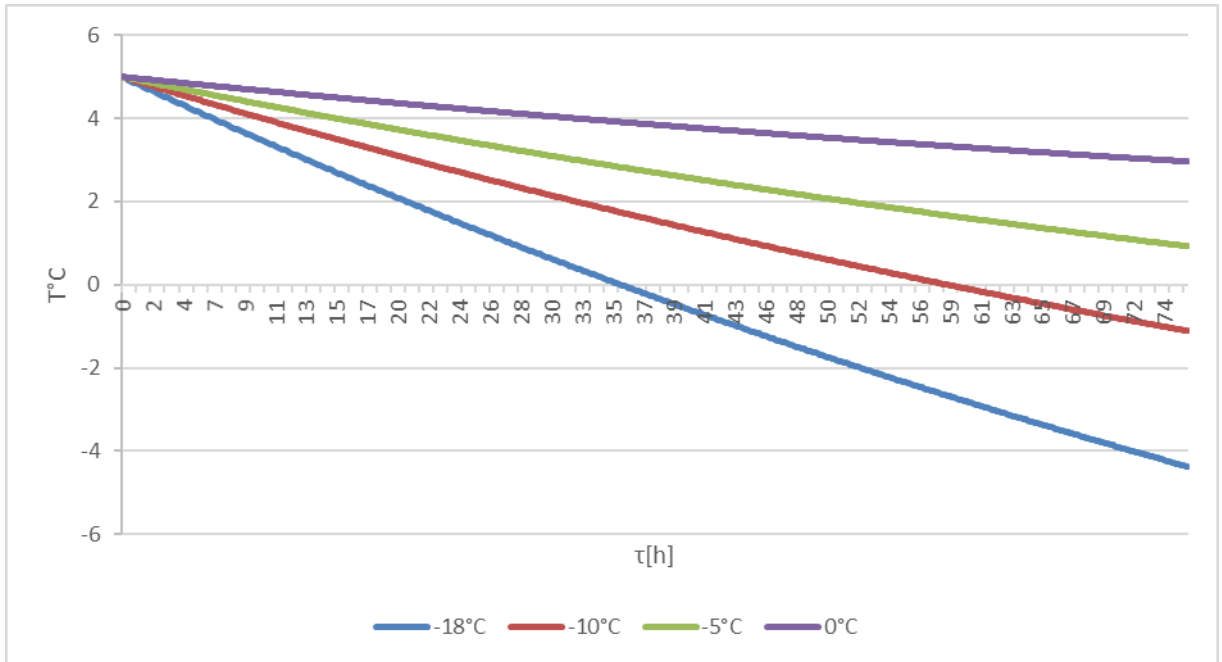
Průběh vnitřní teploty při chladnutí objektu je velmi složitý termodynamický proces v jehož průběhu není teplota uvnitř objektu rovnoměrná. Pro zkoumání spolehlivosti systému mne zajímá časová konstanta vychladnutí. Doba během níž vnitřní teplota klesne na teplotu kritickou  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  (2.1).

Relaxační konstanta je určena rovnicí

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\Delta T}{\tau_0} \quad (2.23)$$

kde  $\tau_0$  je relaxační konstanta,  $\tau$  je čas bez vytápění,  $\frac{dt}{d\tau}$  je rychlost poklesu vnitřní povrchové teploty v  $\text{K s}^{-1}$ .

Jelikož již znám tepelnou ztrátu objektu, tepelnou kapacitu objektu a budu předpokládat velmi krátké časové úseky, mohu po malých krocích výslednou charakteristiku vypočítat.



Obrázek 2.3: Průběh vnitřní teploty v čase při nefunkčním otopném systému.

Z grafu obr. 2.3 mohu určit, že při minimální teplotě  $t_e = -18^\circ\text{C}$  (2.9) teplota v objektu poklesne na kritickou teplotu přibližně za

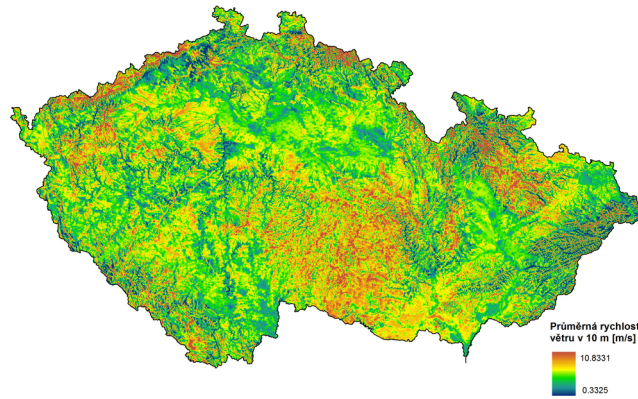
$$T_{krit} \doteq 35 \text{ hodin} \quad (2.24)$$

Mohu proto předpokládat, že pro vytápění je dostačující vytápění na noční proud. Kapacita je dostatečná, aby nebylo třeba objekt vytápět přes den. Tento výsledek potvrzuje, že zvolenou teplotu temperace není třeba přehodnotit.

## 2.4.6 Povětrnostní podmínky v oblasti

Průměrná rychlost větru je zásadní pro zhodnocení realizované větrné elektrárny. Optimální by bylo měřit rychlost větru přímo v místě, kde se bude větrná elektrárna nacházet. To je však časově i finančně náročné na následné zhodnocení.

Ústav fyziky atmosféry AV ČR dlouhodobě využívá tři základní modely pro výpočet a zobrazení průměrných rychlostí větru na území České republiky. Každý model nabízí trochu jiný pohled na povětrnostní podmínky na základě naměřených dat. Graficky vyobrazené podmínky na určitém území se nazývají Větrné mapy. Výsledná mapa je pak syntézou běžně užívaných modelů [11, Díl I]



Obrázek 2.4: Větrná mapa České republiky 2012

Předpokládám použití menších elektráren. Pro ty lze považovat rychlost v 10 m nad povrchem za objektivní vzhledem k technické realizaci. Oodečíst reálnou hodnotu z větrné mapy by bylo spíše tipováním. Rozhodl jsem se kontaktovat Oddělení meteorologie Akademie Věd. Mgr. David Hanslian. Dle větrných modelů určil, že rychlost větru ve výšce 10 metrů (nad zkoumaným objektem) bude maximálně rovna celorepublikovému průměru.

V dalších výpočtech budu předpokládat průměrnou rychlost větru

$$v_p = 3,5 \text{ m s}^{-1} \quad (2.25)$$

### 2.4.7 Distribuční rozdělení větru

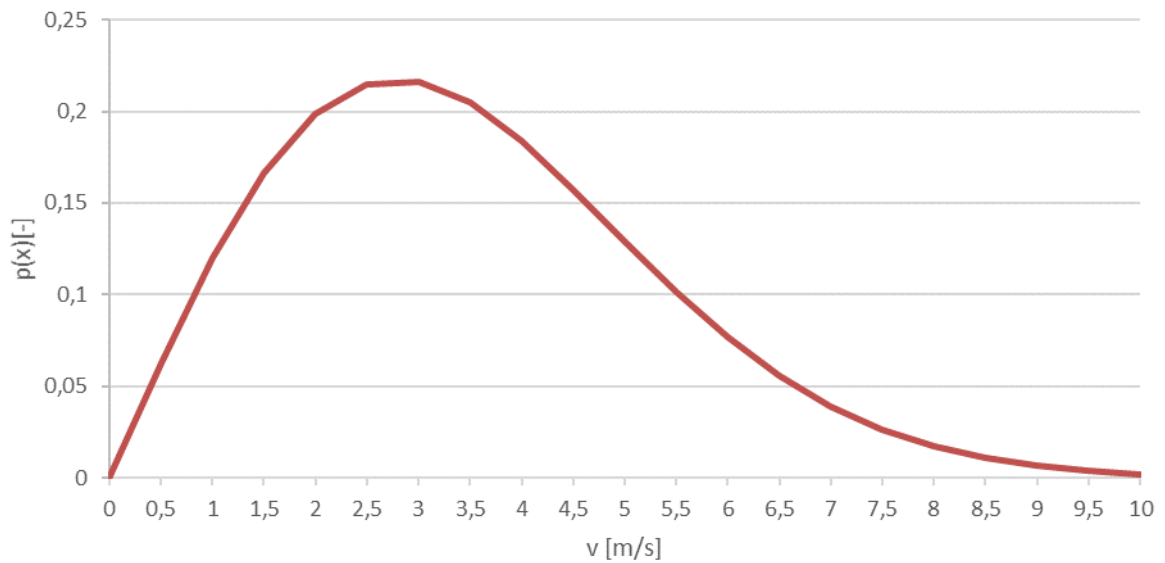
Pro úplnost si určím distribuční rozdělení větru. Tato informace je vhodná pro přesnější určení a představu o energii vyráběné elektrárnou. Znalost náhodnosti a nestálosti větru je nutno mít na paměti při zkoumání vztahů mezi elektrárnou a temperovaným objektem.

Okamžitou rychlost větru lze pro jeho náhodnou povahu <sup>3</sup> popsat jako náhodnou veličinu. Většinou je rychlost větru aproximována Rayleighovým rozdělením [12, Díl II]. To je speciálním případem Weibullova rozdělení

$$f(x, k, A) = \frac{k \cdot x^{k-1}}{A^k} \cdot e^{-\left(\frac{x}{A}\right)^k}, x > 0 \quad (2.26)$$

kde  $x[-]$  náhodně proměnná rychlost větru,  $k[-]$  tvarový parametr roložení a  $A[\text{m s}^{-1}]$  určuje rozměr rozdělení.

<sup>3</sup>Obecně to úplně neplatí, protože rychlost větru se nikdy skokově nemění během okamžiku

Obrázek 2.5: Weibullovo rozdělení pro  $A = 3,95$  m/s a  $k = 2$ 

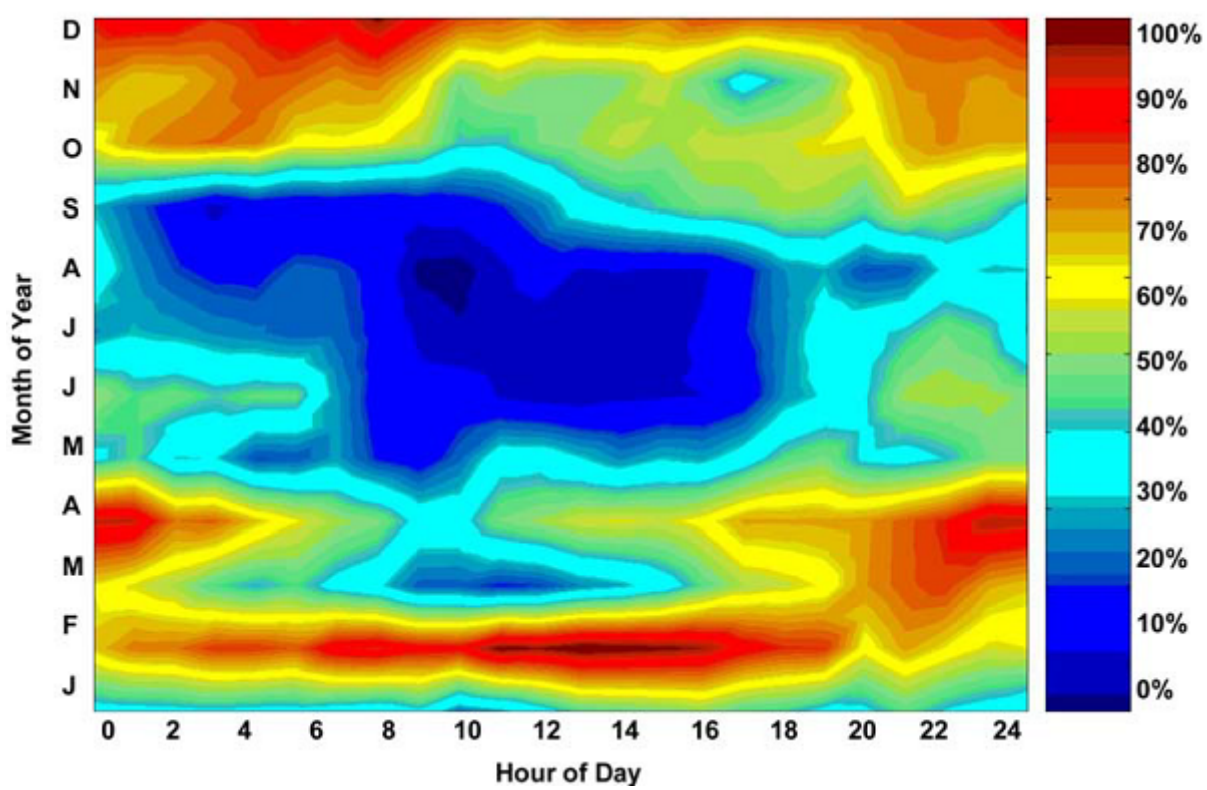
Rayleighovo rozdělení je specifické parametrem  $k$  rovným hodnotě 2 [13]. Parametr  $A$  lze aproximovat podle vztahu

$$A \approx \frac{v_p}{0,886} \quad (2.27)$$

Pro odečtenou hodnotu  $v_p$  má distribuční funkce tvar

$$f(x) = 0,128 \cdot x \cdot e^{-\left(\frac{x}{3,95}\right)^2}, x > 0 \quad (2.28)$$

Z hlediska teploty je vhodné zkoumat korelaci rychlosti větru s ročním obdobím, potažmo venkovní teplotou. Diagram (obr. 2.6) [24] naznačuje, že větší intenzity větru se projevují v zimních měsících a více v nočních hodinách. Samozřejmě by bylo mylné na tomto faktu systémy navrhovat, ale je možno říci, že systém, navržený pro rovnoměrnou intenzitu během celého roku je defenzivní variantou a pro reálný systém budou platit příznivější podmínky.



Obrázek 2.6: Intenzita větru v průběhu roku

## Kapitola 3

# Analýza systému temperace větrem

Zkoumaný objekt se nachází ve stávající zástavbě. Z toho plynou omezení na technické parametry turbíny. Turbína větších rozměrů úměrně zvyšuje zvukovou i estetickou zátěž. Není možno postavit stožár s elektrárnou uprostřed zástavby. Na trhu jsou k dostání elektrárny velikosti mikro. Díky malé velikosti do 2 m průměru a nízké hmotnosti mohou být umístěny na střechu objektu. Běžně se výkon takových turbín pohybuje do 500W.

V době vyšších teplot a větší rychlosti větru by mohlo docházet k neefektivnímu využití energie, protože vnitřní prostor objektu by byl ohříván nad teplotu temperace. Energie by tak nebyla využita efektivně. Za efektivně využitou energii budu uvažovat energii využitou k vytápění v době, kdy je teplota nižší než teplota temperace nebo využita alternativně, avšak efektivně.

Především na začátku a konci temperačního období je třeba zkoumat efektivní užití energie. V zásadě se jedná o uskladnění energie přes den na využití v nočních hodinách, kdy teplota poklesne. Alternativami jsou využití energie pro jiný užitek, příkladem může být nabíjení baterií či prodej elektrické energie do sítě. Mimo temperační období předpokládám, že elektrárna bude v provozu a vyrábět energii. Tuto energii je třeba také efektivně využít, protože v opačném případě (neodpojení a nevyužití) by ohřívání otopného systému způsobovalo pouze potíže a hodnotu energie bych mohl považovat dokonce za negativní.

