

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra geografie

Eva SOUČKOVÁ

Energetický hydropotenciál v údolí horní Úpy

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Klapka, Ph.D.

Olomouc 2011

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva SOUČKOVÁ**
Osobní číslo: **R08117**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Regionální geografie**
Název tématu: **Energetický hydropotenciál v údolí horní Úpy**
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce je ve vymezeném území analyzovat potenciál pro produkci vodní energie. Hlavní metodou práce je terénní výzkum a inventarizace historických i současných zařízení, která mohou být využita k produkci elektrické energie. Součástí práce bude také rešerše týkající se alternativních zdrojů energie se zvláštním důrazem na energii vodní.

Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání
Rozsah pracovní zprávy: 5 000 - 8 000 slov
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- FANTA J., ed. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. SZN, Praha, 221 s.
HAGGETT, P. (2001): Geography: A Global Synthesis. Prentice Hall, Harlow.
JOHNSTON, R. J., GREGORY, D., PRATT, G., WATTS, M., eds. (2000): The Dictionary of Human Geography. Blackwell, Oxford, 958 s.
LOKVENC T. (1978): Toulky krkonošskou minulostí. Kruh, Hradec Králové, 268 s.
ROBINSON, G. M. (1998): Methods and Techniques in Human Geography. Wiley and sons, Chichester, 572 s.
SÝKORA B., ed. (1983): Krkonošský národní park. SZN, Praha, 276 s.
TOUŠEK, V., KUNC, J., VYSTOUPIL, J. eds. (2008): Ekonomická a sociální geografie. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, Plzeň, 411 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Pavel Klapka, Ph.D.**
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: **2. června 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2011**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 2. června 2010

Prohlašuji tímto, že jsem zadanou bakalářskou práci řešila samostatně pod vedením Mgr. Pavla Klapky, Ph.D. a všechny použité zdroje jsem uvedla v seznamu použité literatuře.

Dne 4. května 2011 v Olomouci

Ráda bych na tomto místě poděkovala Mgr. Pavlu Klapkovi, Ph.D. za ochotu, vedení a cenné rady při vedení této práce.

Obsah

Abstrakt	8
1. Úvod	9
2. Cíle a metody	10
2.1. Cíle.....	10
2.2. Metody	10
3. Rešerše.....	11
3.1. Potřeba energie	11
3.2. Výroba elektrické energie	11
3.3. Obnovitelné zdroje ve světě	12
3.4. Obnovitelné zdroje v České republice	12
3.4.1. Sluneční energie.....	14
3.4.2. Geotermální energie	15
3.4.3. Biomasa	16
3.4.4. Větrná energie.....	17
4. Státní energetická koncepce - Ministerstvo průmyslu o obchodu	19
5. Opožděný nástup intenzivního využívání vodní energie v celosvětovém měřítku.....	20
6. Rozvoj malých vodních elektráren na našem území.....	22
6.1. Období do roku 1918.....	22
6.2. Období let 1919 – 1930.....	23
6.3. Období let 1931 až 1944	23
6.4. Období let 1945 – 1979.....	24
6.5. Období po roce 1989	25
7. Druhy vodních elektráren a jejich klasifikace	26
8. Hydroenergetický potenciál vodního toku.....	28
9. Dva základní parametry hydroenergetického díla.....	29
9.1. Průtok turbínou.....	29

9.2. Spád	30
10. Typy vodních turbín	32
12. Vodní energetické zdroje na horním toku řeky Úpy	34
12.1. Vodní zdroje v minulosti.....	34
12.2. Situace v roce 1955.....	34
13. Inventarizace současných zdrojů.....	38
13.1. Charakteristika malých vodních elektráren.....	39
13.2. Porovnání let 1995 a 2011.....	41
14. Budoucí potenciál.....	42
15. Životní prostředí a KRNAP	43
16. Závěr	44
17. Shrnutí.....	45
18. Summary	46
Seznam literatury	47
Knižní publikace	47
Ostatní zdroje internetové.....	47
Ostatní zdroje	49
Přílohy	50

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje analýze energetického potenciálu pro produkci vodní energie v zájmovém území horního toku řeky Úpy. V práci jsou zmíněny všechny obnovitelné zdroje a u hlavních je uvedena stručná charakteristika, také je hodnocena vodní energie jako taková. Popsána je její historie a rozvoj na pozadí energetické politiky státu. Důležitou částí je samotná inventarizace historických a současných zdrojů, kde došlo k porovnání let 1955 a roku 2011. V roce 2011 se na horním toku nachází čtrnáct fungujících elektráren, které byly popsány z hlediska výkonu, průtoku, spádu a instalovaných vodních strojů (turbín). Údaje, které ihned navazují, se týkají možnosti budoucího využití potenciálu a navržení lokalit pro možnou výstavbu malé vodní elektrárny. Významným příspěvkem jsou vlivy provozu a výstavby na životní prostředí, hlavně na vodní živočichy a krajinný ráz, jež často důležitým kritériem pro povolení stavby v Krkonošském národním parku.

Klíčová slova: horní tok; potenciál; inventarizace; elektrárna; výkon; průtok.

1. Úvod

Již v dobách dávno minulých byl rozkvět společnosti vázán k jednotlivým etapám revolucí. Jednou z nich byla i revoluce v energetice, nejprve rozvoj vodní, parní, uhelné v neposlední řadě jaderné se znovu objevováním neškodných energetických procesů výroby energie pro životní prostředí.

Právě ochrana životního prostoru, docházející fosilní paliva a stále zvyšující spotřeba energií ve světě a České republice, vedly k obnovení diskuze o obnovitelných zdrojích. Obnovitelné zdroje v současnosti nemohou plně nahradit uhelnou a jadernou energetiku u nás, ale mohou těmto zdrojům výrazně ulevit. Budoucí výroba elektrické energie pravděpodobně nikdy nebude zabezpečována jen alternativními zdroji energie, předpokládá se, že bude úspěšně zvládnuta jaderná fúze, která sama může zajistit dostatečnou výrobu energie.

Důležitým obnovitelným zdrojem je vodní energie, která je ze své podstaty oběhu, nevyčerpatelná. Ve vhodných lokalitách (dostatečný průtok a spád) je její využití ekonomicky perspektivní, takže se může výrazně podílet na energetickém mixu. Nejsou to ale jen velké vodní elektrárny, ale především malé vodní zdroje, které pomáhají pokrýt regionální spotřebu elektrické energie. S jejich budováním byl často spojen průmyslový rozvoj a elektrizace. Právě na území Trutnovska hrály malé vodní elektrárny důležitou roli, byly budovány u podniků, které byly vřídci v celé oblasti. Dnes již nejsou malé vodní zdroje na horním toku Úpy v majetku velkých průmyslových závodů, ale jejich majiteli jsou často soukromníci nebo malé firmy zabývající se energetikou.

Horní tok řeky Úpy má svá specifika pro využití vodního potenciálu. Je to horská řeka, pramenící 1,5 km od Studniční hory ve výšce 1432 m n. m., má na svém toku výrazný spád a proměnlivý průtok, který je ovlivňován ročním obdobím (na jaře, kdy taje sněhová pokrývka, je průtok velmi příznivý pro výrobu energie, oproti létu, kdy je průtok minimální). Celé povodí horního toku Úpy (viz Přílohy Obr. 6) patří pod povodí Labe a zaujímá celkovou plochu 154,6 km². Tato práce se zabývá jen částí toku v délce 24,698 km, je to tok od říčního kilometru 54,002 ke kvótě 78,72, což je pramen (viz Přílohy Obr. 7, 8, 9, 10, 11). Výstavbu v těchto lokalitách kontroluje nejen státní podnik Povodí Labe, příslušné městské úřady, ale hlavně Správa Krkonošského národního parku, který je výrobou energie z vody výrazně zasažen. Avšak provoz malých vodních elektráren není na území Parku nijak zásadně problematický a není v rozporu s udržitelným rozvojem Parku.

2. Cíle a metody

2.1. Cíle

Hlavním cílem je pro tuto bakalářskou práci analýza potenciálu vodní energie v zájmovém území horního toku řeky Úpy, která je pro výrobu energie z vody vhodnou lokalitou. Analýza se bude týkat především údajů o historických vodních dílech na Úpě v roce 1955, současných fungujících i nefungujících elektrárnách (rok 2011) a o využitelnosti potenciálu do budoucna. Jestli je možnost stavět nové malé vodní elektrárny a kde jsou vhodné lokality.

Vedlejším cílem je rešerše týkající se obnovitelných zdrojů energie, jejichž využití je v poslední době často diskutováno odbornou i laickou veřejností a médii. Důležitou částí je charakteristika, pochopení výhod a základní nastínění principu výroby energie z hlavních alternativních zdrojů (vodní energie, sluneční energie, geotermální energie, energie biomasy a větrná energie).

Součástí vedlejšího cíle je historický nástin rozvoje využívání vodní energie v České republice, právě vodní energie sehrála důležitou roli v elektrizaci a rozvoji průmyslu. Další částí vedlejšího cíle je vysvětlení základních technických parametrů, kterými jsou průtok a spád, jaký mají vliv, na rozhodování se, při uvažování o výstavbě vodní elektrárny a jakou roli hrají při výběru vhodné turbíny.

2.2. Metody

Metody zpracování bakalářské práce spočívaly ve studiu knižních a internetových zdrojů, studiem starých plánů, listin a současně platných manipulačních řádů o vodním toku a energetických stavbách, na ředitelství s. p. Povodí Labe v Hradci Králové. Součástí zjišťování budoucí možné výstavby byla diskuze (29. 4. 2011) s Ing. Eliškou Charvátovou (Povodí Labe), která nastínila postoje a názory Povodí na další rozvoj hydroenergetiky na horním toku Úpy.

Nedílnou součástí byl terénní výzkum v zájmovém území, inventarizace současných zdrojů a pořízení aktuální fotodokumentace vodních děl. Právě při foto-dokumentování byla vedena, opět, diskuze (25. 4. 2011) s jedním z majitelů malé vodní elektrárny (Kalná Voda 54, 002) p. Kosem, o jejich vodním díle, problémech při stavbě a velké vodě, názorech na podporu obnovitelných zdrojů státem a o budoucí výstavbě. Nakonec byla umožněna prohlídka objektu malé vodní elektrárny a pořízení dokumentace strojovny.

3. Rešerše

3.1. Potřeba energie

Energie je potřebná pro každodenní život a tak je další rozvoj společnosti svým způsobem závislý na zdrojích energie – spolehlivých, bezpečných, ekologicky nezávadných a přitom výkonnějších, co se týče výroby elektrické energie.

Protože světová spotřeba elektrické energie stále roste, je nutné, abychom věnovali pozornost všem zdrojům energie, zvláště těm obnovitelným. Měli bychom znát jejich možnosti, výrobní kapacitu, provozní vlastnosti, výhody a mnohem více bychom se měli zaměřit i na jejich nevýhody. Zatím co o primárních - ropa, uhlí, zemní plyn, uran - („Energetický zákon č. 458/2000 Sb.) zdrojích energie jsou tyto základní a velmi podstatné informace dostatečné, o obnovitelných zdrojích to tvrdit nemůžeme. Právě neznalost často vede k chybným představám a k přeceňování jejich možností, což může vést až ke zpomalení vývoje a výzkumu technologií v oblasti obnovitelných zdrojů (ŠKORPIL KASÁRNÍK 2000).

3.2. Výroba elektrické energie

Rozvoj výroby elektrické energie je spojován hlavně s rozvojem průmyslu, protože dostatek energie je základním předpokladem úspěšného fungování celého hospodářství (TOUŠEK a kol. 2008). A právě největším konzumentem energie v hospodářství je průmysl.

Elektrická energie se získává přeměnou primárních (ropa, uhlí, zemní plyn, uran) zdrojů v elektrárnách, při této přeměně však vzniká odpad (ŠKORPIL, KASÁRNÍK 2000). Právě absence těchto ztrát vede k většímu důrazu na využívání obnovitelných zdrojů energie, které ovšem z hlediska světové výroby energie nehrají, ani nemohou hrát, významnou roli. Jejich význam však spočívá v ohleduplném přístupu k životnímu prostředí a budoucím možnostem využití.

Celosvětově má výroba energie rostoucí trend. Je zajišťována ze dvou třetin (66 %) v tepelných elektrárnách, podíl elektřiny vyrobené v jaderných elektrárnách je zhruba 17 %, ve vodních elektrárnách je to 15 % a ostatní zdroje elektrickou energii v celosvětovém měřítku vyrábějí z 2 % (TOUŠEK a kol. 2008).

Stejně jako výroba elektrické energie stoupá i její spotřeba. I když její růst je v posledních letech značně zpomalen, a to i navzdory ekonomickému růstu. Nejzajímavější jsou regionální

rozdíly ve spotřebě (TOUŠEK a kol. 2008): stále výrazně růstový je region Asijsko-pacifický oproti stagnujícímu regionu Severní Amerika.

3.3. Obnovitelné zdroje ve světě

Hlavním důvodem, proč se ve světě i u nás obrací pozornost na nutnost začít využívat nové energetické zdroje a usměrňovat spotřebu elektrické energie je fakt, že primární zdroje v blízké budoucnosti (řádů několik desítek let) budou vyčerpány (HOLATA 2002). Jejich zásoby jsou vyčerpatelné a v rámci jednotlivých zemí je s nimi potřeba hospodařit s rozmyslem a zároveň přemýšlet s předstihem, jak se bude muset světová energetika přizpůsobovat změněným podmínkám. Právě vzhledem omezené zásobě fosilních paliv a vzhledem růstu poptávky po elektrické energii v rychle se rozvíjejících a rozvojových zemích se s nimi musí zacházet rozumně a v zájmu budoucích generací. Z tohoto hlediska se za nezbytně nutné považuje i rozsáhlejší využívání obnovitelných zdrojů energie a zvýšení jejich podílu na světové výrobě energie. Prozatím však nemůžeme hovořit o obnovitelných zdrojích jako o skutečných alternativách v současnosti využívaných světových energetických zdrojů, ale spíše o doplňkových zdrojích energie.

Podle ŠKORPILA, KASÁRNÍKA (2000) se odhaduje, že světová spotřeba energie dosahující v roce 1960 kolem 5 miliard tun měrného paliva (tmp) vzroste do roku 2020 zhruba 4x. Příspěvek obnovitelných zdrojů energie byl v roce 1960 značný, kolem 19 %, ale nebyl bez problémů. Vedle vodní energie totiž zahrnoval i intenzivní využívání dřeva, což se negativně podílelo na zmenšování zalesněné plochy. Podle zmíněného výhledu má příspěvek obnovitelných zdrojů energie vzrůst do roku 2020 na 4,4 mld. tmp, což ovšem povede opět pouze k podílu 20 % při stoupající absolutní hodnotě světové spotřeby energie.

V sedmdesátých letech 20. století došlo ve většině vyspělých států svět k formování nové energetické politiky, založené právě na maximálním využívání vlastních zdrojů energie a racionalizaci její spotřeby. V této souvislosti se přehodnocoval význam malých hydroenergetických zdrojů a dospělo se ke snaze o jejich rekonstrukci, inovaci a novou výstavbu. Problematika vodních elektráren, zvláště těch malých, se stala ve světě vysoce aktuální a byla jí věnována značná pozornost.

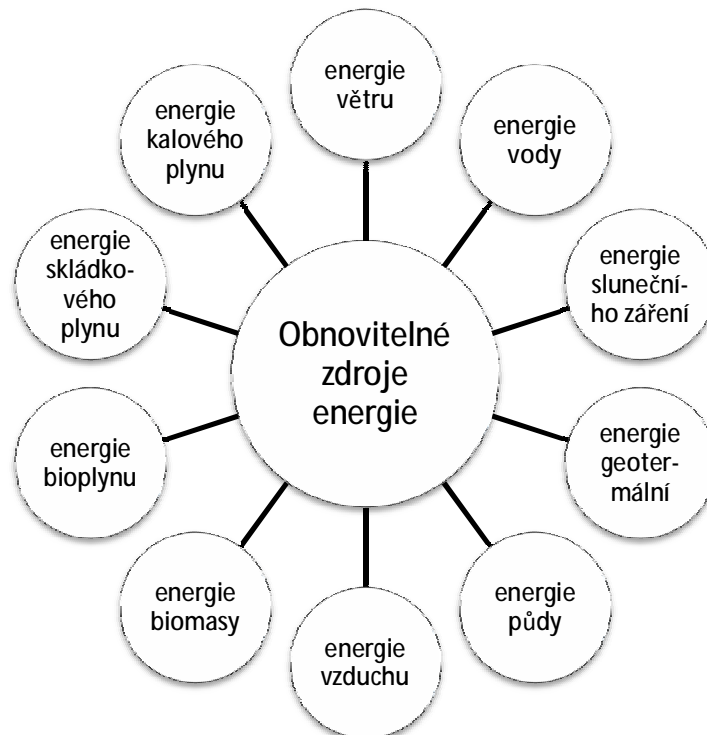
3.4. Obnovitelné zdroje v České republice

Naše země není bohatá na takové zdroje energie, jako je ropa a zemní plyn. Vědomí, že v nedaleké budoucnosti budou vyčerpány i zásoby uhlí na našem území, by tedy i nás měla nutit k lepšímu hospodaření s palivy a energií. Období výstavby tepelných elektráren na

fosilní paliva u nás bylo už skončeno, a pozornost je obrácena k energii jádra, k využití našich řek a k dalším zdrojům obnovitelné energie.

