

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**STUDIE VÝSTAVBY MVE NA STŘEDNÍM A
DOLNÍM TOKU ŘEKY MORAVY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JIŘÍ DOČKAL

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Dočkal Jiří, Bc.
Ročník: 2

ID: 46988
Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Studie výstavby MVE na středním a dolním toku řeky Moravy

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Popis stávajícího stavu a teoretický úvod
2. Návrh lokalit vhodných pro výstavbu nových zdrojů
3. Technické řešení navržených MVE
4. Ekonomické zhodnocení

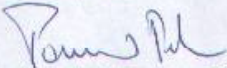
DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle doporučení vedoucího práce

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 28.5.2008

Vedoucí projektu: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.


doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jiří Dočkal
Bytem: Štěpnice 2949, 69501, Hodonín
Narozen/a (datum a místo): 2.3.1982, Hodonín

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Studie výstavby MVE na středním a dolním toku řeky Moravy

Vedoucí/školitel VŠKP: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

Ústav: Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP: 9.6.2008.....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- tištěné formě - počet exemplářů 1
- elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracování díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabyvá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:25.5.2008.....

.....

Nabyvatel



.....

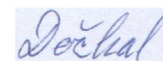
Autor

Bibliografická citace práce:

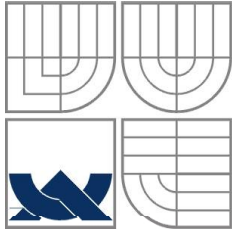
DOČKAL, J.: *Studie výstavby MVE na dolním a středním toku řeky Moravy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

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

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Doc. Antonínu Matouškovi za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.



.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

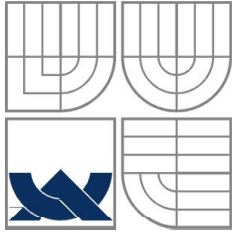
Studie výstavby MVE na dolním a středním toku řeky Moravy

Jiří Dočkal

vedoucí: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

**Study of the small water power plant
which is situated in the middle and
lower reach of river Morava**

by

Jiří Dočkal

Supervisor: doc. Ing. Antonín Matoušek, CSc.

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Tato předkládaná diplomová práce se zabývá popisem stávajícího stavu na toku řeky Moravy od malé vodní elektrárny Kroměříž až po malou vodní elektrárnu Hodonín. Následně se zabývám popisem vyhledaných jezů a splavů pro stavbu malých vodních elektráren (především jejich spády, konstrukcí, popřípadě možnou úpravou). Dále se zabývám dostavbou nových vodních elektráren na řece Moravě u nalezených jezů a splavů, v úseku mezi malou vodní elektrárnou Kroměříž a obcí Lanžhot ze strany České republiky (Brodské ze strany Slovenské republiky). V této práci se pak především zaměřuji na výpočet instalovaných výkonů v jednotlivých lokalitách (a také výpočtem dosažitelných výkonů v těchto lokalitách), návrhem strojního zařízení (při použití zvoleného soustrojí od firmy Hydrohrom) a způsobem konfigurace rozvoden těchto elektráren. Pokud je to v daných místech možné, řeším i více možností této výstavby i s ohledem na splavnění řeky, především v úseku Hodonín – Lanžhot. Dále se zabývá návrhem vyvedení výkonu z jednotlivých rozvoden do místních distribučních sítí (návrh tras). V poslední fázi se zabývá velikostí výroby v jednotlivých elektrárnách, kalkulací nákladů na výstavbu těchto elektráren, přibližným výpočtem výroby (z průtoků z roku 2007) a dobou návratnosti vložených investic do výstavby.

KLÍČOVÁ SLOVA: malé vodní elektrárny; výstavba MVE; návrh MVE; dostavby MVE; návrh dostavby MVE na řece Moravě

ABSTRACT

The present thesis deals with the description of the current state on the course of Morava river from small hydro Kromeriz after a small water plant Hodonin. Subsequently, I deal with the description of search of weir plants and weirs for the construction of small hydropower (especially their heads, structures and, where appropriate, possible adaptation). Then I deal with completion new hydroelectric plants on this founded weir plants and weirs which are in section between the small hydroelectric power Kromeriz and Lanžhot city on the Czech Republic side (Brodské on the Slovak Republic side). In this work is mainly focus on the calculation of installed performance in individual locations (and also the calculation of achievable performance in these locations), machinery design (for the use of selected sets from Hydrohrom company) and the way the configuration of the power switch. If it is in those places, řeším even more possibilities of this construction is splavnění view of the river, especially in the field of Hodonin - Lanžhot. In addition, deals with the design of line side cubicle of each switch to local distribution networks (draft routes). In the last phase deals with the size of the production in each generation, calculations of costs of constructing these plants, approximate calculation of the production (of the flows of 2007) and time of return on your investment in the construction.

KEY WORDS: small hydropower plants, construction of SHP; completion of SHP, proposal of SHP; proposal of SHP on the Morava River

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	12
SEZNAM PŘÍLOH	13
SEZNAM TABULEK	14
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	15
1 TEORETICKÁ ČÁST A POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU.....	17
1.1 Teoretický úvod	17
1.1.1 Přivaděč, vtokový objekt a výtok.....	17
1.1.2 Turbíny	17
1.1.3 Generátor	18
1.1.4 Rozvodna a automatika.....	18
1.2 Malé vodní elektrárny MVE	19
1.3 Popis stávajícího stavu	20
2 VYBRANÉ LOKALITY.....	24
2.1 Na dolním toku	24
2.1.1 Lanžhot (Brodské)	24
2.1.2 Kostice (Gbely).....	25
2.1.3 Moravská Nová Ves (Kopčany).....	25
2.2 Střední tok.....	26
2.2.1 Vnorovy	27
2.2.2 Vnorovy – odlehčovací kanál	27
2.2.3 Uherský Ostroh.....	28
2.2.4 Uherský Ostroh – odlehčovací kanál	29
2.2.5 Nedakonice	29
2.2.6 Staré Město	30
2.2.7 Bělov.....	30
2.3 Další lokalita vhodná pro stavbu MVE.....	31
3 NÁVRH MVE.....	32
3.1 Teoretické vztahy pro výpočet MVE	32
3.2 Návrh MVE	33
3.2.1 Návrh MVE varianta A.....	33
3.2.1.1 Lanžhot, Gbely, Kopčany	33
3.2.1.2 Uherský Ostroh, Staré Město u U.H.....	39
3.2.2 Návrh MVE varianta B	41
3.2.2.1 MVE Kopčany – Lanžhot.....	41

3.2.2.2 MVE Nedakonice	42
3.2.3 MVE pouze s jednou variantou.....	44
3.2.3.1 MVE Vnorovy	44
3.2.3.2 Bělov	44
3.3 Další technologické části návrhu.....	46
3.3.1 Vlastní spotřeba	46
3.3.2 Řídící systém a automatika	46
3.3.3 Reserva MVE.....	46
3.4 Shrnutí návrhu MVE.....	47
4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	48
4.1 Předpokládaná výroba.....	48
4.1.1 MVE Lanžhot	48
4.1.2 MVE Gbely.....	48
4.1.3 MVE Kopčany	48
4.1.4 MVE Lanžhot – Kopčany	48
4.1.5 MVE Vnorovy	49
4.1.6 MVE Uherský Ostroh	49
4.1.7 MVE Nedakonice	49
4.1.8 MVE Staré Město u UH.....	49
4.1.9 MVE Bělov	49
4.2 Náklady na stavbu MVE a doba jejich návratnosti	49
4.2.1 Přibližné náklady na stavbu MVE s instalovaným výkonem $3 \times 315kW$	49
4.2.2 Přibližné náklady na stavbu MVE s instalovaným výkonem $3 \times 640kW$	50
4.2.3 Přibližné náklady na stavbu MVE s instalovaným výkonem $3 \times 1120kW$	51
4.3 Shrnutí ekonomického zhodnocení	51
5 ZÁVĚR	53
6 POUŽITÁ LITERATURA	55
PŘÍLOHY	57

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1.1: Tvary typických OK a jejich účinnosti v závislosti na průtoku.....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 1.2: Kašnové provedení MVE.....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 1.3: Přímoproudé provedení MVE, kde 1-je regulační uzávěr a 2- je převodovka... 19</i>	
<i>Obrázek 1.4: Násoskové provedení MVE.....</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 1.5: Soustrojí MVE Veselí nad Moravou, vlevo z roku 1914, vpravo z roku 1927 ... 20</i>	
<i>Obrázek 1.6: OK TG1 a TG2 MVE Kroměříž - Strž.....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 1.7: MVE Hodonín.....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 1.8: MVE Spytihněv.....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 1.9: MVE Veselí nad Moravou.....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 2.1: Splav Lanžhot (Brodské).....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 2.2: Splav Kostice (Gbely).....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 2.3: Jez Moravská Nová Ves (Kopčany).....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 2.4: Jez Vnorovy.....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 2.5: Jez Vnorovy- odlehčovací kanál.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 2.6: Splav Uherský Ostroh.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 2.7: Jez Uherský Ostroh – odlehčovací kanál.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 2.8: Jez Nedakonice.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 2.9: Jez Staré Město.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 2.10: Jez Bělov.....</i>	<i>31</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Mapa lokalit.....	58
Příloha B	Mapa lokalit varianta A	59
Příloha C	Mapa lokalit varianta B.....	60
Příloha D	Jednopolové schéma nn rozvodny 400 V	61
Příloha E	Jednopolové schéma vn rozvodny 22 kV.....	62
Příloha F	Jednopolové schéma vn rozvodny 22 kV.....	63
Příloha G	Jednopolové schéma vn rozvodny 22 kV	64
Příloha H	Zapojení vlastní spotřeby MVE.....	65
Příloha I	Zapojení rezervy MVE	66
Příloha J	Umístění generátorů s ozubeným soukolím.....	67
Příloha K	Umístění generátorů s řemenovým převodem	68
Příloha L	Graf Kaplanových turbín - Hydrohrom.....	69
Příloha M	Graf průtoků Kroměříž	70
Příloha N	Graf průtoků Spytihněv	71
Příloha O	Graf průtoků Strážnice.....	72
Příloha P	Graf průtoků Lanžhot	73
Příloha Q	Graf průtoků za rok 2007.....	74

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 3-1: Instalované a dosažitelné výkony v elektrárnách.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 4-1: Vyrobená energie</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 4-2: Náklady na stavbu a doba návratnosti MVE.....</i>	<i>52</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK*Seznam zkratek*

VE	vodní elektrárna
MVE	malá vodní elektrárna
OK	oběžné kolo (turbína)
RK	rozdávěcí kolo
ES	elektrizační soustava
PMO	povodí Moravy
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká Republika
SR	Slovenská Republika

Seznam symbolů

D	průměr turbíny
H_n	návrhový spád soustrojí
Q_t	průtok turbínou
Q_{\max}	maximální průtok turbínama
P_t	výkon turbíny
P_g	činný výkon generátoru
Q_g	jalový výkon generátoru
Q_p	požadovaný jalový výkon
Q_{bat}	jalový kompenzační výkon baterie
Q_{reg}	regulační jalový výkon
φ_g	účinnost generátoru
φ_n	ideální účinnost generátoru
φ_p	požadovaný účinnost
U_m	maximální napětí
U_n	jmenovité (nominální) napětí
I_n	jmenovitý (nominální) proud
I_p	proud přípojnic

g	tíhové zrychlení
η_t	účinnost turbíny
η_g	účinnost generátoru
η_p	účinnost převodu
n	počet soustrojí
n_t	otáčky turbíny
n_g	otáčky generátoru
n_s	synchronní otáčky
n_m	motorické otáčky
i	převodový poměr

1 TEORETICKÁ ČÁST A POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

1.1 Teoretický úvod

Vodní elektrárny VE patří do skupiny obnovitelných zdrojů. Podle způsobu, jakým pracují do elektrizační soustavy, je můžeme rozdělit na elektrárny průtočné, akumulační a přečerpávací. Každá elektrárna se obvykle skládá z částí, kterými jsou turbína, generátor, přivaděč se vtokovým objektem, výtok, automatika a rozvodna.

1.1.1 Přivaděč, vtokový objekt a výtok

Přivaděč je stavba nebo zařízení, které slouží k přivedení vody ze zdrže ke vtokovému objektu nebo až k turbíně. Přivaděče se dají dělit na otevřené (beztlakové) nebo uzavřené (tlakové). Otevřené přivaděče (náhony) jsou obvykle přírodní kanály nebo koryta. Uzavřené přivaděče jsou obvykle potrubí, štolý nebo šachty s kruhovým nebo obdélníkovým tvarem.

Vtokový objekt je část stavby VE, která se skládá z česlí a uzávěrů. Česlice jsou zařízení, která mají zabránit vniknutí hrubých nečistot na turbínu. Česlice se nejčastěji skládají z hrubých a jemných. Uzávěrová část slouží k zabránění vstupu vody na turbínu například při generálních opravách. Tyto uzávěry mohou být tvořeny pomocí hradicích tabulí nebo rychlouzávěrů se spouštěcím mechanismem.

Výtokový objekt je stavba obvykle tvořená jako vtok uzávěry, které však už bývají tvořeny pouze pomocí hradicích tabulí, které se obvykle používají také pouze při generálních opravách.

1.1.2 Turbíny

Základ pro první stavbu turbíny položil bratislavský profesor Ján Andrej Segner. První poznatky k návrhu turbíny však vytvořil až po studiu Segnerovy turbíny v roce 1754 Leonard Euler. Vodní turbíny jsou hydraulické stroje, které využívají potenciální nebo tlakové energie vodního toku k transformaci na kinetickou energii na hřídeli stroje. Elektrárny využívají tzv. akční a reakční turbíny. Mezi akční turbíny patří Peltonova turbína. Mezi reakční turbíny se řadí Kaplanova turbína (Propelerova turbína), Francisova turbína (Reinfeinsteinova turbína) a Deriazova turbína. Tvary těchto turbín a závislost účinnosti na průtoku těchto turbín jsou uvedeny na obrázku 1.1.

Francisova turbína byla vymyšlena v Americe v roce 1849. Tato turbína využívá oběžného kola (OK) s pevnými lopatami. Regulace výkonu turbíny je provedena pomocí rozváděcího kola (RK), které pomocí lopat pouští vodu na turbínu.

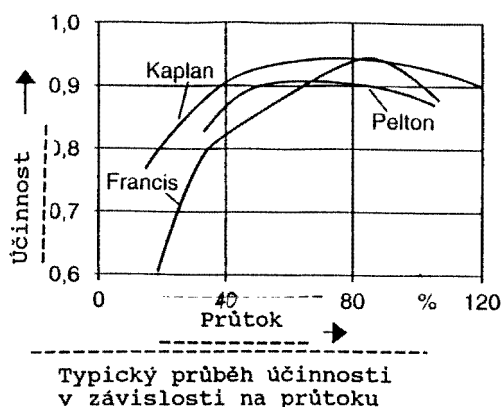
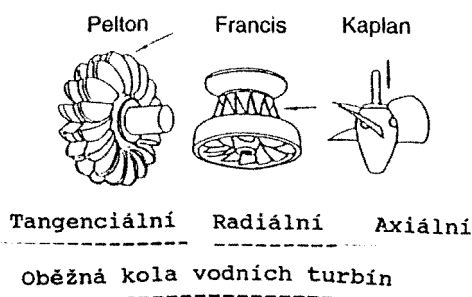
Reinfeinsteinova turbína má stejný tvar jako Francisova turbína, ale nemá Rk. Regulace této turbíny je provedena pomocí kapkového uzávěru, jenž obvykle pracuje v režimu start - stop.

Kaplanova turbína byla vyvinuta pole Francisovy turbíny Rakouským profesorem Viktorem Kaplanem na strojní fakultě VUT v Brně v roce 1919. Tato turbína využívá změny natočení lopatek na OK, čímž umožňuje zlepšení účinnosti této turbíny v širokém rozmezí průtoku a spádu. Turbína je obvykle regulována kromě OK ještě pomocí RK. Vhodné využití této turbíny je však maximálně do spádu 100 m .

Propelerova turbína využívá vrtulového tvaru jako Kaplanova turbína ovšem nemá natáčecí lopaty na OK, ale je regulována pouze pomocí RK.

Deriazova turbína využívá regulace OK stejně jako Kaplanova turbína, lze ji ovšem díky diagonálnímu tvaru použít i pro vyšší spády tím, že u turbíny je možné namontovat více lopat.

Peltovova turbína využívá pevných lopatek ve tvaru polokoule, které jsou připevněny k OK. Regulace této turbíny se provádí pomocí regulační jehlové dýzy nebo regulačního deflektoru.



Obrázek 1.1: Tvary typických OK a jejich účinnosti v závislosti na průtoku

1.1.3 Generátor

U vodních elektráren se využívají synchronní nebo asynchronní generátory. Synchronní generátory jsou tzv. hydroalternátory, jež jsou tvořeny vyniklými póly s velkým počtem pólových dvojic.

1.1.4 Rozvodna a automatika

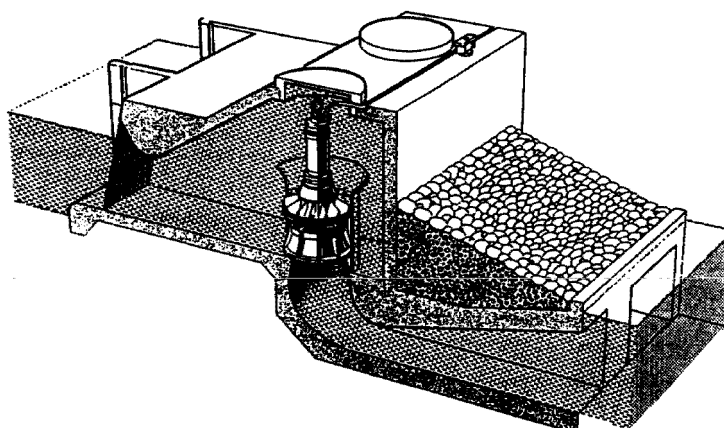
Rozvodny na MVE jsou obvykle tvořeny pomocí kobek nebo pomocí rozvaděčů. Bývají tvořeny přípojnicemi, vypínači, popřípadě zvyšovacími transformátory a vývody. Další nedílnou součástí rozvodny jsou měniče, které slouží ke kontrolnímu měření, měření výroby (nebo vlastní spotřeby) a pro elektrické ochrany. Pokud elektrárna využívá asynchronní generátory, nacházejí se v rozvodně ještě kompenzační kondenzátory.

Automatika slouží pro automatickou regulaci elektrárny v závislosti na změně průtoku a pro spolehlivé spuštění, chod nebo odstavení v případě poruchy elektrárny nebo ES.

