

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra fyzické geografie a geoekologie



Jan ČUŘÍK

HYDROLOGICKÝ REŽIM MLADOTICKÉHO JEZERA

(diplomová práce)

Litoměřice 2009

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Bohumír Janský, CSc.

Autorské prohlášení:

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval sám a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje a datové podklady.

V Litoměřicích dne 24. 8. 2009

.....
podpis

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval Doc. RNDr. Bohumíru Janskému, CSc. za vedení mé diplomové práce. Mé díky dále patří plzeňské pobočce Českého hydrometeorologického ústavu za poskytnutí hydrologických a meteorologických dat. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat také kolegům a kamarádům za pomoc při práci v terénu, rovněž tak za jejich cenné rady při tvoření této práce.

HYDROLOGICKÝ REŽIM MLADOTICKÉHO JEZERA

ABSTRACT

Diplomová práce s názvem Hydrologický režim Mladotického jezera se zabývá hydrologickou funkcí jezera z hlediska transformace a retardace povodňových vln. Zkoumán je vliv příčinné srážky na kolísání hladiny na Mladotickém potoce, stejně jako schopnost jezera zadržet či transformovat zvýšené průtoky.

Jako výsledky jsou prezentovány jednak vzájemné vazby mezi srážkovými epizodami a kulminacemi na Mladotickém potoce a také tvary a zpoždění povodňových vln na vyhodnocených hydrogramech. Dále jsou v práci pomocí vypočítaného přepočetního koeficientu extrapolována data Mladotického potoka, pro něž je provedena i analýza odtoku.

HYDROLOGICAL REGIME OF MLADOTICE LAKE

ABSTRACT

This diploma thesis called „Hydrological regime of Mladotice Lake“ deals with the hydrological function of the lake in terms of flood waves transformation and retardation. The author focuses on the influence of causal rainfall on Mladotický Stream water level fluctuation as well as on the ability of the lake to retain or transform peak flows.

Relationships between rainfall episodes and corresponding Mladotický Stream peak flows together with flood waves shape and delay presented on hydrograms represent main outcomes and results of this thesis. Furthermore, Mladotický Stream hydrological data, which are used for the purpose of runoff regime analysis, are extrapolated by means of calculated convertible index.

OBSAH

1	CÍLE PRÁCE	8
2	ÚVOD	9
3	METODIKA PRÁCE	10
3.1	PODKLADOVÁ DATA	10
3.2	VSTUPNÍ DATA	10
3.2.1	Data poskytnutá od ČHMÚ.....	10
3.2.1.1	Data hydrologická.....	10
3.2.1.2	Data meteorologická	10
3.2.2	Data z vlastního měření.....	11
3.2.2.1	Data z automatických hladinoměrů	11
3.2.2.2	Data z meteostanice Žihle	11
3.2.2.3	Data naměřená v terénu	11
3.3	ZPRACOVÁNÍ DAT	12
3.4	CHYBY MĚŘENÍ.....	12
4	REŠERŠE LITERATURY	14
5	HISTORIE UDÁLOSTÍ Z KVĚTNA 1872 A VZNIK JEZERA	16
5.1	METEOROLOGICKÉ PŘÍČINY UDÁLOSTI Z KVĚTNA 1872 A JEJICH DOPAD NA ÚZEMÍ	16
5.1.1	Událost z května 1872	16
5.1.2	Povětrnostní situace před a během katastrofické události	16
5.1.3	Průběh bouře.....	17
5.1.4	Povětrnostní situace večer a v následujících dnech.....	18
5.1.5	Znamé údaje o květnové srážce	18
5.1.6	Následné povodně.....	18
5.1.7	Nasycenost povodí	19
5.2	PŘÍČINY SVAHOVÝCH POHYBŮ	19
5.3	VÝVOJ JEZERNÍ PÁNVE	21
6	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	25
6.1	VYMEZENÍ ÚZEMÍ.....	25
6.2	GEOLOGICKÉ POMĚRY	26
6.3	OROGRAFICKÉ ČLENĚNÍ A GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY V POVODÍ.....	27

6.4	PŮDNÍ POMĚRY.....	31
6.5	KLIMATICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODÍ.....	34
6.5.1	Obecná charakteristika.....	34
6.5.2	Srážkové a teplotní poměry	36
6.5.2.1	Srážky	36
6.5.2.2	Teplota vzduchu	39
6.6	HYDROLOGIE POVODÍ.....	40
6.7	BIOGEOGRAFIE POVODÍ	40
7	HYDROGRAFIE	42
7.1	OBECNÝ HYDROGRAFICKÝ PŘEHLED.....	42
7.2	HYDROGRAFICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODÍ A ŘÍČNÍ SÍŤ.....	43
7.2.1	Povodí.....	43
7.2.2	Říční síť	44
8	SRÁŽKODTOKOVÝ PROCES	47
8.1	VYHODNOCENÍ HYDROLOGICKÝCH DAT Z VODOMĚRNÉ STANICE PLASY (1942 - 2007)	47
8.1.1	Odtokové charakteristiky	47
8.1.2	Denní průtoky.....	47
8.1.2.1	Hydrologický rok 1978.....	49
8.1.3	Měsíční průtoky.....	52
8.1.4	Roční průtoky	54
8.2	VYHODNOCENÍ HYDROLOGICKÝCH DAT Z PROFILU PŘEHOŘOV (2007-2009)	56
8.2.1	Odtokové charakteristiky Mladotického potoka.....	56
8.2.2	Denní průtoky.....	58
8.2.3	Měsíční průtoky.....	60
8.2.4	Extrapolace dat (Střela -> Mladotický potok).....	61
8.3	VLIV PŘÍČINNÝCH SRÁŽEK NA KOLÍSÁNÍ HLADINY MLADOTICKÉHO POTOKA NA PŘÍTOKU DO JEZERA.....	64
8.3.1	Analýza vybraných srážko – odtokových situací	65
8.3.1.1	Srážková epizoda z 1. 6. 2008.....	65
8.3.1.2	Srážková epizoda z 3. 6. 2008.....	65
8.3.1.3	Srážková epizoda z 13. 6. 2008.....	66
8.3.1.4	Srážková epizoda z 16. 6. 2008.....	66
8.3.1.5	Srážková epizoda z 23. 6. 2008.....	67
8.3.1.6	Srážková epizoda z 25. 6. 2008.....	67

8.3.1.7	Srážková epizoda z 6. 7. 2008	68
8.3.1.8	Srážková epizoda z 11. 7. 2008	69
8.3.1.9	Srážková epizoda z 13. 7. 2008	69
8.3.1.10	Srážková epizoda z 17. 7. 2008	70
8.3.1.11	Srážková epizoda z 18. 7. 2008	70
8.3.1.12	Srážková epizoda z 22. 7. 2008	71
8.3.1.13	Srážková epizoda z 7. - 8. 8. 2008	72
8.3.1.14	Srážková epizoda z 18. - 19. 8. 2008	72
8.3.1.15	Srážková epizoda z 17. 12. 2008	73
8.3.1.16	Srážková epizoda z 26. – 27. 5. 2009	74
8.3.2	Diskuze dílčích poznatků	76
8.4	HYDROLOGICKÁ FUNKCE MLADOTICKÉHO JEZERA	78
8.4.1	Analýza vybraných situací z hlediska transformace a retardace povodňových vln	79
8.4.1.1	Situace z května 2007	79
8.4.1.2	Situace ze srpna 2007	80
8.4.1.3	Situace z listopadu 2007	82
8.4.1.4	Situace z března 2008	83
8.4.1.5	Situace z května 2008	84
8.4.1.6	Situace z června 2008	85
8.4.1.7	Situace z května 2009	87
8.4.2	Diskuze dílčích poznatků	88
9	DISKUZE	90
10	ZÁVĚR	94
11	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	95
12	SEZNAM DATOVÝCH A MAPOVÝCH PODKLADŮ	99
13	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	100
14	SEZNAM PŘÍLOH	102

1 CÍLE PRÁCE

Předkládaná diplomová práce si klade za cíl objasnit hydrologickou funkci Mladotického jezera. Za pomoci různých ukazatelů ozřejmit, zdali a v jaké míře ovlivňuje Mladotické jezero vodní stavy, resp. průtoky na Mladotickém potoce pod ním. Tedy schopnost jezera transformovat povodňovou vlnu. Transformaci však předchází samotný vznik povodňové vlny, a tudíž dílčím cílem této práce je i vyhodnocení zvýšení vodní hladiny na Mladotickém potoce nad jezerem v souvislosti se spadlými srážkami.

V zájmovém území byly Katedrou fyzické geografie a geoekologie nainstalovány tři hladinoměry (nad jezerem – profil Přeňořov, na hladině jezera a pod jezerem – profil Spálený Mlýň) a meteostanice (v obci Žihle). Data z těchto přístrojů by měla posloužit k objasnění stanovených cílů, tedy zejména vlivu srážkových úhrňů a intenzit na zvýšení hladiny na Mladotickém potoce a schopnosti jezera transformovat, popř. zadržet povodňové průtoky.

Ke zjištění vlivu srážkových intenzit a srážkových úhrňů na zvyšování hladiny na Mladotickém potoce využijeme data z meteostanice v Žihli a hladinoměru v Přeňořově. Na příkladu vybraných srážkových epizod se pokusíme kvantifikovat a statisticky zhodnotit, čím je zvýšení hladiny způsobeno a za jakou dobu se srážková epizoda na potoce projeví, popř. čím je tato doba ovlivňována.

Hlavním cílem je však zjistit možnosti transformace a retardace povodňových vln Mladotickým jezerem. K tomuto účelu budou využita data ze všech tří hladinoměrů nainstalovaných v povodí. Pomocí těchto dat se pokusíme potvrdit či vyvrátit předpoklad, že jezero ovlivňuje průtoky na Mladotickém potoce. K tomu nám poslouží jednak tvary jednotlivých hydrogramů a také sledování kulminací velkých vod na těchto třech hladinoměrech. Z časů kulminací se pokusíme stanovit postupové doby, jež by měly osvětlit funkci jezera z hlediska zadržetí vody. Naopak tvary hydrogramů by měly napovědět o schopnosti jezera transformovat povodňovou vlnu.

Samostatným cílem je, na základě dat z Českého hydrometeorologického ústavu (profil Plasy – řeka Střela) a dat, které byly naměřeny v profilu Přeňořov, vypočítat, do jaké míry se na vodnosti řeky Střely podílí Mladotický potok. Na základě vzniklých výsledků pak stanovit tzv. přepočtení koeficient pro možnost extrapolace dat z profilu Přeňořov.

2 ÚVOD

Sesuvem hrazená jezera jsou na zemském povrchu poměrně hojným jevem. Vyskytují se převážně v mnohem mladším reliéfu, tzn. v reliéfu ve stadiu juvenilním (Alpy, Himaláje, Kordillery, Pamír). Naproti tomu v oblastech, kde erozní cyklus značně pokročil, bývají tato jezera vzácná a ojedinělá. Proto má Mladotické jezero jedinečné postavení nejen v Českém masívu, ale i v celé střední Evropě (Janský et al., 1999).

Mladotické jezero se nachází mezi obcemi Mladotice a Odlezly v okrese Plzeň-sever. Je protaženo severojižním směrem v sevřeném údolí při západním úpatí Potvorovského kopce. Je geologicky nejmladším jezerem České republiky. Zároveň je jejím čtvrtým největším jezerem. Leží mezi 6. a 7. říčním kilometrem Mladotického potoka, který je levostranným přítokem řeky Střely. Sledované území patří do Žihelské pahorkatiny, která je součástí Jesenické pahorkatiny (Balatka, Kalvoda, 2006).

Co se názvu jezera týče, nejrozšířenějším názvem, především v literatuře, je jezero Mladotické. Avšak hojně, a zřejmě i velmi správně, bývá jezero označováno i jako jezero Odlezelské. Toto označení je logické, neboť nese název nejbližší obce. Přesto i v této práci bude jezero označováno jako Mladotické, a to především z důvodu jednotnosti literatury.

Jezero vzniklo následkem mohutného blokového sesuvu v roce 1872. Podmínky pro vznik svahových pohybů se zde vytvářely postupně. Díky tektonickému podmínění údolí potoka docházelo k postupnému zařezávání toku do souvrství karbonských hornin až do polohy jílovců. Ty nasákly vodou a umožnily postupné sesouvání na patě svahu a poté stále výše. Stabilitu svahu porušil také člověk, a to těžbou pískovce, který se zde využíval již od 13. století. K poruše svahové stability přispěla i stavba železnice Plzeň – Žatec v roce 1872 (Janský, Urbanová, 1994). Spouštěcím mechanismem pro vznik sesuvu pak byly mohutné atmosférické srážky v květnu 1872.

Jezero bylo jako jediné svého druhu v Česku vyhlášeno 7. března 1975 národní přírodní památkou na ploše 68,3 ha (Kos, Maršáková, 1997). Dnes je administrativně zařazeno pod CHKO Křivoklátsko.

3 METODIKA PRÁCE

Tato kapitola je zaměřena především na původ a metody zpracování podkladových a vstupních dat a rovněž na metodiku měření v oblasti Mladotického jezera, jež byla nezbytnou součástí práce.

3.1 PODKLADOVÁ DATA

Vektorová data, která jsou použita v této práci jako podkladové vrstvy toků a jejich rozvodnic, byla stažena z internetových stránek Výzkumného ústavu vodohospodářského (VÚV). Digitální model území (DMÚ 25), který slouží jako podkladová vrstva především při geomorfologickém mapování území, s vrstevnicovým intervalem 25 m poskytl Vojenský topografický ústav v Dobrušce. Další podkladová geografická data bylo možno volně stáhnout z internetových stránek ze serveru <http://geoportal.cenia.cz>.

3.2 VSTUPNÍ DATA

Vstupní data, která jsou použita pro zpracování této práce, musíme rozdělit do dvou základních skupin. První tvoří data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) v Plzni a druhou pak data naměřená v terénu pomocí námi nainstalovaných automatických hladinoměřů a srážkoměru. Do druhé skupiny vstupních dat patří v neposlední řadě i naměřené průtoky pomocí hydrometrické vrtule.

3.2.1 Data poskytnutá od ČHMÚ

3.2.1.1 *Data hydrologická*

Český hydrometeorologický ústav, pobočka v Plzni, poskytl za účelem diplomové práce řadu průměrných denních průtoků v profilu Plasy na řece Střele za období 1942 – 2007. Jedná se tedy o řadu 66 hydrologických let.

Za účelem výpočtu přepočteního koeficientu mezi průtoky v profilu Plasy a profilu Přehořov, byly posléze dodány i měsíční průměry průtoků za kalendářní rok 2008.

3.2.1.2 *Data meteorologická*

Co se srážkových dat týče, byla Českým hydrometeorologickým ústavem poskytnuta data průměrných denních srážkových úhrnů ze stanic Velečín, Horní Bělá, Knězeves, Konstantinovy Lázně, Kralovice, Liblín, Manětín, Oráčov, Plasy, Úněšov a Žlutice.

Ze stanic Knězeves, Konstantinovy Lázně a Kralovice byla navíc poskytnuta i data průměrných denních teplot vzduchu.

3.2.2 Data z vlastního měření

3.2.2.1 Data z automatických hladinoměů

Ke kontinuálnímu monitoringu výšky hladin toků, vodních stavů, jsou využívány tzv. automatické hladinoměry Fiedler-Mágr (v Přehořově ultrazvukový snímač výšky hladiny US1200 (3000) s řídicí jednotkou M4016, na jezeře tlakový snímač výšky hladiny LMP307 s řídicí jednotkou M4016, v profilu pod jezerem tlakový snímač výšky hladiny LMP307 s telemetrickou stanicí STELA - I) s GSM modulem pro přenos dat sítí GPRS. Přístroje provádí kontinuální měření v intervalu 10 minut s přesností na 1 mm tak, aby bylo měřeno v intervalu, který vychází vždy na celou hodinu. Data, tedy vodní stavy a teplota, se ukládají v řídicí jednotce, která tak slouží i jako sběrnice dat.

Naměřená data jsou pomocí sítě GSM odesílána dvakrát denně na server výrobce, kde jsou po zadání přihlašovacích údajů online přístupná uživateli. Na tomto serveru je možné data jak prohlížet, tak především exportovat v různých formátech. Při výpadku signálu nejsou data odesílána na server, jsou ukládána do paměti řídicí jednotky a odeslána při další možné příležitosti.

Instalace hladinoměů: *profil Přehořov* (na přítoku do jezera) – 12. 4. 2007

na hladině jezera – 12. 4. 2007

profil Spálený Mlýn (na odtoku z jezera) – 14. 11. 2006 (přinstalováno 28. 11. 2008)

Důvodem pro přemístění a opětovnou instalaci hladinoměru na odtoku bylo to, že původní měření byla narušována a ovlivňována odběry vody pro zemědělský závod Mladotice. Tudíž bylo rozhodnuto, že hladinoměr bude umístěn výše proti toku Mladotického potoka.

3.2.2.2 Data z meteostanice Žihle

K měření srážek a dalších meteorologických veličin byla v Žihli 24. 5. 2008 instalována meteorologická stanice Fiedler – Mágr (pro potřeby diplomové práce využíván srážkoměr SR03/V s řídicí jednotkou M4016). V tomto případě provádí přístroj měření také v intervalu 10 minut, ovšem s přesností na 0,1 mm. V případě vypadávání srážek změní přístroj automaticky interval na 1 minutu, což umožňuje lépe identifikovat intenzity srážkových epizod.

Naměřená data jsou odesílána na server výrobce stejným způsobem jako naměřené vodní stavy z hladinoměů.

3.2.2.3 Data naměřená v terénu

Základní metodou pro získávání hydrologických dat v terénu je hydrometrování. To spočívá v tom, že se pomocí počtu otáček hydrometrické vrtule zjišťují bodové rychlosti v jednotlivých místech příčného profilu, a to v různých vzdálenostech od břehu a v různých hloubkách. V případě Mladotického potoka vždy ve 40 % hloubky. Po změření bodových rychlostí se stanoví tzv. svislicová rychlost a vypočte se dílčí průtok pro příslušnou průtočnou plochu. Celkový průtok pak dostaneme sečtením těchto dílčích průtočných ploch.

Měření průtoků se provádí hydrometrickou vrtulí. Jednotlivým propelerům je nutné přiřadit příslušné koeficienty, které se spolu s naměřenými otáčkami a změřenými hloubkami zadávají jako vstupní data do programu, jenž posléze vygeneruje hodnotu výsledného průtoku. Výsledný průtok se dá odvodit i nepřímo z vodního stavu (z vodočtu nebo hladinoměru) v tom případě, pokud známe konzumpční křivku pro daný profil, tj. křivku udávající závislost průtoku na vodním stavu. Konzumpční křivku je možné zjistit experimentálně, tedy hydrometrováním, či teoreticky dosazením do Chézyho rovnice.

3.3 ZPRACOVÁNÍ DAT

Veškeré mapové výstupy uvedené v diplomové práci byly zpracovány pomocí softwarového programu ArcGIS 9.2 společnosti ESRI. Naměřená a poskytnutá data a jejich databázové a statistické zpracování bylo provedeno v programu MS Excel, jež je součástí programového balíčku Microsoft Office 2007.

Data z hladinoměrů (potažmo i z meteostanice) byla stažena dne 1. 5. 2009. Představují tedy ucelenou řadu desetiminutových vodních stavů od počátku měření do 30. 4. 2009. Datum instalace jednotlivých hladinoměrů je uvedeno v kapitole 3.2.2.1. Stažená data byla exportována ve formátu .xls či .xlsx v programu MS Excel. Tato data v nezměněné podobě byla využita při posuzování časové reakce mezi srážkovou situací v Žihli a zvýšením hladiny v profilu Přehořov, stejně tak jako při posuzování postupové doby mezi jednotlivými hladinoměry. Pro potřeby obecných odtokových charakteristik bylo pak zapotřebí z těchto desetiminutových vodních stavů vypočítat průtok.

Při přepočítávání vodních stavů na průtoky je prvním úkolem sestavit konzumpční křivku. Ta byla sestavena pomocí vztahu mezi průtokem, naměřeným přímo v terénu, a jemu časově odpovídajícím vodním stavem. S přibývajícimi měřeními se konzumpční křivka zpřesňuje, koeficient determinace (R^2) se blíží 1, což značí nejtěsnější možnou závislost ($R^2=1$; absolutní závislost). Při měření průtoků v terénu je také velmi důležité, neměřit průtoky za stále stejných vodních stavů. Ba naopak, zahrnout do měření situace s minimálními a maximálními hodnotami vodních stavů. V diplomové práci je vypočítána konzumpční křivka v profilu Přehořov. Na odtoku z Mladotického jezera v profilu Spálený Mlýn z důvodů reinstalace nebyla konzumpční křivka konstruována.

Ze sestavené konzumpční křivky byly vypočteny průtoky. Hodnoty vodních stavů vstupovaly do rovnice konzumpční křivky, ze které byly následně vypočteny desetiminutové průtoky. Z této řady průtoků byly zprůměrovány průtoky hodinové, ze kterých byly posléze aritmetickým průměrem vytvořeny průtoky denní.

3.4 CHYBY MĚŘENÍ

Každá práce či měření prováděné v terénu s sebou přináší i jistou dávku nepřesností a chyb v měření. Častějším opakováním měření a kontrolami přístrojů se těmto chybám snažíme vyvarovat, ale ani tak nemáme stoprocentní jistotu, že naměřená data chybu neobsahují.

Při měření srážkových úhrnů ve stanici v Žihli je nutné provádět kontroly přístroje, neboť čas od času se sběrná část srážkoměru zanesou cizími předměty, ptačími výkaly apod. Ty je potřeba neprodleně odstranit, neboť zabraňují průchodu vody, která se vypařuje, a tudíž dochází

k podhodnocování srážkových úhrnů. Nemluvě o intenzitě srážky, která se v takto znečištěném srážkoměru vůbec neprojeví.

Další chyby mohou nastat při měření průtoků, resp. může docházet k mírným chybám zapříčiněným nedokonalostí přístrojů, popř. vysokou náročností měření v terénu. Jednou z takovýchto nepřesností je špatný záznam vodních stavů automatickými hladinoměry. Důvodem bývá špatný signál či vybití akumulátoru. Další chybou ultrazvukového snímače výšky hladiny US1200 (3000) je podhodnocování dat vlivem oslunění. Tento jev je nejmarkantnější v zimním období, kdy se okolní teplota vzduchu pohybuje kolem nuly, avšak sonda ozářená sluncem vykazuje teploty mnohem vyšší. To má za následek, že sonda špatně vypočte hustotu vzduchu, na jejímž základě stanovuje příslušný vodní stav. V případě profilu Přehořov bývá sonda osluněna ve večerních hodinách v době západu slunce. Takto znehodnocená data se pak musí ručně či softwarově vyhladit. V praxi se sondy různě zastíňují, např. i solárními panely.

Kromě chyb přístrojů, které zde byly zmíněny, nesmíme zapomínat ani na chyby lidského faktoru. Tedy jak už bylo zmíněno na začátku této podkapitoly, každé terénní měření s sebou přináší i určité chyby. Z tohoto hlediska se jedná například o nevhodně zvolené místo pro instalaci přístroje (profil Spálený Mlýn), či špatně zvolený profil pro měření průtoků. Hlavním indikátorem bývá v tomto případě náročnost terénu. Opatrnost je důležitá také při výběru hydrometrické vrtule, neboť každá má svá specifika ve formě příslušných koeficientů.

4 REŠERŠE LITERATURY

Květnovou událostí z roku 1872 se zabývali autoři od samého počátku. Co se týče dobové literatury, existuje z této doby řada odborných prací. Na základě meteorologických měření a pozorování, které byli v zasažené oblasti prováděné v následujících dnech, byla vytvořena práce Kořistky a Bernata (1872). V této práci jsou zaznamenány především jediné dva známé údaje o objemu a intenzitě srážky. Z dalších autorů se této situaci podle Krečmera (1982) věnoval Purkyně, jehož teze byly dochovány v článku „Kleinere Mittheilungen“, jež je zprávou o vydání prací Kořistky (1872), Purkyněho a Harlachera (1873). Nachází se v něm krátká shrnutí z těchto prací. Harlacher se věnoval situaci především z hydrologického hlediska, opakuje výsledky Kořistky, avšak zpochybňuje úhrny srážek, které byli naměřené pomocí naplnění otevřených nádob (Müller, 2002).

Kromě odborné literatury zachycují událost tohoto roku i dobové publikace populárního žánru, kroniky a novinové články. Kniha sestavená na základě žurnalistických příspěvků pod názvem „Zhoubná povodeň...“ z roku 1872 podává obraz převážně té části postiženého území, která byla obydlena česky mluvícím obyvatelstvem. Kromě líčení škod je zde zmínka o průběhu bouří v různých obcích. Dále je doplněna řadou vyobrazení následků povodní (Dvořák, 2002). Podobným tématům se věnuje práce Ningera a Zelinky (1872). Extrémní události z května 1872 nezůstaly bez odezvy ani v kronikách, denících a dalších archívních pramenech. V případě okolí Mladotic se jedná o česky psanou farní kroniku ze Žebnice, ležící 4 km od Mladotic, neboť obecní kronika v Mladoticích byla založena až po vzniku ČSR. Souhrnně o kronikách lze říci, že jejich zájmem byly především povodně, které se dotýkaly života tehdejších lidí a příčinné mechanismy srážek jsou uváděny jen okrajově. Sesutí hráze a vzniku jezera se pak věnuje Čermák (1912).

