

Lesy České republiky, s.p., Hradec Králové

**VÝZKUMNÉ PROJEKTY
GRANTOVÉ SLUŽBY LČR**



Projekt

**POTENCIÁL ROZVOJE MVE
NA DROBNÝCH VODNÍCH TOCÍCH**

Řešitel

DHP Conservation s.r.o.

ve spolupráci s EKOTOXA s.r.o., sdružení JAMlprojekt a KV+MV AQUA spol. s.r.o.



JAMlprojekt



Odpovědný řešitel:

Mgr. Jan Dušek

Spoluřešitelé:

Mgr. Petr Birklen, Ing. Vlastimil Bogdan, Ing. Michal Douša, Ing. Michael Hošek, Mgr. Radek Kadlubiec, Ing. Tomáš Rudolf, Ing. Libor Teplý, doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Praha, prosinec 2017

Obsah závěrečné zprávy obsahující dílčí výstup IV ke 4. kontrolnímu dni

ÚVOD.....	2
1. Hodnocení hydroenergetického potenciálu.....	4
2. Analýza určení uzávěrového profilu povodí CHP10 pomocí nástrojů GIS	11
3. Analýza sklonitostních poměrů.....	14
4. Upřesnění výsledků analýzy.....	18
5. Terénní šetření	22
6. Prověřené profily	25
7. Sestavení lokalit MVE	27
8. Ekonomické vyhodnocení předpokládané doby návratnosti a rentability.....	37
9. Katalog vhodných technologií	45
10. Výběr profilů pro studii proveditelnosti	46
11. Studie proveditelnosti	48
Závěr	49
Použitá literatura	50
Přílohy	51

ÚVOD

Řešení výzkumného projektu bylo zahájeno bezprostředně po představení návrhu řešení na úvodním setkání dne 14.12.2015. První dílčí výstupy byly prezentovány a objednatelem i oponenty přijaty na 1. kontrolním dnu 16.12.2016, následující na 2. kontrolním dnu 26.6.2017 a na 3. kontrolním dnu 24.10.2017.

V případě první průběžné zprávy se jednalo zejména o tyto dílčí výstupy:

- digitalizace izoliní specifického ročního odtoku q_a , jejich transformace do souřadnicového systému S-JTSK a vektorizace do podoby liniového vektoru
- vytvoření algoritmu pro určení plochy k zvolenému bodu na vodním toku
- interpolace pomocí metody Kriging s výsledkem polí hodnot specifického ročního odtoku o velikosti buňky 100 x 100 m pro území České republiky
- pozitivní testování metody hodnot interpolovaného rastrového pole specifického ročního odtoku na 14 profilech na vodních tocích
- vyhodnocení 97 312 toků a výběr 610 dílčích povodí pro další práci
- analýza určení uzávěrového profilu povodí CHP10 pomocí nástrojů GIS
- mapa dlouhodobých průměrných ročních průtoků v uzávěrových profilech toků ve správě LČR
- příklad nastolených předpokladů řešení MVE

V druhé průběžné zprávě byly odevzdány především tyto dílčí výstupy:

- analýza sklonitostních poměrů 130 vodních toků a také vodních nádrží ve správě LČR
- upřesnění výsledků analýzy pro soubor 130 vodních toků (4812 úseků po 200 m) určující výběr lokalit pro terénní šetření
- popis legislativních, přírodních, technických a ekonomických limitujících faktorů ovlivňujících potenciál vhodných toků s hydroenergetickým potenciálem
- výběr úseků toků s teoretickým potenciálem výstavby MVE v jednotlivých správách toků LČR
- vyhodnocení vodních nádrží s právem hospodařit pro LČR s teoretickým potenciálem výstavby MVE
- zpráva o terénním průzkumu 42 vodních toků a 9 vodních nádrží, pro které byly (pro 39 toků a všechny nádrže) zpracovány karty vhodných profilů a lokalit
- předběžné vyhodnocení potenciálu vodních toků v rámci dílčích povodí
- první verze katalogu vhodných technologií

Třetí průběžná zpráva obsahovala především tyto dílčí výstupy:

- prověření vybraných profilů navržených LČR z hlediska zdůvodnění absence těchto lokalit v užším výběru vodních toků pro analýzy sklonu a pro terénní šetření
- úprava a finalizace karet profilů na základě požadavku zadavatele
- sestavení lokalit MVE z úseků vodních toků a metodika jejich výběru včetně popisu legislativních a majetkoprávních vztahů, limitů ochrany přírody a technických faktorů
- ekonomické vyhodnocení předpokládané doby návratnosti a rentability včetně výpočtu investičních nákladů pro vybrané lokality uvažované k výstavbě MVE

- výběr profilů pro studii proveditelnosti
- finalizovaný katalog vhodných technologií

Cílem řešeného projektu bylo vytipování vhodných vodních toků ve správě LČR k výstavbě malých vodních elektráren a provedení ekonomického posouzení, včetně vyhodnocení všech známých aspektů, které mohou mít vliv na jejich realizaci.

Za tímto účelem byly splněny všechny zadané dílčí úkoly:

- Upřesnění vhodných profilů a lokalit (pro 30 až 40 toků, s rozložením minimálně 5 toků za jednu správu toků)
- Vyhodnocení limitujících faktorů realizace
- Variantní řešení navržené technologie
- Ekonomické vyhodnocení předpokládané doby návratnosti a rentability
- Zpracování vzorové studie proveditelnosti

V průběhu projektu byly zpracovány požadované realizační výstupy:

- Studie variantního řešení navržených technologií
- Ekonomické vyhodnocení předpokládané doby návratnosti a rentability
- Vzorová studie proveditelnosti výstavby malé vodní elektrárny

Předložená závěrečná zpráva o provedení díla (souhrnný realizační výstup projektu) je syntézou výsledků celého výzkumného projektu. Zahrnuje také vzorovou studii proveditelnosti malé vodní elektrárny k 4. kontrolnímu dni projektu (viz kapitola 11 a příloha XVI).

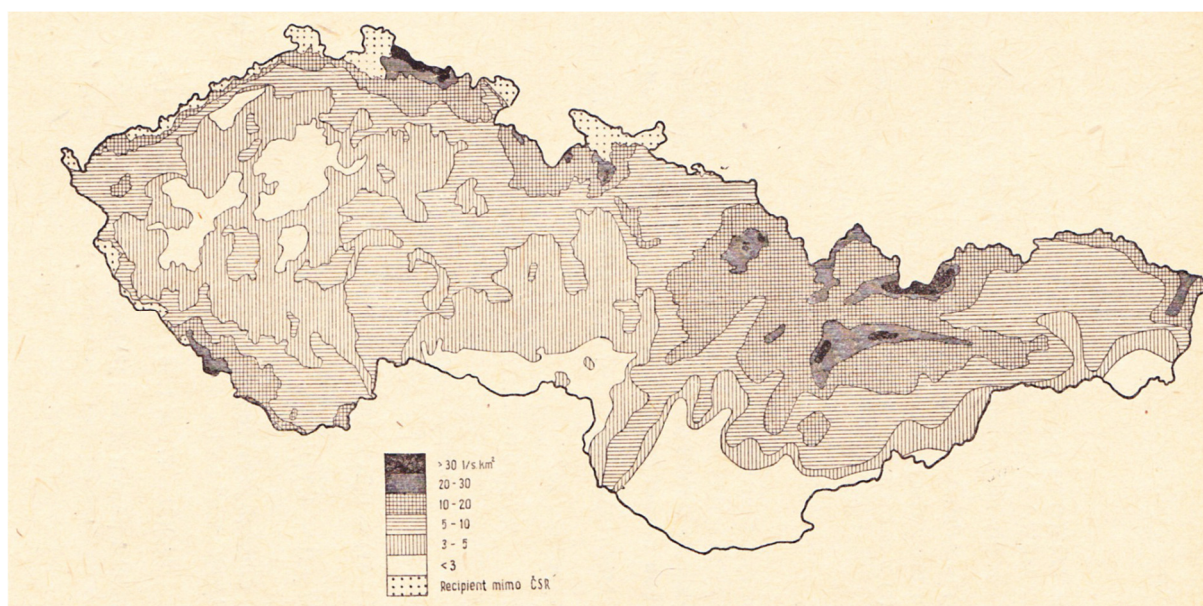
Závěrečnou zprávu zpracovali (v abecedním pořadí) Mgr. Petr Birklen, Ing. Vlastimil Bogdan, Ing. Michal Douša, Mgr. Jan Dušek, Ing. Michael Hošek, Mgr. Radek Kadlubiec, Ing. Tomáš Rudolf a doc. Ing. Karel Vrána, CSc. Zpráva byla dle dohody s objednatelem odeslána 30.12.2017 elektronicky i písemně na místo předání uvedené v uzavřené smlouvě o dílo (na adresu Grantové služby LČR: Lesy České republiky, s. p., Oddělení výzkumu a projektů EU, Dr. Vrbenského 2874/1, 415 01 Teplice), a to v písemné podobě ve čtyřech stejnopisech a 1x v elektronické podobě na CD nosiči (ve formátu .doc, .pdf a v případě příloh také dalších formátech).

1. Hodnocení hydroenergetického potenciálu

Hydroenergetický potenciál vodního toku (jeho energie) v určité lokalitě je charakterizován zejména dvěma stěžejními faktory – hydrologickými poměry toku a jeho podélným sklonem. Tyto faktory ukazují předběžnou velikost tzv. teoretického hydroenergetického potenciálu vodního toku. Při zpřesňování této hodnoty jsou následně zohledněny další faktory, které mají vliv na vlastní člověkem uvažovanou technickou využitelnost vodního toku (např. vlastní elektrický výkon vodní elektrárny na svorkách generátoru).

Určení dlouhodobého průměrného ročního průtoku

Jedním ze dvou významných kritérií pro určení hydroenergetického potenciálu vodních toků je tedy určení dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a v daném profilu. Hodnota Q_a v uzávěrovém profilu daného povodí ($l \cdot s^{-1}$) byla pro účely projektu stanovena pro uzávěrové profily dílčích povodí toků ve správě podniku Lesy České republiky, s. p. (LČR), a to na základě součinu specifického průměrného ročního odtoku q_a v tomto závěrovém profilu daného povodí ($l \cdot s^{-1} \cdot km^2$) a plochy povodí k příslušnému uzávěrovému bodu (km^2). Tímto způsobem je možno zjistit specifický odtok, pro možnost hodnocení příslušného profilu na daném toku je třeba zjistit dlouhodobý průměrný roční průtok v daném bodě. Specifický odtok je možno převést na dlouhodobý průměrný roční průtok vynásobením plochou povodí k tomuto bodu. Určit plochu ke zvolenému bodu příslušného toku lze relativně snadno s využitím počítačových prostředků GIS i v měřítku republiky. Pro stanovení specifického průměrného ročního odtoku q_a byla využita mapa izolinií q_a , zpracovaná O. Dubem pro Československou republiku, uváděná v řadě hydrologických publikací, viz obr. 1 a 2. Mapa izolinií specifického průměrného ročního odtoku byla poprvé uveřejněna v roce 1956, v upravené podobě potom v roce 2000 (Patočka & Němec 1956, Kemel 2000).



Obr. 1: Mapa izolinií (Patočka & Němec 1956).

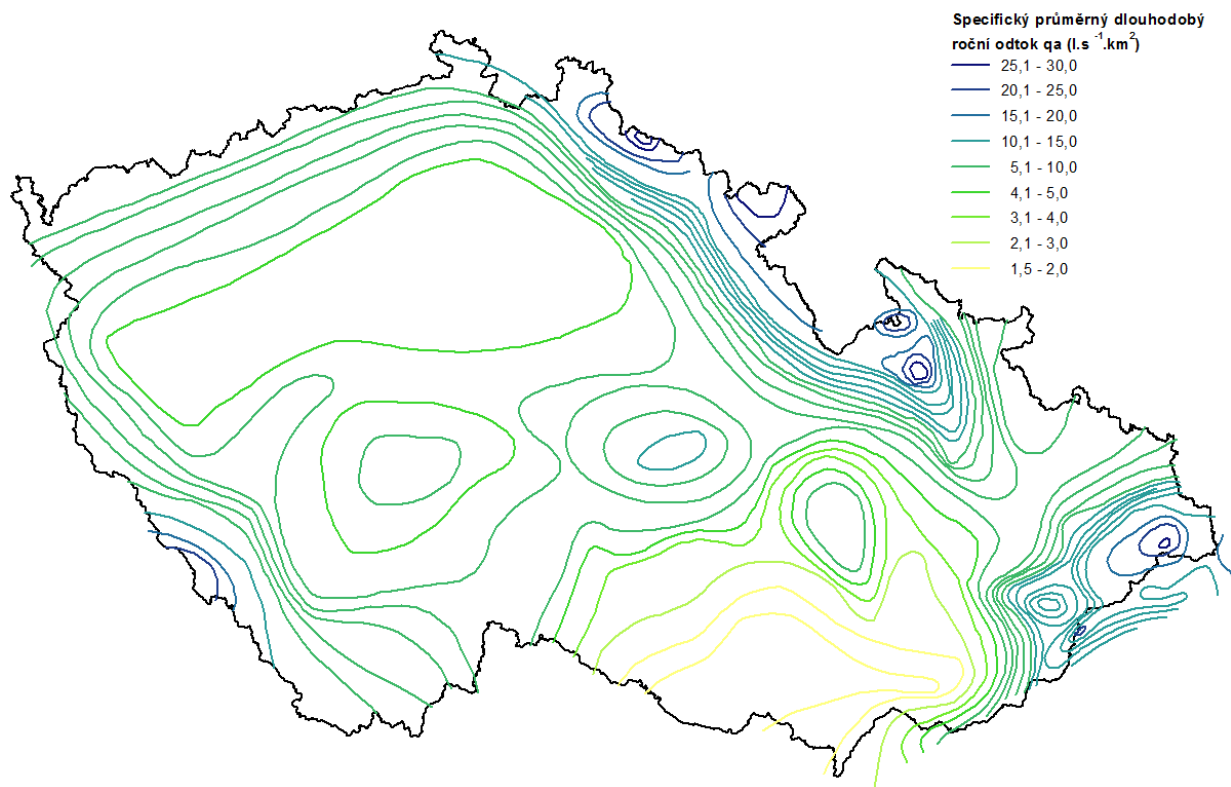


Obr. 2: Transformovaný digitalizovaný podklad izolinií specifického průměrného dlouhodobého ročního odtoku q_a (Kemel 2000).

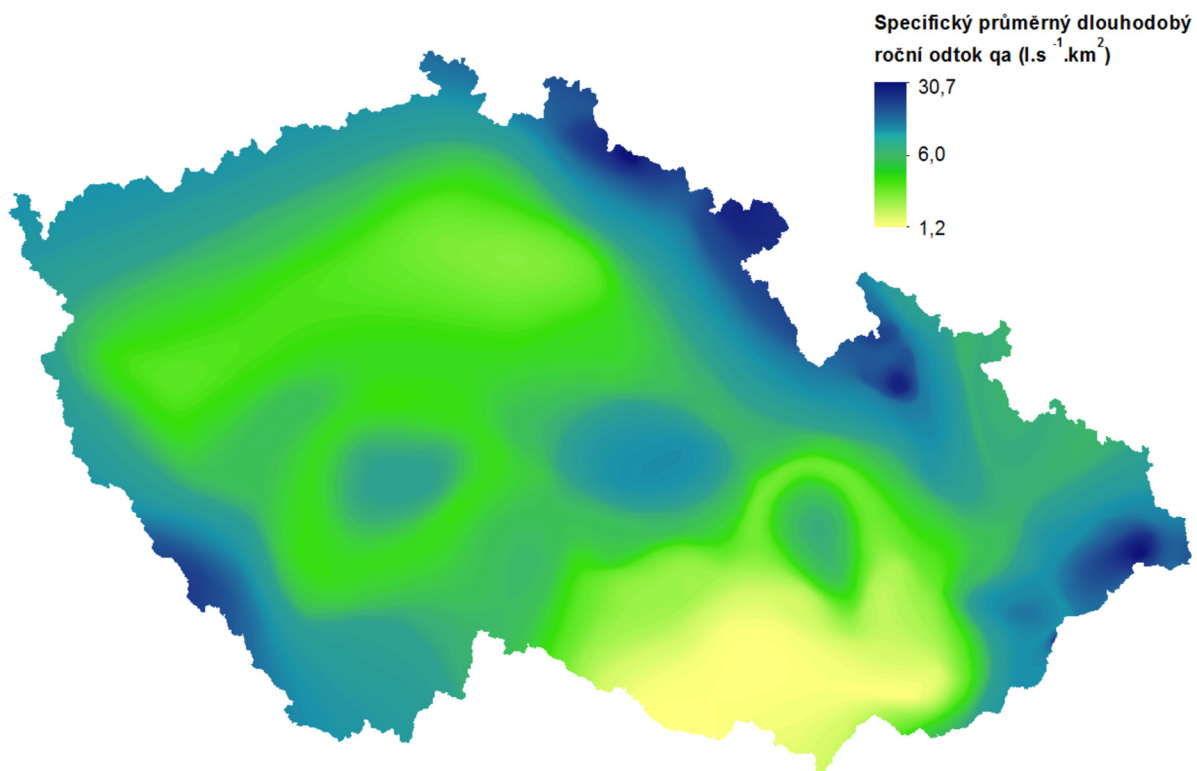
V rámci řešení projektu byla provedena digitalizace izolinií specifického ročního odtoku q_a (obr. 3) a vytvořen algoritmus pro určení plochy k zvolenému bodu na příslušném vodním toku.

Podkladová data izolinií specifického ročního odtoku q_a byla digitalizovaná, transformována do souřadnicového systému S-JTSK a vektorizována do podoby liniového vektoru. Vektorizované izolinie byly výchozím zdrojem dat pro následnou interpolaci, která byla provedena pomocí metody Kriging a jejím výsledkem je pole hodnot specifického ročního odtoku o velikosti buňky 100×100 m pro území České republiky. Toto pole bylo využíváno v dalších analýzách k určení dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a v uzávěrových profilech povodí.

Digitalizace a vektorizace izolinií přináší významný výstup využitelný pro mnohé další výzkumné i praktické účely. Digitální mapové zpracování dlouhodobého specifického průměrného ročního odtoku q_a (digitalizované izolinie q_a , vektorizované izolinie q_a , a interpolovaná rastrová data q_a 100×100) jsou v příloze I a dlouhodobé průměrné roční průtoky v uzávěrových profilech toků ve správě LČR v příloze II této závěrečné zprávy.