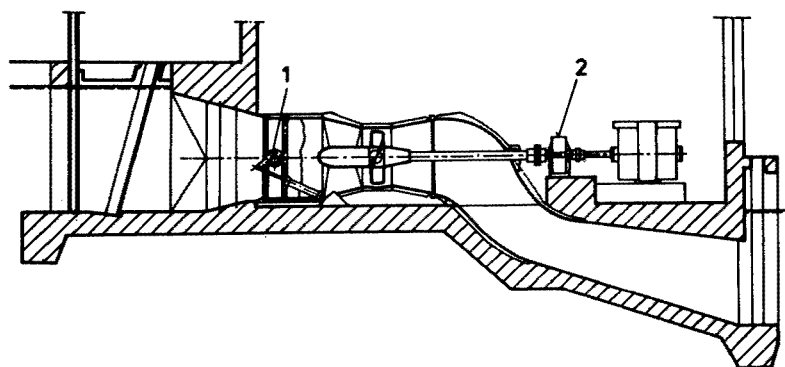
1.2 Malé vodní elektrárny MVE

MVE jsou převážně průtočné elektrárny s instalovaným výkonem od několika kilowatů do cca 10 MW. Tyto elektrárny nejčastěji využívají Francisovy turbíny (u starších elektráren) nebo Kaplanovy (u novějších elektráren), popřípadě Propelerovy, pokud v dané lokalitě není potřeba měnit průtok turbínou ve velkém rozsahu. Provedení takových elektráren je kašnové podle obrázku 1.2, přímoproudé podle obrázku 1.3 nebo násoskové podle obrázku 1.4.

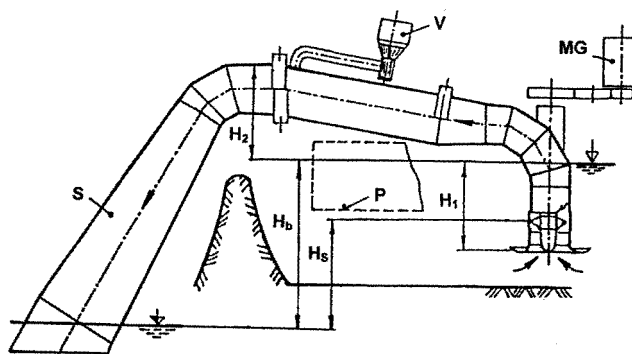
V dnešní době se při stavbě vodních elektráren nejčastěji využívá tzv. přímoproudých soustrojí, kdy je turbína uložena ve vodorovné poloze a s obtékanou převodovkou je přes převod spojena s asynchronním generátorem (u větších spádů je turbína spojena přímo s generátorem). Druhá často používaná varianta přímoproudých soustrojí je na obrázku 1.3, kde je turbínová hřídel vyvedena vně sací roury. Výhoda těchto soustrojí spočívá především v tom, že je lze použít od malých až po velké elektrárny a mají relativně velkou účinnost i u malých vodních elektráren, která je dosažena pomocí zmenšení počtu záhybů toku a použitím Kaplanovy nebo Propelerovy turbíny.



Obrázek 1.2: Kašnové provedení MVE



Obrázek 1.3: Přímoproudé provedení MVE, kde 1- je regulační uzávěr a 2- je převodovka



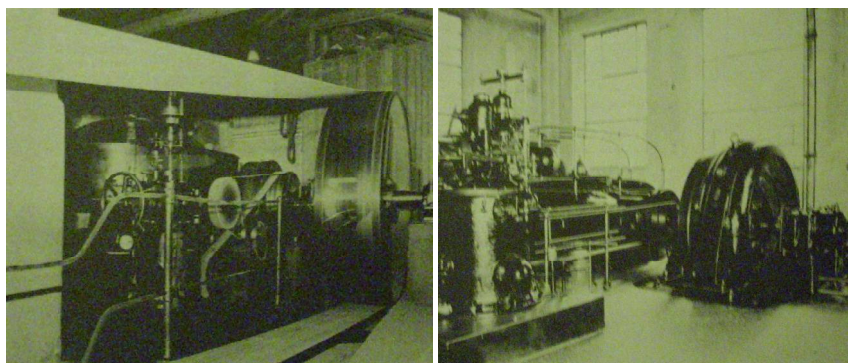
Obrázek 1.4: Násoskové provedení MVE

Pokud se jedná o velmi malé vodní elektrárny s instalovaným výkonem jen několik kilowat, pak se využívá tzv. násoskových soustrojí, u nichž jsou výhodou poměrně nízké náklady na pořízení, což je ovšem vyváženo nižší účinností (cca 60%) a relativně krátkou životností těchto elektráren, která dosahuje jen cca 10let. U těchto elektráren se obvykle využívá vrtulová Propelerova turbína, jež bývá přímo spojena s asynchronním generátorem. Tato soustrojí se obvykle spouštějí jako čerpadlo, přičemž naberou vodu do potrubí a až samospádem vody v potrubí začnou dodávat výkon zpět do sítě.

1.3 Popis stávajícího stavu

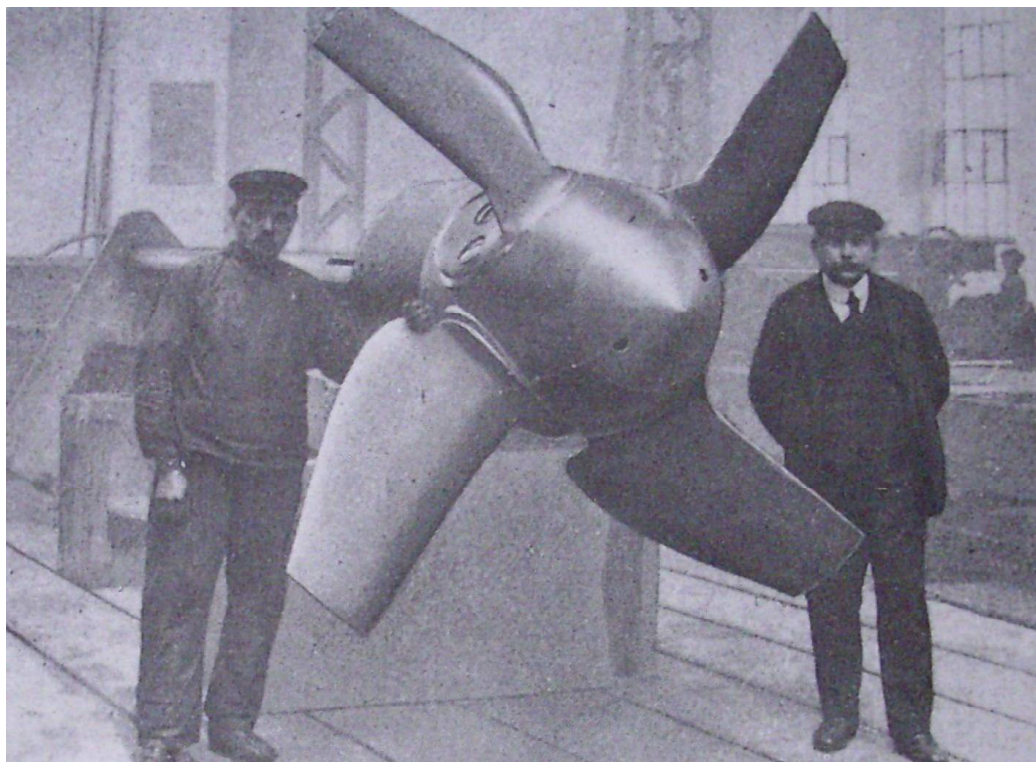
Na řece Moravě mezi Kroměříží a soutokem Moravy s Dyjí bylo vybudováno celkem šest elektráren o celkovém instalovaném výkonu $6,09 MW$, který byl postupně navýšen pomocí technologických úprav a s využitím projektových rezerv až na dnešních celkem cca $6,8 MW$.

Nejstarší elektrárna na řece Moravě v tomto úseku byla postavena hrabětem Chorinským v roce 1914 ve Veselí nad Moravou. Tato elektrárna měla instalovaný výkon $130 kW$ a sloužila především pro zásobování blízkého zámku a částečně na pouliční osvětlení. Druhá elektrárna na řece Moravě byla opět vybudována hrabětem Chorinským v roce 1927 přibližně $20 m$ vedle první elektrárny. Tato elektrárna má instalovaný výkon $150 kW$ a sloužila kromě napájení Veselí nad Moravou i k pohonu nedalekého elektrického mlýna. Obě tyto elektrárny pracují přímo do městské sítě. V každé elektrárně je nainstalována jedna Francisova turbína. Obě tyto elektrárny jsou na obrázku 1.5.



Obrázek 1.5: Soustrojí MVE Veselí nad Moravou, vlevo z roku 1914, vpravo z roku 1927

Další elektrárna na řece Moravě vznikla v Kroměříži (VE Strž) v roce 1923. Instalovaný výkon elektrárny byl původně $2 \times 640 \text{ kW}$ (s turbínou podle obrázku 1.6) s tím, že strojovna byla připravena celkem na tři soustrojí. Toto třetí soustrojí se na elektrárně dobudovalo v roce 1948 a mělo už instalovaný výkon 860 kW . Všechna tři soustrojí mají Kaplanovu turbínu spojenou přímo s generátorem.



Obrázek 1.6: OK TG1 a TG2 MVE Kroměříž - Strž

Dalšími vybudovanými elektrárnami na řece Moravě byly elektrárny MVE Hodonín (obrázek 1.7) a MVE Spytihněv (obrázek 1.8), které byly stavěny podle stejných plánů a byly dobudovány v roce 1951. Původní instalovaný výkon v těchto elektrárnách byl $2 \times 960 \text{ kW}$, každé soustrojí je převodováno pomocí šípových ozubených kol $1:7,5$ a je opatřeno 3 m Kaplanovou turbínou. V sedmdesátých letech minulého století se však na MVE Spytihněv provedla stavební úprava výtokového objektu, čímž se zdvihl spád elektrárny z původních 4 m na nových 5 m a tím se zdvihl i instalovaný výkon elektrárny na cca $2 \times 1300 \text{ kW}$. V roce 2008 chce nynější vlastník elektrárny (ČEZ obnovitelné zdroje) provést ještě jednu úpravu výtokového objektu a výměnu soustrojí, přičemž předpokládá, že instalovaný výkon elektrárny by měl vzrůst až na $2 \times 1400 \text{ kW}$. V roce 2007 provedla i MVE Hodonín první úpravu výtokového objektu, čímž zvýšila spád z původních $3,6 \text{ m}$ na 4 m a následkem toho se i instalovaný výkon soustrojí zvýšil na cca $2 \times 1000 \text{ kW}$. Konečnou úpravu výtoku předpokládají na rok 2008, přičemž by se měl spád z nynějších 4 m zvýšit na $4,2 \text{ m}$ a tedy i instalovaný výkon by se měl ještě zvýšit na konečných $2 \times 1100 \text{ kW}$.



Obrázek 1.7: MVE Hodonín



Obrázek 1.8: MVE Spytihněv

Poslední MVE na řece Moravě byla vybudována v roce 2000 na nově zrekonstruovaném jezu ve Veselí nad Moravou. Tato elektrárna je opatřena jednou turbínou a slouží pro zajištění

sanačního průtoku hlavním korytem, které obtéká původní elektrárny z roku 1914 a 1927. Tato elektrárna s jezem je na obrázku 1.9.



Obrázek 1.9: MVE Veselí nad Moravou

2 VYBRANÉ LOKALITY

V úseku mezi Kroměříží a soutokem řeky Moravy s Dyjí jsem našel celkem deset lokalit, které by mohly být využity k výstavbě MVE. Z toho osm lokalit se nachází na hlavním toku řeky Moravy a zbylé dvě na odlehčovacím kanále kolem Uherského Ostroha, Veselí nad Moravou a Vnorov. Tyto nalezené lokality spolu s již postavenými MVE se nalézají v příloze 1, Mapa lokalit.

2.1 Na dolním toku

Z tohoto celkového počtu deseti lokalit se tři lokality nacházejí na dolním toku řeky Moravy v úseku mezi MVE Hodonín a soutokem s Dyjí. Nalezené lokality v tomto úseku podléhají správě povodí Dunaje, která od roku 2007 v těchto místech provádí i prohlubování koryta a rozšiřování rozlevové plochy v mezihrází. Celkem velkou výhodou je i jejich přístupnost, neboť ze slovenské strany po celé délce hráze je vybudována asfaltová cesta a tudíž není velký problém se k těmto lokalitám dostat. Nevýhoda těchto lokalit je ovšem v tom, že se nacházejí v mezinárodním území a pro vyřízení povolení pro případnou stavbu MVE je pak v podstatě potřeba vyřídit dvojnásobek povolení.

V těchto třech lokalitách se dá předpokládat stejný průtok a tudíž i měřené hodnoty průtoku na monitorovací stanici PMO v Lanžhotě. Udávaná hodnota minimálního ročního průtoku v tomto měřicím místě je $9,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a 90-ti denní průtok v tomto místě je pak $62 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Graf průtoků monitorovací stanice Lanžhot pro konec roku 2007 a začátek roku 2008 je uvedený v příloze K.

2.1.1 Lanžhot (Brodské)

Tato lokalita se nachází cca 500 m od hraničního přechodu Lanžhot a asi 500 m od obce Brodské na Slovensku. Ze slovenské strany zde končí část starého ramene Moravy, které má délku cca 1000 m. V této lokalitě se nachází splav, který je tvořen po celé délce pomocí larzenů, které jsou jak ze strany vtoku, tak ze strany výtoku obsypány kamením. Fotografie tohoto splavu při středním ročním průtoku je na obrázku 2.1.



Obrázek 2.1: Splav Lanžhot (Brodské)

Z obou stran je splav volně zapuštěn do hráze, bez jakékoli betonáže. Spád tohoto splavu při středním ročním průtoku $60\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ zde přibližně činí $2,2\text{ m}$. Jelikož splav je částečně tvořen do „V“ profilu, bylo by zapotřebí tento tvar vyrovnat do obdélníku, aby spád při různých průtocích byl stejný. Toto by se dalo provést například pomocí vytvoření betonového prahu. Spád na tomto splavu bývá ovšem silně ovlivněn i stavem hladiny Dunaje, který při vyšším stavu může snížit spád až o jeden metr.

2.1.2 Kostice (Gbely)

Tato lokalita se nachází mezi obcí Kostice v ČR, od které je vzdálena cca 3 km a obcí Gbely na Slovensku, od které je vzdálena cca $2,5\text{ km}$. Ve vzdálenosti 200 m od řeky se zde nachází chatarská oblast, jejíž součástí je i štěrkoviště, ve kterém se ještě stále těží štěrk. Tato lokalita je tvořena betonovým kamenným splavem. Spád tohoto splavu je zde při středním ročním průtoku $60\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ přibližně $1,8\text{ m}$. Fotografie tohoto splavu při středním ročním průtoku je na obrázku 2.2.



Obrázek 2.2: Splav Kostice (Gbely)

Ze slovenské strany je přibližně 10 m pod jezem výtok z přečerpávací stanice, která slouží k odčerpání vody z potoka a přeplněných štěrkovišť v případě zvýšené hladiny v řece Moravě. Výška betonu tohoto splavu je přibližně $1,2\text{ m}$. Pokud by se na tomto splavu nainstaloval gumový vak s výškou $0,6\text{ m}$, pak by mohl být spád pomocí vaku navýšen až na $1,8\text{ m}$.

2.1.3 Moravská Nová Ves (Kopčany)

Tato lokalita se nachází mezi obcí Moravská Nová Ves v ČR, od je vzdálena cca 5 km a obcí Kopčany na Slovensku, která je cca 1 km daleko. Ve vzdálenosti cca 1 km proti proudu řeky ze

slovenské strany se nachází přečerpávací stanice z místního potoka. Z české strany asi 10 m nad jezem je regulační stavidlo, které zajišťuje uzavření vpusti do starého ramene řeky Moravy v případě povodní. Tato lokalita je tvořena betonovým kamenným splavem s gumovým regulačním vakem. Čerpadlo, které se používá k napouštění vaku, se nachází v pilíři z české strany. Spád tohoto jezu při středním ročním průtoku $60\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je zde přibližně 2 m při naplněném vaku. Pokud je vak vypuštěn, pak spád tohoto jezu je pouze 1,4 m. Fotografie tohoto splavu při středním ročním průtoku a vypuštěném vaku je na obrázku 2.3.



Obrázek 2.3: Jez Moravská Nová Ves (Kopčany)

2.2 Střední tok

Na středním toku jsem našel celkem sedm lokalit. První dvě lokality se nachází v úseku mezi MVE Hodonín a MVE Veselí nad Moravou, další čtyři lokality se nachází mezi MVE Veselí nad Moravou a MVE Spytihněv. Poslední lokalita na Bělově se nachází mezi MVE Spytihněv a MVE Kroměříž.

Pro tyto lokality se dají použít hodnoty průtoku z monitorovacích stanic PMO v Kroměříži (graf je v příloze 3), Spytihněvi (graf je v příloze 4) a Strážnici (graf je v příloze 5).

Průměrný roční průtok v Kroměříži pak činí $51,3\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a minimální roční průtok v tomto místě činí $8,26\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tyto hodnoty platí především pro lokalitu v Bělově. Monitorovací místo ve Spytihněvi udává střední roční průtok $55,4\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a minimální průtok pak činí $8,95\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tyto naměřené průtoky platí především pro Staré Město. Strážnická měření pak uvádí střední roční průtok $59,6\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a minimální roční průtok $9,6\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Pro lokality Vnorovy, Uherský Ostroh a Odlehčovací kanál žádné měření není, a proto se dá tento průtok pouze předpokládat a odhadovat, neboť průtok řekou se dělí do odlehčovacího kanálu a hlavního toku.

2.2.1 Vnorovy

Tato lokalita leží 1,5 km jižně od obce Vnorovy. V této lokalitě se nachází jez, který je tvořen celkem třemi klapkami. Každé pole tvoří cca 1 m vysokým betonový práh, cca 1,5 m vysoká hradící tabule a cca 1,5 m vysoká klapka. Spád při středním ročním průtoku $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je přibližně 4 m při zcela postaveném jezu. Nad jezem se asi ve vzdálenosti 100 m nacházejí plavební komory Vnorovy I a II z Baťova kanálu. Součástí tohoto jezu z pravé i levé strany je regulační stavidlo určené pro napouštění Baťova kanálu. Přibližně 200 m pod jezem se nachází soutok odlehčovacího kanálu (který obtéká Vnorovy, Veselí nad Moravou a Uherský Ostroh) s řekou Moravou. Ve vzdálenosti cca 1 km od tohoto jezu je umístěn i jez na odlehčovacím kanálu, který je též vhodný pro stavbu MVE. Fotografie jezu Vnorovy při středním ročním průtoku je na obrázku 2.4.