Z pozdější literatury se této události věnují např. Kakos (1972) ve svém článku ke stoletému výročí této události. Rozsahem a dobou trvání povodní se zabývá srovnávací studie Kašpárka (1984) a práce Křivkové (2001). Zmínka o příčinných srážkách a následné povodni je uvedena i v pracích Janského (1976,1977). V poslední době vznikla řada prací související s výzkumem silných srážek a povodní. Jedná se o díla Štekla et al. (2001), Kakose a Müllera (2004) a Brázdila et al. (2005). Mezi zatím poslední autory se řadí Müller (2002, 2007), jenž zkoumá příčiny vzniku konvektivních bouří a povodní z hlediska synoptické meteorologie.

Mladotickému jezeru se věnuje ve své diplomové a rigorózní práci Janský (1974, 1975). Popisuje příčiny vzniku jezera, provádí geomorfologické mapování sesuvné oblasti, vytváří první batymetrickou mapu jezera a provádí první měření průtoků na Mladotickém potoce. Výsledky jsou shrnuty i v jeho pracích z let 1976, 1977. Inventarizační průzkum chráněného území předkládá v roce 1978 Seidl. Dále se povodí Mladotického potoka z hydrologického hlediska věnuje Urbanová (1991). V této práci je provedeno první porovnání batymetrií jezera a odhadnuta možná délka existence jezera s přihlédnutím na jeho zanášení. Tyto výsledky jsou shrnuty v práci Janského a Urbanové (1994). Další prognózy týkající se Mladotického jezera uvádí opět Janský (2003a, 2003b). Šťastná (2000) hodnotí kvalitu povrchových vod v povodí Mladotického potoka. Dynamikou zanášení Mladotického jezera se poté zabývají Schulte et al. (2004, 2006). Tým pod jeho vedením provádí v území vrty do sedimentů, jež mají objasnit dynamiku zanášení jezera. Okrajově se povodí jezera věnuje i práce Knappa (2006), který se mimo jiné zabývá detailním studiem Lhotského lomu, jenž je pravděpodobně jednou z pramenných lokalit Mladotického potoka. Poslední práce, která je věnována jezeru, je disertační práce Šobra (2007), který se ovšem věnuje jezerům České republiky

všeobecně. Povodí jezera se věnují samozřejmě i autoři, kteří se nezabývají hydrologií. Mašek (1998) se věnuje využití ploch v povodí jezera. Adámková (1999) popisuje strukturu krajiny povodí z hlediska ekologické stability. Okrajově se území dotýká i práce Kastnera (1980), která se věnuje lineární erozi půdy.

5 HISTORIE UDÁLOSTÍ Z KVĚTNA 1872 A VZNIK JEZERA

5.1 METEOROLOGICKÉ PŘÍČINY UDÁLOSTI Z KVĚTNA 1872 A JEJICH DOPAD NA ÚZEMÍ

Dne 25. května 1872 a během následující noci došlo v severozápadních Čechách k mimořádně velkým přívalovým deštům a povodním. Tato událost bohužel patří do období, která hodnocení meteorologických událostí příliš nepřála. Na území Čech existovala v roce 1872 nepočtená síť klimatologických stanic, konkrétně jich bylo přibližně šestnáct (toto číslo je přibližné z důvodu nejednotnosti literatury). Avšak žádná z oněch stanic neležela v oblasti, která byla zasažena silnou průtrží mračen. Nejbližší srážkoměrná stanice Plzeň zaznamenává dne 25. 5. 1872 dvě bouře, při nichž spadlo celkem 40 mm srážek. Měsíc květen měl největší úhrn srážek v roce 70 mm. Daleko vyšší úhrny však spadly severně od Plzně na Kralovicku, kde bohužel v té době žádná srážkoměrná stanice nebyla (Janský, 2003b). Údaje o objemu a intenzitě srážek tak máme pouze z obcí Mladotice a Měcholupy, kde byly naplněny otevřené nádoby dešťovými srážkami (Müller, 2002). Meteorologickým rozbořem situace z května 1872 se zabýval Müller ve své diplomové práci z roku 2002. Podrobnější analýzu pak provedl v dizertační práci z roku 2007.

5.1.1 Událost z května 1872

Pro upřesnění klimatické situace je potřeba popsat vývoj situace z hlediska evropského kontextu. Již 23. 5. se objevily srážky na jihozápadě Švýcarska. V následujících dvou dnech pak zasáhly celé Švýcarsko a pás území přes jihozápadní Německo až po jižní Polsko, přičemž byl zřejmý jejich posun od jihozápadu směrem k severovýchodu (Müller, 2007).

Odpoledne 25. května 1872 i následné noci se na území Čech vyskytly silné bouře doprovázené přívalovými dešti. Jádrem oblasti tvořilo území o ploše přibližně 3000 km² nad západními Čechami (Harlacher, 1873). Jednalo se především o povodí Berounky, zejména jejich přítoků (Klabavy, Střely, Rakovnického potoka a Litavky). Tedy i o povodí Mladotického potoka.

Vliv orografie na srážky byl pravděpodobně nepatrný, jelikož nejvyšších nadmořských výšek zde dosahují Brdy s nadmořskou výškou pod 900 m n. m. Zajímavá je do určité míry skutečnost, že zasažená oblast zasahuje svým severním okrajem do klimaticky nejsušší oblasti Čech.

5.1.2 Povětrnostní situace před a během katastrofické události

Na našem území bylo 23. května zpočátku zataženo. Při zemi vál slabý vítr a místy drobně přšelo. Na většině stanic během dne tlak mírně stoupal, pomalu se vyjasňovalo a vítr ustával. Teploty dosahovaly nejvýše k 15 °C.

24. května na celém území tlak soustavně klesal, průměrně o 10 hPa za 24 hodin. Nejmarkantnější byl pokles mezi ranním a odpoledním pozorováním, vítr byl stále proměnlivý. Zesílil kolem poledne, stejně tak jako oblačnost, která byla maximální v tutéž dobu. Teploty byly oproti předchozímu dni podstatně vyšší, ve 14 hodin se vyšplhaly až k 24°C. Od západu k nám však již po poledni pronikal chladný vzduch. Navečer způsobil přechod studené fronty nad naším územím zastavení poklesu tlaku vzduchu. Místy se vyskytovaly bouřky, které byly ovšem doprovázeny jen malými srážkami.

25. 5. ráno, stejně jako v předchozích dnech, se vyskytovala oblast vyššího tlaku vzduchu na jihovýchodě Evropy. Naopak v Čechách a Rakousku se nacházela oblast nižšího tlaku vzduchu. Velké rozdíly panovaly toto ráno téměř ve všem. Silný vítr, chladno a déšť na západě Rakouska, naopak mírný jižní vítr a nadnormální teploty v Horních a Dolních Rakousech. V Uhrách dosahovaly teploty ještě nenormálnějších hodnot, kdežto v Čechách převládalo severovýchodní proudění s teplotami mezi 10 a 15°C (Müller, 2002).

Během dopoledne tlak v Čechách opět zřetelně poklesl, v průměru o 3,3 hPa. Minimum nastalo na všech stanicích kolem poledne. Absolutního minima dosáhl tlak vzduchu kolem 14. hodiny ve středních Čechách. V Praze byl naměřen tlak 1001,6 hPa. Koncentrické uspořádání pole tlaku vzduchu vybízí k domněnce, že zde během dopoledne vznikla prohlubující se tlaková níže. Co se týče teplot vzduchu, bylo v západních Čechách tohoto dne výrazně chladněji a více zataženo než v ostatních oblastech. To platí i pro oblast horní Berounky. Nejnižší teplota byla naměřena ve 14 hodin v Chebu (13,4 °C), v Praze bylo 23,6 °C a nejtepleji bylo pravděpodobně ve východních Čechách. Horizontální teplotní gradient tak musel dosahovat hodnoty kolem 10 °C na 150 km. Výskytu tlakové níže odpovídá i uspořádání proudění vzduchu. Zatímco v západních a severních Čechách vál při zemi silný vítr převážně od severovýchodu, tak ze Šumavy máme doložený čerstvý jihozápadní vítr (Müller, 2002).

5.1.3 Průběh bouře

Na zadní straně již zmíněné tlakové níže, kde při zemi vál severovýchodní vítr, ve výšce však vítr jihozápadní, se organizoval mohutný oblačný systém, který směřoval od Šumavy do nitra západních Čech. Vertikální stříh větru tedy dosahoval zřejmě až 180°. Oblačná vrstva byla tak mohutná, že mezi 14. a 17. hodinou pokryl toto území hluboký stín. Očití svědkové svorně uváděli, že bouřková oblaka měla velmi nízko položenou základnu. „Mračna snesla se tak nízko, že se zdálo, jako by se dotýkala střech domů“ (Farní kronika Žebnice, s. 14 in Müller, 2002). Tato masa se postupně pohybovala směrem na Kralovice a Beroun, přičemž vypadávalo množství srážek a docházelo k bouřkové činnosti s občasným krupobitím.

Je třeba připomenout, že bouře a povodně v západních Čechách byly doprovázeny celou řadou nebezpečných meteorologických jevů, spojených se silnou konvekcí. Jak uvádí Kořistka (1872), na území se vyskytovala tornáda: „ Na ploše dotyku obou proti sobě se táhnoucích proudění vznikly prudké vířivé větry (Wirbelwinde), jmenovitě v oblasti mezi Příbramí a Hořovicemi, kde vícero tornád (Windhosen) způsobilo zlé zrušení; podobně tomu bylo na horním toku Blšanky“. Kromě tornád bylo území silně postiženo také krupobitím. Existenci tornád popsala i Lacinová et al. (2005), která se na základě Kořistkových prací zmiňuje vyjma tornád i o maximálních srážkových úhrnech v oblasti.

První bouřky začínaly v jižní části zasažené oblasti, byly však zatím izolované. V mnoha lokalitách byly doloženy dvě fáze bouřkové činnosti a přívalového deště. První fáze začíná kolem 14. hodiny (Kralovice – 14:30, Manětín, Plasy – 15:00). Kolem 15. hodiny již byla bouřkami zasažena rozlehlá oblast. Jak shodně uvádí Kořistka (1872) i Harlacher (1873), první fáze končí mezi 16. a 17. hodinou. První fáze měla své maximum mezi 14. a 16. hodinou a velkou silou zasáhla především jižní část zasaženého území. Druhá, večerní fáze, s maximem kolem 22. a 23. hodiny naproti tomu zasáhla oblast severní. Z celkového hlediska byla prudší první fáze, druhá však působila leckde mnohem větší škody, neboť srážky dopadaly do již nasyceného podloží. V některých místech pokračovala srážková činnost i po půlnoci.

5.1.4 Povětrnostní situace večer a v následujících dnech

Odpoledne 25. května začal tlak na všech stanicích prudce stoupat, v průměru o 5,7 hPa za 8 hodin. Zároveň se výrazně ochladilo. V podvečer se centrální srážková oblast rozšířila k východu. Ve 22 hodin již bylo nad Čechami převážně zataženo a pršelo na mnoha místech. Jelikož se bouřky nacházely ve dvou izolovaných oblastech (v severozápadních a severovýchodních Čechách), je pravděpodobné, že došlo k rozdělení původního bouřkového systému.

Druhý den ráno se oblast nízkého tlaku vzduchu nacházela východně od našeho území. Naopak oblast vyššího tlaku se vyskytovala jihozápadně od nás. Jelikož i během noci tlak na našem území stoupal, dosáhl v 6 hodin ráno hodnoty 1015 hPa, tedy zhruba úrovně rána 24. května. Tlak nadále stoupal i během dne, již však výrazně pomaleji. Čechy v této době ležely v oblasti velmi studeného vzduchu a teplota v noci dále výrazně poklesla, takže ráno se teplota pohybovala mezi 5 a 10 °C. Bylo zataženo, na některých místech pršelo. Na žádné ze stanic však denní úhrn srážek nedosahoval 10 mm. Na většině území vál až do odpoledne chladný, poměrně silný severní až severozápadní vítr, který se až k večeru utišil. (Müller, 2002).

Následující den, 27. 5. 1872, zůstávaly Čechy v oblasti vyššího tlaku vzduchu, přibližně na úrovni 1020 hPa. Tlaková níže se přesunula nad Ukrajinu a zčásti se vyplnila. Na našem území zůstávalo zataženo s podprůměrnými teplotami maximálně do 15 °C. I tento den byly na všech stanicích zaznamenány srážky, ale opět nedosáhly 10 mm. Vítr vál slabý, převážně severní.

5.1.5 Známé údaje o květnové srážce

Během květnové události v roce 1872 byla naměřena nejintenzivnější srážková epizoda, i když pouze naplněním otevřené nádoby. V Mladoticích, jak uvádí Kořistka (1872), napršelo dne 25. 5. 1872 během jedné hodiny 237 mm srážek, přičemž nádoba během dalšího deště přetekla. V Žebnici, v obci nedaleko od Mladotic, začalo prudce pršet v 14:30, přičemž se neustále blýskalo, hřmělo a vál silný vítr. Jak uvádí farní kronika ze Žebnice, průtrž mračen trvala do 16 hodin, kdy „přestalo se lít z oblak, avšak nepřestávalo silně pršet“ (Farní kronika Žebnice, s. 14 in Müller, 2002). Vypadá to tedy, že déšť pouze polevil a dále trval od 19 hodin do 1 hodiny následujícího dne. Není možné ověřit, že toto množství srážek spadlo během jedné hodiny, spíše se zdá, že se jednalo o úhrn za přibližně 90 minut (Müller, 2002).

Stejně byl naměřen i srážkový úhrn v Měcholupech, kde během celé srážkové epizody spadlo 289 mm (Kořistka, 1872). Ze zdejší kroniky víme, že začalo pršet kolem 13. hodiny a přelo s proměnlivou intenzitou. Vzhledem k mimořádnosti této srážky, byly brzo vzneseny pochybnosti o zprávách, kde byly prezentovány. Pravdivost zpochybňovaného údaje o hodinovém úhrnu srážek v Mladoticích byla podepřena až srážkovou událostí s podobnou intenzitou dne 12. 7. 1957, kdy bylo na slovenské stanici Salka u Štúrova naměřeno 225,5 mm srážek za 65 minut (Štekl et al., 2001). O těchto maximálních hodnotách srážkových úhrnů se zmiňují ve svém článku i Sokol s Bližňákem (2009). Věrohodnost těchto úhrnů nepřímo dokazuje i výjimečnost hydrologické odezvy.

5.1.6 Následné povodně

Obrovské množství vody vyvolalo největší historicky známou povodeň na Berounce, kdy byl v Berouně naměřený maximální vodní stav 917 cm. Ten značně převyšoval výšku stoleté vody. Prudce se rozvodnily přítoky Berounky, především Litavka a Střela. Doby opakování kulminačních průtoků

jsou na těchto tocích odhadovány přes 1000 let. Na menších tocích proběhla kulminace již 25. 5. večer (Müller, 2007). V Praze byla naměřena historicky pátá nejvyšší povodeň, nepočítáme-li povodeň z roku 2002, s kulminačním průtokem 3300 m³/s, přičemž se podle Kakose (1977 in Müller, 2002) jednalo o největší známou pražskou povodeň, kterou vyvolaly přívalové deště. Rozvodnily se i jiné řeky, jako Teplá a Blšanka, které způsobily povodeň na střední a dolní Ohři (Kynčil, 1983). O život přišlo během těchto povodní na 240 lidí (Kašpárek, 1984). Podle dochovaných značek velkých vod byla tato přívalová povodeň na Blšance a na Berounce pod soutokem se Střelou největší povodní za posledních minimálně 150 let (Müller, 2007).

5.1.7 Nasycenost povodí

Vzhledem k mimořádnosti hydrologické odezvy a následným katastrofickým důsledkům, čímž byly sesuvy na úpatí Potvorovského kopce, je vhodné se zabývat i otázkou, zda tehdejší hydrologická situace nemohla být ovlivněna předchozími srážkami, které nasýtily povodí. Z tohoto důvodu zpracoval Müller (2007) denní úhrny srážek ve střední Evropě za období 21. až 23. 5. 1872. V Německu a zvláště ve Švýcarsku byly naměřeny srážky už 21. 5., zatímco u nás se vyskytly až 22.5.

Vývoj nasycenosti sledovaných povodí lze sledovat pouze bodově na několika stanicích. Jelikož jádro události bylo v západních Čechách, studoval Müller (2007) vývoj na stanicích Cheb, Plzeň a Praha – Klementinum. Z jeho výsledků vyplývá, že zvýšená nasycenost povodí je důsledkem dvou srážkových situací z 18. 5. (úhrny srážek na jednotlivých stanicích 29.0,20.0,1.1) a 22. 5.(32.0,8.3,6.4). Müller uvádí, že zatímco přibližná hodnota normálu nasycenosti ke dni 25. 5. byla kolem 22 mm, tak v Plzni byla nasycenost již více než dvojnásobná a v Chebu více než trojnásobná. Pouze v Praze se udržela na normálu. Z těchto zjištění vyplývá, že především v západních Čechách musela být předchozí nasycenost výrazně zvýšená, což dozajista ovlivnilo průběh povodně, především pak na Berounce (Müller, 2007).

Území bylo tedy v krátkém časovém úseku postiženo postupem dvou hlubokých cyklon s jižní drahou přes střední Evropu. Srážky, které byly spojené s první z nich, zapříčinily zvýšení nasycenosti jednotlivých povodí v západních Čechách. V blízkosti středu druhé cyklony, která 25. 5. přecházela přes naše území, se vyskytly intenzivní konvektivní bouře. Tento multiceklární komplex zasáhl západní Čechy, přičemž zřejmě velký podíl na vzniku extrémních srážkových intenzit po dobu několika hodin měl tzv. „train“ efekt, což je opakovaný přechod srážkových buněk přes totéž území. Postupně se na zadní straně cyklony přívalové srážky měnily ve srážky trvalého charakteru. Vliv na to mělo rozšiřování chladného vzduchu do této oblasti. Tyto trvalé srážky pak bránily rychlejší transformaci povodňové vlny. Průběh tehdejší povodně tak ovlivnila celá řada faktorů, jejichž kombinace způsobila povodeň, která nemá v souvislosti s přívalovými srážkami obdoby (Müller, 2007).

5.2 PŘÍČINY SVAHOVÝCH POHYBŮ

Předpoklady pro sesouvání na západním svahu Potvorovského kopce se vytvořily mnohem dříve, než došlo k onomu sesuvu v roce 1872. Je jisté, že za sesuv nemohl pouze jeden faktor. Příčin zde bylo několik, a je důležité je vnímat ve vzájemných souvislostech, nikoli odděleně, jelikož každá z nich přispěla určitou měrou k porušení stability svahu. Jednotlivé faktory jsou uváděny v pořadí, jak za sebou přibližně chronologicky následovali (Janský, 1976):

1. Podíváme-li se na tok potoka, zjistíme, že má přibližně severojižní směr, s kterým souhlasí i hlavní směry tektonických poruch. Můžeme tedy odhadovat, že údolí potoka je tektonicky založeno. Za tohoto předpokladu mohla rychleji postupovat i hloubková eroze, přičemž tok se stále více zařezával do souvrství karbonských arkóz, pískovců a slepenců. Tak docházelo k postupnému zahlubování údolí. Po proříznutí tohoto komplexu pískovcových hornin se tok dostal až na úroveň měkkých jílovcových sedimentů. Polohy těchto sedimentů potvrdily též vrty v nejbližším okolí. Tyto vrstvy nejspíše posléze nasákly vodou, čímž došlo ke snížení jejich pevnosti a u paty svahu vznikly pravděpodobně podružné smykové plochy. Voda se však k podložním jílovitým vrstvám dostávala i tahovými trhlinami v horní části svahu. Vzhledem k tomu, že skalní masív byl již narušen, posouvaly se celé bloky karbonských hornin do údolí. Díky posunu spodní části svahu vznikla z původní trhliny rozsedlina a vznikly předpoklady k posuvu dalších, stále vyšších bloků. Tento posun byl velice pomalý a měl pravděpodobně charakter ploužení. Tento typ pohybu, kdy se po prvním pohybu zatrhává svah stejným způsobem výše a smyková plocha se stále více přibližuje k povrchu svahu, je v odborné literatuře označován jako normální pohyb retrogresivní. Pohyb plouživého charakteru proběhl asi v celé oblasti vymezeného sesuvného území (sesuvy I, II, III). Ale pouze v oblasti sesuvu I. došlo k dalšímu sesuvu. Bylo to právě v roce 1872, a tento sesuv už měl povahu katastrofální (Janský, 2003a).

2. K porušení stability západního svahu Potvorovského kopce přispěl určitou měrou také člověk. Druhým faktorem je tedy vliv antropogenní. Při podrobnějším prohlédnutí tohoto území můžeme kromě přirozených přírodních tvarů odlišit i řadu zásahů člověka. Jedná se například o četné lomy. O těžbě pískovcových kvádrů v oblasti Potvorovského vrchu existuje celá řada historických důkazů. Jedná se například o románský kostel Sv. Mikuláše v Potvorově. Ten je vybudován z velikých tesaných kvádrů, které pocházejí z Potvorovského kopce (stavba kostela se datuje kolem roku 1240). Dále v „Kaceřovském urbáři“ z roku 1558 nalezneme zmínku o lámání kamene při popisu obce Potvorov. Kvádry pískovce se též v 18. století vozily na stavbu konventu řádu Cisterciáků do Plas. Už z těchto několika příkladů si můžeme udělat představu o tradici v těžbě pískovcových kvádrů z Potvorovské hory. Za dlouhou řadu let tedy i těžba přispěla ke snížení stability svahu. Kromě toho bylo při těžbě narušeno nadloží, a díky tomu byl umožněn snadnější přístup srážkové vody k podložním polohám jílovcových hornin (Janský et al., 1999).

3. Dalším činitelem, o kterém se nyní zmíníme, byl výkop železničního zářezu v roce 1872. Ten pravděpodobně neměl tak podstatný vliv na vznik sesuvu, ale též určitou měrou přispěl ke snížení stability svahu. Zářez pro železniční trať, která byla tehdy ve výstavbě a ještě tentýž rok měla být uvedena do provozu, protnul západní úbočí Potvorovského kopce asi v délce 150-200 m. Vzhledem k tomu, že po katastrofálním sesuvu v roce 1872 nebyl tento zářez porušen, nýbrž pouze přemístěn o 75-80 m po svahu dolů, můžeme předpokládat, že stavba trati a s ní spojené prokopání západního svahu nebyly rozhodující příčinou katastrofy v roce 1872 (Janský, 2003b).

4. Posledním faktorem sesouvání, který je sice časově nejmladší, ale jenž měl rozhodující význam pro poslední fázi sesuvu, byla právě výše zmíněná meteorologická situace v posledních květnových dnech roku 1872. Mohutný příval atmosférických srážek, který dopadal na svah, který byl již dostatečně rozrušen četnými trhlinami, puklinami, lomy i zářezem trati. Do takto narušeného nadloží se snadno dostávaly tyto přívaly vody. Ta se však poměrně dobře vsakovala do hrubozrnných arkóz, pískovců a slepenců. Tato prosakující voda byla pravděpodobně zadržena až jemnozrnnými nepropustnými pískovci a souvrstvím jílovitých sedimentů. Došlo ke změně veškerých fyzikálních

vlastností nadloží (pevnost, napjatost hornin), především pak jeho hmotnosti. Po nasáknutí vodou změkkl jílovitý tmel, což znamenalo zmenšení míry tření. Vzhledem k tomu, že úklon vrstev je 10 – 14 stupňů k západu, tedy směrem po svahu, začaly se nadložní vrstvy sunout směrem do údolí potoka. Při srovnání s oním plouživým sesouváním, o kterém už byla zmínka dříve a které zřejmě postihlo celé sesuvné území, bylo toto sunutí mnohem rychlejší a proběhlo ve dvou dnech. Sesuv přehradil ve dnech 27. a 28. května 1872 údolí v délce 300 metrů.

5.3 VÝVOJ JEZERNÍ PÁNVE

Měření hloubek Mladotického jezera bylo poprvé provedeno B. Janským v roce 1972, tudíž přesně 100 let po vzniku jezera. Při zjištěné ploše 5,9364 ha připadalo 802 m² na ostrůvky nánosů. Plocha vodní hladiny tedy zaujímala 5,8562 ha (Janský, 1977).

Další batymetrická měření proběhla v 90. letech. V roce 1990 byla v rámci diplomové práce H. Urbanové provedena další hloubková měření. Tehdy byla zjištěna plocha jezera, která byla 4,2906 ha a maximální hloubka pouhých 6 metrů oproti 7,7 metru v roce 1972. Byly tedy zjištěny mnohem nižší hodnoty než při prvním vyměřování. Způsobil to i pokles vodní hladiny o 26 cm oproti roku 1972, kdy se nacházela na úrovni 413,50 m – zásobování Mladotického potoka vodou při kritickém poklesu průtoků (Janský, 2003b). Po tomto měření se odhadovala životnost jezera na cca 45 let, tedy přibližně do roku 2035 (Janský, Urbanová, 1994).