Za nejvíce perspektivní zdroj obnovitelné energie je v současnosti považována voda (tvoří 1,34 % struktury využití zdrojů energie; MOTLÍK 2003). S 1,21 % (MOTLÍK 2003) je na druhém místě, v pomyslném žebříčku obnovitelných zdrojů energie, využití biomasy, která je ovšem z hlediska životního prostředí nejvíce zatěžující ze všech obnovitelných zdrojů energie. Úkolem do budoucna je technologický vývoj zařízení na účinnější přeměnu sluneční energie v elektrickou. I když Česká republika nemá nejpříhodnější podmínky pro geotermální a větrnou energii, rozumné instalování zařízení ve vhodných lokalitách spolu s technologickým rozvojem může mít v dlouhodobém výhledu kladný dopad na podíl výroby elektrické energie z těchto dvou obnovitelných zdrojů.

Podle energetického zákona č. 458/2000 Sb. a jeho novel se za další obnovitelné zdroje ještě počítá: energie ze vzduchu, energie z půdy, energie bioplynu, skládkové plynu a kalového plynu (viz Obr. 1). Ovšem podíl na výrobě energie je zatím minimální a provoz takového zařízení je zatím vysoce neefektivní. V blízké budoucnosti je však potřeba věnovat i těmto doplňkovým obnovitelným zdrojům pozornost a začlenit je do energetického mixu republiky.



Obr. 1: Schéma obnovitelných zdrojů (Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, vlastní návrh)

Podle Ministerstva průmyslu a obchodu se hrubá výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů v roce 2009 (za rok 2010 ještě nejsou oficiální data známa) podílela na tuzemské hrubé spotřebě elektřiny 6,8 % (viz Tab. 1). Národní indikativní cíl tohoto podílu je pro Českou republiku stanoven na 8 % v roce 2010. Na hrubé výrobě elektřiny se pak podílela 5,7 %. Podíl obnovitelné energie na primárních energetických zdrojích činil 5,8 %.

Tab. 1: Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů v roce 2009

	hrubá výroba elektřiny	podíl na zelené elektřině	podíl na hrubé domácí spotřebě elektřiny	podíl na hrubé výrobě elektřiny
	MWh	%	%	%
vodní elektrárny	2 429 620,0	52,2	3,5	3,0
malé vodní elektrárny < 1MW	474 419,0	10,2	0,7	0,6
malé vodní elektrárny 1 - 10 MW	480 447,0	10,3	0,7	0,6
Velké vodní elektrárny >10 MW	1 474 754,0	31,7	2,2	1,8
biomasa celkem	1 396 261,1	30,0	2,0	1,7
štěpka	650 060,6	14,0	1,0	0,8
celulózoové výluhy	500 511,2	10,8	0,7	0,6
rostlinné materiály	72 918,2	1,6	0,1	0,1
palety, brikety	164 170,1	3,5	0,2	0,2
ostatní biomasa	8 601,0	0,2	0,0	0,0
bioplyn celkem	441 266,1	9,5	0,6	0,5
větrné elektrárny	288 067,0	6,2	0,4	0,4
fotovoltaické systémy	88 807,0	1,9	0,1	0,1
kapalná biopaliva	10,0	0,0	0,0	0,0
tuhé komunální odpady	10 937,4	0,2	0,0	0,0
celkem	4 654 968,6	100,0	6,8	5,7

(Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, vlastní úpravy)

3.4.1. Sluneční energie

Největší výzvou na poli obnovitelných zdrojů je využití slunečního potenciálu, jehož hodnota je obrovská. DUŠIČKA a kol. (2003) tvrdí, že hustota sluneční energie na Zemi je více než 10^5 násobek současné spotřeby energie. Využití potenciálu Slunce by tedy mohlo Zemi navždy ulevit od problému docházejících fosilních paliv. Zvládnutí technologie a dostatečné účinnosti je ovšem dlouhodobou nevýhodou sluneční energie. Podle BROŽE (2003) pracují současná zařízení na přeměnu sluneční energie v elektrickou jen s účinností 10 %, což je sice málo, ale pro ekonomickou návratnost to stačí. Nezabezpečí to ovšem celosvětovou,

republikovou či regionální spotřebu elektrické energie. Při výběru lokality je také potřeba brát v potaz rozdílnou intenzitu záření v různých místech zemského povrchu, na který dopadá značně nerovnoměrně – (DUŠIČKA a kol. 2003): na Sahaře přibližně $2,0 \text{ kW/m}^2$, v USA $1,8 \text{ kW/m}^2$ a v České republice $1,0 \text{ kW/m}^2$.

Dnes jsme schopni z jednoho metru čtverečního dostat 110 kW elektrické energie za rok (MOTLÍK 2007). Dá se předpokládat, že s dokonalejšími technologiemi bude účinnost stoupat. Princip získávání energie je různý (přímý x nepřímý). MOTLÍK (2007) doporučuje přeměnu přímou za přítomnosti fotovoltaického jevu, při kterém se působením světla uvolňují fotony. Když na destičku z křemíku (z jedné její strany je často bór a z druhé arsen) dopadnou fotony, záporné elektrony se uvolňují a zbývají kladně nabitá místa. Pokud spojíme obě strany destičky drátem, bude v něm probíhat elektrický proud. Nepřímý způsob je založen na systému sběračů, kde je v ohnisku termočlánek, který mění teplo v elektřinu (MOTLÍK 2007).

Ani jeden z těchto typů není nenáročný na zábor půdy, to uvádí DUŠIČKA a kol. (2003) jako nejpalčivější problém v České republice, spolu se státními podporou (do konce roku 2010) to jsou největší negativa prozatímního využívání této formy energie u nás. Často si můžeme všimnout rozsáhlých ploch umístěných na nevhodných místech v české krajině.

MOTLÍK (2007) poukazuje na rozvoj slunečních elektráren z důvodu státních podpory, která probíhala od roku 2003 do konce roku 2010 a byla určena pro solární elektrárny instalované v tomto období. Pro elektrárny připojené k síti se od 1. ledna zvýšily odvody z výkupních cen a zeleného bonusu (podle novely zákona č. 180/2005 Sb. O podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů).

3.4.2. Geotermální energie

Energie získávaná z nitra Země je dlouhodobě využívána primárně pro zisk tepla a až druhotně pro výrobu elektrické energie. Z nitra Země je uvolňován geotermální výkon přes $4 \times 10^3 = 40\,000 \text{ GW}$ (MOTLÍK 2007), to je několikrát více než je světová spotřeba energie. Podle DUŠIČKY a kol. (2003) jde geotermální energie využívat jen v místech horkých pramenů (př. Island, Toskánsko, Japonsko), vůbec neuvažuje v možném využití tepelných čerpadel v ostatních zemích s malým výskytem horkých pramenů.

Teplota z jรกdra je přenášena dvěma mechanismy: proděním a vedením. Pro využití energie je potřeba znát teplotní gradient (MYSLIL 2007) – nárůst teploty s hloubkou pod zemským povrchem. Gradient se mění podle tepelné vodivosti vrstev hornin.

Samozřejmě, že nejvhodnější lokality jsou na rozhraní litosférických desek avšak ani v České republice není využití nitra nemyslitelné. Čerpadla u rodinných domů nebo ekologicko-energetické projekty obcí (hlavně v Severních Čechách – Podkrušnohoří) nejsou výjimkou.

3.4.3. Biomasa

Dalším důležitým obnovitelným zdrojem energie je biomasa, podle MOTLÍKA (str. 113; 2007): „biologicky rozložitelná část výrobků, opadů a zbytků zemědělství, lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, dále zemědělské produkty cíleně pěstované pro energetické účely a také biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.“ Oproti tomu DUŠIČKA a kol. (2003) definuje biomasu jednoduše jako „organickou hmotu“. MOTLÍK (2007) dále ještě dodává, že energie z biomasy zaujímá druhé místo ve využívání obnovitelných zdrojů (na prvním místě je energie vodní).

K nejčastěji používaným druhům biomasy podle MOTLÍKA (2007) a BROŽE (2003) patří dřevo a dřevní odpad, sláma obilovin a olejnin, bioplyn, kapalná biopaliva a energetické rostliny pěstované pro energetické účely. MURTINGER, BERANOVSKÝ (2008) rozlišují ještě „suchou“ (dřevo) a „mokrou“ (keřda) biomasu. I procesy zpracování přeměny na energii se mohou dělit na (MOTLÍK 2007 a MURTINGER, BERANOVSKÝ 2008):

- Suché procesy – spalování, zplyňování
- Mokré procesy – alkoholové a metanové kvašení
- Fyzikální a chemické přeměny – mechanické (štěpání, drcení), chemické
- Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy – kompostování, čištění

MOTLÍK (2007) upozorňuje na fakt, že každá složka biomasy má jinou výhřevnost, záleží na druhu dřeva či rostliny. Navíc je nutné počítat s vlhkostí, která právě výhřevnost do jisté míry ovlivňuje.

Biomasa se nejčastěji spaluje ve fluidních uhelných kotlích s cirkulací spalin a energetickým uhlím. K rodinným domům, kde se spalování biomasy používá jako doplňkový zdroj tepla nebo elektřiny, jsou vyráběny speciální menší kotle, přizpůsobeny svou kapacitou i výkonem k malovýrobě požadovaných energií. MURTINGER, BERANOVSKÝ (2008) se této problematice důkladně věnují a radí, jak nejúčinněji využít biomasu.

Náročnějším cílem je výroba kapalných a plyných paliv. BROŽ (2003) a MOTLÍK (2007) se shodují, že do budoucna má větší perspektivu výroba kapalných paliv (jako náhrada ropných produktů). Hlubou budoucnosti je zplyňování biomasy, jejíž rozvoj je podmíněn zlepšením technologií. Zatím se čas od času objevují pilotní studie o úspěšných či méně úspěšných pokusech.

Podle BROŽE (2003) je jednou z výhod bioenergetiky fakt, že oproti ostatním zdrojům obnovitelné energie není závislá na počasí a navíc disponuje snadnou a přirozenou možností akumulace energie (skladování paliva).

Jediným problémem přeměny biomasy jsou oxidy dusíku, které vznikají při každém spalování za přítomnosti atmosférického vzduchu. Jejich množství závisí na kvalitě paliv a spalovací teplotě. O uvolňování CO₂ nemůžeme hovořit jako o problému, protože (MOTLÍK 2007) jeho bilance je neutrální. Podle MOTLÍKA (str. 127; 2007) se při spalování biomasy „uvolní prakticky stejné množství CO₂ jako je jeho spotřeba při fotosyntetických procesech vedoucích ke vzniku organické hmoty“.

3.4.4. Větrná energie

Větrná energetika zaznamenala v posledním desetiletí prudký rozvoj nejen v České republice. V Dánsku nebo na západní části Německa (při pobřeží) můžeme pozorovat velké větrné farmy na výrobu elektrické energie. To není ovšem u nás možné, v České republice není tolik příhodných míst k budování, jak samostatných větrných elektráren, tak velkých větrných farem. Přesto se najdou menší větrné farmy i u nás (MOTLÍK 2007): Ostružná (6 strojů), Lysý vrch (6 strojů) a Břežany (5 strojů).

Bohužel Česká republika není pobřežním státem, kde jsou podmínky nejlepší (vzhledem k zemské rotaci; hlavně na západním pobřeží), reliéf povrchu taky není přívētivý pro velké využití větru. Najde ovšem několik lokalit, kde vítr dosahuje hodnot energeticky využitelných a kde jsou větrné elektrárny budovány. Jsou to především vyšší polohy, často úpatí pohoří – Krušné hory, Jeseníky, Vysočina.

S moderní výstavbou se začalo po roce 1989, první moderní větrné elektrárny uvedené do provozu byly v Jeseníkách na Mravenečnicku (instalovaný výkon 1, 17 MW). Prozatím nejvíce elektráren (19 strojů) bylo postaveno v roce 2006 (MOTLÍK 2007).

Podle CETKOVSKÉHO (2010), získávání výsledné energie pracuje na jednoduchém principu. Působením větrné síly na listy rotoru přenáší větrná turbína, umístěná na stožáru,

energii větru na mechanickou. Ta je prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Celá elektrárna musí mít aerodynamický tvar, aby se zabránilo možným energetickým ztrátám (př. listy rotoru jsou navrhovány jako křídla letadel).

O provozu větrné elektrárny kolují veřejností často mylné informace o velkém hluku a rušení radiového a televizního signálu. Větrné elektrárny sice vydávají hluk, ten ovšem nedosahuje takové hlasitosti, aby ovlivňoval zdraví lidí nebo je nijak rušil, navíc nemohou být budovány v bezprostřední blízkosti obydlí. Oba druhy hluku, které vznikají (MOTLÍK 2007):

- mechanický – zdrojem je strojevna,
- aerodynamický – vzniká interakcí proudícího vzduchu s povrchem listů rotoru a uvolňováním vzdušných vírů za hranou listů,

jsou ze strany výrobců vysoce omezovány. Ani v nejbližších možných obývaných prostorech (právě na základě hlasitosti je určena vzdálenost nejbližšího objektu) se o hlasitém provozu nedá mluvit.

Nejkontroverznější problém u výstavby větrných elektráren nastává při hodnocení vlivu na krajinný ráz. Toto hledisko je vždy řešeno s nejvyšší citlivostí k zasažené lokalitě. Vždy jde však o subjektivní pohled a nelze nijak zevšeobecňovat. Záleží také na daném stroji, jeho výšce i výkonu. Společnost je rozdělena mezi dva hlavní tábory – přívržence a odpůrce. Obě skupiny mají své pravdy a záleží na budoucnosti, jestli přehodnotí své názory.

4. Státní energetická koncepce - Ministerstvo průmyslu o obchodu

Státní energetická koncepce České republiky (SEK) je dokumentem, který stanovuje - v souladu se zněním §3 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií – strategické cíle státu v energetickém hospodářství s výhledem na 30 let. Aktualizace SEK tuto podmínku splňuje a obsahuje vizi a strategické cíle energetiky ČR. Její klíčovou součástí je scénář předpokládaných základních trendů vývoje energetiky s horizontem do roku 2050.

Aktualizace Státní energetické koncepce z února 2010 je založena na širokém zdrojovém mixu s důrazem na využití tuzemských zdrojů a nejvíce odpovídá tradicím a konkurenčním výhodám ČR v oblasti energetiky. Klade důraz na nižší energetickou náročnost, rozvoj infrastruktury (sítí, přepravních tras a dostatečných kapacit), bezpečnost, nezávislost a konkurenceschopnost.

Ve Státní energetické koncepci se samozřejmě mluví i o obnovitelných zdrojích energie, cílem je podporovat rozvoj a maximální reálné využití obnovitelných zdrojů v souladu s ekonomickými možnostmi a přírodními geograficko-klimatickými podmínkami ČR. Nejvíce se řeší problematika biomasy, fotovoltaických, solárních a větrných zařízení. O vodních zdrojích (větších nebo menších) zde není přímo diskutováno, ale je jasné, že podpora, integrace, rozvoj a technologický vývoj se jich také týká.

Důležitým faktem je, aby rozvoj obnovitelných zdrojů energie a jejich podpora byly v plném souladu s požadavky na ochranu ovzduší, krajiny a krajinného rázu a s udržitelným hospodařením. Zaručit podporu na úrovni státní legislativy, zajistit vyvážení zájmu investorů a jejich ochranu se zájmy konečných spotřebitelů. Stanovit výkupní ceny tak, aby stimulovaly výstavbu zdrojů ve vhodných lokalitách, kde je využití těchto zdrojů energie ekonomicky výhodné.

5. Opožděný nástup intenzivního využívání vodní energie v celosvětovém měřítku

Vodní energie patří k nejstarším energetickým zdrojům. První stopy využití vodní síly vedou až do roku 600 př. n. l., kdy Chaldejci stavěli kanály, které se zachovaly do dnešní doby, na nichž dovedli pomocí vodního kola využít vodní energii ke zvedání vody do zavlažovacích kanálů (HOLATA 2002).