Obrázek 2.4: Jez Vnorovy

2.2.2 Vnorovy – odlehčovací kanál

Tato lokalita se nachází cca 1 km od soutoku odlehčovacího kanálu s řekou Moravou, nedaleko Vnorovského jezu. Je tvořena jezem, jehož součástí jsou pouze dvě klapky s hradící výškou cca 3 m a přibližně s 1 m vysokým betonovým prahem. Celkový spád tohoto jezu je tedy přibližně 4 m při zcela postaveném jezu. Tvar tohoto jezu je jak na obrázku 2.5.



Obrázek 2.5: Jez Vnorovy - odlehčovací kanál

2.2.3 Uherský Ostroh

Tato lokalita se nachází ve středu obce Uherský Ostroh. Je tvořena splavem s výškou cca $1,2\text{ m}$. Původní výška tohoto jezu byla $2,5\text{ m}$, ale v 80-tých letech byl přestavěn - rozšířen a snížen. Nyní při 90-ti denním průtoku má spád 2 m . I zde by bylo možné nainstalovat gumový vak, pomocí kterého by šel tento spád udržet na 2 m . Ve vzdálenosti 50 m od splavu se nachází plavební komora. Splav spolu s plavební komorou tvoří umělý ostrov, přes který vede lávka pro pěší. Na tento ostrov je možný přístup pro nákladní automobily přes nákladní most u plavební komory. Průtok je zde obvykle regulovaný pouze do $60\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ tím, že vyšší průtok se přepouští přes odlehčovací kanál. Až pokud je průtok přes odlehčovací kanál na maximu, pak teprve se zvyšuje průtok hlavním tokem Moravy. Fotografie tohoto splavu při středním ročním průtoku je na obrázku 2.6.



Obrázek 2.6: Splav Uherský Ostroh

2.2.4 Uherský Ostroh – odlehčovací kanál

Tato lokalita se nachází severozápadně přibližně 0,5 km od obce Uherský Ostroh a cca 1 km od místa, kde se rozděluje tok řeky Moravy na tok Moravy a odlehčovací kanál. Je tvořena jezem se dvěma stavidly. Spád tohoto jezu je přibližně 3 m při zcela postaveném jezu. Nevýhoda lokalit na odlehčovacím kanálu je především v tom, že odlehčovací kanál je silně zanesen nánosy bahna, a proto by bylo vhodné ho před stavbou MVE nejdříve vyčistit. Fotografie tohoto splavu při středním ročním průtoku je na obrázku 2.7.



Obrázek 2.7: Jez Uherský Ostroh – odlehčovací kanál

2.2.5 Nedakonice

Tato lokalita se nachází na okraji obce Nedakonice. Je tvořena jezem, který při ročním průtoku $58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ má spád přibližně 3,6 m. Na levé straně jezu po směru toku řeky se nachází plavební komora, z levé strany jezu se nachází stavidla pro zavlažovací kanál. Fotografie tohoto splavu při středním ročním průtoku je na obrázku 2.8.



Obrázek 2.8: Jez Nedakonice

2.2.6 Staré Město

Tato lokalita se nachází na okraji města Staré Město u Uherského Hradiště. Je tvořena jezem, jenž při ročním průtoku $58\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ má spád přibližně $1,9\text{ m}$ (při vypuštěném jezu v Nedakonicích). Na pravé straně jezu z pohledu podjezí se nachází plavební komora. Fotografie tohoto splavu při středním ročním průtoku je na obrázku 2.9.



Obrázek 2.9: Jez Staré Město

2.2.7 Bělov

Lokalita se nachází mezi obcí Bělov, od které je vzdálena cca 1 km , a městem Otrokovice, od kterého je vzdálena necelý kilometr. V této lokalitě se nachází jez, který je tvořen třemi klapkami. Spád v této lokalitě při středním ročním průtoku $58\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je zde přibližně $3,5\text{ m}$. V 90-tých letech zde proběhla výstavba elektrárny, která měla mít instalovaný přibližně $2 \times 1000\text{ kW}$. Ovšem tato dostavba se neuskutečnila z důvodu, že postavené základy nebyly zapuštěny dostatečně hluboko a zanedlouho došlo k jejich posuvu. Od té doby se zde zvažovalo několik variant. První varianta navrhovala zbourání základů a postavení celé elektrárny znovu. V druhé variantě se uvažovalo o tom, že se základy pomocí injektáží zafixují a elektrárna se dostaví. Ve třetí variantě se přemýšlelo o dostavbě elektrárny bez jakýchkoli úprav, pouze s tím, že elektrárna by měla přibližně poloviční výkon. Avšak ani jedna z variant se v této lokalitě neprovedla, neboť se stále mění vlastníci těchto základů elektrárny s tím, že se skupují pouze spekulanti a ne firmy, které by měly ve skutečnosti zájem zde nějakou elektrárnu stavět. Fotografie tohoto splavu se sklopenou klapkou pro zajištění průtoku je na obrázku 2.10.



Obrázek 2.10: Jez Bělův

Podle tohoto pohledu se rozestavěná elektrárna nachází z pravé strany jezu. Přes tento jez a budoucí elektrárnu vede silnice, která spojuje město Otrokovice s obcí Bělův.

2.3 Další lokalita vhodná pro stavbu MVE

Další vhodnou lokalitou pro stavbu elektrárny je do budoucna předpokládaná výstavba jezu v Rohatci. Tento jez by měl především sloužit ke zvýšení hladiny pro lodní dopravu a splavnost Moravy pro větší lodě ze Strážnice až do Hodonína. Předpokládá se, že jez by měl mít spád až 3 m. U nového jezu se počítá už nyní se stavbou plavební komory a MVE. Z důvodu, že jez by mohl ovlivnit chráněnou přírodní oblast (hlavně hnízdiště ptáků a poškození břehů), která je ve vzdálenosti cca 2 km od tohoto jezu, se s výstavbou zatím váhá.

3 NÁVRH MVE

3.1 Teoretické vztahy pro výpočet MVE

Jelikož 90-ti denní průtok ve všech lokalitách je přibližně stejný, volím proto návrhový průtok $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s tím, že pro menší spády budu volit průtok pro n trojnásobek turbín. S ohledem na velikost spádu volím turbíny firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2 \text{ m}$. Pro jednotlivé spády a průměr turbíny $D = 2 \text{ m}$ v příloze G se budou odečítat průtoky touto turbínou.

Přibližný výkon turbíny P_t se dá vypočítat podle následujícího vzorce

$$P_t = \eta_t \cdot g \cdot H_n \cdot Q_t \quad [kW, -, m \cdot s^{-2}, m, m^3 \cdot s^{-1}] \quad (3.1)$$

kde η_t je účinnost turbíny, g je tíhové zrychlení s hodnotou $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, H_n je návrhový spád a Q_t je odečtený průtok turbínou pro návrhový spád H_n .

Účinnost turbín η_t firma Hydrohrom při malých spádech a plném otevření uvádí 84% a při optimálním otevření, které je přibližně 80%, činí tato účinnost 88%. Firma ČKD uvádí, že účinnost η_t jejich turbín při optimálním otevření činí cca 90%.

Přibližné otáčky turbíny n_t se dají určit podle vztahu

$$n_t = \frac{n_{11} \cdot \sqrt{H_n}}{D} \quad [\text{min}^{-1}, \text{min}^{-1}, m, m] \quad (3.2)$$

kde D je průměr turbíny, H_n je návrhový spád a n_{11} jsou jednotkové otáčky (u většiny turbín ČKD mají hodnotu 180 min^{-1} , pro turbíny Hydrohrom mají hodnotu 160 min^{-1}).

Předpokládaný výkon generátoru se dá určit z výkonu turbíny a přibližný výkon generátoru P_g se pak určí podle vztahu

$$P_g = \eta_p \cdot \eta_g \cdot P_t \quad [kW, -, -, kW] \quad (3.3)$$

kde η_p je účinnost převodu (pro převody s plochým ozubeným řemenem se dají předpokládat 0,94 až 0,98) a η_g je účinnost generátoru při jeho maximálním výkonu.

Přibližné otáčky generátoru n_g se dají určit podle vztahu

$$n_g = 2 \cdot n_s - n_m \quad [\text{min}^{-1}, \text{min}^{-1}, \text{min}^{-1}] \quad (3.4)$$

kde n_s jsou předpokládané synchronní otáčky a n_m jsou otáčky generátoru v jeho motorickém asynchronním chodu při maximálním výkonu.

Převodový poměr mezi turbínou a generátorem i se dají určit podle vztahu

$$i = \frac{n_g}{n_t} \quad [-, \text{min}^{-1}, \text{min}^{-1}] \quad (3.5)$$

kde n_t jsou otáčky turbíny a n_g jsou otáčky generátoru při jeho maximálním výkonu.

Jalový výkon generátoru Q_g se vypočte podle následujícího vzorce

$$Q_g = \frac{P_g \cdot \sin(\arccos \varphi_g)}{\cos \varphi_g} \quad [kVAr, kW, -, -] \quad (3.6)$$

kde $\cos \varphi_g$ je účinník generátoru.

Jelikož energetické závody požadují obvykle $\cos \varphi_p = 0,95$ až $0,99$, pak jalový výkon Q_p tomu odpovídá podle vztahu

$$Q_p = \frac{P_g \cdot \sin(\arccos \varphi_p)}{\cos \varphi_p} \quad [kVAr, kW, -, -] \quad (3.7)$$

Výsledný výkon kompenzační baterie Q_{bat} pak bude podle vztahu

$$Q_{bat, \%} = Q_g - Q_p \quad [kVAr, kVAr, kVAr] \quad (3.8)$$

Minimální kompenzační výkon baterie $Q_{bat, \min}$ se určí pomocí účinníku $\cos \varphi_{\min}$ z grafů daného generátoru pro předpokládaný provozní P_{\min} (obvykle se uvažuje 10 až 20 % jmenovitého výkonu generátoru P_g) a maximální kompenzační výkon baterie $Q_{bat, \max}$ se určí pomocí účinníku $\cos \varphi_{\max}$ ze štítku daného generátoru pro předpokládaný provozní P_{\max} . Regulační výkon kompenzátoru Q_{reg} se pak určí podle vzorce

$$Q_{reg} = Q_{bat, \max \%} - Q_{bat, \min \%} \quad [kVAr, kVAr, kVAr] \quad (3.9)$$

Minimální proud přípojnic I_p se vypočte podle vztahu

$$I_p = n \cdot \frac{P_g}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_g} \quad [A, -, kW, V, -] \quad (3.10)$$

kde n je počet generátorů pracujících do přípojnice a U_n je sdružené jmenovité napětí.

3.2 Návrh MVE

3.2.1 Návrh MVE varianta A

3.2.1.1 Lanžhot, Gbely, Kopčany

Pro lokalitu v Lanžhotě volím turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2m$, jež při návrhovém spádu $H_n = 2,4m$ (tento spád volím vyšší z důvodu, že při nižším průtoku vody se tento spád zvýší na návrhovou velikost oproti průtoku $60m^3 \cdot s^{-1}$, kdy byl spád $2,2m$) má hltnost $Q_t = 15,5m^3 \cdot s^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81m \cdot s^{-2} \cdot 2,4m \cdot 15,5m^3 \cdot s^{-1} = 306,5kW$$

Otáčky této turbíny určím podle vztahu 3.2 s tím, že jednotkové otáčky těchto turbín při použité účinnosti jsou $n_{11} = 160 \text{ min}^{-1}$. Turbína se pak bude otáčet přibližně rychlostí

$$n_t = \frac{160 \text{ min}^{-1} \cdot \sqrt{2,4m}}{2m} = 123,9 \text{ min}^{-1} \doteq 124 \text{ min}^{-1}$$

Pro tento výkon turbíny volím asynchronní 8-mi pólový generátor firmy Siemens o výkonu $P_g = 315 \text{ kW}$ typu 1LA8 357-8AB, který má při plném výkonu účinnost $\eta_g = 0,96$, jmenovité napětí $U_n = 400 \text{ V}$, účinník $\cos \varphi_n = 0,82$ a otáčí se při plném zatížení $n_m = 741 \text{ min}^{-1}$. Tomu při generátorickém chodu odpovídají přibližně otáčky podle vztahu 3.4

$$n_g = 2 \cdot 750 \text{ min}^{-1} - 741 \text{ min}^{-1} = 759 \text{ min}^{-1}$$

Výkon na svorkách generátoru pak bude podle vztahu 3.3 - za předpokladu, že použiji převod pomocí plochého ozubeného řemene se zvolenou účinností $\eta_p = 0,95$

$$P_g = 0,95 \cdot 0,96 \cdot 306,5 \text{ kW} = 279,6 \text{ kW}$$

Převodový poměr podle vztahu 3.5 mezi turbínou a generátorem pak bude

$$i = \frac{759 \text{ min}^{-1}}{124 \text{ min}^{-1}} \doteq 6,12 \doteq 6$$

Velikost jalového výkonu potřebná pro generátor se určí ze vztahu 3.6, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 315 kW a $\cos \varphi_g = 0,82$ je účinník při jmenovitém výkonu

$$Q_g = \frac{315 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,82)}{0,82} = 219,87 \text{ kVAr}$$

Velikost jalového výkonu při požadovaném účinníku energetickými závody $\cos \varphi_p = 0,99$ se vypočte ze vztahu 4.7, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 315 kW

$$Q_p = \frac{315 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 44,86 \text{ kVAr}$$

Velikost kompenzační baterie se pak vypočte podle vzorce 3.8

$$Q_{bat,100\%} = 219,87 \text{ kVAr} - 44,86 \text{ kVAr} = 174,98 \text{ kVAr} \doteq 175 \text{ kVAr}$$

Jelikož se předpokládám, že elektrárna by mohla pracovat až do 10% jmenovitého výkonu, musí se tedy znovu spočítat velikost jalového výkonu generátoru, kterému při tomto 10% výkonu odpovídá $\cos \varphi_g = 0,3$, velikost jalového výkonu požadovaného energetickými závody pro $\cos \varphi_p = 0,99$ a novou velikost kompenzační baterie. Velikosti těchto výkonů se spočítají podle vztahů 3.6, 3.7 a 3.8.

$$Q_{g,10\%} = \frac{0,1 \cdot 315 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,3)}{0,3} \doteq 100 \text{ kVAr}$$

$$Q_{p,10\%} = \frac{0,1 \cdot 315 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 4,49 \text{ kVAr} \doteq 4,5 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bat,10\%} = 100 \text{ kVAr} - 4,5 \text{ kVAr} = 95,5 \text{ kVAr} \doteq 96 \text{ kVAr}$$

Regulační výkon kompenzační baterie se vypočte podle vztahu 3.9

$$Q_{reg} = 175 \text{ kVAr} - 96 \text{ kVAr} = 79 \text{ kVAr}$$

Tento regulační výkon baterie navrhuji rozdělit do těchto výkonů na $5 \times 6,25 \text{ kVAr}$, $1 \times 8 \text{ kVAr}$ a $3 \times 12,5 \text{ kVAr}$ na napětí 440 V . Pevná baterie pro minimální výkon by byla tvořena $2 \times 50 \text{ kVAr}$, zbylé dvě kompenzační baterie (které se budou připínat při startu dalších generátorů) budou o velikosti $1 \times 25 \text{ kVAr}$ a $3 \times 50 \text{ kVAr}$, rovněž na napětí 440 V . Přepínání regulačních kompenzačních baterií by mohlo být zajištěno například pomocí kompenzačního regulátoru Novar 114 (tento regulátor zajišťuje možnost 14-ti stupňového přepínání). Všechny tyto díly by mohly být dodány firmou Kompel.

Pro lokalitu v Gbelech volím rovněž turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2 \text{ m}$, která při návrhovém spádu $H_n = 1,8 \text{ m}$ má hltnost $Q_t = 14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 207,7 \text{ kW}$$

Otáčky této turbíny určím podle vztahu 3.2 s tím, že jednotkové otáčky těchto turbín při použité účinnosti jsou $n_{11} = 160 \text{ min}^{-1}$. Turbína se pak bude otáčet přibližně rychlostí

$$n_t = \frac{160 \text{ min}^{-1} \cdot \sqrt{1,8 \text{ m}}}{2 \text{ m}} = 107,3 \text{ min}^{-1} \doteq 107 \text{ min}^{-1}$$

Pro tento výkon turbíny volím asynchronní 8-mi pólový generátor firmy Siemens o výkonu $P_g = 200 \text{ kW}$ typu 1LA8 317-8AB, který má při plném výkonu účinnost $\eta_g = 0,952$, jmenovité napětí $U_n = 400 \text{ V}$, účinník $\cos \varphi_n = 0,82$ a otáčí se při plném zatížení $n_m = 739 \text{ min}^{-1}$. Čemuž při generátorickém chodu odpovídají přibližně otáčky podle vztahu 3.4

$$n_g = 2 \cdot 750 \text{ min}^{-1} - 739 \text{ min}^{-1} = 761 \text{ min}^{-1}$$

Výkon na svorkách generátoru pak bude podle vztahu 3.3 - za předpokladu, že použiji převod pomocí plochého ozubeného řemene se zvolenou účinností $\eta_p = 0,95$

$$P_g = 0,95 \cdot 0,952 \cdot 207,7 \text{ kW} = 187,8 \text{ kW}$$

Převodový poměr podle vztahu 3.5 mezi turbínou a generátorem pak bude

$$i = \frac{761 \text{ min}^{-1}}{107 \text{ min}^{-1}} \doteq 7,11 \doteq 7$$

Velikost jalového výkonu potřebná pro generátor se určí ze vztahu 3.6, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 200 kW a $\cos \varphi_g = 0,82$ je účinník při jmenovitém výkonu

$$Q_g = \frac{200 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,82)}{0,82} = 139,6 \text{ kVAr}$$

Velikost jalového výkonu při požadovaném účinníku energetickými závody $\cos \varphi_p = 0,99$ se vypočte ze vztahu 3.7, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 200 kW

$$Q_p = \frac{200 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 28,5 \text{ kVAr}$$

Velikost kompenzační baterie se pak vypočte podle vzorce 3.8

$$Q_{bat,100\%} = 139,6 \text{ kVAr} - 28,5 \text{ kVAr} = 111,1 \text{ kVAr} \doteq 111 \text{ kVAr}$$

Poněvadž předpokládám, že elektrárna by mohla pracovat až do 10% jmenovitého výkonu, musí se tedy znovu spočítat velikost jalového výkonu generátoru, kterému při tomto 10% výkonu odpovídá $\cos \varphi_g = 0,3$, velikost jalového výkonu požadovaného energetickými závody pro $\cos \varphi_p = 0,99$ a nová velikost kompenzační baterie. Velikosti těchto výkonů se vypočítají podle vztahů 3.6, 3.7 a 3.8.

$$Q_{g,10\%} = \frac{0,1 \cdot 200 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,3)}{0,3} \doteq 63,6 \text{ kVAr}$$

$$Q_{p,10\%} = \frac{0,1 \cdot 200 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 2,85 \text{ kVAr} \doteq 2,9 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bat,10\%} = 63,6 \text{ kVAr} - 2,9 \text{ kVAr} = 60,7 \text{ kVAr} \doteq 61 \text{ kVAr}$$

Regulační výkon kompenzační baterie se vypočte podle vztahu 3.9

$$Q_{reg} = 111 \text{ kVAr} - 61 \text{ kVAr} = 50 \text{ kVAr}$$

Tento regulační výkon baterie navrhuji rozdělit do těchto výkonů na $3 \times 6,25 \text{ kVAr}$, $1 \times 8 \text{ kVAr}$ a $2 \times 12,5 \text{ kVAr}$ na napětí 440 V . Pevná baterie pro minimální výkon by byla tvořena $1 \times 50 \text{ kVAr}$ a $1 \times 12,5 \text{ kVAr}$, zbylé dvě kompenzační baterie (které se budou připínat při startu dalších generátorů) budou o velikosti $2 \times 50 \text{ kVAr}$, rovněž na napětí 440 V . Přepínání regulačních kompenzačních baterií by mohlo být zajištěno například pomocí kompenzačního regulátoru Novar 114. Všechny tyto díly by mohly být dodány firmou Kompel.