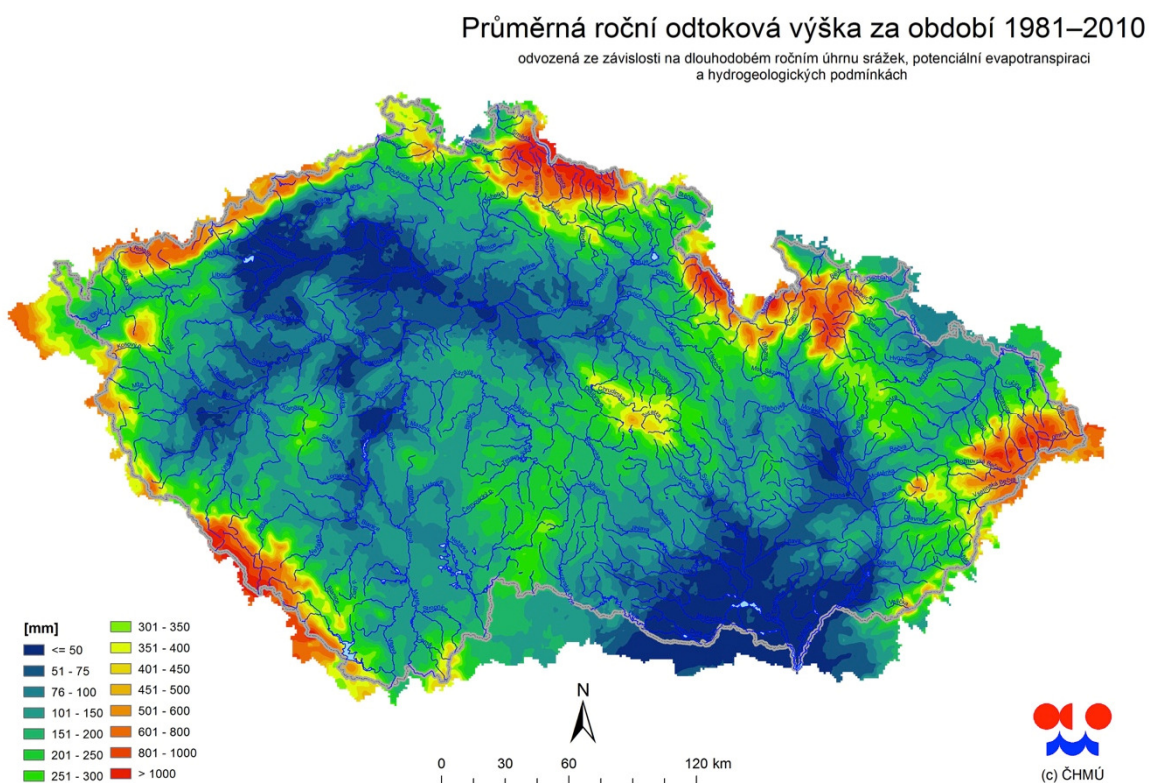
Obr. 3: Vektorizované izolonie hodnot specifického průměrného dlouhodobého ročního odtoku q_a .



Obr. 4: Interpolované pole hodnot specifického průměrného dlouhodobého ročního odtoku q_a .

Mapy izolinií byly porovnány s mapou průměrné roční odtokové výšky za období 1981 až 2010, odvozené ČHMÚ ze závislosti na dlouhodobém ročním úhrnu srážek, potenciální evapotranspiraci a hydrogeologických podmínkách, viz obr. 5. Průměrná odtoková výška je zde uváděna v mm, rozpětí uváděných hodnot se pohybuje od hodnot menších než 50 do hodnot větších než 1000 mm, v podstatě je možno stupnici uvažovat v rozmezí 50 až 1000 mm. Pro možnost srovnání hodnot specifického průměrného ročního odtoku q_a ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^2$) s hodnotami průměrné roční odtokové výšky (mm) byl proveden přepočít vztahem

$$q_a = h_o \text{ (mm)} / (31,536 * 109 \text{ (m}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^2)), \text{ tj. } 1 \text{ mm} = 0,0317 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^2$$



Obr. 5: Mapa průměrné roční odtokové výšky (ČHMÚ).

Uvedené rozpětí hodnot průměrné roční odtokové výšky $h_o = 50$ až 1000 mm odpovídá hodnotám specifického průměrného ročního odtoku $q_a = 1,585$ až $31,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^2$. Rozpětí specifického průměrného ročního odtoku q_a se pohybuje v rozmezí $1,2$ až $30,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^2$.

Porovnání map z různých časových období ukazuje podobnost rozložení hodnot průměrného specifického odtoku q_a .

Využitím odvozené procedury GIS pro určení plochy povodí k danému bodu bylo možno stanovit pro kterékoliv místo hodnotu dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$).

Pro ověření aplikovatelnosti popsané metody bylo provedeno její testování. Bylo použito celkem 14 profilů na vodních tocích, kde byly k dispozici základní hydrologické údaje, zpracované ČHMÚ. Volba byla provedena tak, aby soubor zahrnoval toky v různých částech území a plochy povodí k uzávěrovým profilům zahrnovaly větší i menší plochy (tab.1).

Tab.1: Porovnání výsledků testování metody stanovení dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a .

Název lokality	Q_a (ČHMÚ)	$P_{(ČHMÚ)}$	P_{50}	P_{GIS}	Q_a (ČHMÚ)	Izolinie (GIS)	souřadnice	
	(l/s)	km ²	km ²	km ²	l/s/km ²	(q_a)	E	N
Horní Blatná	137,0	6,47	5,71	5,07	21,2	10,99	12°45'27.60"	50°23'20.49"
Máchovo jezero	409,0	97,40	97,40	99,3	4,2	4,76	14°38'02.05"	50°35'28.39"
Rokytnice	195,0	19,23	19,04	19,00	10,1	11,47	12°07'41.08"	50°18'07.44"
Křišťanov	4,7	0,61	0,80	1,03	7,7	9,12	14°02'06.83"	48°54'43.95"
Liščí potok	170,0	14,01	13,94	13,99	12,1	15,74	14°20'46.76"	51°00'08.90"
Malá Strana	29,1	0,94	1,02	1,03	31,0	19,35	15°12'01.36"	50°45'58.61"
Jevanský potok	1,5	0,24	0,29	0,20	6,3	4,99	14°44'16.23"	49°58'17.87"
Chmelař	38,0	7,68	7,59	8,17	4,9	5,25	14°20'14.81"	50°35'08.54"
Šabina	19,0	3,35	3,30	3,30	5,7	8,37	12°35'28.11"	50°07'59.26"
Zavadil	4,0	1,18	1,28	1,41	3,4	7,11	14°25'26.22"	49°23'50.33"
Kozačka	8,5	0,95	0,94	0,95	8,9	3,63	15°6'58.94"	50°18'53.86"
Vůznice	2,5	0,69	0,68	0,61	3,6	4,56	13°59'43.75"	50°3'36.78"
Libocký potok	709,0	82,00	82,06	81,65	8,6	8,42	12°30'25.02"	50°8'38.91"
přítok Uhlavky	4,0	1,22	1,28	1,25	3,3	4,85	12°56'54.58"	49°40'53.44"

Vysvětlivky:

Q_a - dlouhodobý průměrný roční průtok (stanovený ČHMÚ)

$P_{(ČHMÚ)}$ - plocha dílčího povodí (stanovené ČHMÚ z map 1 : 50 000)

P_{50} - plocha dílčího povodí (stanovená zpracovatelem z map 1 : 50 000)

P_{GIS} - plocha dílčího povodí (stanovená zpracovatelem pomocí procedury GIS)

$q_{a(ČHMÚ)}$ - specifický průměrný roční odtok, stanovený dle ČHMÚ - $q_a = Q_a/P_{čhmu}$

Izolinie - specifický průměrný roční odtok stanovený zpracovatelem odečtem čísla izolinie (GIS)

Základní hydrologické údaje zpracované ČHMÚ kromě jiného zahrnují i hodnotu dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a ($l.s^{-1}$) a velikost plochy povodí k danému profilu P (km^2). Podílem těchto dvou hodnot je možno pro každý profil získat hodnotu specifického dlouhodobého průměrného ročního odtoku q_a ($l.s^{-1}.km^2$), což odpovídá hodnotě izolinie v daném bodu povodí.

Testování hodnoty izolinie v příslušném bodu je rutinní metodou GIS – jedná se o interpolaci mezi hodnotami sousedních izolinií. Testování hodnot interpolovaného rastrového pole q_a 100 x 100 m bylo provedeno určením příslušné hodnoty q_a vybraným uzávěrovým profilů a manuálním vymezením plochy povodí v prostředí GIS s využitím podkladu výškopisu Základní báze geografických dat (ZAGABED) v měřítku 1 : 10 000.

Testování ploch dílčích povodí k uzávěrovým profilům, odpovídajícím bodům, pro něž byly zpracovány základní hydrologické údaje, bylo provedeno porovnáním plochy stanovené ČHMÚ a vlastního planimetrování plochy s plochou určenou pomocí GIS.

Porovnání hodnot specifického dlouhodobého průměrného ročního průtoku (číslo izolinie) k danému bodu podle údajů ČHMÚ a stanovených pomocí GIS prokázalo minimální rozdíl porovnávaných hodnot, což je pro další využití těchto charakteristik plně postačující.

Případnou odchylku v určení plochy povodí způsobuje přesnost použitých podkladů – ČHMÚ využívá pro stanovení plochy planimetrování z map 1 : 50 000 a 1 : 10 000, GIS využívá podkladu ZAGABED 1 : 10 000. Rozdíl v určení plochy povodí „ručním měřením“ dle ČHMÚ a „mechanizovaným určením“ pomocí GIS může být též způsoben změnou plochy dané hydrografickou rozvodnicí a zahrnutím ovlivnění odtoku technickými stavbami (např. silnice s propustkem pod řešenou plochou, převody vody).

Tyto anomálie nelze při hromadném zpracování informací podchytit, výskyt takových ploch však netvoří rozhodující procento. Výsledek testování hodnot specifického průměrného ročního průtoku q_a a ploch dílčích povodí pro vybrané profily na tocích České republiky je uveden výše v tabulce 1.

Tímto způsobem je tedy možno se srovnatelnou přesností určit hodnotu průměrného dlouhodobého ročního průtoku v každém požadovaném bodu, což je jedna z hodnot využitelných pro orientační porovnání vhodnosti umístění vodní elektrárny v dané lokalitě a stanovení její ekonomické efektivnosti. Touto metodou bylo vyhodnoceno celkem 97 312 toků České republiky a pro další práci vybráno 610 dílčích povodí – viz přehled dlouhodobých průměrných ročních průtoků nad $100 l.s^{-1}$ v uzávěrových profilech toků ve správě LČR v příloze III.

Využitelný spád toku

Druhým významným faktorem, ovlivňujícím výkon vodní elektrárny je využitelný spád toku. Spád na elektrárně (m) je možno odvodit od podélného sklonu toku (%) a technicky je zajištělný výstavbou příčné překážky v toku (zpravidla jezu). Zvětšení využitelného spádu lze docílit ve vhodných morfologických podmínkách vzdutím vody příčnou překážkou a dopravou vody k níže ležícímu profilu vodní elektrárny otevřeným příkopem nebo trubním vedením (délky potrubí jsou zpravidla v řádu od jednotek stovek metrů až jednotek kilometrů). Využitelný spád na vodní elektrárně se snižuje o místní ztráty (česlové stěny a další místní ztráty ve strojovně, atd.) a zejména pak o ztráty třením v potrubí.

V porovnání s průtokem je spád hodnotou zpravidla více či méně takřka konstantní (stabilnější) a tedy investice do něj dává zpravidla větší opodstatnění.

Využitelný spád byl určován další procedurou GIS, vycházející z určování sklonu toku na konstantní délky toku 200 m. Porovnáním takto určených hodnot sklonů toku na srovnatelnou délku bylo možno srovnat jednotlivé toky a jejich úseky podle využitelného spádu.

Hodnocení hydroenergetického potenciálu

Pro další hodnocení hydroenergetického potenciálu bylo využito hodnoty dosažitelného výkonu P (kW), zahrnujícího obě sledované veličiny, tj. dlouhodobý průměrný roční průtok Q_a ($m^3 \cdot s^{-1}$) a průměrný spád H (m)

$$P = 6 * Q_a * H.$$

Návrhový průtok pro efektivní provoz malé vodní elektrárny je doporučen volit hodnotou blízkou Q_{90d} . Tuto hodnotu je možno pro posouzení jednotlivých možných profilů na tocích odhadnout s dostatečnou přesností pomocí vztahu (Gabriel et al. 1998)

$$Q_{90d} = 1,0 \text{ až } 1,2 * Q_a,$$

přičemž nižší hodnoty jsou doporučeny pro malá povodí. Pro odhad hydroenergetického potenciálu toků v rámci republiky je možno použít jednotné hodnoty

$$Q_{90d} = 1,1 * Q_a.$$

Kromě výkonu vodní elektrárny je důležitá i ekonomická efektivnost, která závisí na řadě dalších faktorů, měnících se dle lokality (investiční náklady – budova strojovny, technologie, přístupové komunikace, transfer vyrobené energie, vybudování příčné vzdouvací překážky v toku, přívod vody a náklady provozní, atd.).

2. Analýza určení uzávěrového profilu povodí CHP10 pomocí nástrojů GIS

Vstupní data:

TokyCR – vektorová liniová data vodních toků na území České republiky

TokyLCRSpr - vektorová liniová data vodních toků na území České republiky ve správě LČR

CHP10 – vektorová polygonová data povodí vodních toků na území České republiky

dem_100m – agregovaná rastrová data digitálního modelu terénu 100x100m

qa_100m - interpolovaná rastrová data specifického ročního odtoku q_a 100x100m

Jednotlivá vektorová data obsahují atributové položky, které byly v následných analýzách vzájemně propojovány.

Základní statistika vstupních dat

Počet zkoumaných segmentů typu vodní tok na území České republiky 97 312 o celkové délce 111 694 km.

Počet zkoumaných segmentů vodních toků ve správě LČR 41 803 o celkové délce 38 498 km.

Počet zkoumaných povodí CHP10 9133.

Popis GIS analýzy

1. Přiřazení liniím TokyCR hodnotu 1/0, pokud jsou/nejsou ve správě LČR atribut TokyLCRSpr pomocí propojení atributů (Join Attributes).
2. Rozdělení linií TokyCR na hranicích povodí CHP10 pomocí nástroje Intersect.
3. Snížení počtu linií pro následné analýzy výběr segmentů nacházející se do vzdálenosti 100 m od hranice povodí. Počet prvků snížen na 26 825.
4. Převod rozdělených linií TokyCR na bodovou vrstvu bodů TokyCR_Body. Počet bodů 181 232.
5. Omezení počtu bodů prostorovým výběrem bodů nacházející se do 100 m od hranice povodí – TokyCR_Body_Vyber. Počet bodů 43 593.
6. Přiřazení hodnot nadmořské výšky dem_100m bodům TokyCR_Body_Vyber pomocí nástroje Add Surface Information.
7. Přiřazení hodnot specifického ročního odtoku q_a qa_100m bodům TokyCR_Body_Vyber pomocí nástroje Add Surface Information.
8. Pro jednotlivá povodí CHP10 vypočteny a přiřazeny délky toků mimo a ve správě LČR.

9. Export atributové tabulky TokyCR_Body_Vyber do tabulkového procesoru MS Excel. Určení bodu s nejnižší nadmořskou výškou v rámci daného povodí, který prezentuje jeho uzávěrový profil.

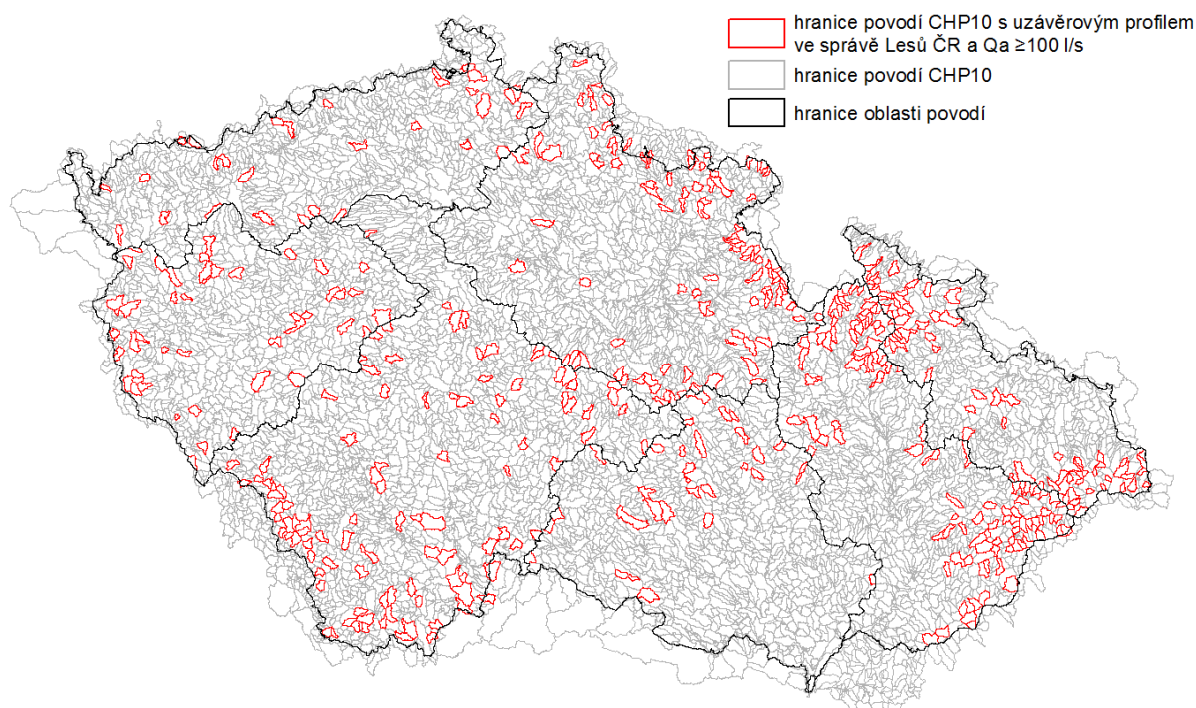
V první fázi analýz nebylo zahrnuto k dalším krokům 480 hraničních povodí, tedy povodí, kde je alespoň jedna hodnota zkoumaných bodů rovna nule a nelze tedy poloautomatickými GIS metodami bezpečně určit polohu uzávěrového profilu. U těchto povodí proběhla v 2. fázi manuální analýza.