I když energie z vody patří k nejdéle využívaným energetickým zdrojům, není možno se domnívat, že vývoj techniky jejího využití měl lehký průběh. Vrcholem počátečního období využívání vodní energie byl přelom 19. a 20. století, doba, kdy byly osvojeny lokality vhodné pro výstavbu vodních mlýnů v mezích technické dosažitelnosti a možnosti převodu energie pro její spotřebu. Překonání tohoto stavu bylo podmíněno vynálezy, které by odstranily některé nevýhody a těžkosti spojené s využíváním a uplatněním vodní energie. K potřebným objevům nedošlo ani na počátku průmyslové revoluce, a proto tehdy nebyla na tento druh energie soustředěna pozornost (HOLATA 2002). Tak došlo v praxi k odsunu využívání vodní energie až za energii tepelnou.

Vynález parního stroje tedy předstihl o více než sto let sestrojení takových vodních motorů, které by s ním mohly soutěžit, a které byly hlavním předpokladem účinné přeměny energie vodního toku na energii mechanickou. První přetlaková turbína byla sestrojena v roce 1827, Francisova turbína roku 1847, Peltonova turbína 1880 a Kaplanova turbína v roce 1918.

Tempo rozvoje hydroenergetiky se zrychlilo v důsledku zdokonalení vodních motorů, zejména turbín, až v druhé polovině 19. století. V čele stála Francie a USA, následovalo Švýcarsko a Německo, později Rakousko, Itálie, Švédsko a Norsko. Vodní síly (především k mechanickému pohonu) využívaly v této době továrny s malými strojovými jednotkami. Turbíny o výkonu dosahujícím 200 koňských sil (147,2 kW) byly vzácností.

Další rozhodující příčinou pozdního nástupu hydroenergetiky byla skutečnost, že přenos elektrické energie na větší vzdálenosti, který „přiblížil“ zdroje vodní síly k místům její spotřeby, se uskutečnil až v posledním desetiletí 19. století. K prvnímu přenosu elektrické energie vyrobené z vodní síly došlo v roce 1891 z Lauffenu do Frankfurtu nad Mohanem. Na vzdálenost 177 km (HOLATA 2002).

Zcela zásadní význam pro rozvoj hydroenergetiky má rozvinutá elektrizační soustava. Ta umožňuje rovnocenně využít elektrickou energii vyrobenou jak ve velkých, tak i v malých

zdrojích a odstraňuje jeden z nedostatků vodních elektráren. K propojení izolovaně pracujících elektrizačních soustav došlo na území Československa až v 50. letech 20. století. Teprve v 80. letech 20. století byly v plné míře splněny všechny rozhodující podmínky k úspěšnému využití i malých vodních energetických zdrojů: byly vyvinuty moderní turbíny, elektřina se stala jedním z hlavních nositelů energie a máme k dispozici rozvinutou elektrizační soustavu, která umožňuje přenos elektrické energie z kteréhokoliv zdroje až ke spotřebiteli.

6. Rozvoj malých vodních elektráren na našem území

(PAŽOUT 1987)

6.1. Období do roku 1918

Hybnou silou pokroku bylo ve středověku vodní kolo (viz Přílohy Obr. 13), a to i přes jeho poměrně malou účinnost (20 až 50 %) při přeměně vodní energie na mechanickou. Vodní kolo umožnilo vznik manufaktur, které se tak mohly oddělit od samostatné řemeslné výroby. Nejčastější využití vodní energie bylo ve mlýnech k drcení zrna na mouku. S rozvojem výroby se však postupně projevovала nejen omezenost výkonových možností, ale i nevýhodná závislost využívání vodní energie na lokalizaci vodního toku. Tento fakt byl do jisté míry omezujícím pro rychlejší rozvoj využívání vodní energie do další budoucnosti (PAŽOUT 1987).

Před zavedením parních strojů u nás byla strojní výroba většinou vázána na vodní toky o potřebné vodnosti a na přímý pohon pracovních strojů. Využitím parních strojů přestal být rozsah výroby vázán na vodní toky, tak i na velikost vodní síly, a proto mohly vznikat velké průmyslové podniky, mohlo se začít s počáteční fází elektrizace a také došlo k nastolení převahy parních strojů nad malými hydroenergetickými zdroji.

Počátky praktického využití elektřiny jsou ovšem spojeny s výstavbou malých vodních elektráren a to především při průmyslových závodech na konci 19. století. Tyto malé zdroje, které se nacházely při pilách a mlýnech, se podílely hlavně na elektrizaci malých měst nebo osad. Ovšem stále tu byla převaha jiných než vodních zdrojů energie, které byly perspektivnější.

Ke zlepšení situace v hydroenergetice došlo v momentě nahrazení vodního kola (viz Přílohy Obr. 15) vodní turbínou. První vodní motory se u nás začaly vyrábět od založení blanenských železáren v roce 1698. Nejdříve byla vyráběna vodní kola a v 19. století se začalo v Blansku i s výrobou vodních turbín, od roku 1870 se zde vyráběly i malé Francisovy turbíny. Velký rozvoj vodních turbín začal v ČKD Blansko teprve ve 20. století, když se tento obor stal hlavním programem závodu.

V roce 1870 byla založena jiná továrna na výrobu vodních turbín a regulátorů Josef Prokop a synové v Pardubicích (viz Přílohy Obr. 14). Do roku 1929 vyrobila 1300 turbín a regulátorů, později zaujala první místo ve výrobě vodních turbín (Francisových) u nás a vyvážela turbíny do všech států Evropy i některých asijských zemí.

Význam vodní síly na našem území opět tedy vzrostl v 90. letech 19. století v důsledku nových vhodných turbín, možnosti výroby a přenosu elektrické energie a také v důsledku trvalého růstu cen uhlí.

Další etapou bylo období okolo první světové války, kdy bylo využívání vodní energie značně rozkolísané. Před první světovou válkou se počet malých vodních elektráren snížil. Během války jejich počet stagnoval, a až po skončení došlo k opětovnému rozvoji.

V období od počátků využívání vodní energie do roku 1918 došlo k mnoha kolísáním ve vývoji. Rozhodujícím faktorem rozvinutí byla výroba turbín, zejména Francisovy, jak v Blansku, tak i v Pardubicích. Dalším faktorem bylo ovlivňování jinými zdroji energie, nejdříve parními elektrárnami, později tepelnými, které zpomalily nejen technologický vývoj na několik let. V neposlední řadě byl možný rozvoj zastaven první světovou válkou.

6.2. Období let 1919 – 1930

V tomto období u nás došlo ke zrychlení tempa ve využívání vodní energie, kdy byl přijat zákon o státní podpoře při zahájení soustavné elektrizace, kterým bylo stanoveno podporovat budování vodních elektráren z veřejných prostředků a který stanovil, že soustavná elektrizace je veřejným zájmem. Ačkoli tento zákon ovlivnil rozvoj menších vodních elektráren, hlavní dopady měl na budování velkých hydroenergetických zdrojů, které v těchto letech zaznamenaly velkou renesanci. Co se týče malých vodních elektráren, při jejich výstavbě byla výhodou určitá rentabilita a vyšší dosažená technická vybavenost.

V roce 1930 byla naše republika v krizovém období, což se negativně projevilo na průmyslové výrobě a v republikové energetice i hydroenergetice, kde se plně nevyužívaly výrobní kapacity. Průměrné využití celkového instalovaného výkonu v roce 1930 bylo podstatně nižší než v roce 1929.

6.3. Období let 1931 až 1944

V tomto období nastala dlouhá odmlka ve výstavbě a rozvoji státní hydroenergetiky, bylo to v letech 1939 až 1944 (1945), kdy naše země byla okupována Německem. V průběhu druhé světové války, stejně jako té první, nastal velký útlum.

Ovšem do roku 1939 se ještě událo pár změn ve vývoji malých vodních zdrojů, jejichž výstavba byla především podporována elektrárenskými svazy, a ti provozovatelé, kteří v žádném nebyli, měli problémy se stavbou začít. Úřady snadněji povolovali stavby mikrozdrojů (instalovaný výkon do 0,5 MW), z nichž je řada provozována dodnes.

6.4. Období let 1945 – 1979

Po osvobození Československa v roce 1945 nebyla naše energetika v dobrém stavu. Výroba elektrické energie ve vodních elektrárnách poklesla o 21 % oproti 1944. Malé vodní elektrárny, které ještě sloužily k mechanickému pohonu, často ani nebyly znárodněny a tak nespádaly pod správu elektrárenských společností. Malé vodní zdroje, které vyráběly elektrickou energii, byly začleněny do správy Ústředního ředitelství československých energetických závodů. V roce 1949 bylo ve správě 160 vodních elektráren, z toho 152 malých vodních elektráren do 10 MW instalovaného výkonu (viz Tab. 2).

Tab. 2: Rozdělení vodních elektráren na našem území v roce 1949 podle velikosti výkonu

výkon (kW)	počet vodních elektráren	instalovaný výkon (kW)
0 - 100	47	2 617
101 - 500	68	16 411
501 - 1000	10	6 808
1001 - 2000	17	22 895
2001 - 5000	8	21 650
5001 - 10 000	2	13 680
10 001 - 20 000	6	94 100
20 001 - 30 000	1	22 500
30 001 - 50 000	1	40 000
celkem	160	240 571
z toho malé vodní elektrárny	152	83 971

(Zdroj: Pažout 1987)

V 50. letech 20. století došlo k odstavení velkého počtu vodních mikrozdrojů. Často zůstávaly v držení JZD nebo malých podniků, které neměli na jejich provoz dostatek finančních prostředků. Ani malé vodní zdroje neprožívaly v těchto letech velký rozkvět, jejich počet se ustálil a jen vzácně vznikala nová malá vodní díla.

Na přelomu 50. a 60. let došlo k celkové změně vnímání vodní energie do budoucna. Už v roce 1953 totiž spotřeba překročila technicky využitelný potenciál našich toků. Tudíž bylo jasné, že o dominantní pokrytí se budou starat jiné zdroje a vodní (mimo velkých elektráren) budou brány spíše doplňkově.

6.5. Období po roce 1989

Po roce 1989 došlo k úplnému uvolnění soukromého podnikání a to i v oblasti malých vodních elektráren. Bylo zrušeno omezení výroby elektrické energie hranicí 200 000 kWh/rok a soukromí podnikatelé mohli obnovovat a budovat nové malé vodní zdroje bez dalších administrativních omezení (omezení výkonu, roční výroby elektrické energie nebo zavedených technologií). V současné době je v provozu v České republice kolem 1400 malých vodních elektráren.

7. Druhy vodních elektráren a jejich klasifikace

Vodní elektrárny můžeme dělit podle různých měřítek. Jedním z nejžádanějších hledisek je dělení podle instalovaného výkonu na (podle ČSN STN 75 0128 Vodní hospodářství¹):

- malé vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW,
- střední vodní elektrárny s instalovaným výkonem od 10 do 200 MW a
- velké vodní elektrárny s instalovaným výkonem nad 200 MW (HOLATA 2002).

Pro povodí Úpy, kde se nachází pouze malé vodní elektrárny, je důležitější členění samotných malých vodních elektráren podle instalovaného výkonu. Tyto zdroje dělíme na (ČSN 73 6881 Malé vodní elektrárny²):

- domácí vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 35 kW,
- vodní mikroeletřárny s instalovaným výkonem od 35 kW do 100kW,
- vodní minielektrárny s instalovaným výkonem od 100 kW do 1000kW a
- průmyslové vodní elektrárny s instalovaným výkonem od 1MW do 10 MW (HOLATA 2002).

Další neméně důležité dělení je podle velikosti spádu vodní elektrárny. Podle tohoto kritéria dělíme vodní zdroje na:

- nízkotlaké využívající spád do 20 m,
- středotlaké využívající spád od 20 m do 100 m a
- vysokotlaké využívající spád nad 100 m (PAŽOUT 1987).

Posledním důležitým kritériem dělení malých vodních zdrojů (ŠKORPIL, KASÁRNÍK 2000) je dělení podle charakteru pracovního režimu na:

- průtočné vodní elektrárny, které využívají přirozeného průtoku a často využívají spád vzdutý jezem nebo energii vodního proudu nehrazeného toku,
- akumulární mají řízený odběr z akumulární nádrže vytvářející spád.

Dále je ještě uváděn v tomto rozlišení typ přečerpávací (DUŠIČKA a kol. 2003) elektrárny.

- Přečerpávací využívající akumulovanou vodu, přečerpanou z dolní nádrže do horní, spád je vytvářen rozdílem těchto nádrží.

¹ Česká státní norma Vodní hospodářství

² Česká státní norma Malé vodní elektrárny

U malých vodních elektráren je nejčastější průtočný pracovní režim. Ve sledované oblasti (horní tok řeky Úpy) se jiný typ než průtočný nevyskytuje.

Existuje několik dalších hledisek, podle kterých se dají malé vodní zdroje klasifikovat, jsou spíše technického rázu: podle umístění strojovny; podle uspořádání strojovny; podle řízení provozu (DUŠIČKA a kol. 2003). Dále ještě podle systému soustředění vodní energie; podle velikosti měrné energie (ŠKORPIL, KASÁRNÍK 2000). Ovšem nejdůležitějším a nejčastěji používaným hlediskem je velikost instalovaného výkonu, charakter provozu nebo velikost spádu.

8. Hydroenergetický potenciál vodního toku

Každý vodní tok představuje určité množství vodní energie. Hydroenergetický potenciál vodního toku je základní údaj o toku určující, jakou energii (kWh/rok) unáší jeho průtoky (DUŠIČKA a kol. 2003). Údaje o hydroenergetickém potenciálu povrchových vodních toků na určitém území slouží k celkovému přehledu o možnostech využití toků, resp. jejich potenciální energie.

Hrubý hydroenergetický potenciál povrchových toků se určuje z nadmořských výšek hodnocené oblasti a příslušných průměrných průtoků. Určuje se k hladině moře, do kterého tok ústí, nebo ke kótě hladiny toku na státní hranici a má pouze evidenční charakter.

Reálně využitelný hydroenergetický potenciál vodního toku se nikdy nemůže rovnat hodnotě 100 %. Protože 100% využití celkového spádu a středního průtoku je prakticky nemožné. Tomu stojí v cestě např. města, komunikace, velké objekty a chráněné území (DUŠIČKA a kol. 2003). Například snaha o stoprocentní využití hydropotenciálu na jezích s malými spády a kolísajícími průtoky může udělat vodní dílo značně neefektivním (PAŽOUT 1987).

Reálná není ale ani stoprocentní přeměna vodní energie na elektrickou. Vznikají nezanedbatelné ztráty např.: na spádu; průtočného množství; při převodech potenciální energie toku na mechanickou a elektrickou; v přenosových sítích.

Zajímavým potenciálem je hydroenergeticky dosud nevyužitý. Představuje možné budoucí využití přirozených nebo regulovaných průtoků a slouží k informování o případných možnostech výstavby malých vodních elektráren v příhodných lokalitách.

9. Dva základní parametry hydroenergetického díla

Pro primární určení vhodnosti lokality pro vybudování malé vodní elektrárny je potřeba znát reálnou, nebo alespoň přibližnou, hodnotu průtoku a hodnotu spádu, což jsou dva nejdůležitější parametry z pěti parametrů (průtok, spád, účinnost, výkon, výroba elektrické energie) pro budování malého vodního díla.

9.1. Průtok turbínou

Průtok turbínou je definován, jako celkové množství vody protékající turbínou za jednotku času včetně prosáknuté vody v oblasti turbíny (nevyužitelná voda). Z ekonomického hlediska jsou důležité hodnoty průtoků, které jsou k dispozici k účinnému energetickému zpracování.

Rozlišujeme tyto průtoky:

- nejmenší a největší využitelný průtok – nejmenší a největší průtok, který byl v uvažovaném období k dispozici k využití ve vodní elektrárně
- nejmenší a největší využitý průtok – nejmenší a největší průtok vodní elektrárnou, který byl v daném období energeticky využitý
- průměrný roční využitelný průtok – úhrnné množství vody, které by mohlo být v jednom roce celkem využité, dělené počtem sekund v roce
- průměrný roční využitý průtok – úhrnné množství vody v jednom roce skutečně využité ve vodní elektrárně, dělené počtem sekund v roce (DUŠIČKA a kol. 2003).

Dále ještě méně důležité typy průtoků jako jsou: jalový průtok vodní elektrárnou nebo provozní průtok (HOLATA 2002).

V literatuře (DUŠIČKA a kol. 2003, HOLATA 2002) je uváděn průtok vodním strojem. Jsou to:

- Průtok turbínou – celkové množství vody potřebné na provoz turbíny při daném zatížení včetně ztrát
- Hltnost turbíny – největší možný průtok turbínou, který se často vztahuje k určitému spádu
- využitelný průtok turbínou – průtok, který je schopna turbína při příslušném okamžitém spádu schopna účinně energeticky zpracovat.

Tyto průtoky turbínou jsou uváděny jako nejdůležitější, existuje však ještě řada vedlejších typů např.: jmenovitá hltnost, návrhový průtok turbínou, jednotkový průtok turbínou či průtok turbínou při chodu naprázdno (DUŠIČKA a kol. 2003).