Pro lokalitu v Kopčanech volím rovněž turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2 \text{ m}$, která při návrhovém spádu $H_n = 2 \text{ m}$ má hltnost $Q_t = 14,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 2 \text{ m} \cdot 14,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 239,0 \text{ kW}$$

Otáčky této turbíny určím podle vztahu 3.2 s tím, že jednotkové otáčky těchto turbín při použité účinnosti jsou $n_{11} = 160 \text{ min}^{-1}$. Turbína se pak bude otáčet přibližně rychlostí

$$n_t = \frac{160 \text{ min}^{-1} \cdot \sqrt{2 \text{ m}}}{2 \text{ m}} = 113,1 \text{ min}^{-1} \doteq 113 \text{ min}^{-1}$$

Pro tento výkon turbíny volím asynchronní 8-mi pólový generátor firmy Siemens o výkonu $P_g = 250 \text{ kW}$ typu 1LA8 355-8AB, který má při plném výkonu účinnost $\eta_g = 0,957$,

jmenovité napětí $U_n = 400V$, účinník $\cos \varphi_n = 0,82$ a otáčí se při plném zatížení $n_m = 741 \text{ min}^{-1}$. Tomu při generátorickém chodu odpovídají přibližně otáčky podle vztahu 3.4

$$n_g = 2 \cdot 750 \text{ min}^{-1} - 741 \text{ min}^{-1} = 759 \text{ min}^{-1}$$

Výkon na svorkách generátoru pak bude podle vztah 3.3 - za předpokladu, že použiji převod pomocí plochého ozubeného řemene se zvolenou účinností $\eta_p = 0,95$

$$P_g = 0,95 \cdot 0,957 \cdot 239 \text{ kW} = 217,3 \text{ kW}$$

Převodový poměr podle vztahu 3.5 mezi turbínou a generátorem pak bude

$$i = \frac{759 \text{ min}^{-1}}{113 \text{ min}^{-1}} \doteq 6,72 \doteq 6,7$$

Velikost jalového výkonu potřebná pro generátor se určí ze vztahu 3.6, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 200 kW a $\cos \varphi_g = 0,82$ je účinník při jmenovitém výkonu

$$Q_g = \frac{250 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,82)}{0,82} = 174,5 \text{ kVAr}$$

Velikost jalového výkonu při požadovaném účinníku energetickými závody $\cos \varphi_p = 0,99$ se vypočte ze vztahu 3.7, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 250 kW

$$Q_p = \frac{250 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 35,6 \text{ kVAr}$$

Velikost kompenzační baterie se pak vypočte podle vzorce 3.8

$$Q_{bat,100\%} = 174,5 \text{ kVAr} - 35,6 \text{ kVAr} = 138,9 \text{ kVAr} \doteq 139 \text{ kVAr}$$

Jelikož předpokládám, že elektrárna by mohla pracovat až do 10% jmenovitého výkonu, musí se tedy znovu spočítat velikost jalového výkonu generátoru, kterému při tomto 10% výkonu odpovídá $\cos \varphi_g = 0,3$, velikost jalového výkonu požadovaného energetickými závody pro $\cos \varphi_p = 0,99$ a nová velikost kompenzační baterie. Velikosti těchto výkonů se spočítají podle vztahů 3.6, 3.7 a 3.8.

$$Q_{g,10\%} = \frac{0,1 \cdot 250 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,3)}{0,3} \doteq 79,5 \text{ kVAr}$$

$$Q_{p,10\%} = \frac{0,1 \cdot 250 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 3,56 \text{ kVAr} \doteq 3,6 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bat,10\%} = 79,5 \text{ kVAr} - 3,6 \text{ kVAr} = 75,9 \text{ kVAr} \doteq 76 \text{ kVAr}$$

Regulační výkon kompenzační baterie se vypočte podle vztahu 3.9

$$Q_{reg} = 139 \text{ kVAr} - 76 \text{ kVAr} = 63 \text{ kVAr}$$

Tento regulační výkon baterie navrhuji rozdělit do těchto výkonů na $4 \times 6,25 \text{ kVAr}$, $1 \times 8 \text{ kVAr}$ a $3 \times 12,5 \text{ kVAr}$ na napětí $440V$. Pevná baterie pro minimální výkon by byla tvořena $1 \times 50 \text{ kVAr}$ a

1x12,5kVAr, zbylé dvě kompenzační baterie (které se budou připínat při startu dalších generátorů) budou o velikosti 1x35kVAr a 2x50kVAr, rovněž na napětí 440V. Přepínání regulačních kompenzačních baterií by mohlo být zajištěno například pomocí kompenzačního regulátoru Novar 114. Všechny tyto díly by mohly být dodány firmou Kompel.

S ohledem na využití průtoku a spádu v těchto lokalitách navrhuji zde MVE s instalovaným výkonem pro Lanžhot 3x315kW, pro Gbely 3x200kW a pro Kopčany 3x250kW.

Pro MVE Lanžhot navrhuji rozvodnu nn, která bude dimenzovaná pro plný výkon generátorů 3x315kW. Pro rozvodny v MVE Kopčany a Gbely navrhuji rozvodny pro výkon generátorů 3x250kW.

Pro MVE Lanžhot tedy minimální velikost proudu přípojnic nn rozvodny podle vztahu 3.10 bude

$$I_p = 3 \cdot \frac{315 \cdot 10^3 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,82} = 1663,4 \text{ A}$$

Podle tohoto proudu volím rozváděčový přípojnicový systém s proudem 3200 A typu xEnergy XP IZM 2. K jištění vývodu z přípojnic do transformátoru volím jistič s jmenovitým proudem 2000 A typu IZM B2-A2000.

Pro MVE Gbely a Kopčany minimální velikost proudu přípojnic nn rozvodny pak tedy podle vztahu 3.10 bude

$$I_p = 3 \cdot \frac{250 \cdot 10^3 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,82} = 1320,16 \text{ A}$$

Podle tohoto proudu volím rozváděčový přípojnicový systém s proudem 1600 A typu xEnergy XP IZM 1. K jištění vývodu z přípojnic do transformátoru volím jistič s jmenovitým proudem 1600 A typu IZM B2-A1600.

Velikost proudu od jednoho generátoru s výkonem 315kW bude $I_p/3$, čemuž odpovídá proud 554,5 A a pro generátor s výkonem 250kW bude proud pro $I_p/3$ roven 440 A. Pro jištění generátorů tedy volím motorový jistič s jmenovitým proudem 630 A typu IZM B1-U630. Všechny tyto jističe by byly dodány firmou Moeller. Katalogové listy jističů [11].

Velikost vývodového transformátoru s ohledem na požadovaný účinník $\cos \varphi_p = 0,99$ a velikost výkonů volím 1MVA s převodem 22/0,4kV v suchém provedení typu DTTH 1000/20 s kabelovými vývody od firmy Elpro - Energo.

Rozvodna vn 22kV by byla řešena pomocí vzduchem izolovaných rozváděčů typu UniGear ZS1. Vývod na transformátor by byl vybaven vypínačem VD4 (vakuový vypínač). Vývod elektrárny by byl vybaven ochranou REF 541 a čtyřkvadrantovým elektroměrem. Všechny tato části by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Přístrojové transformátory proudu pro měření a regulátor kompenzační baterie na straně nn by měly převodový poměr 2000/1/5/5 A. Na straně vn by měly převodový poměr 30/5/1 A a sloužily by pro informační měření a ochrany. Výkon všech těchto transformátorů by byl 10VA.

Transformátory nn průvlekového typu by byly dodány firmou Moeller a nn transformátory by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Jednopolové schéma nn rozvodny se nachází v příloze D a jednopolové schéma rozvodny vn 22kV se nachází v příloze E.

3.2.1.2 Uherský Ostroh, Staré Město u U.H.

Pro lokality v Uherském Ostrohu a ve Starém Městě volím rovněž turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2m$, která při návrhovém spádu $H_n = 2,2m$ má hltnost $Q_t = 15m^3 \cdot s^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81m \cdot s^{-2} \cdot 2,2m \cdot 15m^3 \cdot s^{-1} = 271,9kW$$

Otáčky této turbíny určím podle vztahu 3.2 s tím, že jednotkové otáčky těchto turbín při použité účinnosti jsou $n_{11} = 160min^{-1}$. Turbína se pak bude otáčet přibližně rychlostí

$$n_t = \frac{160min^{-1} \cdot \sqrt{2,2m}}{2m} = 118,7min^{-1} \doteq 118min^{-1}$$

Pro tento výkon turbíny volím asynchronní 8-mi pólový generátor firmy Siemens o výkonu $P_g = 250kW$ typu 1LA8 355-8AB, který má při plném výkonu účinnost $\eta_g = 0,957$, jmenovité napětí $U_n = 400V$, účinník $\cos\varphi_n = 0,82$ a otáčí se při plném zatížení $n_m = 741min^{-1}$. Tomu při generátorickém chodu odpovídají přibližně otáčky podle vztahu 3.4

$$n_g = 2 \cdot 750min^{-1} - 741min^{-1} = 759min^{-1}$$

Výkon na svorkách generátoru pak bude podle vztah 3.3 za předpokladu, že použiji převod pomocí plochého ozubeného řemene se zvolenou účinností $\eta_p = 0,95$

$$P_g = 0,95 \cdot 0,957 \cdot 271,9kW = 247,2kW$$

Převodový poměr podle vztahu 3.5 mezi turbínou a generátorem pak bude

$$i = \frac{759min^{-1}}{118min^{-1}} \doteq 6,43 \doteq 6,5$$

Velikost jalového výkonu potřebná pro generátor se určí ze vztahu 3.6, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 200kW a $\cos\varphi_g = 0,82$ je účinník při jmenovitém výkonu

$$Q_g = \frac{250kW \cdot \sin(\arccos 0,82)}{0,82} = 174,5kVA$$

Velikost jalového výkonu při požadovaném účinníku energetickými závody $\cos\varphi_p = 0,99$ se vypočte ze vztahu 3.7, kde P_g je jmenovitý výkon generátoru 250kW

$$Q_p = \frac{250 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 35,6 \text{ kVAr}$$

Velikost kompenzační baterie se pak vypočte podle vzorce 3.8

$$Q_{bat,100\%} = 174,5 \text{ kVAr} - 35,6 \text{ kVAr} = 138,9 \text{ kVAr} \doteq 139 \text{ kVAr}$$

Poněvadž předpokládám, že elektrárna by mohla pracovat až do 10% jmenovitého výkonu, musí se tedy znovu spočítat velikost jalového výkonu generátoru, kterému při tomto 10% výkonu odpovídá $\cos \varphi_g = 0,3$, velikost jalového výkonu požadovaného energetickými závody pro $\cos \varphi_p = 0,99$ a nová velikost kompenzační baterie. Velikosti těchto výkonů se vypočítají podle vztahů 3.6, 3.7 a 3.8.

$$Q_{g,10\%} = \frac{0,1 \cdot 250 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,3)}{0,3} \doteq 79,5 \text{ kVAr}$$

$$Q_{p,10\%} = \frac{0,1 \cdot 250 \text{ kW} \cdot \sin(\arccos 0,99)}{0,99} = 3,56 \text{ kVAr} \doteq 3,6 \text{ kVAr}$$

$$Q_{bat,10\%} = 79,5 \text{ kVAr} - 3,6 \text{ kVAr} = 75,9 \text{ kVAr} \doteq 76 \text{ kVAr}$$

Regulační výkon kompenzační baterie se vypočte podle vztahu 4.9

$$Q_{reg} = 139 \text{ kVAr} - 76 \text{ kVAr} = 63 \text{ kVAr}$$

Tento regulační výkon baterie navrhuji rozdělit do těchto výkonů na $4 \times 6,25 \text{ kVAr}$, $1 \times 8 \text{ kVAr}$ a $3 \times 12,5 \text{ kVAr}$ na napětí 440V. Pevná baterie pro minimální výkon by byla tvořena $1 \times 50 \text{ kVAr}$ a $1 \times 12,5 \text{ kVAr}$, zbylé dvě kompenzační baterie (které se budou připínat při startu dalších generátorů) budou o velikosti $1 \times 35 \text{ kVAr}$ a $2 \times 50 \text{ kVAr}$, rovněž na napětí 440V. Přepínání regulačních kompenzačních baterií by mohlo být zajištěno například pomocí kompenzačního regulátoru Novar 114. Všechny tyto díly by mohly být dodány firmou Kompel.

S ohledem na využití průtoku a spádu v těchto lokalitách navrhuji zde MVE v obou případech s instalovaným výkonem $3 \times 250 \text{ kW}$.

Minimální velikost proudu přípojnic nn rozvodny pak tedy podle vztahu 3.10 bude

$$I_p = 3 \cdot \frac{250 \cdot 10^3 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,82} = 1320,16 \text{ A}$$

Podle tohoto proudu volím rozváděčový přípojnicový systém s proudem 1600A typu xEnergy XP IZM 1. K jištění vývodu z přípojnic do transformátoru volím jistič s jmenovitým proudem 1600A typu IZM B2-A1600.

Velikost proudu od jednoho generátoru bude $I_p / 3$, čemuž odpovídá proud 440A. Pro jištění generátoru tedy volím motorový jistič s jmenovitým proudem 630A typu IZM B1-U630. Všechny tyto jističe by byly dodány firmou Moeller. Katalogové listy jističů [11].

Velikost vývodového transformátoru s ohledem na požadovaný účinník $\cos \varphi_p = 0,99$ a velikost výkonů volím 1MVA s převodem 22/0,4kV v suchém provedení typu DTTH 1000/20 s kabelovými vývody od firmy Elpro - Energo.

Rozvodna vn 22kV by byla řešena pomocí vzduchem izolovaných rozváděčů typu UniGear ZS1. Vývod na transformátor by byl vybaven vypínačem VD4 (vakuový vypínač). Vývod elektrárny by byl vybaven ochranou REF 541 a čtyřkvadrantovým elektroměrem. Všechny tato části by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Přístrojové transformátory proudu pro měření a regulátor kompenzační baterie na straně nn by měly převodový poměr 2000/1/5/5A a na straně vn by měly převodový poměr 30/5/1A. Přístrojové transformátory umístěné na vývodu by měly převod 30/5/1A. Výkon všech těchto transformátorů by byl 10VA. Transformátory nn by byly dodány firmou Moeller a vn transformátory by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Jednopolové schéma nn rozvodny se nachází v příloze D a jednopolové schéma rozvodny vn 22kV se nachází v příloze E.

3.2.2 Návrh MVE varianta B

3.2.2.1 MVE Kopčany – Lanžhot

Tato druhá varianta pro úsek Kopčany - Lanžhot vychází z toho, že by na řece Moravě zůstal stát pouze jez v Kopčanech s tím, že by se zbylé dva jezy zbouraly a prohloubilo se koryto Moravy v tomto úseku. Popřípadě by se v Kopčanech postavil i nový jez s lepší regulací z důvodu povodní a s možností výstavby i plavební komory, která by tak umožnila splavnění úseku Lanžhot – Hodonín. V případě zvýšené hladiny Dunaje je totiž plavba z Lanžhotu možná, neboť se zde již nenacházejí žádné další jezy do Dunaje. Pokud by se učinily tyto úpravy na tomto dolním toku, mohla by zde vzniknout MVE s návrhovým spádem $H_n = 6,2m$. Pro tuto MVE bych rovněž volil turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2m$, která při tomto návrhovém spádu má hltnost $Q_t = 23m^3 \cdot s^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81m \cdot s^{-2} \cdot 6,2m \cdot 23m^3 \cdot s^{-1} = 1175,1kW$$

Otáčky této turbíny určím podle vztahu 3.2 s tím, že jednotkové otáčky těchto turbín při použité účinnosti jsou $n_{11} = 160 \text{ min}^{-1}$. Turbína se pak bude otáčet přibližně rychlostí

$$n_t = \frac{160 \text{ min}^{-1} \cdot \sqrt{6,2m}}{2m} = 199,2 \text{ min}^{-1} \doteq 200 \text{ min}^{-1}$$

Pro tento výkon turbíny volím synchronní 10-ti pólový generátor firmy Exmont o výkonu $P_g = 1120kW$ typu SGH-710-10K63, který při plném výkonu a účinníku $\cos \varphi_n = 1$ má účinnost $\eta_g = 0,963$, jmenovité napětí generátoru je $U_n = 6300V$, jelikož se jedná o deseti pólový synchronní stroj, tak otáčky tohoto generátoru budou $n_g = 600 \text{ min}^{-1}$. Pro převod mezi turbínou a generátorem předpokládám použití ozubeného soukolí (z důvodu už relativně velkého výkonu) s převodovým poměrem podle vztahu 3.5

$$i = \frac{600 \text{ min}^{-1}}{200 \text{ min}^{-1}} \doteq 3$$

Výkon na svorkách generátoru pak bude podle vztah 3.3 - za předpokladu, že účinnost ozubeného soukolí je $\eta_p = 0,95$

$$P_g = 0,95 \cdot 0,963 \cdot 1175,1 \text{ kW} = 1075 \text{ kW}$$

Pro buzení tohoto generátoru navrhuji stacionární budiče typu DRS 100, které by byly dodané firmou JK-Energo (výrobce Basler Elektrik) s parametry budiče $U_n = 100 \text{ V}$ a $I_n = 200 \text{ A}$.