### 3.1 Cena ušetřené energie

Pokusím se přibližně určit cenu elektrické energie. Vyjdu ze současných sazeb pro rok 2015 uváděných v ceníku EON, jež do objektu elektrickou energií dodává. Během zkoumání tepelné kapacity objektu jsem určil, že pro temperaci postačuje temperace v době nočního proudu. Cenu uspořené energie proto určím rovnu ceně elektřiny v nočním tarifu.

V objektu je instalován jistič o jmenovité hodnotě 3x32A. Společnost EON dodává do objektu energii v tarifu D25d. Dle aktuálního ceníku se cena v nízkém tarifu pohybuje mezi 1,9 - 2 Kč/kWh [9] v závislosti na zvoleném produktu. Dle faktury za dodávku energie v objektu je se tato cena blíží k 2 korunám. Nadále tedy budu používat tuto cenu pro ohodnocení úspory

$$c_Q = 2 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \quad (3.1)$$

V případě, že je elektrické energie vyráběno větší množství než je možno jakkoliv skladovat k pozdějšímu ekonomickému využití, je nutno energii prodávat do sítě. Pro tento případ stanovím cenu takto prodávané energie jako

$$c_E = 1 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \quad (3.2)$$

Jelikož se tato cena mění, předpokládám jistou chybu v jejím ocenění. Vlivem této chyby se budu zabývat v citlivostní analýze.

### 3.2 Varianta A - Air Breeze 160W

První návrh se opírá o využití malé elektrárny. Pro účely vyhodnocení jsem zvolil Air Breeze, která je k dostání i na českém trhu. Výhodou této elektrárny je její velikost mikro. Elektrárna má plochu rotoru pouze  $1,07 \text{ m}^2$ . Takto malá elektrárna by mohla být umístěna na střechu objektu. Elektrárna disponuje minimálními rozměry, což usnadňuje efektivní využití energie.

Základními parametry jsou výkon při jmenovité rychlosti větru  $P$ , vyrobená energie při průměrné rychlosti větru  $E_{vyr}$ , plocha rotoru turbíny  $S$ , rychlost rozběhu  $v_r$  a rychlost doběhu  $v_d$  (rychlost při které zvýšení rychlosti nezpůsobí zvýšení výkonu na výstupu, respektive konstrukčně maximální únosnou rychlost). Výrobce sám životnost neuvádí.

$P$	$E_{vyr}$	$v_r$	$v_d$	$S$	$T_{\dot{z}}$
$W$	$kWh$	$ms^{-1}$	$ms^{-1}$	$m^2$	roky
160 při 12,5 m/s	456 při 5,4 m/s	2,68	48	1,08	20

Tabulka 3.1: Varianta A - Parametry elektrárny

Jelikož se jedná o malou bezúdržbovou elektrárnu, budu předpokládat 20 let životnosti. Elektrárna bude provozována v méně náročných podmínkách.<sup>1</sup>



Obrázek 3.1: Varianta A - Vzhled elektrárny

### 3.2.1 Roční vyrobená energie

Základní údaje získané pro elektrárnu jsou uvedeny v tabulce obr. 3.2. Vyjdu z roční vyrobené energie

$$E_{vyr}(v = 5,4 m/s) = 458 kWh \quad (3.3)$$

Vyrobená energie je uvedena pro oblast s jinými povětrnostními podmínkami. Nejlepší určení by bylo experimentálním měřením provozem. To však není časově ani nákladově dosažitelné. Pokusím se proto množství energie přibližně přepočítat na rychlost větru ve zkoumané oblasti. Výsledek budu vůči této chybě konfrontovat v citlivostní analýze.

---

<sup>1</sup>Nižší průměrná rychlost větru



Při přepočtu vyjdu z rovnice pro výpočet vyrobené elektrické energie větrnou elektrárnou. pro snazší výpočet použiji diskretní (sumační) formu.

$$E_v = \sum_{i=1}^n (t(v_i) \cdot P(v_i)) \doteq 1,66 MWh \quad (3.4)$$

Kde  $t(v_i)$  je doba trvání  $i$ -té rychlosti a  $P(v_i)$  je výkon větru pro  $i$ -tou rychlost v ploše turbíny.

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot v^3 \quad (3.5)$$

Doba trvání vychází z distribuční funkce rychlostí větru pro povětrnostní podmínky udané výrobcem. Takto spočtu množství energie větru v ploše turbíny. Tuto energii dám do vztahu se zadaným množstvím a získám přibližnou účinnost.

$$\eta = \frac{E_n}{E_v} \doteq 0,27 \quad (3.6)$$

Účinnost v sobě zahrnuje účinnost turbíny, ztráty v generátoru a další. Výpočet není přesný, jelikož nejsou známy přesné podmínky. Sama sumační metoda zanáší do výpočtu chybu<sup>2</sup>, která je však minimalizována volbou vyššího počtu hodnot.

Se známou velikostí účinnosti mohu spočítat energii vyrobenou ve zkoumané oblasti. Použiji stejné parametry s jiným rozložením větru a z rovnic (3.18) a (3.6) spočtu množství vyrobené energie.

$$E = 122 kWh \quad (3.7)$$

Lineárně rozdělím energie na vyrobenou během temperačního  $E_t$  a během zbytku roku  $E_n$ . Temperační období je dlouhé 167 dnů (2.12) a zbytek roku má délku 198 dnů. S průměrnou teplotou se výkon elektrárny v průběhu roku mění. V zimních obdobích je výkon vyšší. Tento fakt zanedbám a ve výpočtu pro zjednodušení nezohledním.

Výsledná množství vyrobené energie jsou rovna

$$E_t = 56 kWh \quad (3.8a)$$

$$E_n = 66 kWh \quad (3.8b)$$

---

<sup>2</sup>Rozdělení větru je transformováno nelineárně na výkon

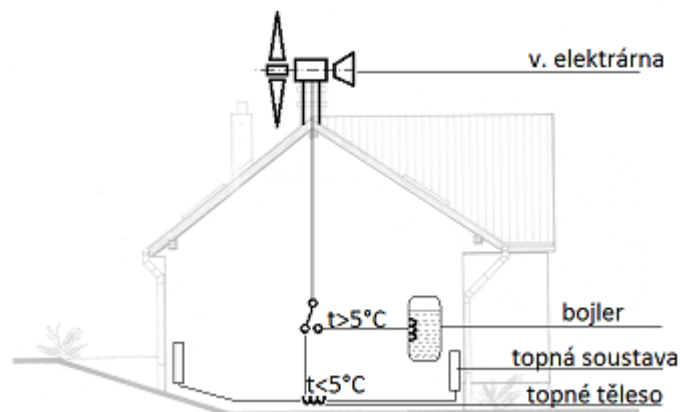
### 3.2.2 Roční úspora

Nyní, když znám množství vyrobené energie, mohu zkoumat její využití v průběhu roku. Z efektivity využití vyplývá i velikost úspory.

Vzhledem k malému výkonu se většina vyrobené energie může přímo přeměnit na teplo. Jednoduchým příkladem je přeměna pomocí topného tělesa. Pro malý zdroj není dodávka energie do sítě vhodnou alternativou. K připojení je nutno synchronizovat parametry vyráběné energie s parametry sítě. To si vyžádá dodatečná zařízení a další investiční náklady. Dodávka energie do sítě nebude rentabilní.

Pokusím se navrhnout jednoduchý způsob na využití této energie. Energii mohu skladovat jako energii chemickou v bateriích. Největší baterie však mají kapacitu přibližně 2 kWh a jsou poměrně drahé. Chtěl-li bych v nich skladovat energii musel bych mít dostatečnou kapacitu alespoň na měsíc. Dalším předpokladem je způsob, jakým alespoň jednou měsíčně energii využít a baterie vybit. Otázkou vybíjení se zabývat nechci, proto je nebudu uvažovat.

Energii je možno skladovat ve formě tepelné energie. Samozřejmě tato forma má své nedostatky. V porovnání s bateriemi je toto řešení levnější a disponuje vyšší kapacitou. Nevýhodou jsou vyšší ztráty při skladování. Budu uvažovat 120 litrový zásobník na vodu. Dobře může posloužit například bojler. Budu předpokládat, že ho lze snadno upravit tak, aby měl sekundární topné těleso napojené na elektrárnu. V systému bude jednoduchý termostat, pokud je vnitřní teplota vyšší než  $5^{\circ}\text{C}$ (2.3), ohřívána bude voda v bojleru.



Obrázek 3.2: Varianta A - Schéma

Tepelná kapacita vody je rovna

$$c_{Wh} = 1,163 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (3.9)$$

Elektrárna dodá během jednoho měsíce přibližně 10,3 kWh. Zvýšení teploty v nádrži zjistím ze vztahu

$$\Delta T = \frac{E_m}{m \cdot c_{Wh}} = 73^\circ \text{C} \quad (3.10)$$

Vzestup teploty je velmi pozvolný, avšak část energie se ztratí. Jelikož teplota nestoupá příliš rychle a objekt je využíván častěji. Budu energii považovat za efektivně využitou.

Nyní když znám množství ušetřené energie, mohu spočítat roční úsporu energie. Výslednou roční úsporu mohu popsat výpočtem

$$CF = E \cdot c_Q = 122 \cdot 2 = 244 \text{ K}\check{\text{c}} \quad (3.11)$$

S touto výší úspory budu počítat při ekonomickém vyhodnocení.

### 3.2.3 Investiční náklady

Pro ekonomické ohodnocení je nutno znát náklady spojené s realizací. Základem je větrná elektrárna. V české republice ji lze objednat například na internetových stránkách Energy ForEver [10] za 18 480 Kč. V zahraničí ji lze sehnat například za 1,134 liber, což je v přepočtu skoro 44 000 Kč<sup>3</sup>. Pro výpočty budu předpokládat objednání v ČR.

Instalaci systému včetně řídicího prvku pro ohřívání v nádrži odhadnu na 3 000 Kč. Konkrétně se jedná o kabeláž, primitivní řídicí jednotku, dodatečné topné těleso k nádrži a v otopném systému.

Celkové investiční výdaje vychází rovny

$$N = N_E + N_{inst} = 21\,480 \text{ K}\check{\text{c}} \quad (3.12)$$

---

<sup>3</sup>Podle kurzovního lístku Komerční banky k 19.11.2015 přibližně 38,6 Kč / 1 GBP

### 3.3 Varianta B - Savoniova turbína

Další zajímavou možností na trhu jsou turbíny s vertikální osou rotace. Na trhu jsou k prodeji pod označením VAWT <sup>4</sup>.

Začnu tedy volbou turbíny, kterou bych mohl zkoumat. Po krátkém průzkumu jsem zjistil, že turbíny jsou k dostání, avšak výběr ve výkonostním pásmu, které mě zajímá je minimální (do 500W). Výrobce HiVawt Technology corporation z Číny prodává turbínu o výkonu 300W [14], která je k dostání i u nás. Její cena je více než 60 000 Kč [8], což je v porovnání s horizontální turbínou předchozí varianty nerealizovatelné. Ze zahraničí lze elektrárnu sehnat mírně levněji, avšak stále přes 50 000 Kč.

Zahraníční obchodníci nabízejí mnoho levnějších variant. Dokumentace k nim však není dostatečná k objektivnímu ohodnocení ekonomické efektivity.

Jelikož se nechci vzdát snahy o ohodnocení vertikální turbíny, budu se inspirovat knížkou od německého autora Heinze Schulze o stavbě savoniových turbín [22]. Savoniova turbína funguje na odporovém principu. Její stavba je tak jednodušší a realizovatelná ručně. Pokusím se odhadnout základní parametry a vyhodnotit ručně stavěnou turbínu.

#### 3.3.1 Technická realizace

Hodnocenou turbínou je dvoustupňová vertikální turbína. Hlavními součástmi turbíny jsou sklížené desky a lopatky rotoru. Pro tento účel jsou vhodné běžné 200 litrové sudy. Výsledná turbína má pak výšku 2,5 m a šířku 1,25 m. Z těchto rozměrů vychází velikost turbíny rovna

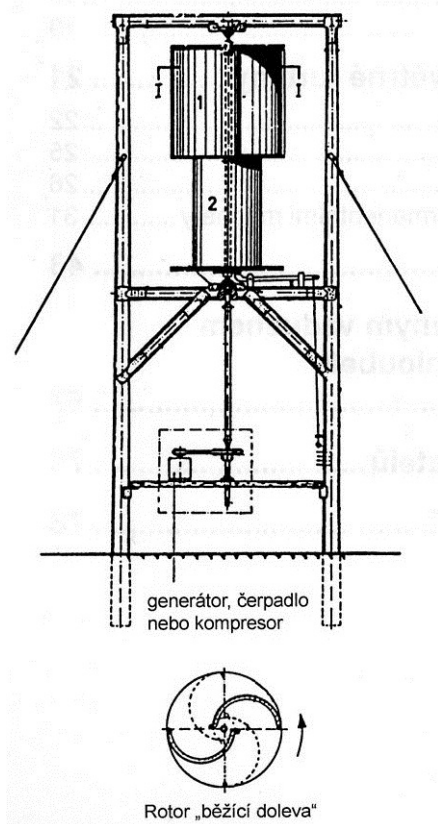
$$S = 2,5 \cdot 1,25 = 3,125m^2 \quad (3.13)$$

Jelikož se předpokládá stavba z levných materiálů, váha pravděpodobně bude vyšší. Ideální a doporučené umístění elektrárny je dvoubodové umístění do dřevěného rámu. Teoreticky by šlo elektrárnu umístit i na střechu objektu, avšak takováto turbína působí trochu těžkopádně. Mohla by v takovém případě mít problémy s povolením o umístění. Předpokladem obou umístění je správné vyvážení turbíny.

Důležitou vlastností turbíny je životnost. Autor neuvádí předpokládanou dobu životnosti, musím proto životnost odhadnout. Předpokládám, že ručně stavěná turbína nemůže dosahovat robustnosti průmyslově vyráběné turbíny. Životnost tak bude menší než u ostatních

---

<sup>4</sup>Vertical axis wind turbine



Obrázek 3.3: Varianta B - Schéma turbíny [22, Strana 4]

elektráren. Životnost odhadnu na 15 let. Provoz turbíny však není plně bezúdržbový. To vychází především z nedokonalostí v průběhu výroby.

$$T_z = 15let \quad (3.14)$$

### 3.3.2 Zapojení turbíny

Důležitou roli z hlediska využití větrné energie hraje přeměna na tepelnou energii. Vertikální turbína nabízí širší možnosti realizace. Hřídel turbíny může být svedena dovnitř objektu <sup>5</sup> a využita pro pohon dalších zařízení.

Základní možností je připojení generátoru a následně řešení přechází do tvaru úlohy řešené pro variantu A. Předpokládám, že elektrárna bude mít podobný výkon jako Air Breeze ve variantě A a nebudu se touto možností zabývat. Jednalo by se o podobné řešení

<sup>5</sup>Nutnou podmínkou je umístění na střeše

s jinými čísly.