Pro vlastníky – provozovatele malých vodních elektráren je jedním z nejdůležitějších průtoků průměrný roční využitelný průtok. Často je tento ukazatel rozhodující při zvažování případné realizace výstavby. Při rozhodování má stejnou váhu jako hodnota spádu (viz níže).

9.2. Spád

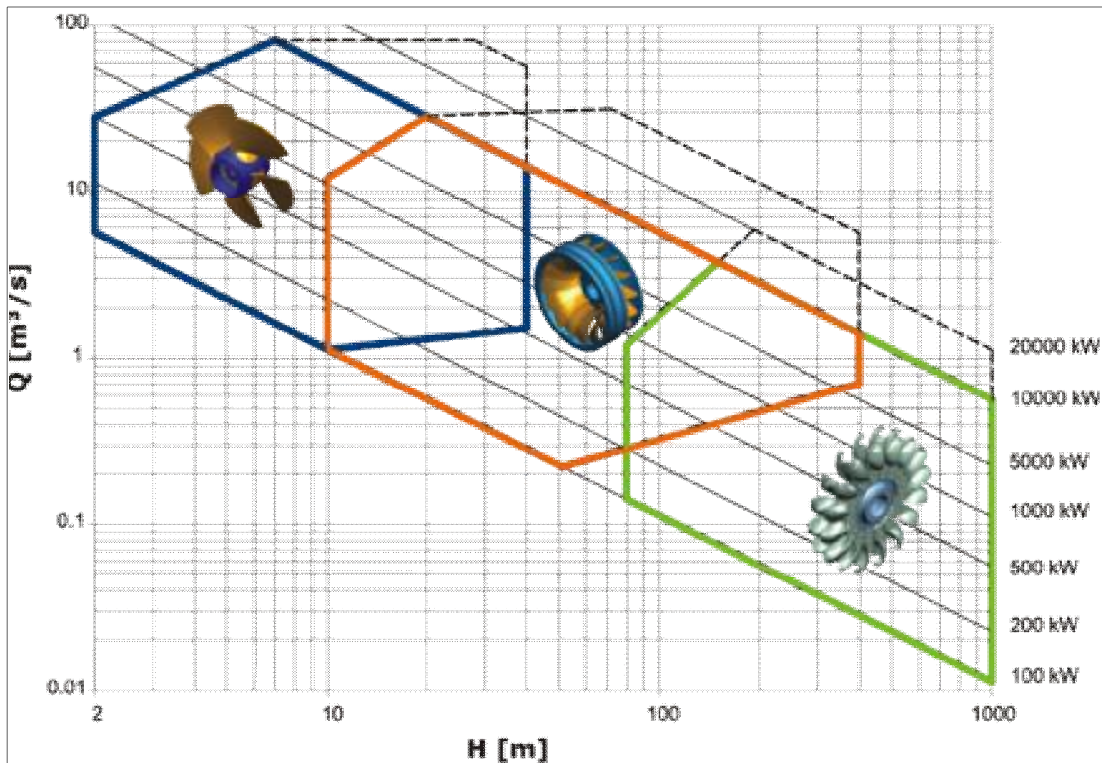
Důležitou informací pro budovatele, provozovatele a v neposlední řadě pro projektanta malé vodní elektrárny je hodnota spádu. Spád je v obecném významu výškový rozdíl bodů hladiny.

Z energetického hlediska je pro výrobu elektrické energie nejvhodnější nejvyšší spád. Jeho hodnota závisí na topografických a hydraulických podmínkách (HOLATA 2002). Právě hodnota spádu má později částečný vliv na výběr správné technologie – především vhodné turbíny.

V hydroenergetické terminologii rozlišujeme několik druhů spádu. Základním je spád vodní elektrárny jako výškový rozdíl hladin před vtokem a před vyústěním do odpadu vodní elektrárny. V praxi ještě odlišujeme spád při nulovém průtoky hydraulickým systémem a během dynamického režimu práce vodní elektrárny (DUŠIČKA a kol. 2003).

Celkový spád vodní elektrárny je statický spád mezi dvěma posuzovanými úseky toku, který chceme energeticky využít. Je daný výškovým rozdílem horní a dolní hladiny při nulovém průtoku, takže ho lze snadno určit na hotovém díle nivelací úrovně hladin. Představuje potenciální energii vody, která je při dané sestavě hydroenergetických objektů k dispozici pro energetickou přeměnu ve vodní turbíně mezi jejím vstupním a výstupním profilem (DUŠIČKA a kol. 2003).

Čistý (provozní) spád vodní elektrárny je celkový spád zmenšený o hydraulické ztráty kromě ztráty v hydraulickém obvodu. Po odečtení hydraulických ztrát v obvodu dostaneme užitečný spád vodní elektrárny. Užitečný spád můžeme vysvětlit jako výškový rozdíl mezi čarami měrné energie těsně před vstupem do vodního stroje a na jeho výstupu (DUŠIČKA a kol. 2003).



Obr. 2: Základní charakteristika turbín, vymezení oblastí jejich použití v závislosti na dispozici vodního zdroje
(Zdroj: hidrogenia.com.br)

Jak bylo zmíněno, výběr správné turbíny z části závisí na velikosti spádu. Pro různé hodnoty spádu je vhodná jiná turbína. Pro hodnoty spádu od 2 do 10 metrů je nevhodnější Kaplanova turbína viz (Obr. 2) a její modifikace: PIT Kaplan; S-Kaplan; PB Kaplan; T-Kaplan (MOTLÍK a kol. 2007). Pro větší spády od 10 do 100 metrů je vhodná spíše Francisova turbína (viz Obr. 2). Pro spády nad 100 metrů se nejvíce hodí Peltonova turbína (viz Obr. 2). Při výběru turbíny nezávisí pouze na velikosti spádu, ale také na průtoku (viz Obr. 2), nelze proto říct, že spád je jediným určujícím kritériem pro výběr technologie.

Rozdělení vhodnosti je zjednodušené, často závisí na samotném výrobcí, který si sám udává, pro jaký spád je určitá turbína vyrobena. Často se tedy může stát, že např. Kaplanovu turbínu je možno nainstalovat do 20 metrů spádu, protože výrobce (př. ČKD Blansko) ji tak navrhl a zkonstruoval, za účelem dosažení nejvyšší možné účinnosti.

10. Typy vodních turbín

Výběr vhodné turbíny do dané lokality je podmíněn zjištěným průtokem a spádem (viz výše). S výběrem vodního stroje do daných technických podmínek přímo souvisí i ekonomická stránka budování. Je jisté, že se majitelé – provozovatelé malých vodních zdrojů snaží o nejvyšší zisk, i proto je důležité věnovat výběru turbíny dostatečnou pozornost. Jak bylo řečeno, záleží na i jednotlivém výrobcí, je tedy dobré prostudovat jejich jednotlivé materiály.

Dnes se nejčastěji v malých vodních elektrárnách používá Kaplanova, Francisova a Bankiho turbíny. Ostatní typy (Peltonova, Deriazova) turbín jsou vhodnější pro vyšší spády a větší průtoky, než nastávají u malých hydroenergetických zdrojů. Zde uvádím jen obecné, zjednodušující charakteristiky nejčastějších turbín.



Obr. 3: Kaplanova turbína (Zdroj: vodni-elektrarny.cz) **Obr. 4: Francisova turbína** (Zdroj: vodni-elektrarny.cz)

Kaplanova turbína (viz Obr. 3) vznikla zdokonalením vrtulové turbíny prof. Kaplana v roce 1919. Je to klasická turbína. V základním provedení je výborně regulovatelná, ale výrobně náročná. Je použitelná pro spády od 1 do 20 m, průtoky 0,15 až několik m^3/s . Existuje mnoho konstrukčních provedení Kaplanovy turbíny – PIT, PB, S a T (energetika.cz).

Francisova turbína (viz Obr. 4) je nejdéle využívaným typem moderních turbín. Byla sestrojena Francisem v roce 1849. Tato turbína byla hojně rozšířeným vodním motorem v minulosti. Používala se nejčastěji jako hlavní mechanický pohon větších mlýnů, městských elektráren a průmyslových závodů. Pokud se tyto stroje do dnešních dnů zachovaly, jsou po rekonstrukci většinou provozovány v malé vodní elektrárně (vodni-elektrarny.cz). Dnes se vyplatí instalovat tento typ turbíny od spádu 10 m a výš.



Obr. 5: Bankiho turbína (Zdroj: vodni-elektrany.cz)

Posledním vhodným typem turbíny pro malý vodní zdroj je Bankiho vodní stroj (viz Obr. 5). Jejím konstruktérem je Australan Mitchel, který využil znalostí vodního kola a starších parních turbín. Tento typ je vhodný využít při spádu 5 – 30 metrů.

12. Vodní energetické zdroje na horním toku řeky Úpy

12.1. Vodní zdroje v minulosti

Rozvoj malých energetických vodních zdrojů na horním toku řeky Úpy započal s rozvojem první průmyslové výroby v Krkonoších. Hlavním nositelem pokroku do regionu kolem Úpy bylo zpracování lnu a dřeva (viz Přílohy Obr. 16). Už v 17. století, kdy byla založena papírna v Mladých Bukách, při ní stál vodní mlýn. Totéž platilo i u dalších papírenských závodů (od roku 1860 v papírně v Horním Maršově), které byly budovány na březích řeky Úpy. Papírenský průmysl je velmi náročný na přítomnost a dostatek vody, proto se tyto podniky budovaly v blízkosti vodních toků. I textilní průmysl, který udělal z Trutnovska Inářské centrum Evropy, byl náročný na přítomnost, takže i přádelny a barvírny textilních závodů byly situovány hlavně u jediného vodního toku – Úpy. U těchto průmyslových podniků se jako první objevovaly náhony a velké mlýny. Mlýny byly pohonnou silou výroby, dokud je nenahradil výkonnější parní stroj. Náhony a odtokové objekty zůstaly často zachovány, takže se později, s rozvojem vodní energetiky u nás, mohlo využít stávajících možností a tyto lokality „jen“ přebudovat.

I v dobách dávno minulých se na Úpě nacházely panské mlýny (Velká Úpa, Horní Maršov, Mladé Buky). Nejlépe dochované informace (freiheit.cz) jsou o panském mlýně ve Svobodě nad Úpou, který stojí na Úpě „od pradáva“. První zmínka o něm je z 15. 12. 1650, což bylo datum stanovené pro odvádění dávek obilí Vlčickému panství. Od konce 17. století vládli mlýnící jen najatí mlynáři, až v roce 1849 se stal prvním vlastníkem Johann Wahl, jenž koupil mlýn za 80 zlatých. V roce 1905 (vedl ho syn Johanna Johann) se mlýn dostal do konkurzu. Odtud ho vykoupila textilní firma Piette (později součást Texlenu a.s.) z Horního Maršova a pronajala jej pro provoz přádelny. Po uplynutí nájemní doby byl mlýn přestavěn na rodinnou vilu majitele přádelny. V polovině 70. let 20. století byla rodinná vila – mlýn zbourán, aby na jeho místě mohla být křižovatka silnic z Trutnova a Pece pod Sněžkou. Dodnes z něj zbyl pouze patní sloup, část kamenné zídky a kamenná mísa, která byla později přenesena na náměstí ve Svobodě nad Úpou. Častější výskyt mlýnů byl na území Trutnova, který ovšem již neleží v zájmovém území.

12.2. Situace v roce 1955

První souhrnné informace o využití vodní energie na Úpě byly vypracovány až v roce 1955 státním podnikem Povodí Labe, kam povodí Úpy (horního toku) spadá. Byl vytvořen seznam

(ROČENKA 1955 POVODÍ LABE) energetického využití potenciálu řek, které se nacházejí v celém povodí Labe.

V roce 1955 se na horním toku řeky Úpy (bráno od 54. říčního kilometru) nacházelo celkem 17 vodních děl – všechno malých vodních elektráren (viz Tab. 2). Sedm z nich bylo provozováno Úpskými papírnami, tři elektrárny patřily pod Texlen n.p., dvě Krkonošským pilám a Elektrárnám Východní Čechy. Jediné dvě malé vodní elektrárny byly soukromé – jedna ve vlastnictví Čenka Bendla a druhá Františka Prouzy. Malé vodní elektrárny se nacházely v Mladých Bukách (ř. kilometr 54, 77 – 59, 34) v počtu 6, v Horním Maršově (ř. km. 63, 91 – 65, 88) v počtu 4 a ve Velké Úpě (ř. km. 67 – 70, 72) v počtu 2.

Tab. 3: Elektrárny, jejich umístění a provozovatel v roce 1955

	říční kilometráž (km)	místo katastrální území	provozovatel	účel
1	54	Trutnov, Horní Staré Město čp. 104	Krkonošské pily	pila
2	54,77	Mladé Buky, Kalná voda, čp. 5	Texlen n.p.	přádelna a závodní elektrárna
3	57,03	Mladé Buky, čp. 145	Fr. Prouza	brusírna skla
4	57,03	Mladé Buky, čp. 35	Čeněk Brendl	pila a elektrárna
5	57,03	Mladé Buky, čp. 52	Lenka n.p., Texlen	závodní elektrárna
6	58,63	Mladé Buky, čp. 130	Prádelna OPS trutnov	závodní elektrárna
7	59,34	Mladé Buky, čp. 126	KRPA	závodní elektrárna
8	60,68	Svoboda nad Úpou	Úpské papírny., n.p.	závodní elektrárna
9	60,68	Dolní Maršov, čp. 13/14	Úpské papírny., n.p.	závodní elektrárna
10	62,33	Dolní Maršov, čp. 56, Maršov I	Úpské papírny., n.p.	elektrárna
11	63,14	Dolní Maršov, čp. 33, Maršov III	THK n.p. RHK - VČE	závodní elektrárna
12	63,91	Horní Maršov, čp. 89	Úpské papírny., n.p.	brusírna dřeva
13	64,31	Horní Maršov, čp. 89	Krkonošské pily	pila a závodní elektrárna
14	65,01	Horní Maršov, Temný Důl, čp. 151	Texlen n.p.	přádelna a závodní elektrárna
15	65,88	Horní Maršov, Temný Důl, čp. 71	Úpské papírny Mechanika	papírna a závodní elektrárna

16	67	Velká Úpa, I, čp. 170	Úpské papírny., n.p.	brusírna dřeva
17	70,72	Velká Úpa, čp. 87	Úpské papírny., n.p.	brusírna dřeva

(Zdroj: Ročenka 1955 Povodí Labe)

Je zajímavé, že ve Svobodě nad Úpou se v roce 1955 v porovnání s ostatními obcemi nacházela pouze jedna elektrárna (závodní elektrárna Úpských papíren n.p.), důvodem by mohla být špatná technická přístupnost nebo nevýhodnost využití toku pro energetické účely.

Tyto vodní zdroje byly nejčastěji osazeny Francisovými turbínami, ty byly v této době nejvíce používané, pouze dva malé vodní zdroje měli jednoduchá vodní kola na vrchovou vodu, jedna brusírna dřeva (Velká Úpa, ř. km. 67) měla starou Girardovu turbínu a v jedné závodní elektrárně (Svoboda nad Úpou, ř. km. 60, 68) byla instalována Kaplanova turbína.

Všechny elektrárny v roce 1955 zapadají výkonově do kategorie malých vodních elektráren. Celkový výkon všech 17 zdrojů je 3298 kW (průměrný výkon na jednu malou elektrárnu je 194 kW). Mezi největší elektrárny (podle instalovaného výkonu) patří:

- ř. km. 59, 34 – závodní elektrárna KRPA (2 x Francisova turbína) s 434 kW v Mladých Bukách
- ř. km. 62, 33 – elektrárna Úpských papíren n. p. (2 x Francisova turbína) s 412 kW v Dolním Maršově
- ř. km. 57,03 – závodní elektrárna Texlenu – Lenka n. p. (2 x Francisova turbína) s 385 kW v Mladých Bukách
- ř. km. 63,14 – závodní elektrárna Elektráren Východních Čech (2 x Francisova turbína) s 324 kW v Dolním Maršově
- ř. km. 65,01 – přádelna a závodní elektrárna Texlenu n. p. (2 + 1 Francisova turbína) s 292 kW v Horním Maršově – Temném Dole.

Všech 17 malých elektráren mělo náhon: nejdelší 1,45 km u elektrárny Úpských papíren n. p. v Dolní Maršově (ř. km. 62,33), ostatní náhony nepřesáhly délku 1 km, spíše se jejich délka pohybovala okolo 500 m:

- ř. km. 57, 03 - Texlen – Lenka n. p. 0,6 km
- ř. km. 63, 14 – Elektrárny Východních Čech 0,5 km
- ř. km. 57, 03 – Čeněk Brendl 0,5 km
- ř. km. 65, 01 – Texlen n. p. 0,48.

Jak je možné si všimnout z údajů o říčních kilometrech, některé elektrárny se dělily o společný náhon (př. ř. km. 57, 03 nebo závod Úpských papíren na ř. km. 60, 68).