V pořadí třetí měření proběhlo v prvních třech červnových dnech roku 1999. Hladina jezera během těchto dní stoupla ze 413,45 m na 413,56 m. Průměrně tedy ležela v úrovni roku 1972, a proto byla vhodnější na porovnávání. Z měření byly zjištěny následující poznatky. Plocha vodní hladiny se zmenšila o 22,4 % z 5,8562 ha na 4,5450 ha. Měření hloubek ukázalo, že v tomto roce už úplně vymizela hloubnice 7 m a maximální hloubka byla změřena v 6,7 m. Po vynesení batymetrických křivek byl vypočten objem jezerní pánve. Z původního objemu 141 380 m³ v roce 1972 došlo k poklesu o 36 630 m³, tzn. na 104 750 m³. Tyto nové poznatky vyvolaly spousty otázek, neboť při předešlém měření byly zjištěny hodnoty mnohem nižší. Proto bylo potřeba upravit i předpoklady o zanášení jezerní pánve, a tedy i životnosti celého jezera. Zásadní otázkou bylo, jak mocná vrstva sedimentů pokrývala původní koryto Mladotického potoka z doby před rokem 1872, a jak hluboké bylo jezero v době svého vzniku (Janský, 2003b).

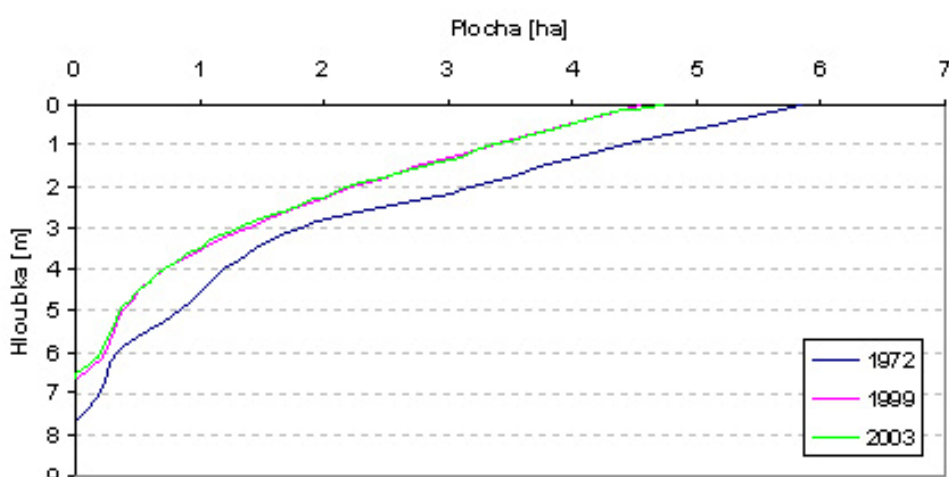
Jak prokázala rekonstrukce pomocí vynesení podélných profilů toku, nově vzniklé jezero mohlo mít hloubku kolem 20 metrů. Vývoj jezerní pánve pokračoval velmi dynamicky. Po 100 letech by v tomto případě ležela na dně jezera až 11 metrů mocná vrstva sedimentů (Janský, Urbanová, 1994). Nejintenzivnější zanášení se dalo předpokládat krátce po vzniku jezera, což v roce 2003 potvrdila analýza vrtů, které zde provedl tým A.Schulteho z Freie Universität Berlin. Materiál hráze byl nezpevněný a velmi snadno podléhal abrazi. Navíc je velmi pravděpodobné, že se do jezerní pánve sesouvaly i břehové partie. Až později došlo ke zpevnění břehové linie kořeny stromů. K oživení intenzity zanášení došlo s velkou pravděpodobností v 60. a 70. letech minulého století po kolektivizaci zemědělství. V povodí byly provedeny neuvážené meliorace, dřívější vhodné terasování bylo odstraněno a značně stoupl podíl orné půdy, přičemž na řadě míst byly rozorány i travní pásy podél toků. Došlo tak k oživení vodní eroze a následnému opětovnému zanášení jezera. Jak ukázaly další výzkumy, na zanášení se zřejmě podílela i těžba cihlářské hlíny nad obcí Žihle (Janský, 2003b).

V roce 1999 byla tedy provedena další prognóza vývoje jezera. V potaz byl brán jednak zmenšený objem jezerní pánve, a také nános jednoho metru sedimentů v oblasti nejvyšších hloubek. Je důležité zmínit, že se porovnávaly výsledky batymetrie z let 1972 a 1999. Vezmeme-li tedy v potaz, že 1 metr sedimentů se nahromadil za 27 let, pak na období jednoho roku připadá sediment o mocnosti 37 mm. Z toho vyplývalo, že za předpokladu neměnné dynamiky zanášení se oblast maximálních hloubek zcela zanese za 181 let. Ale jelikož k hromadění sedimentů dochází především v oblastech jezerního přítoku, reprezentativnější údaj dostaneme ze změny objemu jezerní pánve. Jak už bylo napsáno výše, za 27 let se v jezerní pánvi nahromadilo 36 630 m² sedimentů (1 357 m²/rok). To by při stávajícím vývoji a dynamice sedimentace znamenalo zanesení jezera za 77 let (Janský, 2003b).

Batymetrie Mladotického jezera				
	1972	1990	1999	2003
Nadmořská výška vodní hladiny	413,50 m	413,24 m	413,50 m	413,73 m
Plocha	5,8562 ha	4,2906 ha	4,5450 ha	4,73635 ha
Objem	141380 m ³	101501 m ³	104750 m ³	103909,5 m ³
Maximální hloubka	7,7 m	6,0 m	6,7 m	6,7 m

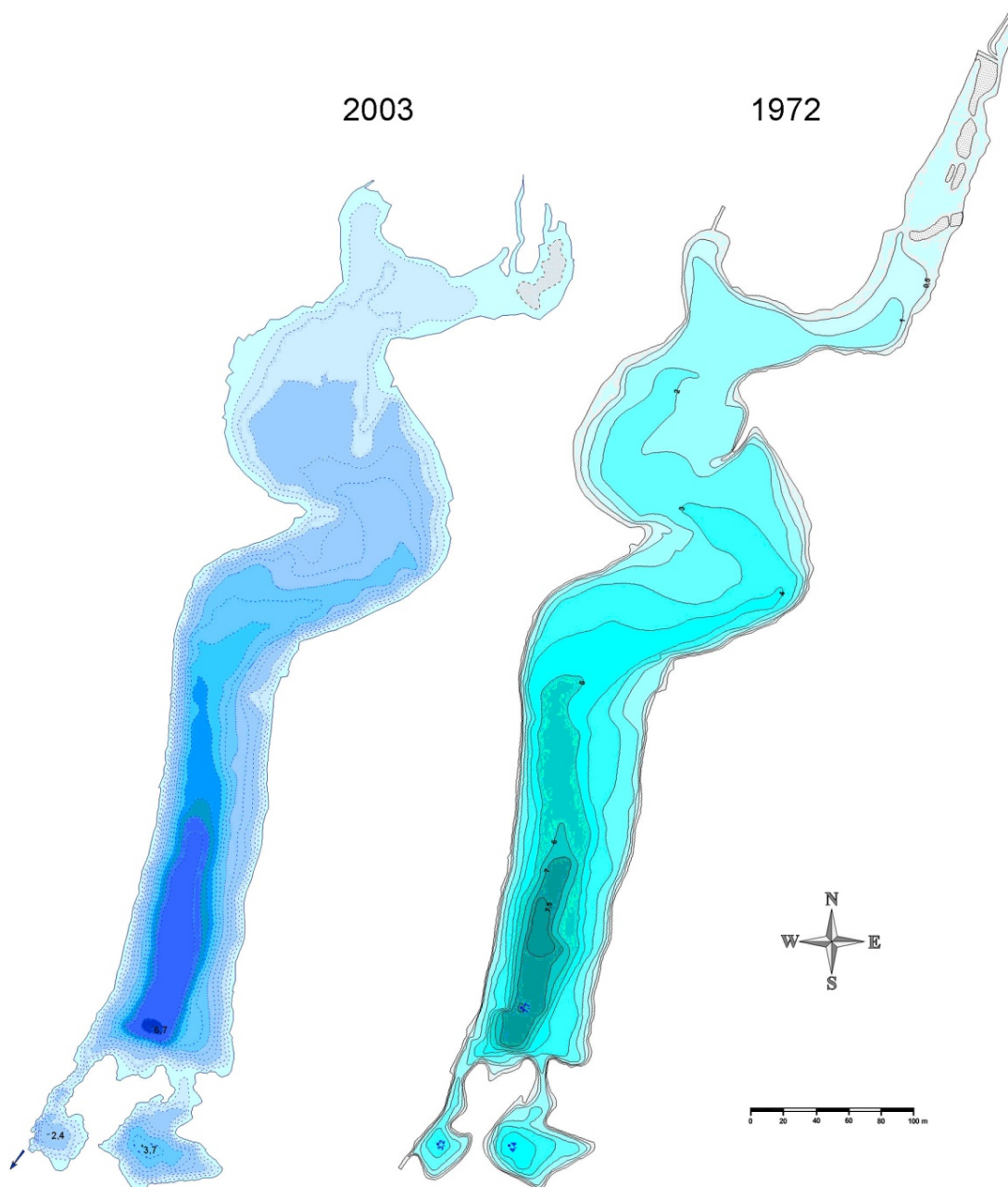
Tab. 1: Batymetrie Mladotického jezera (zdroj: Janský (1975), Janský, Urbanová (1994), Janský (2003b), Šobr (2007))

Zatím poslední batymetrická měření byla provedena na jaře roku 2003. Z tohoto měření vyplynulo následující. Plocha jezera byla vypočtena na 4,73635 ha, maximální hloubka zůstala na -6,7 m. Objem jezerní pánve se zmenšil oproti roku 1999 o 840,5 m³ na 103909,5 m³. To ukazuje rychlost zanášení 210 m³/rok. V porovnání s minulou prognózou tedy mnohem menší dynamika zanášení. Je však nutné si uvědomit, že doba čtyř let není úplně dostačující na určení rychlosti tohoto zanášení, navíc hladina jezera byla v roce 2003 v nadmořské výšce 413, 73 m. Tedy o 23 cm výše než tomu bylo při předchozím mapování. Rozdíly v nadmořské výšce vysvětlují zvětšení plochy jezera v roce 2003.

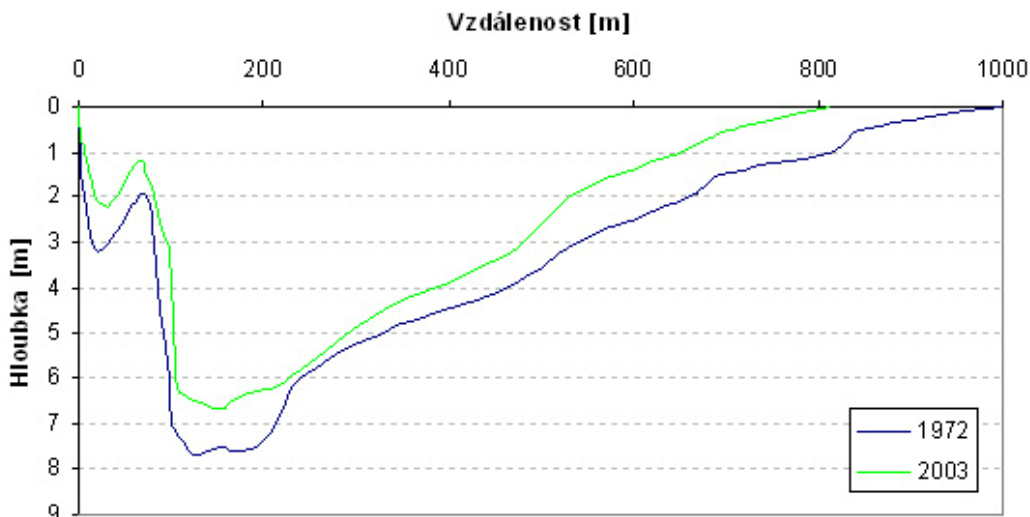


Obr. 1: Batymetrické křivky Mladotického jezera z batymetrických měření v letech 1972, 1999 a 2003 (zdroj: Janský (1975), Janský (2003b), Šobr (2007) in Šobr (2007))

Kvůli krátké době mezi posledními dvěma pozorováními budeme raději vycházet z porovnání první a poslední batymetrie, kdy se objem pánve za 31 let zmenšil o 37 470,5 m³. Na jeden rok tedy připadá 1209 m³ sedimentů. Kdyby se tedy dynamika sedimentace nezměnila, jezero by bylo zaneseno za 86 let. Avšak z posledních čtyř let je patrné, že v současné době je tato rychlost mnohem menší a jezero by tak mohlo mít větší životnost. Dá se říci, že každá nová prognóza dává jezeru naději vždy delšího života. Do jisté míry je to dáno zájmem o toto jezero a sníženou vodní erozí, která byla v minulých desetiletích mnohem větší a tomu odpovídá i množství uložených sedimentů.



Obr. 2: Batymetrické mapy Mladotického jezera z let 1972 a 2003 (zdroj: Janský (1975), Šobr (2007) in Šobr (2007))



Obr. 3: Podélné profily jezerní pánvi z let 1972 a 2003 (zdroj: Janský (1975), Šobr (2007) in Šobr (2007))

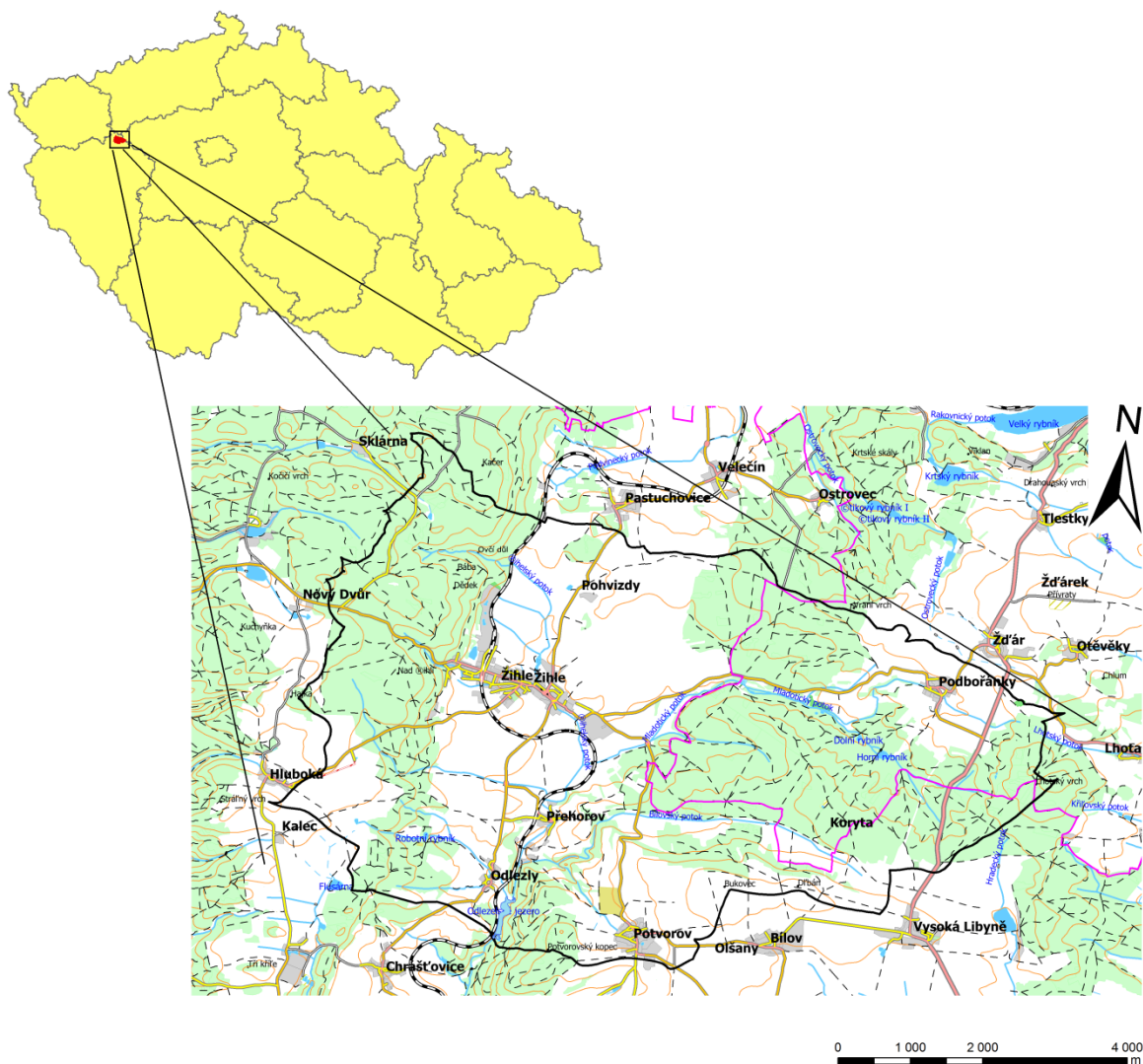
V roce 2003 byly ve spolupráci A. Schulteho (Freie Universität Berlin), G. Dauta (Friedrich-Schiller Universität Jena) a B. Janského (PřFUK Praha) provedeny na ploše celého jezera mělké (1 m) i hluboké (do hloubky 6 m pod úroveň současného dna) vrty z plovoucí platformy. Na základě datování sedimentárního profilu bylo stanoveno, že jezero se nejrychleji zanášelo několik let po svém vzniku, a to až rychlostí 9,1 cm/rok (mezi lety 1883 a 1890). Poté do roku 1900 rychlostí 4,2 cm/rok. Poté se opět rychlost zvýšila na 6,7 cm/rok. Od roku 1907 se pak rychlost pohybovala kolem 2-3 cm/rok. Nejmladší sedimenty se pak usazují rychlostí 2,4 cm/rok (Schulte et al., 2006). Z toho plyne, že nejintenzivněji se jezerní pánev zanášela na počátku existence jezera. Tyto závěry tedy ukazují na možnou dlouhodobější existenci jezera. Naopak na zániku jezera se může v budoucnu podílet jezerní odtok. Ten se stále více zařezává do hráze jezera a při extrémnější povodňové situaci by mohlo dojít i k výraznému prohloubení odtokové rýhy. To by znamenalo i snížení hladiny a rychlejší zánik jezera.

K prodloužení životnosti jezera by tedy nejvíce pomohla jednak protierozní opatření v celém povodí jezera se změnou v land-use (ve prospěch trvalých travních porostů). Dále pak provedení úprav odtoku v místě jezerní hráze (Janský, 2003b).

6 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

6.1 VYMEZENÍ ÚZEMÍ

Zájmovým územím je povodí Mladotického jezera. Jedná se o horní část povodí Mladotického potoka, levého přítoku řeky Střely. Území je vymezeno rozvodnicí a podle administrativního členění České republiky patří do okresu Plzeň-sever (Plzeňský kraj). Pouze severovýchodním výběžkem zasahuje do okresu Rakovník (Středočeský kraj).



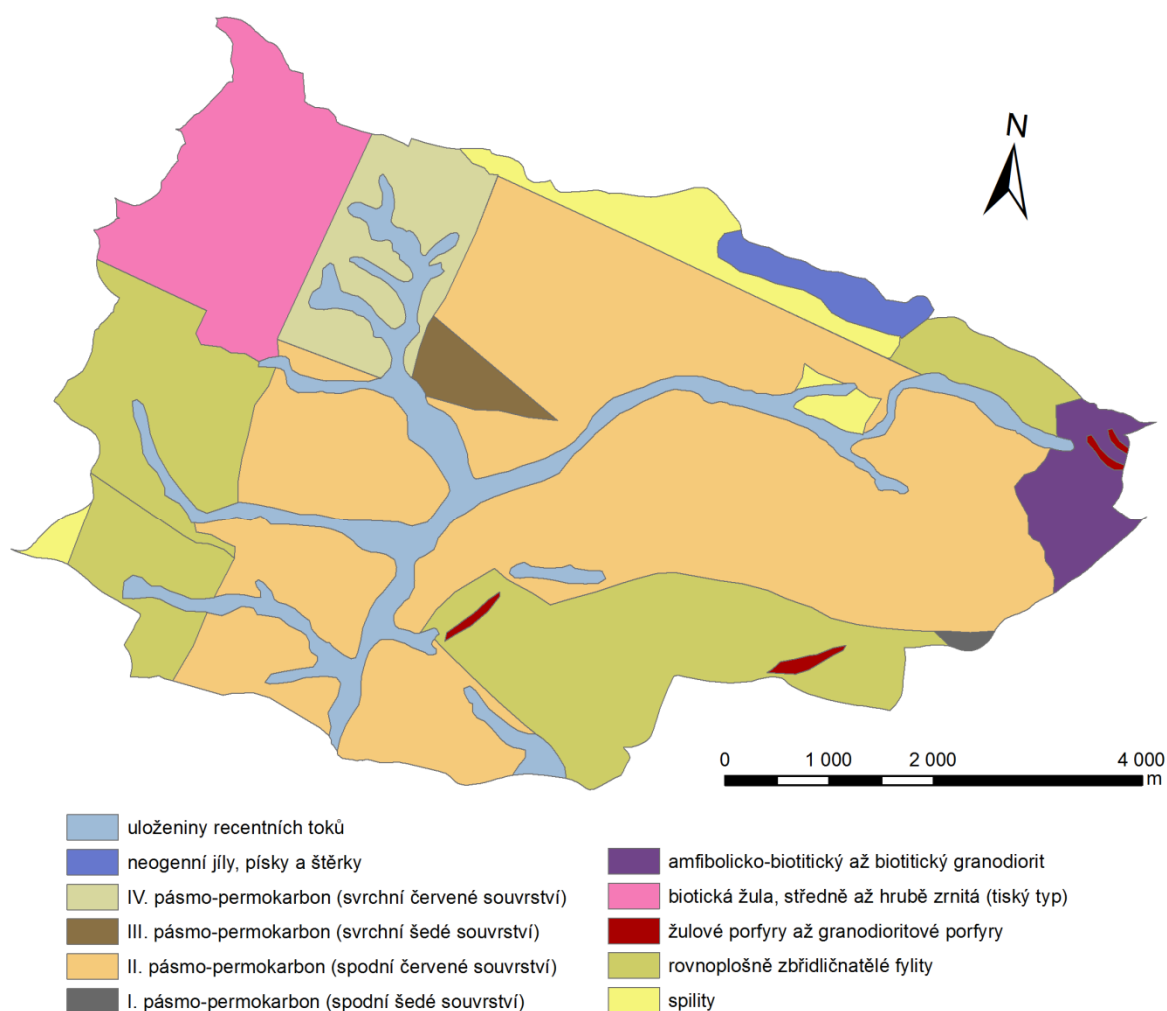
Obr. 4: Lokalizace povodí Mladotického jezera (zdroj: <http://geoportal.cenia.cz>, VÚV, vlastní zpracování (ArcGIS))

Povodí Mladotického jezera má rozlohu 46, 113 km². Mladotický potok pramení v nadmořské výšce 523 m n. m. v severovýchodní části povodí. Než voda doteče od pramene do jezera, přibírá potok několik přítoků - Žihelský, Přehořovský a Odlezenský potok ústící do potoka jako pravostranné přítoky a potok Potvorovský, jediný levostranný přítok. Délka potoka od pramene k ústí do jezera je 9,145 km. Hydrologické pořadí Mladotického potoka je 1-11-02-056.

Mladotické (též Odlezelské) jezero se nachází v okrese Plzeň-sever mezi obcemi Mladotice, Potvorov a Odlezly. Je protaženo severojižním směrem při západním úpatí Potvorovského kopce (Janský, 1975). Plocha jezera zjištěná podle posledních měření v roce 2003 je 4,74 ha.

6.2 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Studované území patří do Poberounské vrchoviny a dílčí horopisné části Plzeňské pahorkatiny. Její jádro tvoří prvohorní struktura geologicky označovaná jako Barrandien. Ta zahrnuje soubor horninových sérií počínaje algonkiem a eokambriem. Algonkinské horniny jsou mořské usazeniny (šedé jílovité břidlice, pískovce, droby a slepence). Eokambriem rozumíme nejmladší proterozoikum, složené z nepřeměněných i přeměněných hornin, převážně usazených. Barrandienská oblast byla zvrásněna při vrásnění assyntském, variském a nepatrně v kaledonském (Kunský, 1968).