Celkový počet identifikovaných uzávěrových profilů je 8 431. Pro tyto body uzávěrových profilů byla součinem hodnot q_a a ASUM_KM2 (celková plocha daného povodí) vypočtena hodnota dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a .

Dle atributu z bodu 1 (1/0) byly vybrány uzávěrové profily mimo/ve správě LČR a zpětně zpřesněny prostorovou GIS analýzou.

Celkový výsledný počet uzávěrových profilů povodí CHP10 ve správě LČR je 1 571.

Dále byla provedena redukce vybraných profilů, pro možnost využití profilu pro výstavbu vodní elektrárny byla zavedena okrajová podmínka nejnižší hodnoty dlouhodobého průměrného ročního průtoku 100 l.s^{-1} . Tímto způsobem se snížil počet sledovaných profilů na 610.

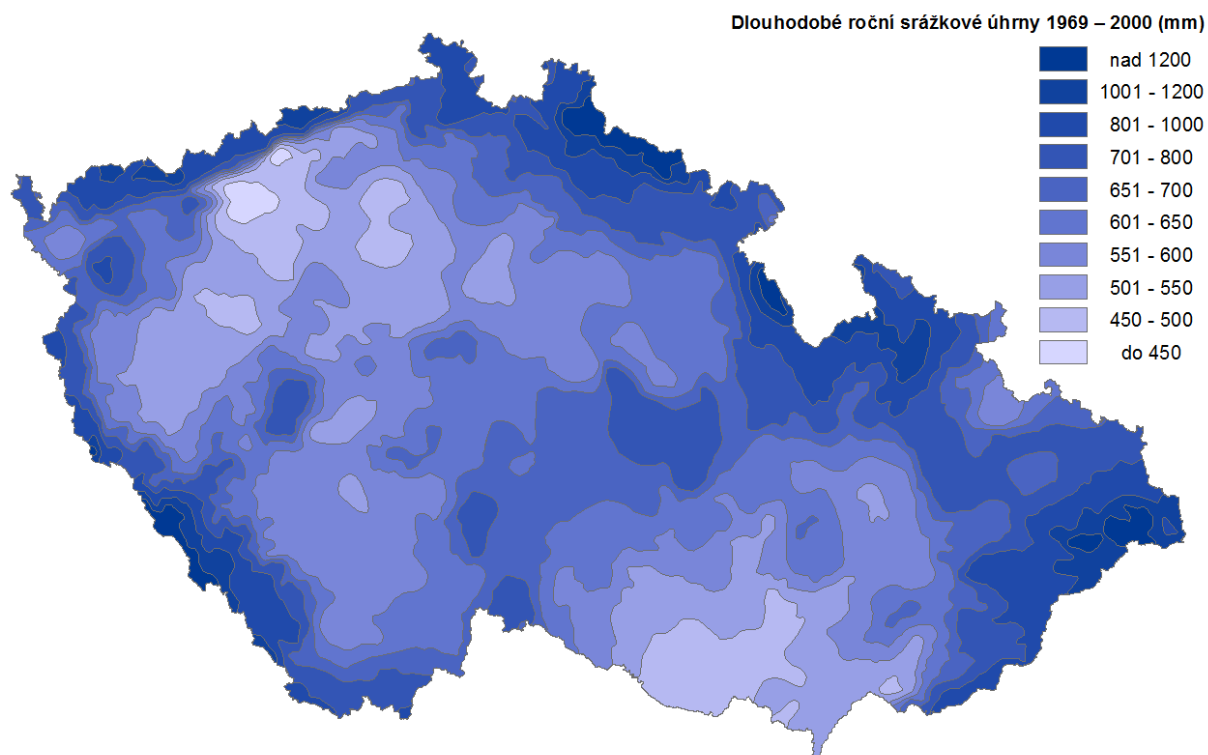


Obr. 6: Hranice povodí ve správě LČR s uzávěrovým profilem, kde $Q_a \geq 100 \text{ l/s}$.

Podélný sklon toku je druhou charakteristikou pro určení výkonu malé vodní elektrárny v daném místě. Podélný sklon byl určován mechanizovaně pomocí GIS podílem rozdílu výšek na zvolenou délku toku při stanovení rozdílu výšek na délku toku 100 až 200 m.

Třetím parametrem je stálost průtoku během roku, nebo alespoň předpoklad, že tok po větší část roku má zajištěnou vodnost. Tento parametr je obtížné definovat v rámci republiky, proto je třeba použít informace, které jsou dostupné pro tak rozsáhlou oblast a mají dostatečnou vypovídací schopnost. Z toho důvodu byly použity pro stanovení vodnosti toku údaje o ročních úhrnech srážek, případně úhrny srážek za vegetační období.

Údaje o ročních srážkových úhrnech v jednotlivých částech republiky jsou vyjádřeny v Atlasu podnebí Česka (Tolasz 2007) formou izolinií (Obr. 7). Cílem řešení bylo vyloučení ploch s dlouhodobým trvalým deficitem srážek, kde nemusí být zajištěn po delší část roku dlouhodobý průměrný roční průtok, určený výše uvedenou metodou (např. oblasti dešťového stínu – Slánsko, Lounsko, Žatecko a pod.). Byly vyloučeny plochy s ročním srážkovým úhrnem menším než 500 mm (kategorie 01 a 02).



Obr. 7: Dlouhodobé roční srážkové úhrny (1969 – 2000) (Tolasz 2007).

3. Analýza sklonitostních poměrů

Vstupní zadání

Klíčové je kritérium sklonu a jeho zavedení do úlohy selekce vodních toků a jejich úseků, s cílem dosažení zúžení na nejvíce perspektivní energeticky využitelné lokality ve správě LČR.

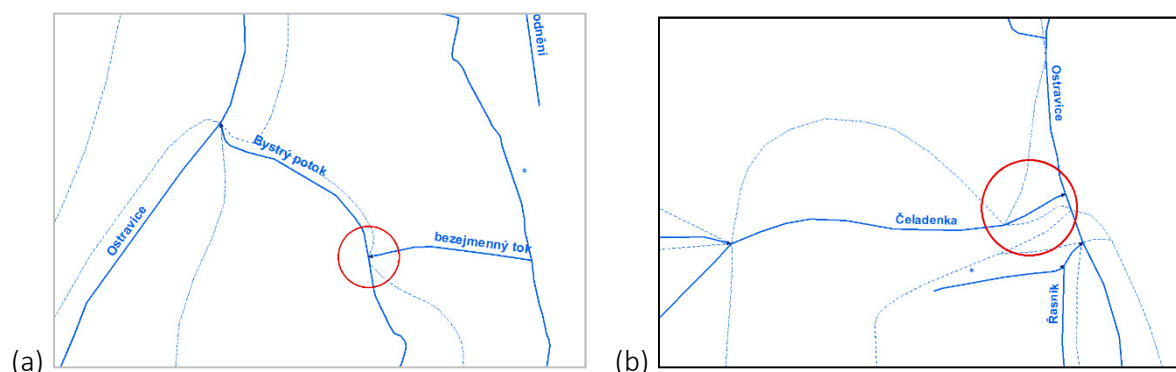
Metodika a popis dat

Na základě výsledků předchozích analýz geografických dat linií toků ve správě LČR a polygonů povodí byla vytvořena databáze závěrových profilů toků v jednotlivých povodí s hodnotou dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a . Tato databáze vznikla jako výsledek série výše popsanych automatických prostorových analýz v prostředí GIS.

V následném kroku byla pro výběr toků zvolena manuální metoda, která umožnila eliminaci systematických chyb, které byly způsobeny povahou analyzovaných dat. Tyto systematické chyby nebylo možno automatickou analýzou eliminovat.

Jedná se o tyto typy systémových chyb:

- ústí toku nesouhlasí se závěrovým profilem povodí
- průběh linie toku přímo po hranici povodí nebo jeho několikanásobný dotyk
- identifikace všech koncových bodů toků v každém povodí, kterým tok prochází



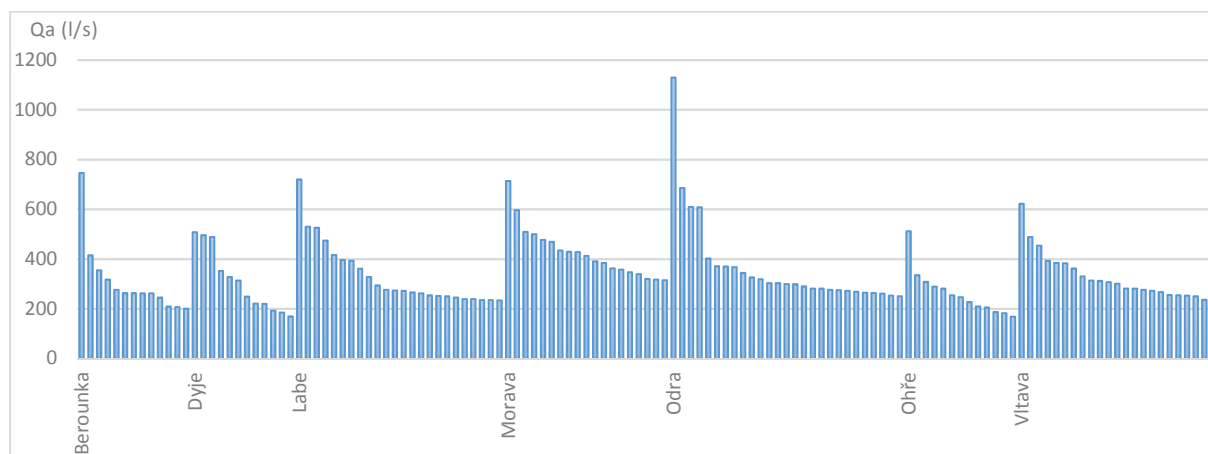
Obr. 8: Ukázky systematických chyb: (a) více dotyků hranice povodí, (b) ústí toku nesouhlasí se závěrovým profilem povodí.

Tyto systematické chyby byly před zpracováním známy a popsány a jejich eliminace byla provedena v následném kroku manuální metodou.

Manuální empirický výběr uzávěrových profilů a jejich přiřazení k tokům ve správě LČR byl proveden sestupně od nejvyšších hodnot Q_a k nižším. V první fázi byla jako limitní určena hodnota $Q_a \leq 300 \text{ l.s}^{-1}$. Jelikož toto kritérium nesplňovalo dostatečné množství toků, aby byl naplněn požadavek výsledného výběru alespoň 5 toků pro každou správu povodí, byla v další fázi limitní hodnota Q_a snížena dle potřeby v jednotlivých oblastech povodí až na hodnoty 160 l.s^{-1} . Tímto vznikla pro následné analýzy sklonu dostatečně velká množina 130 toků.

Tab. 2. Základní statistika výběru toků pro analýzy sklonu po oblastech povodí.

Oblast povodí	Počet toků	Hodnota Q_a		
		Průměr	Minimum	Maximum
Berounka	13	309	200	746
Dyje	12	310	169	508
Labe	24	332	234	720
Morava	19	427	315	714
Odra	27	370	251	1130
Ohře	13	262	168	512
Vltava	22	331	236	622
Celkem	130	342	168	1130

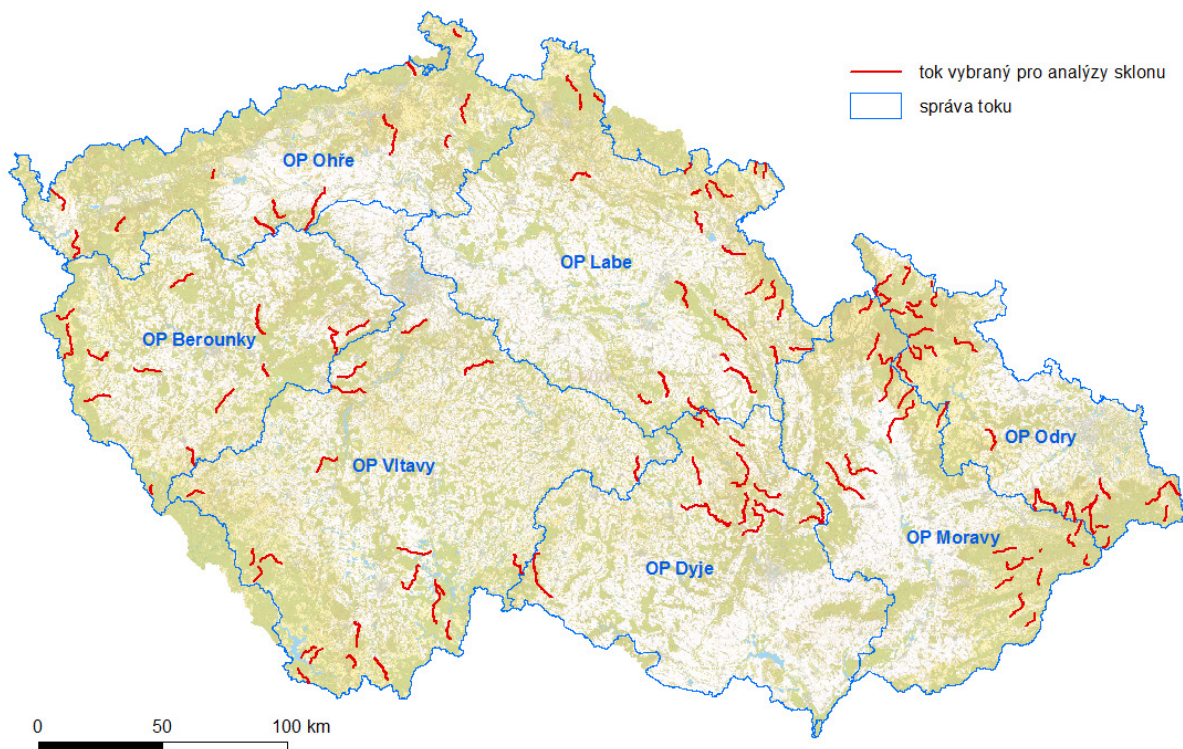


Obr. 9: Hodnoty Q_a výběru toků pro analýzy sklonu po oblastech povodí.

V další fázi analýz byl hodnocen sklon podélného profilu vybraných toků. Toky byly rozděleny na 200 m úseky. Tyto úseky byly základní jednotkou pro určování sklonu i následného hodnocení. Sklon úseku byl vypočten pomocí 2 metod: 1. metoda vycházela z výškových hodnot počátečního a koncového bodu úseku, 2. metoda vycházela z maximální a minimální výšky úseku. Z důvodu vzájemné nepřesnosti a povahy geografických dat vstupujících do prostorové analýzy určování nadmořských výšek nemusí se hodnoty minim (resp. maxim) s hodnotami počátečního (resp. koncového) bodu vždy shodovat.

Podkladovými daty pro výpočet nadmořských výšek byl Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G) interpolovaný do rastru o velikosti buňky 2 x 2 m. Tato data jsou zpřístupněna

Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním pomocí webových mapových služeb. DMR 5G představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu. Model vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013.



Obr. 10: Mapa vybraných toků pro analýzy sklonu po oblastech povodí (podkladová data ČÚZK).

Získání výškových hodnot 1. metodou představovalo v prvním kroku převod linií 200 m úseků na body představující počáteční a koncový bod úseku. Těmto bodům byla následně pomocí prostorové analýzy přidána informace o nadmořské výšce, odpovídající buňce rastru DMR 5G, ve které se daný bod nachází. V posledním kroku byly tyto výškové hodnoty databázově připojeny k atributům liniové vrstvy úseky 200 m.

Získání výškových hodnot 2. metodou představovalo interpolaci hodnot rastru DMR 5G v celkové délce úseku 200 m, jejímž výsledkem jsou hodnoty minima a maxima výšek pro jednotlivé úseky. Tyto výškové informace byly následně připojeny k atributům liniové vrstvy úseky 200 m.

Hodnoty sklonu v procentech jsou vypočítány databázově podle vzorce $x / l * 100$, kde x je rozdíl výšek, l je délka úseku.

Vodní nádrže

Databáze vodních nádrží ve správě LČR byla manuálně prostorově analyzována za účelem určení polohy nádrže v rámci vodního toku a povodí. Podkladovými daty pro analýzu byly vodní toky a nádrže ve správě LČR, hranice povodí s definovanou hodnotou dlouhodobého průměrného ročního průtoku Q_a , aktuální letecké ortofotomapy a topografická mapa. Výsledky analýzy umožnily následné zjištění hodnoty Q_a pro lokalitu vodní nádrže. Hodnota Q_a byla jedním z kritérií pro výběr vodních nádrží pro terénní šetření. Dalším kritériem byla hodnota výšky hráze. Tato hodnota byla uvedena v rámci atributových informací. Jako kritérium byla stanovena minimální výška hráze ($Q_a \geq 100 \text{ l.s}^{-1}$ a výškou hráze alespoň 4,0 m). Pro terénní šetření bylo vybráno 9 vodních nádrží.

Výsledky

V každém povodí byly zavedeny okrajové podmínky min. spádu. Jejich rozsah se pohybuje od 2 % (povodí Berounky) až po 4 % (většina povodí).

Vzhledem k drobnosti vodních toků a jejich dalším charakteristickým vlastnostem se potvrdil předpoklad vyšší významnosti kritéria min. Q_a oproti kritériu min. spádu při výběru vhodných toků pro každou oblast povodí.

Výsledná skupina min. 5 vodních toků, příslušejících ke každé správě toků LČR, byla rozšířena ještě o malé vodní nádrže (vstupní data LČR), které mají teoretický energetický potenciál na úrovni od $Q_a \geq 100 \text{ l.s}^{-1}$ a výškou hráze alespoň 4 m.

Dále byla dosavadní výsledná skupina vodních toků rozšířena o skupinu vodních toků, kde lze předpokládat en. potenciál, alespoň 10 kW na příčné překážce typu jezového stupně. Tyto lokality byly vytipovány před vlastním terénním průzkumem, vstupní předpoklad byl zaveden na úrovni $Q_a \geq 700 \text{ l.s}^{-1}$, výšky jezů 2,5 m s energetickým potenciálem alespoň cca 10 kW. Tyto příčné stavby nemusely být GIS sklonitostní analýzou nalezeny (viz též následující kapitola 4).

