



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STUDIE PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY

FEASIBILITY STUDY OF THE PUMPED STORAGE POWER STATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Aneta Suchomelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ DRÁB, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Aneta Suchomelová
Název	Studie přečerpávací vodní elektrárny
Vedoucí práce	doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- Odborná literatura a předpisy z oboru využití vodní energie, hydrauliky, hydrologie a energetiky.
- Specifikace základních parametrů navrhované PVE.
- Firemní materiály dodavatelů stavební a technologické části.
- Mapové podklady.
- Výkresová dokumentace.
- Hydrologické údaje.
- Měření provozních veličin.
- Manipulační řády.
- Územně plánovací dokumentace.
- Geologické podklady.
- Fotodokumentace zájmové lokality.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem práce je studie přečerpávací vodní elektrárny (PVE) v lokalitě Střekov na Labi. Řešení bude vycházet ze specifikace základních parametrů PVE (viz podklady) a bude zahrnovat zpracování jedné varianty stavební a technologické části strojovny PVE. Výstupy práce budou obsahovat tyto přílohy:

- průvodní a technická zpráva,
- situace širších vztahů,
- celková situace PVE,
- dva svislé řezy strojovnou PVE,
- půdorysný řez strojovnou PVE,
- hydraulické a hydroenergetické výpočty,
- fotodokumentace.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT:

Cílem bakalářské práce je studie přečerpávací vodní elektrárny v lokalitě Střekov na Labi, v blízkosti Masarykova zdymadla Střekov. Studie se zabývá především zpracováním stavební a technologické části strojovny pro variantu šachtové strojovny umístěné v prostoru stávajícího přístaviště Vaňov. Předmětem studie není vypracování dokumentace horní nádrže ani přivaděče vody z horní nádrže. Studie se skládá z několika částí, konkrétně zpracování technické zprávy, hydrotechnických výpočtů, výkresové dokumentace strojovny přečerpávací vodní elektrárny a fotodokumentace lokality.

KLÍČOVÁ SLOVA

přečerpávací vodní elektrárna, Masarykovo zdymadlo Střekov

ABSTRACT

The aim of this thesis is a study of the pumped storage power station in Střekov located on the river Elbe. The study primarily deals with the processing of the building and technological part of the engine room for the underground engine room variant located in the area of the existing Vaňov harbor. The subject of the study is neither the documentation of the upper water reservoir nor the water supply from the upper water reservoir. The study is divided into several parts, including an engineering report, hydro-technical calculations, project documentation of the engine room concerning the pumped storage power station and the photographic documentation of the locality.

KEYWORDS

pumped storage power station, Masaryk's lock Střekov

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

SUCHOMELOVÁ, Aneta. *Studie přečerpávací vodní elektrárny*. Brno, 2017. 29 s., 6 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2017

Aneta Suchomelová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, panu doc. Ing. Aleši Drábovi, PhD., za odborné vedení, vstřícné jednání a v neposlední řady za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za jejich podporu při studiu.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STUDIE PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY

FEASIBILITY STUDY OF THE PUMPED STORAGE POWER STATION

TECHNICKÁ ZPRÁVA

PŘÍLOHA A

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Aneta Suchomelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ DRÁB, Ph.D.

BRNO 2017

OBSAH

1. ÚVOD A CÍLE PRÁCE.....	10
1.1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY PVE.....	10
1.2. CÍLE PRÁCE	10
2. PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ.....	11
2.1. VŠEOBECNÉ PODKLADY	11
2.2. SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY	12
3. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ STAVBY	13
3.1. STÁVAJÍCÍ STAV	13
3.2. HYDROLOGICKÉ ÚDAJE	13
3.2.1. Profil nad jezovou zdrží VD Sřekov – jez Lovosice	13
3.2.2. Profil v úseku pod jezovou zdrží VD Sřekov – nad Bílinou	14
3.3. GEODETICKÉ PODKLADY	14
3.4. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	15
3.4.1. Morfologické poměry	15
3.4.2. Hydrogeologické poměry	15
3.4.3. Geologické poměry.....	15
4. NAVRŽENÉ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	17
4.1. ÚČEL A PŘEDMĚT STAVBY	17
4.2. ČLENĚNÍ STAVBY	18
5. STAVEBNÍ ČÁST.....	18
5.1. SO 1 – VTOKOVÝ OBJEKT PVE	18
5.2. SO 2 – HORNÍ STAVBA PVE.....	18
5.3. SO 3 – SPODNÍ STAVBA PVE.....	19
5.4. SO 4 – PŘIVADĚČ	19
6. TECHNOLOGICKÁ ČÁST.....	19
6.1. PS 1 - STROJNÍ ČÁST PVE	19
6.2. PS 2 – ELEKTROTECHNICKÉ VYBAVENÍ PVE.....	20
7. ZÁVĚR.....	21
8. SEZNAM ZKRATEK.....	22
9. SEZNAM TABULEK	22
10. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	22
11. SEZNAM PŘÍLOH.....	23