Obr. 5: Geologická mapa povodí Mladotického jezera (zdroj: Geologická mapa 1:50000, vlastní zpracování(ArcGIS))

Nejbližší okolí je budováno horninami mladšího proterozoika, permokarbonu. Jedná se především o pískovce, arkózy až arkózové slepence. U Žihle se nacházejí význačné masivy žulových

hornin, konkrétně hrubozrnná žula (Culek a kol., 1996). Převládají zde horniny spodních červených vrstev (svrchní karbon), jež jsou tektonicky zakleslé do algonkinských břidlic a drob. Tyto rudé jílovce se nacházejí především v okolí obce Žihle, kde má sedimentární obal největší mocnost a těží se jako cihlářská hlína (Adámková, 1999). Nalezneme zde však i horniny spodních šedých vrstev (svrchní karbon) a dále porfyr v karbonu (JV od Přehořova). Větší plochy dále zaujímají pleistocenní hlíny a spraš, svahové suti, splavené štěrky a písky. V samotném údolí potoka pak nalezneme holocenní náplavy.

Podle tří vrtů, které byly provedeny v katastru obce Odlezly na jednom z jezerních přítoků, nebyl ve vrtech přesně patrný přechod mezi splaveninami, navětralými arkózami a arkózovými slepenci. Předpokládá se však, že cca od hloubky 6 m procházely vrty navětralými arkózovými slepenci (Janský, 1976).

6.3 OROGRAFICKÉ ČLENĚNÍ A GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY V POVODÍ

Povodí Mladotického jezera je horní částí povodí Mladotického potoka, který je levostranným přítokem řeky Střely a svým povodím zasahuje do geomorfologického celku Rakovnická pahorkatina a podcelku Žihelská pahorkatina. Základní charakteristiky členění reliéfu jsou popsány podle T. Czudka (1973), které v roce 2006 rozšířili Balatka s Kalvodou o další dvě geomorfologické jednotky, a to podokrsek a část.

Mladotický potok pramení v Ostrovecké části Potvorovské pahorkatiny. Jde o menší geomorfologickou jednotku okrsku Petrohradské pahorkatiny. Jedná se o členitou pahorkatinu na proterozoických fylitech a spilitech, na granodioritu a biotické žule a karbonských arkózách, pískovcích a jílovcích. Tvoří homogenní, erozí málo rozčleněnou hrástovou kru převážně odkrytého předkarbonského reliéfu, omezenou na S a V zlomovými svahy a na J prohybově přecházející do nižší Kralovické pahorkatiny. Petrohradská pahorkatina je charakterizovaná erozně denudačním reliéfem se sníženým zarovnaným povrchem typu etchplénu v různých výškových úrovních a žulovými vrchy a suky s výraznými tvary zvětřování a odnosu hornin, převážně mělkými rozevřenými údolími radiální svahové vodní sítě převážně v povodí Berounky. V centrální části pramení Rakovnický potok, vytvářející hluboce zaříznuté údolí ve východní okrajové části pahorkatiny. Nejvyšším bodem je Lhotský vrch (606 m). Významným bodem je i Potvorovský kopec (546 m), z jehož svahů byl v roce 1872 zahrazen Mladotický potok a posléze vzniklo Odlezelské jezero (Demek et al., 1987).

Potvorovský kopec je budovaný karbonskými arkózami, pískovci a slepenci s polohami prachovců a jílovců. Má plochý krátký strukturně denudační hřbet v oblasti tektonického vyklenutí území při zlomovém svahu Žihelské brázdy, se zbytkem neogenního zarovnaného povrchu. Na příkrém, vysokém západním svahu se nacházejí mocné balvanové sutě a bloky porušené rozsáhlými sesuvy planárního typu. Kopec je zalesněný borovými monokulturami, na východních svazích je orná půda, místy se nacházejí opuštěné lomy (Demek et al., 1987).

Z Petrohradské pahorkatiny teče Mladotický potok do pastuchovické části Žihelské brázdy a poté protéká také její mladotickou částí. Žihelská brázda tvoří úzkou nesouměrnou strukturní sníženinu směru SSV – JJZ dlouhou 18 km a širokou většinou 2-3 km. Vyplněná je většinou karbonskými arkózami, pískovci, prachovci a jílovcí, s měkkým pahorkatinným reliéfem, sklánějícím se konkávně prohnutými svahy od západu k východu. Severní část s plošinným povrchem zarovnávacím karbonské horniny a ojedinělé ostrůvky žul se liší od jižní části v povodí Střely s členitějším reliéfem

údolních zářezů, erozních rýh a sesuvů. Brázda je málo zalesněná borovými monokulturami a smrkovo-borovými porosty, rozptýlenými do drobných lesíků. Spíše zde převládají rozlehlé bloky orné půdy.

V pastuchovické části Žihelské brázdy ústí do Mladotického potoka potok Žihelský. Ten pramení v žebrácké části Tiské vrchoviny v geomorfologickém okrsku Rabštejnská pahorkatina. Tato členitá pahorkatina vzniklá na proterozoických fylitech a dvojslídnych svorech, biotitické žule a biotitickém granodioritu tvoří klínovitou hrástovou kru, omezenou na východě, severu a západě zlomovými a strukturními svahy, s mírně destruovaným zarovnaným povrchem typu etchplénu, plynule se sklánějícím od severu k jihu a oživeným nízkými žulovými exfoliačními klenbami a spilitovými a neovulkanickými suký. Toto území přetíná ve směru podélné osy hluboké antecedentní údolí Střely se zaklesnutými meandry. Charakteristické jsou četné tvary zvětrávání a odnosu žul - například vrcholové skály, mrazové sruby nebo nivační kary (Demek et al., 1987).

Do jezera ústí také jako druhý přítok Odlezelský potok, který pramení v štichovické části Střelské pahorkatiny (okrsek Rabštejnská pahorkatina).

Geomorfologické členění povodí Mladotického jezera

SYSTÉM: Hercynský systém

SUBSYSTEM: Hercynská pohoří

PROVINCIE: Česká vysočina

V POBEROUNSKÁ SUBPROVINCIE

VB Plzeňská pahorkatina

VB-1 Rakovnická pahorkatina

VB-1B Žihelská pahorkatina

VB-1B-1 Petrohradská pahorkatina

VB-1B-1b Potvorovská pahorkatina

VB-1B-1b2 Ostrovecká část

VB-1B-1b3 Bílovska část

VB-1B-1c Velkochmelištěnská pahorkatina

VB-1B-1c4 Lhotská část

VB-1B-2 Žihelská brázda

VB-1B-2.3 Pastuchovická část

VB-1B-2.4 Mladotická část

VB-1B-3 Rabštejnská pahorkatina

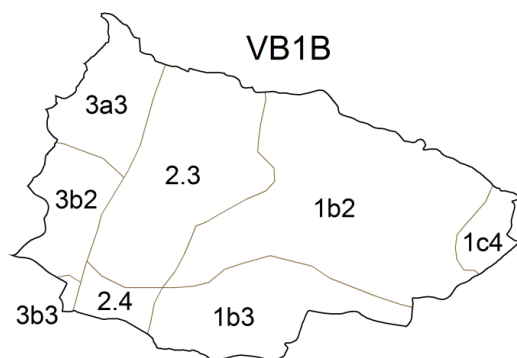
VB-1B-3a Tiská vrchovina

VB-1B-3a3 Žebrácká část

VB-1B-3b Střelská pahorkatina

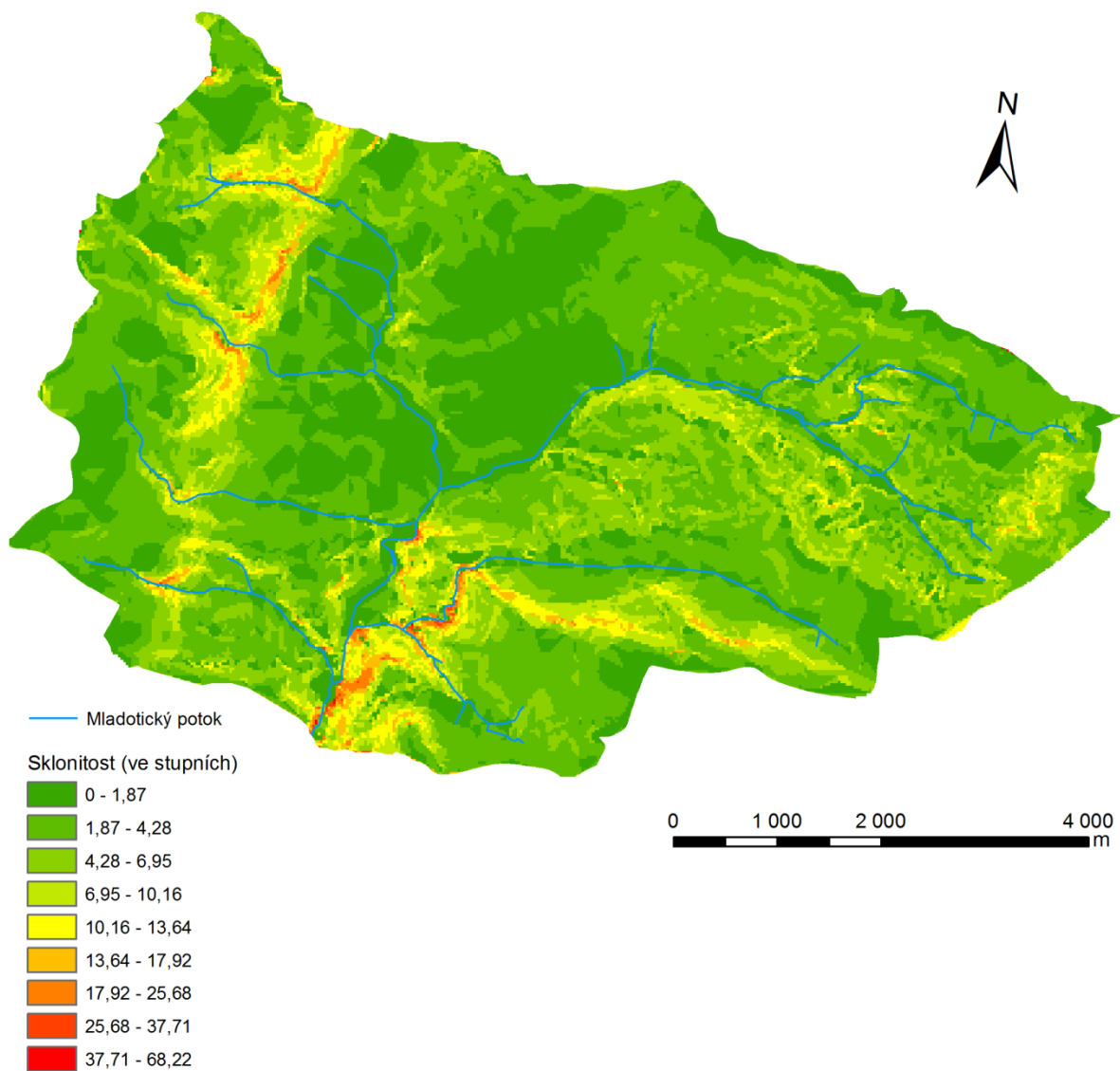
VB-1B-3b2 Štichovická část

VB-1B-3b3 Strážištská část



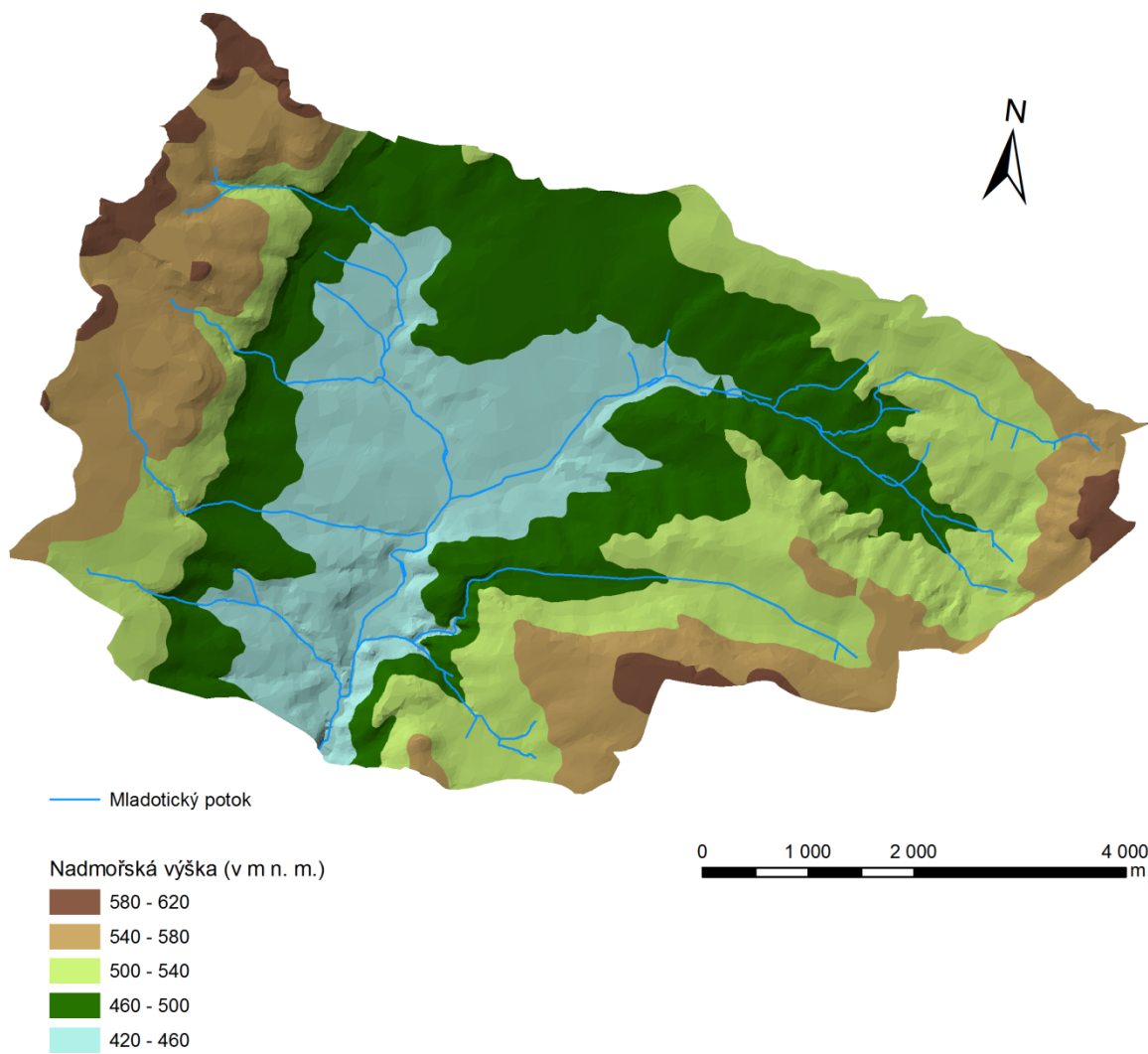
Obr. 6: Geomorfologické členění povodí Mladotického jezera (zdroj: Balatka, Kalvoda (2006), vlastní zpracování (ArcGIS))

Střední nadmořská výška povodí Mladotického jezera je 507,8 m n. m. Tato hodnota byla vypočtena v programu ArcGIS a je o 5,9 m větší než uvádí Janský (1975) ve své práci. Střední sklon svahů je 3,97°. Nejvyšších sklonů svahů je dosahováno v západní části povodí a dále v oblasti jezera a Potvorovského kopce. To dokumentuje i následný obrázek.

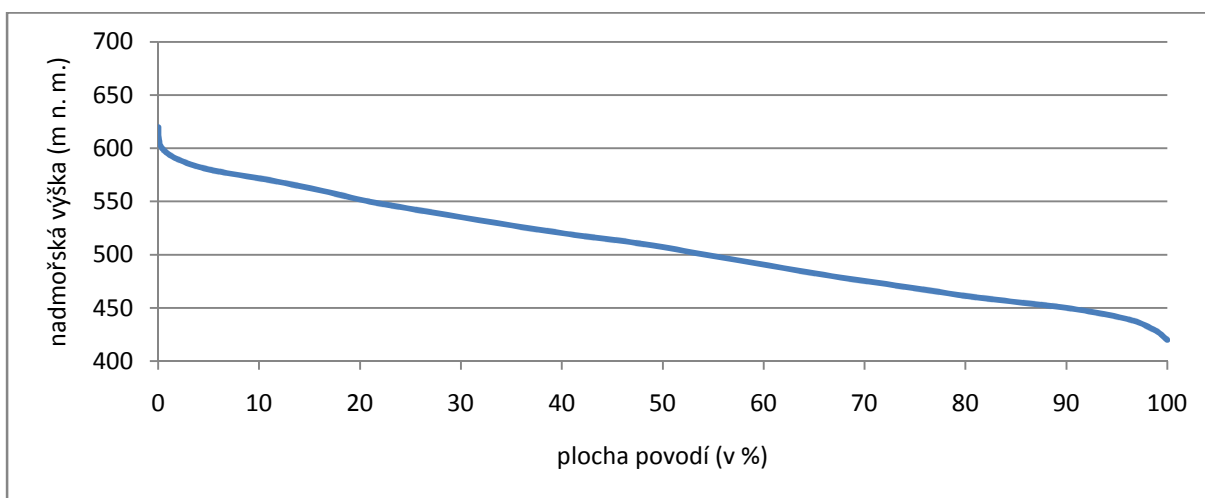


Obr. 7: Sklonitost svahů v povodí Mladotického jezera (zdroj: DMÚ 25, vlastní zpracování (ArcGIS))

Nejvyšším bodem povodí je bezejmenný vrchol kopce na severozápadní hranici povodí (625,5 m n. m.). Nejnižší nadmořskou výškou pak jižní okraj jezera v nadmořské výšce 412,5 m n. m. Kdybychom brali v potaz dno jezera, pak díky provedené batymetrii můžeme za nejnižší bod povodí označit kótu 406,8 m n. m. Výškové poměry v povodí dokládá následující obrázek a hypsografická křivka.



Obr. 8: Výškové poměry v povodí Mladotického jezera (zdroj: DMÚ 25, vlastní zpracování (ArcGIS))



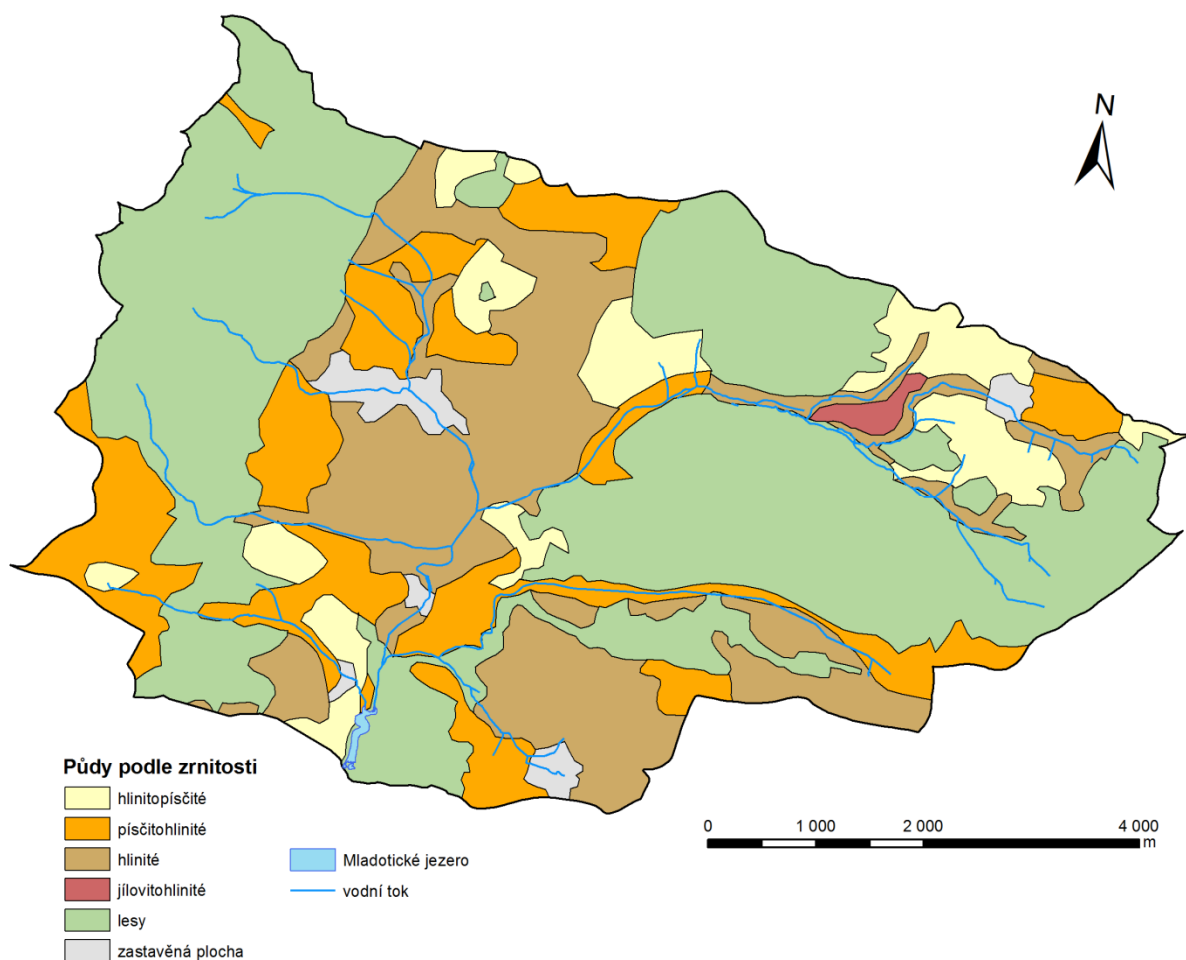
Obr. 9: Hypsografická křivka povodí Mladotického jezera (zdroj: DMÚ 25, vlastní zpracování (ArcGIS, Excel))

Jako nejdůležitější geomorfologický činitel se zde projevuje tekoucí voda. Ta pravděpodobně v nedávné historické době, nejspíše v období středověku, způsobila vytvoření hlubokých strží s relativním výškovým rozdílem až 10 m. Dalšími tvary, které vznikaly v souvislosti s tímto geomorfologickým činitelem, jsou říční údolí a svahové úpady.

Jelikož je voda nejdůležitějším činitelem, je také vodou erodovaný materiál velmi významnou složkou zdejší krajiny. Ten se velkou měrou podílí na zanášení Mladotického jezera, neboť se tento vodou unášený materiál usazuje především v oblasti přítoku do jezera (Adámková, 1999).

6.4 PŮDNÍ POMĚRY

V západní části Rakovnicko – Žlutického bioregionu, kam spadá i vymezené území, převažují kyselé typické kambizemě na zvětralinách žul, fylitů a permu. V teplejším okolí Plas a Jesenice se vyskytují typické kambizemě na permských sedimentech. V rakovnické kotlině a na svazích směrem k Podbořanům se nacházejí i ostrůvky hnědozemí na spraších a luvizemí na sprašových hlínách. Primární pseudogleje zde tvoří menší ostrůvky. Dále se na čedičích vytvořily eutrofní kambizemě, živnější kambizemě mají i spility v údolí Střely, jsou však mělké. Gleje a půdy slatinné jsou vyvinuty v zamokřených sníženinách (Culek et al., 1996).



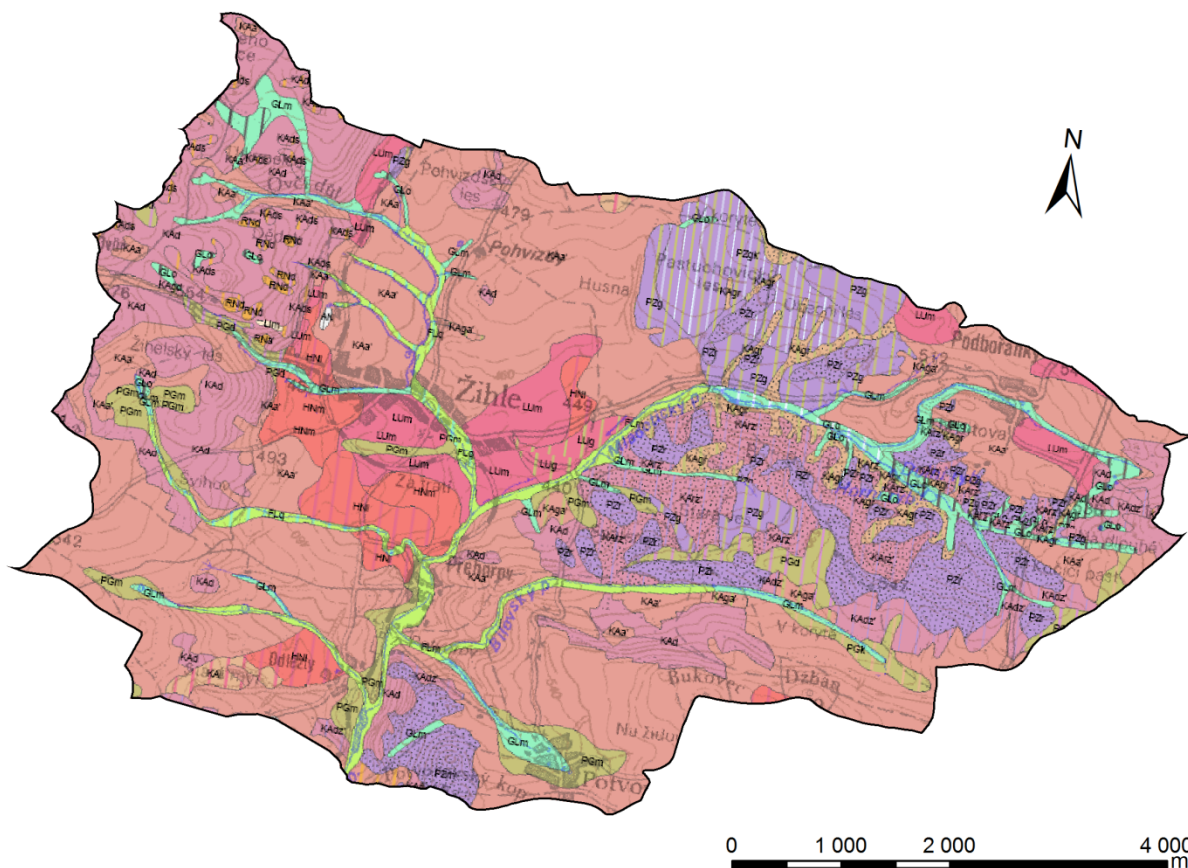
Obr. 10: Zrnitostní složení půd v povodí Mladotického jezera (zdroj: Kartogram zrnitosti, skeletovitosti a zamokření 1:50000, vlastní zpracování (ArcGIS))

Přiložená mapa půdních druhů neboli mapa půdní zrnitosti ukazuje, jaké půdy se z hlediska obsahu frakce pod 0,01 mm v povodí vyskytují (Tomášek, 2003). Odtok z plochy povodí do vodního toku ovlivňuje právě zrnitostní složení půd. Půdy lehké (písčité a hlinitopísčité) způsobují rychlý vsak vody a voda z povodí se do toků dostává podpovrchovou cestou. Vyrovnaný odtok zapříčiňují půdy střední, tedy půdy písčitohlinité a hlinité. Poslední skupinou jsou půdy těžké (jílovitohlinité, jílovité a jíly), které obsahují velké procento frakce pod 0,01 mm, tudíž jsou stmelené a podporují povrchový odtok. Voda z těchto půd odtéká do vodního toku i povrchovou cestou, neboť infiltrační rychlost těchto půd často nestíhá vsakovat přicházející množství dopadajících srážek.