Vyvedení generátoru navrhuji v blokovém uspořádání s transformátorem 1,6 MVA s převodem 22/6,3 kV v suchém provedení typu DTTH 1600 (zakázková výroba pro tento napěťový převod) s kabelovými vývody od firmy Elpro – Energo, jištění mezi transformátorem a generátorem navrhuji pomocí vn pojistek.

Celkový instalovaný výkon této elektrárny je tedy 3360 kW a s maximální hltností všech tří soustrojí $Q_{\max} = 69 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Minimální velikost proudu přípojníc vn rozvodny pak tedy podle vztahu 3.10 bude

$$I_p = 3 \cdot \frac{1095 \cdot 10^3 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 22000 \text{ V} \cdot 0,8} = 110,22 \text{ A}$$

Rozvodna vn 22 kV by byla řešena pomocí vzduchem izolovaných rozváděčů typu UniGear ZS1 s jmenovitým maximálním napětím $U_m = 24 \text{ kV}$, s jmenovitým proudem přípojníc a odboček $I_n = 1250 \text{ A}$ a se zkratovou odolností 25 kA podobu 1 s. Vývody na transformátory by byly vybaveny vypínači VD4 (vakuový vypínač) a opatřeny ochranou REM 545. Vývod elektrárny by byl vybaven ochrannou REF 543 a čtyřkvadrantovým elektroměrem. Všechny tyto části by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Přístrojové transformátory proudu pro rozdílovou ochranu generátoru a transformátoru umístěné v neutrále by měly převodový poměr 150/5/1 A a transformátory umístěné mezi vypínačem a transformátorem by měly převodový poměr 50/5/1 A. Dále by byly ještě umístěné transformátory proudu mezi blokovým transformátorem a generátorem, které by sloužily pro informativní měření a měření pro řídicí systém (omezení výkonu). Tyto transformátory by byly stejné jako transformátory v neutrále. Výkon všech těchto transformátorů by byl 15 VA. Přístrojové transformátory proudu na vývodu by byly s převodem 100–300/5/5/5 A. Výkon těchto transformátorů by byl 10 VA/7,5 VA/7,5 VA. Všechny transformátory by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Jednopolové schéma rozvodny vn 22 kV se nachází v příloze F.

3.2.2.2 MVE Nedakonice

Tato druhá varianta pro úsek Uherský Ostroh – Staré Město u Uherského Hradiště vychází z toho, že jez v Uherském Ostroze by se snížil a opatřil vakovou nástavbou. To by umožnilo využít na jezu v Nedakonících plného hradícího spádu (toto by ovšem znemožnilo stavbu elektrárny v lokalitách Uherský Ostroh a Staré Město). Pokud by se učinily tyto úpravy, mohla by

zde stát MVE s návrhovým spádem $H_n = 4\text{ m}$. Pro tuto MVE bych rovněž volil turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2\text{ m}$, která při tomto návrhovém spádu má hltnost $Q_t = 19\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 4\text{ m} \cdot 19\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 626,3\text{ kW}$$

Otáčky této turbíny určím podle vztahu 3.2 s tím, že jednotkové otáčky těchto turbín při použité účinnosti jsou $n_{11} = 160\text{ min}^{-1}$. Turbína se pak bude otáčet přibližně rychlostí

$$n_t = \frac{160\text{ min}^{-1} \cdot \sqrt{4\text{ m}}}{2\text{ m}} \doteq 160\text{ min}^{-1}$$

Pro tento výkon turbíny volím synchronní 10-ti pólový generátor firmy Exmont o výkonu $P_g = 640\text{ kW}$ typu SGH-630-10K63, který při plném výkonu a účinníku $\cos\varphi_n = 1$ má účinnost $\eta_g = 0,96$, jmenovité napětí generátoru je $U_n = 6300\text{ V}$, jelikož se jedná o deseti pólový synchronní stroj, tak otáčky tohoto generátoru budou $n_g = 600\text{ min}^{-1}$. Pro převod mezi turbínou a generátorem předpokládám použití ozubeného soukolí (z důvodu už relativně velkého výkonu) s převodovým poměrem podle vztahu 3.5

$$i = \frac{600\text{ min}^{-1}}{160\text{ min}^{-1}} \doteq 3,75$$

Výkon na svorkách generátoru pak bude podle vztah 3.3 - za předpokladu, že účinnost ozubeného soukolí je $\eta_p = 0,95$

$$P_g = 0,95 \cdot 0,96 \cdot 626,3\text{ kW} = 571,2\text{ kW}$$

Pro buzení tohoto generátoru navrhuji stacionární budiče typu DRS 100, které by byly dodané firmou JK-Energo (výrobce Basler Elektrik) s parametry budiče $U_n = 100\text{ V}$ a $I_n = 200\text{ A}$.

Vyvedení generátoru navrhuji v blokovém uspořádání s transformátorem 1MVA s převodem 22/6,3kV v suchém provedení typu DTTH 1000 (zakázková výroba pro tento napěťový převod) s kabelovými vývody od firmy Elpro – Energo, jištění mezi transformátorem a generátorem navrhuji pomocí vn pojistek.

Celkový instalovaný výkon této elektrárny je tedy 1920kW a s maximální hltností všech tří soustrojí $Q_{\max} = 57\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Minimální velikost proudu přípojníc vn rozvodny pak tedy podle vztahu 3.10 bude

$$I_p = 3 \cdot \frac{640 \cdot 10^3\text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 22000\text{ V} \cdot 0,8} = 62,98\text{ A}$$

Rozvodna vn 22kV by byla řešena pomocí vzduchem izolovaných rozváděčů typu UniGear ZS1 s jmenovitým napětím $U_n = 24\text{ kV}$, s jmenovitým proudem přípojníc a odboček $I_n = 1250\text{ A}$ a se zkratovou odolností 25kA podobu 1s. Vývody na transformátory by byly

vybaveny vypínači VD4 (vakuový vypínač) a opatřeny ochranou REF 541. Vývod elektrárny by byl vybaven ochranou REF 543 a čtyřkvadrantovým elektroměrem. Všechny tyto části by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Přístrojové transformátory proudu by byly umístěny mezi transformátorem a vypínačem a měly by převodový poměr 50/5/1A. Mezi blokovým transformátorem a generátorem by byly ještě přístrojové transformátory proudu s převodem 100/5/1A. Výkon všech těchto transformátorů by byl 15VA. Přístrojové transformátory proudu na vývodu by byly s převodem 100–300/5/5/5A. Výkon těchto transformátorů by byl 10VA/7,5VA/7,5VA. Všechny transformátory by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Jednólové schéma rozvodny vn 22kV se nachází v příloze G.

3.2.3 MVE pouze s jednou variantou

3.2.3.1 MVE Vnorovy

V této lokalitě navrhuji MVE s návrhovým spádem $H_n = 4\text{ m}$. Pro tuto MVE bych rovněž volil turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2\text{ m}$, která při tomto návrhovém spádu má hltnost $Q_t = 19\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 4\text{ m} \cdot 19\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 626,3\text{ kW}$$

Z těchto údajů vyplývá, že navržená MVE Vnorovy bude mít stejné parametry a části soustrojí, elektrovybavení a zapojení jako MVE v Nedakonicích.

3.2.3.2 MVE Bělov

Tato MVE by byla postavena v místech již částečně zahájené výstavby. V této lokalitě by šla postavit MVE s návrhovým spádem $H_n = 3,6\text{ m}$. Pro tuto MVE bych rovněž volil turbínu firmy Hydrohrom s průměrem $D = 2\text{ m}$, která při tomto návrhovém spádu má hltnost $Q_t = 18\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, kterou jsem vyčetl z grafu v příloze L. Účinnost této turbíny volím podle doporučení $\eta_t = 0,84$. Výkon této turbíny podle vztahu 3.1 pak bude

$$P_t = 0,84 \cdot 9,81\text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 3,6\text{ m} \cdot 18\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 534\text{ kW}$$

Otáčky této turbíny určím podle vztahu 3.2 s tím, že jednotkové otáčky těchto turbín při použité účinnosti jsou $n_{11} = 160\text{ min}^{-1}$. Turbína se pak bude otáčet přibližně rychlostí

$$n_t = \frac{160\text{ min}^{-1} \cdot \sqrt{3,6\text{ m}}}{2\text{ m}} = 151,8\text{ min}^{-1} \approx 150\text{ min}^{-1}$$

Pro tento výkon turbíny volím synchronní 10-ti pólový generátor firmy Exmont o výkonu $P_g = 560\text{ kW}$ typu SGH-631-10K63, který při plném výkonu a účinníku $\cos\varphi_n = 1$ má účinnost $\eta_g = 0,958$, jmenovité napětí generátoru je $U_n = 6300\text{ V}$. Jelikož se jedná o osmipólový

synchronní stroj, otáčky tohoto generátoru budou $n_g = 600 \text{ min}^{-1}$. Pro převod mezi turbínou a generátorem předpokládám použití ozubeného soukolí (z důvodu už relativně velkého výkonu) s převodovým poměrem podle vztahu 3.5

$$i = \frac{600 \text{ min}^{-1}}{150 \text{ min}^{-1}} \doteq 4$$

Výkon na svorkách generátoru pak bude podle vztahu 3.3 - za předpokladu, že účinnost ozubeného soukolí je $\eta_p = 0,95$

$$P_g = 0,95 \cdot 0,958 \cdot 534 \text{ kW} = 486 \text{ kW}$$

Pro buzení tohoto generátoru navrhuji stacionární budiče typu DRS 100, které by byly dodané firmou JK-Energo (výrobce Basler Elektrik) s parametry budiče $U_n = 100 \text{ V}$ a $I_n = 200 \text{ A}$.

Vyvedení generátoru navrhuji v blokovém uspořádání s transformátorem 1000 MVA s převodem 22/6,3 kV v suchém provedení typu DTTH 1000 (zakázková výroba pro tento napěťový převod) s kabelovými vývody od firmy Elpro – Energo, jištění mezi transformátorem a generátorem navrhuji pomocí vn pojistek.

Celkový instalovaný výkon této elektrárny je tedy 1680 kW a s maximální hltností všech tří soustrojí $Q_{\max} = 54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Minimální velikost proudu přípojnic vn rozvodny pak tedy podle vztahu 3.10 bude

$$I_p = 3 \cdot \frac{560 \cdot 10^3 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 22000 \text{ V} \cdot 0,8} = 55,11 \text{ A}$$

Rozvodna vn 22 kV by byla řešena pomocí vzduchem izolovaných rozváděčů typu UniGear ZS1 s jmenovitým napětím $U_n = 24 \text{ kV}$, s jmenovitým proudem přípojnic a odboček $I_n = 1250 \text{ A}$ a se zkratovou odolností 25 kA podobu 1s. Vývody na transformátory by byly vybaveny vypínači VD4 (vakuový vypínač) a opatřeny ochranou REF 541. Vývod elektrárny by byl vybaven ochranou REF 543 a čtyřkvadrantovým elektroměrem. Všechny tyto části by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Přístrojové transformátory proudu by byly umístěny mezi transformátorem a vypínačem a měly by převodový poměr 50/5/1A a přístrojové transformátory proudu umístěné mezi blokovým transformátorem a generátorem by měly převodový poměr 100/5/1A. Výkon všech těchto transformátorů by byl 15 VA. Přístrojové transformátory proudu na vývodu by byly s převodem 100–300/5/5/5 A. Výkon těchto transformátorů by byl 10 VA/7,5 VA/7,5 VA. Všechny transformátory by byly dodány firmou ABB s.r.o.

Jednopolové schéma rozvodny vn 22 kV se nachází v příloze G.

3.3 Další technologické části návrhu

3.3.1 Vlastní spotřeba

Vlastní spotřeby všech elektráren by byly řešeny pomocí odbočky z přípojnice rozvodny vn 22 kV přes motorový pojistkový odpínač. Napájení by bylo řešeno přes suchý transformátor firmy Elpro – Energo, typu aTSE 660/22.1. Jmenovitý převod tohoto transformátoru je 22 kV / 0,4 kV a jmenovitý výkon tohoto transformátoru je 50 kVA. Jedná se o běžný distribuční transformátor se zapojením Yzn1 a s krytím IP00. Elektrárny s generátory 400V budou ještě opatřeny přepínačem pro možnost odběru pro vlastní spotřebu. Zapojení vlastní spotřeby pro elektrárny je v příloze H.

3.3.2 Řídící systém a automatika MVE

Řídící systémy elektráren by mohly být originálního typu pro řízení pouze elektráren (firmy Mikrotep SK nebo MVE technika) nebo mohlo by se jednat o jednodušší modulové řídicí systémy, např: EASY (firmy Moeller) nebo LOGO a Simatic (Siemens).

3.3.3 Rezerva MVE

Rezerva MVE by byla tvořena stejnosměrným napětím 110VDC. Toto napětí by bylo vytvořeno pomocí 18-ti kurů staničních olověných akumulátorů s jmenovitými hodnotami 6V / 200 Ah. Tyto baterie by byly dodány firmou Varta.

Z této rezervy by bylo zajištěno napájení ochran, řídicí jednotky, UPS pro PC a hydraulických ventilů. Nabíjení této baterie by bylo provedeno pomocí automatické nabíječky typu HFS 110/100 od firmy Eprona. Schéma zapojení rezervy je v příloze I.

3.4 Shrnutí návrhu MVE

Navrhl jsem celkem pět elektráren ve variantě A, jejichž celkový instalovaný výkon činí 3795 kW. Ve variantě B jsem navrhl celkem dvě elektrárny s celkovým instalovaným výkonem 5280 kW. Dále jsem navrhl dvě elektrárny, jež by mohly být postaveny pouze s jednou variantou a měly by mít celkový instalovaný výkon 3600 kW.

Společně by pak tedy elektrárny, které by šlo ještě na Moravě postavit, mohly mít buď instalovaný výkon 7395 kW nebo 8880 kW, s přihlédnutím na určitou variantu výstavby. Jedno soustrojí by ještě mohlo být postaveno na odlehčovacím kanálu s výkonem cca 200 kW. Jednotlivý přehled instalovaných soustrojí je v následující tabulce 3-1.

Tabulka 3-1: Instalované a dosažitelné výkony v elektrárnách

Název MVE	Dosažitelný výkon MVE			Instalovaný výkon MVE		
	Varianta A <i>P (kW)</i>	Varianta B <i>P (kW)</i>	Bez varianty <i>P (kW)</i>	Varianta A <i>P (kW)</i>	Varianta B <i>P (kW)</i>	Bez varianty <i>P (kW)</i>
Lanžhot	839			945		
Gbely	584			600		
Kopčany	674			750		
Lanžhot - Kopčany		3225			3360	
Vnorovy			1722			1920
Uherský Ostroh	742			750		
Staré Město	742			750		
Nedakonice		1722			1920	
Bělov			1467			1680
Celkem	3580	4947	3189	3795	5280	3600
Celkem A + Bez var.	6769			7395		
Celkem B + Bez var.	8137			8880		

4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole analyzuji velikostí výroby v jednotlivých elektrárnách a vycházím z dat za minulý rok. Dále se zabývám kalkulací nákladů na výstavbu elektráren. Jelikož výkony a uspořádání některých elektráren jsou velmi podobné, budu zde řešit pouze tři kalkulace, a to pro MVE s instalovaným výkonem 315kW, 640kW a 1120kW na jedno soustrojí. Z těchto kalkulací a pro předpokládanou výrobu jednotlivých MVE pak vypočtu přibližnou dobu návratnosti.

4.1 Předpokládaná výroba

Pro výpočet předpokládané výroby použiji grafy průtoků z roku 2007, které jsou v přílohách M až P. Tento výpočet jsem zpracoval v programu Excel i s přihlédnutím na změnu průtoků. Z důvodu velkého rozsahu jsou výpočty uloženy v elektronické příloze této Diplomové práce pod názvem „Vypocet_vyroby.xls“. Zde v jednotlivých kapitolách uvádím pouze souhrn dat pro jednotlivé MVE.

4.1.1 MVE Lanžhot

V roce 2007 by se v MVE Lanžhot vyrobilo 3920000kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 15680000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1kWh (kde 2,4Kč je garantovaná výkupní cena a 1,6Kč je zelený bonus z obnovitelného zdroje). Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 56 dní mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.2 MVE Gbely

V roce 2007 by se v MVE Gbely vyrobilo 2880000kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 11550000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 53 dní mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.3 MVE Kopčany

V roce 2007 by se v MVE Kopčany vyrobilo 3880000kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 15530000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 32 dní mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.4 MVE Lanžhot - Kopčany

V roce 2007 by se v MVE Kopčany (Lanžhot) vyrobilo 12740000kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 50960000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 1 den mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.5 MVE Vnorovy

V roce 2007 by se v MVE Vnorovy vyrobilo 6650000 kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 26630000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1 kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 14 dní mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.6 MVE Uherský Ostroh

V roce 2007 by se v MVE Uherský Ostroh vyrobilo 2990000 kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 11960000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1 kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 25 dní mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.7 MVE Nedakonice

V roce 2007 by se v MVE Nedakonice vyrobilo 7590000 kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 30390000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1 kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 1 den mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.8 MVE Staré Město u UH

V roce 2007 by se v MVE Staré Město vyrobilo 2860000 kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 11470000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1 kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 52 dní mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.1.9 MVE Bělov

V roce 2007 by se v MVE Lanžhot vyrobilo 6570000 kWh, čemuž odpovídá výroba v korunách 26280000 Kč. Pro kalkulaci výroby v korunách jsem použil výkupní ceny platné od 1.1.2008, které činí 4 Kč za 1 kWh. Přičemž elektrárna v roce 2007 by byla cca 7 dní mimo provoz z důvodu zvýšené hladiny v řece.

4.2 Náklady na stavbu MVE a doba jejich návratnosti

Náklady na stavbu budou ovlivněny pouze stavbou strojovny, technologické části a použitou konfigurací rozvodny. Pozemek do stavby započítávat nebudu, protože předpokládám jeho pronájem od povodí (pronájem pozemku pro MVE těchto velikostí jsou v dnešní době obvykle kolem 25000 – 40000 Kč měsíčně).