Zajímavou možností je přímá přeměna mechanické energie na tepelnou. K tomuto účelu může posloužit vodní brzda <sup>6</sup> integrovaná do oběhu otopné soustavy. Jedná se o velmi jednoduchý a historicky ověřený systém. Výkon turbíny je využíván maximálně.

Toto řešení je účinné v zimním období. Problém nastává v letních měsících. Mechanická (tepelná) energie nemůže být přeměrována tak snadno jako energie elektrická. Energie turbíny by musela být mechanicky přeměrována k jinému účelu. Příkladem může být odpojení brzdy a připojení generátoru a přeměrování energie do bojleru.

Dalším řešením by mohlo být připojení hřídele k hřídeli kompresoru tepelného čerpadla. Možnosti tohoto řešení mohou přinést zajímavé výsledky. Výkon turbíny může být znásoben topným faktorem tepelného čerpadla <sup>7</sup>. Samozřejmě připojení turbíny přímo na kompresor přináší další svépomocné práce. Vzhledem k stavbě samotné turbíny předpokládám nároky na pracnost (technickou zručnost) za splnění. Budu se proto zabývat blíže touto možností.

Základem je tepelné čerpadlo splňující specifické parametry. Nejdůležitější je výkon a otáčky. Z grafu (obr. 3.4) mohu dopočíst maximální výkon turbíny přibližně 300 W. Jelikož největší využití je pro větší tepelná čerpadla, čerpadlo o příkonu do 300 W je obtížné sehnat. Odpovídající čerpadlo proto bude nutno zkonstruovat ručně. Pro menší výkon by to neměl být problém.

Pro účely výpočtu si zvolím teoretický "topný faktor". Samozřejmě reálná hodnota bude záviset na finální realizaci. Topný faktor je závislý na konkrétním pracovním bodě (otáčky, teplota média, teplota okolí). Pro účely výpočtu se se spokojím s konstantní hodnotou.

$$COP = 3 \tag{3.15}$$

V souvislosti se stavbou čerpadla je nutno řešit otáčky. Z grafu (obr. 3.4) mohu odečíst, že otáčky se pohybují v rozmezí 60/min až 250/min. Kontruované čerpadlo musí přímo či přes převody být schopno pracovat s takovým rozsahem otáček.

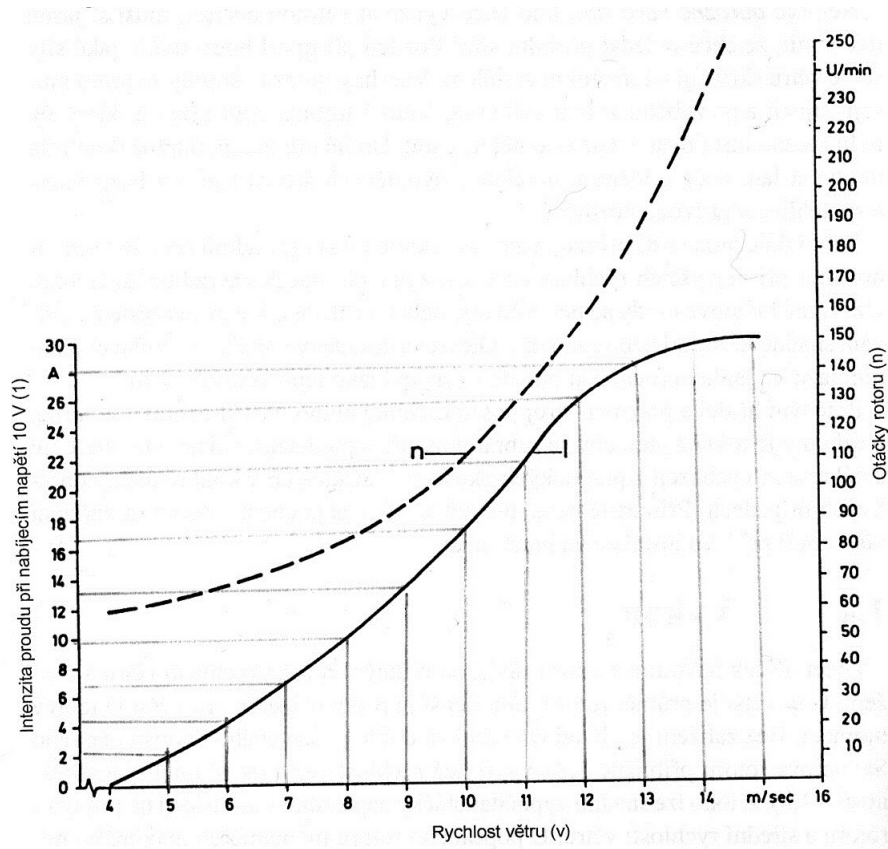
Konkrétním návrhem čerpadla se podrobně zabývat nebudu. V první řadě je nutno zjistit, jestli systém může být z ekonomického pohledu teoreticky realizován.

<sup>6</sup>Vrtule jež bude roztápět vodu a tím jí ohřívat.

<sup>7</sup>Technicky se nejedná o topný faktor vzhledem k absenci elektrické energie

### 3.3.3 Roční úspora

V případě této varianty mám dvě možnosti jak množství vyrobené energie určit. První možností je určení přibližné účinnosti elektrárny. Na základě účinnosti již spočítat energii umím. Druhou variantou je graf na obrázku (obr. 3.4), který představuje naměřené nabíjecí proudy při nabíjení 10V baterie. Napájecí proud se mění v závislosti na rychlosti větru. Rychlosti větru tak umím dle grafu přiřadit okamžitý nabíjecí výkon.



Obrázek 3.4: Varianta B - Nabíjecí charakteristika baterie [22, Strana 18].

Z grafu odečtu hodnotu proudu a nabíjecí výkon spočítám jako

$$P_N = U \cdot I \quad (3.16)$$

Jelikož nabíjecí výkon obsahuje ztráty v generátoru a při nabíjení, mohou tyto ztráty zanedbat. Tyto ztráty budu předpokládat o velikosti 5%. Výsledný výkon pak převedu na tepelný vynásobením topným faktorem. Chyby způsobené odhadem těchto hodnot se pokusím postihnout v pozdější analýze.

$$P = \frac{P_N}{1 - n_g} \cdot COP \quad (3.17)$$

Pro výpočet energie použiji vztah (3.18), s tím rozdílem, že výkonem nebude výkon větru, ale nabíjecí výkon.

$$E = \sum_{i=1}^n (t(v_i) \cdot P(v_i)) \doteq 334 kWh \quad (3.18)$$

Pro úplnost opět rozdělím energii mezi temperační a netemperační období. Pro variantu A vyrobila turbína přibližně 120 kWh za rok. Množství vyrobeného tepla je téměř třikrát vyšší. Během temperačního období je možno energii využít efektivně. V případě, že vnitřní teplota stoupne nad teplotu temperace, energie může být využita k dalšímu ohřevu objektu. Takto se zvýší teplota a tím i ztratová energie. Tento vzestup však bude minimální a energii lze v tomto množství stále uvažovat za efektivně využitou.

Mimo temperační období je situace obtížnější. Tepelnou energii je nutno efektivně využít. Způsoby využití jsou velmi limitované. Jelikož výkon je o dost vyšší, využití vodní nádrže není tak efektivní. Důvodem je vyšší produkce energie a nižší výstupní teplota tepelného čerpadla. Řešením by byla volba větší nádrže. Problémem by však zůstávalo jak využít velké množství teplé vody.

Dalšími možnostmi může být využití čerpadla jako chlazení v letních měsících, případně připojení generátoru na dobíjení baterií apod. V každém případě není jasný způsob, jak energii efektivně využít. Jelikož však minimálně část energie využít lze, ohodnotím v netemperačním období energii cenou dodávané do sítě.

$$E_t = 153 kWh \quad (3.19a)$$

$$E_n = 181 kWh \quad (3.19b)$$

Výslednou roční úsporu spočítám

$$CF = E_t \cdot c_Q + E_n \cdot c_E = 153 \cdot 2 + 181 \cdot 1 = 487 K\check{c} \quad (3.20)$$

### 3.3.4 Investiční náklady

V případě ruční výroby turbíny nelze náklady přesně odhadnout. Jelikož je elektrárna stavěna z dostupných materiálů, může se cena lišit. Mezi základní stavební prvky patří sudy, desky, hřídel, ložiska a generátor. Cenu všech prvků odhadnu na 10 000 Kč.

Dalším prvkem je tepelné čerpadlo. Vzhledem ke specifickým požadavkům předpokládám svépomocí postavené čerpadlo. Z tohoto důvodu nemohu cenu určit přesně. Jeho cenu



dhadnu opět na 10 000 Kč.

$$N = 20\,000 \text{ Kč} \quad (3.21)$$

Tato suma představuje přibližnou částku, za kterou by bylo možno variantu realizovat. Investiční náklady nemohou být přesně určeny. Budu proto zkoumat při jakých nákladech by byla realizace rentabilní.

### 3.4 Varianta C - HY Pegasus 3,0 kW

První varianty byly navrženy s ohledem na minimalizaci negativních vlivů na okolí. Další varianta je založena na maximalizaci úspory. Z toho důvodu se pokusím zvolit elektrárnu o dostatečné velikosti, aby za temperační období podobné množství energie jaké se z objektu ztratí. Roční tepelná ztráta objektu je přibližně 9,3 MWh (2.19). Budu předpokládat zdroj tepla o konstantním výkonu. Určím jeho střední výkon pro výrobu potřebného množství energie během celého temperačního období 167 dnů (2.12).

$$P_K = \frac{Q_Z}{d_5} = \frac{9\,300\,000}{4008} \doteq 2320 \text{ W} \quad (3.22)$$

Zdroj o konstantním výkonu  $P_K$  vyrobí za temperační období potřebné množství energie. Pro zkoumanou variantu zvolím turbínu s nejnižším vyšším jmenovitým výkonem 3 000 W <sup>8</sup>. Vybral jsem turbínu od čínského výrobce HYE Wind energy power. o velikosti 3 000 W vyrábí výrobce typ HY-3000 [26].

Z aplikačního hlediska je instalace elektrárny náročnější. Listy rotoru turbíny mají průměr 3 m a váha celého mechanismu je necelých 50 kg. Vzhledem k parametrům elektrárny <sup>9</sup> budu uvažovat montáž elektrárny na samostatný stožár. V případě mnou zkoumaného objektu by výstavba v zastavěné oblasti nebyla pravděpodobně povolena. Zajímá mě však potencionální užitek z větší elektrárny. Stožár by mohl být umístěn na té části pozemku, která je více vzdálen od ostatní zástavby z bezpečnostních, hlukových, ale i výkonových aspektů. Umístění rotoru výše má kladný vliv na povětrnostní podmínky v jeho ose. Bohužel vyčíslení tohoto vlivu bez měření není možné a tak budu v ose rotoru uvažovat stejnou průměrnou rychlost větru jako v ostatních případech.

<sup>8</sup>Jelikož jmenovitý výkon je dosažen při rychlosti 12 m/s, reálné výkony v mnou zkoumaném pro mnohem nižší

<sup>9</sup>Váha, vibrace a samotný fakt, že rotor je velký jako jednopodlažní dům



Obrázek 3.5: Varianta C - Vzhled elektrárny

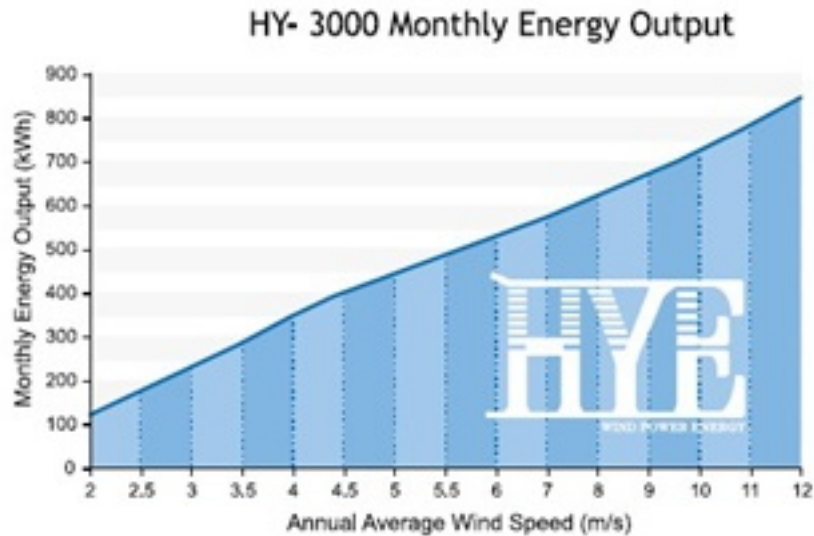
$P$	$E_{vyr}$	$v_r$	$v_d$	$S$	$T_{\dot{z}}$
$W$	$kWh$	$ms^{-1}$	$ms^{-1}$	$m^2$	roky
3000 při 12 m/s	3360 při 3,5 m/s	2,5	50	7,07	15

Tabulka 3.2: Varianta C - Parametry elektrárny

### 3.4.1 Roční vyrobená energie

Zvolil jsem typ turbíny a tak se mohu pokusit vyčíslit roční vyrobenou energii. Pro menší Air Breeze bylo nutno vyrobenou energii složitě přepočítávat. V případě elektrárny Pegasus mi situaci značně usnadnil sám výrobce. Z grafu (obr. 3.6) mohu přibližně odečíst množství vyrobené energie za rok<sup>10</sup> pro průměrnou rychlost 3,5 m/s.

<sup>10</sup>Odečtená hodnota je pro jeden měsíc je 280 kWh



Obrázek 3.6: Varianta C - Vyrobená energie

$$E = 3480 \text{ kWh} \quad (3.23)$$

Budu předpokládat efektivní využití energie v temperačním období. Proto rozpočítám rovnoměrně energii mezi temperační a netemperační období.

$$E_t = 1592 \text{ kWh} \quad (3.24a)$$

$$E_n = 1887 \text{ kWh} \quad (3.24b)$$

Se znalostí vyrobené energie mohu pokračovat k vyčíslení roční úspory.

### 3.4.2 Roční úspora

Vyrobené energie je mnohonásobně více než v předchozích variantách. Energii navíc je nutno uložit či prodat do sítě. Nejprve se budu pokoušet navrhnout jiné způsoby využití. Prodej do sítě je záložním řešením pro využití energie.

První možností je skladovat energii v bateriích. Autobaterie běžně k dostání disponují kapacitou do 2 kWh<sup>11</sup>. Větrná elektrárna vyrobí během jednoho dne průměrně přibližně 10 kWh. Budu-li chtít mít dostatečnou kapacitu v rámci jednoho dne, kapacita 5-10 kWh by měla být dostatečná pro nadvýrobu energie. Při připojení do sítě je baterie součástí řídicího mechanismu. Baterie slouží k vyrovnání výkyvů ve výrobě elektrárny.