Z obr. 10 je patrné, že v povodí Mladotického jezera převažují především půdy střední, které v některých oblastech přecházejí v půdy lehké. Těžké půdy jsou zastoupeny pouze malým ostrůvkem na horním toku Mladotického potoka. Dá se tedy říci, že v povodí dochází z hlediska půd k poměrně vyrovnanému odtoku.

Nutné je však zmínit, že velká část půd v povodí je zemědělsky využívána. Na obdělávaných půdách, které nejsou chráněny vegetací (např. pěstování kukuřice), dochází vlivem dopadajících srážek k vymrštění půdních mikročástic, která ucpávají póry. Důsledkem je pak snížená infiltrační rychlost půd, která vede při intenzivních srážkách k rychlejšímu povrchovému odtoku.

Dalším obrázkem je přiložená mapa půdních typů v povodí Mladotického jezera. Opomeneme-li suptypy jednotlivých půd, můžeme povodí z tohoto hlediska charakterizovat následovně. Největší část povodí zaujímají kambizemě, které při soutoku Mladotického a Žihelského potoka nahrazují luvizemě a hnědozemě. V horní části povodí Mladotického jezera se nacházejí podzoly a gleje. Podél potoka se, především v nižších polohách, vyskytují fluvizemě.



Llm	lítózem modální	KAZ	kambizem eutrofní	PZz	podzol železitý
RNm/RNa	ranker modální; ranker mesobazický	KAsb	kambizem rankerová eutrofní	PZg	podzol oglejený
RNd	ranker eutrofní	KAm	kambizem modální	PZgk	podzol oglejený kaolinitický
RNK	ranker kambický	KAl	kambizem luvická	PZgk	podzol arenický
RNd	ranker dystrický	KAlg	kambizem luvická oglejená	PGm/PGa	pseudoglej modální, pseudoglej mesobazický
RNd	ranker litický eutrofní	KAg	kambizem oglejená	PGg	pseudoglej glejový
PRm	pararendzina modální	KAg	kambizem oglejená arenická	PGd	pseudoglej dystrický
PRx	pararendzina kambická	KAs	kambizem rankerová	PGdz	pseudoglej dystrický podzolovaný
FLm	fluvizem modální	KAs	kambizem rankerová	SGm	stagnoglej modální
FLg	fluvizem glejová	KAs	kambizem rankerová	GLm	glej modální
OCm	černice modální	KAs	kambizem rankerová	GLd	glej zrašelinělý
CB	černozem luvická	KAs	kambizem rankerová	GLf	glej fluvický
HNm	hnědozem modální	KAs	kambizem rankerová	GLtr	glej fluvický zrašelinělý
HNd	hnědozem luvická	KAs	kambizem rankerová	GLk	glej kambický
HNg	hnědozem luvická oglejená	KAs	kambizem rankerová	GLq	glej akvický
HNg	hnědozem oglejená	KAs	kambizem rankerová	GLp	glej histický
Llm	lúvizem modální	KAs	kambizem rankerová	AN	antrozem
LUg	lúvizem oglejená	KAs	kambizem rankerová		vodní plochy
	lúvizem arenická	KAs	kambizem rankerová		

Obr. 11: Půdní poměry v povodí Mladotického jezera – půdní typy (zdroj: Půdní mapa ČR 1:50000 (mapové listy 12-13 a 12-31), vlastní zpracování (ArcGIS))

6.5 KLIMATICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODÍ

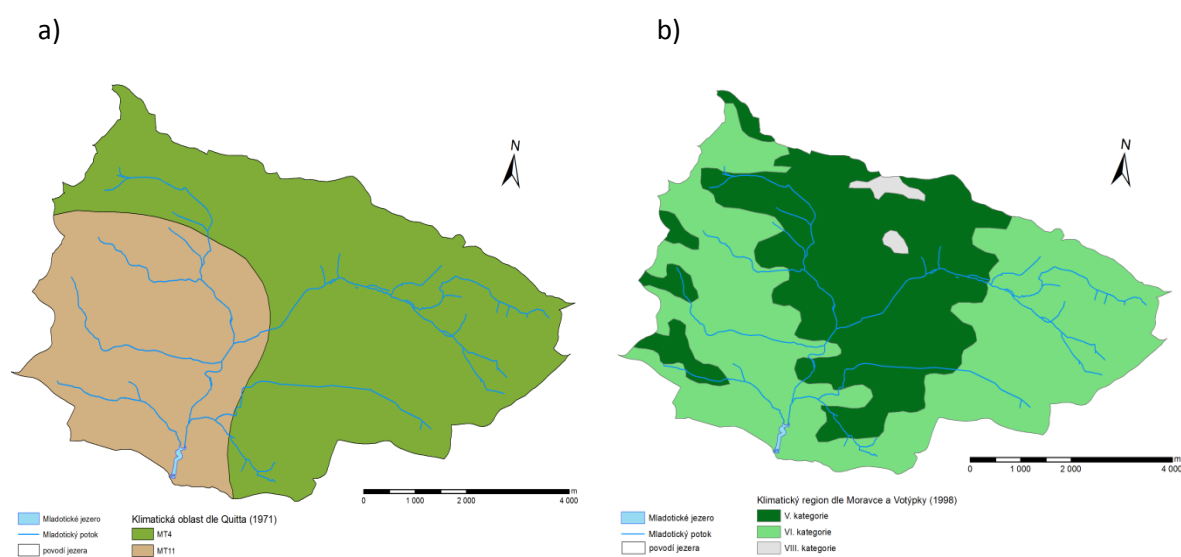
Tato kapitola se člení do dvou částí. V první části jsou představeny klimatické oblasti a regiony, do nichž studované území spadá. Vychází se přitom jednak z Quittovy klasifikace (1971) a také z publikace Moravce a Votýpky (1998). V druhé části kapitoly jsou prezentována konkrétní data z klimatických stanic, která poskytl pro zpracování diplomové práce Český hydrometeorologický ústav.

6.5.1 Obecná charakteristika

Znalost klimatických poměrů má podstatný význam pro pochopení srážko-odtokových vztahů dané oblasti a tudíž je vzhledem k tématu práce velmi důležitá. Hlavními klimatickými prvky jsou teplota a srážky, na něž klademe důraz. Jejich druh, množství, intenzita a časové rozložení velmi podstatně ovlivňují odtokové poměry jednotlivých povodí (Česák, 1997).

Velikost, chod a oblastní rozložení teploty a srážek u nás ovlivňuje hlavně nadmořská výška a přibývající kontinentalita od Z k V (Kunský, 1968). Kunský dále uvádí, že západní polovina Čech je díky převládajícím větrům na našem území ve srážkovém stínu Šumavy, Českého lesa a Krušných hor. Proto jsou v závětrné polovině Čech naše nejsušší místa, na Žatecku mají Libědice 410 mm, Žatec 441 mm ročních srážek. Ostatní lokality v této oblasti pak kolem 500 mm. Tomu odpovídá i sledované povodí, na které podle Atlasu podnebí Česka (2007) spadne v jižní části 450 – 500 mm srážek a v severní části 500 – 550 mm.

Pro zhodnocení klimatických poměrů v povodí Mladotického jezera byly použity klasifikace podle Quitta (1971) a podle Moravce a Votýpky (1998). Zásadní rozdíl mezi těmito dvěma klasifikacemi spočívá v tom, že Quitt vychází z klimatických řad mezi lety 1901-1950, kdežto Moravec s Votýpkou z období 1961-1990.



Obr. 12: Klimatické oblasti v povodí Mladotického jezera dle Quitta (a) a dle Moravce a Votýpky (b) – (zdroj: Quitt (1971), Moravec, Votýpka (1998), podklady VÚV, vlastní zpracování (ArcGIS))

Přehledné charakteristiky klimatických oblastí dle Quitta (1971)

MT4 – krátké léto, mírné, suché až mírně suché, přechodné období krátké s mírným jarem a mírným podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

MT11 – dlouhé léto, teplé a suché, přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Klimatické charakteristiky	MT4	MT11
<i>Počet letních dnů</i>	20 až 30	40 až 50
<i>Počet dnů průměrnou teplotou 10°C a více</i>	140 až 160	140 až 160
<i>Počet mrazových dnů</i>	110 až 130	110 až 130
<i>Počet ledových dnů</i>	40 až 50	30 až 40
<i>Průměrná teplota v lednu (°C)</i>	(-2) až (-3)	(-2) až (-3)
<i>Průměrná teplota v červenci (°C)</i>	16 až 17	17 až 18
<i>Průměrná teplota v dubnu (°C)</i>	6 až 7	7 až 8
<i>Průměrná teplota v říjnu (°C)</i>	6 až 7	7 až 8
<i>Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více</i>	110 až 120	90 až 100
<i>Srážkový úhrn ve vegetačním období (v mm)</i>	350 až 450	350 až 400
<i>Srážkový úhrn v zimním období (v mm)</i>	250 až 300	200 až 250
<i>Počet dnů se sněhovou pokrývkou</i>	60 až 80	50 až 60
<i>Počet dnů zamračených</i>	150 až 160	120 až 150
<i>Počet dnů jasných</i>	40 až 50	40 až 50

Tab. 2: Klimatické oblasti podle Quitta (zdroj: Quitt (1971))

Quitt (1971) rozdělil území do 23 klimatických oblastí (7 oblastí chladných, 11 mírně teplých a 5 teplých). Studované území tedy spadá podle Quitta do oblasti mírně teplé.

Moravec a Votýpka (1998) rozdělili naše území do 10 regionů (I. až X. kategorie). Porovnáme-li je s oblastmi Quittovými, odpovídají třídy I – IV oblasti teplé, třídy V – VII oblasti mírně teplé a třídy VIII – X oblasti chladné. Autoři rozdělili území ČR podle průměrného počtu dní s teplotou vzduchu 10°C a vyšší, podle ročního úhrnu srážek nad 580 mm a do 580 mm s obdobím beze srážek nad 22 a do 22 dní tak, že I. kategorii charakterizují vegetačním obdobím od 178 dní, srážkami do 580 mm včetně období sucha nad 22 dní. X. kategorii pak vegetačním obdobím do 123 dní a srážkami nad 580 mm.

Charakteristiky klimatických regionů dle Moravce a Votýpky (1998)

V. kategorie – vegetační období od 142 do 159 dní. Srážky nad 580 mm.

VI. kategorie – vegetační období od 142 do 159 dní. Srážky do 580 mm včetně období sucha nad 22 dní.

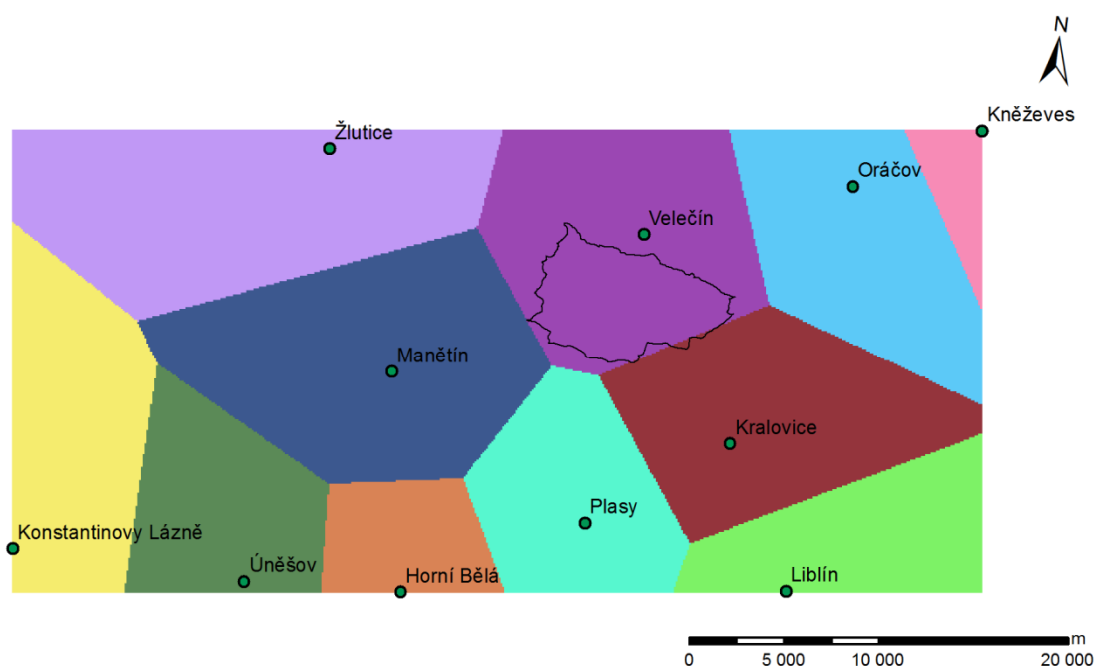
VIII. kategorie – vegetační období od 124 do 141 dní. Srážky nad 580 mm.

6.5.2 Srážkové a teplotní poměry

V druhé části kapitoly je věnována pozornost konkrétním naměřeným datům z klimatických stanic, které poskytl Český hydrometeorologický ústav, pobočka v Plzni. Jelikož na odtok z povodí mají z klimatických faktorů největší vliv srážky a teplota, bude každému z těchto prvků věnována samostatná podkapitola.

6.5.2.1 Srážky

Pro vyhodnocení průměrné srážky na povodí Mladotického jezera bylo vyzkoušeno několik metod. Žádná z nich není však natolik přesná, aby odpovídala reálně spadlým srážkám. Na obr. 13 je znázorněno rozmístění nejbližších stanic ke sledovanému povodí spolu s konstrukcí Thiessenových polygonů.



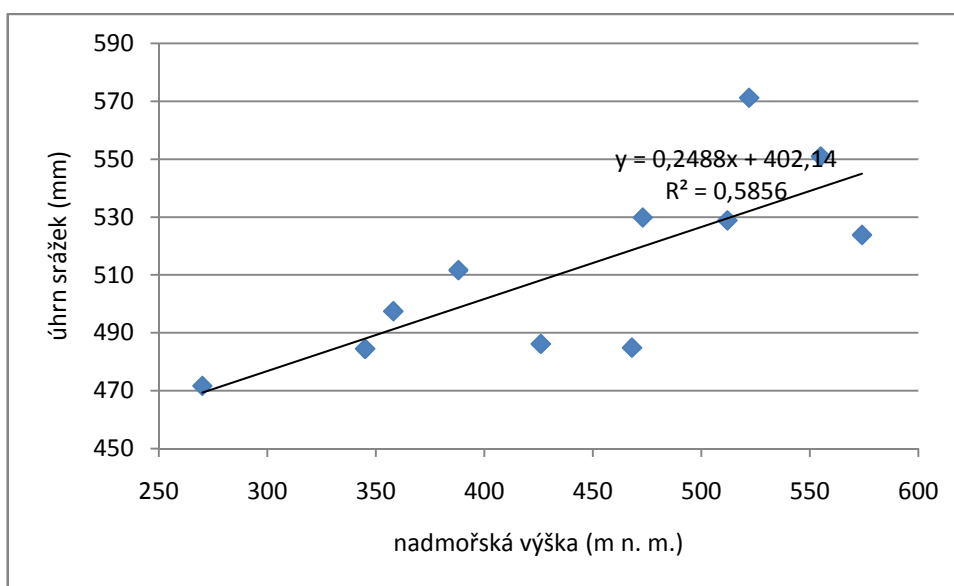
Obr. 13: Thiessenovy polygony v povodí Mladotického jezera (zdroj: podklady VÚV, vlastní zpracování (ArcGIS))

Z předešlého obrázku je patrné, že metoda Thiessenových polygonů, neboli Thiessen – Hortonovy metody, jejímž principem je určení váhy údajů z jednotlivých srážkoměrných stanic, není v tomto případě vypovídající, jelikož téměř 100 % plochy povodí (pouze nepatrná část povodí náleží ke stanici Kralovice) je přisouzena bodová hodnota ze stanice Velečín, tedy **530 mm**.

Další metodou je tzv. metoda izohyet. Tedy za předpokladu, že rozložení srážek z klimatických stanic je přímo závislé na nadmořské výšce, lze pak za pomoci výškových a srážkových údajů vytvořit mapu izohyet a pomocí podílu ploch jednotlivých izohyet na ploše povodí pak spočítat její průměrnou srážku. Proto bylo potřeba provést regresní analýzu závislosti atmosférických srážek na nadmořské výšce.

stanice	nadmořská výška (v m n. m.)	průměrný roční úhrn srážek (v mm)
Velečín	473	530
Horní Bělá	512	529
Kněžves	358	497
Konst. Lázně	522	571
Kralovice	468	485
Liblín	270	472
Manětín	426	486
Oráčov	388	512
Plasy	345	484
Úněšov	574	524
Žlutice	555	551

Tab. 3: Přehled nejbližších srážkoměrných stanic vzhledem k povodí Mladotického jezera (zdroj: ČHMÚ)



Obr. 14: Závislost průměrného ročního úhrnu srážek na nadmořské výšce pro srážkoměrné stanice v oblasti povodí Mladotického jezera (zdroj: ČHMÚ, vlastní zpracování)

Z koeficientu determinace R^2 je však zřejmé, že úhrn atmosférických srážek na nadmořské výšce závislý není. Zatímco nadmořská výška stanic se pohybuje v rozmezí cca 300 výškových metrů (Liblín – 270 m n. m. – Úněšov – 574 m n. m.), srážkové úhrny takové výkyvy nemají a pohybují se mezi 471 mm a 571 mm. Navíc nejvyšší údaj je ze stanice Konstantinovy Lázně, tedy nejvzdálenější stanice od studovaného území.

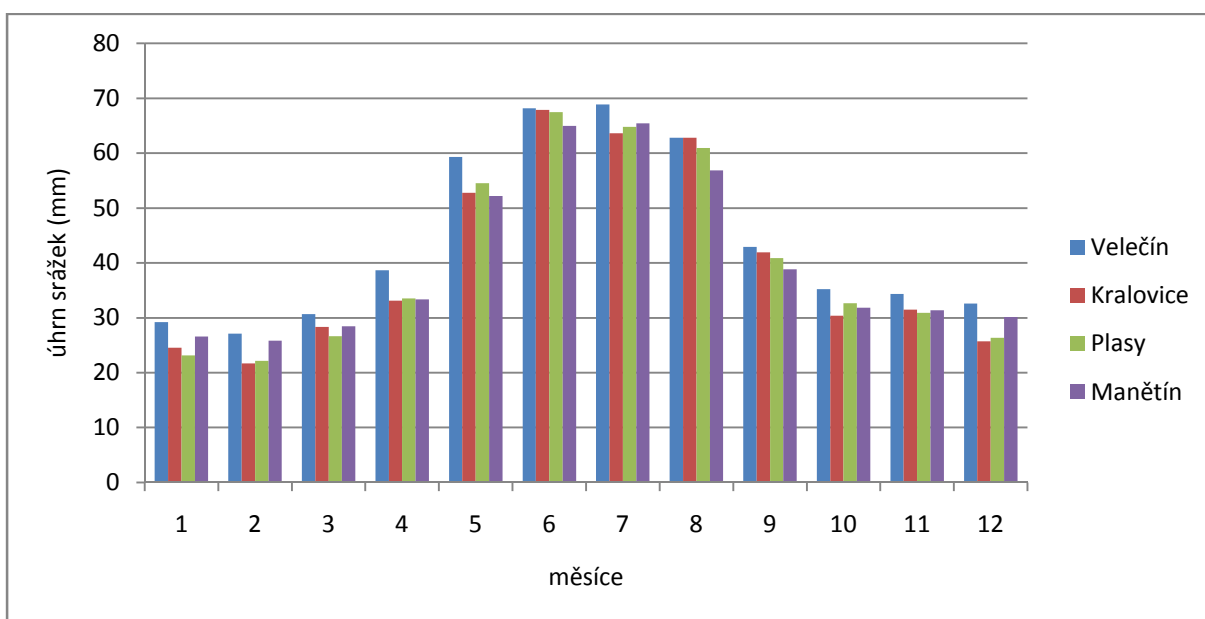
Ani jedna z těchto metod tedy není nejvhodnější k určení průměrné srážky na povodí. Třetí metoda, která zde bude prezentována, bere v potaz pouze 4 nejbližší stanice, které jsou poměrně rovnoměrně rozmístěny kolem povodí. Jedná se o stanice Velečín, Manětín, Plasy a Kralovice. Jak už bylo uvedeno výše, při konstrukci Thiessenových polygonů spadá území ke stanici Velečín (530 mm). Avšak při pohledu na ostatní tři stanice a jejich průměrný úhrn srážek (Manětín – 486 mm, Plasy – 484 mm, Kralovice – 485 mm), který je podstatně nižší, je zřejmé, že průměrná srážka na povodí Mladotického jezera bude nižší než oněch 530 mm. Při výpočtu je brán v potaz jednak rozdíl 45 mm srážek a také vzdálenosti stanic Manětín, Plasy a Kralovice ke stanici Velečín. Předpokládejme, že oněch 45 mm srážek je rovnoměrně rozloženo na tuto vzdálenost. Pak v polovině

vzdálenosti, tedy na jižním okraji studovaného území, je srážkový úhrn cca 508 mm. Průměrná srážka na povodí pak vychází na **519 mm**.

Janský (1975) uvádí průměrnou srážku na povodí jezera 539 mm, tedy hodnotu o 20 mm vyšší. Je to zapříčiněné vyššími hodnotami jak stanice Velečín (547,5 mm), tak stanicí Kralovice (500,8 mm). Ovšem i zde je vidět, že výsledná hodnota je o několik mm nižší než hodnota úhrnu srážek ve stanici Velečín.

Lepší představu o srážkové situaci v povodí nám v budoucnu podá meteorologická stanice Katedry fyzické geografie a geoekologie, která byla instalována v Žihli v květnu 2008. Bohužel pro její krátkou pozorovací řadu nemůže být do výpočtu průměrné srážky zahrnuta v dnešní době. Na základě této stanice jsou zhodnoceny pouze jednotlivé srážkové epizody a jejich následná odezva na hladině Mladotického potoka.

Pro posouzení odtokových charakteristik v jednotlivých částech roku je zapotřebí znát i údaje o atmosférických srážkách v jednotlivých měsících. Proto jsou na následujícím obrázku prezentovány průměrné měsíční srážkové úhrny ve čtyřech k povodí nejbližších stanicích (stanice Velečín, Kralovice, Plasy, Manětín).