1. Úvod a cíle práce

1.1. Úvod do problematiky PVE

Přečerpávací vodní elektrárna (PVE) představuje typ vodní elektrárny, který umožňuje tzv. sekundární, popř. smíšenou hydraulickou akumulaci energie [1]. Principem je využití přebytečné energie vyrobené v tepelných, jaderných, větrných, fotovoltaických a průtočných elektrárnách při menším zatížení elektrické energie (zejména během noci) k čerpání vody z dolní nádrže do výše položené horní nádrže. Z horní nádrže naopak v době špičkového zatížení elektrické sítě protéká voda turbínou zpět do dolní nádrže, tím se zhodnocuje a přerozděluje v čase již vyrobená energie [1].

V současnosti neexistuje efektivnější způsob, jak uchovat větší množství přebytečné elektrické energie na delší dobu. Dnes se využívají hlavně díky schopnosti rychle reagovat na výkyvy ve spotřebě energie. Hlavními výhodami je jejich jednoduchá obsluha a velká životnost. Ovšem nevýhodou je, technická náročnost, z čehož vyplývá, že PVE může být zbudována pouze v morfologicky vhodné lokalitě.

PVE mohou sloužit v elektrizační soustavě třemi způsoby. První je statická záloha, což znamená špičkovou dodávku elektrické energie. Druhým způsobem je dynamická záloha, která plní funkci zálohy jako doplňkový zdroj elektrického výkonu v době jeho nedostatku nebo přebytku. Posledním způsobem může být kompenzační režim, který představuje regulaci napětí v elektrické soustavě dodávkou nebo odběrem jalového výkonu pomocí regulace buzení synchronních generátorů [1].

V současnosti jsou všechny velké toky v České republice využívány k výrobě elektrické energie, přesto je jejich podíl na celkové výrobě pouze 3%. V České republice jsou v současnosti v provozu 3 PVE (Dalešice, Dlouhé Stráně, Štěchovice).

1.2. Cíle práce

Cílem této práce je vypracování studie PVE v lokalitě Střekov na Labi, konkrétně zpracování stavební a technologické části strojovny PVE, varianty s umístěním dvou Francisových reverzních turbín do šachtové strojovny s tlakovým přiváděčem a krátkým odpadním tunelem. Tato varianta počítá s umístěním strojovny ve veřejném přístavu Ústí nad Labem – Vaňov. Předmětem studie není vypracování dokumentace horní nádrže ani přiváděče vody z horní nádrže.

2. Přehled výchozích podkladů

2.1. Všeobecné podklady

- [1] DRÁB, A. *PVE PODLEŠÍN - Možnosti hydroenergetického využití lokality: I. ETAPA*. Brno, 2016.
- [2] Povodí Labe, s. p., Vodní díla, *Zdymadla na Labi, Střekov, Masarykovo zdymadlo Střekov na Labi v ř. km 767,679*, [online], [2016-09-13], Dostupné na: http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/zdl_strekov.pdf.
- [3] Vaňov. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Va%C5%88ov>
- [4] Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/>
- [5] Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2016-11-6]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- [6] *Manipulační řád pro vodní dílo Lovosice*. Povodí Labe, státní podnik. Hradec Králové.
- [7] *Manipulační řád pro vodní dílo Střekov na Labi, ř. km 767,679*. Povodí Labe, státní podnik. Hradec Králové, září 2012.
- [8] MORIC, P. *Podlešín a Střekov. Geologická rešerše*. Aquatis, a.s., 10/2016.
- [9] Česká geologická služba. *On-line aplikace* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/sluzby/aplikace>
- [10] ROSOLOVÁ, V. Závěrečná zpráva o podrobného inženýrskogeologickém průzkumu na staveništi jeřábové dráhy, osvětlovacího stožáru a přeložky přivaděče vody v areálu nap. Prefa ve Vaňově, okres Ústí nad Labem“, *Stavební geologie Praha*, 3/1988.
- [11] PAVLOUSEK, V. *Akumulace vodní energie čerpáním a její užití při Masarykově zdymadle*. Časopis československých inženýrů, Technický obzor. r. XXXV/17, 1927.
- [12] *Aplikace GISyPoNET*. Povodí Labe, s.p. Hradec Králové. [online]. [cit. 2016-09-06]. Dostupné z: <http://igis.pla.cz/gisypo/>.
- [13] Seznam.cz [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.seznam.cz/>
- [14] *Manipulační řád pro vodní dílo Střekov na Labi, ř. km 767,679*. Povodí Labe, státní podnik. Hradec Králové, září 2012.
- [15] JANDORA, J., STARA, V., STARÝ, M. *Hydraulika a Hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2204-1.
- [16] HYNKOVÁ, E. *Využití vodní energie: Vybrané statě I*. Brno: Ediční středisko VUT Brno, 1984.
- [17] *Masarykova zdymadla a veřejné přístaviště Vaňov, 2012.JPG*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Masarykova_zdymadla_a_ve%C5%99ejn%C3%A9_p%C5%99%C3%ADstavi%C5%A1t%C4%9B_Va%C5%88ov,_2012.JPG
- [18] KUTÍLEK, L. Vaňov. In: *Youtube* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=NxxIMxN9G0U&t=125s>