4.2.1 Přibližné náklady na stavbu MVE s instalovaným výkonem 3 x 315 kW

Celková kalkulace této ceny pak tedy bude složena z ceny nn rozvodny (dle konfigurace rozvodny v příloze D), vn rozvodny (dle konfigurace v příloze E), automatiky, ceny turbín, ceny generátorů a převodů a ceny půdní stavby a ceny transformátorů. Dále cena stavby bude ještě

navýšena o ceny výstavby elektrického vedení a přípojky, cenu projektu, stavbu jezu a cenu hradicích částí a vybavení vtokového objektu.

Kalkulace:

Cena nn rozvodny (zahrnující jističe, měniče, rozváděče, kompenzátory atd.)	350 000.-
Cena vn rozvodny (zahrnující vypínače, měniče, ochrany, rozváděče, atd.)	1 090 000.-
Cena automatiky (zahrnující řídicí systém, rozváděče, vlastní spotřeba atd.)	150 000.-
Cena rezervy (zahrnující baterie, nabíječku, měnič)	100 000.-
Cena strojních částí (zahrnující turbíny, převodovky, hydrauliku, atd.)	40 000 000.-
Cena generátorů	1 800 000.-
Cena hlavního transformátoru	320 000.-
Cena transformátoru vlastní spotřeby	80 000.-
Cena půdní stavby	20 000 000.-
Cena dalších částí	15 000 000.-
Cena celkem	<u>78 890 000.-</u>

Pokud by tedy celková cena na výstavbu činila 78 890 000 Kč a přibližná výroba za rok pro tento instalovaný výkon by činila cca 15 680 000 Kč, pak doba návratnosti (po zanedbání provozních nákladů a s předpokladem, že na stavbu by nebyl úvěr) by činila cca 5 let. Pro elektrárny s instalovaným výkonem 3x200 kW a 3x250 kW by doba návratnosti činila cca 7 let.

4.2.2 Přibližné náklady na stavbu MVE s instalovaným výkonem 3 x 640 kW

Celková kalkulační cena této ceny pak tedy bude složena z ceny VN rozvodny (dle konfigurace v příloze G), automatiky, ceny turbín, ceny generátorů, budičů a převodů a ceny půdní stavby a ceny transformátorů. Dále bude cena stavby ještě navýšena o ceny výstavby elektrického vedení a přípojky, cenu projektu, stavbu jezu a cenu hradicích částí a vybavení vtokového objektu.

Kalkulace:

Cena vn rozvodny (zahrnující vypínače, měniče, ochrany, rozváděče, atd.)	2 050 000.-
Cena automatiky (zahrnující řídicí systém, rozváděče, vlastní spotřeba atd.)	150 000.-
Cena rezervy (zahrnující baterie, nabíječku, měnič)	100 000.-
Cena strojních částí (zahrnující turbíny, převodovky, hydrauliku, atd.)	45 000 000.-
Cena generátorů	3 350 000.-
Cena budičů	300 000.-
Cena hlavních transformátorů	1 100 000.-
Cena transformátoru vlastní spotřeby	80 000.-
Cena půdní stavby	20 000 000.-
Cena dalších částí	15 000 000.-
Cena celkem	<u>87 130 000.-</u>

Pokud by tedy celková cena na výstavbu činila 87130000 Kč a přibližná výroba za rok pro tento instalovaný výkon by činila cca 26630000 Kč, pak doba návratnosti (po zanedbání provozních nákladů a s předpokladem, že na stavbu by nebyl úvěr) by činila cca 3 roky. Pro elektrárnu s instalovaným výkonem 3x560 kW (MVE Bělov) by doba návratnosti činila rovněž cca 3 roky. Pro MVE Nedakonice z důvodu úpravy jezu (v Uherském Ostroze) a prohloubení koryta řeky by byla tato cena o cca 15000000 Kč vyšší. Doba návratnosti by pak vzrostla až na 3,5 roku při roční (hrubé) výrobě 30390000 Kč.

4.2.3 Přibližné náklady na stavbu MVE s instalovaným výkonem 3 x 1120 kW

Celková kalkulace této ceny pak bude složena z ceny vn rozvodny (dle konfigurace v příloze F), automatiky, ceny turbín, ceny generátorů, budičů a převodů a ceny půdní stavby a ceny transformátorů. Nemalou část investičních prostředků pak bude stát stavba nového jezu a zrušení starých splavů. Dále cena stavby bude ještě navýšena o ceny výstavby elektrického vedení a přípojky, cenu projektu, stavbu jezu, cenu hradících částí a vybavení vtokového objektu.

Kalkulace:

Cena vn rozvodny (zahrnující vypínače, měniče, ochrany, rozváděče, atd.)	2 380 000.-
Cena automatiky (zahrnující řídicí systém, rozváděče, vlastní spotřeba atd.)	150 000.-
Cena rezervy (zahrnující baterie, nabíječku, měnič)	100 000.-
Cena strojních částí (zahrnující turbíny, převodovky, hydrauliku, atd.)	48 000 000.-
Cena generátorů	4 800 000.-
Cena budičů	300 000.-
Cena hlavních transformátorů	1 300 000.-
Cena transformátoru vlastní spotřeby	80 000.-
Cena půdní stavby	22 000 000.-
Cena dalších částí	15 000 000.-
Cena stavby jezu	150 000 000.-
Cena zrušení stávajících jezů a prohloubení koryta	100 000 000.-
Cena celkem	<u>344 110 000.-</u>

Pokud by tedy celková cena na výstavbu elektrárny a jezu činila 344110000 Kč a přibližná výroba elektrické energie za rok pro tento instalovaný výkon by činila cca 50960000 Kč, pak doba návratnosti (po zanedbání provozních nákladů a s předpokladem, že na stavbu by nebyl úvěr) by činila cca 7 roků.

4.3 Shrnutí ekonomického zhodnocení

Celkovou vyrobenou elektrickou energii a tomu odpovídající cenu v jednotlivých vodních elektrárnách (za rok 2007) jsem shrnul v tabulce 4-1, kde jsem i uvedl počet předpokládaných dnů, kdy by elektrárny byly v klidu (z důvodu zvýšeného průtoku a tudíž poklesu spádu). Dále

jsem uvedl v tabulce 4-2 přibližné náklady na výstavbu těchto elektráren a jejich dobu návratnosti vypočtenou z hrubé výroby.

Tabulka 4-1: Vyrobená energie

Název MVE	Výroba v „kWh“			Výroba v „Kč“		
	Varianta A	Varianta B	Bez varianty	Varianta A	Varianta B	Bez varianty
	W (kWh)	W (kWh)	W (kWh)	Kč	Kč	Kč
Lanžhot	3920574			15682297		
Gbely	2889674			11558695		
Kopčany	3884506			15538024		
Lanžhot - Kopčany		12742309			50969234	
Vnorovy			6658748			26634992
Uh. Ostroh	2989776			11959106		
St Město	2867851			11471405		
Nedakonice		7598241			30392965	
Bělov			6570628			26282510
Celkem	16552382	20340550	13229376	66209527	81362199	52917502
Celkem A + Bez var.			29781757			119127029
Celkem B + Bez var.			33569925			134279702

Tabulka 4-2: Náklady na stavbu a doba návratnosti MVE

Název MVE	Náklady na stavbu MVE			Doba návratnosti MVE		
	Varianta A	Varianta B	Bez varianty	Varianta A	Varianta B	Bez varianty
	Kč	Kč	Kč	Roky	Roky	Roky
Lanžhot	78890000			5		
Gbely	78890000			7		
Kopčany	78890000			5		
Lanžhot - Kopčany		344110000			7	
Vnorovy			87130000			3
Uh Ostroh	78890000			7		
St Město	78890000			7		
Nedakonice		87130000			3	
Bělov			87130000			3

5 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabýval nalezením lokalit pro výstavbu MVE na středním a dolním toku řeky Moravy a návrhem vodních elektráren pro tyto lokality ve více variantách. Dále jsem analyzoval návrh elektročástí těchto elektráren a návrh způsobu vyvedení výkonu.

Jelikož se jedná u všech elektráren o nízkospádové MVE, s přihlédnutím na tuto velikost spádu a průtoku jsem navrhl MVE s turbínami od firmy Hydrohrom o průměru oběžného kola $D = 2m$. Jednalo by se o soustrojí typu S-Kaplan (kolenové provedení podle příloh J a K).

Na dolním toku Moravy jsem našel celkem tři vhodné nízkospádové lokality. V těchto lokalitách jsem dvě možné varianty výstavby. První varianta je řešena pomocí příjezových elektráren umístěných přímo u již vybudovaných splavů. Druhá varianta počítá s výstavbou nového jezu a se zbouráním stávajících splavů. Navržené výkony jednotlivých elektráren jsou v tabulce 3-1 a místa umístění těchto elektráren je v přílohách B a C.

Na středním toku jsem našel celkem pět lokalit. Navržené výkony jednotlivých elektráren jsou v tabulce 3-1 a navržený způsob vyvedení těchto výkonů je v přílohách B a C.

Dále jsem vypočetl přibližnou výrobu těchto elektráren z průtoků za rok 2007, jež jsou v přílohách M až P. Velikost této výroby i s přihlédnutím na změnu spádu při změně průtoku je v tabulce 4-1. V tabulce 4-2 jsem uvedl celkové náklady na výstavbu těchto elektráren a taktéž doby návratnosti. Tyto doby jsou počítané přímo z výroby bez odečtení ročních nákladů na provoz těchto elektráren, neboť náklady jsou silně odlišné a to s ohledem, zda u MVE bude nějaká obsluha, dále podle způsobu provozu těchto elektráren a podle toho, jak často budou prováděny generální opravy.

Dále jsem se v této práci zabýval návrhem rozvodu pro daný typ elektrárny. Pro elektrárny s asynchronním motorem (ve funkci generátoru) jsem navrhl rozvodnu nn podle přílohy D a vn rozvodnu podle přílohy E. Pro elektrárny se synchronním generátorem a jejich jmenovitým výkonem $560kW$ a $640kW$ jsem navrhl zapojení podle přílohy G. Pro synchronní generátory s jmenovitým výkonem $1120kW$ jsem navrhl zapojení podle přílohy F. Tyto zapojení pro synchronní stroje jsem především volil z důvodu přihlédnutí na spolehlivost provozu. Vývody z těchto elektráren by byly řešeny pomocí venkovních vedení, jejichž navržené trasy jsou v přílohách B a C, kde jsou zakresleny jak stávající trasy vedení tak i trasy nových vedení. Tyto trasy jsou voleny do míst, kde se může nacházet vyšší odběr výkonu (průmysl, města a obce). V mapách není pouze nakresleno vyvedení výkonu pro MVE Uherský Ostroh, neboť zde by vyvedení šlo provést do trafostanice (odbočkou na vedení $22kV$) přibližně $200m$ od navržené elektrárny, kde se nachází napájení plavební komory a části města.

Dále jsem zkoumal přibližné řešení vlastní spotřeby a rezervy elektráren. Tato navržená řešení obvodů se nacházejí v přílohách H a I.

Celkový instalovaný výkon všech elektráren, pokud by byly řešeny u stávajících jezů a splavů, by byl $7395kW$ (při dosažitelném výkonu $6770kW$). Jestliže by se postavil nový jez na dolním toku a učinily určité úpravy toku Moravy (například prohloubilo by se koryto), pak by instalovaný výkon těchto elektráren mohl vzrůst až na $8880kW$ (při dosažitelném výkonu $8140kW$). Roční výroba (počítaná z průtoků z roku 2007) by pak pro první případ byla $29780MWh$ (čemuž odpovídá příjem z výroby cca $119\,127\,000Kč$ za rok při výkupní ceně $4Kč/kWh$) a v druhém případě $33570MWh$ (čemuž odpovídá příjem z výroby cca

134 280 000 Kč za rok při výkupní ceně 4 Kč/kWh). Tato velikost se samozřejmě bude lišit podle toho, zda se jedná o suchý nebo mokrý rok.

Celkové náklady na stavbu těch nejmenších MVE by přibližně činily cca 78 890 000 Kč a náklady na stavbu největší elektrárny na dolním toku by přibližně činily 344 110 000 Kč. Celkové náklady na vybudování všech MVE s tím, že by byly umístěny u stávajících jezů a splavů, by byly cca 568 710 000 Kč, pokud by byly postaveny u nového jezu, nebo pokud by bylo potřeba upravit ještě řečiště, pak by náklady dosáhli cca 605 500 000 Kč.

Doba návratnosti těchto elektráren by se pohybovala v rozmezí od 3 do 7 let podle způsobu provozu a velikosti provozních nákladů.

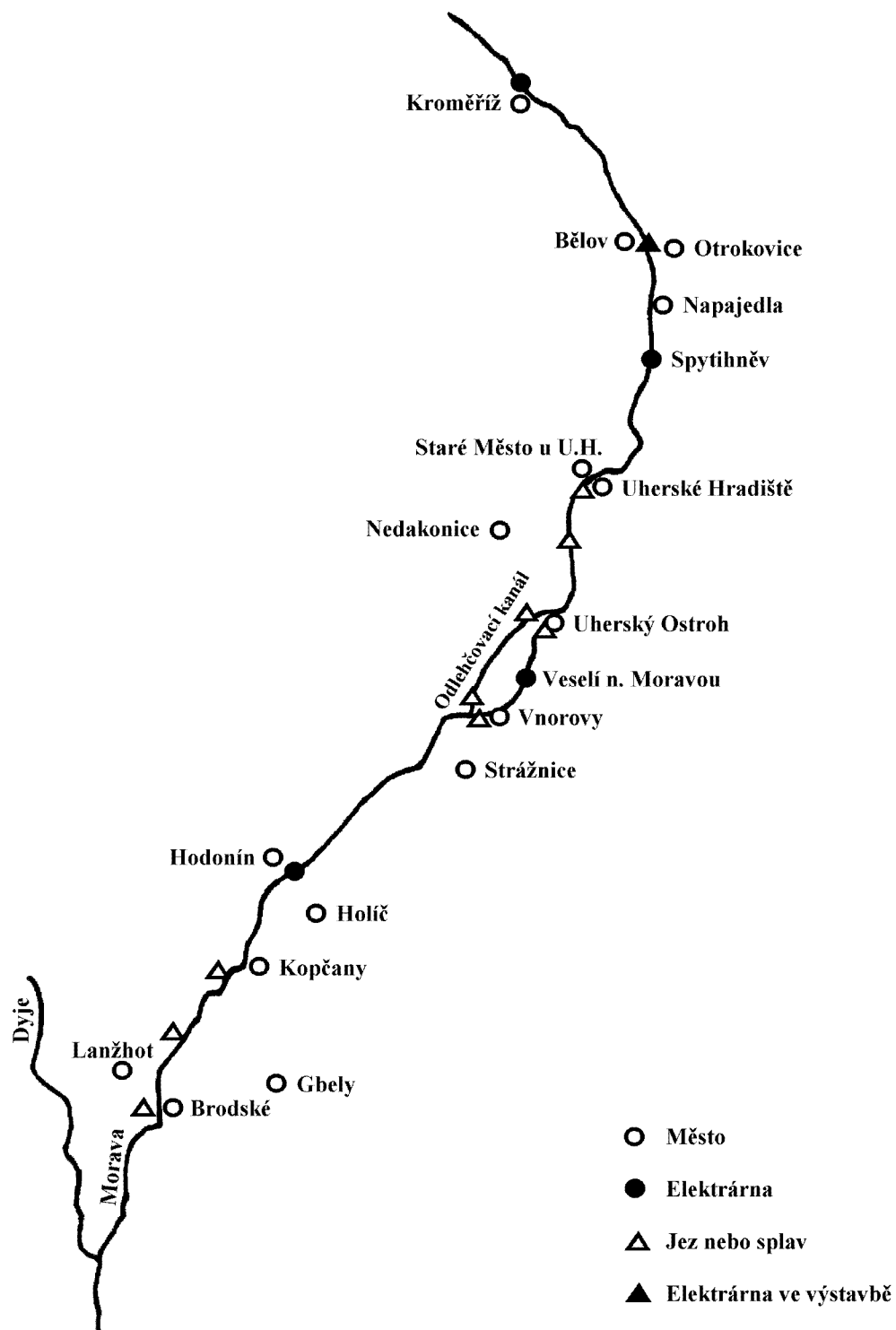
6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Kadmožka J.: Lopatkové stroje, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, září 2003
- [2] Budinský, Burián, Buršová, Schwarz, Šik, Vrbacký, Zpěvák: Skripta pro specializační studium pracovníků vodních elektráren, JIHOMORAVSKÉ ENERGETICKÉ ZÁVODY, BRNO, listopad 1977
- [3] Kubín M.: Rozvoj energetiky Jižní Moravy, JIHOMORAVSKÉ ENERGETICKÉ ZÁVODY, BRNO
- [4] Melichar J., Vojtek J., Bláha J.: MALÉ VODNÍ TURBÍNY Konstrukce a provoz, ČVUT Praha, 1998
- [5] Holata M.: Malé vodní elektrárny, Academia, Česká matice technická, 2002
- [6] Baťův kanál: Vodní cesty - Jezy, [online] Dostupné z www: <http://www.batacanal.cz/2007/cz/cesta/index-f.htm>, [Citované 10.12.2007]
- [7] Povodí Moravy: Stavy průtoků, [online] Dostupné z www: <http://www.pmo.cz> [Citované 1.12.2007]
- [8] ČEZ: Vodní elektrárny ČEZ, [online] Dostupné z www: [http://www.cez.cz/cs/energie-a-ziivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/vodni/vodni-elektrarny-cez-\(kratky-prehled-s-profilem-a-fotkou\).html](http://www.cez.cz/cs/energie-a-ziivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/vodni/vodni-elektrarny-cez-(kratky-prehled-s-profilem-a-fotkou).html), [Citované 6.1.2008]
- [9] Hydrohrom: Kaplanovy turbíny - Hydrohrom, [online] Dostupné z www: <http://www.hydrohrom.cz/KaplanCZ.htm>, [Citované 15.2.2008]
- [10] Hydrohrom: Uspořádání strojovny - Hydrohrom, [online] Dostupné z www: http://www.hydrohrom.cz/KaplanCZ_soubory/schema.gif, [Citované 15.2.2008]
- [11] Moeller: Průmyslové instalace – jističe a rozváděče, [online] Dostupné z www: http://www.moeller.cz/produkty-prumyslove_instalace-vypinace_jisteni, [Citované 4.3.2008]
- [12] Moeller: Stykače, [online] Dostupné z www: http://www.moeller.cz/pdf/tiskoviny_pdf_296.pdf, [Citované 25.3.2008]
- [13] Elpro – Energo: Suché transformátory, [online] Dostupné z www: http://www.elpro-energo.cz/suche_transformatory.php?dir=suche_transformatory&file=vykresy_22_0_4_kV_txt, [Citované 4.3.2008]
- [14] Kompel: Ceník vybraného sortimentu Kompel – Kompenzační baterie, [online] Dostupné z www: <http://www.kompel.cz/cenik.php>, [Citované 4.3.2008]
- [15] ABB: UniGear – Vzduchem izolované, kovově kryté rozváděče vysokého napětí, [online] Dostupné z www: <http://www.abb.cz/product/seitp328/e16e839e3b1e2868c1256ec2003d60c8.aspx?productLanguage=cz&country=CZ>, [Citované 4.3.2008]
- [16] ABB: Přístrojové transformátory, [online] Dostupné z www: <http://www.abb.cz/product/cz/9AAC720011.aspx>, [Citované 20.4.2008]
- [17] JK Energo: Budiče synchronních strojů, [online] Dostupné z www: http://www.jk-energo.com/download/DSR100_Bulletin.pdf, [Citované 10.5.2008]
- [18] Eprona a.s.: Nabíječky baterií, [online] Dostupné z www: <http://www.eprona.cz/cz/hfs.html>, [Citované 10.5.2008]