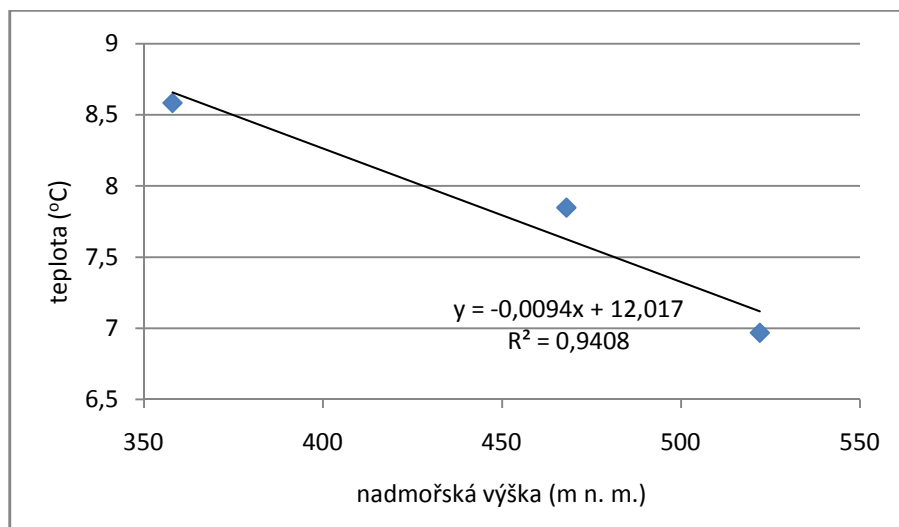
Obr. 15: Průměrné měsíční úhrny srážek na vybraných stanicích (zdroj: ČHMÚ)

Z grafu průměrných měsíčních úhrnů srážek je patrné, že maximum srážek spadne od června do srpna, tedy v letních měsících. Příčinou jsou letní přívalové deště. Minimum naopak v měsících zimních od prosince do března. Pouhým pohledem na graf je zřejmé, že ve všech uvedených stanicích mají srážkové úhrny téměř totožný průběh. Již tento graf tedy ukazuje, že zvýšená vodnost v povodí Mladotického jezera v jarních měsících je zapříčiněna především táním sněhové pokrývky, nikoli atmosférickými srážkami. Proto je třeba poukázat i na další meteorologický prvek, který tání ovlivňuje nejvíce, tedy teplotu.

6.5.2.2 Teplota vzduchu

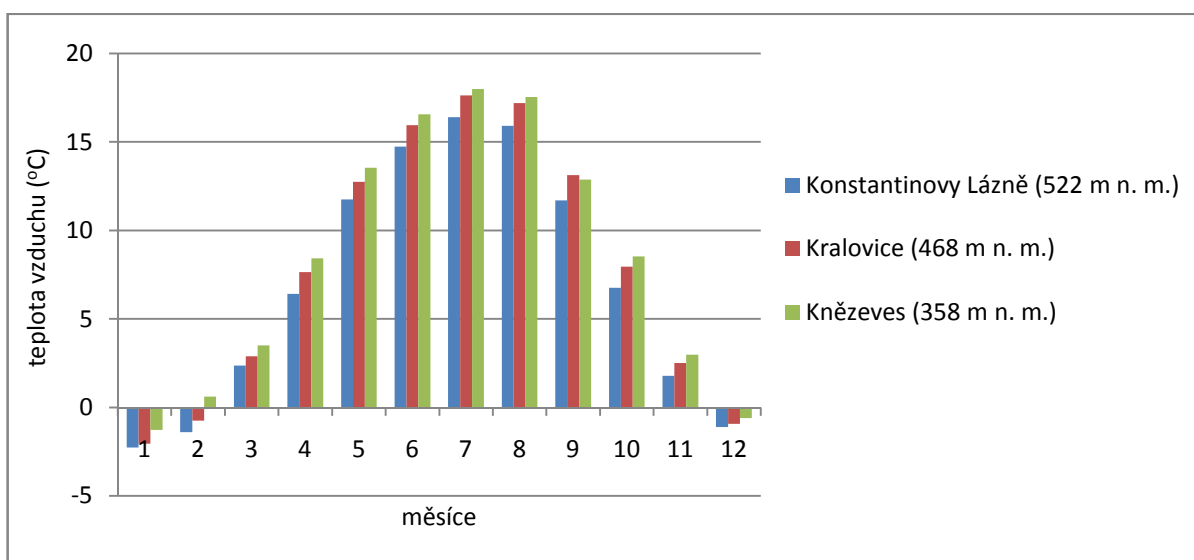
Teplota vzduchu je také důležitým klimatickým faktorem, který ovlivňuje odtokové poměry především v zimních a jarních měsících tím, že při záporných teplotách je v území akumulován sníh, který při náhlém zvýšení teploty rychle taje a způsobuje zvýšenou vodnost řek, tedy i Mladotického potoka a jeho přítoků. Sněhová pokrývka tedy velmi významně ovlivňuje odtokové poměry. Důležitá však není pouze její výška, ale i vodní hodnota sněhu.

Teplota vzduchu je oproti atmosférickým srážkám závislá na nadmořské výšce, jak ukazuje provedená regresní analýza.



Obr. 16: Závislost průměrné roční teploty vzduchu na nadmořské výšce pro klimatické stanice v oblasti povodí Mladotického jezera (zdroj: ČHMÚ)

Koeficient determinace dosahuje hodnoty 0,9408, což značí poměrně těsnou závislost. Znalost této skutečnosti je důležitá proto, že se stoupající nadmořskou výškou se posouvá do pozdějších dat i tání sněhové pokrývky. Na následujícím obráku jsou prezentovány průměrné měsíční teploty vzduchu ve třech nejbližších klimatických stanicích ČHMÚ měřících teplotu (stanice Kněževy, Konstantinovy Lázně a Kralovice)



Obr. 17: Průměrné měsíční teploty vzduchu na vybraných stanicích (zdroj: ČHMÚ)

I z tohoto grafu lze vyčíst nižší hodnoty teplot vzduchu ve stanici Konstantinovy Lázně, která leží v nejvyšší nadmořské výšce. Při znalosti nadmořských výšek v povodí Mladotického jezera (střední hodnota – 507, 8 m n. m.; max – 625,5 m n. m.; min – 412,5 m n. m.) lze konstatovat, že teplot pod bodem mrazu je dosahováno v prosinci, lednu a únoru. S tím, že v dolní části povodí stoupají teploty nad nulu už na přelomu února a března, zatímco ve vrcholových oblastech až v průběhu března. Toto zvyšování teploty způsobuje tání sněhové pokrývky a zvýšení vodnosti Mladotického potoka především v únoru a březnu. Co se extrémů týče, nejnižší teploty nastávají u všech tří sledovaných stanic v měsíci lednu, nejvyšších pak v červenci.

6.6 HYDROLOGIE POVODÍ

Povodí Mladotického jezera je odvodňováno stejnojmenným potokem, do kterého jako hlavní přítok ústí potok Žihelský. Měření průtoků na obou těchto tocích nad jejich soutokem byla zjištěna váha každého z nich při posuzování vodnosti Mladotického potoka v Přehořově. Výsledky těchto měření se ukázaly jako velmi zajímavé. Zatímco v jarních měsících, při tání sněhové pokrývky má vyšší průtoky potok Mladotický (65% x 35% - Žihelský potok), tak od léta do zimy má téměř dvakrát vyšší průtoky potok Žihelský. Je to pravděpodobně zapříčiněno táním sněhové pokrývky v pramenné oblasti Mladotického potoka, jež má tedy největší podíl na maximálních průtocích během jarního tání sněhu. Podle výsledků terénního měření má Mladotický potok mnohem větší rozkolísanost než potok Žihelský.

Při terénním výzkumu byl, ač pouze vizuálně, pozorován také podíl těchto toků na zanášení jezera, tedy na množství jimi unášeného materiálu. Jak se později ukázalo, vynikající bylo z tohoto pohledu terénní měření ze dne 28. 5. 2009. V tento den byla hladina jezera i Mladotický potok v Přehořově zbarven do sytě oranžové až hnědé barvy. Následným průzkumem bylo zjištěno, že všechen tento materiál pochází z dílčího povodí Žihelského potoka, které se tedy větší měrou podílí na stálém zanášení jezera. Zatímco Žihelský potok byl v tento den silně zakalený, Mladotický potok nad soutokem byl průzračně čistý. Toto dokládají i fotografie v přílohách této práce.

Do Mladotického jezera ústí dva vodní toky. Kromě Mladotického potoka je to ještě potok Odlezelský. Ten se však podílí na jezerním přítoku pouhými 2 - 5 %. V letních měsících někdy i téměř vysychá. Rovněž odtok je dvojitý. Z pravého jezírka vytéká kaskádovitě hlavní povrchový odtok a v čele rýhy pro bývalý železniční zářez odtok podpovrchový (cca 150 m JJV od povrchového odtoku). Průměrná vydatnost pramene činí asi 2 l/s (Janský, 1977). Hladinoměr v profilu Spálený Mlýn je instalován až pod soutokem těchto dvou toků.

6.7 BIOGEOGRAFIE POVODÍ

Nejllepší představu o biogeografickém členění najdeme v knize Culka a kol. (1996). Podle něj náleží studované území do provincie středoevropských listnatých lesů a podprovincie hercynské (největší část ČR). Území pokrývají dva bioregiony. Největší část zaujímá Rakovnicko – Žlutický, severovýchodní část pak bioregion Džbánský (Adámková, 1999).

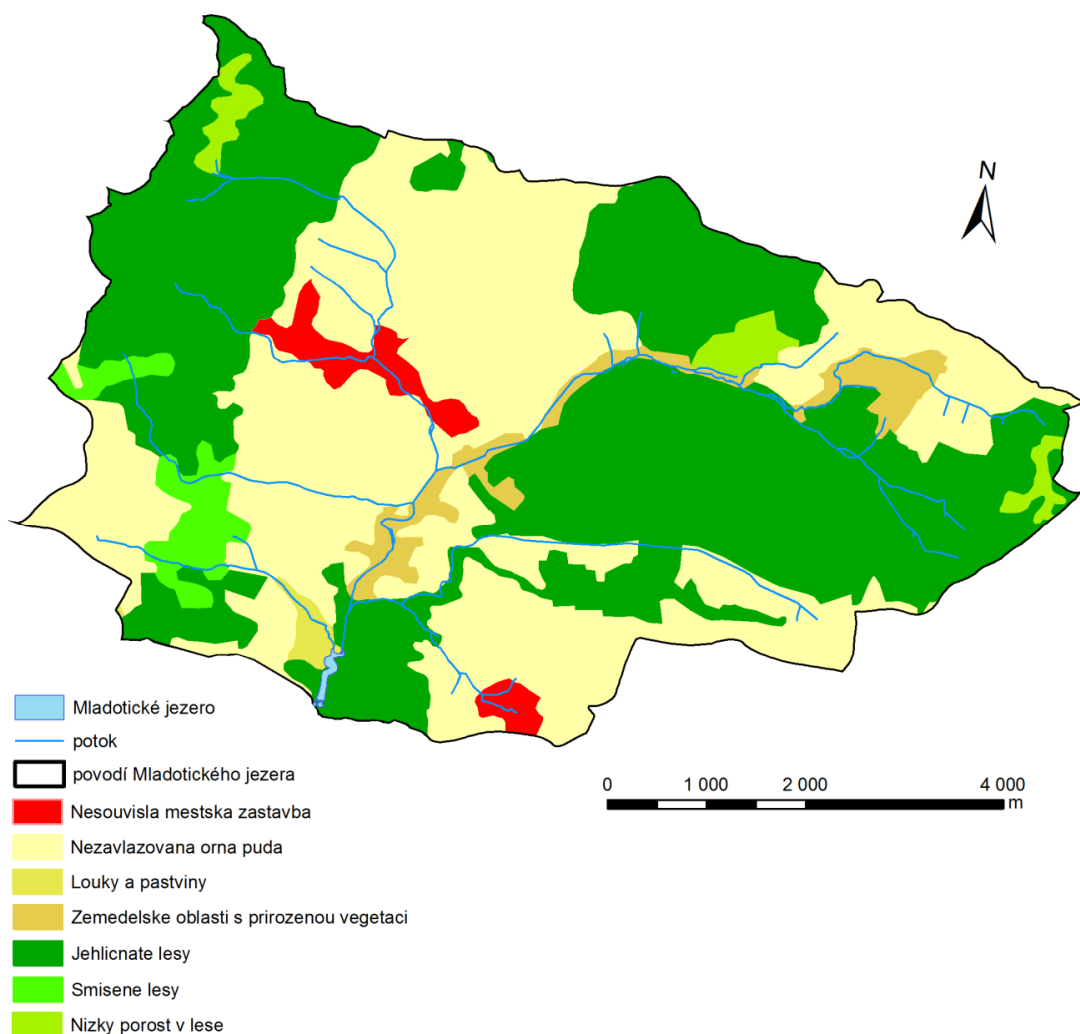
Rakovnicko – Žlutický bioregion je nepříliš vyhraněný, mezofilní, s hercynskou biotou ochuzenou též přispěním člověka. Zastoupen je 3. dubovo – bukový a 4. bukový vegetační stupeň s přirozeně omezeným výskytem buku a převahou prvků acidofilních doubrav a borů, s malou prezencí prvků hájů a květnatých bučin. V současnosti zde převládá orná půda, v lesích kulturní

smrčiny a v nižších polohách bory. V přirozené vegetaci hrají nejdůležitější roli vlhké louky, které na pramenných vývěrech přecházejí do společenstev rašelinných luk a výjimečně rašelinišť. Flóra bioregionu je nepřilíši pestrá, s dominancí mezofilních prvků.

Co se týče zvířectva, převažuje zde kulturní step s běžnou hercynskou faunou se západními vlivy (ježek západní, ropucha krátkonohá). V lesích se vyskytují měkkýši (vřetenatka obecná), v břehových porostech ptáci (moudivláček lužní). Ze savců např. myšice malooká. Potoky a říčky patří do pstruhového až parmového pásma (Culek et al., 1996).

V Džbánském bioregionu dominují teplomilné doubravy, v údolích dubohabřiny, místy bažinné olšiny, na severních svazích květnaté bučiny. Biota je o něco rozmanitější a náleží do 2. bukovo – dubového a 4. bukového stupně. Dnes převažují kulturní bory, přirozené lesy jsou ale zastoupeny také relativně v hojném počtu. V bezlesích oblastech dominuje orná půda. Pro flóru a faunu tohoto bioregionu platí totéž, co pro bioregion předešlý.

Co se týče krajinného pokryvu povodí Mladotického jezera, o tom nám dává představu obrázek přiložený v této kapitole. Ten ukazuje, že největší zastoupení má nezavlažovaná orná půda nacházející se především v nejnižších polohách. Vyskytují se také jehličnaté lesy, které dominují pramenným oblastem jednotlivých potoků.

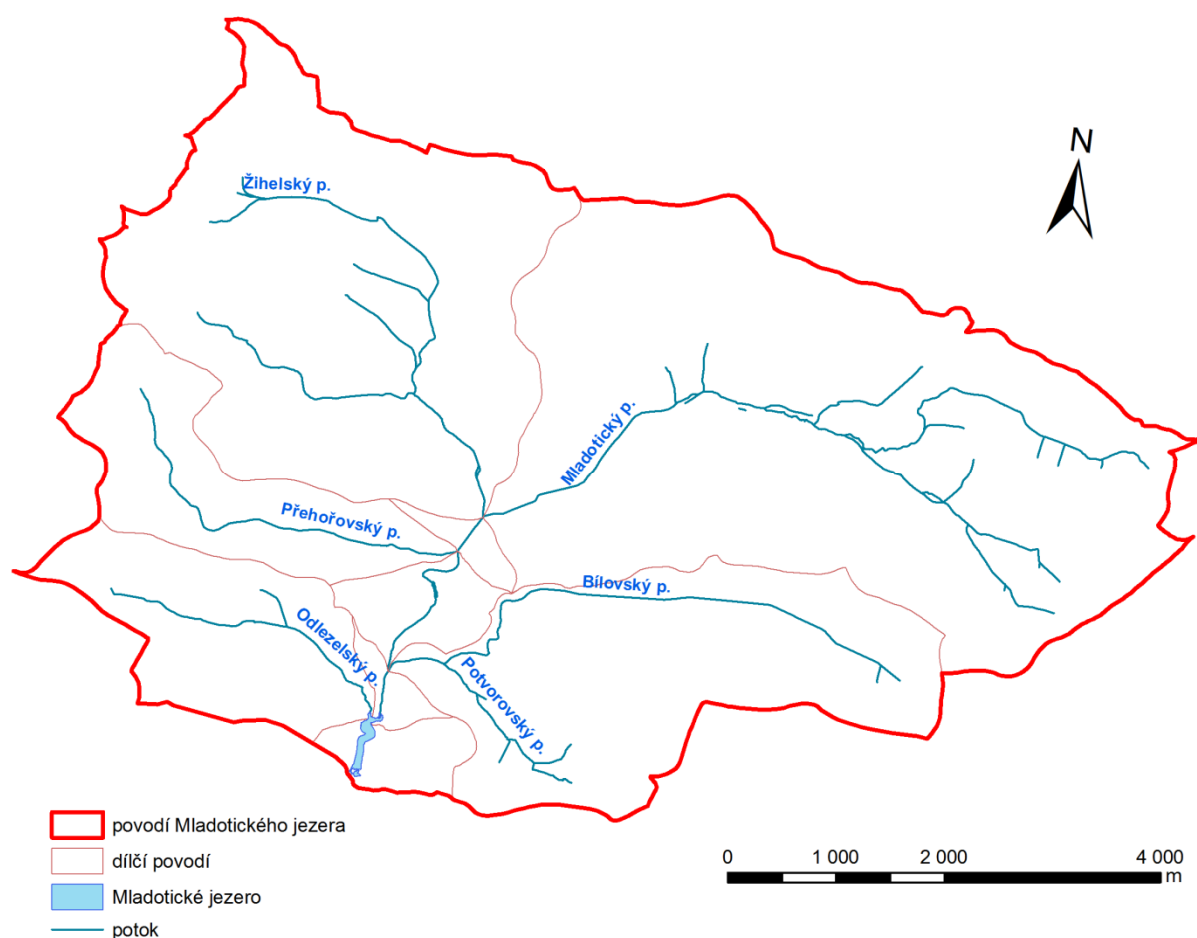


Obr. 18: Krajinný pokryv v povodí Mladotického jezera (zdroj: CORINE Landcover 2006, vlastní zpracování (ArcGIS))

7 HYDROGRAFIE

7.1 OBECNÝ HYDROGRAFICKÝ PŘEHLED

Povodí Mladotického jezera je horní částí povodí stejnojmenného potoka, který ústí jako levostranný přítok do řeky Střely. Podle absolutní řádovosti se jedná o tok řádu pátého (Labe – Vltava – Berounka – Střela – Mladotický potok). Jeho přítoky jsou tedy řádu šestého a vyšších. Patří k úmoří Severního moře. Pramení v nadmořské výšce 523 m n. m. a jeho délka (počítána od pramene k ústí do Mladotického jezera) je 9,145 km.



Obr. 19: Říční síť v povodí Mladotického jezera (zdroj: VÚV, vlastní zpracování (ArcGIS))

Mladotický potok teče zpočátku severozápadním směrem, po několika kilometrech se však stáčí k západu, aby nakonec pokračoval směrem jihozápadním. Prvním významným přítokem je Žihelský potok o délce 4,87 km, který ústí do potoka jako pravostranný. Dalším pravostranným přítokem je 3,934 km dlouhý Přehořovský potok ústící do potoka o 400 metrů dále. Jediným významným levostranným přítokem je potok Potvorovský o délce 2,282 km, do nějž však vtéká i potok Bílovský (4,924 km). Posledním významnějším přítokem je pravostranný Odlezenský potok o délce 2,996 km, který už ústí přímo do Mladotického jezera.

7.2 HYDROGRAFICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODÍ A ŘÍČNÍ SÍŤ

7.2.1 Povodí

Povodím rozumíme území, z něhož odtéká voda z atmosférických srážek nebo akumulovaná ve stálé sněhové pokrývce povrchovou a podzemní cestou do řeky. Povodí je omezené rozvodnicí.

Plocha povodí (P) je jedním z nejdůležitějších charakteristik toku. Je potřebná k výpočtu některých měrných jednotek odtoku a poskytuje nám první představu o významu řeky. Čím je větší povodí, tím větší je pestrost a variabilita přírodních podmínek, což má za následek složitější pochody v povodí z hlediska odtoku.

Následující text je věnován tvarovým vlastnostem povodí. Právě tvar povodí a uspořádání říční sítě má velký vliv na tvoření průtoků po spadnutí deště a při tání sněhu. K vzájemnému porovnávání jednotlivých povodí je nutno tvarové vlastnosti nějak kvantifikovat. K tomu slouží několik ukazatelů.

Plocha povodí	P	46,113 km²
Délka toku	L	9,949 km
Úhrnná délka toků	ΣL	44,949 km
Délka rozvodnice	L_R	33,699 km
Nejvyšší kóta povodí	h_{\max}	625,5 m n. m.
Nejnižší kóta povodí	h_{\min}	412,5 m n. m.

Tab. 4: Základní hydrografické údaje pro povodí Mladotického jezera (použité při výpočtech) – (zdroj: VÚV)

Prvním je **Gravelliův koeficient (K_G)**, jenž určuje poměr mezi délkou rozvodnice (L_R) a obvodem kruhu, který by měl stejnou plochu jako studované povodí. Platí tedy vzorec:

$$K_G = L_R / 2(\pi P)^{1/2}$$

Pro povodí Mladotického jezera vychází tato hodnota $K_G = 1,4$, přičemž platí, že čím je povodí protáhlejší, tím je hodnota Gravelliova koeficientu vyšší.

Dalším hojně využívaným ukazatelem tvaru povodí je **charakteristika povodí (α)**. Jedná se o poměr plochy povodí ke čtverci délky povodí (přímková vzdálenost mezi závěrovým profilem a bodem nejvzdálenějšího místa). Poté podle hodnoty rozlišujeme povodí protáhlá, přechodného typu a vějířovitá. V potaz se také bere velikost povodí, zda je menší či větší než 50 km². Pro zájmové povodí o délce 8,46 km vychází podle vzorce:

$$\alpha = P/L^2,$$

hodnota tohoto ukazatele $\alpha = 0,644$, což značí povodí vějířovité.

Posledním ukazatelem, který se věnuje tvaru povodí je **střední šířka povodí (ξ)**. Počítá se jako poměr plochy povodí a délky toku.

$$\xi = P/L$$

Pro povodí Mladotického jezera vychází střední šířka povodí $\xi = 4,635$ km.

Na charakteristiku odtoku mají vliv i sklonové poměry v povodí, které ovlivňují především rychlost odtoku. Proto zde některé z nich vyjádříme číselně. Prvním z nich je **převýšení (Δh)**, které udává rozdíl mezi maximální a minimální nadmořskou výškou v povodí. Nejvyšším místem v povodí je kóta v severozápadní části povodí ve výšce 625,5 m n. m, která je zároveň součástí rozvodnice studovaného povodí. Nejnižším pak jižní hranice Mladotického jezera v nadmořské výšce 412,5 m n. m. Převýšení se tedy spočítá

$$\Delta h = h_{max} - h_{min}$$

přičemž pro povodí jezera vychází převýšení $\Delta h = 213$ m. Sklonové poměry lze také vyjádřit hodnotou **průměrného sklonu povodí (I)** vypočítaného podle vzorce:

$$I (\text{‰}) = h \cdot \sum l / P,$$

kde h je výšková vzdálenost vrstevnic v km, $\sum l$ je součet délek vrstevnic v km a P je plocha povodí v km². Avšak určovat sklon tímto způsobem je velmi náročné. Proto se používá vzorec jednodušší, který udává hodnotu sklonu jen přibližnou.

$$I (\text{‰}) = (h_{max} - h_{min}) / P^{1/2}$$

Takto vypočtený průměrný sklon povodí Mladotického jezera je $I = 31,37$ ‰.

7.2.2 Říční síť

Říční síť v jakémkoli území je výsledkem dlouhodobého geomorfologického a geologického vývoje. Postupné zařezávání řek do zemského povrchu je dáno geologickým složením území, především odolností hornin. Dnešní podoba říční sítě na našem území se formovala už od konce třetihor. K největšímu zahlubování toků pak docházelo ve čtvrtohorách v důsledku střídání glaciálů a interglaciálů.

Říční soustava bývá uspořádána na povodí rozličně, symetricky nebo asymetricky. Horní část Mladotického potoka má typ stromovité říční sítě s převahou pravostranných přítoků. To dělá tento typ stromovitého uspořádání mírně asymetrický. Je charakterizován oboustranným střídavým posilováním hlavního toku přívodem vody z přítoků, což přispívá k rovnoměrnému růstu vodnosti a k rovnoměrnějšímu časovému rozložení průtoků.