4. Upřesnění výsledků analýzy

Výsledná selekce profilů před terénním šetřením probíhala v 3 hlavních krocích, nejprve byly zpracovány výstupy z GIS v podobě dat Q_a a sklonu vodního toku:

- 1) Pro povodí v CHKO Křivoklátsko a části Středočeského kraje. Na základě terénního průzkumu vodních toků z tab. 3, byla tato oblast rozšířena v dalším kroku.
- 2) Pro povodí v celé ČR v GIS a následně v Excelu (soubor 130 vodních toků, 4812 úseků po 200 m) byla provedena selekce s cílem nalezení alespoň 5 vodních toků na každou správu vodního toku LČR (povodí).
- 3) Jelikož některá povodí neměla dostatečný počet nalezených vodních toků, byla provedena úprava vstupních podmínek v GIS pro celý soubor vstupních dat a zopakována analýza dat v GIS a následně v Excelu, a to pro každé povodí samostatně, kdy byl v každém povodí nalezen dostatečný počet vodních toků.

Upřesnění postupu

Krok 1)

Vodní toky byly zpracovávány po úsecích 200 m a 10 m nejprve pro oblast rozsahu CHKO Křivoklátsko (povodí Berounky) a části Středočeského kraje.

Pro odladění metodiky byla provedena nejprve základní analýza v GIS, export výstupních dat na základě splnění vstupních kritérií do souboru typu .xls. V souboru .xls proběhlo dalším zpracováním dat s vazbou na exportované grafické vrstvy mapového podkladu, dále následovala příprava před výjezdem do terénu pro již konkrétní vybrané vodní toky a terénní výjezd na vodní toky v oblasti rozsahu CHKO Křivoklátsko s částí Středočeského kraje. Vytipované vodní toky v této oblasti byly vybrány i s ohledem na další kritéria, např. vodní toky s výrazně bystrinným prouděním a nižším Q_a (na spodní hranici 300 l.s⁻¹), ale i vodní toky s převážně říčním prouděním a tedy větším Q_a (na horní hranici Q_a v dané množině úseků, v rámci nastavených okrajových podmínek v GIS).

Při výjezdu v terénu byly charakterizovány odchylky reálného terénu a digitálního zpracování v GIS (skutečná poloha údolnice vodního toku, křížení vodního toku se silnicí, nadmořská výška počátku a konce zvoleného úseku). Při těchto občůzkách byl kalibrován rozumný rozsah výstupu potřebných dat do Excelu a grafické výstupy (v podobě map oblasti s barevným vyznačením sklonů dle navržených kritérií, dále Q_a v oblasti – dílčích povodí, hranice povodí, toky ve správě LČR a toky ve správě podniků povodí), byly pracovně odzkoušeny úseky o délce 200 až 10 m.

Výsledky z terénního průzkumu potvrdily správnost zvolené oblasti povodí Berounky, tato oblast se následně ukázala ve finálních výstupech jako nejméně perspektivní z hlediska využití hydroenergetického potenciálu na tocích ve správě LČR.

Po provedení terénních výzkumů byla kritéria nastavena na hodnoty:

- vodní toky v rozmezí $Q_a = 300$ až 1000 l.s⁻¹ a

- sklon vodního toku je postačující na úrovni jediného kritéria. Byl vytvořen grafický pomocný výstup z GIS s odstupňovanou mírou hodnoty sklonu 0,0 až 3,9 %, 4,0 až 6,9 %, 7 a více %, s tím že finální selekce dle sklonu byla ponechána až do fáze zpracování dat v programu Excel, tj. po exportu z GIS

Vodní toky byly zpracovávány po úsecích 200 m, tato délka úseku se ukázala z hlediska vyhodnocení jako postačující ve srovnání s úseky po 10 m.

Tab. 3: Vymezení vodních toků, pro odladění metodiky a kritéria sklonitosti vodního toku, Q_a (CHKO Křivoklátsko a část Středočeského kraje).

JEV_ID_TOK	CHP_TOK	NAZEV_TOK	Délka	Q_a
200070912	11-11-04-0180	Chumava	17711	415
200082671	31-08-05-0840	Kocába	16968	383
200071383	21-11-05-0330	Svinařský potok	12762	355
100301465	11-13-03-0840	Klučecký potok	6732	289
200279313	41-11-02-0890	Radnický potok	18694	262
200262632	01-09-04-0020	Libřice (Záhořanský p.)	14800	255
200279137	01-08-05-1050	Voznický potok (Voznice)	13070	198
200239834	71-11-02-1490	Tyrenský potok	13767	195
200245462	21-11-02-1280	Koželužka	11732	194
200256858	41-11-01-0330	Voldušský potok	13814	193
200262510	01-11-02-1450	Úpořský potok (Míza)	12330	183
200082764	31-08-05-1000	Trnovský potok	7873	157
200257110	31-11-03-0530	Vůznice (Bělečský potok)	10183	130
200251241	21-11-04-0400	Klubovský potok (Luční)	8952	126
200071173	81-11-04-0500	Dibeřský potok	9658	115
200245623	61-11-04-0160	Podlužský potok	8373	108
200263256	01-12-02-0730	Šternberský potok	9830	105

Krok 2)

Výjezd v terénu potvrdil předpoklady ohledně zvolené metodiky a potvrdil její správnost, proto byly tyto okrajové podmínky Q_a a sklonitosti aplikovány na celou ČR. Tabeleární data (výběr úseků toků s teoretickým potenciálem výstavby MVE v jednotlivých správách toků LČR) zpracovaná maticovým výpočtem jsou v příloze IV v podobě souborů .xls pro jednotlivé správy povodí, vstupní soubor dat z GIS zde činil 4812 úseků, s kterými bylo v Excelu dále pracováno.

Kritéria pro GIS analýzu byla nastavena na hodnoty:

- vodní toky v rozmezí $Q_a = 300$ až 1000 l.s^{-1} a
- sklon vodního toku, kritérium nebylo zavedeno v GIS, bylo ponecháno až na finální zpracování v Excelu.

Tab. 4: Uplatnění kritérií Q_a , spádu, energetického potenciálu, pomocí maticového počtu. Použita data z povodí Berounky (hnědě jsou označeny úseky a vodní toky splňující samostatně pouze jedno z kritérií; modře jsou označeny úseky a toky splňující kritérium spádu a průtoku; zeleně jsou označeny úseky a toky splňující kritérium spádu a průtoku a energetického potenciálu).

	$Q_a \text{ (l.s}^{-1}\text{)}$	Sklon (%)	en. potenciál (kW)
kritéria min.:	100	2,0	3
splňuje jednotlivá kritéria - úseků	482	216	54
splňuje jednotlivá kritéria - toků	13	13	10
splňuje kritéria spádu a průtoku - úseků	22		
splňuje kritéria spádu a průtoku - toků	7		
splňuje všechna kritéria - úseků	19		
splňuje všechna kritéria - toků	5		

Poznatky z CHKO Křivoklátsko přispěly dále k zavedení podmínky rozšíření výsledné množiny vybraných vodních toků (úseků) i na ty úseky vodních toků mající Q_a na hodnotě 700 l.s^{-1} a větší. Takto byly vytipovány a hledány přímo v terénu případné jezy, kde by bylo možné předpokládat energetický potenciál cca 10 kW (předpokládaná výška jezu cca 2,5 m). Tyto jezy nemusel GIS rozlišit, rovněž jsou těžko patrné v leteckých snímcích, vzhledem k šíři vodního toku a stromovému krytu.

Vzhledem k tomu, že každá z oblastí povodí, neměla dostatečný počet toků, bylo přistoupeno k úpravě vstupních parametrů pro GIS analýzu.

Krok 3)

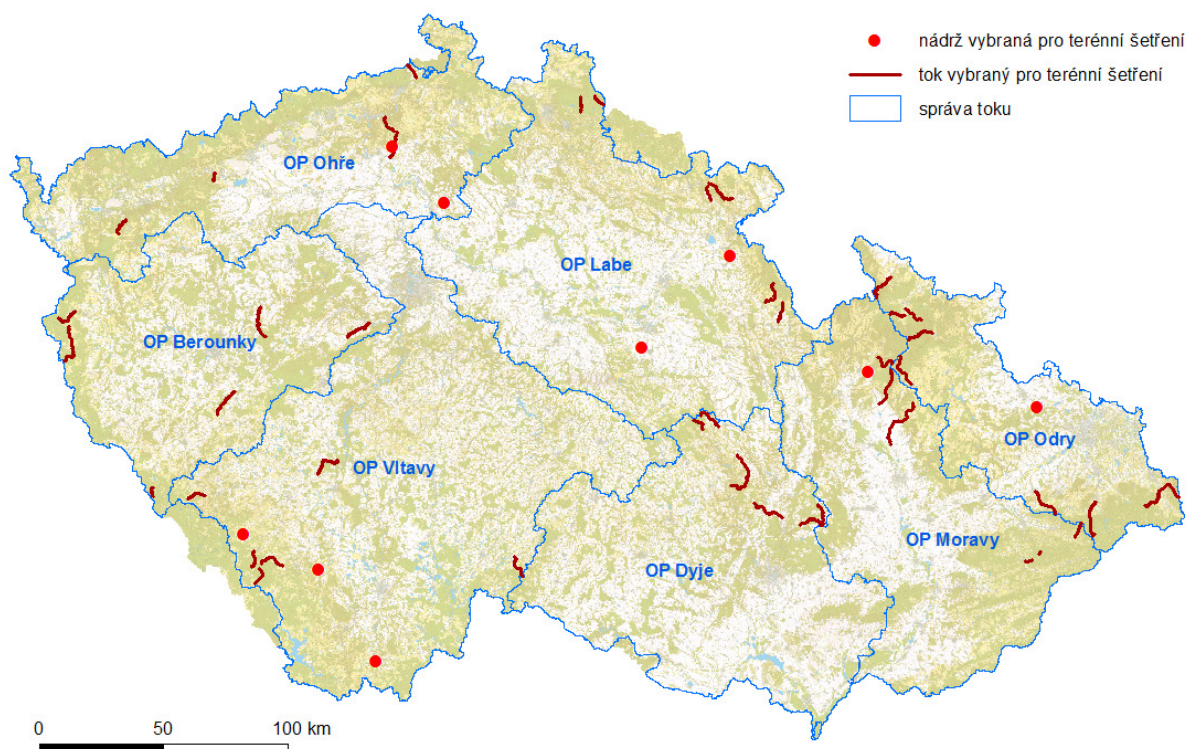
Kritéria pro GIS analýzu byla nastavena na hodnoty:

- vodní toky v rozmezí $Q_a = 160$ až 1000 l.s^{-1} a
- sklon vodního toku, kritérium nebylo zavedeno v GIS, bylo ponecháno až na finální zpracování v Excelu.

GIS analýza byla provedena pro každou oblast povodí samostatně, rovněž tak její detailní analýza a vyhodnocení v Excelu. V každé oblasti povodí bylo 5 vodních toků splňujících zvolené parametry (Q_a , sklonu toku, en. potenciálu) dále podrobně prohlédnuto a provedena příprava před výjezdem do terénu.

K těmto vodním tokům byly přibrány vodní toky s úsekem Q_a větším nebo rovno 700 l.s^{-1} a dále MVN s parametry ($Q_a \geq 100 \text{ l.s}^{-1}$ a výškou hráze alespoň 4,0 m) dle podkladů z databáze LČR.

Vyhodnocení vodních nádrží s právem hospodařit pro LČR s teoretickým potenciálem výstavby MVE je uvedeno v příloze V.



Obr. 11: Mapa vybraných toků a nádrží pro terénní šetření po oblastech povodí (podkladová data ČÚZK).

Vedlejším výstupem analýz bylo, vedle zpřesnění a korekce metodiky, rovněž potvrzení možnosti využití významných lokalit pro realizaci MVE, kdy vodní tok je ve správě podniku Povodí a protéká lesními pozemky ve správě LČR. Právě takovéto vodní toky jsou svými průtokovými poměry již velmi významné a hydroenergetickým významem mohou významně převýšit doposud nalezené vodní toky ve správě LČR. Z hlediska realizace přípravy záměru MVE, jsou zde více než dobré předpoklady pro realizaci záměru (pozemky sousedící s vodním tokem jsou ve správě LČR a právě na nich by byly umístěny veškeré objekty MVE, vyjma vtoku a výtoku, jímacího objektu). Nicméně zadavatel se rozhodl tyto lokality dále neprověřovat.

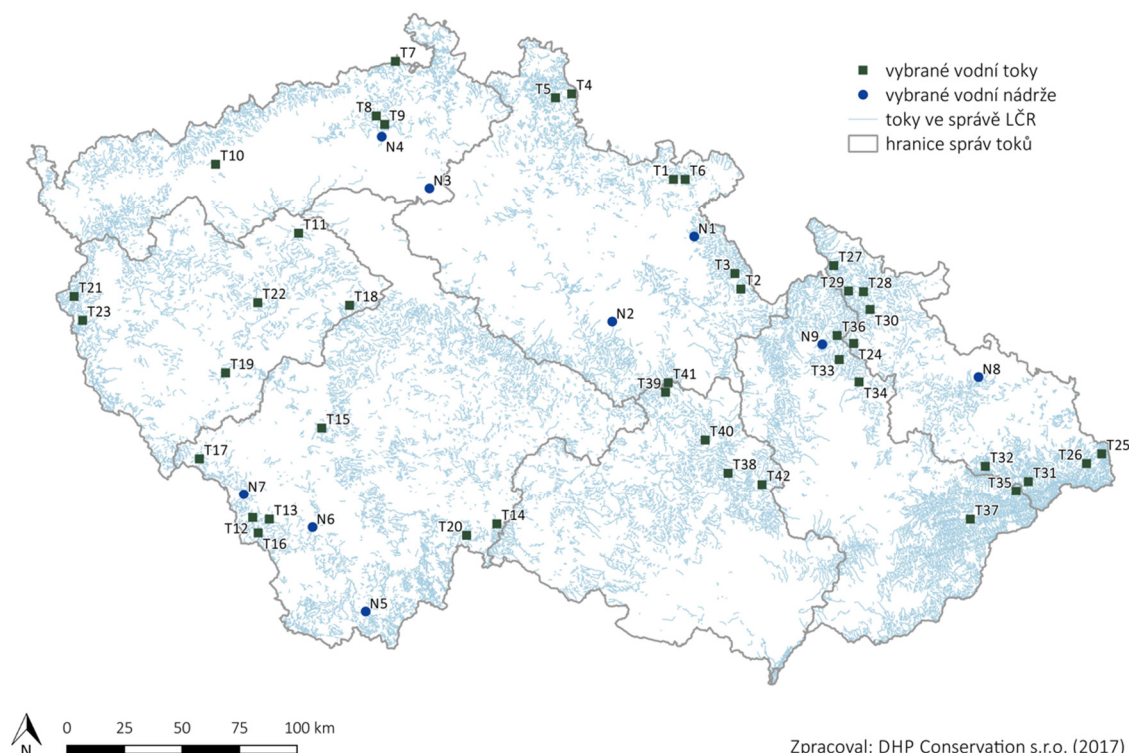
5. Terénní šetření

Metodika

Před samotným výjezdem na zájmový vybraný úsek vodního toku byla provedena příprava spočívající v koordinační poradě všech terénních pracovníků a konzultacích pro správnou interpretaci dotazníku pro terénní šetření (viz [příloha VI](#)) a jeho vyplnění, dále byla provedena individuální příprava, spočívající v:

- zmapování přístupových cest (ortofotografie, vrstevnicové mapy) k zájmovému úseku
- prověření zda se na toku nenalézá limnigrafická stanice, jejíž hodnoty by bylo možné použít pro zpětnou vazbu o Q_a
- předběžném zjištění majetkových vztahů v lokalitě
- ověření dostupnosti VN napětí a NN napětí
- identifikaci případných objektů jezů MVE z ortofotografií, které by bylo vhodné navštívit
- tisku vrstevnicové mapy s doplněním poznámek z přípravy.

Přehled vybraných vodních toků a vodních nádrží



Obr. 12: Mapa vybraných vodních toků a nádrží pro terénní mapování.

Byly navštíveny také perspektivní toky nad rámec analytického výběru (nad 5 toků na oblast správy povodí) a popsány úseky vybraných toků mimo analytický výběr.

Data z terénních průzkumů byla vyhodnocena a výsledky hodnocení potenciálu v rámci dílčích povodí jsou uvedeny v [příloze VII](#)).

Výstupy:

Na základě požadavku zadavatele byly do katalogových listů (karet profilů) doplněny některé údaje, naopak byla odstraněna položka intenzity splaveninového režimu. Finální verze katalogových listů přiložená k této závěrečné zprávě (příloha VIII) byla vypracována pro toky a vodní nádrže uvedené v následující tabulce 5.

Tab. 5: Seznam toků a nádrží, pro které jsou zpracované katalogové listy.

Číslo listu	Název toku / nádrže	Správa toků
T3	Říčka	Labe
T4	Jizerka	Labe
T5	Jedlová	Labe
T6	Jívka*	Labe
T7	Suchá Kamenice	Ohře
T8	Homolský potok	Ohře
T10	Donínský potok	Ohře
T11	Čistý potok	Ohře
T12	Arnoštský potok	Vltava
T13	Cikánský potok	Vltava
T14	Chlum	Vltava
T15	Jesenický potok	Vltava
T16	Kaplický potok	Vltava
T17	Kepelský potok*	Vltava
T18	Svinařský potok	Berounka
T19	Podhrázský potok	Berounka
T20	Bílý potok	Berounka
T21	Lužní potok	Berounka
T22	Radnický potok	Berounka
T23	Kateřinský potok*	Berounka
T24	Podolský potok*	Odra
T25	Hlučová	Odra

T26	Kopytná	Odra
T27	Stříbrný potok*	Odra

* Toky rámec analytického výběru

Číslo listu	Název toku / nádrže	Správa toků
T28	Šumný potok*	Odra
T29	Keprnický potok*	Odra
T30	Střední Opava*	Odra
T31	Čeladenka*	Odra
T32	Jičínka*	Odra
T33	Oskava*	Morava
T34	Teplička	Morava
T35	Kněhyně	Morava
T36	Klepáčovský potok	Morava
T37	Jasenice	Morava
T38	Býkovka	Dyje
T39	Hlučál*	Dyje
T40	Hodonínka*	Dyje
T41	Černý potok	Dyje
T42	Bílá voda	Dyje
N1	Zákraví	Labe
N2	Markovice	Labe
N3	Lhotka	Ohře
N4	Býčkovice	Ohře

N5	Květoňov	Vltava
N6	Třebanice	Vltava
N7	Zdíkovec	Vltava

N8	Sedlinka	Odra
N9	Nový Malín	Odra

6. Prověřené profily

Na základě dat dodaných od LČR bylo provedeno prověření profilů z hlediska zdůvodnění absence těchto lokalit v užších výběru vodních toků pro analýzy sklonu a pro terénní šetření. Jedná se totiž o lokality, které zadavatel považuje za potenciálně vhodné z hlediska hydroenergetického potenciálu.