<sup>11</sup>60 VA při 12 v odpovídá přibližně 0,7 kWh

Při realizaci ukládání energie v bateriích je energie přeměňována na teplo a přebytečná energie je nejprve ukládána do baterie. V případě, že tato kapacita není dostatečná, uloží se tato energie v podobě tepla v objektu. Mírně se zvýší tepelná ztráta, ale hodnota využití je mnohem vyšší než při prodeji.

Přebytky energie budou nastávat pouze v krajích temperačního období. Množství energie využitě na přehřátí<sup>12</sup> v minimálním poměru k celku. Budu proto předpokládat, že všechna energie byla efektivně využita<sup>13</sup>.

Jiným řešením by bylo ohřívání objektu nad teplotu temperace. Nadvyrobené teplo způsobí zvýšení teploty v objektu a tím zvýšení okamžité tepelné ztráty. Toto zvýšení je však minimální a energii tak lze považovat za přibližně efektivně využitou.

Zbývá řešit otázku využití energie mimo temperační období. Jelikož přebytečné energie je velké množství, neznám jednoduchý způsob jejího efektivního využití. Budu předpokládat, že veškerá vyrobená energie bude prodána do sítě. Z tohoto důvodu bude třeba baterie použít.

Energii vyrobenou v temperačním období pak ocením cenou ušetřeného tepla. Energii mimo temperační období ocením cenou energie dodané do sítě.

$$CF = E_t \cdot c_Q + E_n \cdot c_E = 1592 \cdot 2 + 1887 \cdot 1 = 5\,072 \text{ Kč} \quad (3.25)$$

Nyní znám výši roční úspory, kterou mohu využít k výpočtu ekonomického užitku. Při návrhu varianty bylo mým cílem vybrat elektrárnu, jež vyrobí většinu potřebné energie. Porovnáním  $E_t$  a  $Q_Z$  zjišťuji, že i elektrárna o vyšším výkonu vyrobí pouze zlomek potřebné energie. Volba větší elektrárny by tento problém nejenže nevyřešila, ale úměrně by stouply náklady i aplikační obtíže.

### 3.4.3 Investiční náklady

Mám přibližnou představu o úspoře z větrné elektrárny. Pro ekonomické vyhodnocení potřebuji znát i velikost investičních nákladů.

Turbínu lze v české republice sehnat v e-shopu za cenu 91 230 Kč [27]. v zahraničí je turbína k dostání například na stránkách za cenu 2 495 dolarů [6], včetně dopravy do české republiky 3 384 dolarů. V přepočtu na Kč se jedná o částku 85 615 Kč<sup>14</sup>. Budu proto počítat s částkou ze zahraničí.

<sup>12</sup>Ohřátí nad teplotu temperace

<sup>13</sup>Předpoklad je založen na účinnosti baterie rovnu jedné.

<sup>14</sup>Podle kurzovního lístku Komerční banky k 19.11.2015 přibližně 25,3 Kč / 1 USD

Dalšími základními prvky, jež je potřeba realizovat je stožár pro elektrárnu, vyrovnávací baterie, řídicí jednotka a zbylé příslušenství (například kabeláž). Cenu stožáru odhadnu na 10 000 Kč. Jedná se o běžnou cenu stožárů pro pouliční svítidla. Baterie budu uvažovat 130Ah 12V za cenu 4 254 Kč [20]. Zapojením tří baterií paralelně získám kapacitu přibližně 4,5 kWh. Cena baterií tak bude 12 762 Kč. Řídicí jednotku odhadnu na cenu 5 000Kč a příslušenství na dalších 2 000Kč.

Celkově sečtením všech dílčích nákladů získám celkovou velikost investičních nákladů.

$$N = N_E + N_{st} + N_{bat} + N_{cpu} + N_{ost} = 85615 + 10000 + 12762 + 5000 + 2000 \doteq 115\,000 \text{ Kč} \quad (3.26)$$

Takto vysoké náklady představují maximální částku, kterou má vůbec smysl potenciálně do takového projektu investovat. V opačném případě by již byly neúměrně vysoké a výsledné zařízení by bylo přehnaně naddimenzované.

# Kapitola 4

## Zhodnocení temperace větrem

V předchozí kapitole jsem řešil návrh jednotlivých variant. Snažil jsem se nalézt možná řešení a diskutovat jejich realizovatelnost. Výsledkem jsou tři varianty, pro které znám všechny parametry potřebné pro vyhodnocení. V této kapitole budu zkoumat ekonomický užitek a vliv, který na něj mají základní parametry.

Pro vyhodnocení je důležitá volba hodnotící metody. Jelikož je doba životnosti vyšší, je vhodné zvolit metodu, která zohlední časový vývoj úspory. Zvolím si metodu čisté současné hodnoty. Ta vychází ze součtu diskontovaných toků za celou dobu životnosti.

$$NPV = \sum_{j=0}^{T_Z} \frac{CF_j}{(1+i)^j} \quad (4.1)$$

Kde  $CF_j$  představuje úsporu v  $j$ -tém roce. Neznámá  $i$  představuje diskont, neboli očekávaný výnos investice. Jeho hodnotu zvolím jako přibližné maximum nerizikové možnosti zisku z cenných papírů

$$i = 0,03 \quad (4.2)$$

Rád bych při vyhodnocení zohlednil i růst cen energie (inflaci). Růst označím proměnou  $r$  a při určení hodnoty vyjdu z inflačního plánu české národní banky [18].

$$r = 0,02 \quad (4.3)$$

Rozšířením rovnice (4.1) o inflaci mi přejde vzorec do tvaru

$$NPV = \sum_{j=0}^{T_Z} \frac{CF_j \cdot (1+r)^j}{(1+i)^j} \quad (4.4)$$

Čistá současná hodnota mi dává představu o návratnosti projektu. Pro výrazně kladný výsledek je projekt rentabilní, pro záporný nerentabilní a v okolí nuly je třeba blíže

zkoumat jednotlivé parametry. Tato metoda však není vhodná pro porovnání variant s různou dobou životnosti. Proto nemohu určit, která varianta je lepší, mohu pouze zjistit, které varianty jsou vhodné k realizaci a které nikoliv.

Dalším hodnotícím kritériem zvolím RCF<sup>1</sup>. Z čisté současné hodnoty mohu získat představu o rentabilitě každé varianty. Z hlediska porovnání všech variant však není vhodná. Důvodem jsou různé investiční náklady a různé doby životnosti. Roční ekvivalentní tok druhý problém řeší a kritérium mohu použít k výslednému porovnání variant mezi sebou.

Roční ekvivalentní tok získám z rovnice

$$RCF = a_T \cdot NPV \quad (4.5)$$

kde  $a_T$  je annuita za dobu porovnání a  $NPV$  mohu dosadit z rovnice (4.4). Anuitu mohu vyjádřit vzorcem

$$a_T = \frac{q^{-1} - 1}{q^{-T} - 1} \quad (4.6)$$

$q$  je rovno v mém případě rozdílu mezi diskontem a inflací. Výsledná hodnota je tedy rovna 1,01. Podmínkou je nekonečné opakování a konstantní diskont.

## 4.1 Varianta A - Air Breeze

V kapitole 3.2 jsem určil základní parametry pro ekonomické vyhodnocení. Investiční náklady mi vyšly přibližně 21 480 Kč (3.26), výše roční úspory 244 Kč (3.11) a životnost jsem určil na 20 let. Elektrárna je prodávána jako bezúdržbová. Pro zjednodušení proto náklady na údržbu zanedbám.

Dosazením do rovnice (4.4) získám čistou současnou hodnotu

$$NPV \doteq -16,900Kč \quad (4.7)$$

Dosazením do rovnice (4.5) získám roční ekvivalentní peněžní tok

$$RCF \doteq -940Kč \quad (4.8)$$

Porovnáním čisté současné hodnoty a investičních nákladů zjišťuji, že úspora pokrývá pouze čtvrtinu investičních investičních nákladů. Jelikož je výsledek takto ostře záporný,

---

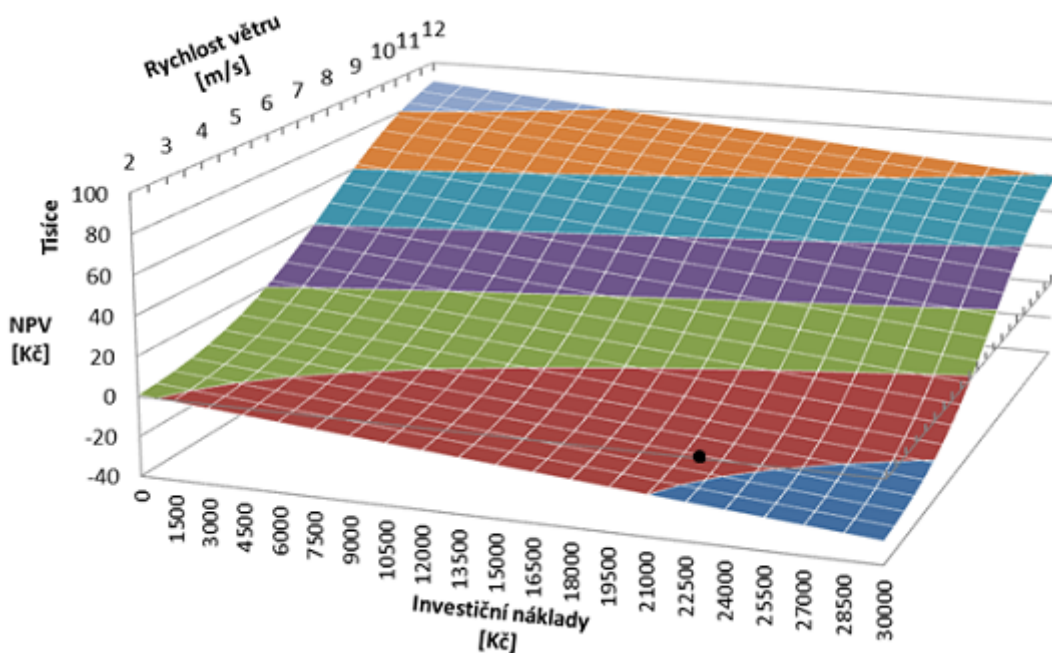
<sup>1</sup>Roční ekvivalentní peněžní tok

nedoporučuji variantu na základě volených parametrů k realizaci. Tento závěr potvrzuje roční ekvivalentní peněžní tok. Se započítáním úspory 244 Kč je ztráta rovna 936 Kč ročně.

#### 4.1.1 Citlivostní analýza

Při určení některých parametrů předpokládám nepřesnosti. Zajímá mě proto, jaké mají jednotlivé parametry vliv na výsledek. Pokud má některý parametr či skupina velký vliv na výsledky, může být vhodné výsledek přezkoumat či doporučit přesnější určení dotčených ukazatelů.

Největší vliv na výsledek mají investiční náklady a úspora. Úspora je přímo závislá na ušetřené energii, tedy povětrnostním podmínkám v oblasti. Oba parametry se pokusím vynést do společného grafu.



Obrázek 4.1: Varianta A - NPV podle investičních nákladů a rychlosti větru

Černá značka na obrázku obr. 4.1 ukazuje současnou velikost parametrů. Z grafu mohu vyčíst, že varianta A by mohla být dále zkoumána v případě poklesu nákladů či v oblasti s vyšší rychlostí větru. Při poklesu investičních nákladů na 4 000 Kč či vzestupu



rychlosti větru na 5,9 m/s by čistá současná hodnota stoupla na nulu. Předpokládám, že investiční náklady mají potencionální minimum v ceně elektrárny. Potřebná rychlost větru je dosažitelná pouze v málo místech v České republice a tou zkoumaná oblast není. Snaha o přesnější určení obou parametrů nebude mít vliv na závěr.

Výpočet úspory zahrnuje některé další parametry, které je nutno ověřit. Konkrétně budu zkoumat vliv inflace, diskontu a ceny ušetřené energie. Cena energie může mít větší vliv v situaci, kdy nelze objekt temperovat pouze nočním proudem <sup>2</sup>.

Obrázek obr. 4.2 ukazuje výsledné vztahy mezi jednotlivými parametry a ročním ekvivalentním tokem. Z grafů je vidět, že žádný z parametrů nemá zásadní vliv na výsledek. Žádný z parametrů nemá dostatečný vliv, aby se projekt stal rentabilním a to ani v širším rozsahu hodnot.

Varianta A není bez změny jednoho z hlavních parametrů rentabilní. Analýza ukázala, že projekt je nerentabilní i při velké změně hlavních parametrů. Varianta může najít reálně uplatnění pouze v oblasti s lepšími povětrnostními podmínkami.

### 4.1.2 Shrnutí

Elektrárnu Air Breeze jsem zvolil jako elektrárnu velikosti mikro, která by mohla být umístěna na střechu objektu. Elektrárna je lehká a díky velikosti splyne s reliéfem střechy. Z hlediska možnosti instalace elektrárny by neměly nastat potíže, jak z hlediska estetického tak konstrukčního. Jediným problémem může být vyřešení problému využití energie v letních měsících. Z tohoto důvodu jsem navrhl ohřívání vody v bojleru. Toto řešení však vyžaduje jistou zručnost ze strany investora.

Z výkonostního hlediska se jedná o turbínu malého výkonu. Podle údajů zadaných výrobcem jsem došel k roční vyrobené energii 122 kWh. Jelikož množství energie je minimální, ohodnotil jsem cenu veškeré energie rovnu ceně elektřiny v nízkém pásmu. Výsledná úspora je pak 244 Kč za rok. Investiční náklady vychází z ceny elektrárny a dalších prvků 21 480 Kč.

Z výpočtů vyplývá, že varianta je velmi ztrátová. Úspora za dobu životnosti představuje přibližně čtvrtinu investičních nákladů. Citlivostní analýzou jsem ukázal, že tuto elektrárnu se vyplatí hodnotit pouze v oblastech s vyšší průměrnou rychlostí větru. Vzhledem k vysoké ztrátovosti variantu nedoporučuji k realizaci za současných podmínek.

---

<sup>2</sup>Tato situace může nastat pokud tepelná kapacita objektu je minimální a objekt má velkou tepelnou ztrátu

Možností, kterou jsem opomenul jsou možnosti dotace. Jelikož je varianta velmi ztrátová, nepřichází dotace v úvahu. Jejich velikost by musela dosahovat téměř 3/4 investičních nákladů, což není efektivní.