Velmi dobrým ukazatelem, který ovlivňuje velikost povrchového odtoku z povodí je **hustota říční sítě (r)**. Její míru vyjadřuje poměr úhrnné délky toků k celkové ploše povodí. Tento ukazatel je však velmi závislý na vstupních podkladech, především pak na generalizování vodních toků v území. Pro výpočet hustoty říční sítě v povodí Mladotického jezera byly použity podklady z databáze VÚV. Poté podle vzorce:

$$r = \sum L/P$$

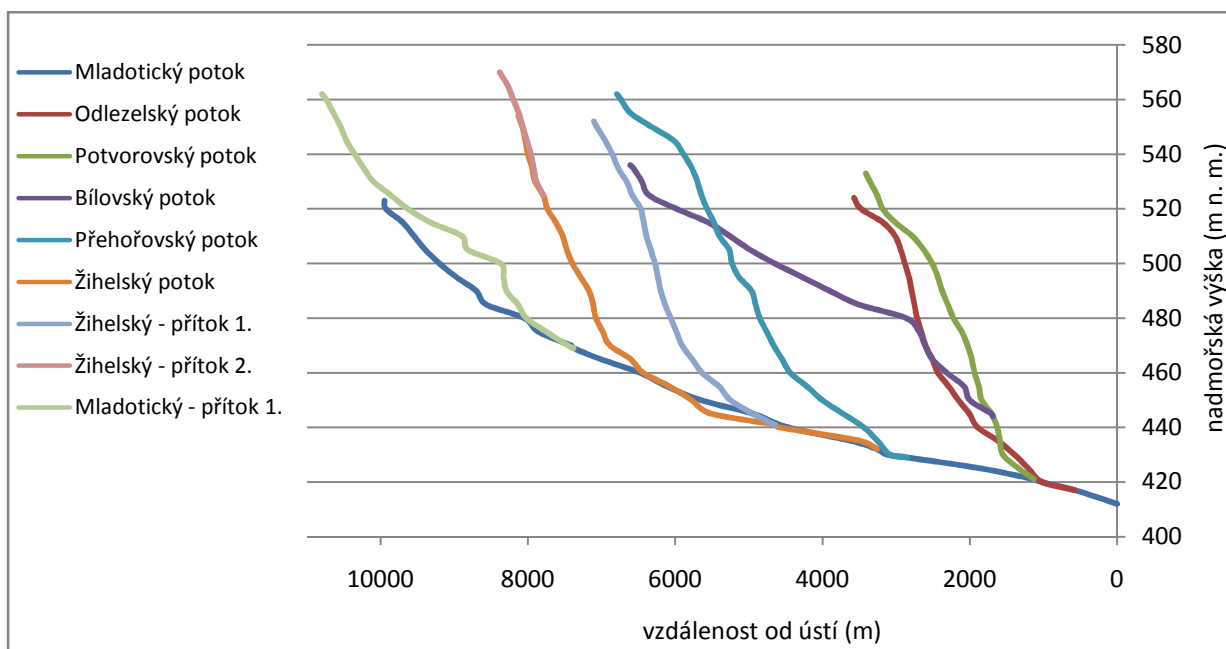
a s přihlédnutím na nepřesnost vychází tato hodnota na $r = 0,975 \text{ km/km}^2$. Ve skutečnosti pak bude tato hodnota ještě o něco vyšší díky už zmíněné generalizaci. I přes tuto nepřesnost můžeme konstatovat, že nejvyšší hustotu mají pramenné úseky toků, především Mladotického a Žihelského potoka.

Dalším ukazatelem, kterým se dá charakterizovat říční síť, je **střední sklon toku (I)**. Je to poměr rozdílu nadmořských výšek pramene a ústí v m, tedy spádu toku, a délky toku v km. Vzorec pro střední sklon toku je:

$$I (\text{‰}) = \Delta h / L$$

Střední sklon horní části Mladotického potoka je **I = 11,11 ‰**.

Velmi dobrým ukazatelem spádových poměrů vodních toků představuje rozvinutý podélný profil říční soustavy. Jsou na něm graficky vyjádřeny délky a výškopisné poměry vodních toků. Obrázek 20 představuje rozvinutý podélný profil horního toku Mladotického potoka. Kromě hlavního toku jsou na něm zobrazeny i spádové poměry jeho přítoků.



Obr. 20: Rozvinutý podélný profil říční sítě horního toku Mladotického potoka (zdroj: DMÚ 25, VÚV, vlastní zpracování)

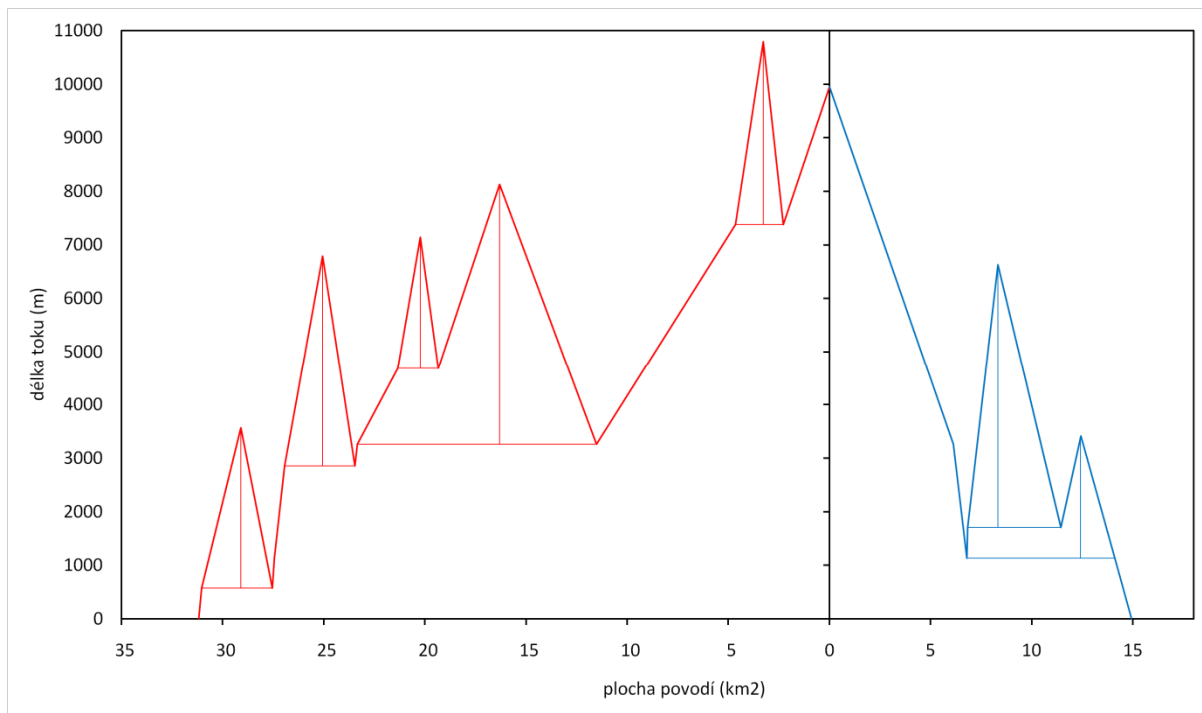
Z podélného profilu horního toku Mladotického potoka je patrné, že sklon samotného potoka je od pramene k ústí do Mladotického jezera poměrně stálý. Nejvyšší sklon má v pramenné oblasti. Oproti svým přítokům je však i tento sklon poměrně malý.

Pomocí číselného koeficientu se dá vyjádřit i další znak říční sítě, a to míra křivolakosti. Křivolaký průběh je přirozeným znakem všech řečišť. Jeho míra je však velmi rozličná. Dá se vyjádřit **stupněm vývoje toku (K_k)** určeným poměrem skutečné délky (L) k délce přímkové spojnice počátečního a konečného bodu zkoumaného úseku nebo celého toku (l_p). Vyšší číselná hodnota ukazuje vyšší míru křivolakosti. Pro horní tok Mladotického potoka vychází podle vzorce:

$$K_k = L/l_p$$

hodnota $K_k = 1,49$.

Posledním grafem, který je v této kapitole uveden, je pravoúhlý graf vývoje povodí Mladotického jezera. Tento graf vyjadřuje podíl plochy povodí na ploše levé, respektive pravé části povodí a zároveň ukazuje nárůst plochy povodí podle vzdálenosti od pramene. Z tohoto grafu je patrné, že Mladotický potok nad jezerem má převahu pravostranných přítoků a tudíž i plocha „pravého“ povodí je více než dvojnásobná oproti její „levé“ části.



Obr. 21: Pravoúhlý graf vývoje povodí Mladotického jezera (zdroj: VÚV, vlastní zpracování (ArcGIS, Excel))

8 SRÁŽKOOTOKOVÝ PROCES

8.1 VYHODNOCENÍ HYDROLOGICKÝCH DAT Z VODOMĚRNÉ STANICE PLASY (1942 - 2007)

Díky vstřícnosti Českého hydrometeorologického ústavu v Plzni byla poskytnuta denní řada průtoků ze stanice 1900 Plasy od počátku pozorování do roku 2007. Jedná se tedy o řadu 66 hydrologických let řeky Střely, která byla využita k analýze chodu denních, měsíčních i ročních průtoků.

8.1.1 Odtokové charakteristiky

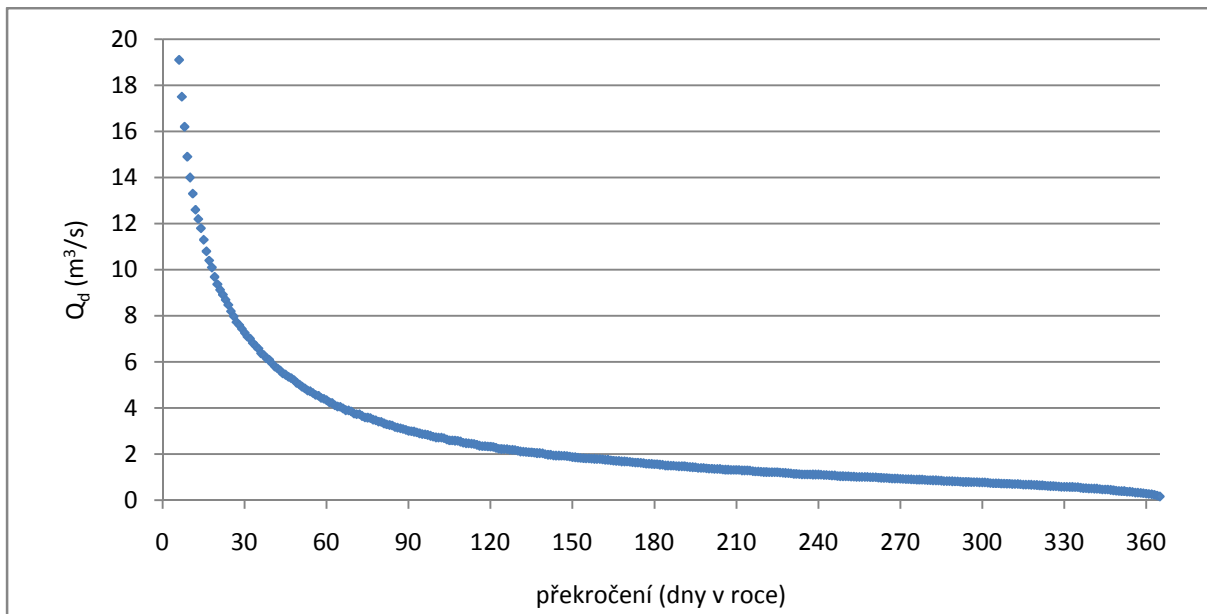
Základní jednotkou pro konečnou fázi odtoku vody z povodí je **průtok (Q)**. Je to množství vody, které protéká za jednu vteřinu průtočným profilem (příčným průřezem koryta) a udáváme ho v m³/s. Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a) pro stanici Plasy je **2,896 m³/s**. Jedná se o dlouhodobý průměrný průtok za hydrologické roky 1942 - 2007.

Kromě průtoků se pro vyjádření odtokových poměrů v povodí používají i další charakteristiky. Jednou z nich je **objem odtoku (O)**. Je to celkové množství vody, které odeče korytem řeky za hydrologický rok. Průměrný roční objem odtoku se vypočítá vynásobením dlouhodobého průměrného průtoku (Q_a) počtem sekund v roce. Pro Střelu vychází **O_a = 91,39 · 10⁶ m³/rok**.

8.1.2 Denní průtoky

V jednotlivých dnech jsou vodnosti určeny průměrnými denními průtoky (**Q_d**). Tyto průtoky jsou v průběhu roku proměnlivé, ale za několik let by se měl ukázat určitý trend jejich chodu. V závěru této podkapitoly je vyhodnocen jako příklad hydrologický rok 1978, jakožto rok hydrologicky nejvýznamnější, neboť v tomto roce proběhla největší povodeň na tomto území při sledování od roku 1942.

Nejllepší představu o rozkolísanosti průměrných denních průtoků představují čáry překročení (histogramy kumulativních četností). Překročení se vyjadřuje počtem dnů v roce jak pro jednotlivé roky, tak i pro řadu roků (průměrné překročení). Hodnoty překročení se označují jako M-denní průtoky, tzn., že tento průtok byl překonán M - dní v roce. Poskytují údaje o celkovém trvání daného průtoku a průtoků vyšších nebo daného průtoku a průtoků nižších (Netopil, 1984). Na následujícím obrázku je zobrazeno průměrné překročení průměrných denních průtoků ve stanici Plasy za období 1942 – 2007.



Obr. 22: Průměrné překročení průměrných denních průtoků ve stanici Plasy za období 1942 – 2007 (zdroj: ČHMÚ)

Z této čáry průměrného překročení lze konstatovat, že řeka Střela má v profilu Plasy poměrně malou rozkolísanost průměrných denních průtoků. Jestliže pak chceme tuto rozkolísanost kvantifikovat, můžeme tak udělat několika způsoby. Hlavními jsou decilová odchylka a variační koeficient. **Decilová odchylka (D)** je odvozena z M-denních průtoků. Je to průměr odchylek jednotlivých sousedních decilů, tj. hodnot průtoků, které rozdělují řadu denních průtoků do deseti částí o stejném počtu. Vztah pro výpočet decilové odchylky je:

$$D = (Q_{30} - Q_{330})/10$$

Roky 1942 -2007 ($Q_{30} = 7,270 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{330} = 0,590 \text{ m}^3/\text{s}$): $D = 0,668 \text{ m}^3/\text{s}$.

Decilová odchylka však neodráží všechny členy řady, ale pouze asi 85 % jejích členů. A navíc s ohledem na rozdílnou vodnost řek je potřeba použít **relativní variaci (V)**, která je vztažena k dlouhodobému průměrnému průtoku. Je to podíl decilové odchylky a právě tohoto ukazatele:

$$V = D/Q_a$$

Roky 1942 - 2007 ($V = 23,1 \%$).

Nejvhodnější je však takový ukazatel, který měří současně jak variaci ve smyslu vzájemné odlišnosti všech hodnot denních průtoků, tak variaci každého průtoku vztaženého k dlouhodobému průměru. Tímto ukazatelem je **variační koeficient (C_v)**, který je podílem směrodatné odchylky a dlouhodobého průměru. Vztah pro výpočet je:

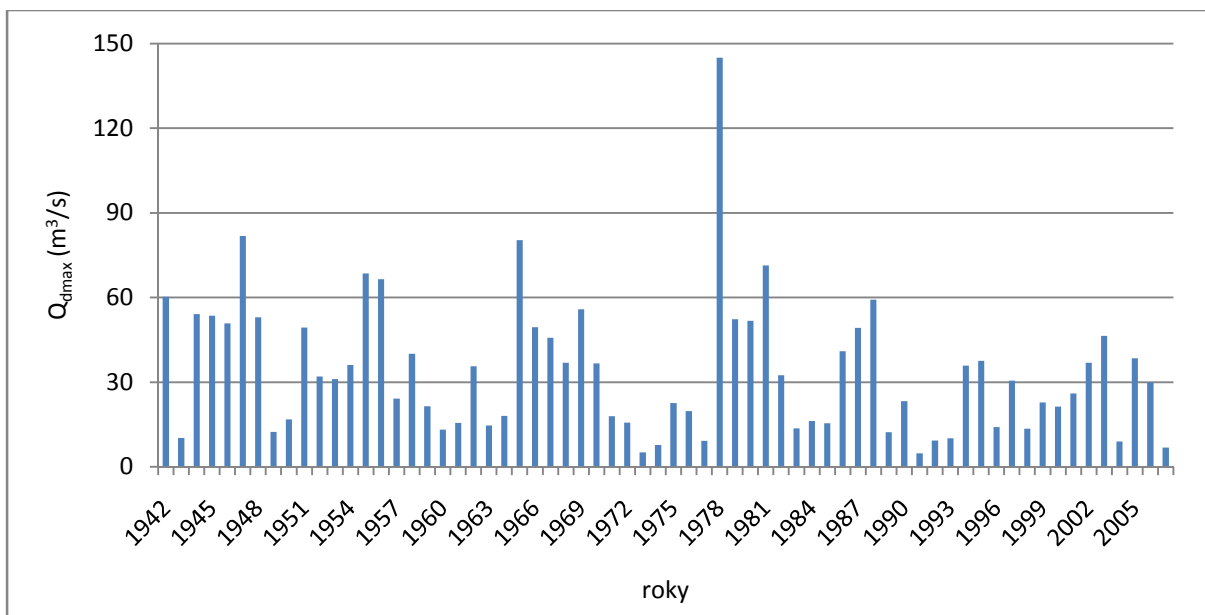
$$C_v = \delta/Q_a = [\sum(Q_d - Q_a)^2/n]^{1/2}/Q_a$$

Roky 1942 - 2007 ($C_v = 1,59$)

U všech tří ukazatelů platí, že čím je vyšší hodnota tohoto ukazatele, tím je vyšší variabilita souboru. A jelikož se tyto výsledky pohybují v nízkých hodnotách, dá se konstatovat, že řeka Střela je v profilu Plasy tokem s poměrně vyrovnanými průměrnými denními průtoky.

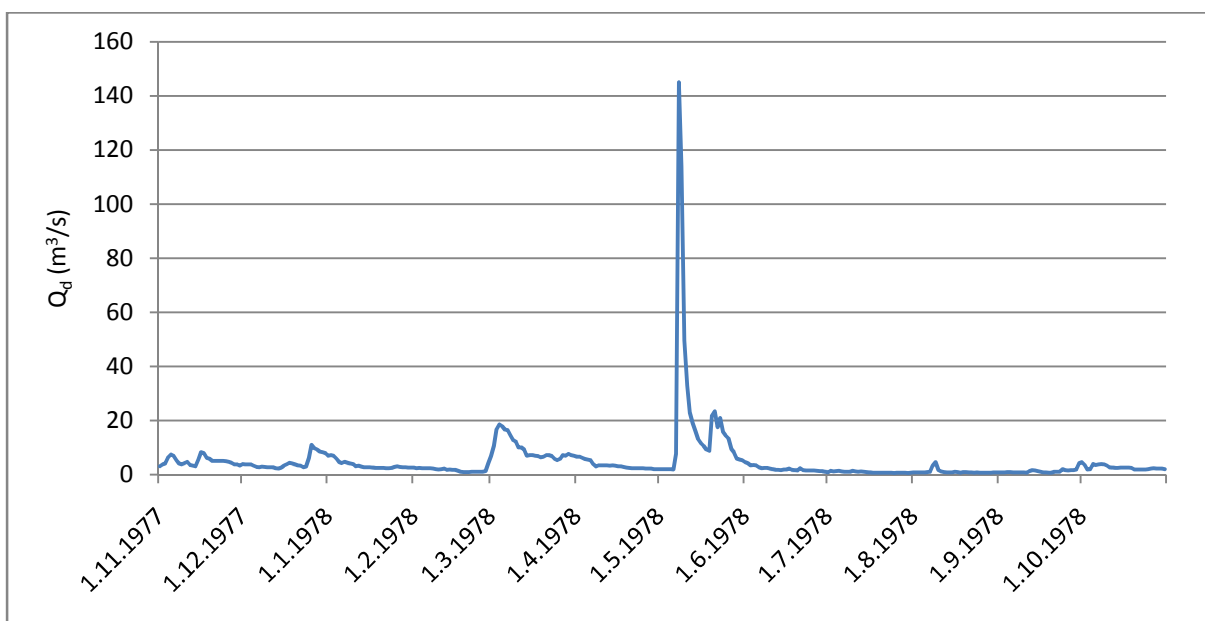
8.1.2.1 Hydrologický rok 1978

Hydrologický rok 1978 byl na řece Stře v profilu Plasy významný především z hlediska jedné mimořádné povodňové epizody. Při pohledu na hodnoty maximálních denních průtoků v roce ve stanici Plasy za období 1942 – 2007 vidíme, že v tomto roce toto maximum výrazně překračuje denní maxima ostatních let.



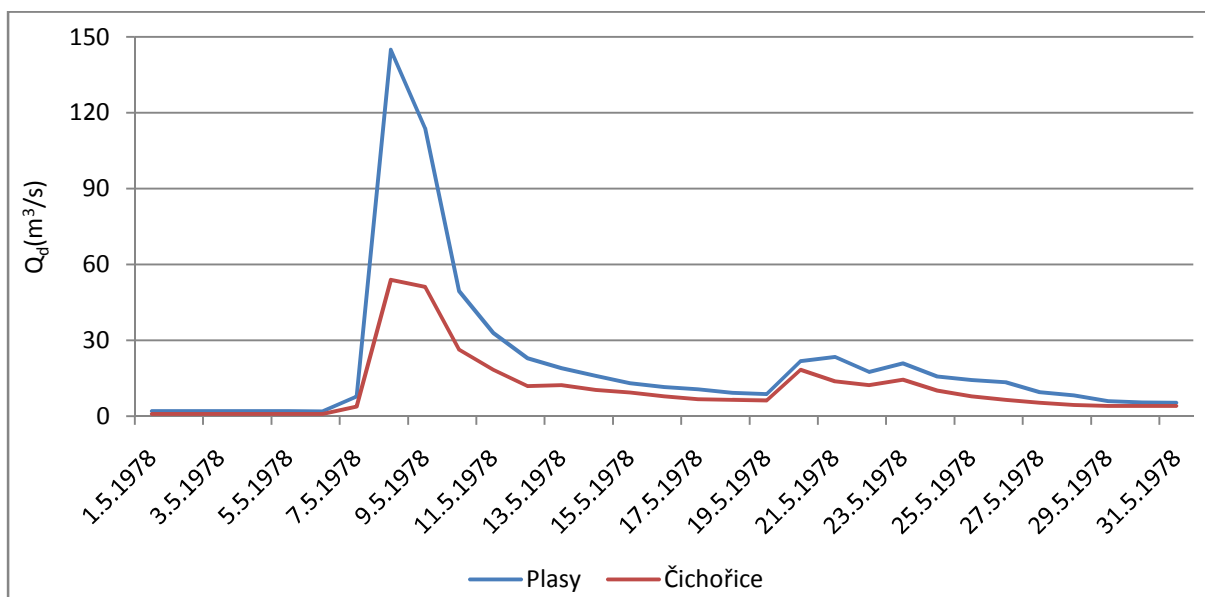
Obr. 23: Maximální denní průtok v roce ve stanici Plasy za období 1942 – 2007 (zdroj: ČHMÚ, vlastní zpracování)

Jestliže však porovnáme tento obrázek s obr. 30 zjistíme, že z hlediska průměrných ročních průtoků tak významný není. Tento rok byl převážně suchý, avšak s jednou, zato velmi významnou, povodňovou situací. To dokládá i následující obrázek.



Obr. 24: Průměrné denní průtoky v profilu Plasy na řece Stře za hydrologický rok 1978 (zdroj: ČHMÚ, vlastní zpracování)

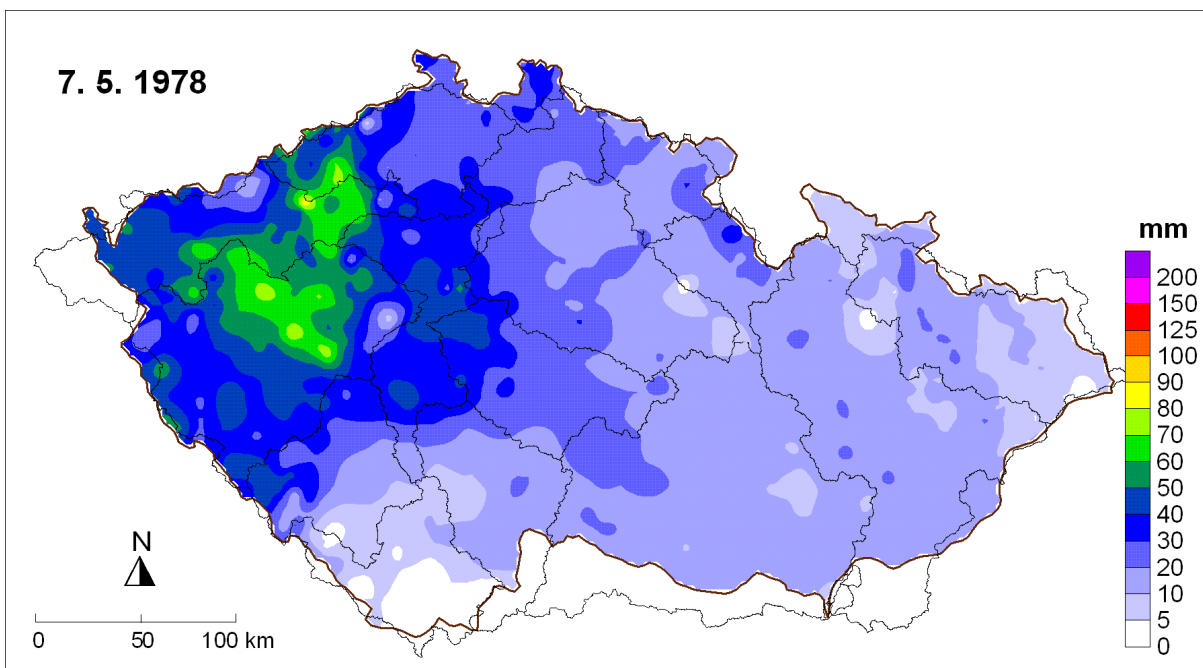
Proto zde bude podrobněji rozebrána právě pouze situace kolem 8. 5. 1978, kdy došlo ke kulminacím na řece Střele. Na následujícím obrázku jsou zachyceny průměrné denní průtoky ve stanici Plasy a stanici Čichořice, která je od Plas vzdálena cca 40 km proti proudu, tedy výše po toku.