Celkem bylo ověřováno 6 profilů (viz tabulka 6), jejich poloha je znázorněna na mapách v příloze IX.

Tab. 6: Přehled dodaných dat profilů k prověření

NAZEV_TOK	IDVT	CHP10	KM_OD_AUTOM	JTSK_OD_AUTOM
Hluky	10185408	1-02-03-0090-0-00	2.485	-607693.6 -1036282.4
Hájený potok	10185652	2-04-10-0020-0-00	1.446	-674035 -963778.4
Divoký potok	10284312	4-10-01-0610-0-00	0.357 (případně výše po toku - stávající odběr v km 0.74)	-549783.7 -1063937
Hučivá Desná	10101461	4-10-01-0620-0-00	3.833 (případně jiný profil na VT)	-550488.7 -1061235
Kojetický potok	10220806	1-14-02-0020-0-00	0.803	-757852.7 -977247.5
Boršický p.	10197578	4-13-02-0060-0-00	1.048	-533951.2 -1191809.7

V rámci studie se vstupní analýzy týkaly všech toků ve správě LČR. Výběr toků pro analýzy probíhal v rámci jednotlivých správ toků, kde byly vybírány toky podle hodnot Q_a od nejvyšších k nižším. Výběr probíhal tak dlouho, dokud nebyla pro každou správu vytvořena dostatečná množina toků pro další analýzy.

V tabulce 7 jsou hydrologické hodnoty povodí, kde se zkoumané profily nacházejí, určené dle výše popsané použité metodiky.

Tab. 7: Hydrologické charakteristiky povodí zkoumaných profilů.

Název toku	Plocha povodí (km ²)	qa (l/s/km ²)	Qa (l/s)
Hluky	12,1	18,8	227
Hájený potok	5,2	22,4	116
Desná (Divoký potok)	43,5	25,0	1084
Hučivá Desná	8,2	23,3	191
Kojetický potok	5,0	7,6	38

Boršický potok	24,9	1,9	47
----------------	------	-----	----

Tabulka 8 zobrazuje srovnání metodicky vypočtených hodnot Q_a zkoumaných profilů a minimálních hodnot Q_a toků, které byly pro jednotlivé správy toků zařazeny do užšího výběru.

Tab. 8: Porovnání kritérií pro výběr toků vypočtených hodnot Q_a zkoumaných profilů.

Název toku	Q_a (l/s)	Správa toků	Min Q_a pro správu toků
Hluky	227	Labe	234
Hájený potok	116	Labe	234
Divoký potok	*	Moravy	315
Hučivá Desná	191	Moravy	315
Kojetický potok	38	Ohře	168
Boršický potok	47	Vsetín	315

* Pro Divoký potok nebyla v rámci analýz hodnota Q_a stanovena. Náleží do povodí Desné ($Q_a = 1084$ l/s)

Z výsledků srovnání vyplývá, že již hodnoty Q_a vztahované k závěrovým profilům povodí, ve kterých se zkoumané profily nacházejí, jsou pod spodní hranicí pro užší výběr, a proto tedy nebyly do dalších analýz zařazeny. Hodnoty Q_a pro zkoumané profily jsou pak ještě nižší (viz tabulka 9).

Tab. 9: Hydrologické charakteristiky zkoumaných profilů.

Název toku	Plocha povodí (km ²)	q_a (l/s/km ²)	Q_a (l/s)
Hluky	7,53	19,95	150
Hájený potok	4,66	23,00	107
Divoký potok	4,39	25,51	112
Hučivá Desná	6,26	22,04	138
Kojetický potok	4,67	7,46	35
Boršický potok	21,82	2,03	44

Dle navržené a odsouhlasené metodiky pro výpočet hodnot Q_a měly zkoumané profily hodnoty Q_a nižší než zvolené minimální kritérium pro příslušnou správu toků, nebyly tedy pro další analýzy vybrány.

7. Sestavení lokalit MVE

Vstupní údaje

Na základě analýzy sklonitostních a průtokových poměrů byly pomocí GIS vybrány vodní toky, které splňovaly základní kritérium průtoku tak, aby bylo možno uvažovat o jejich případném energetickém využití. Tyto vodní toky byly rozděleny v GIS na 200 m úseky, které byly dále selektovány pomocí jednotných kritérií sklonu, průtoku a energetického potenciálu s přihlédnutím k minimálnímu počtu 5-ti vodních toků na každou správu povodí. Pomocí této selekce vznikl soubor úseků a vodních toků, které byly podrobeny základnímu posouzení v terénu z hlediska možnosti a vhodnosti pro výstavbu malé vodní elektrárny. Soupis těchto vodních toků a úseků je uveden v příloze X.

V dalším kroku bylo zapotřebí sestavit dle selektovaných úseků a vodních toků konkrétní lokality pro teoretickou výstavbu malých vodních elektráren a z těchto lokalit vybrat takové, u kterých lze předpokládat možnost skutečného energetického využití.

Metodika sestavení lokalit

Sestavení lokalit MVE z jednotlivých úseků vodních toků bylo provedeno spojováním těchto úseků na základě níže uvedených podmínek a kritérií. Jedná se zejména o kritéria technická, kde byl hodnocen hydroenergetický potenciál s cílem dosáhnout maximálního výkonu s ohledem na ekonomiku záměru, a dále také kritéria ochrany přírody, případně jiná. Byly uvažovány následující podmínky a kritéria:

- spojované úseky musí být ze stejného vodního toku, tj. není uvažováno převádění vody do jiného povodí,
- uvažovaný návrhový průtok odpovídá návrhovému průtoku Q_{nMVE} nejvýše ležícího úseku (výpočet proveden již při selekci úseků),
- základní hodnotící kritérium je energetický potenciál, který se vypočte jako $P = 6 \cdot Q_{nMVE} \cdot H_{br}$, kde konstanta 6 zahrnuje gravitační zrychlení g (m/s^2), hydraulické ztráty a účinnosti resp. ztráty v části strojní a elektro-části MVE, Q_{nMVE} je návrhový průtok na elektrárnu (m^3/s) a H_{br} je hrubý spád daný výškovým rozdílem lokality (m),
- pokud od daného vodního toku byl pomocí GIS a selekce úseků dle kritérií průtoku, spádu a energetického potenciálu nalezen jen jeden vhodný úsek, mohou k němu být přidruženy:
 - nejvýše 2 výše ležící navazující úseky za předpokladu, že splňují kritérium výkonu a přírůstek energetického potenciálu celé lokality je minimálně 7 kW na jeden připojený úsek (tyto připojené úseky nemusí sami o sobě splňovat podmínky průtoku či spádu stanovené v selekci úseků),
 - níže ležící úseky v libovolném počtu za předpokladu, že splňují kritérium výkonu a přírůstek energetického potenciálu celé lokality je minimálně 7 kW na jeden připojený úsek (tyto připojené úseky nemusí sami o sobě splňovat podmínky spádu stanovené v selekci úseků),

- pokud od daného vodního toku bylo pomocí GIS a selekce úseků dle kritérií průtoku, spádu a energetického potenciálu nalezeno více vhodných úseků, mohou k nim být přidruženy:
 - mezilehlé úseky za předpokladu, že splňují kritérium výkonu a přírůstek energetického potenciálu celé lokality je minimálně 7 kW na jeden připojený úsek (tyto připojené úseky nemusí sami o sobě splňovat podmínky průtoku či spádu stanovené v selekci úseků),
 - maximálně 3 mezilehlé úseky nesplňující kritérium výkonu a nesplňující podmínku přírůstku energetického potenciálu celé lokality minimálně 7 kW na jeden připojený úsek; více takovýchto mezilehlých úseků znamená rozdělení na 2 samostatné lokality,
 - nejvýše 2 výše ležící navazující úseky za předpokladu, že splňují kritérium výkonu a přírůstek energetického potenciálu celé lokality je minimálně 7 kW na jeden připojený úsek (tyto připojené úseky nemusí sami o sobě splňovat podmínky průtoku či spádu stanovené v selekci úseků),
 - níže ležící úseky v libovolném počtu za předpokladu, že splňují kritérium výkonu a přírůstek energetického potenciálu celé lokality je minimálně 7 kW na jeden připojený úsek (tyto připojené úseky nemusí sami o sobě splňovat podmínky spádu stanovené v selekci úseků),
- pokud má lokalita svou část zasahovat do oblasti s vysokou ochrannou přírody, nebo zde existuje jiná překážka v možnostech hydroenergetického využití, může být lokalita zkrácena nebo rozdělena i za předpokladu, že jsou splněny výše uvedené podmínky technické.

Metodika výběru lokalit

Na základě výše uvedených kritérií bylo sestaveno 52 lokalit. Tyto lokality bylo nutné dále vytřídit na základě technických a přírodních limitujících faktorů. Technické faktory byly uvažovány následující:

- energetický potenciál – minimální energetický potenciál lokality vhodný pro výstavbu MVE pro dodávku do sítě byl stanoven na 15 kW (MVE s menším výkonem jsou v praxi primárně realizované jako např. domovní nebo podnikové určené pro vlastní spotřebu, nebo jsou to MVE realizované na základě jiných spíše neekonomických motivací); pokud měla lokalita nižší výkon, byla z dalšího výběru vyřazena,
- stávající hydroenergetické využití nebo funkční odběr vody; byly využity poznatky z terénu, pokud zde již je MVE provozována nebo je zde odběr vody, byla taková lokalita z dalšího výběru vyřazena,
- lokality, u kterých bylo v terénním průzkumu zjištěno, že mají výrazně nižší reálný průtok, než byl uvažován dle analýzy v GIS, byly z dalšího výběru vyřazeny,
- lokality, u kterých bylo v terénním průzkumu zjištěno, že jejich spád je zajištěn hrází rybníka jiného vlastníka než LČR, byly z dalšího výběru vyřazeny.

Přírodní faktory byly při třídění lokalit uvažovány následující:

- pokud lokalita zasahovala nebo byla celá v místě, kde je vysoká ochrana přírody, byla z dalšího výběru vyřazena. Jako vysoký stupeň ochrany přírody byly uvažovány I., II. a III. zóna národních parků, I. a II. zóna CHKO, (národní) přírodní památka nebo (národní) přírodní rezervace. V místech nižšího stupně ochrany přírody, např. III. zóna CHKO, lokality soustavy Natura 2000, biokoridory apod., byly do další fáze ve výběru ponechány, lze je podmíněčně uvažovat k hydroenergetickému využití. Jsou známy příklady z praxe, kde v takovýchto lokalitách vznikly nové MVE.

Seznam všech lokalit a jejich třídících kritérií je uveden v příloze X.

Výsledné lokality

Na základě výše uvedených třídících kritérií bylo nalezeno 10 lokalit sestavených z úseků vzešlých z analýzy GIS. Dále výše uvedeným podmínkám vyhovuje 1 vodní nádrž (Květoňov) v majetku LČR a 1 lokalita s příjezovou MVE (jez Žilina, vodní tok Jičinka).

Tyto lokality jsou rozloženy na správy vodních toků tak, jak je uvedeno v následující tabulce 10.

Tab. 10: Rozložení vybraných 12 lokalit podle oblastí správy toků.

Oblast povodí, správy toků	Počet lokalit
Labe	1
Vltava	2
Berounka	0
Ohře	1
Dyje	0
Morava	3
Odra	5

Teoretický hydroenergetický potenciál v těchto lokalitách před dalším terénním průzkumem se pohybuje od 15 do 113 kW, lokalit s alespoň 50–60 kW teoretického hydroenergetického potenciálu, kde lze očekávat lepší ekonomickou výhodnost investice je 5, lokalita s více než 100 kW hydroenergetického potenciálu je 1.

Pro výběr lokalit nejvhodnějších pro výstavbu MVE a zároveň zpracování studie v rámci tohoto projektu byly dále tyto lokality posuzovány z hlediska legislativního a majetkoprávního, ochrany přírody a technických faktorů. Samostatně bylo zpracováno ekonomické vyhodnocení (viz následující kapitola 8).

Limitující faktory

V rámci řešení projektu byly posuzovány i faktory, které mohou pozitivně či negativně ovlivnit výběr vhodných profilů a které hromadné zpracování dat procedurami GIS není plně schopno podchytit. Jednalo se o posouzení následujících limitujících faktorů:

- legislativní,
- přírodní,
- technické,
- ekonomické

Legislativní a majetkoprávní vztahy

Legislativní limity jsou definovány především ustanoveními následujících platných zákonů (uvedeny hlavní limity):

- vodní zákon č. 254/2001 Sb. – zákon řeší detailně podmínky pro nakládání s povrchovými vodami, způsob stanovování minimálního zůstatkového průtoku (dále řešeno v metodickém pokynu), povinnosti protipovodňové ochrany i nutné zajištění migrační průchodnosti. Všechny tyto aspekty budou pro vybranou lokalitu hodnoceny v rámci studie proveditelnosti, obecně jsou podmínky pro všechny profily shodné.
- stavební zákon č. 183/2006 Sb. – opět jsou podmínky pro územní a stavební řízení pro uvažované lokality obdobné a detailně budou popsány v studii proveditelnosti pro vybranou lokalitu
- energetický zákon č. 458/2000 Sb. – nutné kroky vedoucí k udělení licence k výrobě energie budou popsány v studii proveditelnosti pro vybranou lokalitu
- zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. – tímto právním předpisem se zabývá celá následující podkapitola

Dle zákona o posuzování vlivů na životní prostředí č. 100/2001 Sb. podléhají automaticky zjišťovacímu řízení EIA pouze vodní elektrárny s celkovým instalovaným výkonem výroby nad 10 MW. Pro MVE je třeba zpracovat oznámení podlimitního záměru a předložit jej příslušnému úřadu (většinou příslušný krajský úřad). MVE tedy podléhají zjišťovacímu řízení pokud to sdělí krajský úřad.

Komplikovanost legislativní problematiky potvrzují mimo jiné rozsudky Nejvyššího správního soudu, např. č.j. 3 As 55/2005 – 48 (oprava jezu Kuchelník), 6 As 40/2005 – 80 (nedodržování zůstatkových průtoků v Chrudimce ve spojení s provozem MVE v Petrkově), 5 As 20/2008 – 165 (povolení k nakládání s vodami pro MVE Hostinné) nebo 1 As 31/2011-72 (výstavba MVE Dolní Rokytnice-Vilémov).

Na základě dohody se zadavatelem nebyly na jednotlivých lokalitách řešeny majetkoprávní vztahy, ty budou studovány jen u lokality vybrané pro zpracování studie proveditelnosti. V terénu byly ale vždy brány v potaz zjevné možnosti konfliktů se zájmy vlastníků pozemků, případně byla tato fakta uvedena v kartách lokalit.

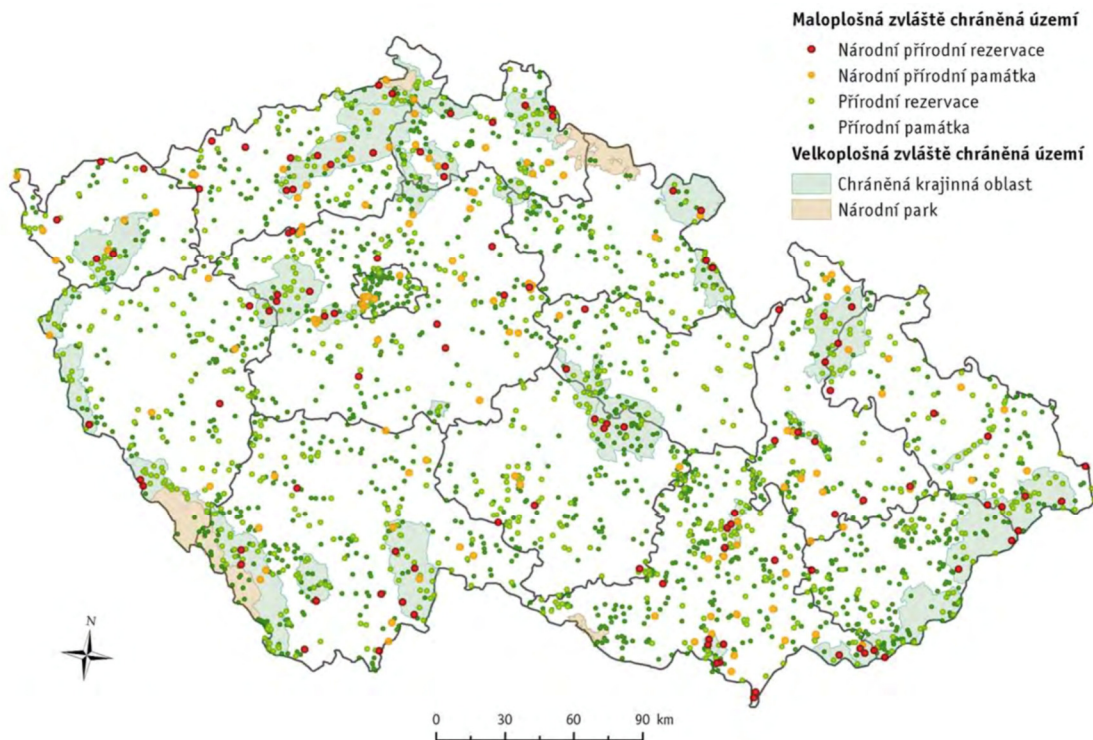
Limity ochrany přírody

Speciální legislativní limity představuje zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. Tento předpis definuje především podmínky pro tyto typy území:

- zvláště chráněná území a jejich zonace – jedná se o tzv. maloplošná zvláště chráněná území (přírodní památky, přírodní rezervace, národní přírodní památky a národní přírodní rezervace) a o velkoplošná zvláště chráněná území (chráněné krajinné oblasti a národní parky). Tato území a jejich ochranná pásma mají dle zákona rozdílné základní ochranné podmínky mající vliv mimo jiné na možnost umístění stavby a umožnění nakládání s vodami, každé území má individuálně definovány také bližší ochranné podmínky. Zvláště chráněná území jsou situována často v horských a podhorských oblastech, kde LČR převážně hospodaří, tato území se vyznačují vysokým podílem lesnatosti, jak ukazují tabulka 11 a obrázek 13).