## 4.2 Varianta B - Savoniova turbína

Z ekonomického pohledu jsou hlavní výhodou této varianty nízké investiční náklady a vyšší hodnota úspory. Výpočty v předchozí kapitole jsem došel k investičním nákladům rovným 20 000 Kč (3.11) a roční úspoře 487 Kč (3.26). Jelikož se jedná o turbínu ruční výroby, odhadl jsem životnost na 15 let. Podle rovnice (4.4) spočítu čistou současnou hodnotu.

$$NPV \doteq -13,000Kč \quad (4.9)$$

Podle rovnice (4.5) vychází roční ekvivalentní peněžní tok roven

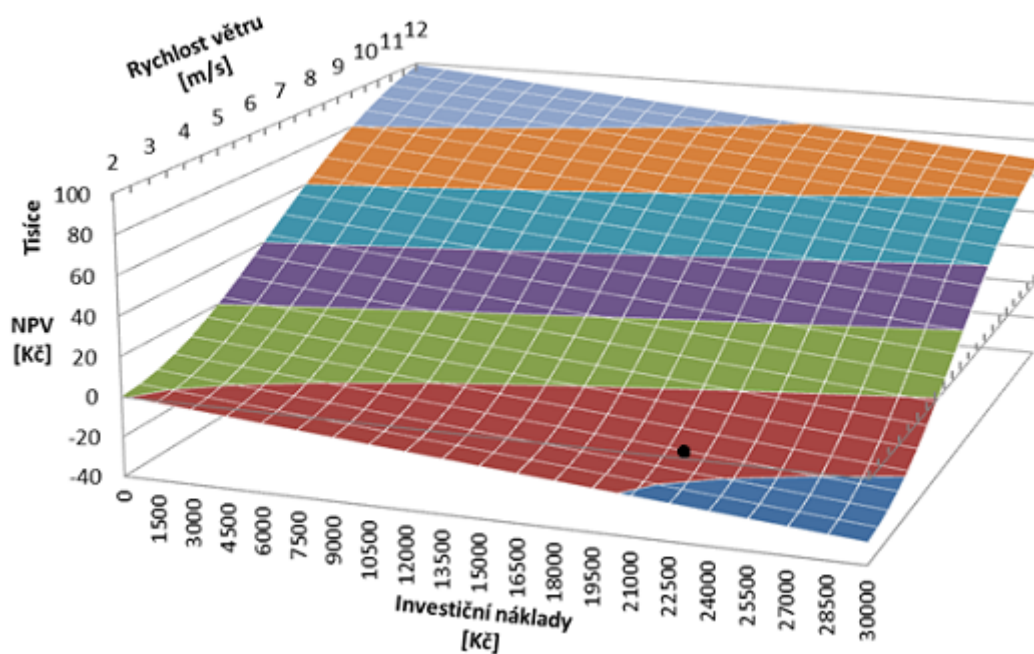
$$RCF \doteq -950Kč \quad (4.10)$$

Úspora činí přibližně 30% investičních nákladů. Ke stejnému závěru vede i analýza ukazatele ročního ekvivalentního toku. Hodnota toku pro investiční náklady je přibližně 1 500 Kč. Variantu B na základě zvolených parametrů nedoporučuji k realizaci.

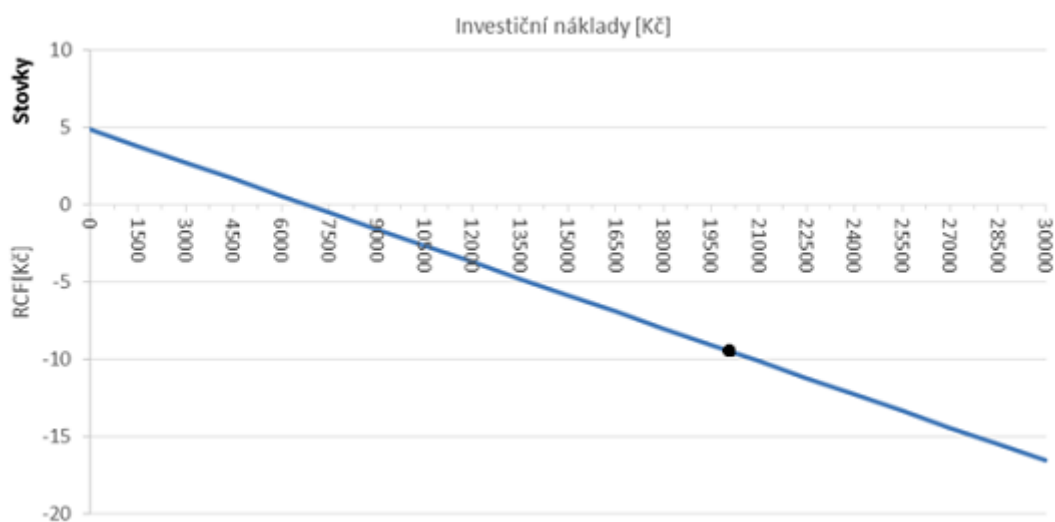
### 4.2.1 Citlivostní analýza

Opět budu zkoumat vliv základních parametrů na ekonomický výsledek.

Graf (4.3) představuje vliv investičních nákladů a průměrné rychlosti větru. Černý bod v grafu představuje současné hodnoty parametrů. Bod se nachází v záporném pásmu. Investiční náklady byly určeny odhadem. V grafu (4.4) jsem proto vynesl závislost ročního ekvivalentního toku na investičních nákladech. Z grafů mohu odečíst, že projekt by bylo vhodné realizovat při investičních nákladech nižších než 7 000 Kč. Z grafu (4.3) mohu zjistit, že varianta by začala být rentabilní od 4,8 m/s.



Obrázek 4.3: Varianta B - NPV podle investičních nákladů a rychlosti větru



Obrázek 4.4: Varianta B - RCF podle investičních nákladů

Snížení investičních nákladů je jistě možné a závislé na prostředcích investora. Jelikož se jedná o zařízení realizované svépomocí, mohou předpokladat, že některé prvky mohou být použity z rozbitých či vysloužilých přístrojů a mohou mít teoreticky až nulovou

hodnotu. Při výrazném snížení investičních nákladů by varianta mohla být realizována.

Podle (4.5) mohu zkoumat vliv dalších parametrů. Opět jsem zvolil diskont, růst cen (inflaci) a cenu energie. Parametry nemají zásadní vliv na efektivitu projektu. Pouze při velké změně v ceně energie by projekt mohl být rentabilní. Celkově mají tyto parametry spíše okrajový vliv a není třeba je pečlivěji zkoumat.

### 4.2.2 Shrnutí

Varianta B byla orientovaná na minimální investiční náklady. Jedná se o ručně stavěnou savoniovou (vertikální, odporovou) turbínu a tepelné čerpadlo. Hodnotil jsem dvoustupňovou turbínu ze sudů o ploše 2,5x1,25 m. Jelikož předpokládám napojení na tepelné čerpadlo, turbína musí být umístěna na střeše objektu či v těsné blízkosti. Hlavní nevýhodou této varianty jsou náročné a rozsáhlé vícepráce.

Z ekonomického pohledu je obtížné konkrétní určení investičních nákladů. Jelikož se předpokládá stavba z použitých starších dílů, mohou se finální investiční náklady lišit. Základní hodnotu jsem odhadl na 20 000 Kč. Při určení ušetřené energie jsem vyšel z autorem naměřené závislosti mezi nabíjecím proudem a rychlostí větru. Množství vyrobené energie vyšlo podobné variantě A a tak jsem stejné závěry pro nakládání s energií použil i zde. Pro tepelné čerpadlo jsem odhadl topný faktor 3. Stavbou čerpadla jsem se hlouběji nezabýval.

Výsledná čistá současná hodnota vyšla - 13 000 Kč. Realizace by byla možná při mnohem nižších nákladech či lepších povětrnostních podmínkách. Výhodou jsou minimální náklady a tím i malé investiční riziko. Nevýhodou může být problém s instalací. Elektrárnu pravděpodobně nebude možno umístit v zástavbě, ale spíše na kraji. Projekt nemohu doporučit k realizaci při zvolených parametrech. Citlivostní analýza však poukázala na velkou flexibilitu investičních analýzů. Proto variantu úplně nezamítám a pro hodnocení konkrétní varianty doporučuji přezkoumat investiční náklady, rychlost větru v oblasti a topný faktor potenciálního tepelného čerpadla.

## 4.3 Varianta C - HyE 3000 W

Poslední hodnocenou variantu jsem navrhl s ohledem na vyšší výkon při udržení rozumně vysokých limitů na investiční náklady. Zjištěné údaje určující efektivitu se nachází v ta-

bulce tabulka 4.1.

Tabulka 4.1: Varianta C - Ekonomické parametry

Roční úspora	Investiční náklady	Doba životnosti	Diskont	Inflace
5 072 Kč	115 000 Kč	15 let	3%	2%

Výpočtem podle rovnice (4.4) získávám čistou současnou hodnotu podle zvolených parametrů.

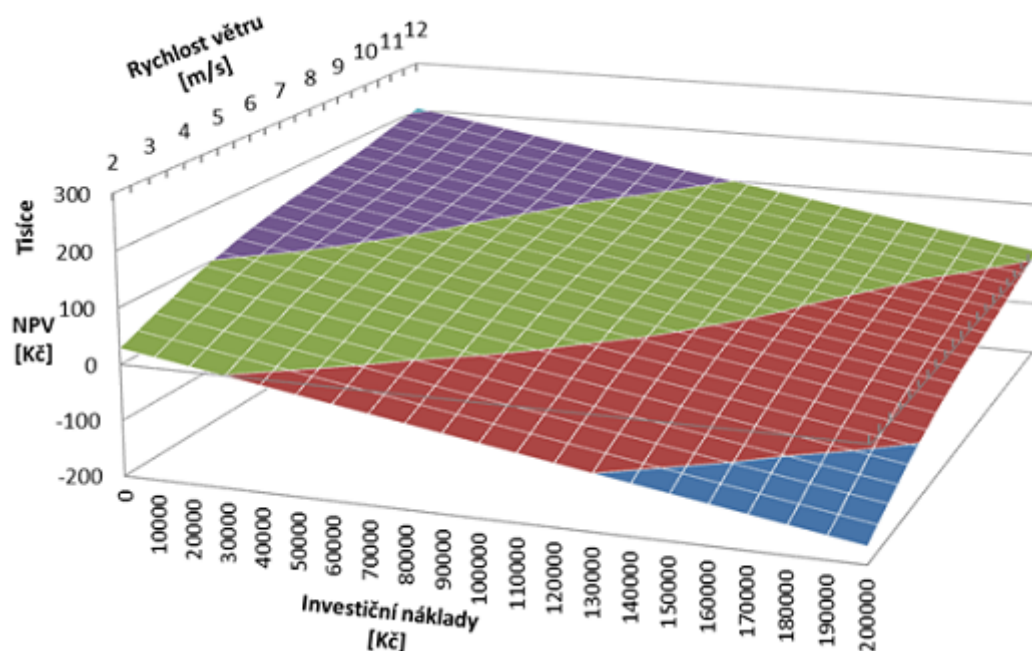
$$NPV \doteq -44,000Kč \quad (4.11)$$

Podle rovnice (4.5) vychází roční ekvivalentní peněžní tok roven

$$RCF \doteq -3,200Kč \quad (4.12)$$

Podle obou kritérií odpovídá úspora přibližně 60% investičních nákladů. Na základě zvolených parametrů nemohu doporučit variantu k realizaci.

### 4.3.1 Citlivostní analýza



Obrázek 4.6: Varianta C - NPV podle investičních nákladů a rychlosti větru

Na grafu obr. 4.6 je vidět vliv investičních nákladů a rychlosti větru na čistou současnou hodnotu. Z grafu mohu odečíst, při rychlosti 5,3 m/s bude úspora dostatečná. Aby byla varianta rentabilní, byl by nutný pokles investičních nákladů na 70 000 Kč. Jelikož investiční náklady jsou přímo dané cenou elektrárny, předpokládám tak pouze malou nepřesnost v určení investičních nákladů.

Jelikož vztah mezi náklady a úsporou je poměrově menší, i ostatní parametry mohou mít vliv na rentabilitu.

Na grafu obr. 4.7 je vidět vliv ceny energie, růstu cen a diskontu na roční ekvivalentní peněžní tok. Největší vliv má cena energie. Projekt by se stal rentabilním přibližně při 2,3 Kč/kWh. Velmi příznivý vliv by tak mělo efektivnější využití energie v letních měsících, případně v místech, kde nelze použít pouze noční proud pro temperaci. Růst cen má nižší vliv a diskont mají menší vliv. Pouze jejich kombinace (vyšší růst, nižší diskont) by měla větší vliv na rentabilitu projektu.

### 4.3.2 Shrnutí

Varianta C je založena na elektrárně o vyšším výkonu. Zvolenou elektrárnou je HyE 3000 W. Jmenovitého výkonu elektrárna dosahuje při 12 m/s. Odečtem ze závislosti rychlosti větru a vyrobené energie jsem zjistil, že tato elektrárny vyrobí přibližně 1,6 MWh z potřebných 9,3 MWh v temperačním období. Elektrárna má průměr rotoru 3m, uvažuji proto umístění na samostatný stožár. Z tohoto důvodu budou podmínky pro umístění striktnější. Elektrárna pravděpodobně nebude vhodná pro použití uvnitř zástavby.

Z hlediska efektivity energie jsem zvolil dodávku energie do sítě v letních měsících. Cenu prodávané energie jsem ohodnotil na 1 Kč/kWh. Cena je samozřejmě určena v době přes den. Vyrobená energie je ukládána do baterií a přes den vybíjena. Investiční náklady jsem určil a částečně odhadl na 115 000 Kč. Předpokládám, že tato částka je pomyslné maximum, které má smysl na podobný projekt vůbec uvažovat. Roční úspora mi pak vyšla rovna přibližně 5 100 Kč.

Důležitým parametrem, který nebyl blíže zkoumán je životost. U ostatních turbín životnost přibližně odpovídala mé představě o životnosti. V případě této turbíny tato doba není jednoznačná. Výrobce uvádí životnost 15 let, prodejci uvádějí životnost 20 let. V případě delší životnosti by byla čistá současná hodnota přibližně 0 Kč. Pro výpočty jsem použil relevantnější životnost od výrobce. Předpokládám však, že elektrárna bude mít po 15 letech nenulovou zbytkovou hodnotu. V protikladu s životností, je však třeba zohlednit velikost turbíny. Turbínu bude nutno po ukončení životnosti demontovat a

zlikvidovat. Určením těchto nákladů se zabývat nebudu a budu předpokládat zbytkovou hodnotu a likvidační náklady za přibližně stejné.

Čistá současná hodnota pro zvolené parametry mi přibližně rovna -44 000 Kč. Výsledek je záporný, avšak citlivostní analýza ukazuje, že i menší změna vstupních parametrů vede k rentabilitě projektu. Variantu proto přímo neodmítám, ale doporučuji konkrétní určení rychlosti větru v oblasti. Výhodou varianty je vyšší výroba energie. V případě výpadku elektřiny by elektrárna měla být schopná v běžných podmínkách udržet teplotu na kritickou teplotou delší dobu. Nevýhodou jsou větší rozměry a investiční náklady.

## 4.4 Porovnání

Jednotlivé varianty jsem navrhoval s ohledem na různé vlastnosti a kritéria. Základní parametry všech variant se nachází v tabulce tabulka 4.2.

Tabulka 4.2: Porovnání variant

Varianta	A	B	C
Turbína	Air Breeze	Savoniová turbína	HyE 3000W
Plocha [ $m^2$ ]	1,07	3,13	7,07
Životnost [roky]	20	15	15
Investiční náklady [Kč]	21 480	20 000	115 000
Úspora [Kč]	244	487	5 072
RCF [Kč]	-937	-946	-3 190

Varianta C má nejvyšší úsporu ze všech variant. To je vyváženo její vysokou investiční zátěží. Podle kritéria RCF jsou všechny varianty nevýhodné k realizaci. Teoreticky nejméně nevýhodná je realizace varianty A. Kritérium ročního ekvivalentního peněžního toku však nezohledňuje velký rozptyl investičních nákladů.