- [19] ČEZ, a.s., Vodní elektrárny. *Přečerpávací vodní elektrárna: Dlouhé Stráně*. Šumperk: Reklamní studio PVT, 1997.
- [20] ČEZ, a.s.: *Výroba elektřiny, Obnovitelné zdroje, Voda, Vodní elektrárny ČEZ* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/voda/vodni-elektrarny-cez.html>

2.2. Související předpisy

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) a související vyhlášky.

ČSN 01 3469 Výkresy inženýrských staveb - Výkresy hydrotechnických a hydroenergetických staveb – Stavební část.

ČSN 08 5000 Názvosloví vodních turbín, akumulčních čerpadel, čerpadlových turbín a regulátorů vodních turbín.

ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů.

ČSN 75 0101 Vodní hospodářství - Základní terminologie.

ČSN 75 0120 Vodní hospodářství – Terminologie hydrotechniky.

ČSN 75 0250 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb.

ČSN EN 45510-5-4 Pokyn pro pořizování zařízení elektráren – Část 5-4: Vodní turbíny, akumulční čerpadla a čerpadlové turbíny.

3. Charakteristika území stavby

3.1. Stávající stav

Stavba PVE se nachází v údolí řeky Labe v blízkosti zdymadla Sřekov v jeho zdrži (známé jako Masarykovo zdymadlo) v části Vaňov. Vaňov spadá pod městský obvod Ústí nad Labem – město. Stavba se uvažuje v levém břehu řeky Labe v přístavišti Ústí nad Labem - Vaňov.

Masarykovo zdymadlo pod Sřekovem se nachází v ř. km 767,679 a bylo budováno v letech 1924-1936 [2]. Vybudováním zdymadla byla vytvořena zdrž, která je dlouhá 19,8 km s celkovým objemem 15,9 mil. m³ [2]. Vodní dílo (VD) se začalo stavět hlavně z důvodu splavnění Labe, jelikož bez vybudování vodního díla nebylo možné tuto část Labe splavnit z důvodu nebezpečných peřejí v úseku Vaňov – hrad Sřekov.

Veřejný přístav Ústí nad Labem – Vaňov se nachází na ř. km 768,0 – 768,6 [2]. Přístav je napojený na železniční vlečku a je využíván především k překládce písků a sypkých substrátů [3]. V období března – října je přístav hojně užíván pro linkovou lodní dopravu.

Podél přístaviště jsou vedeny dvě důležité dopravní stavby. První z nich je silnice první třídy I/30, která spojuje obce Lovosice, Ústí nad Labem, Chlumecko a dálnici D8. Podél silnice vede dvoukolejná elektrifikovaná železniční trať 090/091 z Prahy do Děčína, která je součástí I. národního tranzitního železničního koridoru mezi Děčínem a Břeclaví [3].

Celé katastrální území Vaňova se nachází ve zvláště chráněné krajinné oblasti CHKO České Středoohoří a v blízkosti národní přírodní památky NPP Vrkoč [4].

Zájmová lokalita se nachází v Ústeckém kraji na 3 katastrálních územích [5]. Strojovna PVE, výtokový a vtokový objekt se nachází v katastrálním území Vaňov (776807) [5]. Horní nádrž se plánuje umístit v lokalitě Podlešínská pláň, která se nachází částečně na katastrálním území Podlešín u Stebna (755401) [5] a částečně na katastrálním území Chvalov (630373) [5]. Horní nádrž a přivaděč nejsou předmětem této studie. Zájmová lokalita je patrná z přílohy B.1.

3.2. Hydrologické údaje

Hydrologické údaje byly zjišťovány pro dva profily, a to konkrétně pro profil nad jezovou zdrží VD Sřekov – jez Lovosice a pro profil v úseku pod VD Sřekov – nad Bílinou.

3.2.1. Profil nad jezovou zdrží VD Sřekov – jez Lovosice

- **Tok:** Labe
- **Číslo povodí :** 1-13-05-003
- **Název profilu :** jez Lovosice
- **Plocha povodí :** 48 315,470 km²
- **Průměrné roční srážky :** 671 mm
- **Průměrný roční průtok :** 292,2 m³/s

Tab. 1 – Hodnoty m-denních průtoků v Labi pro profil jez Lovosice dle [6]

Průtoky Q_m (m - denní)							
dny	30	90	180	270	330	355	364
Q_m ($m^3 \cdot s^{-1}$)	659	355	202	121	77,1	56,1	43,9

Tab. 2 – Hodnoty N-letých průtoků v Labi pro profil jez Lovosice dle [6]