Tab. 11: Zvláště chráněná území k 31. 12. 2015 (podle AOPK ČR).

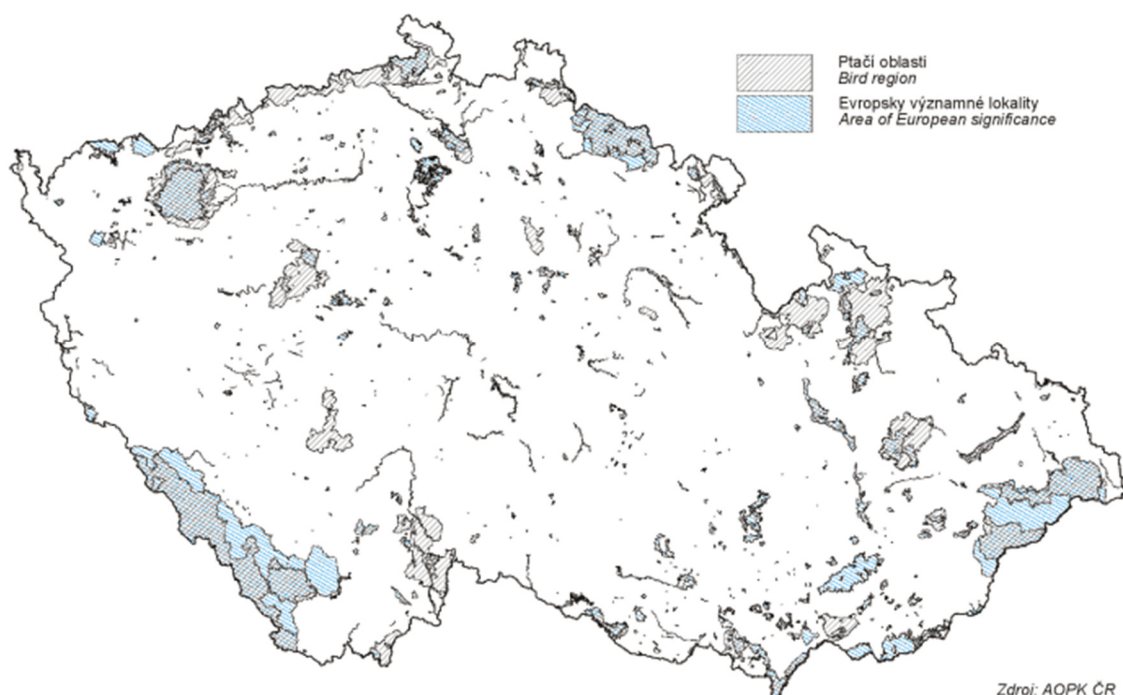
	NP	CHKO	NPR	PR	NPP	PP
Počet	4	25	109	815	118	1 529
Výměra [ha]	119 489	1 100 774	28 706	42 302	5 814	37 551
% rozlohy ČR	1,52	13,96	0,36	0,54	0,07	0,48
Lesnatost [%]	85,9	60,0	84,9	78,5	62,3	71,4



Zdroj: AOPK ČR

Obr. 13: Zvláště chráněná území k 31. 12. 2015 (podle AOPK ČR).

- lokality zvláště chráněných druhů – také místa výskytu zvláště chráněných druhů požívají ochrany podle zákona a limitují možnosti umístění stavby a nakládání s vodami pro malé vodní elektrárny. Zvláště chráněné druhy se rozlišují na druhy ohrožené a přísněji chráněné druhy silně ohrožené a kriticky ohrožené. Z pohledu MVE bývají diskutovány zejména druhy vážek, raků (rak říční a rak kamenáč), ryb (typicky vranka obecná nebo střevle potoční), mihulí (mihule potoční), savců (zejména vydra říční) a ptáků (např. ledňáček říční). Informace o známém výskytu poskytuje na vyžádání AOPK ČR, optimální je vždy zpracování aktuálního biologického hodnocení, které prokáže stav populací jednotlivých druhů a umožní vyhodnocení míry vlivu a případné udělení výjimky z ochranných podmínek zvláště chráněných druhů.
- Natura 2000 – soustava Natura 2000 se dělí na evropsky významné lokality a ptačí oblasti (viz obr. 14). Ochrana těchto území se liší, klíčové ale je, že případný záměr musí být posouzen z hlediska možného ovlivnění předmětů ochrany (druhů nebo přírodních stanovišť) a celistvosti těchto území a musí být vyloučen významně negativní vliv. Zda je nutné tzv. naturové hodnocení rozhoduje příslušný orgán ochrany přírody, hodnocení mohou zpracovávat jen autorizované osoby.



Obr. 14: Soustava Natura 2000 v České republice (podle AOPK ČR).

- územní systém ekologické stability, významné krajinné prvky, krajinný ráz – tyto prvky tzv. obecné ochrany přírody a krajiny požívají podle zákona ochrany, která se dotýká i možnosti umístění stavby a nakládání s vodami pro malé vodní elektrárny. Jejich ochranou jsou coby orgány ochrany přírody pověřeny většinou obce s rozšířenou působností, které v praxi k výkladu zákona přistupují různorodě. Vodní toky jsou ze zákona vždy významným krajinným prvkem, často představují také biokoridory územního systému ekologické stability. Jejich dotčení řeší výše zmíněná biologická hodnocení, která je vhodné při plánování záměru zadat.

Limity ochrany přírody byly vyhodnoceny pro každou v terénu navštívenou lokalitu, tyto údaje jsou uvedeny v kartách lokalit (viz „konflikty se zájmy ochrany přírody“). V příloze XI jsou mapy překryvu vybraných 12 lokalit s územní ochranou.

Přírodní faktory zahrnují faktory přímo neovlivněné člověkem a jeho činností v krajině. Jedná se zejména o:

- průtokové poměry toku a podélný sklon,
- vodní podmínky v toku a zájmovém povodí
- charakter toku (říční, bystřinný),
- odhad typu a intenzity splaveninového režimu,
- morfologie terénu - dostupnost lokality

Technické faktory

Volba profilu možného umístění a koncepce řešení MVE v případě variantního řešení je ovlivněna řadou technických (převážně antropogenních) faktorů, které mohou výrazně ovlivnit zejména investiční náklady na výstavbu, a tím i ekonomickou efektivnost celého díla. Jedná se zejména o tyto faktory:

- inženýrsko-geologické poměry v zájmové lokalitě
- využitelnost stávajícího vzdouvacího objektu či možnost jeho rekonstrukce,
- existence stávajících akumulačních prostorů (nádrže, mokřady) a jejich velikost,
- objekty využitelné pro vodní elektrárnu (mlýn, bývalá elektrárna),
- přístupnost lokality pro stavbu a využití (např. přístupová cesta),
- možnost napojení na síť (NN, VN),
- délka a morfologické poměry pro vybudování přívodu vody u derivační elektrárny,
- objekty a stavby ovlivňující negativně/pozitivně výstavbu vodní elektrárny (mosty, železnice, trvalá nebo rekreační výstavba, zpevnění komunikací v kterých je veden přivaděč, průseky v lesním porostu, atd.).

Posouzení existence a významu uvedených faktorů v rámci hromadného zpracování dat GIS procedurami je prakticky nemožné, proto se přistoupilo v rámci řešení k další terénní obhlídce. Posouzení všech 12 vybraných toků proběhlo nejprve s využitím mapových podkladů, ortofotomap a fotografií a výsledky byly shrnuty do přehledné tabulky. Pro finální výběr 5 vybraných toků (úseků toků) byly uvedené technické faktory podrobně prozkoumány v rámci terénního průzkumu.

Rozhodujícím ekonomickým faktorem je doba návratnosti investice, která by neměla překročit 10 let. Doba návratnosti investice je dána podílem nákladů na investici a ročním příjmem z investice (po odečtení provozních nákladů a údržby). Roční příjem z vyrobené energie závisí na výkupních cenách, případně výši finančních dotací. Investičním nákladům se detailně věnuje následující kapitola 9.

Ekonomická efektivnost závisí na řadě faktorů, měnících se dle lokality (investiční náklady – budova strojovny, technologie, přístupové komunikace, transfer vyrobené energie, vybudování příčné vzdouvací překážky v toku, přívod vody a náklady provozní, atd.). Porovnání těchto hodnot s cenou ročně vyrobené energie udává návratnost investice v letech.

Doba návratnosti v podobě dané vztahem: **$TN_p = IN / CF$**

kde IN - náklady na investici (celkový investiční výdaj v Kč)

CF - roční peněžní tok (roční příjem z investice – úspora nákladů v důsledku investice Kč/rok)

Hraniční hodnotou (kritériem) je uvažována hodnota prosté doby návratnosti TN_p na úrovni max. 10 let.

Výkon vodní turbíny na jejím hřídeli (spojce) je dán vztahem: **$P = Q \cdot H \cdot k$**

kde P - výkon turbíny (kW)

Q - průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

H – využitelný spád (m)

k – součinitel odpovídající účinnosti použitého soustrojí (pohybuje se v rozmezí cca 5,0 až 8,5) dle velikosti vodní elektrárny.

Při výběru toků s efektivním hydroenergetickým potenciálem se vycházelo z průtokových charakteristik, určených dvěma způsoby:

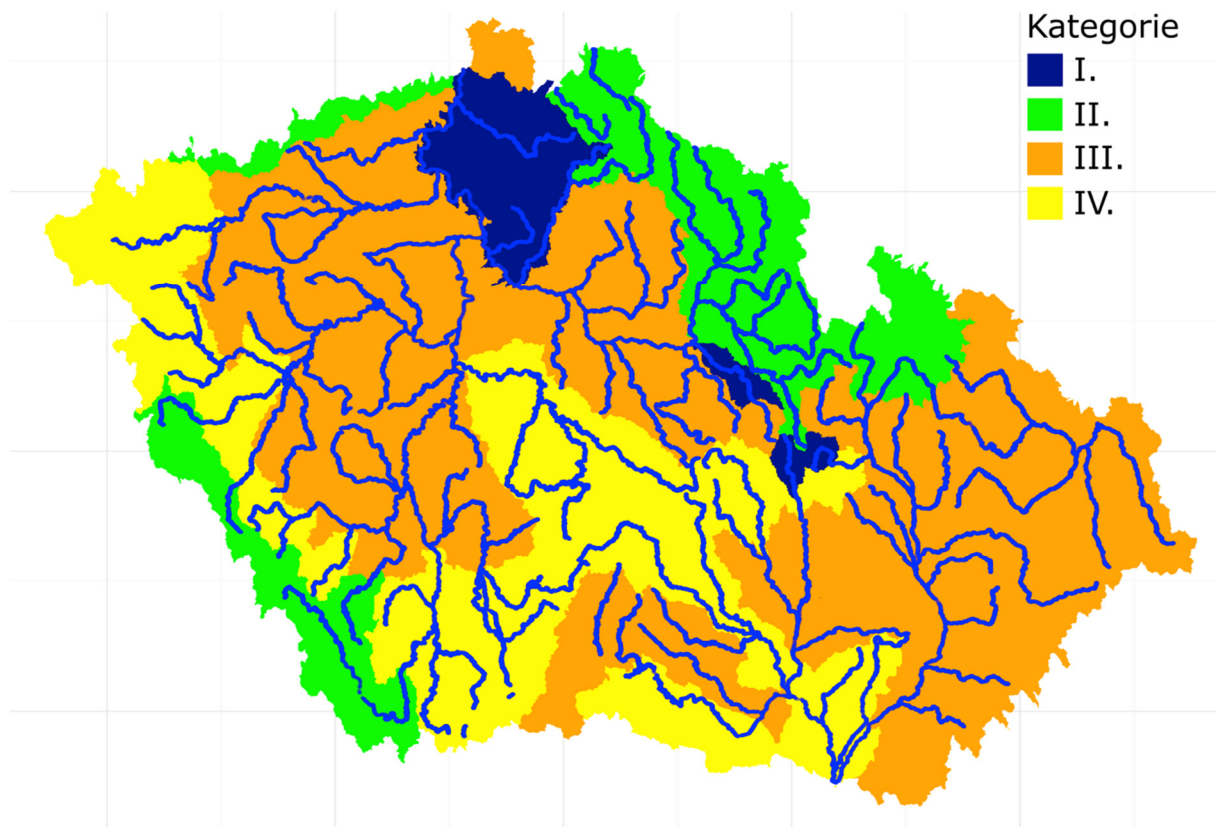
- průměrné dlouhodobé roční průtoky Q_a ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$),
- m-denní průtok Q_{90d} jako 110 % Q_a ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$), což je hodnota návrhového průtoku pro vodní elektrárnu (Gabriel et al. 1998).

Pro možnost stanovení efektivity malé vodní elektrárny je třeba posoudit výkon turbíny i v málo vodných obdobích, což může být častým jevem zejména u menších toků. Proto bylo provedeno i hodnocení podle hodnoty minimálního průtoku Q_{330d} . Podkladem pro výpočet 330-denního průtoku byla metoda, kterou odvodili pracovníci VÚV TGM v Praze (Balvín et al. 2016). Pro návrh této metodiky byly využity statistické charakteristiky průtoků ze 155 stanic ČHMÚ a využity následující charakteristiky – podíl základního odtoku na celkovém odtoku, hydrogeologické poměry a množství srážek na povodí). Celé území bylo rozdělena do 4 oblastí podle hodnoty parametru K99 (poměr mezi průměrným denním průtokem s pravděpodobností překročení 99 % a hodnotu průměrného dlouhodobého průtoku Q_a):

- 1.oblast $K_{99} > 0,18$ – křídová povodí ($Q_{330d} = 0,46 Q_a$)
- 2. oblast $K_{99} > 0,15$ - horská povodí ($Q_{330d} = 0,31 Q_a$)
- 3. oblast $K_{99} = 0,10$ až $0,15$ ($Q_{330d} = 0,26 Q_a$)
- 4. oblast $K_{99} < 0,10$ ($Q_{330d} = 0,15 Q_a$)

Jednotlivé regiony podle této metodiky jsou vyznačeny na obr. 15.

Pro orientační stanovení hodnoty Q_{330d} byl použit pro všechny hodnocené toky zjednodušený vztah $Q_{330d} = 0,25 Q_a$ ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$). Sezónní změna hodnoty Q_{330d} dle této metodiky nebyla uvažována.



Obr. 15: Mapa oblastí podle hodnoty parametru K99 (Balvín et al. 2016).

8. Ekonomické vyhodnocení předpokládané doby návratnosti a rentability

Vybrané lokality teoreticky vhodné pro výstavbu malé vodní elektrárny byly posuzovány z ekonomického hlediska záměru. Základními nástroji tohoto vyhodnocení pro prvotní posouzení a studie jsou celkové investiční náklady, poměr investičních nákladů a instalovaného výkonu v MVE, teoretický potenciál roční výroby elektrické energie a prostá návratnost.

Investiční náklady

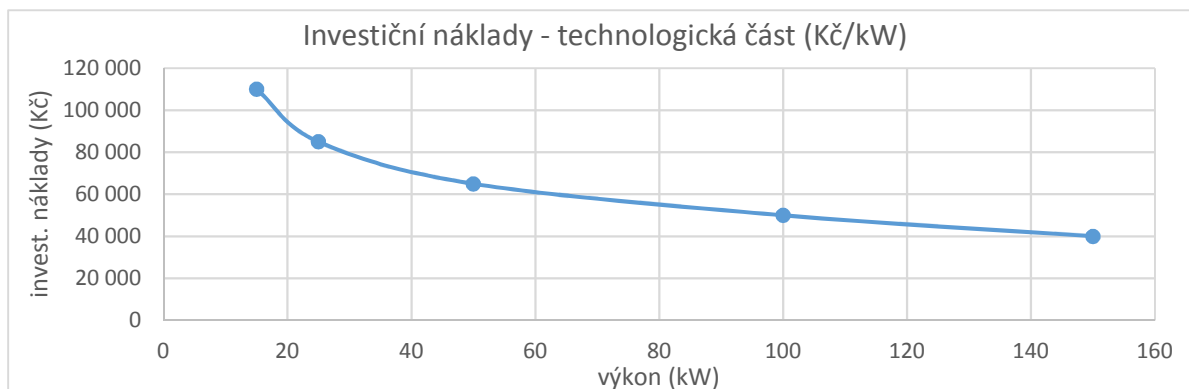
Investiční náklady na výstavbu MVE zahrnují veškeré náklady na pořízení stavby od nákupu pozemku, přes fázi projektové přípravy, po výstavbu a uvedení do provozu. Největší část zpravidla tvoří náklady na výstavbu, zahrnující zejména:

- investiční náklady na stavební část (strojovna, přivaděč, odběrný objekt),
- investiční náklady na strojní technologickou část (turbína, generátor, uzávěry, atd.),
- investiční náklady na elektro technologickou část (rozvaděč, řídicí systém, měření a regulace),
- vyvedení výkonu (trafostanice, vyvedení výkonu),
- další vyvolané investice jako např. přístupová cesta, rybí přechod, atd.

Projektová fáze přípravy zahrnující také veškeré průzkumy a měření (geodetické zaměření, hydrogeologický a inženýrsko-geologický průzkum, jiná potřebná měření dle lokality) jsou zpravidla určitým podílem z celkových investičních nákladů na výstavbu.

Každá lokalita je v praxi jiná, u každé lokality se poměry nákladů na jednotlivé části liší a jsou dány místními podmínkami (morforologickými, geomorfologickými, přírodními, urbanistickými apod.). Vzhledem k tomu, že vybrané lokality jsou rozprostřeny napříč Českou republikou, tzn. nacházející se v odlišných podmínkách, a není smyslem této fáze provést tak podrobné průzkumy, aby bylo možné přistupovat ke každé lokalitě plně individuálně, byly pro účely porovnání vybraných lokalit uvažovány jen investiční náklady na výstavbu a to pomocí jednotně zavedených cen. Tyto ceny vycházejí z praktických zkušeností řešitele.

Investiční náklady za technologickou strojní a elektro část byly stanoveny na základě předpokládaného výkonu rovného energetickému potenciálu.



Obr. 16: Investiční náklady za technologickou část.