V průběhu citlivostní analýzy všech variant jsem zkoumal vliv jednotlivých parametrů, které jsou pro varianty většinou shodné. Největší vliv na úsporu má průměrná rychlost větru v oblasti. Ze závislosti jednoho z kritérií na rychlosti větru mohu určit při jaké rychlosti se každá varianta stává rentabilní.

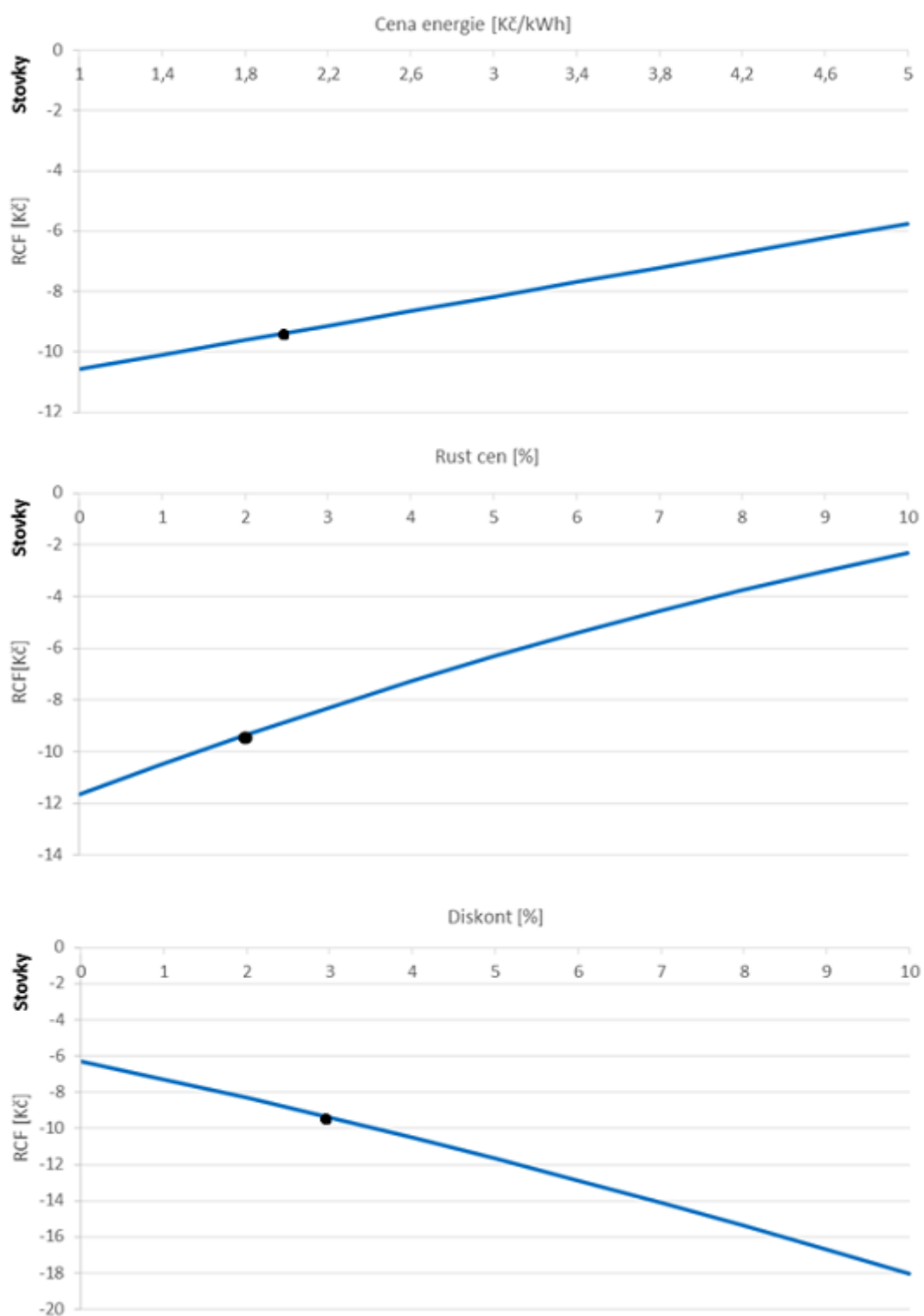
Minimální rychlost větru je výborným kritériem porovnání. Ukazuje jak jsou jednotlivé varianty vzdálené od podmínek, v kterých by byly rentabilní. Podle tohoto kritéria

Tabulka 4.3: Minimální rychlost větru pro rentabilitu variant

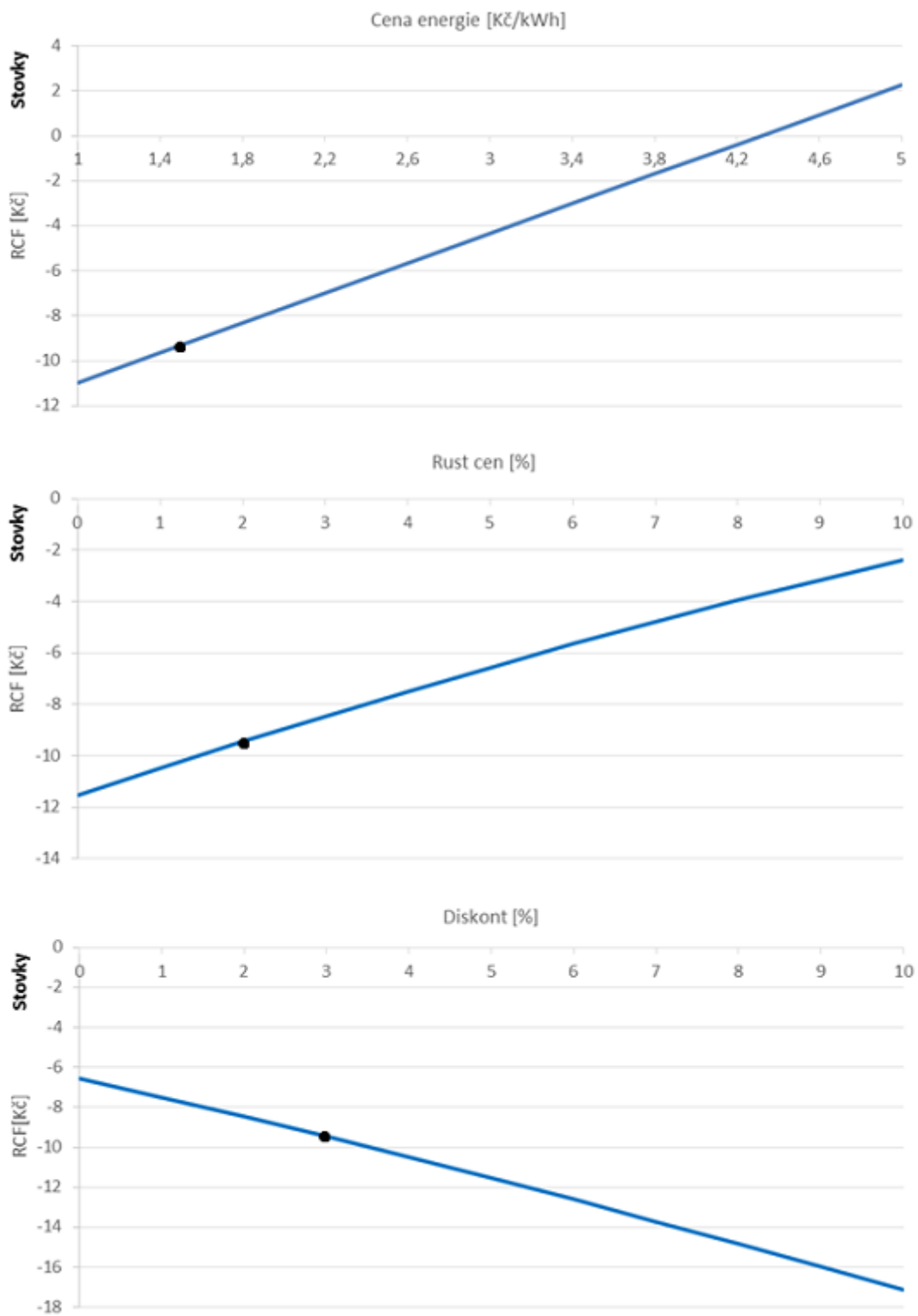
Varianta	A	B	C
Rychlost větru [m/s]	5,9	4,8	5,3

je nejlepší varianta B. Z tohoto důvodu doporučuji k dalšímu zkoumání toto řešení.

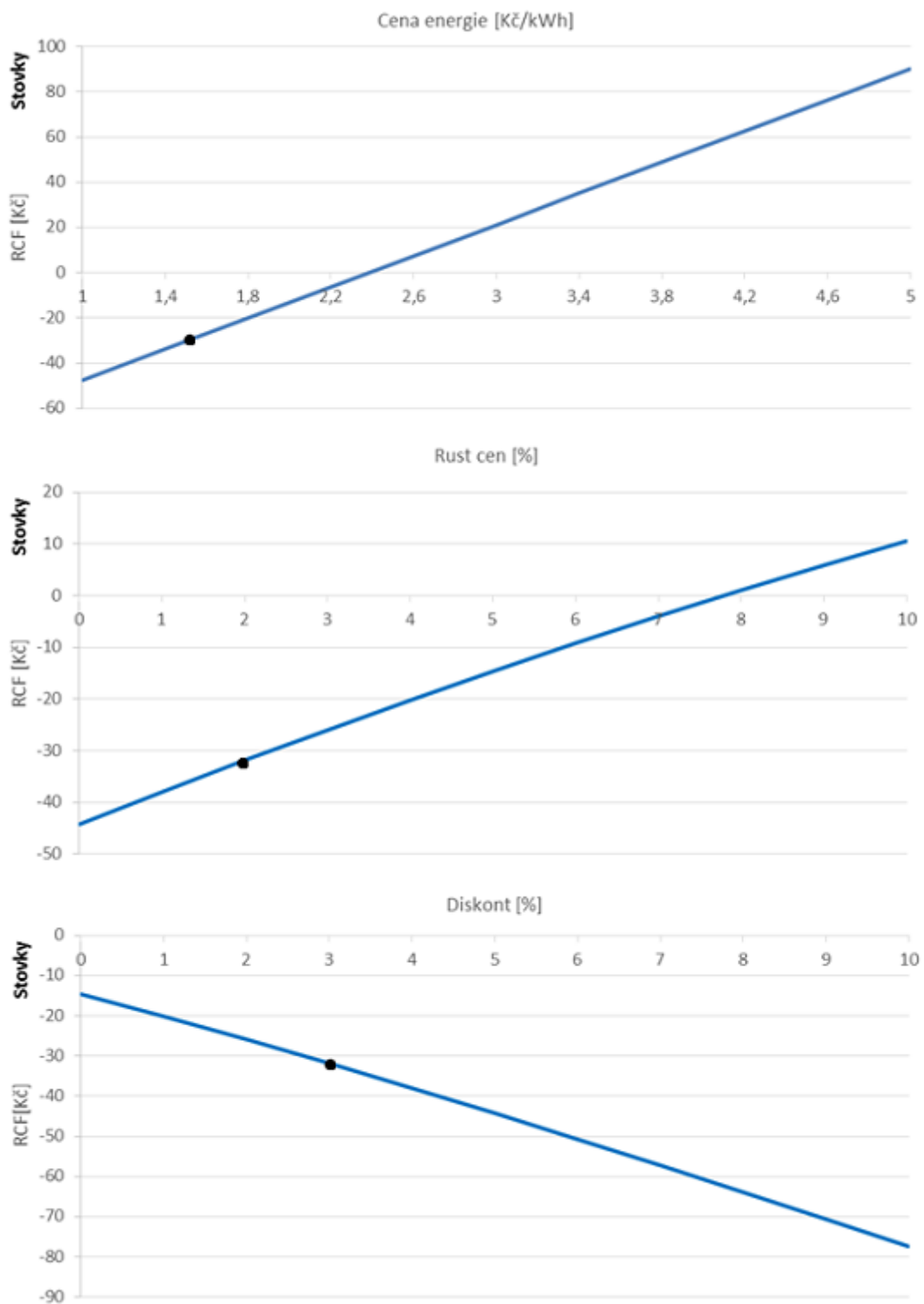




Obrázek 4.2: Varianta A - RCF podle ceny energie, růstu cen a diskontu



Obrázek 4.5: Varianta B - RCF podle ceny energie, růstu cen a diskontu



Obrázek 4.7: Varianta C - RCF podle ceny energie, růstu cen a diskontu

# Kapitola 5

## Závěr

Ve své práci jsem zkoumal možnosti temperace za využití větrné energie. Obnovitelné zdroje jsou moderním a zajímavým tématem na poli energetiky. Zajímalo mě k jakým výsledkům dospěji za využití svých znalostí a zda-li se mi podaří navrhnout rentabilní systém.

Za účelem objektivní vyhodnocení jsem pracoval s reálným objektem. Konkrétně se jednalo o chalupu ve Zbilidech na Jihlavsku. V oblasti jsem předpokládal průměrné povětrnostní podmínky. Ty pro Českou republiku jsou 3,5 m/s. Pro objekt jsem určil tepelnou ztrátu a kapacitu. Vzhledem k dostatečné tepelné kapacitě na den a půl jsem za alternativní variantu považoval temperaci nočním proudem.

Pro účely vyhodnocení jsem navrhl tři různorodé varianty. Základem varianty A byla turbína o velikosti mikro, jejíž jmenovitý výkon byl udaný 160 W. Ve variantě B jsem se pokusil vyhodnotit ručně vyrobenou turbínu a tepelné čerpadlo. Variantu považuji za velmi zajímavou, hlavní podmínkou a nevýhodou jsou velké nároky na zručnost investora. Poslední varianta C staví na větší elektrárně o jmenovitém výkonu 3 000 W.

Pro všechny varianty jsem řešil základní problémy se samotným umístěním a efektivním využitím energie. Všechny varianty se mi povedlo úspěšně vyhodnotit. Podle parametrů tak, jak jsem je pro jednotlivé varianty určil, nemohu doporučit žádnou k realizaci. Všechny varianty jsou velmi ztrátové. Výsledek by nezměnily ani menší dotace.

Jediným teoreticky realizovatelným projektem je varianta B. Z ekonomického hlediska varianta vyšla nejlépe. Její parametry však vykazaly největší variabilitu. Velikost investičních nákladů a topný faktor tepelného čerpadla nelze přesně určit a jsou závislé na výsledné realizaci. Jejich přesné určení tak může vést k závěru, že by variantu bylo možno realizovat.

Ve všeobecném povědomí je fakt, že větrné elektrárny nejsou v běžných podmínkách

rentabilní. Závěry ekonomického vyhodnocení tento předpoklad potvrdily. Ani díky vyššímu užítku z vyrobené energie (oproti prodeji do sítě) jsem musel všechny varianty nedoporučit.

S výsledky práce jsem spokojen i přesto, že se mi nepovedlo navrhnout rentabilní systém. Podařilo se mi však navrhnout a vyhodnotit projekt, který má potenciál být v mírně lepších podmínkách realizovatelný.