Podle těchto informací v roce 1955 lze soudit, že hydroenergetický potenciál v tomto období byl plně využit z velké části velkými podniky, jakými byly textilní a papírenské závody.

13. Inventarizace současných zdrojů

V současné době se na horním toku řeky Úpy nachází šestnáct energetických zdrojů. Všechno jsou malé vodní elektrárny, funkčních je však jenom čtrnáct z nich. Zbylé dvě nefungují (nevyrábějí elektrickou energii), voda jejich náhonem a turbínovou komorou prochází na prázdno (MANIPULAČNÍ ŘÁDY POVODÍ LABE 2011).

První malá vodní elektrárny se nachází na říčním kilometru 54, 002 v Kalné Vodě, poslední tedy šestnáctá je ve Velké Úpě na říčním kilometru 70, 850. Vodní elektrárny se tedy nacházejí na délce 16, 848 km horního toku Úpy, jejíž energetický potenciál je plně pokryt. Stavby vodních zdrojů nejdou od sebe daleko, průměrná vzdálenost je okolo 1 kilometru, pouze mezi posledními je vzdálenost 4, 494 km. To je jediný úsek toku, který prozatím není nijak energeticky využit. Elektrárny se nacházejí v pěti katastrálních územích následujících obcí: Kalná Voda (2 MVE); Mladé Buky (5 MVE); Svoboda nad Úpou (2 MVE); Horní Maršov (6 MVE) a Velká Úpa (1 MVE).

Tab. 4: Malé vodní elektrárny v roce 2011, jejich lokalizace a majitelé

	říční kilometr	katastrální území	provozovatel
1	54, 002	Kalná Voda	p. Kos
2	54, 772	Kalná Voda	Grund a.s.
3	55, 438	Mladé Buky	p. Lauryn
4	57, 030	Mladé Buky	nefunguje (LENA)
5	58, 030	Mladé Buky	p. Špůr
6	59, 883	Mladé Buky	Energie s.r.o.
7	60, 338	Mladé Buky	KRPA
8	60, 682	Svoboda nad Úpou	Energo Plus s.r.o.
9	62, 332	Svoboda nad Úpou	Energo Plus s.r.o.
10	63, 143	Horní Maršov	Genova s.r.o.
11	63, 910	Horní Maršov	Energo Plus s.r.o.
12	64, 310	Horní Maršov	Pila Horní Maršov
13	65, 014	Horní Maršov	Lentex s.r.o.
14	65, 885	Horní Maršov - Temný Důl	nefunguje
15	66, 356	Horní Maršov - Temný Důl - Mechanika	p. Vrběcký
16	70, 850	Velká Úpa	p. Sochor

(Zdroj: Manipulační řády Povodí Labe 2011)

13.1. Charakteristika malých vodních elektráren

(MANIPULAČNÍ ŘÁDY POVODÍ LABE 2011)

Na říčním kilometru 54, 002 je vybudovaná první malá vodní elektrárna (viz Přílohy Obr. 17, 18, 20). Byla uvedena do provozu 5. 5. 1995. Po rekonstrukci jsou ve strojovně (viz Přílohy Obr. 19) umístěny dvě turbíny Bankiho typu. Celkový instalovaný výkon je 100 kW, spád 3, 5 m.

Po toku výše v Kalné Vodě, na říčním kilometru 54, 772 je druhá malá vodní elektrárna. Od roku 1992 to byla závodní elektrárna Texlenu Trutnov a.s. – Kalná Voda. V roce 2002 dílo koupila firma Grund a.s. Instalovaného výkonu 122 kW dosáhne při průtoku 3, 5 m/s a spádu 4, 60 m. průměrný roční průtok je 3, 99 m³/s. Ve strojovně je instalována dvojitá Francisova turbína, která zajišťuje výrobu elektrické energie.

Poměrně mladou elektrárnou je na 55, 438 říčním kilometru Havran (viz Přílohy Obr. 21) v Mladých Bukách. Její stavba a zahájení provozu proběhlo v roce 2007. Instalovaný výkon je 75 kW, spád činí 2, 3 m a průtok 3, 58 m³/s. o výrobu elektřiny se stará Kaplanova turbína, která je skrytá ve strojovně pod zemí. U této vodní elektrárny Český rybářský svaz trval na vybudování rybího přechodu.

První nefunkčním vodním objektem (viz Přílohy Obr. 22) je elektrárna Texlen a.s. – LENA na říčním kilometru 57, 030, jejíž provoz byl ukončen v roce 2007 bankrotem firmy Texlen Trutnov a.s. V roce 2001 byl rekonstruován jez a instalovaný výkon byl 82 kW.

Na 58, 030 říčním kilometru je vybudována malá vodní elektrárna Milana Špůra. Využívá náhon k bývalé závodní elektrárně u Prádelny Trutnov, která se nacházela na katastrální území obce Mladé Buky. Výrobními stroji jsou dvě Kaplanovy turbíny (oběžná kola: 860 mm a 750 mm). Turbíny jsou nastaveny na stálý průtok 0,6 – 6,4 m³/s. Instalovaný výkon je 70 kW a spád 3, 59 m. V loňském roce došlo k obnově jezu a k instalaci nových turbín.

Na území Mladých Buků stojí malá vodní elektrárna bývalých Krkonošských papíren (viz Přílohy Obr. 23). Dnes vodní zdroj energie na 59, 338 říčním kilometru patří společnosti Energie s.r.o. Roční průtok je 3,32 m³/s. Tato elektrárna má dvě strojovny: první je osazená 3 kolenovými turbínami; druhá dvěma Francisovými turbínami. Instalovaný výkon je 207 kW.

V areálu bývalých Úpských papíren se nachází malá vodní elektrárna s instalovaným výkonem 165 kW. Stojí na říčním kilometru 60, 338, stále se nachází v Mladých Bukách a je v majetku Krkonošských papíren.

V roce 1992 došlo k obnově vodohospodářského díla na dalším náhonu Krkonošských papíren. Byla opravena elektrárna, která dnes patří společnosti Energo Plus s.r.o. Elektrárna na říčním kilometru 60, 682 má výkon 110 kW a průměrný roční průtok 3, 24 m³/s. Ve strojovně se nachází jedna Kaplanova turbína.

V současnosti nejvýkonnější elektrárna viz (Přílohy Obr. 24) se nachází ve Svobodě nad Úpou na říčním kilometru 62,322. Byla nově vybudována v areálu Krkonošských papíren v roce 199. K samotné elektrárně vede náhon (viz Přílohy Obr. 25) dlouhý 1,460 km. V období let 1993 – 2002 zde byla nainstalována jedna turbína Bankiho – typ CINK. V dubnu roku 2002 došlo k obměně této turbíny za novou a ještě byla přidána Francisova turbína. Elektrárna je dnes v držení firmy Energo Plus s.r.o., která se stala nástupnickou společností firmy Denis INT. s.r.o. Průměrný roční průtok je 3, 11 m³/s a instalovaný výkon je 400 kW.

Další velkou elektrárnou (viz Přílohy Obr. 26, 27, 28) je říčním kilometru 63, 143 vodní objekt, který býval v majetku Skupiny ČEZ. Tato elektrárna byla postavena v roce 1921 a leží na území Horního Maršova. Od roku 1921 prošla několika rekonstrukcemi, poslední proběhla v roce 2006, kdy byl opraven jez. Dnes patří firmě Genova s.r.o. S náhonem dlouhým 470 m má spád 10, 5, průtok 4 m³/s a instalovaný výkon 305 kW, který je zajišťován dvěma Francisovými turbínami.

V Horním Maršově na říčním kilometru 63, 910 je umístěna malá vodní elektrárna (viz Přílohy Obr. 29, 30), která v současnosti patří firmě Energo Plus s.r.o. V roce 1999 proběhla kompletní přestavba, hlavní změnou byl náhon, který nasedá na dvě roury v délce 250 m a 650 m, ty vedou k samotným elektrárnám. První na náhonu není funkční, je dočasně odstavena, druhá funguje. Má Kaplanovu turbínu a produkuje výkon 57 kW. Průměrný roční průtok je 2,58 m³/s.

Na říčním kilometru 64, 310 je vybudovaná vodní elektrárna, která patří Pile Maršov (viz Přílohy Obr. 31). Má spád 4 metry a instalovaný výkon 40 kW. Ve strojovně je jedna stará Francisova turbína.

Firma Lentex s.r.o. vlastní v Horním Maršově na říčním kilometru 65, 014 malou vodní elektrárnu, která je po obnově v provozu od roku 1992 a to v objektu bývalého textilního

závodu. K dvěma Francisovým turbínám vede náhon dlouhý 460 metrů, který se v posledních dvou letech propadá a s ním i část hlavní silnice mezi Trutnovem a Pecí pod Sněžkou. Instalovaný výkon je 240 kW.

Druhou nefungující elektrárnou (viz Přílohy Obr. 32) je objekt v Horním Maršově – Temné Dole na ř. kilometru 65, 885. Její provoz začal v roce 1985, v tuto dobu byl její výkon 28, 3 kW a ve strojovně byla instalována jedna Francisova turbína. V roce 1999 došlo k rozsáhlé obnově a o 12 let později opět. Ovšem ani tyto přestavby nezabránilly ukončení provozu v roce 2003 z důvodu ekonomické nevýhodnosti.

Předposlední elektrárnou v zájmovém území je, v Horním Maršově – Temném Dole, Mechanika (Přílohy Obr. 33). Původní elektrárna na říčním kilometru 66, 356 byla kompletně přestavěna v letech 1991 až 1993. Elektrárna má spád 9 m, její náhon (viz Přílohy Obr. 34, 35) vede nad zemí a je ukotven na pilounech. Bankiho turbína - typ CINK produkuje výkon 120 kW.

Poslední elektrárna (viz Přílohy Obr. 36) ve sledované oblasti je na ř. kilometru 70, 850 ve Velké Úpě. Byla postavena v roce 1991 a do roku 1993 probíhal její zkušební provoz. V roce 97 prošla revitalizací a instalací nové turbíny. Dále ještě v roce 209 byla rekonstruována, došlo k částečnému zastřešení čištění a k instalaci 3 vrtulových turbíny MT3 (výrobce je MAVEL a vychází částečně z Francisovy turbíny). Průtok je v této části toku malý, pouze 1, 19 m³/s, výkon činí 45 kW.

13.2. Porovnání let 1995 a 2011

Nejdůležitějším porovnávacím hlediskem využití horního toku řeky Úpy není počet stojících (funkčních i nefungujících) elektráren (v roce 1995 sedmnáct malých vodních elektráren; v roce 2011 šestnáct elektráren), ale jejich celkový instalovaný výkon. Jak bylo zmíněno, v roce 1955 byl celkový výkon 3298 kW, ale v roce 2011 je to „jen“ 2056 kW, pokles o 38 % a to navzdory technologické vyspělosti dnešní doby. Důvodem je značné omezení ze strany úřadů po revolučním roce 1989 (př. dříve se neřešil zbytkový biologický průtok). Po zhodnocení těchto určujících dat mohu říci, že potenciál toku byl a je plně využit v obou sledovaných letech

14. Budoucí potenciál

V dnešní době by byla výstavba malé vodní elektrárny na horním toku řeky Úpy komplikovaná a dokonce až nemožná. Státní podnik Povodí Labe (ústní sdělení Ing. Eliška Charvátová, výstavba a provoz, 29. 4. 2011) by nepovolil žádnou výstavbu v místech, kde dříve nikdy nestál objekt využívající vodu. Zbývají tedy lokality, kde již někdy nějaký objekt byl vybudován. Jediná dvě místa, která přicházejí v úvahu, jsou:

- Velká Úpa – Hasičárna (viz Přílohy Obr. 37) – zde jsou zbytky vtokového objektu
- Velká Úpa - Barrandov (viz Přílohy Obr. 38) – zde jsou pozůstatky náhonu.

Tyto lokality jsou z pohledu majitele elektrárny na říčním kilometru 54, 002, pana Kose (ústní sdělení, 25. 4. 2011): „Možná, sice těžko, ale využitelné, z energetického pohledu však naprosto nesmyslné.“ Sám pak ještě zmínil lokalitu u Křižovatky (Pec pod Sněžkou/Malá Úpa), kde by se dalo reálněji uvažovat o výstavbě (viz Přílohy Obr. 39). To nás opět vrací k problému s povolování staveb v Povodí Labe, protože v tomto místě nikdy žádný hydroenergetický objekt nestál. Samo prosazování těchto míst by bylo ještě ztíženo faktem, že území je již v Krkonošském národním parku (Hasičárna, Barrandov) nebo v jeho ochranném pásmu.

Nejrozumnější cestou pro osoby, které by chtěli na Úpě mít malý hydroenergetický zdroj je spíše možnost přestavby stávajících nefunkčních malých vodních elektráren (př. Mladé Buky LENA – ř. km. 57, 030; Horní Maršov - Temné Důl 65, 885).

15. Životní prostředí a KRNAP

Všechna kontakty s přírodou v oblasti realizace a provozu energetických staveb s sebou nesou pozitivní i negativní vlivy na životní prostředí. Ani u malých vodních elektráren tomu není jinak. Zvláště v zájmovém území horního toku řeky Úpy je potřeba minimalizovat zásahy do ekosystému. Hlavním důvodem je fakt, že se zájmové území nachází z velké části v Krkonošském národním parku a jeho ochranném pásmu, právě proto je potřeba omezit negativní vlivy dopady na nejmenší možnou hranici.

Ačkoli si je Správa Krkonošského národního parku vědoma důležitosti malých vodních zdrojů, povolování nových staveb a jejich prosazování je velmi složité (KRNAP ROČENKA 2004). Správa došla k závěru, že všechny lokality na krkonošských tocích jsou již vyčerpány (prosadit by se mohly pouze stavby v místech, kde jsou zbytky nebo kdy dříve stála malá vodní elektrárna – Hasičárna, Barrandov).

Negativní vlivy, které je potřeba nejvíce potlačit, vyvarovat se jich a stále jejich stav hodnotit je celá řada. Hlavně to jsou:

- změna průtoků
- změna režimu podzemní vody
- zvýšení erozní/sedimentační činnosti toku
- ztížení migrace ryb a vodních živočichů (DUŠIČKA a kol. 2003)
- ohrožení vodních živočichů turbínou (DUŠIČKA a kol. 2003)
- změna druhového složení organismů
- ovlivnění břehových porostů.

Správa Krkonošského národního parku klade důraz na stanovení a udržování minimálního biologického průtoku, který musí zůstat v toku pod odběrem zachován, a to právě s ohledem na život a pohyb ryb a ostatních vodních živočichů (KRNAP ROČENKA 2004).

U některých malých vodních elektráren se můžeme setkat s rybími přechody (v zájmovém území pouze MVE Havran v Mladých Bukách), které usnadňují migraci ryb. O jejich budování a udržování se stará Český rybářský svaz, který sám navrhuje lokality, kde je potřeba přechod vybudovat. V posledních letech nejsou rybí přechody budovány u všech malých vodních elektráren, jejich stavění je spíše výjimkou. Hlavním důvodem je vytlačování domácích druhů pstruha lipanem. Lipan podhorní je odolnější (šupiny) a dravější rybou a často dokáže pstruha úplně vytlačit či ho plně nahradit.

16. Závěr

Využívání energie vody bylo v minulosti doprovázeno mnoha těžkostmi a soupeřením s ostatními druhy energií. Rozvoj hydroenergetiky byl v 19. a 20. století závislý na zdokonalování vodního kola, vynálezu vodních turbín, zajištění stabilní převodové soustavy a v neposlední řadě na klidném politickém pozadí, což se podařilo zajistit až po roce 1989. S uvolněním poměrů v podnikání, se v údolí horního toku řeky Úpy začalo s budováním nových a částečnou přestavbou již stávajících malých vodních energetických zdrojů, hlavně při textilních a papírenských průmyslových závodech.

Cílem této práce bylo analyzovat potenciál produkce vodní energie v údolí horní Úpy v minulosti – srovnávacím rokem byl rok 1955, seřadit informace o současných malých vodních elektrárnách, objektivně posoudit jejich hydropotenciál a v neposlední řadě zhodnotit možné lokality pro budoucí energetické využití. S budoucí výstavbou nových elektráren to je velmi komplikované, protože prostor horního toku Úpy je vyčerpán a možný investor bude muset prosadit svou teorii na Povodí Labe, které by již žádné nové objekty nepovolilo a projednat záměr na Správě Krkonošského národního parku, pokud by se energetický zdroj nacházel přímo v národním parku nebo jeho ochranné zóně.

Zhodnocení minulé, současné a budoucí situace předcházelo nastínění vývoje využívání vody ve světě a v České republice, kde byly vysvětleny souvislosti politické i národohospodářské. Ke správnému pochopení vodní energie bylo potřeba se věnovat základním parametrům (spád, průtok), které rozhodují o eventuálním využití lokality, typům vhodných turbín (Kaplan, Francis, Banki), protože každá je konstruována na jinou velikost spádu i průtok. Na těchto informacích závisí vhodné použití technologie, pro výrobu, co největšího množství elektrické energie a celkové ekonomické využití potenciálu toku v daném místě.