Investiční náklady za stavební část byly uvažovány součtem nákladů za odběrný objekt, přivaděč a strojovnu. Investiční náklady na odběrný objekt byly uvažovány proměnné podle množství jímané vody odpovídající velikosti vodního toku.

Tab. 12: Investiční náklady na odběrný objekt.

Investiční náklady – odběrný objekt		
100	l/s	250 000 Kč
200	l/s	300 000 Kč
300	l/s	350 000 Kč
400	l/s	450 000 Kč
500	l/s	550 000 Kč

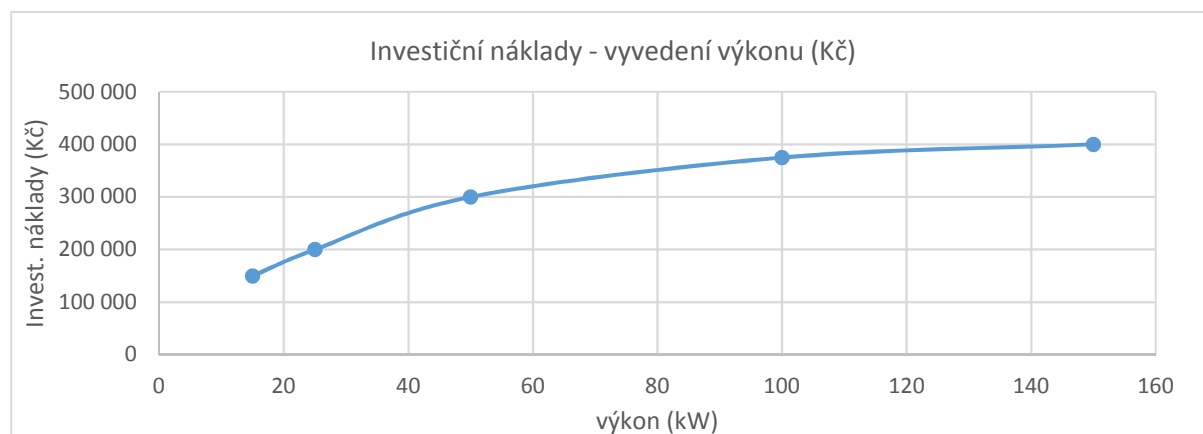
Investiční náklady na přivaděč byly uvažovány podle předpokládané dimenze potrubí. Vybrané lokality, mimo profil na Jičínce a malé vodní nádrže Květoňov, jsou lokality vhodné pro derivační typ MVE s tlakovým přivaděčem. Pro v literatuře doporučený koncept s rozděleným přivaděčem na nízkotlakou část vedenou v malém sklonu a následnou vysokotlakou část vedenou po spádnicí nebývají v naší zemi vhodné podmínky, nedosahuje se zde ani takového spádu, aby tento koncept byl výhodný. Proto byl uvažován tlakový přivaděč trubní vedený prakticky v údolnici vedle vodního toku. Dimenze potrubí je přímo závislá na návrhovém průtoku v lokalitě. Ekonomicky efektivní dimenze potrubí je vyváženou hodnotou mezi snižujícími se hydraulickými ztrátami a tedy vyšším čistým spádem s větší dimenzí potrubí ale také zvyšujícími se náklady s větší dimenzí potrubí. V praxi lze u derivačních malých vodních elektráren uvažovat ekonomickou rychlost vody v potrubí cca 3,5 m/s a z toho lze dopočítat doporučenou dimenzi potrubí. Do nákladů za přivaděč byly zahrnuty průměrné ceny potrubí včetně montáže, náklady na výkopové práce a kotevní bloky. Rozmanitosti místních morfologických a technických podmínek a požadavků, které budou v každé lokalitě odlišné, nebyly zahrnovány do takto stanovených cen.

Tab. 13: Investiční náklady za trubní přivaděč.

Investiční náklady – trubní přivaděč				
100	l/s	-> DN	200 mm	3 000 Kč/m
200	l/s	-> DN	270 mm	3 500 Kč/m
300	l/s	-> DN	340 mm	4 000 Kč/m
400	l/s	-> DN	390 mm	4 500 Kč/m
500	l/s	-> DN	430 mm	5 000 Kč/m

Strojovna byla uvažována jednotnou cenou pro všechny lokality. U derivačních typů malých vodních elektráren výkonů obdobných vybraným lokalitám jsou zpravidla velikosti soustrojí malé a odpovídající strojovny prakticky stejné velikosti. Zásadním faktorem pro investiční náklady na strojovnu jsou základové podmínky, ty však v této fázi lze jen předpokládat. Vzhledem k tomu, že se všechny lokality nacházejí v horských a podhorských oblastech, byly základové podmínky uvažovány jako stejné a bez větších složitostí s dobrou únosností.

Investiční náklady na vyvedení výkonu jsou závislé na instalovaném výkonu malé vodní elektrárny. Zahrnují náklady na trafostanici (pokud je vyvedení výkonu do vysokého napětí VN) a přípojku do distribuční sítě (dle napěťové hladiny distribuční sítě – NN, VN). Místo připojení a napěťovou hladinu určuje provozovatel místní distribuční sítě. Vzhledem k tomu, že v této fázi nejsou známy požadavky správců distribučních sítí v místech vytipovaných lokalit, byly uvažovány investiční náklady na vyvedení výkonu podle níže uvedeného grafu (obr. 17).



Obr. 17: Investiční náklady na vyvedení výkonu.

Nebyly uvažovány doplňkové vyvolané investice jako např. rybí přechod apod., které jsou závislé na konkrétním řešení v dané lokalitě.

Na základě výše uvedených předpokladů byly odhadnuty investiční náklady na výstavbu MVE ve vybraných lokalitách. Dále byl spočten poměr investičních nákladů na instalovanou kW. Tento poměr je běžně užívaný ukazatel efektivity investice. Lze uvažovat, že investorsky výhodná investice do MVE se pohybuje v rozmezí 90-120 tis. Kč/kW odpovídající kolem 12 let prosté návratnosti, přijatelnou investicí lze uvažovat do 150 tis. Kč/kW. Ekonomicky neperspektivní lokality s prostou dobou návratnosti nad 20–25 let lze považovat lokality s poměrem nad 200 tis. Kč/kW.

Souhrnná tabulka lokalit s odhadem investičních nákladů je přílohou XII. Investičními náklady pro vybranou lokalitu se zabývá studie proveditelnosti (viz kap. 11).

Teoretický potenciál, obecné předpoklady roční výroby elektrické energie

Základním nástrojem návrhu a ekonomického posouzení malé vodní elektrárny je roční výroba elektrické energie. Výroba elektrické energie v průběhu roku kolísá. U derivačních typů elektráren lze uvažovat hrubý spád jako konstantní a faktorem ovlivňujícím výrobu lze takřka výhradně uvažovat kolísání průtoku, u příjezových nízkospádových elektráren pak dochází s kolísáním průtoku také ke kolísání hrubého spádu (rozdílu hladin). Teoretické stanovení výroby se v praxi provádí pro období jednoho průměrného roku, lze uvažovat o cyklickém opakování hydrologických období (tání sněhu, letní suché období apod.).

Hlavními podklady pro výpočet průměrné roční výroby energie jsou:

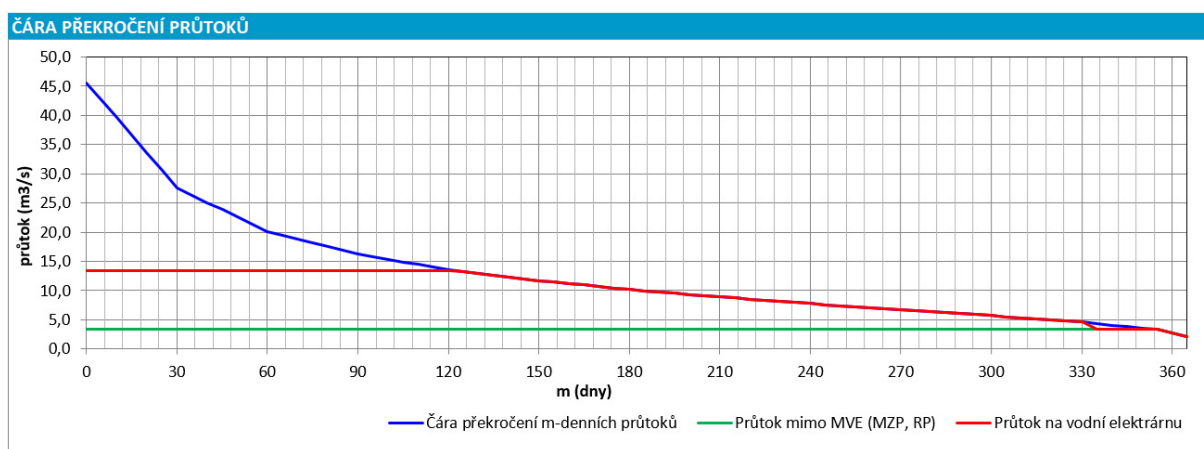
- hydrologické informace (data m-denních průtoků, v podrobnějším výpočtu lze počítat na základě průměrných denních průtoků z reálného měření na limnigrafických stanicích, pokud jsou k dispozici),
- morfologie (spád, geometrie odběrného objektu, koryta vodního toku pod výtokem z MVE),
- hydraulické ztráty dané zejména stavebním řešením MVE (dimenze a délka přivaděče nebo náhonu, řešení vtoku, česlí apod.)
- technologické řešení MVE (limitní hodnoty hlnosti turbíny a využitelného spádu, účinnostní charakteristika turbíny a generátoru, ztráty na převodech, ztráty v elektro-části a vyvedení výkonu).

Základní postup výpočtu průměrné roční výroby energie:

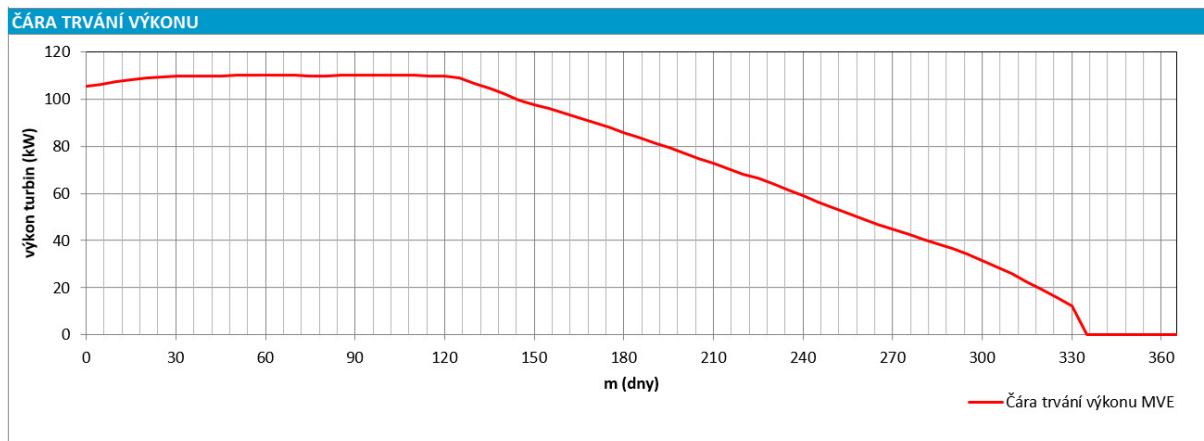
- diskretizace čáry m-denních průtoků,
- rozdělení průtoku v profilu odběru,
- výpočet hladiny horní a dolní vody, stanovení hrubého spádu,
- výpočet hydraulických ztrát a stanovení čistého spádu,
- výpočet výkonového potenciálu, ztrát v technologické části a stanovení výkonu předávaného do sítě,
- výpočet výroby elektrické energie z výkonu.

Výsledkem je nejen hodnota průměrné roční výroby elektrické energie, ale také lze vykreslit do grafu využití vody v lokalitě, čáru překročení výkonu a vypočítat teoretický počet provozních hodin jako podíl celkové roční vyrobené energie a instalovaného výkonu.

Křivky průtoku jsou přímo závislé na hydrologických podmínkách v lokalitě, které jsou individuální, ale lze je s určitou pravděpodobností kategorizovat podle polohy vodního toku, kde hlavním faktorem je rozkolísanost průtoku. Dolní až střední toky (tj. střední polohy a nížinné) lze charakterizovat následujícími křivkami překročení výkonu a překročení průtoků, kde modrá křivka charakterizuje čáru m-denních průtoků, červená průtok MVE a zelená minimální zůstatkový průtok. Typickou hodnotou ekonomicky optimálního návrhového průtoku pro tyto lokality je takový průtok, který odpovídá cca Q_m 100–150 (včetně minimálního zůstatkového průtoku) a představuje cca 4–6 tis. teoretických provozních hodin.

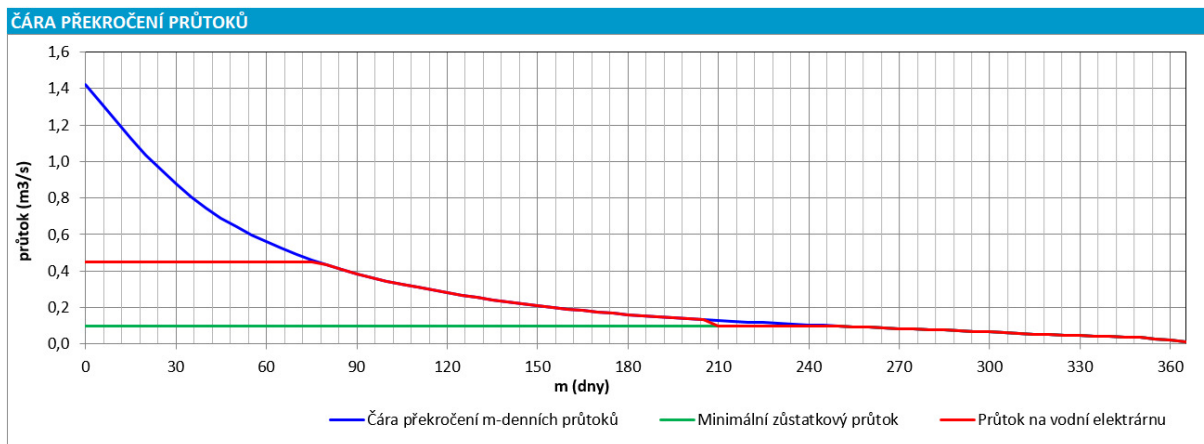


Obr. 18: Závislost doby provozu MVE a průtokových podmínek na dolních a středních tocích.

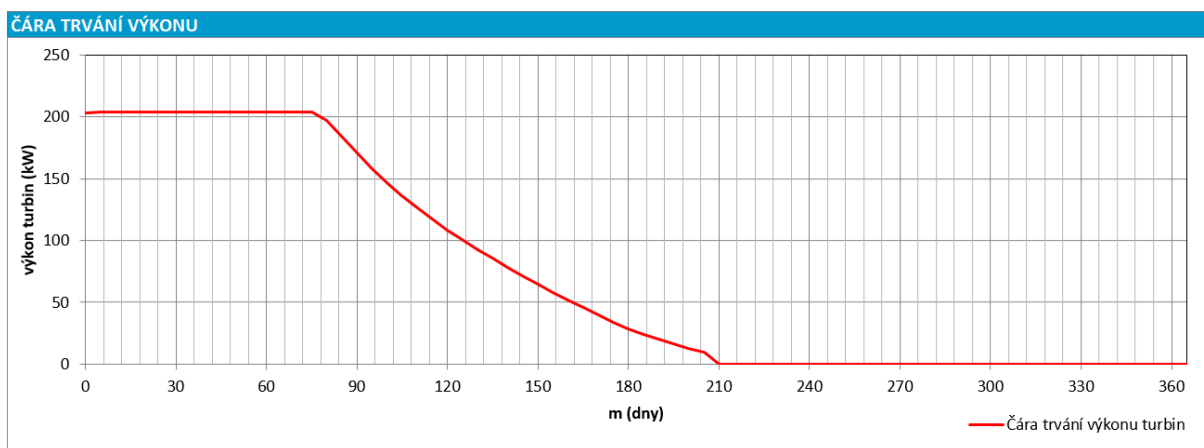


Obr. 19: Závislost doby provozu MVE a výkonu turbín na dolních a středních tocích.

Horní toky (tj. horské) jsou více průtokově rozkolísané a lze charakterizovat následujícími křivkami překročení výkonu a překročení průtoků. Typickou hodnotou ekonomicky optimálního návrhového průtoku pro tyto lokality je takový průtok, který odpovídá cca Q_m 60–100 (včetně minimálního zůstatkového průtoku) a představuje v průměru cca 3 tis. teoretických provozních hodin.



Obr. 20: Závislost doby provozu MVE a průtokových podmínek na horních tocích.



Obr. 21: Závislost doby provozu MVE a výkonu turbin na horních tocích.

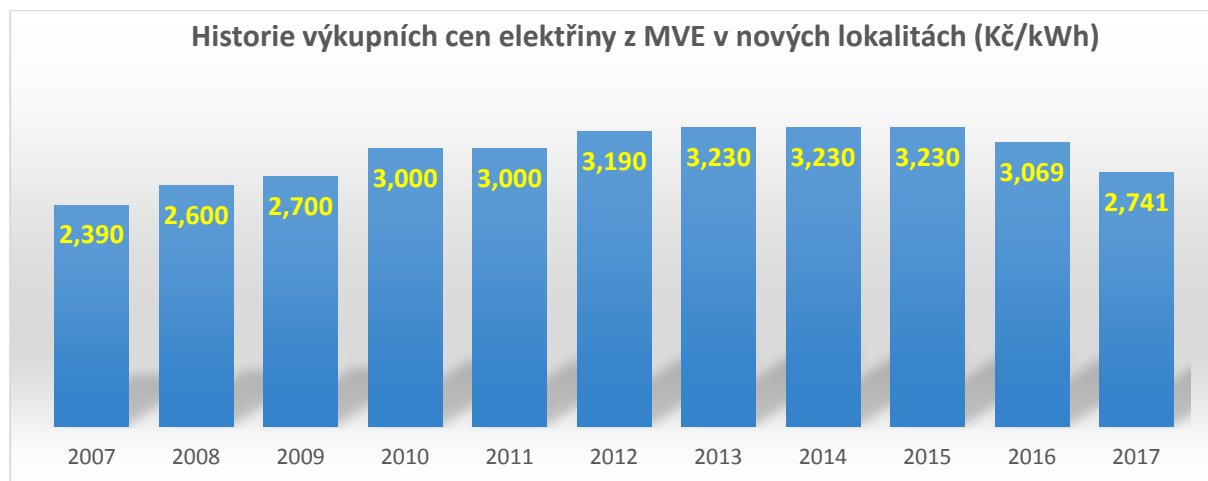
Ve vybraných lokalitách nejsou v této fázi známy hodnoty m-denních průtoků a je znám jen průměrný průtok Q_a z analýzy v GIS, odhadnuté hodnoty návrhového průtoku a minimálního zůstatkového průtoku. Je také znám charakter vodních toků, jsou to horní toky (horské). Proto odhad teoretické výroby průměrné roční výroby elektrické energie byl proveden pomocí předpokládaného teoretického počtu provozních hodin (energetický potenciál odpovídající předpokládanému instalovanému výkonu x 3000 h).