# Literatura

- [1] Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů. [cit. 2015-03-15], [⟨http://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/NAP.pdf⟩](http://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/NAP.pdf), Srpen 2012.
- [2] Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů [online]. [cit. 2015-03-15], [⟨http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu⟩](http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu), 2015.
- [3] Limity hluku [online]. [cit. 2015-03-15], [⟨http://hluk.eps.cz/hluk/limity/⟩](http://hluk.eps.cz/hluk/limity/), 2015.
- [4] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [online]. [cit. 2015-03-15], [⟨http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit⟩](http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit), 2015.
- [5] Abeceda. Základní pojmy v tepelných čerpadech [online]. [cit. 2015-12-15], [⟨http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/pojmy-a-princip⟩](http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/pojmy-a-princip), 2015.
- [6] AliExpress. HYE 3000 W generator [online]. [cit. 2015-010-21], [⟨http://www.aliexpress.com/item/HYE-wind-power-system-parts-wind-turbine-generator-3000W-3kw-DC-110V/1940216063.html⟩](http://www.aliexpress.com/item/HYE-wind-power-system-parts-wind-turbine-generator-3000W-3kw-DC-110V/1940216063.html), 2015.
- [7] Macholda F. Srdečný K. Truxa J. Beranovský J., Kašparová M. Energie větru. 2007. [cit. 2015-03-15], [⟨http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vetru⟩](http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vetru).
- [8] Solar Economic. Větrná axiální elektrárna DS 300 W [online]. [cit. 2015-03-15], [⟨http://www.solareconomic.cz/solarec/eshop/18-1-Vetrne-elektrarny/0/5/126-Vetrna-axialni-elektrarna-DS-300-W⟩](http://www.solareconomic.cz/solarec/eshop/18-1-Vetrne-elektrarny/0/5/126-Vetrna-axialni-elektrarna-DS-300-W), 2015.
- [9] E.ON. Oficiální stránky e.on [online]. [cit. 2015-03-15], [⟨http://www.eon.cz/⟩](http://www.eon.cz/), 2015.

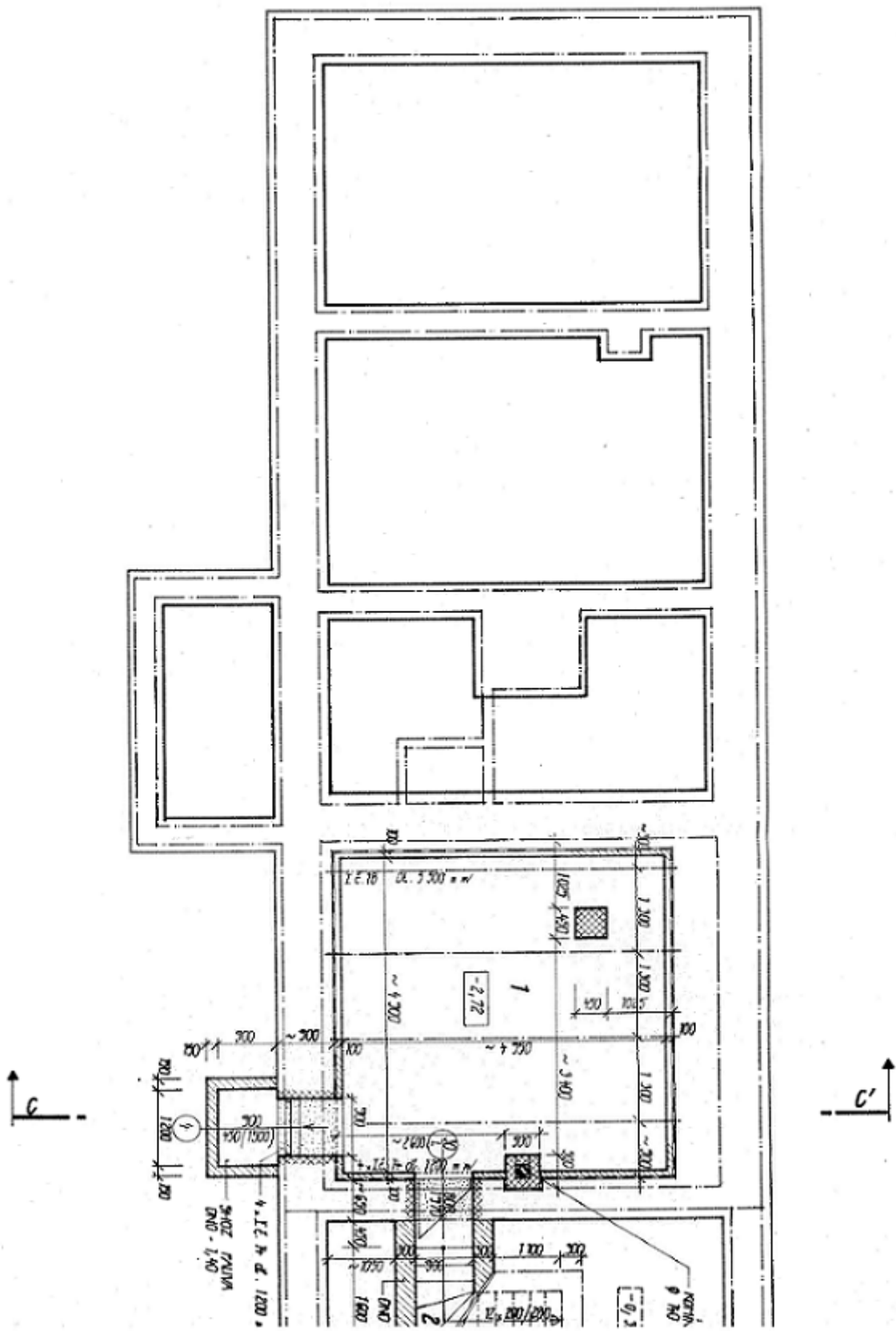
- [10] Energy ForEver. Air Breeze One Land 12 V [online]. [cit. 2015-010-21], [⟨http://energyforever.cz/cz/eshop/vetrne-mikro-elektrarny/air-breeze-land-12v-715.html⟩](http://energyforever.cz/cz/eshop/vetrne-mikro-elektrarny/air-breeze-land-12v-715.html), 2010.
- [11] Chládová Z. Pop L. Hanslian D., Hošek J. Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem i. *TZB-info / Obnovitelná energie a úspory energie / Větrná energie*, Duben 2013. [cit. 2015-03-15], [⟨http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i⟩](http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i).
- [12] Chládová Z. Pop L. Hanslian D., Hošek J. Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem ii. *TZB-info / Obnovitelná energie a úspory energie / Větrná energie*, Duben 2013. [cit. 2015-03-15], [⟨http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9800-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-ii⟩](http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9800-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-ii).
- [13] Chládová Z. Pop L. Hanslian D., Hošek J. Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem II [online]. [cit. 2015-12-15], [⟨http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9800-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-ii⟩](http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9800-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-ii), Duben 2013.
- [14] HiVawt. DS-300 Vertical axis wind turbine [online]. [cit. 2015-03-15], [⟨http://www.hi-vawt.com.tw/en/ds300w.html⟩](http://www.hi-vawt.com.tw/en/ds300w.html), 2012.
- [15] Robert Krainer. Efektivní energetický region jižní čechy - dolní bavorsko. In *Tepelná čerpadla*, 2011. [cit. 2015-03-15], [⟨http://www.energetickyregion.cz/download\\_akce/1334126597cs\\_7\\_06\\_tepelna\\_cerpadla.pdf⟩](http://www.energetickyregion.cz/download_akce/1334126597cs_7_06_tepelna_cerpadla.pdf).
- [16] Ulrich Kreutzer. Eco energy takes the floor. *Pictures of the Future* [online], Fall 2013, 2013. [cit. 2015-03-15], [⟨http://www.siemens.com/innovation/apps/pof\\_microsite/\\_pof-fall-2013/\\_html\\_en/wind-heating.html⟩](http://www.siemens.com/innovation/apps/pof_microsite/_pof-fall-2013/_html_en/wind-heating.html).
- [17] P. Kučera. Tepelný odpor a tepelná jímavost cihelného zdiva. In *příspěvek ve sborníku z celostátní odborné konference Zděné objekty v Hradci Králové*. René Ružička, Květen 2006.
- [18] ČNB. Aktuální prognóza ČNB [online]. [cit. 2015-03-15], [⟨https://www.cnb.cz/cs/menova\\_politika/prognoza⟩](https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/prognoza), Listopad 2015.
- [19] J. Novák. Návrhové hodnoty činitele teplotní redukce podle Čsn 73 0540-3. page 1, Březen 2008. SF2.

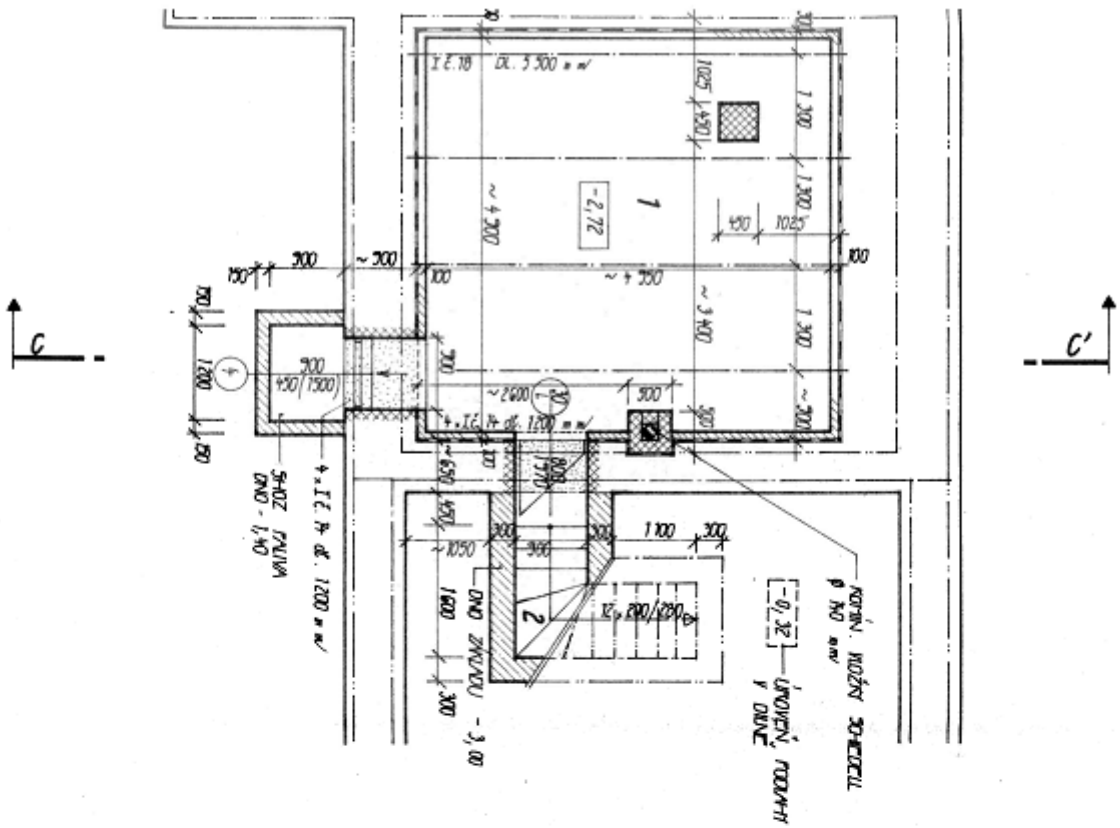
- [20] PB-PRODEJNA. BANNER ENERGY BULL 130AH 12V [online]. [cit. 2015-010-21], <http://pb-autobaterie.cz/trakcni-baterie/221-trakcni-baterie-banner-energy-bull-96051-130ah-12v-c20.html>, 2015.
- [21] Zelená L. Reinberk Z., Šubrt R. On-line kalkulačka úspor a dotací zelená úsporám. *Stavba / Tabulky a výpočty*, 2009. [cit. 2015-03-15], <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>.
- [22] Heinz Schulz. *Savoniův rotor - Návod na stavbu*, volume 1. HEL, 2005.
- [23] Solar Simplified. Grid-tied or Off Grid? [online]. [cit. 2015-12-15], <http://solarsimplified.org/connecting-to-the-grid/ongrid-offgrid>, 2015.
- [24] Paul Steffes. Wind assisted heating. In *A Distributive Electric Storage Technology that is a Low Cost, Long Life "Renewable Thermal Battery"*. Steffes Corporation, Srpen 2008. [cit. 2015-03-15], <http://www.simplyeff.com/pdf/WindAssistedHeating.pdf>.
- [25] J Tywoniak. *Nízkoenergetické domy - Principy a příklady*. Grada Publisher, a.s., 2005.
- [26] HYE wind energy power. HY-3000 [online]. [cit. 2015-010-21], [http://www.hyenergy.com.cn/a/English/HY\\_3000/](http://www.hyenergy.com.cn/a/English/HY_3000/), 2015.
- [27] wind solar.cz. Hy energy 3kW [online]. [cit. 2015-010-21], <http://www.wind-solar.cz/produkt/3000w-3kw-dc48-110v-ac-220v/>, 2015.