Průtoky Q_N (N- leté)							
roky	1	2	5	10	20	50	100
Q_N ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1230	1640	2210	2670	3140	3780	4290

3.2.2. Profil v úseku pod jezovou zdrží VD Sřekov – nad Bílinou

- Tok: Labe
- Číslo povodí : 1-13-05-021
- Název profilu : nad Bílinou
- Plocha povodí : 48 541,15 km²
- Průměrné roční srážky : 670 mm
- Průměrný roční průtok : 293,0 m³/s

Tab. 3 – Hodnoty m-denních průtoků v Labi pro profil nad Bílinou dle [7]

Průtoky Q_m (m - denní)							
dny	30	90	180	270	330	355	364
Q_m ($m^3 \cdot s^{-1}$)	660	356	203	121	77,2	56,2	43,9

Tab. 4 – Hodnoty N-letých průtoků v Labi pro profil nad Bílinou dle [7]

Průtoky Q_N (N- leté)							
roky	1	2	5	10	20	50	100
Q_N ($m^3 \cdot s^{-1}$)	1240	1650	2220	2670	3140	3780	4290

3.3. Geodetické podklady

V rámci zpracování studie nebylo provedeno zaměření lokality. Jako geodetické podklady byla využita veřejně přístupná on-line aplikace Geoportál Českého zeměměřičského úřadu [5].

3.4. Geologické a hydrogeologické poměry

Podrobný popis geologických a hydrogeologických poměrů byl proveden v Geologické rešerši [8], která byla využita jako podklad pro vypracování této kapitoly spolu s veřejně přístupnou on-line aplikací ČGS [9].

3.4.1. Morfologické poměry

Území je součástí Krušnohorské soustavy, podsestavy Podkrušnohorské vulkanické horniny, jednotky České středohoří – Verneřické středohoří.

Mezi údolním dnem a plánovaným umístěním horní zdrže je výškový rozdíl cca 300 m. V blízkosti přístavu Vaňov se nachází dle Registru svahových nestabilit ČGS dočasně uklidněná oblast sesuvu. Dle Registru sesuvů – Geofond se v blízkosti nachází plošný blokový posuv s potenciální aktivitou (klíč: 7370) [9]. Horní nádrž s přivaděčem se plánuje umístit do dočasně uklidněné oblasti. Strojovna je navržena v přístavu Vaňov, který se nenachází přímo v žádné sesuvné oblasti.

3.4.2. Hydrogeologické poměry

Podle ČHMÚ náleží oblast k hydrogeologickému rajonu č. 4612 – Křída Dolního Labe po Děčín – levý břeh, severní část. Oblast patří k Českému středohoří, má dobré podmínky pro vznik velkého počtu pramenných vývěřů s mělkým režimem podzemních vod.

V dané lokalitě byl proveden inženýrskogeologický průzkum [10]. Vrt, který se nejdříve blíží umístění strojovny PVE, je vrt s označením J2 [10]. Podzemní voda byla naražená a ustálená na kótě 140,49 m n.m.

3.4.3. Geologické poměry

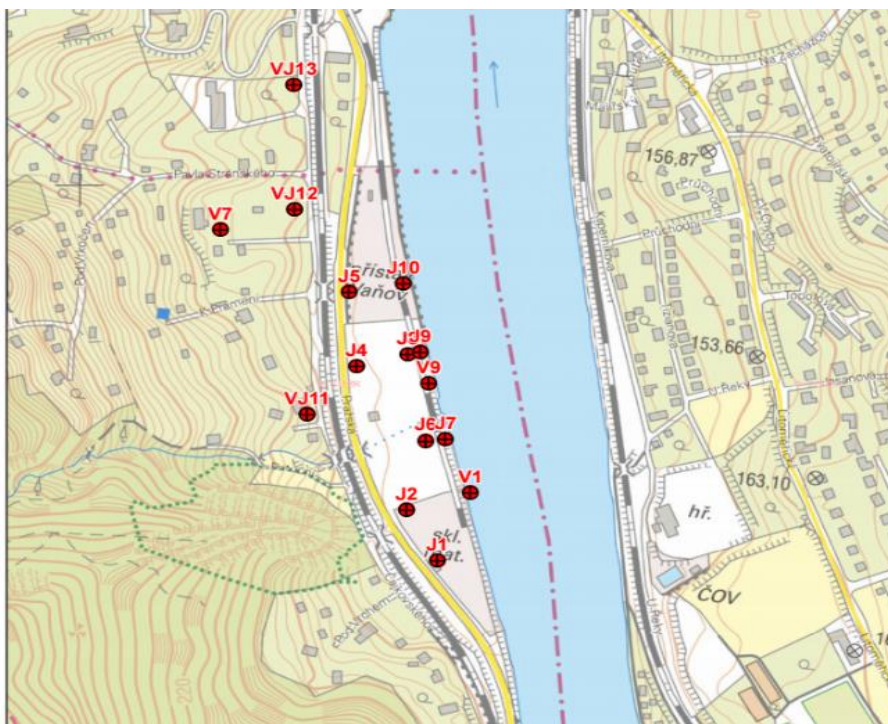
Podle členění regionální geologie náleží popisovaná oblast k soustavě Český masiv - pokryvné útvary a postvaristické magmatity, regionu podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické horniny, rozptýlené alkalické vulkanity, jednotce České středohoří. Předkvarterní podloží tvoří neogenní horniny, převážně čedičových typů, tufy, tufity, pyroklastiky. Třetíhorní hodiny jsou uloženy na povrchu druhohorních křídových sedimentů, kterými jsou turonské slíny, slínovce a pískovce. [1]