Součástí práce je také charakteristika jednotlivých – hlavních obnovitelných zdrojů energie, mezi které patří, kromě vody: sluneční energie, geotermální energie, energie z biomasy, větrná energie a (energie vzduchu, energie půdy, energie kalového plynu, skládkového plynu a bioplynu). Všechny tyto alternativní zdroje energie jsou zatím brány doplňkově, jejich většímu uplatnění v energetickém mixu brání zatím nedokonalé technologie s malou účinností.

17. Shrnutí

Primární potřebu současné civilizace, a sice potřebu energie zajišťuje několik zdrojů. Staré zdroje (ropa, uhlí, zemní plyn, uran), v nichž výroba převažuje a obnovitelné zdroje (vítr, voda, vzduch, sluneční záření, bioplyn, skládkový plyn, kalový plyn, půda, nitro Země, biomasa). V České republice je dlouhodobě nejvýhodnějším obnovitelným zdrojem voda, pak biomasa, a i o dalších obnovitelných zdrojích se začíná více mluvit (vítr, bioplyn). Stanoveným cílem ve Státní energetické koncepci je podporovat rozvoj a maximální využití obnovitelných zdrojů v souladu s ekonomickými možnostmi a přírodními geograficko-klimatickými podmínkami České republiky.

Vodní elektrárny se podílejí 3 % na hrubé domácí výrobě elektřiny (v ČR v roce 2009), malé vodní elektrárny se podílejí 1, 2 %. Hlavním obdobím rozvoje vodních zdrojů bylo v České republice období první dvaceti let 20. století, dokud nebyla rozpoutána první světová válka. Samozřejmě, že největším skokem byl rok 1989, kdy se rozvinulo soukromé podnikání v této sféře.

Pro lepší orientaci byly vodní elektrárny rozděleny do několika kategorií podle různým kritérií. Nejvýhodnějším kritériem je výkon, proto je pro nás důležité dělení na: domácí elektrárny do 35 kW; mikroelektrárny od 35 do 100 kW; minielektrárny od 100 do 1000 kW a velké průmyslové od 1 do 10 MW.

Základními údaji, které je potřeba znát před budování elektrárny jsou: potenciál (jakou energii unáší průtok toku; v kWh/rok), průtok (jaké množství proteče místem za časovou jednotku; v m³/s) a spád (výškové převýšení na toku; v m). Spád a průtok často určují, jaká bude použita výrobní jednotka (Kaplanova, Francisova nebo Bankiho turbína).

Na území horního toku Úpy bylo v roce 1955 sedmnáct malých vodních zdrojů s celkovým výkonem 3298 kW. Byly situovány hlavně u průmyslových objektů (papírny, textilní závody), pouze dvě byly v soukromém vlastnictví. Majetková struktura se změnila po roce 1989 a hlavně po ukončení provozu Papíren (Krkonošských a Úpských) v údolí řeky Úpy a Texlenu (v roce 2007). Tyto elektrárny byly často koupeny malými firmami, které se zabývají přímo energetikou (Energo Plus s.r.o.; Energie s.r.o.; Genova s.r.o.). V roce 2011 je zde čtrnáct fungujících malých vodních elektráren s celkovým výkonem 2056 kW. Hydropotenciál je plně vyčerpán, s povolováním nových objektů by byl problém ze strany „úřadů“ (Povodí Labe s.p., Stavební úřad příslušné obce, Správy KRNAPu...).

18. Summary

The primary need of current civilization is energy, which is produced by several sources. Old ones (oil, coal, gas, uranium) and renewable energy sources (water, wind, soil, air, solar radiation, biogas, sewer gas, land fill gas, biomass, geothermal energy). In the Czech Republic the best long-term renewable source is water, then biomass and about the other alternative sources is also spoken. The aim in The State Energy Plan is supported development and maximum use of renewable sources.

Hydro power plants are involved 3 % in production electricity in the Czech Republic (year 2009). Small hydro plants produce 1, 2 %. The greatest period of developing hydro plants was in the first twenty years of 20th Century, until the First World War started. Of course, significant change occurred in year 1989.

For better orientation hydro plant were divided into several categories according to their power. There are four categories: domestic plants to 35 kW; micro hydro plants from 35 to 100 kW; mini hydro plants from 100 to 1000 kW and large industrial from 1 to 10 MW.

Basic information, which is need to know are: potential (energy brings by flow; kilowatt hour/year), flow (the amount of water which flows though a given point per time unit; m³/s) and gradient (elevation the flow; metres). The flow and the gradient often determine which type of turbine will be installed (Kaplan, Francis, Banki).

In year 1955 there were seventeen hydro plants on the upper part of Úpa River, installed power was 3298 kW. Plants were situated mostly near the paper-mills and textile factories. Just two ones were in private property. Ownership structure was changed after year 1989 and after closing paper and textile (2007) factories. These hydro plants were bought by small companies (Energio Plus Ltd., Energie Ltd., Genova Ltd.). There are fourteen small hydro plants, installed power is 2056 kW. Hydropotential is fully exhausted, get the permission to build totally new hydro plant is complicated because of “Offices” (Povodí Labe S.E., Building Authority, Krkonose National Park Administration).

Key words: upper flow; potential; inventory; power plant; power; flow.

Seznam literatury

Knižní publikace

BROŽ, K. (2003): Alternativní zdroje energie. Vydavatelství ČVUT, Praha, 213 s.

CETKOVSKÝ, F., FRANTÁL, B., ŠTEKL, J. (2010): Větrná energie v České republice: hodnocení prostorových vztahů, environmentálních aspektů a socioekonomických souvislostí. Ústav geoniky Akademie věd ČR, Brno, 208 s.

DUŠIČKA, P. (2003): Malé vodní elektrárny. Jaga, Bratislava, 175 s.

HOLATA, M. (2002): Malé vodní elektrárny. Projektování a provoz. Academia, Praha, 271 s.

LOKVENC, T. (1978): Toulky krkonošskou minulostí. Kruh, Hradec Králové, 267 s.

MOTLÍK, J., ŠAMÁNEK, L., ŠTEKL, J., PAŘÍZEK, T., BÉBAR, L., LISÝ, M., PAVLAS, M., BAŘINKA, R., KLIMEK, P., KNÁPEK, J., VAŠÍČEK, J. (2007): obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR. ČEZ, Praha, 167 s.

MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. (2008): Energie z biomasy. Brno – ERA, Brno, 92 s.

MYSLIL, V. (2007): Geotermální energie: ekologická energie z hlubin Země – současné možnosti využívání. Ministerstvo životního prostředí Planeta 15 (4), s. 2 – 30.

PAŽOUT, F. (1987): Malé vodní elektrárny. Díl 1, Ekonomika – předpisy. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 501 s.

SRDEČNÝ, K. (2009): Obnovitelné zdroje energie: přehled druhů a technologií. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 31 s.

SÝKORA, B. (1983): krkonošský národní park. Státní zemědělské nakladatelství, Správa KRNAP, Praha, 276 s.

ŠKORPIL, J., KASÁRNÍK, M. (2000) Obnovitelné zdroj energie I. Vodní elektrárny. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, Plzeň, 126 s.

Ostatní zdroje internetové

ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE (2011): Vodní elektrárny. (<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>), accessed 2011-04-25.

ČKD BLANSKO (2007): Historie. (<http://www.ckdblansko.cz/historie/-/>), accessed 2011-05-03.

FREIHEIT (2009): Sezónní noviny východních Krkonoš. (<http://www.freiheit.cz/2-freiheit---je-hezky-cesky-Svoboda-nad-Upou/219-stary-mlyn.html>), accessed 2011-05-03.

KRNAP (2009): Ročenka 2004. (http://www.krnep.cz/data/File/rocenky/rocenka_2004.pdf), accessed 2011-04-25.

MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY (2010): Vodní turbíny. (<http://www.vodni-elektrarny.cz/vodni-turbiny>), accessed 2011-04-25-

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU (2005): Obnovitelné a druhotné zdroje energie. (<http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/obnovitelne-druhotne-zdroje-energie/>), accessed 2011-04-25.

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU (2005): Statistika – Obnovitelné zdroje energie. (<http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/statistiky-energetika/#category120>), accessed 2011-04-25.

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU (2005): Státní energetická koncepce ČR. (<http://www.mpo.cz/dokument5903.html>), accessed 2011-04-25.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (2008-2011): Ochrana před povodněmi. (http://www.mzp.cz/cz/ochrana_pred_povodnemi), accessed 2011-04-25.

PARDUBICE (2011): Továrna Josef Prokop a synové. (<http://www.mesto-pardubice.cz/mesto/turisticke-informace/vychazkove-okruhy/trasa-2/prokopka.html>), accessed 2011-04-29.

POVODÍ LABE (2009): Povodí Labe státní podnik. (<http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/default.aspx>), accessed 2011-04-15.

REÁLNÉ MOŽNOSTI OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICE (2003): Fakta proti mýtům o obnovitelných zdrojích. (<http://vec.vsb.cz/cs/doc/fakta2.pdf>), accessed 2011-04-25.

SKUPINA ČEZ (2011): Energie z obnovitelných zdrojů. (<http://vec.vsb.cz/cs/doc/fakta2.pdf>), accessed 2011-04-29.

TRUTNOV (2004-2005): Charakteristika toků a povodí.

(http://www.trutnov.cz/dpp/html/vecna_cast/1-4_charakter_uzemi_hydro_udaje.html),
accessed 2011-04-15.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. M. (2007): Charakteristiky toků a povodí. (<http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html?PHPSESSID=529f57038adfa1afb85037b37757cb95>), accessed 2011-04-25.

Ostatní zdroje

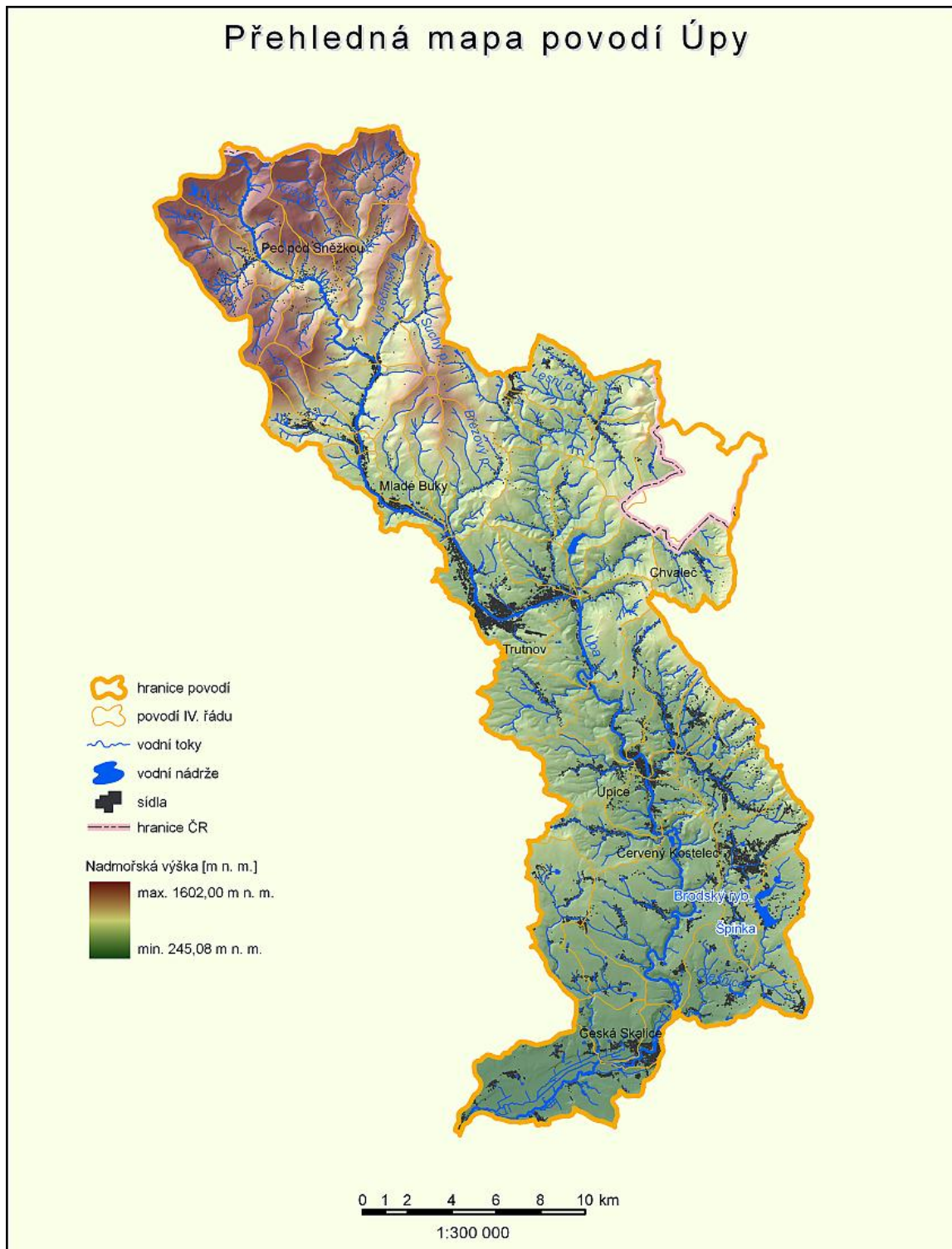
Manipulační řády vybraných objektů – malých vodních elektráren na Úpě.

Skupina pro SVP: Energetická vodní. Kladenské listy. Praha, 1955.

Přílohy

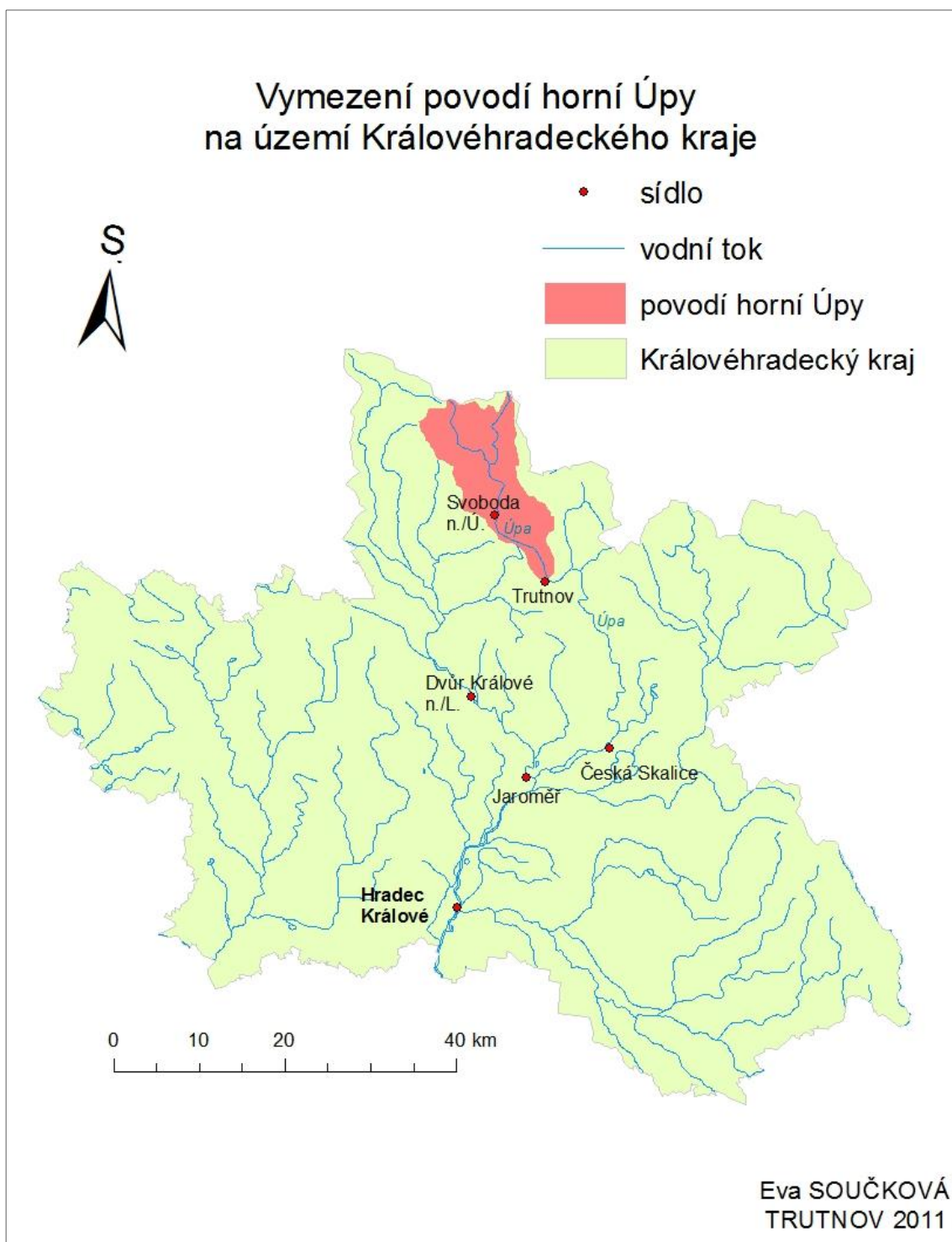
- Obr. 6: Povodí Úpy
- Obr. 7: Povodí horního toku Úpy na území Královéhradeckého kraje
- Obr. 8: Vymezení nadmořských výšek na území povodí horního toku Úpy
- Obr. 9: Přítoky Úpy na jejím horním toku
- Obr. 10: Shereho model řádů toků na horním toku Úpy
- Obr. 11: Strahlerův model řádů toků na horním toku Úpy
- Obr. 12: Lesní plochy na povodí horního toku Úpy
- Obr. 13: Vodní kola čerpadla podle Vitruvia
- Obr. 14: Továrna Josef Prokop a synové v Pardubicích
- Obr. 15: Vodní kolo z konce 19. století
- Obr. 16: Papírna v Dolním Maršově
- Obr. 17: MVE 54, 002 Kos Zadržovací objekt
- Obr. 18: MVE 54, 002 Kos Čištění před turbínama
- Obr. 19: MVE 54, 002 Kos Strojovna se dvěma generátory
- Obr. 20: MVE 54, 002 Kos Výpusť
- Obr. 21: MVE Havran 55, 438 Zadržovací objekt a rybí přechod
- Obr. 22: Jímací objekt k MVE Texlen - Lena 57, 030
- Obr. 23: MVE Energie s.r.o. 59, 338 Jímací objekt
- Obr. 24: Jímání k MVE 62, 332 Energo Plus s.r.o.
- Obr. 25: Náhon k MVE 62, 332 Energo Plus s.r.o.
- Obr. 26: Jímací objekt MVE 63, 143 Horní Maršov Genova s.r.o.
- Obr. 27: Zadržovací objekt MVE 63, 143 Horní Maršov Genova s.r.o.
- Obr. 28: Budova strojovny MVE 63, 143 Horní Maršov Genova s.r.o.
- Obr. 29: Náhon k MVE 63, 910 Energo Plus s.r.o.
- Obr. 30: Fungující strojovna MVE 63, 910
- Obr. 31: MVE Pila Maršov
- Obr. 32: Nefungující MVE Temný Důl 65, 885
- Obr. 33: Strojovna a náhon MVE Mechanika 66, 356
- Obr. 34: Vzdušný náhon MVE Mechanika
- Obr. 35: Náhon shora Mechanika
- Obr. 36: MVE Velká Úpa 70, 850 Sochor Strojovna, zadržovací objekt a jímání
- Obr. 37: Možné budoucí využití Hasičárna
- Obr. 38: Možné budoucí využití Barramdov
- Obr. 39: Možné budoucí využití Křižovatka