# Příloha A

## Technické nákresy objektu





LEGENDA MÍSTNOSTÍ:

ORN. MNO	ÚČEL MÍSTNOSTI	ORN. PODLAHI	POZNÁMKA
1	KOJENNA • UČELNA	24,25	DETON. MZDNIKA
2	30-PODÍJE	3,00	MNOŽÍ DETON

LEGENDA ZDÍVA :

- STAVBA SVĚTLÉ ŽIVÉ ZDÍVO
- BOJVNÉ ZDÍVO
- ZDÍVO Z CHEL PÁNDY Ø 100 M PRUJ HWG 2,5
- MNOŽÍ DETON. M. 0 15

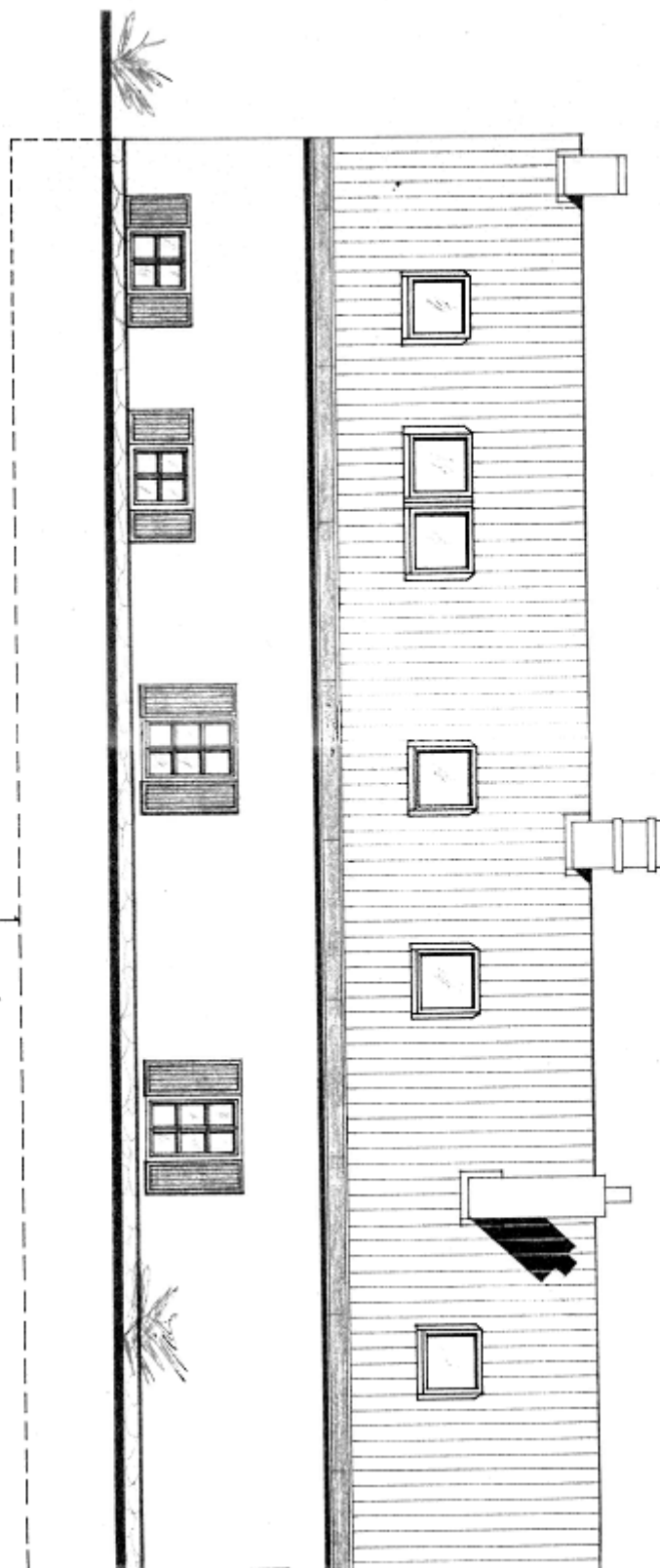
POZNÁMKA :

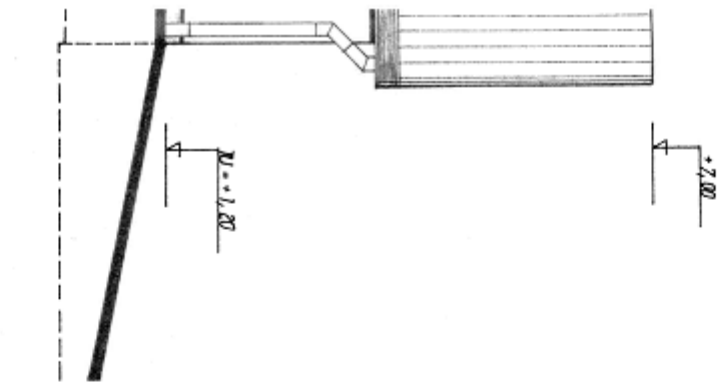
- v příhradě pozice stávkových žvavců postupovat po úsecích max. délky 1000 mm
- pozice provázet z křivky, deton. chel. at. pozice provázet z křivky
- žvavci pod novými křivkami a zdivní nosníky řídit provázet z povrchu detonu M. HWG 2,5 Ø 100 mm pod úroveň podlahy kojeny.
- svizla izolační - 1 x žvavci

VYKONAL PRACOVNÍK Z. VINCENZO Z. VINCENZO VYKONATEL PRŮBĚŽNÉHO KONTROLNÍK 3.7.00 JIHLAVA		NÁV. ARCH. F. VAJDI PROJEKTOVÝ ATELIER LAUB HÁLBORVA 5, 58601 JIHLAVA IČ: 086923187-9, M. 327, 20516	
PŘEDPISY ČJSTI OBLEKOVÉ Č. P. 16 ZÁKLADY, OTEVŘENÍ JIHLAVA		DOKUMENT ČÍSLO 6/21	
POZICE		MĚŘÍTKO 1:20	

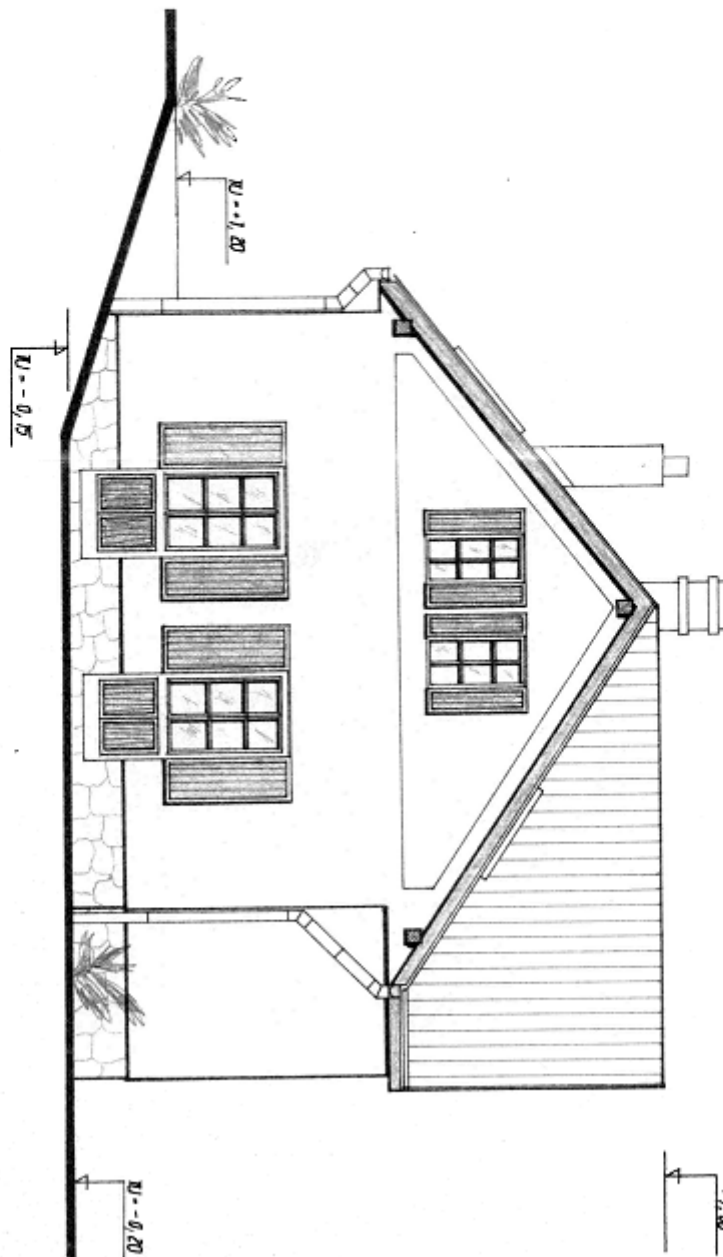
POHLED JIHOZÁPADNÍ

ANGLIČTÍ DŘEVNÍ

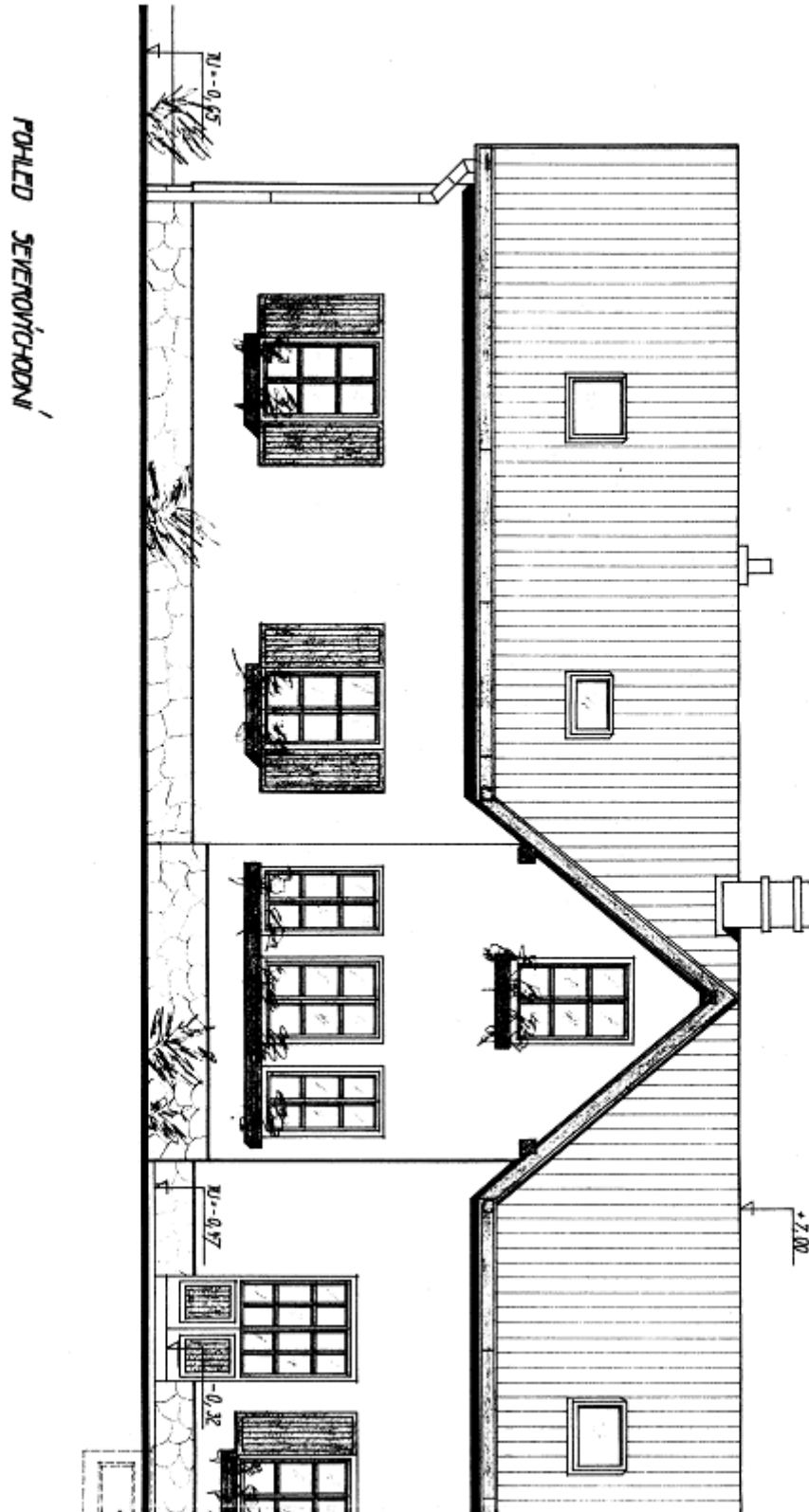


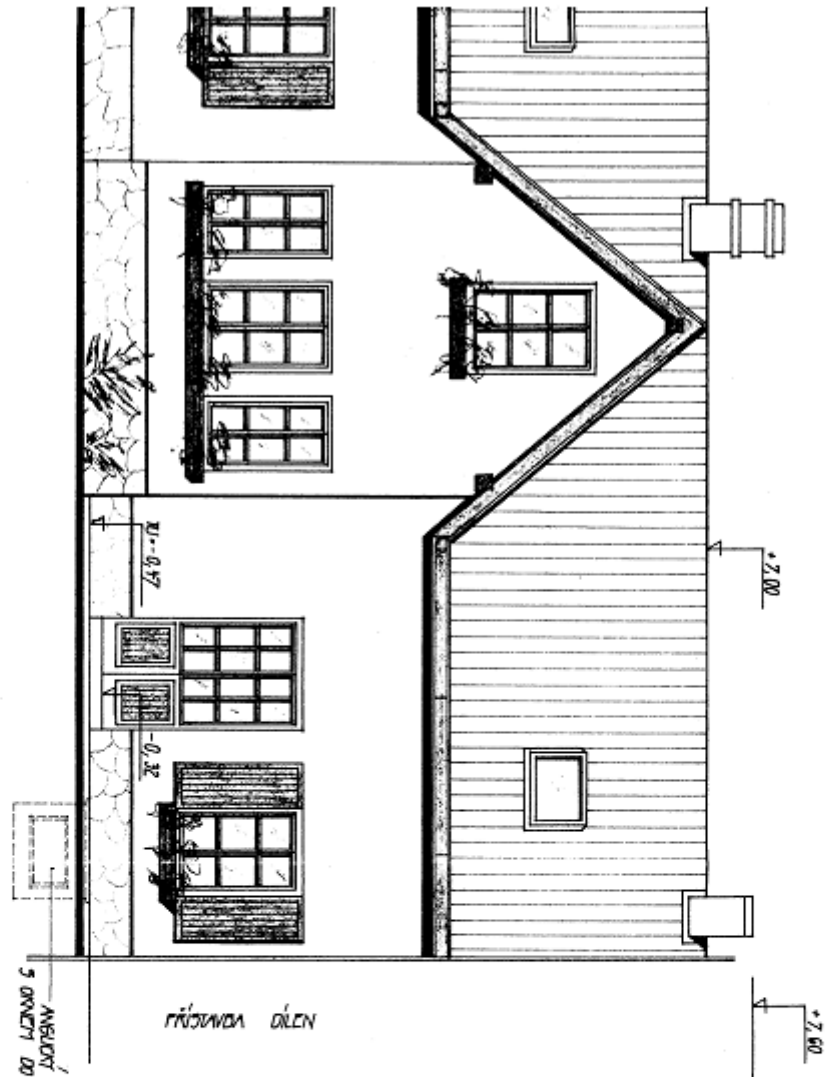


POHLED JIHOVÝCHODNÍ



VEDOUcí PROJEKTANT		ING. ANCH. F. LUDÍK	
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT		Z. MONTÁŽ	
OBJEKT		VLIVNÁ ČÁST OBCE JIHLAVA	
MÍSTNOST		TRVNÍ ÚSTŘEDÍ 5. T. O. J. JIHLAVA	
PROJEKTOVÝ ATELIER		LAUB	
HAIŠBOVÁ 5, 06601 JIHLAVA		IČ. 066221 87-9 46 137 20815	
PROJEKT		A. 1.0	
DĚLŮVÁ		6. 35	
ŘÍŠOVÁ		7	
SAM. ČÍSLO			
MĚŘITEL		ČÍSLO	
1:50		VÝŠK. 00	





ANGLYKÝ DŘEVENÝ  
5 OKENY DO SVĚTLA

PŘÍSTAVBA OLEŇ

VÝKRESNÁ PRÁCE ZÁKRESBY PRŮM. TELEFONNÍ STŘ. JIHLAVA PŘÍSTAVBA ČISTI OBLUČOU Č.p. 16 ZDILLOT, OKENČ JIHLAVA		ING. VOJ. F. LAUB Z. JIHLAVA JIHLAVA		PROJEKTOVÝ ATELIÉR LAUB HÁJBOVA 5, 58201 PŘELPĚV IČO 0992271876	
POHLED SEVERNÝCHODNÍ		MĚŘITELNÁ 1:30		ČÍSLO VÝKRESU 03	