Z inženýrskogeologického průzkumu [10], který byl v dané lokalitě proveden vyplývá, že skalní podloží začíná na kótě 131,49 m n.m. Vrt s označením J2 se nachází nejbližší předpokládanému umístění strojovny PVE. Skalní podloží je tvořeno čedičem. Níže jsou popsána litografická data vrtu.

Tab. 5 – Základní litologická data vrtu J2 [10]

Hloubka (m)	Popis
0,00 – 0,30	betonové panely (konstrukce vozovky)
0,30 – 0,70	navážka – neopracované balvany čediče
0,70 – 2,50	navážka – kameny čediče a fonolitu, cihly s výplní písčité hlíny hnědozelené v množství 40%
2,50 – 3,40	navážka – písčité hlína šedohnědá, pevná s úlomky cihel a škvárou
3,40 – 4,00	hlinitý písek žlutošedý, jemnozrný, ulehlý
4,00 - 4,50	hlinitý písek se šterkem žlutohnědý, jemnozrný, ulehlý, zvodnělý, šterku hrubého 20%
4,50 – 5,00	písek hnědožlutý, jemnozrný, ulehlý, zvodnělý
5,00 – 6,80	hlinitý písek žlutohnědý, střednozrný, ulehlý
6,80 – 12,00	kameny a balvany čediče s příměsí písčité hlíny pevné (20%), balvany velikosti do 50 cm, ø 15 cm (diluvium)

SOUŘADNICE: 143,49 m n.m., y= 760 657,60, x= 979 397,10



Obr. 1 – Lokalizace vrtu J2 [10] na mapě

4. Navržené technické řešení

4.1. Účel a předmět stavby

Lokalita Střekov je uvažována jako vhodná lokalita pro stavbu PVE již od r. 1927 [11].

Předmětem studie je rámcový návrh stavební a technologické části strojovny, konkrétně varianty s šachtovou strojovnou na levém břehu řeky Labe, v místě dosud využívaném jako přístaviště v obci Vaňov. Přístaviště se jeví jako vhodná lokalita z důvodu snadné dopravy velkých konstrukcí lodní dopravou a železnicí, která se nachází bezprostředně vedle přístaviště. Do přístaviště je také zavedena vlečka, která usnadní manipulaci s těžkými částmi.

Maximální provozní hladina v jezové zdrži je dle manipulačního řádu [14] 141,45 m n.m., minimální provozní hladina je 140,40 m n.m. V roce 2002 byla lokalita zasažena rozsáhlými povodněmi, v přístavišti byla maximální hladina při povodni 143,68 m n.m [12]. Spodní stavba strojovny PVE je umístěna pod úrovní terénu, který je 143,80 m n.m [5].

Příjezd k PVE je zajištěn zpevněnou komunikací, která se napojuje na silnici I/30 jdoucí podél přístaviště. V areálu stavby je navrženo několik zpevněných ploch, určených pro parkování, respektive pro obracení automobilů. Tyto plochy jsou plynule navázány na komunikaci zavedenou do areálu stavby. V přístavišti je již zavedena stávající vlečka, plánuje se ponechání vlečky a její prodloužení a zavedení do manipulačního prostoru strojovny, čímž se zaručí snadná doprava konstrukčních a technologických prvků na stavbu, respektive při provozu.

Ve strojovně se uvažuje s umístěním dvou Francisových reverzních turbín. Jedna Francisova turbína má průměr oběžného kola 3,3 m s maximálním turbínovým výkonem 193 MW a čerpadlovým výkonem 223 MW. Turbína pracuje při čerpadlovém provozu v rozmezí spádů 330 m s průtoky 62,5 m³/s. Průtok a rozmezí spádů se liší pro turbínový provoz. Turbína pracuje při turbínovém provozu v rozmezí spádů 287 m s průtoky 75 m³/s.

Horní stavba strojovny je tvořena skeletovou konstrukcí, ve které je umístěno zvedací zařízení, které slouží pro manipulaci se strojními částmi například při poruše, či opravě některých provozních prvků. Provozní části strojovny, je tedy možné pomocí zvedacího zařízení vyzvednout na povrch do skeletové haly, odkud jsou umístěny do manipulačního prostoru a odtud mohou být odvezeny pryč. Provozní budova je umístěna vedle strojovny. Z provozní budovy je zajištěn přístup do spodní stavby strojovny pomocí centrálního schodiště a výtahu.