Souhrnná tabulka lokalit s odhadem průměrné roční výroby elektrické energie je [přílohou XIII](#). Pro vybranou lokalitu bude ve studii proveditelnosti proveden výpočet průměrné roční výroby elektrické energie na základě m-denních průtoků a navrženého technického řešení.

Výkupní ceny

Výroba elektřiny z vodních zdrojů je, jakožto elektřina vyrobená z obnovitelných zdrojů, v České republice státem podporována. Podpora je realizována formou výkupních cen, zelených bonusů, případně jednorázových dotací na výstavbu.

Výkupními cenami nebo zelenými bonusy je výroba elektřiny z vodních elektráren podporovaná aktuálně na základě zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů (Energetický zákon) a dále dle cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu (ERÚ). Cenové rozhodnutí je vydáváno jednou za rok a stanovuje výši výkupních cen a zelených bonusů elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů. Výkupní cena a zelené bonusy z elektráren postavených v nových lokalitách a z elektráren rekonstruovaných se liší, z rekonstruovaných elektráren je nižší. Výše výkupních cen se stanovuje s ohledem na předpokládanou investiční náročnost a uvažovanou prostou návratnost 15 let. Podle vyhlášky 266/2016 Sb. jsou uvažované měrné náklady na nové malé vodní elektrárny do 130 000 Kč/kW, u rekonstruovaných pak do 105 000 Kč/kW. Na základě zákona 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů je délka podporovaného výkupu elektrické energie stanovená dle životnosti výroby, u MVE je to 30 let dle vyhlášky 296/2015 Sb. Výši výkupních cen za posledních deset u nově postavených vodních elektráren v tom daném roce ukazuje následující graf (obr. 22).



Obr. 22: Historie výkupních cen elektřiny.

Výše výkupních cen se v průběhu provozu výroby liší. Podle zákona 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů je výše výkupních cen upravována tak, aby zůstala zachována výše výnosů za jednotku elektřiny z obnovitelných zdrojů při podpoře od roku uvedení výroby elektřiny do provozu po dobu trvání práva na podporu jako minimální s pravidelným ročním navýšením o 2 %.

Provozovatel malé vodní elektrárny má možnost zvolit si ze dvou možností prodeje elektrické energie. První možností je výkup v režimu pevných výkupních cen jednomu z hlavních distributorů a správců distribuční sítě (ČEZ Distribuce, E.ON, PRE) za pevnou výkupní cenu stanovenou cenovým rozhodnutím ERÚ. Druhou možností je využití zelených bonusů, kdy provozovatel prodá vyrobenou elektřinu libovolnému obchodníkovi za tržní (dohodnutou) cenu nebo ji sám spotřebuje a jako podporu dostane od státu příspěvek formou zelených bonusů.

Aktuální výkupní ceny, výše zelených bonusů a cena silové elektřiny je shrnuta v následující tabulce 14.

Tab. 14: Aktuální výkupní ceny, výše zelených bonusů a cena silové elektřiny.

Výkupní ceny, zelené bonusy, cena silové elektřiny – rok 2017	
Výkupní ceny – MVE v nových lokalitách	2,741 Kč/kWh
Zelené bonusy – MVE v nových lokalitách	2,101 Kč/kWh
Výkupní ceny – rekonstruované MVE	2,214 Kč/kWh
Zelené bonusy – rekonstruované MVE	1,574 Kč/kWh
Průměrná cena silové elektřiny	cca 0,84 Kč/kWh

9. Katalog vhodných technologií

V rámci variantního řešení navržených technologií byl vytvořen katalog karet variant řešení. Tento katalog přináší komplexní přehled o dostupných technologiích vodních turbín a podmínek jejich využití. Konkrétní návrhy pro instalaci v rámci projektu jsou řešeny ve studii proveditelnosti pro vybranou lokalitu.

Katalog vhodných technologií představuje samostatnou přílohu XIV závěrečné zprávy.

10. Výběr profilů pro studii proveditelnosti

Výběr profilů pro studii proveditelnosti byl proveden z celkem 12 lokalit. V první fázi bylo těchto 12 lokalit podrobena ekonomické analýze, tj. vyhodnocení investičních nákladů, teoretickému potenciálu roční výroby a efektivnosti investice. Na základě ekonomické analýzy byly vybrány lokality, které byly dále podrobeny opakovanému terénnímu průzkumu a zhodnocení limitujících faktorů, zejména z hlediska technického a následně majetkoprávního.

Na základě ekonomické analýzy byly vyřazeny lokality s uvažovanými investičními náklady nad 160 000 Kč/kW odpovídající prosté době návratnosti 20 let a více. Jedná se zároveň o lokality s malým výkonem, u derivačních typů to jsou lokality s méně jak 40 kW. Do užšího výběru bylo zařazeno celkem 6 lokalit, z toho 5 derivačních typů a 1 na malé vodní nádrži. Níže je uvedena tabulka (tab. 15) vytipovaných 12 lokalit, kde zeleně podbarvené jsou vhodné vybrané lokality na základě ekonomické analýzy.

Tab. 15: Výpočet návratnosti pro 12 vybraných lokalit.

Název lokality	Název toku	Investiční náklady		Výroba el. energie	Odhadovaná prostá návratnost (roky)
		Prvotní odhad investičních nákladů	Poměr investičních nákladů a výkonu (Kč/kW)	Průměrná roční výroba el. energie (MWh/rok)	
M_T4	Klepáčovský potok	14 730 000	131 000	339	15.8
M_T5	Klepáčovský potok	5 650 000	200 000	85	24.2
M_T6	Jasenice2	4 480 000	169 000	80	20.5
Od_T5	Podolský potok	11 540 000	144 000	240	17.5
Od_T10	Stříbrný potok	6 870 000	189 000	109	23.0
Od_T11	Keprnický potok	11 190 000	153 000	220	18.6
Od_T13	Šumný potok	10 830 000	157 000	207	19.1
Oh_T6	Čistý potok	3 400 000	216 000	47	26.2
L_T5	Jedlová	7 570 000	127 000	179	15.4
V_T1	Arnoštský potok	6 120 000	214 000	86	26.0
Od_J1	Jičinka	2 440 000	163 000	46	19.5
V_N1	Květoňov	2 660 000	133 000	59	16.5

Z tohoto výběru bylo 6 vybraných lokalit podrobeno opakovanému terénnímu průzkumu a vyhodnocení limitujících faktorů. Z limitujících faktorů byl kladen důraz na technické podmínky výstavby v lokalitě, majetkoprávní poměry v lokalitě, ochranu přírody a na posouzení průtokových poměrů, možnosti výstavby odběrného objektu, přivaděče, strojovny, vyvedení výkonu a dostupnost lokality ze stávající cestní sítě. Podrobná tabulka s výpisem k jednotlivým lokalitám je přílohou XV.

Vzhledem k majetkoprávním vztahům u Šumného a Keprnického potoka, kde pozemky v okolí vodních toků nejsou spravovány LČR, lze očekávat zdlouhavé vyjednávání o realizaci záměru výstavby nové MVE s nejistým výsledkem. Proto tyto lokality nejsou doporučeny do studie proveditelnosti. Vzhledem k výrazně slabším průtokovým poměrům u Klepáčovského potoka než bylo předpokládáno, lze očekávat výrazně nižší skutečnou návratnost investice do MVE, proto tuto lokalitu nelze doporučit k výstavbě MVE. V případě Keprnického potoka byly shledány také mírně nižší průtokové poměry oproti předpokladům.

Pro studii proveditelnosti byla vybrána lokalita na Podolském potoce. Tato lokalita je vhodná jednak z důvodů majetkových poměrů, kde pro stavbu MVE je možné využít pozemků ve správě podniku LČR, jednak z důvodů technických které jsou příznivé. V celé délce derivace bude výstavba možná téměř bez zásahu do lesních porostů, snad jen v případě napojení na odběrný objekt. Původně uvažovanou trasu přivaděče je možné protáhnout výše až do místa k lovecké chatě Hubert (přítok Žlutý a Splavský potok, Žďárský žleb) a dosáhnout až cca 114 m spádu. V této trase nejsou výrazné přítoky. Lokalita má dobrou trasu pro přivaděč, nezpevněné a zpevněné přístupové cesty, u strojovny na pozemku je VN napětí, strojovna může být umístěna na pozemku typu louky s občasnými stromy, a více než dostatečnou vzdáleností od zástavby.

Dalšími lokalitami, které lze uvažovat pro podrobnější rozpracování, jsou lokality na vodním toku Jedlová a na vodním díle MVN Květoňov.

Lokalita na Jedlové umožňuje svými majetkovými poměry výstavbu MVE, oproti očekávaným parametrům, je ale nutné uvažovat o kratší derivaci a nižším výkonu. Technicky je výstavba také možná, přesto však zahrnuje obtížné úseky ve špatně technikou přístupném terénu bez stávající cesty. Proto lze očekávat spíše vyšší náklady.

Lokalita na vodním díle Květoňov je z technického hlediska možná, lze uvažovat o poměrně jednoduchém konceptu s novým potrubím vedeným od ŽB konstrukce bezpečnostního přelivu sdruženého objektu v profilu odpadního kanálu a dále odpadním korytem. V místě je limitujícím faktorem majetkoprávní situace pro vyvedení výkonu.

11. Studie proveditelnosti

Zpracování studie proveditelnosti stavby Malá vodní elektrárna a rybí přechod Žďárský žleb vyplývá z prvotního zadání projektu a podrobnějšího projednání v rámci kontrolního dne 24.10.2017. Pro studii proveditelnosti realizace malé vodní elektrárny v konkrétních podmínkách na vodním toku ve správě LČR byl vybrán profil na Podolském potoce v k.ú. Žďárský potok v okrese Bruntál (viz karta v příloze VIII). Předmětem posouzení proveditelnosti je řešení malé vodní elektrárny derivačního typu.

Obsahem studie je prvotní prověření zejména proveditelnosti záměru z hlediska technické reálnosti, jeho umístění a zjištění základních parametrů vodní elektrárny, kterých je možno v lokalitě dosáhnout. Za tímto účelem bylo provedeno:

- navržení hlavních stavebních objektů a technologických celků (odběrný objekt vody, přírodní potrubí – derivace, umístění strojovny, návrh turbín)
- napojení na sítě technické a dopravní infrastruktury
- vyvedení výkonu do sítě distribuční soustavy el. energie.

Studie je zpracována jako variantní v případě vedení trubního přivaděče a umístění odběrného objektu vody. Jsou navrženy dvě základní trasy vedení derivace A a B. Tyto trasy jsou dále variantně rozpracovány dle využitého průtoku (335 l/s nebo 260 l/s) a dle použité dimenze potrubí derivace. U varianty vedení trasy A je nastíněno zkrácení délky derivace v podobě varianty C a D. Pro vybranou nejvhodnější variantu A, je proveden nástin další optimalizace návrhu dimenze trubního přivaděče pro výslednou hodnotu návrhového průtoku pro MVE o hodnotě 335 l/s a dimenzi potrubí DN 500 (v studii proveditelnosti tab. 8 a 11, zeleně zvýrazněný sloupec). Strojovna a technologie je vzhledem k dosaženým parametrům spádu a průtoku řešena v jedné variantně. Preferovaná varianta je doplněna o návrh zprostupnění vzdouvacího objektu rybím přechodem, včetně popisu jeho parametrů a odůvodnění umístění. Při návrhu rybího přechodu byly zohledněny zkušenosti z obdobných staveb a požadavky AOPK ČR.

Vedle technických a ekonomických aspektů jsou ve studii řešeny i majetkoprávní a společenské poměry a požadavky dle dostupných zjištění. Navržené řešení, zejména vedení derivace a umístění stavebních objektů, tedy s ohledem na tyto aspekty usiluje o jejich optimální umístění.

Mezi hlavní výstupy studie (pro navazující ekonomickou analýzu záměru) patří výpočty předpokládaného maximálního průměrného objemu výroby elektrické energie. Pro MVE Žďárský žleb na Podolském potoce v úrovni cca 825 MWh/rok. Úroveň instalovaného výkonu lze v max. variantě předpokládat na hodnotě 320 kW. Dalším výstupem je výpočet předpokládaných investičních nákladů o velikosti 42,9 mil. Kč (viz. tab. 8, 10, 11 v Studii proveditelnosti pro lokalitu Podolský potok).

Kompletní studie proveditelnosti představuje přílohu XVI této závěrečné zprávy.

Závěr

Výzkumný projekt byl naplněn podle zadání a přinesl cenná data, která může zadavatel dále uplatňovat v rámci hospodářské činnosti. Jako zejména přínosné lze hodnotit tyto výstupy:

- digitalizace izolinií specifického ročního odtoku q_a , jejich transformace do souřadnicového systému S-JTSK a vektorizace do podoby liniového vektoru
- vytvoření algoritmu pro určení plochy k zvolenému bodu na vodním toku
- interpolace pomocí metody Kriging s výsledkem polí hodnot specifického ročního odtoku o velikosti buňky 100 x 100 m pro území České republiky
- mapa dlouhodobých průměrných ročních průtoků v uzávěrových profilech toků ve správě LČR
- souhrnná databáze exportovaných dat z prostředí GIS o vodních tocích, v podobě souborů ve formátu .xls s možností dalších analýz
- analýza sklonitostních poměrů 130 vodních toků a vodních nádrží ve správě LČR
- karty profilů pro 39 toků a 9 nádrží
- katalog vhodných technologií
- ekonomické vyhodnocení předpokládané doby návratnosti a rentability pro vybrané lokality uvažované k výstavbě MVE
- studie proveditelnosti stavby Malá vodní elektrárna a rybí přechod Žďárský žleb

Přestože je hydroenergetický potenciál na tocích ve správě LČR velice omezený, podařilo se najít lokality, na kterých je možné uvažovat o vybudování rentabilní malé vodní elektrárny. Jako ekonomicky smysluplnější se ale jeví investice do energetických děl na tocích jiných správců toků, okolo nichž jsou lesní pozemky, na nichž LČR hospodaří. Na prověření takových míst je do budoucna možné zaměřit pozornost.

LČR může na základě předaných výstupů zvážit realizování MVE Žďárský Žleb (instal. výkon až 320 kW) na Podolském potoce a případně zadat zpracování projektové dokumentace včetně zajištění souhlasů všech dotčených subjektů a orgánů státní správy. Je doporučeno také zpracování studií proveditelnosti pro lokality na vodním toku Jedlová a na vodním díle MVN Květoňov. S výsledky projektu a získanými datovými sadami je dobré seznámit odpovědné pracovníky LČR na jednotlivých správách. V případě potřeby je vhodné zajistit školení, které zajistí účinné využívání všech výstupů a jejich další cílený rozvoj.

Použitá literatura

- Balvín, P., Vizina, A., Nesládková, M., 2016. Stanovení minimálních zůstatkových průtoků v České republice. Konference Rybníky 2016, ČSKI Praha, 188 pp.
- Gabriel, P., Čihák, F., Kalandra, P., 1998. Malé vodní elektrárny, ČVUT Praha, 321 pp.
- Kemel, M., 2000. Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Skriptum, vydavatelství ČVUT Praha, 28 pp.
- Patočka, C., Němec, J., 1956. Základy hydrologie pro zemědělce a lesníky. SZN, 200 pp.
- Tolasz, R., 2007. Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. Český hydrometeorologický ústav, Olomouc, 255 pp.
- Vrána, K., 2018. Hydra – výpočetní program „malé hydrauliky“.

Metodiky:

- Rybí přechody – standard AOPK, č.02 006, řada B, 2015.
- Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích (Věstník MŽP, r.1998, částka 5).

Právní předpisy v aktuálním znění:

- Vodní zákon č. 254/2001 Sb.
- Stavební zákon č. 183/2006 Sb.
- Energetický zákon č. 458/2000 Sb.
- Zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb.
- Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí č. 100/2001 Sb.
- Vyhláška č. 395/1992 Sb.
- Vyhláška č. 166/2005 Sb.

Přílohy

- Příloha I: Dlouhodobý specifický průměrný roční odtok q_a
- digitalizované izolinie q_a (qa_01_izolinie_digitalizovano)
 - vektorizované izolinie q_a (qa_02_izolinie_vektorizovano)
 - interpolovaná rastrová data q_a 100x100 m (qa_03_100x100m)
- Příloha II: Dlouhodobé průměrné roční průtoky v uzávěrových profilech toků ve správě LČR
- Příloha III: Přehled dlouhodobých průměrných ročních průtoků nad 100 l.s^{-1} v uzávěrových profilech toků ve správě LČR
- Příloha IV: Výběr úseků toků s teoretickým potenciálem výstavby MVE v jednotlivých správách toků LČR
- Příloha V: Vyhodnocení vodních nádrží s právem hospodařit pro LČR s teoretickým potenciálem výstavby MVE
- Příloha VI: Dotazník pro terénní šetření
- Příloha VII: Vyhodnocení potenciálu vodních toků v rámci dílčích povodí
- Příloha VIII: Karty vhodných profilů a lokalit
- Příloha IX: Poloha prověřovaných profilů
- Příloha X: Soupis všech sestavených lokalit, třídění lokalit
- Příloha XI: Mapy překryvu vybraných 12 lokalit s územní ochranou
- Příloha XII: Investiční náklady pro vybrané lokality uvažované k výstavbě MVE
- Příloha XIII: Teoretický potenciál lokalit
- Příloha XIV: Katalog vhodných technologií
- Příloha XV: Výběr profilů pro studii proveditelnosti – ekonomické vyhodnocení, určující a limitující faktory
- Příloha XVI: Studie proveditelnosti stavby Malá vodní elektrárna a rybí přechod Žďárský žleb