Přehledná mapa povodí Úpy



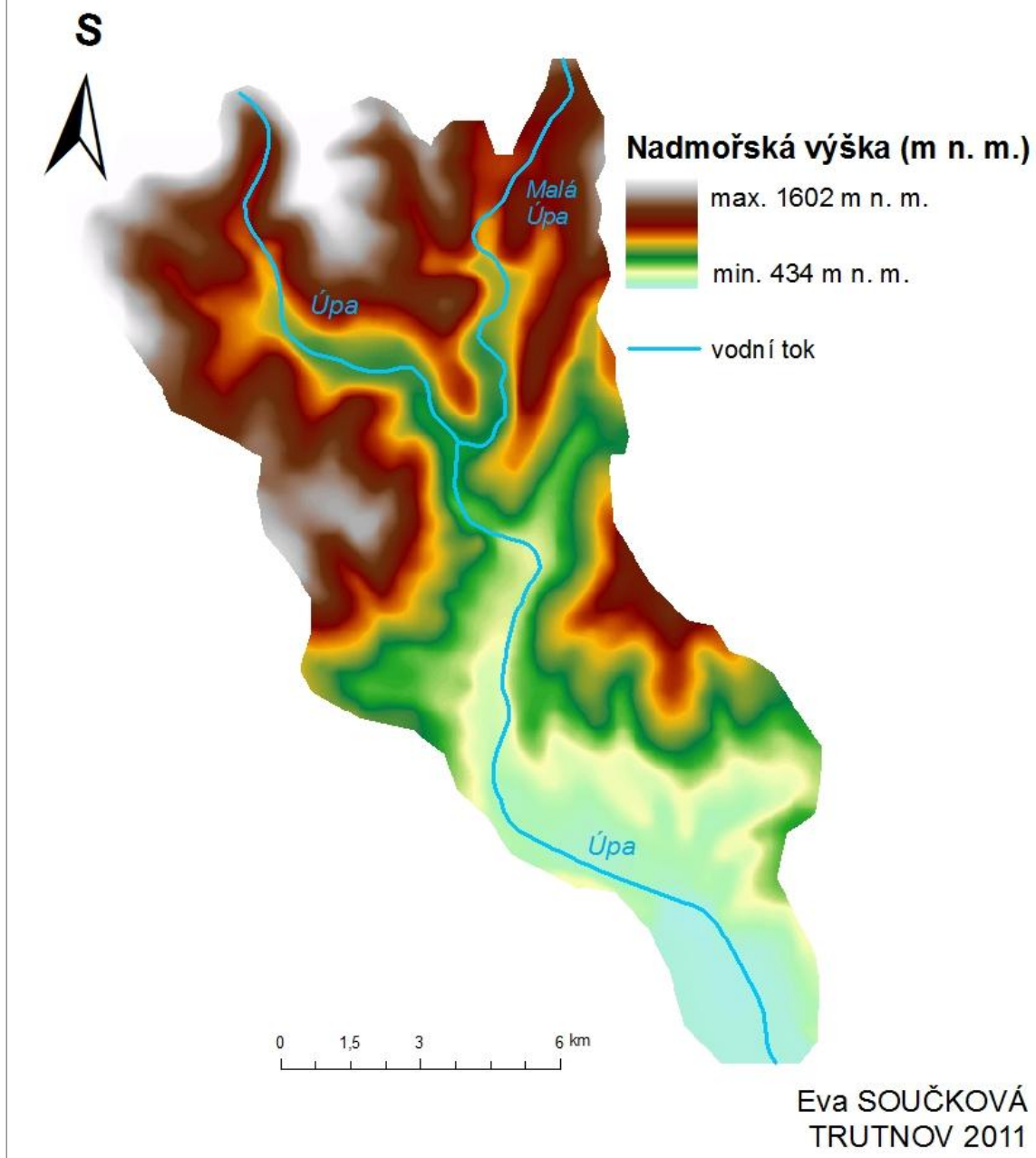
Obr. 6: Povodí Úpy (Zdroj: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., www.vuvv.cz)

Vymezení povodí horní Úpy na území Královéhradeckého kraje



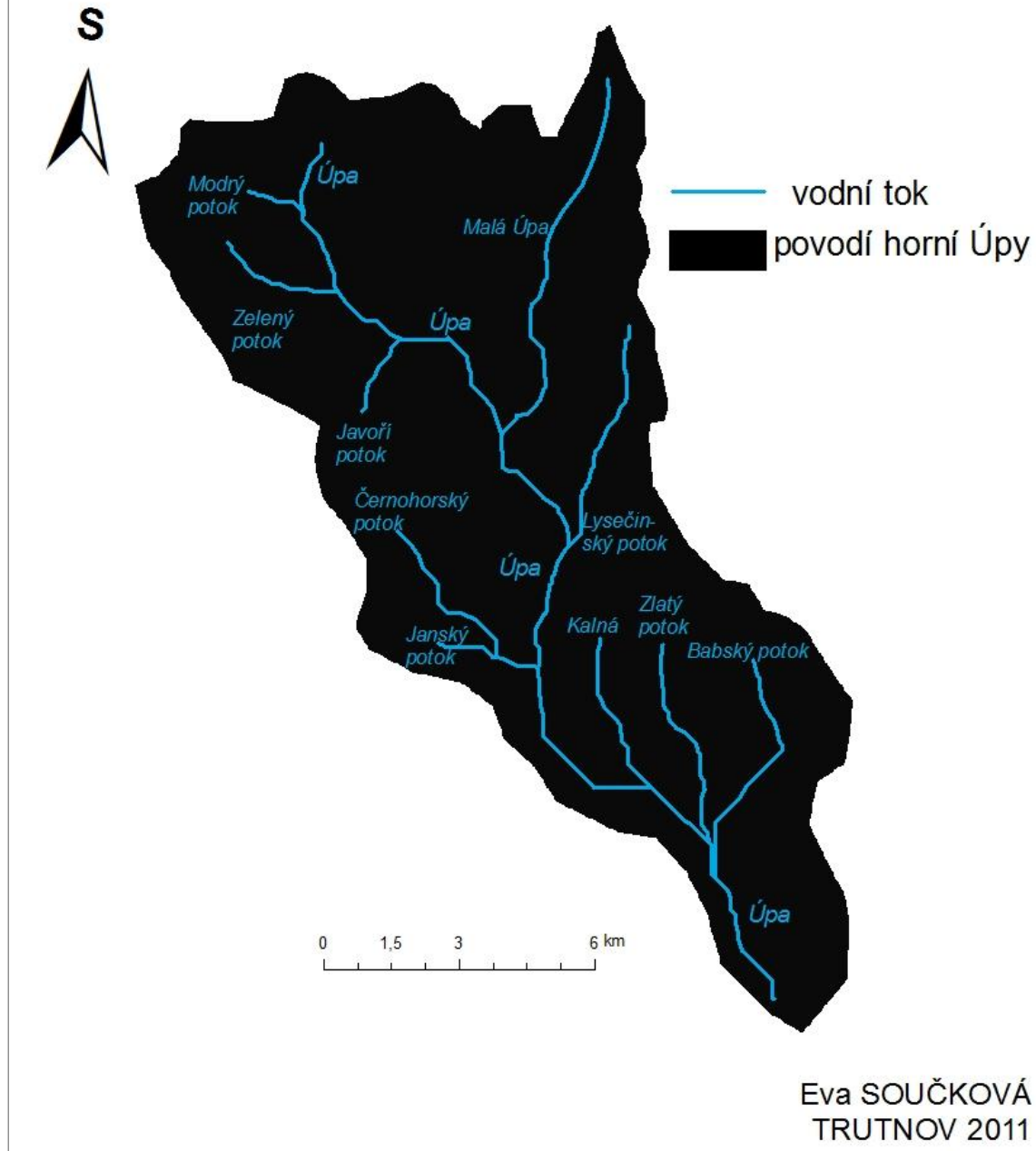
Obr. 6: Povodí horního toku Úpy na území Královéhradeckého kraje (Zdroj: vlastní návrh)

Povodí horní Úpy - nadmořská výška



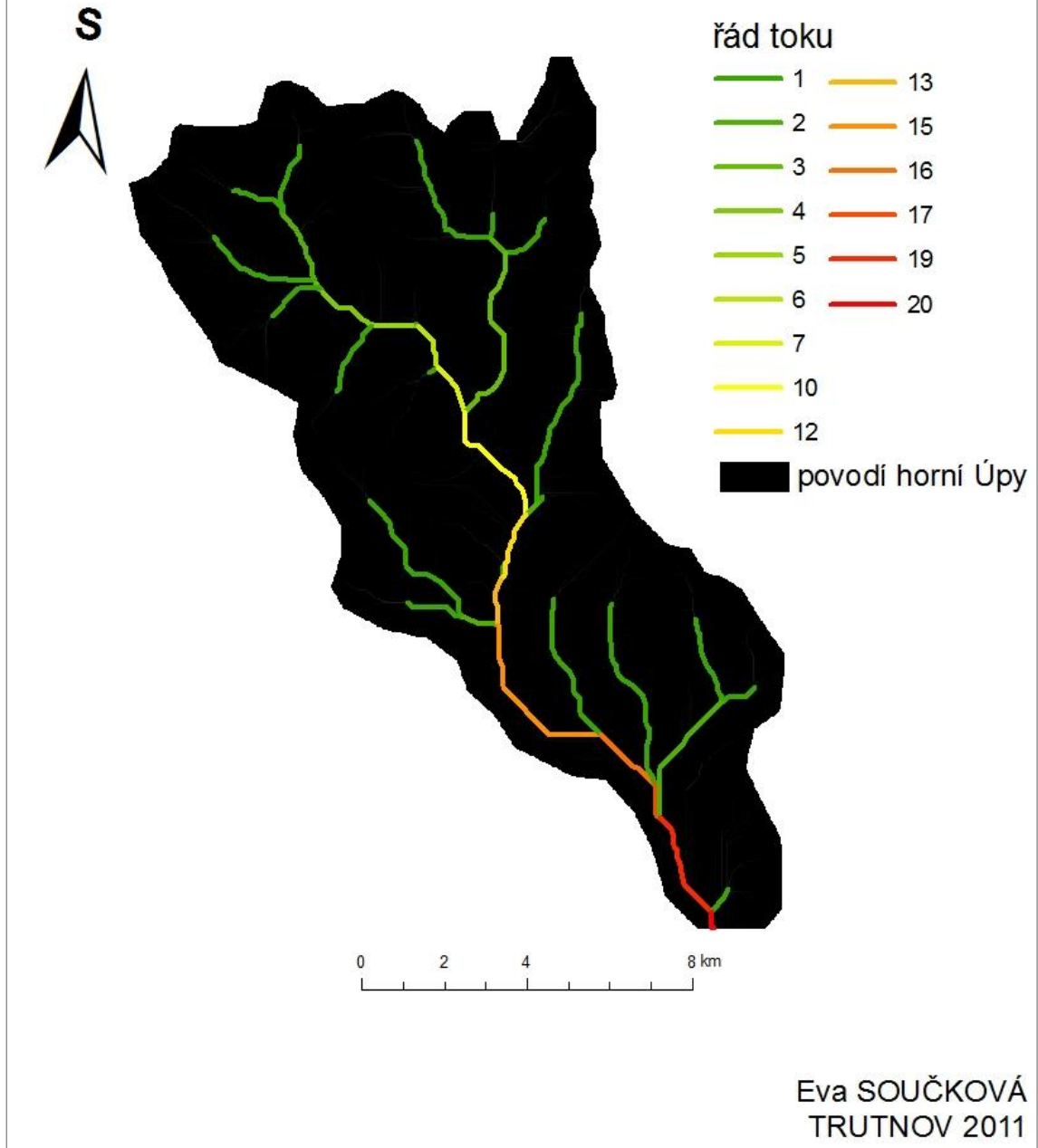
Obr. 7: Vymezení nadmořských výšek na území povodí horního toku Úpy (Zdroj: vlastní návrh)

Přítoky řeky Úpy na jejím horním povodí



Obr. 8: Přítoky Úpy na jejím horním toku (Zdroj: vlastní návrh)