Spodní stavba je řešena jako šachtová a skládá se z železobetonových konstrukcí. Ve spodní stavbě se nachází celkem 9 podlaží. Přístup k jednotlivým podlažím je zajištěn pomocí centrálního schodiště a chodby. V nejnižším místě stavby je umístěna jímka, která odvádí pomocí čerpadla prosáklou a technologickou vodu.

Vedle nadzemní části strojovny jsou umístěny celkem 2 transformátory (předpokládané rozměry jsou: šířka 7 m, délka 10 m a výška 10 m). Dále se uvažuje s umístěním transformátoru vlastní spotřeby (předpokládaný rozměr je: šířka 3 m, délka 4 m a výška 5 m). Vyvedení výkonu z generátoru do transformátoru se uvažuje zapouzďřenými vodiči.

Nátok do vtokového objektu je přímo z toku Labe přes savku. Před vtokem do savky jsou umístěny jemné česle na zachycení plavenin a tabulový uzávěr, umožňující odstavení turbíny z provozu.

Prívod vody z horní nádrže je zajištěn přivaděčem o průměru 4 m. Před spirálou reverzní turbíny, na přívodním potrubí, je navržen kulový uzávěr, který je ovládaný hydromotorem.

4.2. Členění stavby

Studie PVE se skládá z 4 stavebních objektů a 2 provozních souborů:

- SO 1 – Vtokový objekt PVE
- SO 2 – Horní stavba PVE
- SO 3 – Spodní stavba PVE
- SO 4 – Přivaděč

- PS 1 – Strojní část PVE
- PS 2 – Elektrotechnická část PVE

5. Stavební část

5.1. SO 1 – Vtokový objekt PVE

Účelem vtokového objektu je přivádět a odvádět vodu z toku Labe a zároveň regulovat přítokové množství vody. Vtokový objekt je navržen na levém břehu řeky Labe v přístavišti Vaňov.

Konstrukce vtokového objektu je navržena z vodostavebního železobetonu. Vtokový objekt je převýšen 0,9 m nad kótou dna, která je 131,06 m n.m. Vtokový objekt je opevněn betonovým prahem a plynuje přechází na kamenný zához, aby se zajistilo plynulé napojení na dno toku. Vtokový objekt je obdélníkového půdorysu se zaoblenými pilíři, umožňujícími plynulý nátok a výtok vody z a do PVE. Mezi savkami je umístěn dělicí pilíř. Před každou savkou je umístěn tabulový uzávěr s vlastním hydromotorem spolu s předsazenými jemnými česlemi, zabraňujícími vnik nečistot do savky a následně do spirály turbíny. Česle jsou řešeny jako kovové rámy ovládané hydraulicky.

Při maximálním čerpadlovém průtoku $62,5 \text{ m}^3/\text{s}$ je rychlost na česlích 1,0 m/s.

5.2. SO 2 – Horní stavba PVE

Účelem horní stavby je umístění zvedacího zařízení pro manipulaci s těžkými a velkými konstrukcemi a technologiemi PVE. Horní stavba je tvořena skeletovou halou, která se rozkládá nad spodní stavbou a je rozšířena o 12 m oproti spodní stavbě, čímž se vytvoří manipulační prostor. Vnější rozměry haly jsou: šířka 19,7, délka 40,6 m, výška 14,3 m. Vstup/vjezd do haly je zajištěn sekčními vraty o výšce 6 m a šířce 5,5 m.

Provozní budova je navržena jako zděná budova a nachází se bezprostředně vedle skeletové haly tvořící horní stavbu šachtové strojovny. Uvažuje se vícepodlažní objekt. V provozní budově se nachází jedno podzemní podlaží, které je spojeno s manipulační částí strojovny. Z tohoto podzemního podlaží je zajištěn vstup do strojovny, konkrétně do chodby, která vede k centrálnímu schodišti. Provozní budova má vnější půdorysné rozměry: délka 12,0 m, šířka

18,9 m. V provozní budově se uvažuje s umístěním sociálního zařízení pro zaměstnance a všech systémů řízení technologických procesů. Předpokládá se plně automatizované řízení provozu soustrojí PVE.

5.3. SO 3 – Spodní stavba PVE

Podzemní část strojovny je tvořena konstrukcemi vytvořenými z vodostavebního železobetonu. Rozhraní mezi nadzemní a podzemní částí strojovny je tvořeno podlahou haly, která je na kótě 143,80 m n.m. Rozměry strojovny byly navrženy na základě rozměrů soustrojí a možnosti umístění elektrotechnického vybavení PVE. Byly navrženy dvě Francisovy reverzní turbíny, každá o průměru oběžného kola 3,3 m. Osa oběžného kola je umístěna ve výšce 115,40 m n.m.