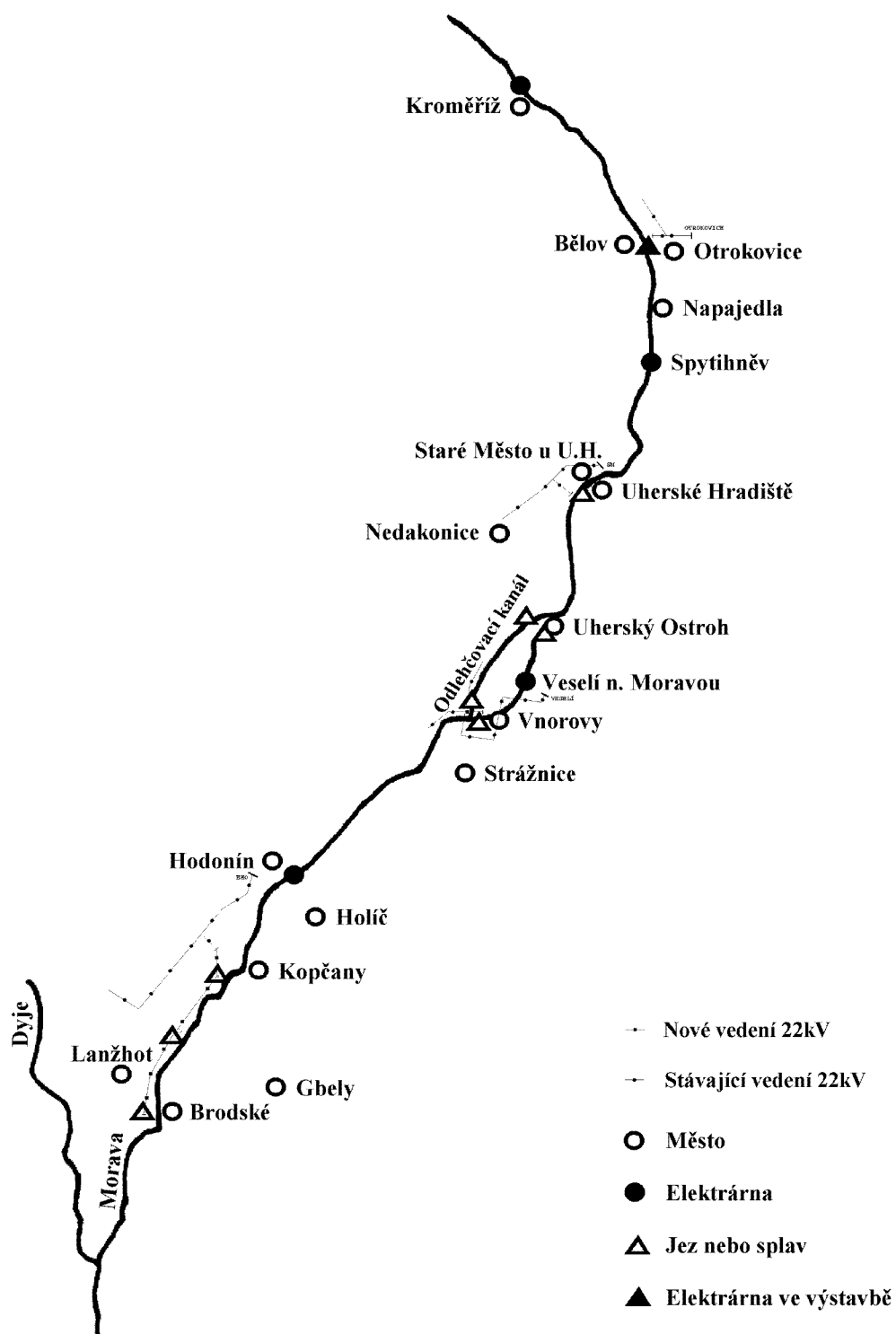
- [19] Energetický regulační úřed: Cenové rozhodnutí pro výkup energie z obnovitelných zdrojů, [online] Dostupné z www: http://www.eru.cz/edoc/cr_e/er_cr_7_2007_oze.pdf, [Citované 10.5.2008]

Přílohy

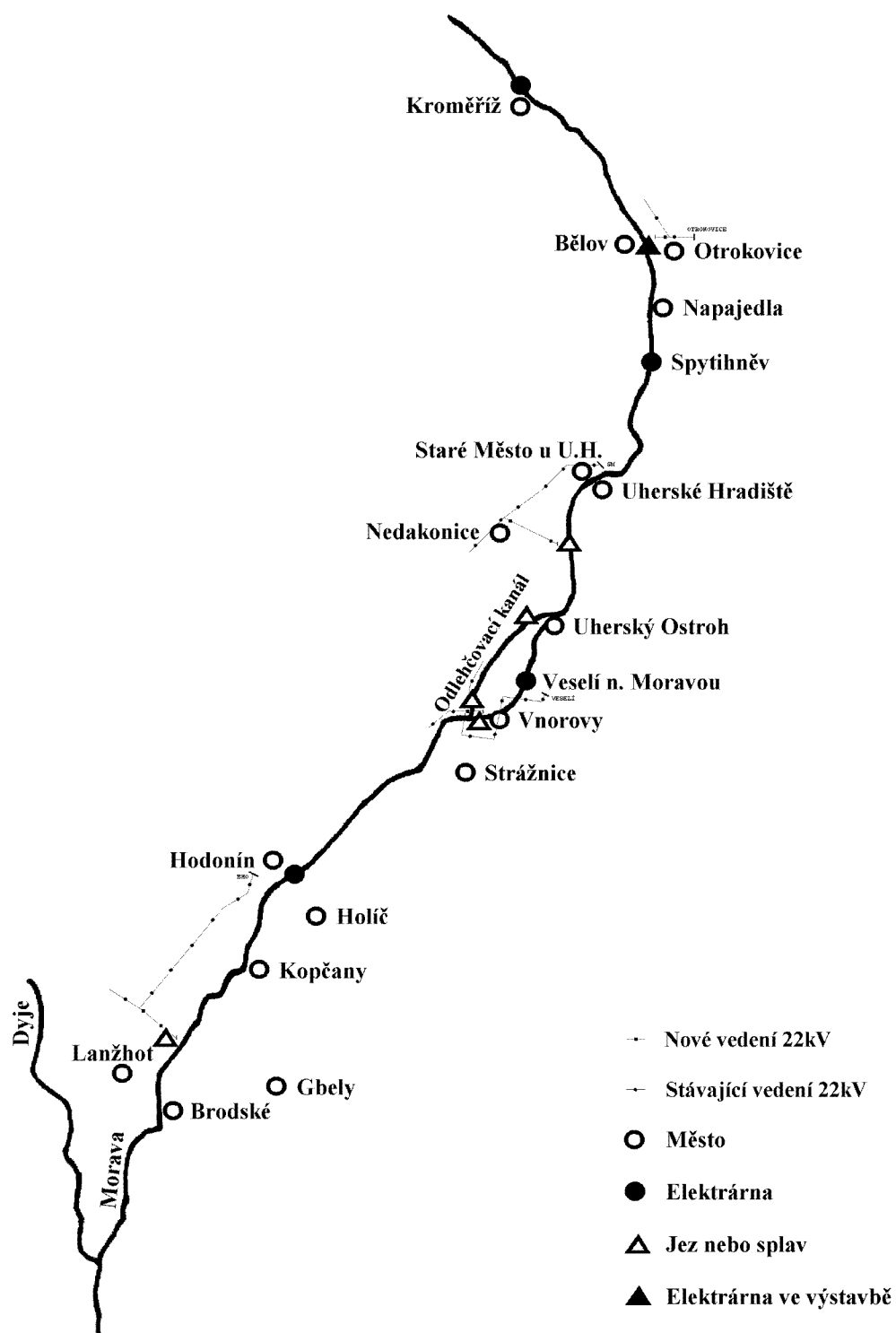
Příloha A Mapa lokalit



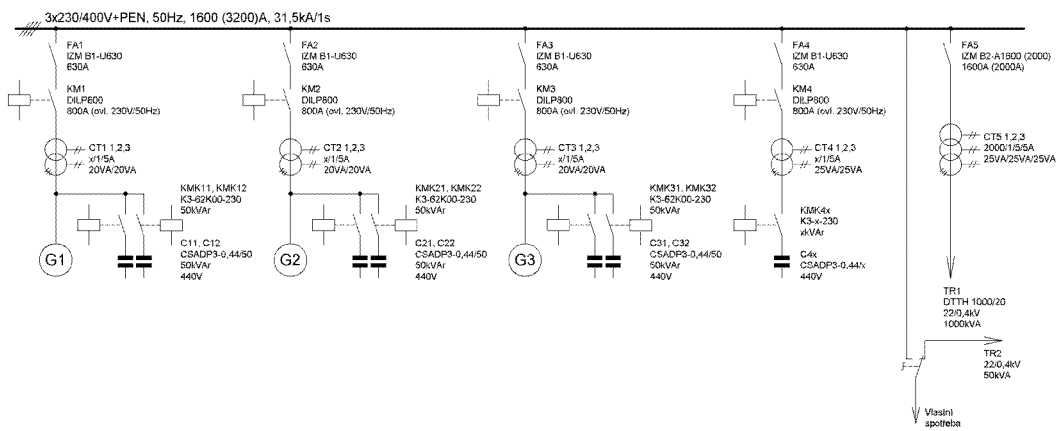
Příloha B Mapa lokalit varianta A



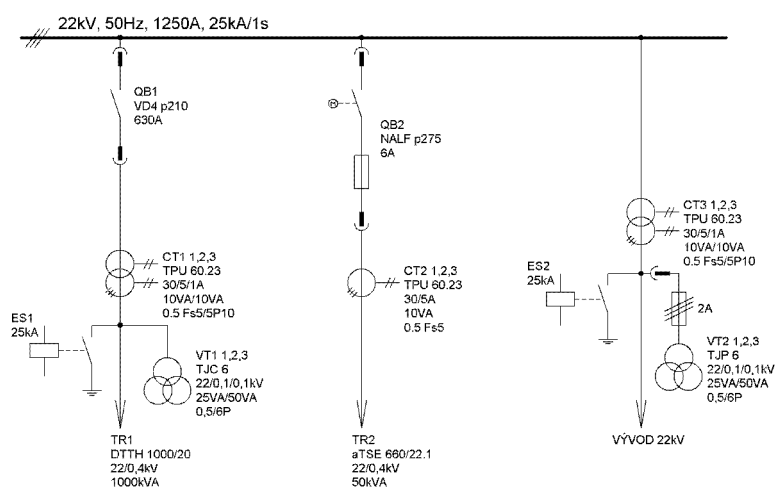
Příloha C Mapa lokalit varianta B



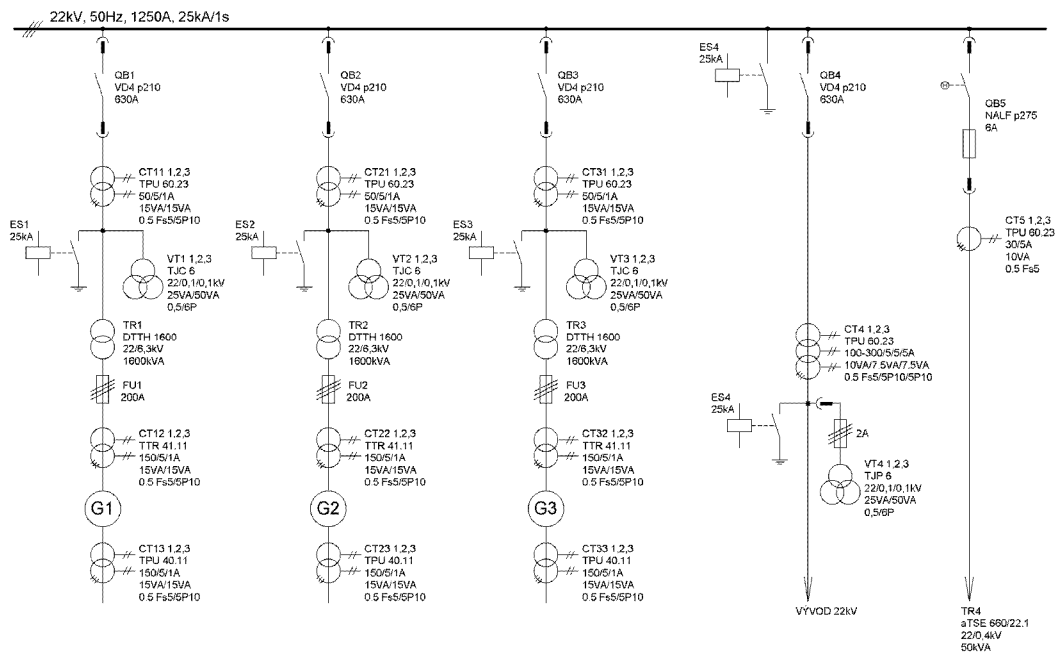
Příloha D Jednopolové schéma nn rozvodny 400 V



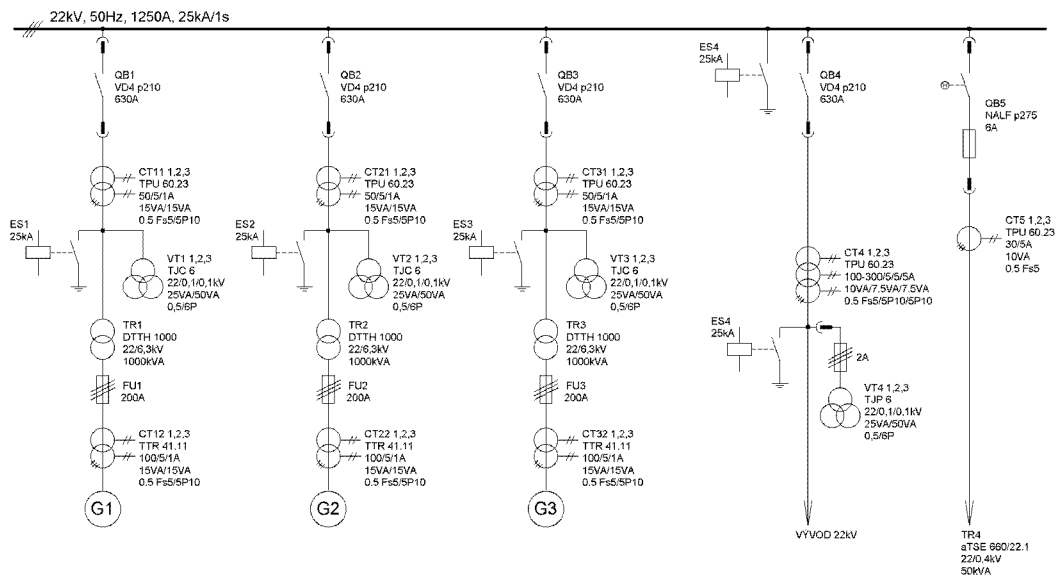
Příloha E Jednopolové schéma vn rozvodny 22 kV



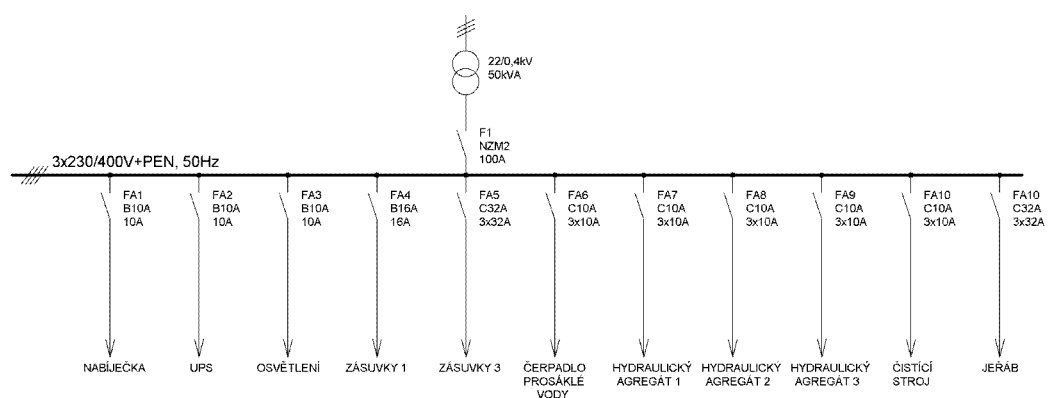
Příloha F Jednopolové schéma vn rozvodny 22 kV



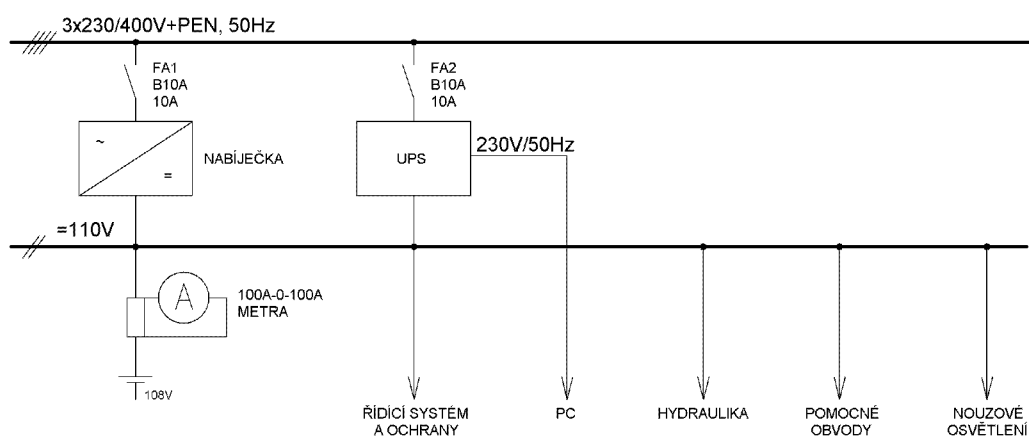
Příloha G Jednopolové schéma vn rozvodny 22 kV