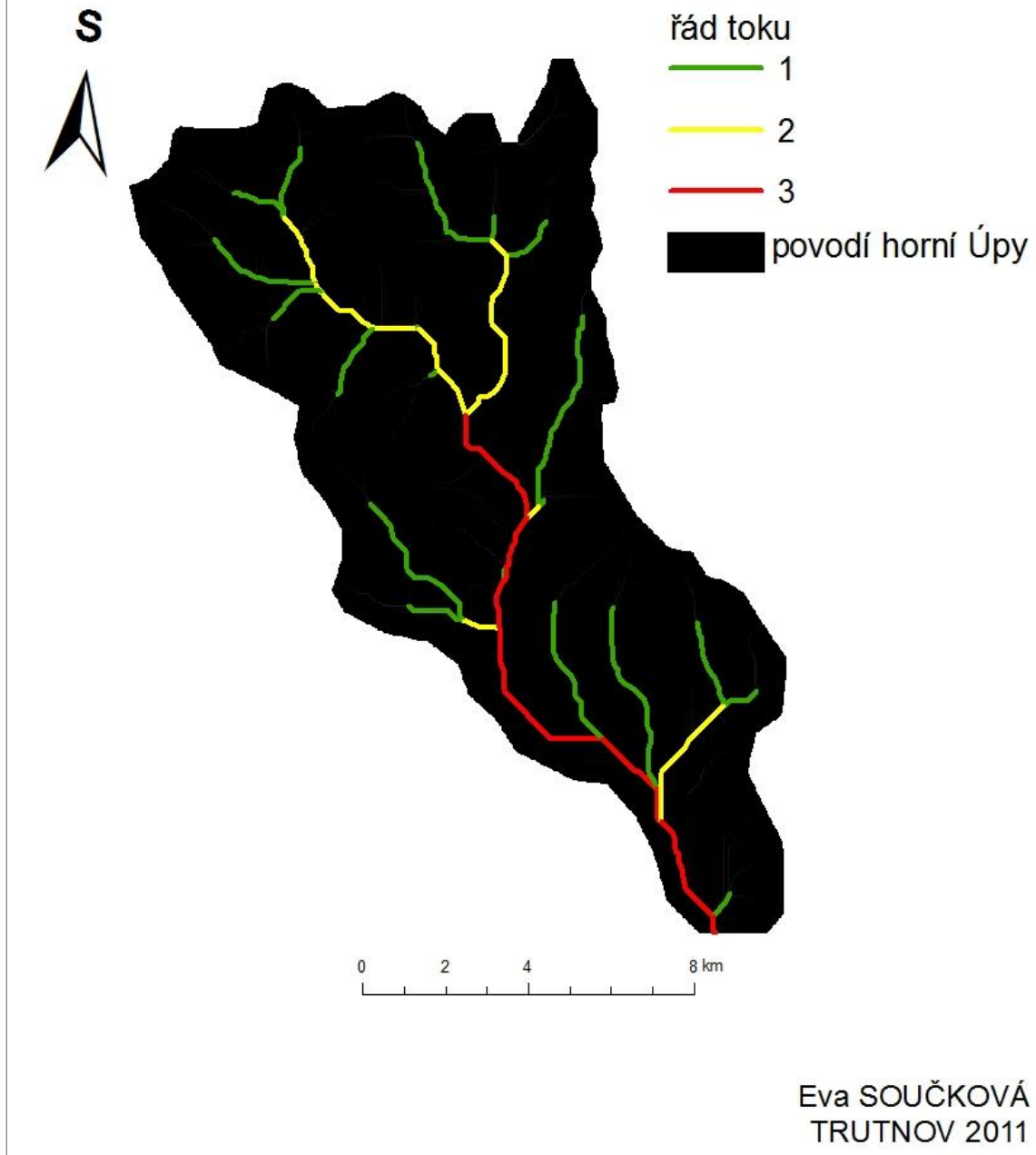
Klasifikace vodních toků podle Shreveho na povodí horní Úpy



Obr. 9: Shreveho model řádů toků na horním toku Úpy (Zdroj: vlastní návrh)

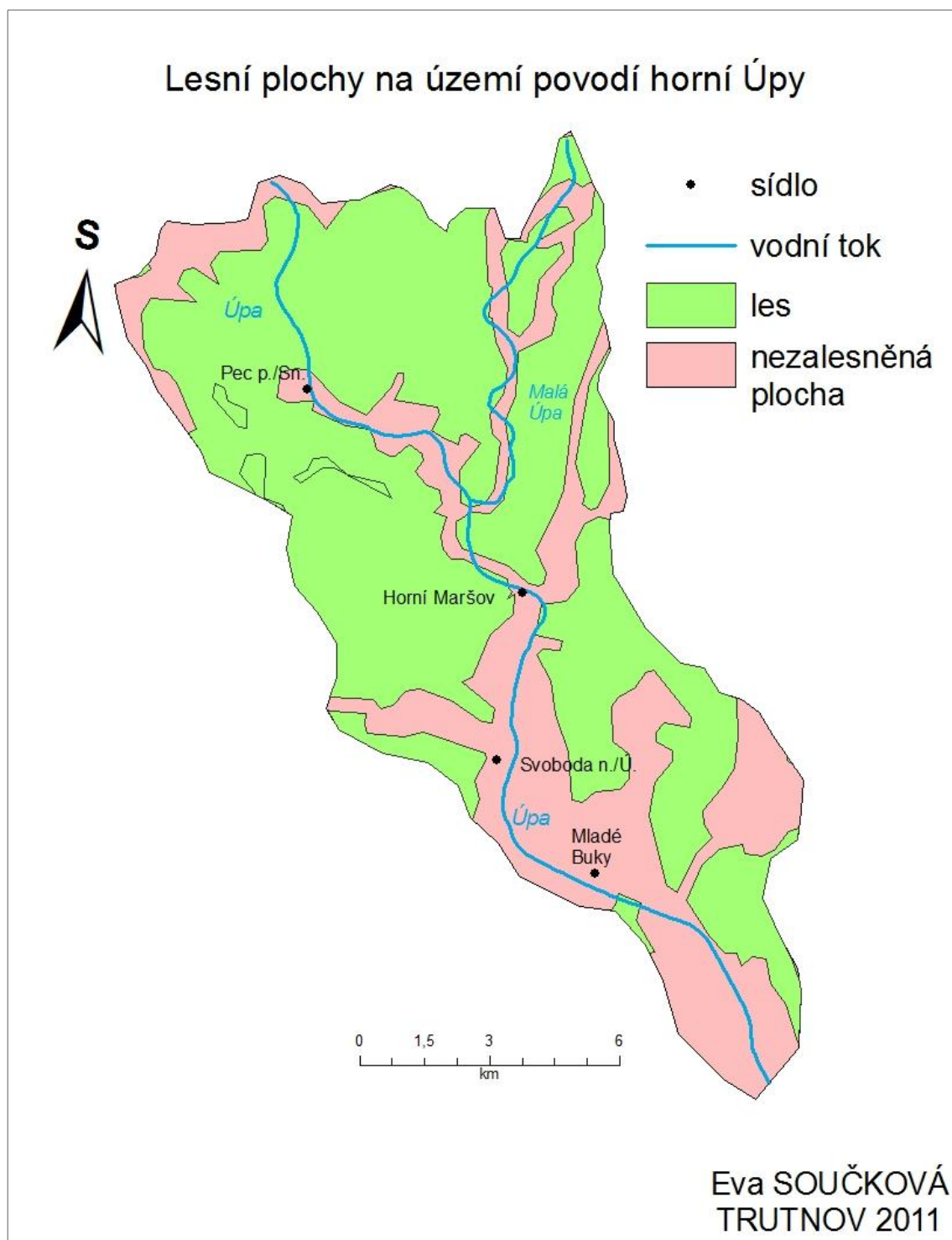
Eva SOUČKOVÁ
TRUTNOV 2011

Klasifikace vodních toků podle Strahlera na povodí horní Úpy

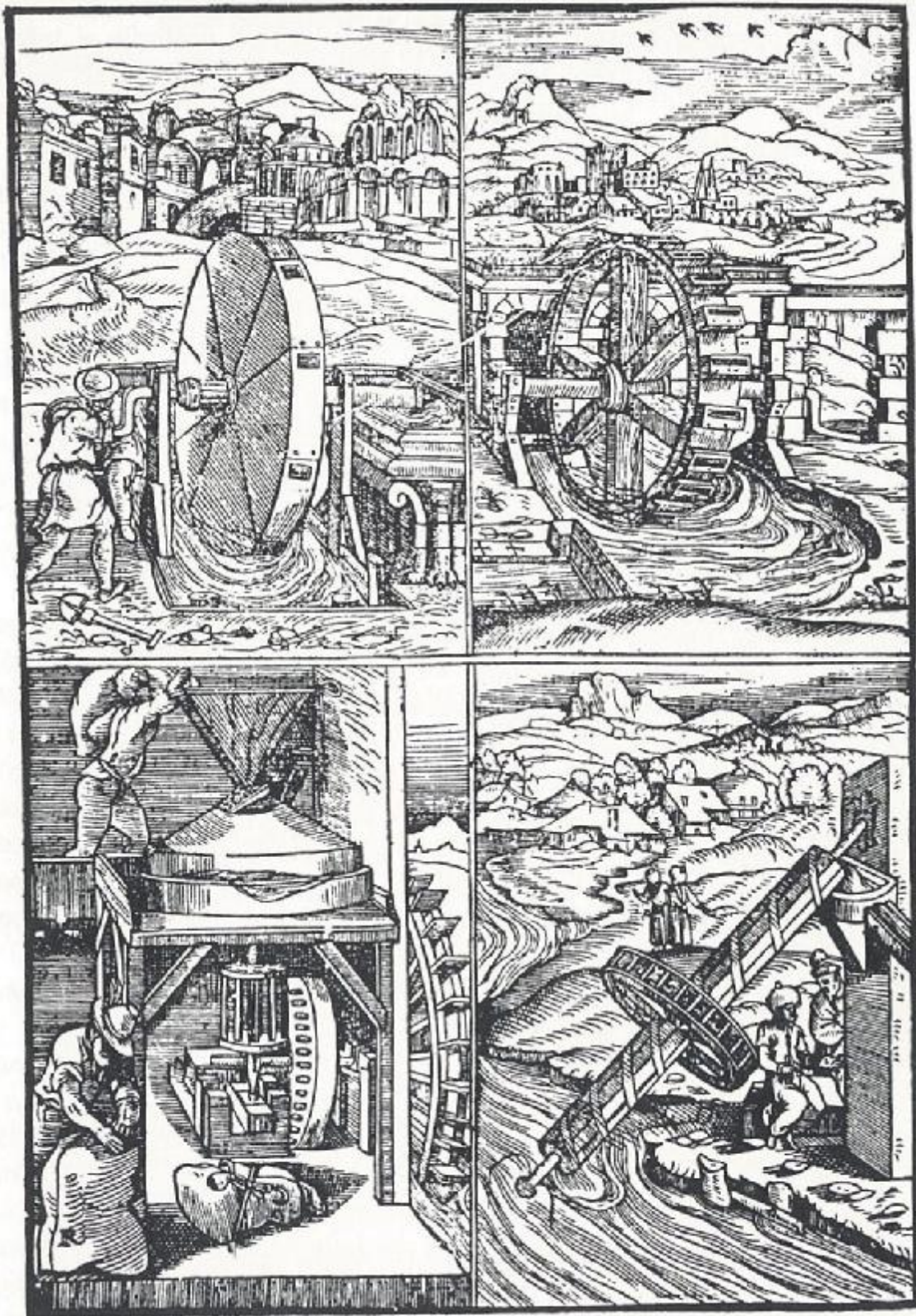


Obr. 10: Strahlerův model řádů toku na horním toku Úpy (Zdroj: vlastní návrh)

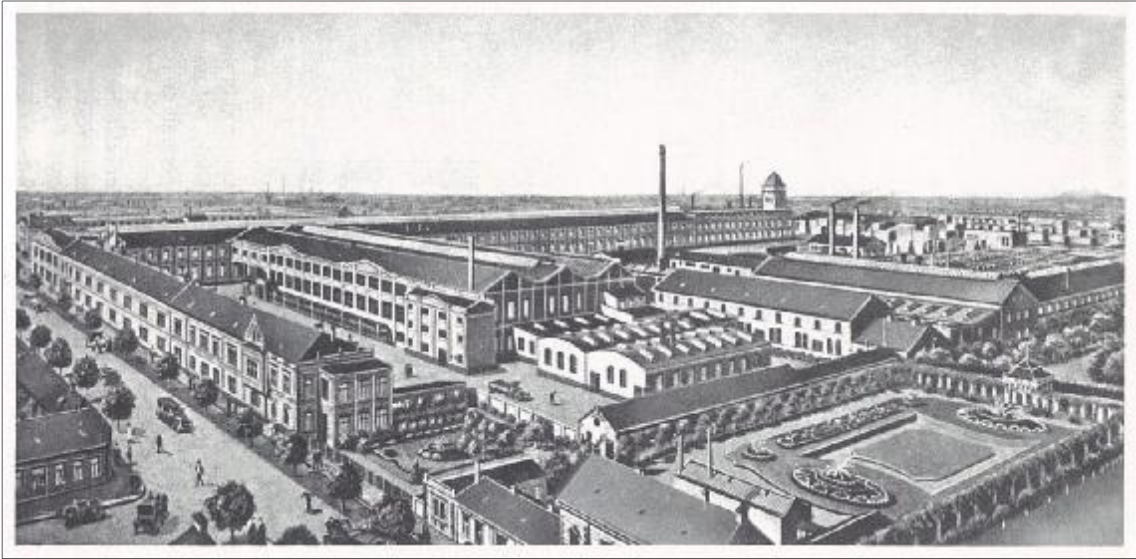
Lesní plochy na území povodí horní Úpy



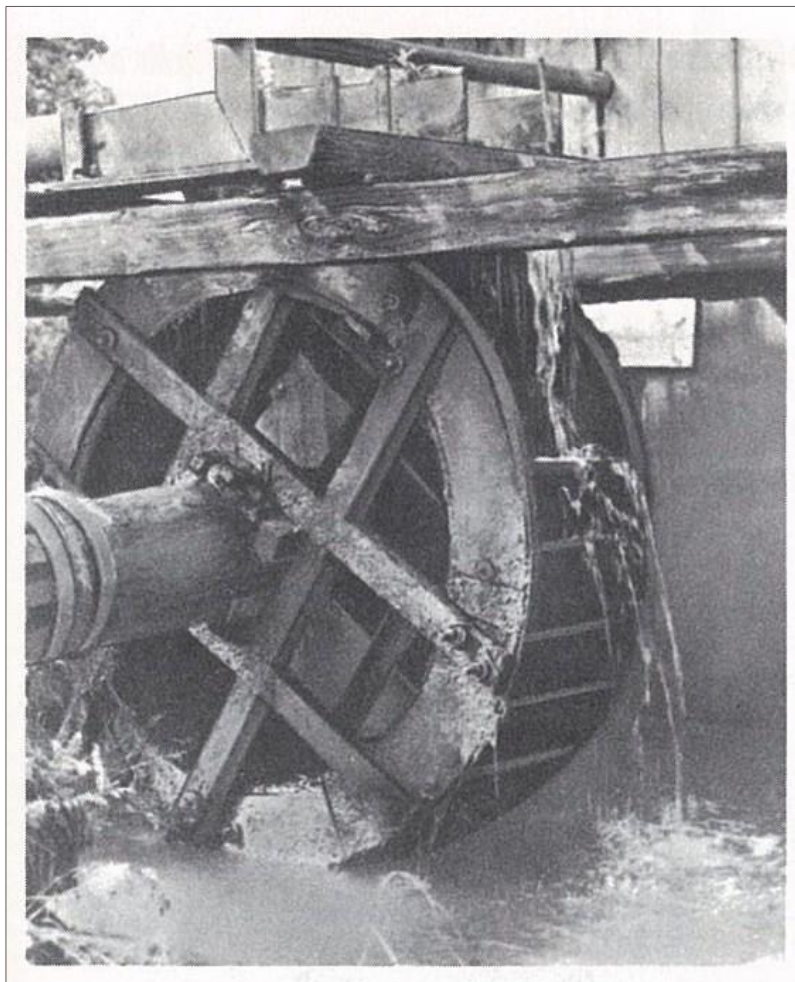
Obr. 11: Lesní plochy na povodí horního toku Úpy (Zdroj: Vlastní návrh)



Obr. 12: Vodní kola a čerpadla podle Vitruvia (Zdroj: PAŽOUT 1987, str. 16)



Obr. 13: Továrna Josef Prokop a synové v Pardubicích (Zdroj: PAŽOUT 1987, str. 26)



Obr. 14: Vodní kolo z konce 19. století (Zdroj: PAŽOUT 1987, str. 53)



Obr. 15: Papírna v Dolní Maršově (Zdroj: freihet.cz, Sezónní noviny Východních Krkonoš Veselý výlet)



Obr. 16: MVE 54,002 Kos Zadržovací objekt (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 17: MVE 54, 002 Kos Čištění před turbínami (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 18: MVE 54, 002 Kos Strojovna s dvěma generátory (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 19: MVE 54, 002 Kos Výpust' (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 20: MVE 55, 438 Havran Zadržovací objekt a rybí přechod (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 22: Jímací objekt k MVE Texlen Lena 57, 030 (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 23: MVE Energie s.r.o. 59, 338 Jímací objekt (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 24: Jímání MVE 62, 332 Energo Plus s.r.o. (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 25: Náhon k MVE 62, 332 Energo Plus s.r.o. (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 26: Jímací objekt MVE 63, 143 Horní Maršov Genova s.r.o. (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 27: Zadržovací objekt a jímání MVE 63, 143 Horní Maršov Genova s.r.o. (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 28: Budova strojovny MVE 63, 143 Horní Maršov Genova s.r.o. (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 29: Náhon k MVE 63, 910 Energo Plus s.r.o. (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 30: Fungující strojovna MVE 63, 910 Energo Plus s.r.o. (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 31: MVE Pila Maršov (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 32: Nefungující MVE Temný Důl 65, 885 (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 33: Strojovna a náhon MVE Mechanika 66, 356 (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 34: Vzdušný náhon MVE Mechanika (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 35: Náhon shora Mechanika (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 36: MVE Velká Úpa 70, 850 Sochor Strojovna, zadržovací objekt a jímání (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 37: Možné budoucí využití Hasičárna (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 38: Možné budoucí využití Barrandov (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)



Obr. 39: Možné budoucí využití Křižovatka (Zdroj: Eva Součková, 25. 4. 2011)