Přístup do podzemní části strojovny je zajištěn přes provozní budovu. Z provozní budovy je možné sejít na spojovací chodbu, která vede napříč celou strojovnou a na níž je umístěno schodiště a výtah. Strojovna se skládá z celkem 9 podzemních podlaží. Pomocí ocelového schodiště je možné sejít až na nejnižší podlaží strojovny, kde je umístěn kulový uzávěr. Z centrální chodby je možný přístup do všech podlaží strojovny, ve kterých jsou umístěny technologické místnosti na umístění zejména olejového hospodářství, vzduchotechniky, čerpadel a dalšího vybavení PVE. V nejnižším místě stavby je umístěna jímka, která odvádí pomocí čerpadla prosáklou a technologickou vodu. Jímka je rozdělena příčkou na dvě části, jedna část je určena na čerpání prosáklé vody, druhá část na čerpání technologické vody. Jímka má rozměry: šířka 3 m, délka 9 m, výška 4,2 m. Základová spára je lomená a v nejnižším místě je na kótě 105,30 m n.m.

5.4. SO 4 – Přivaděč

Účelem přivaděče je doprava vody z a do horní nádrže. Konstruktivní řešení není předmětem této studie. Předpokládá se, že vodu z horní nádrže budou přivádět dva přivaděče, které jdou paralelně vedle sebe. Každé soustrojí má svůj vlastní tlakový ocelový přivaděč o průměru 4 m. Za spirálou turbíny je umístěn kulový uzávěr, umožňující odstavení turbíny z provozu. Bezprostředně za kulovým uzávěrem je navržen redukční kus, který zmenšuje průměr přívodního potrubí do spirály na 2,9 m.

6. Technologická část

6.1. PS 1 - Strojní část PVE

Ve strojovně PVE se uvažuje s umístěním 2 soustrojí s Francisovými reverzními turbínami.

Přívodní potrubí do turbíny je možné uzavřít kulovým uzávěrem, umístěným před spirálou turbíny. Uzávěr je možné ovládat hydromorem.

Na konci savky je umístěn tabulový uzávěr, který umožňuje úplné odstavení turbíny. Tabulový uzávěr se ovládá pomocí hydromotoru s čerpacím agregátem tlakového oleje. Před tabulovým uzávěrem jsou osazeny česle, které zamezují vniku plavenin do savky a následně do spirály turbíny. Česle jsou ovládané hydromotorem z důvodu snazší manipulace.

Tab. 6 - Parametry jedné turbíny Francis se spirálovou skříní a kolenovou savkou

Průměr oběžného kola	m	3,3
Specifické otáčky	/min	144
Sací výška	m	-25
Otáčky	/min	385
Čerpadlový provoz		
Jmenovitý průtok	m ³ /s	62,5
Účinnost	%	91
Čistý spád	m	330
Příkon na hřídeli čerpadla	MW	223
Turbínový provoz		
Jmenovitý průtok	m ³ /s	75
Průtok minimální	m ³ /s	37
Účinnost	%	92
Čistý spád	m	287
Příkon na hřídeli turbíny	MW	193

6.2. PS 2 – Elektrotechnické vybavení PVE

Předmětem této studie je pouze zajištění dostatečných prostorů pro umístění elektrotechnického vybavení PVE, nikoliv stanovení konkrétních typů elektrotechnického vybavení PVE. Pro přehlednost jsou níže uvedeny pouze obecné požadavky na elektrotechnické vybavení PVE. Každá turbína má svůj motorgenerátor. Motorgenerátor je přímo přes spojku napojen na Francisovu turbínu. Generátor a motor ve spojení s reverzní Francisovou turbínou pracuje v turbínovém režimu jako generátor při čerpání jako motor. Uvažuje se s umístění dvou transformátorů. Pod transformátory bude vytvořena šterková vana, do které bude možné při havárii vypustit olej, aby se zamezilo šíření požáru. Transformátor vlastní spotřeby slouží pro zajištění napájení vlastní spotřeby elektrárny. K propojení generátoru s blokovým transformátorem slouží zapouzdřené vývody. Nedílnou součástí je rozvodna, která je navržena jako neprůchozí a je hned jako první podlaží pod úrovní terénu. Vyvedení výkonu z PVE se uvažuje pomocí 3 zapouzdřených vodičů, které se umístí v kabelovém kanále, jdoucím paralelně s přivaděči vody.

7. Závěr

Úkolem této studie bylo vypracování výkresové dokumentace strojovny přečerpávací vodní elektrárny pro variantu s umístěním podzemní strojovny s tlakovým přivaděčem do Veřejného přístavu Ústí nad Labem – Vaňov.

Varianta počítá s umístěním dvou Francisových reverzních turbín, každá s průměrem oběžného kola 3,3 m. Každá turbína má vlastní přivaděč o průměru 4 m. Řešení počítá s rozmezím spádů 330 m a průtoky 62,5 m³/s při čerpadlovém provozu a s rozmezím spádů 287 m a průtoky 75 m³/s při turbínovém provozu. Při návrhu strojovny bylo přihlédnuto k technickým řešením již postavených přečerpávacích vodních elektráren zejména Dlouhé Stráně, Dalešice a Štěchovice, které se nacházejí v České republice a dále potom k přečerpávacím vodním elektrárnám Herdecke a Waldeck nacházejícím se v Německu.