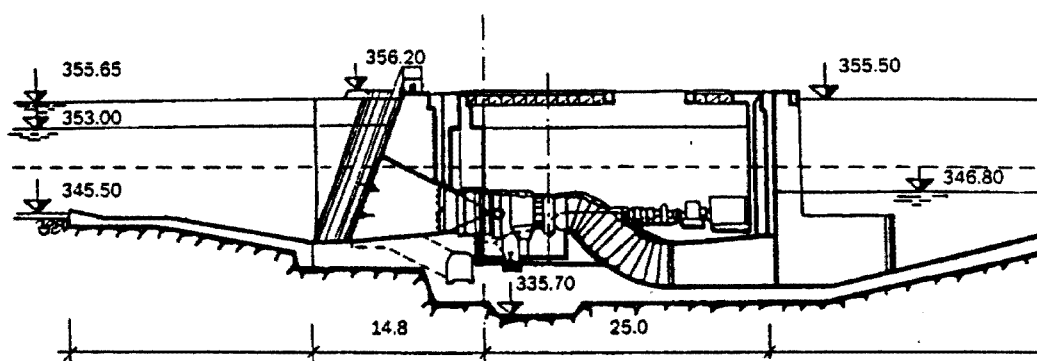
Příloha H Zapojení vlastní spotřeby MVE



Příloha I Zapojení rezervy MVE

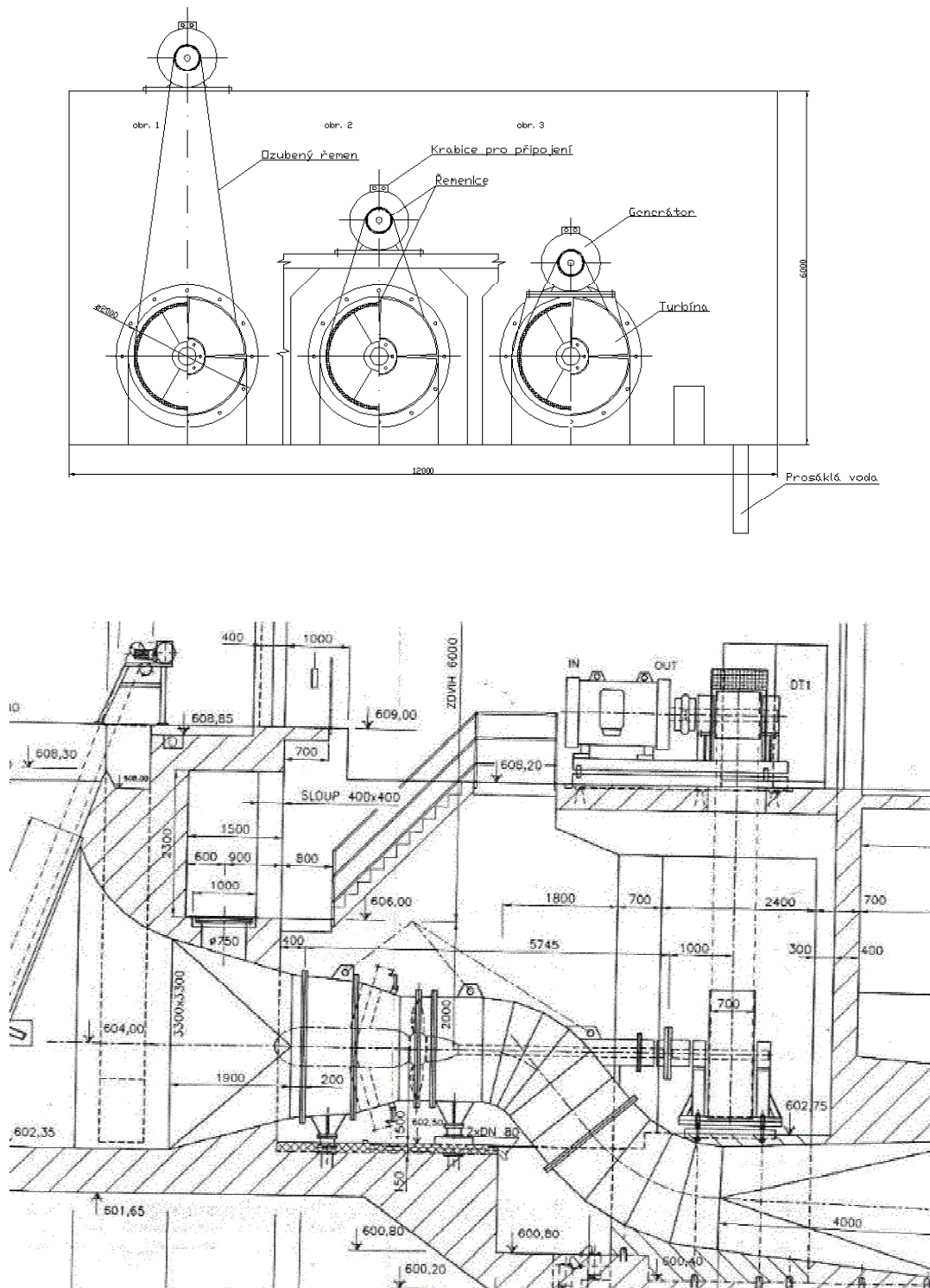


Příloha J Umístění generátorů s ozubeným soukolím

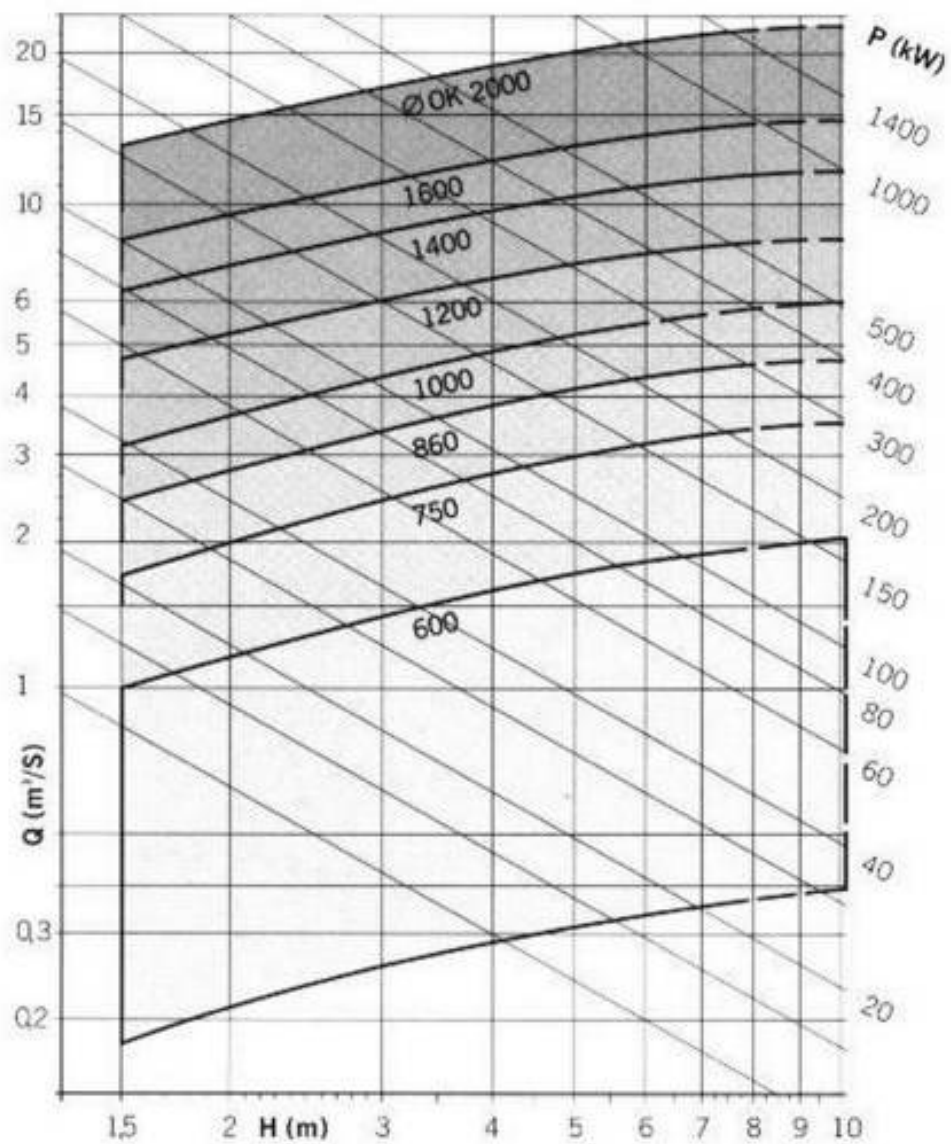


Poznámka: Tyto kóty nepatří k daným návrhům MVE, ale k uspořádání MVE Kořensko. Tento obrázek slouží pouze pro představu uspořádání turbíny, převodovky a generátoru.

Příloha K Umístění generátorů s řemenovým převodem

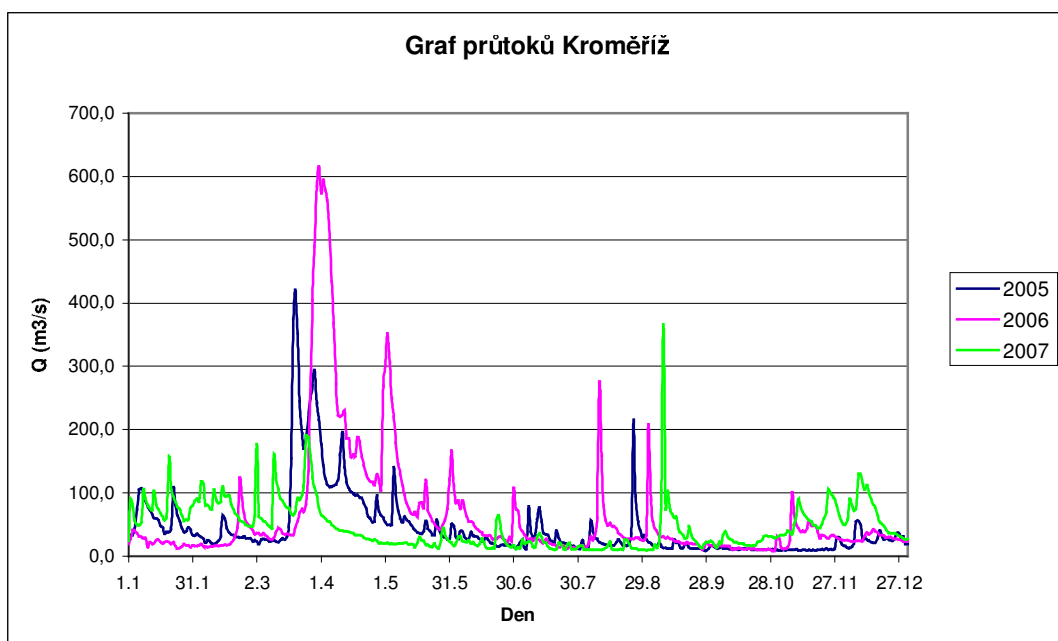


Příloha L Graf Kaplanových turbín – Hydrohrom

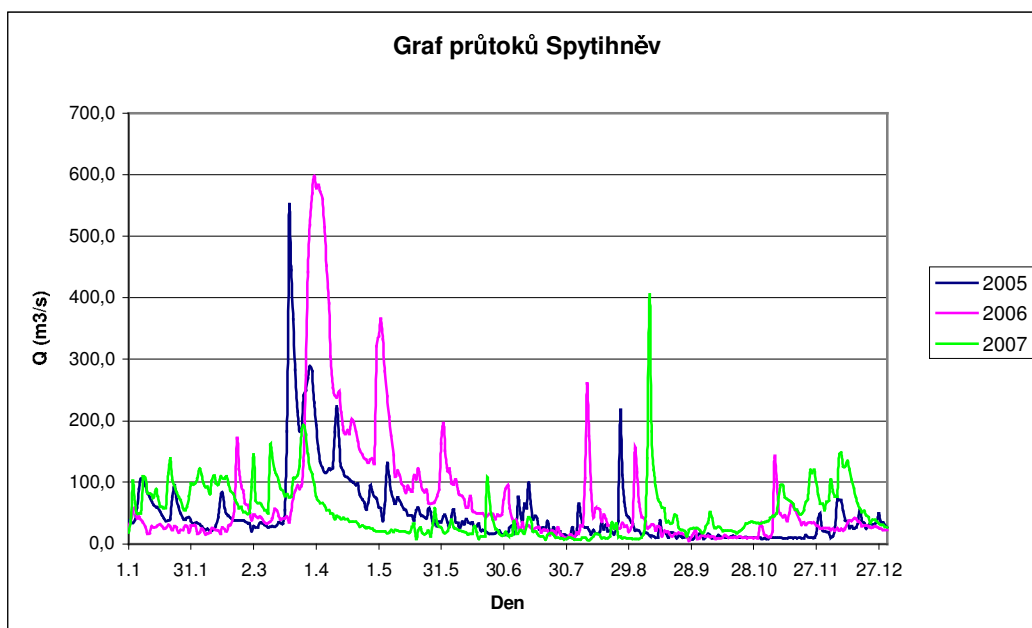


Parametry průtoku a výkonu turbín HYDROHROM
 Durchfluss- und Leistungskennwerte der Turbinen HYDROHROM
 Discharge and output characteristics of HYDROHROM turbines

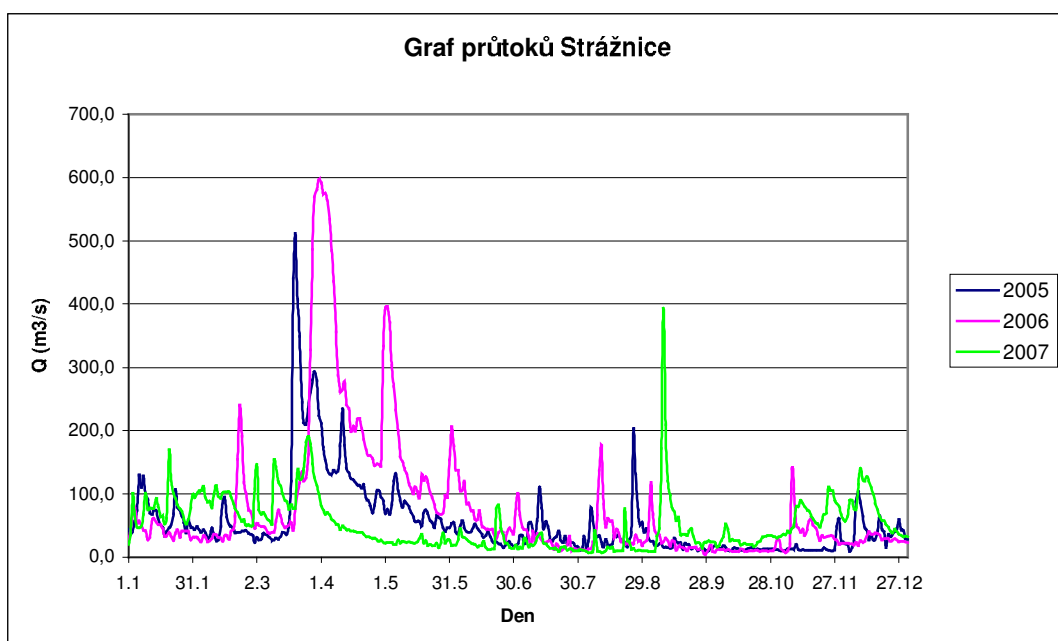
Příloha M Graf průtoků Kroměříž

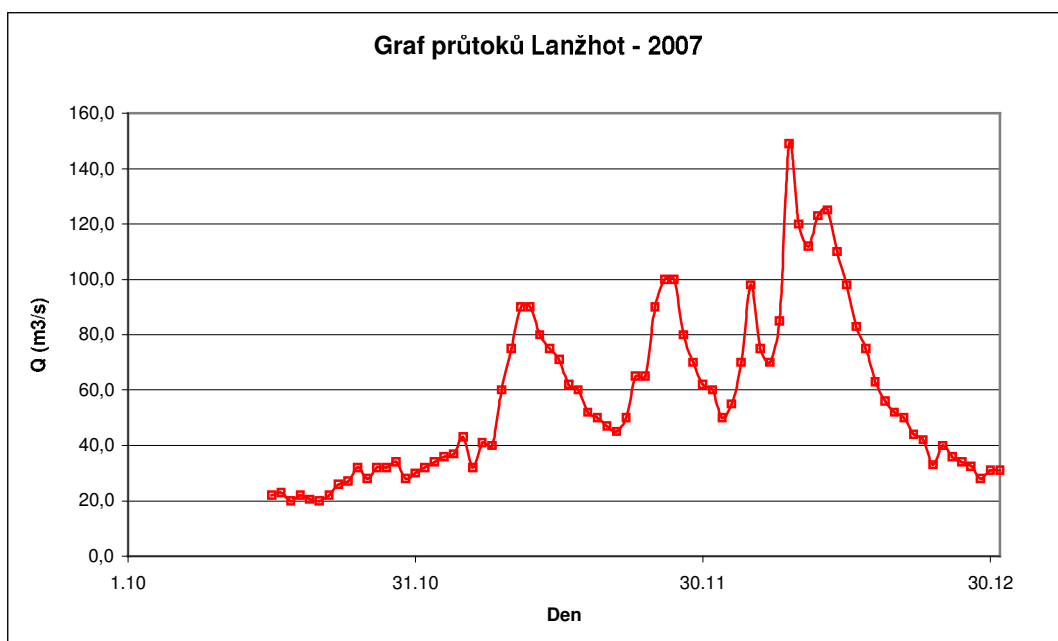


Příloha N Graf průtoků Spytihněv



Příloha O Graf průtoků Strážnice



Příloha P Graf průtoků Lanžhot

Příloha Q Graf průtoků za rok 2007