Při stavbě a následném provozu PVE mohou být dotčeny vlivy životního prostředí. Zejména je pak důležité posouzení z hlediska změny v režimu kolísání hladiny v jezové zdrži, změny rychlosti a směru proudění v jezové zdrži, změny bilance průtoků v jezové zdrži na návazných systémech, změny jakosti vody, změny vlastnosti půdního a horninového prostředí, změny charakteru ploch, změny infiltračních a filtračních procesů / režimů povrchových/podzemních vod. Při stavbě PVE se předpokládá zejména zvýšení vibrací, hluku, emisí a nežádoucích plynů.

Při návrhu bylo přihlédnuto k technické proveditelnosti a ekonomické efektivnosti stavby.

Ve Brně dne

Aneta Suchomelová

.....

.....

8. Seznam zkratek

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČGS	Česká geologická služba
CHKO	chráněná krajinná oblast
NPP	národní přírodní památka
Q _N	N-leté průtoky
Q _m	m – denní průtoky
PVE	přečerpávací vodní elektrárna
VD	vodní dílo

9. Seznam tabulek

Tab. 1 – Hodnoty m-denních průtoků v Labi pro profil jez Lovosice dle [6].....	14
Tab. 2 – Hodnoty N-letých průtoků v Labi pro profil jez Lovosice dle [6].....	14
Tab. 3 – Hodnoty m-denních průtoků v Labi pro profil nad Bílinou dle [7]	14
Tab. 4 – Hodnoty N-letých průtoků v Labi pro profil nad Bílinou dle [7]	14
Tab. 5 – Základní litologická data vrtu J2 [10]	16
Tab. 6 - Parametry jedné turbíny Francis se spirálovou skříní a kolenovou savkou.....	20

10. Seznam obrázků

Obr. 1 – Lokalizace vrtu J2 [10] na mapě	16
--	----

11. Seznam příloh

A. TECHNICKÁ ZPRÁVA

DODATEK A1. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

DODATEK A2. FOTODOKUMENTACE

B. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

B.1.	SITUACE ŠIRŠÍCH VZTAHŮ	1:50 000
B.2.	CELKOVÁ SITUACE STROJOVNÝ PVE	1:1000
B.3.	SVISLÝ ŘEZ STROJOVNOU A-A'	1:200
B.4.	SVISLÝ ŘEZ STROJOVNOU B-B'	1:200
B.5.	PŮDORYSNÝ ŘEZ STROJOVNOU C-C'	1:200

Dodatek A1. Hydrotechnické výpočty

1. Výpočet rozměru česlí

Rozměry česlí se vypočítají na základě rovnice kontinuity (1), která platí pro ustálené proudění kapaliny. Výtoková rychlost na česlích se uvažuje v rozmezí 1,0 až 1,2 m/s. Pro výpočet byla uvažována výtoková rychlost 1,0 m/s. [15]

Pro výpočet byly použity následující vzorce:

$$Q = S v \quad (1)$$

$$S = b h \quad (2)$$

kde:	uvažované hodnoty:
Q – průtok	62,50 m ³ /s
v – výtokový rychlost na česlích	1,00 m/s
S – plocha	62,53 m ²
b – šířka česlí	8,26 m
h – výška česlí	m

Výstup:

$$h = 7,57 \text{ m}$$

2. Posouzení vzniku vírů

Horní hrana česlí musí být umístěna pod minimální provozní hladinou tak, aby se zabránilo nasávání vzduchu do přivaděče [16]. Pro posouzení se využívá Gordonovo kritérium (3). Výpočet byl proveden na základě předchozího výpočtu (2.1.), ze kterého byly použity hodnoty výtokové rychlosti na česlích a jejich výšky.

Pro výpočet byly použity následující vzorce:

$$c = 0,72 v D^{0,5} \quad (3)$$

kde:	uvažované hodnoty:
c – výška mezi horní hranou česlí a minimální provozní hladinou	m
v – rychlost vody na česlích	1,00 m/s
D – výška česlí	7,57 m

Výstup:

$$c = 1,98 \text{ m}$$

Dodatek A2. Fotodokumentace



Foto 1 – Podhled na Masarykovo zdymadlo a veřejné přístaviště Vaňov [17]



Foto 2 – Letecký pohled, po levé straně je vidět přístaviště Vaňov [18]



Foto 3 – Podhled na veřejné přístaviště Vaňov z řeky Labe



Foto 4 – Podhled na Masarykovo zdymadlo



Foto 5 – Pohled na řeku Labe, foceno proti proudu řeky od Masarykova zdymadla



Foto 6 – letecký pohled na řeku Labe proti proudu a na obec Vaňov [18]