Obr. 25: Povodňová situace na řece Střele z května 1978 (zdroj: ČHMÚ, vlastní zpracování)

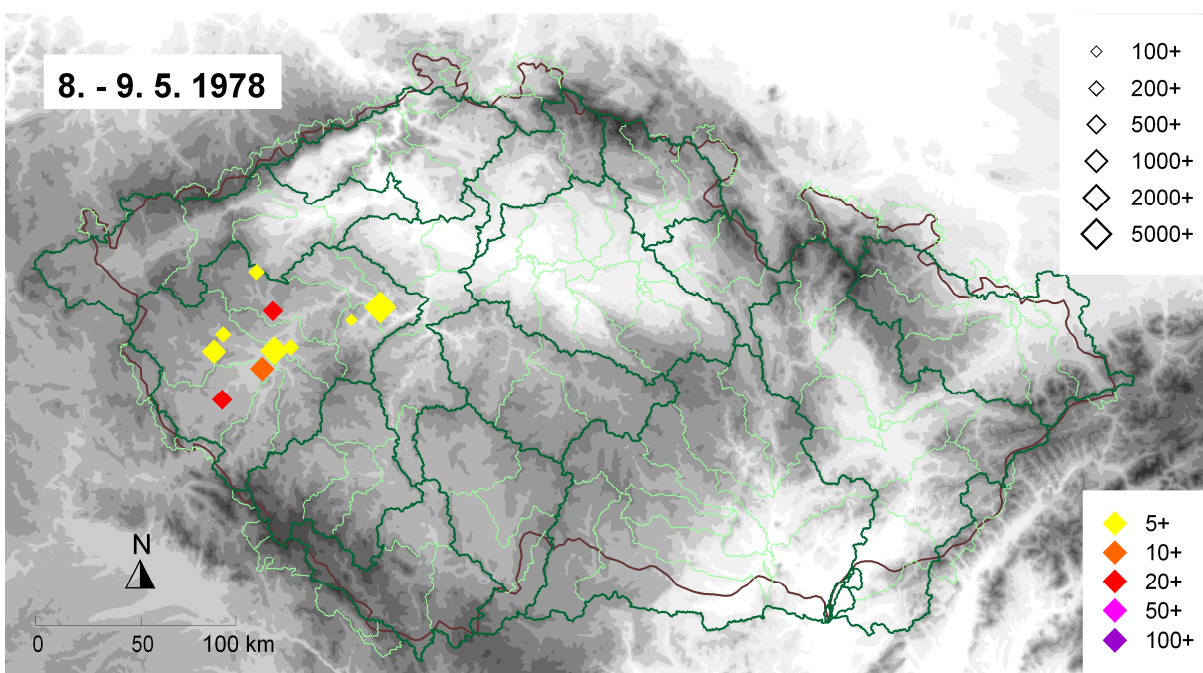
Z obr. 25 je patrné, že kulminační průtok na Střele v profilu Plasy nemohl být způsoben pouze povodňovou situací na řece Střele (stanice Čichořice). Zde byl naměřen průtok pouze pětiletý, zatímco ve stanici Plasy je uváděn průtok třicetiletý (Kašpar, Müller, 2009). Výrazný rozdíl mezi výškami kulminací byl způsoben rozsáhlým rozvodněním jejích přítoků, tedy Manětínského a Mladotického potoka. Zatímco o prvně zmiňovaném žádné informace nemáme, o rozvodnění Mladotického potoka jsou zmínky v tehdejším denním tisku. Voda z potoka zde zaplavila i obec Mladotice. Jednalo se dokonce o největší povodeň, která postihla toto území ve 20. stol.

Příčinou povodně byly srážky trvalého charakteru, které postupovaly na naše území od západu. Dne 5. 5. 1978 postupovala cyklóna od Biskajského zálivu. O den později už bylo čelo cyklóny nad naším západním územím a začaly vypadávat první srážky. Dne 7. 5. 1978 se tato tlaková níže rozprostřela přes celé naše území, kde vytrvala i následující den. Největší srážkové úhrny spadly během 7. května tohoto roku (Kašpar, Müller, 2009). Úhrn srážek na našem území z tohoto dne dokládá i následující obrázek.



Obr. 26: Denní úhrny srážek na našem území dne 7. 5. 1978 (zdroj: Kašpar, Müller, 2009)

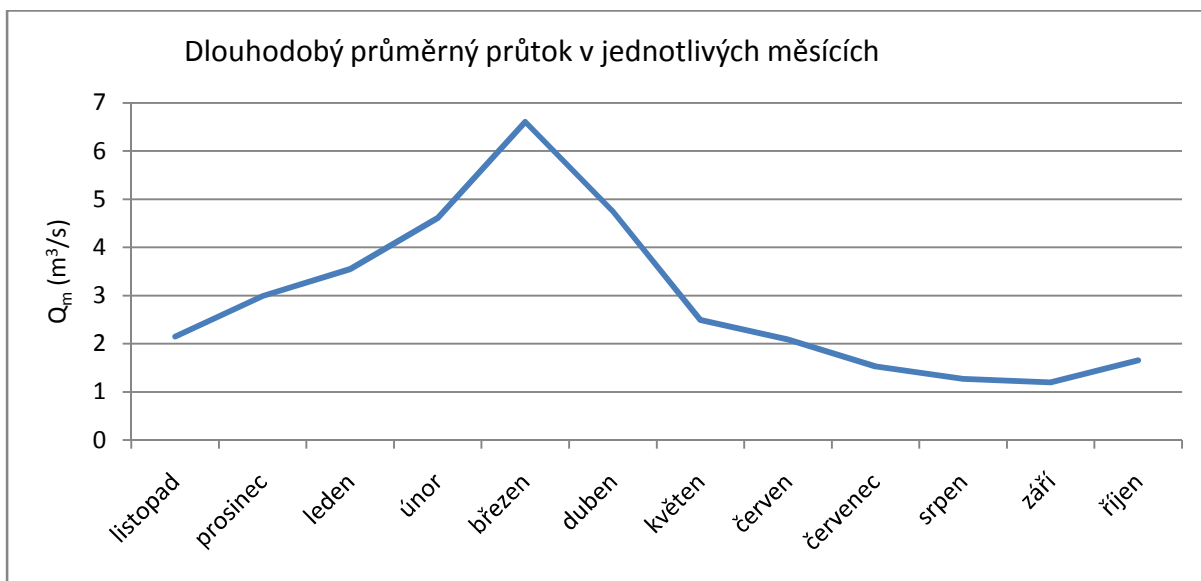
Kulminace povodně na řece Střele nastala 8. 5. 1978. Kdy nastala kulminace na Mladotickém potoce a kolik vody zde teklo se můžeme jen domnívat. Ale vzhledem k n-letosti této epizody u obou profilů (Čichořice a Plasy) můžeme předpokládat, že Mladotický potok přispěl svou vodností velkou měrou k rozsahu této povodně.



Obr. 27: N-letosti vod za povodně v květnu 1978 (zdroj: Kašpar, Müller, 2009)

8.1.3 Měsíční průtoky

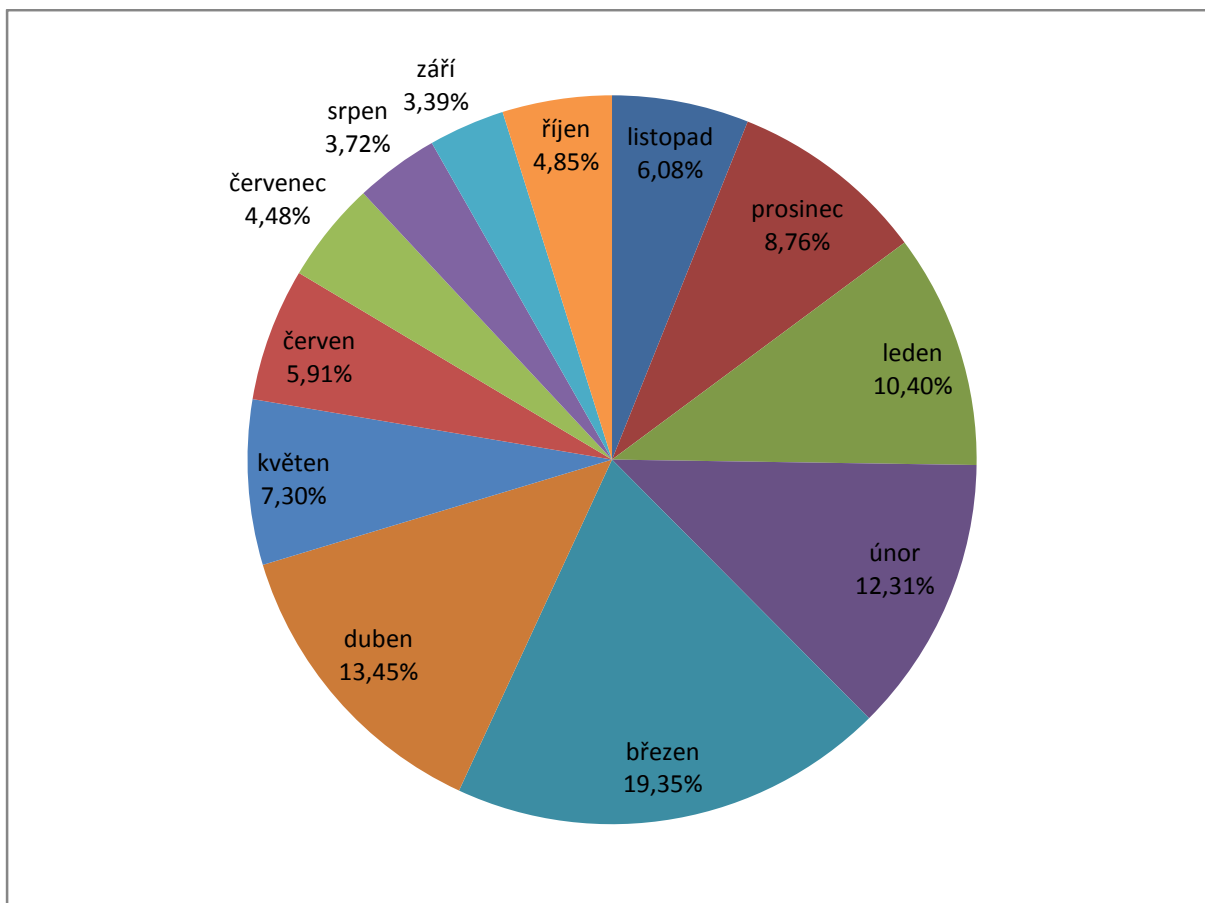
Rozložení odtoku v průběhu každého roku se posuzuje i podle časového sledu měsíčních průtoků. Tyto průměrné měsíční průtoky (Q_m) charakterizují rozložení v průběhu roku. Jedná se tedy o roční chod měsíčních průtoků. Pravidelnosti v tomto chodu lze vyjádřit dlouhodobými měsíčními průtoky. Ty jsou pro příklad stanice Plasy počítány z 66 hydrologických let. Měsíční průtoky jsou ovlivňovány zejména klimatickými charakteristikami, které mají pravidelnější a dlouhodobější působnost. Hlavními jsou samozřejmě srážky a teplota. Ty také způsobují postupné hromadění a tání sněhové pokrývky, což největší měrou ovlivňuje nejvyšší průtoky v jarních měsících.



Obr. 28: Dlouhodobý průměrný průtok v jednotlivých měsících ve stanici Plasy za období 1942-2007 (zdroj: ČHMÚ)

Jak je názorně vidět z grafu, řeka Střela v profilu Plasy je dlouhodobě nejvodnější v jarních měsících, kdy se projevuje tání sněhové pokrývky.

Roční chod odtoku je možné rozložit i na odtok za roční doby, půlroky (vegetační, chladný). Do zimního období spadají měsíce prosinec, leden a únor, jarními měsíci jsou březen, duben a květen. Do léta spadají červen, červenec a srpen a zbylé září, říjen a listopad jsou měsíci podzimními. Na obrázku 29 jsou vyjádřeny podíly jednotlivých měsíců a následně ročních období tak, jak se podílejí na ročním odtoku.



zima (%)	jaro (%)	léto (%)	podzim (%)
31,47	40,1	14,11	14,32

Obr. 29: Procentuální podíly dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků a podílů roč. období na řece Střele ve stanici Plasy (zdroj: ČHMÚ)

Na jarní období připadá 40,1 % odtoku. Jde tudíž o roční rozložení, jak uvádí Netopil (1984), mírně nevyrovnané. Příčiny již byly zmiňovány několikrát. Nejméně vodným ročním obdobím je léto. Je to dáno především vysokými teplotami v tomto období, tedy i vysokým výparem. Navíc i vegetace má v tomto období větší spotřebu vody, tudíž i srovnatelné srážky nezajistí stejné průtoky jako v chladnějších měsících.

Jestliže chceme míru variability tohoto souboru vyjádřit kvantitativně, máme na výběr několik ukazatelů. K vzájemnému srovnání řek rozdílné vodnosti je vhodné použití koeficientu K_r . Pomocí něho se dá zhodnotit průměrné rozložení odtoku, jelikož bere v potaz procentuální podíl každého z měsíčních odtoků na dlouhodobém průměrném ročním odtoku (ve vzorci je tento podíl značen p_i). Vzorec pro koeficient K_r je:

$$K_r = \sum | p_i - 8,3 | / 8,3,$$

kde hodnota 8,3 představuje průměrný podíl každého z měsíčních odtoků. Hodnoty tohoto koeficientu se pohybují mezi 0 a 22. Prvně zmiňované číslo znamená absolutně vyrovnaný odtok, druhé pak maximálně nevyrovnaný odtok, kdy celoroční množství odteče za jediný měsíc. Pro řeku Střelu v profilu Plasy nabývá tento koeficient hodnoty **5,44**.

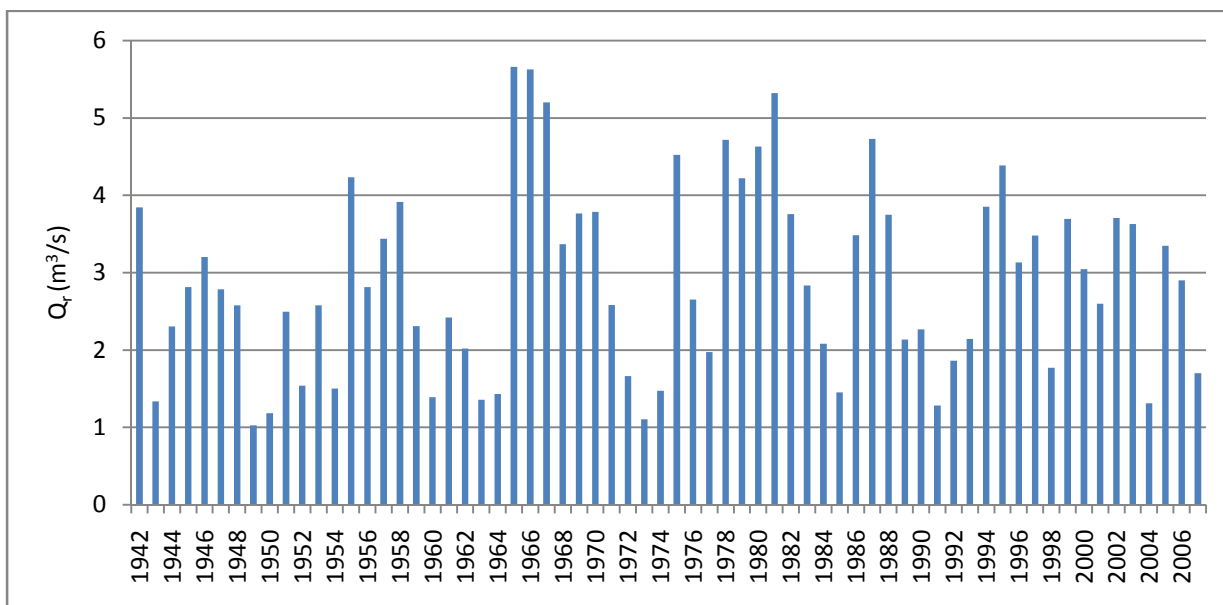
Dalším koeficientem, který lze použít, je koeficient míry proměnlivosti (V_m), který je v podstatě variačním koeficientem. Jedná se o poměr směrodatné odchylky a dlouhodobého průměrného průtoku, kde je brán v potaz rozdíl mezi dlouhodobými průměrnými měsíčními průtoky a dlouhodobým průměrným průtokem. Pro studovaný tok nabývá hodnoty $V_m = 0,554$.

$$V_m = \delta/Q_a = [\sum(Q_{ma} - Q_a)^2/n]^{1/2}/Q_a$$

Z uvedených grafů a koeficientů vyplývá, že řeka Střela je tok s mírně nevyrovnaným odtokem, kdy maximum odtoku připadá na měsíc březen a minimum pak na září, avšak červenec a srpen dosahují také velmi nízkých hodnot průtoků. Důvody už byly zmíněny výše. Co se týče rozložení v ročních obdobích je situace obdobná, největší podíl odtoku připadá na jaro a nejmenší na léto. Ale i zde platí, že podzim je téměř stejně vodný jako letní období.

8.1.4 Roční průtoky

Roční vodnosti řek vyjádřené jejich ročním průtokem (Q_r) se mění hlavně v závislosti na velikosti podílu hlavního zdroje napájení, v našich přírodních podmínkách tedy hlavně na množství srážek na povodí a na jejich časovém rozložení. Významné jsou však i sněhové srážky v zimě. Jejich jarní odtok může významně ovlivnit velikost ročního průtoku (Netopil, 1984). Následující graf průměrných ročních průtoků poukazuje na vodnosti jednotlivých hydrologických let.



Obr. 30: Průměrné roční průtoky řeky Střely ve stanici Plasy (1942 - 2007) – (zdroj: ČHMÚ, vlastní zpracování)

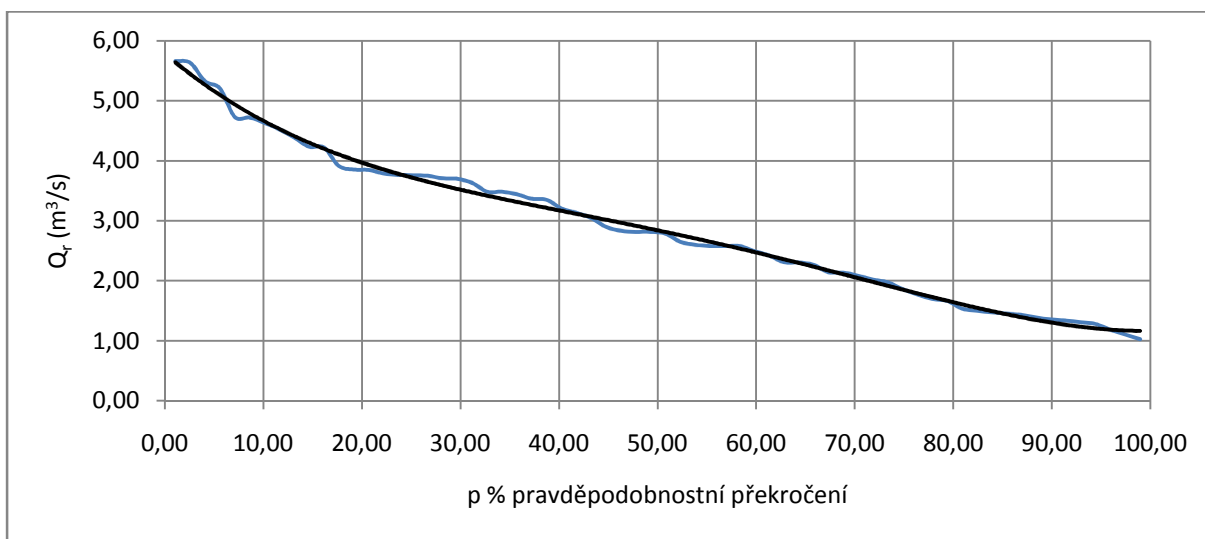
Jestliže chceme posoudit míru vodnosti řek v jednotlivých rocích, můžeme použít poměr ročních průtoků a dlouhodobého průměrného průtoku, tedy Q_r/Q_a . Ten umožňuje rozlišovat roky nadprůměrně a podprůměrně vodné, popř. průměrně vodné.

hydrologický rok	Q_r (m ³ /s)	Vodnost hydrologického roku oproti průměru (v %)	hydrologický rok	Q_r (m ³ /s)	Vodnost hydrologického roku oproti průměru (v %)
1942	3,85	132,82	1975	4,52	156,15
1943	1,34	46,23	1976	2,65	91,58
1944	2,3	79,6	1977	1,97	68,2
1945	2,81	97,22	1978	4,72	162,91
1946	3,2	110,68	1979	4,22	145,72
1947	2,79	96,22	1980	4,63	159,85
1948	2,58	89,02	1981	5,32	183,78
1949	1,03	35,48	1982	3,76	129,76
1950	1,18	40,9	1983	2,83	97,86
1951	2,5	86,21	1984	2,08	71,94
1952	1,54	53,11	1985	1,45	50,17
1953	2,58	89,07	1986	3,48	120,3
1954	1,5	51,86	1987	4,73	163,28
1955	4,23	146,15	1988	3,75	129,45
1956	2,82	97,23	1989	2,14	73,78
1957	3,44	118,82	1990	2,27	78,28
1958	3,91	135,13	1991	1,28	44,23
1959	2,31	79,75	1992	1,86	64,32
1960	1,39	47,96	1993	2,14	73,98
1961	2,42	83,58	1994	3,85	133,06
1962	2,02	69,7	1995	4,39	151,46
1963	1,36	46,85	1996	3,13	108,24
1964	1,43	49,46	1997	3,48	120,25
1965	5,66	195,48	1998	1,77	61,11
1966	5,63	194,4	1999	3,7	127,68
1967	5,2	179,59	2000	3,05	105,24
1968	3,37	116,26	2001	2,6	89,76
1969	3,76	129,97	2002	3,71	127,98
1970	3,79	130,81	2003	3,63	125,3
1971	2,58	89,13	2004	1,31	45,26
1972	1,66	57,48	2005	3,35	115,66
1973	1,11	38,16	2006	2,9	100,15
1974	1,47	50,93	2007	1,7	58,69

Tab. 5: Průměrné roční průtoky a vodnosti hydrologických let řeky Střely za období 1942 -2007 (zdroj: ČHMÚ)

Z této tabulky vycházejí jako nejvíce vodné roky 1965, 1966, 1967, 1978, 1981, 1987, kdy byla zaznamenána minimálně 160 procentní vodnost, v prvních dvou případech se jednalo o téměř zdvojnásobení průměrného ročního průtoku. Nejméně vodné pak 1943, 1949, 1950, 1960, 1964, 1973, 1991 a 2004, kdy nebylo dosaženo ani 50 procentní vodnosti oproti průměru.

Poněvadž řady ročních průtoků tvoří soubor veličin na sobě nezávislých, je možné hodnotit roční vodnosti řek pravděpodobností překročení ročních průtoků. Ta se vyjadřuje v procentech (p %) nebo její reciprokou hodnotou $N = 100/p$ %, tj. obdobím, za které se daná hodnota v průměru opakuje. Podobně je tomu i s výjimečností výskytu. Čím se procento pravděpodobnosti blíží 0, u roků nadprůměrně vodných, či 100, u roků podprůměrně vodných, tím je výskyt této vodnosti vzácnější. Procenta pravděpodobnosti překročení ročních průtoků se odvozují z křivek překročení (Netopil, 1984). Křivka překročení ročních průtoků pro řeku Střelu v profilu Plasy je zkonstruována na následujícím grafu.



Obr. 31: Křivka překročení ročních průtoků řeky Střely (1942 - 2007) – (zdroj: ČHMÚ, vlastní zpracování)

Procenta pravděpodobnosti překročení ročních průtoků slouží nejen k posouzení výjimečnosti jejich výskytu, ale i ke slovnímu označení míry vodnosti řek v daném hydrologickém roce. Roky se podle vodnosti dělí do pěti skupin (mimořádně vodný rok, vodný rok, průměrně vodný rok, málo vodný rok a mimořádně málo vodný rok). Z tohoto vyplývá, že roky s ročními průtoky nad $4,63 \text{ m}^3/\text{s}$ jsou roky mimořádně vodné, za průměrně vodné můžeme považovat roky s průtoky mezi $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Roky s ročním průtokem pod $1,36 \text{ m}^3/\text{s}$ pak považujeme za mimořádně málo vodné.

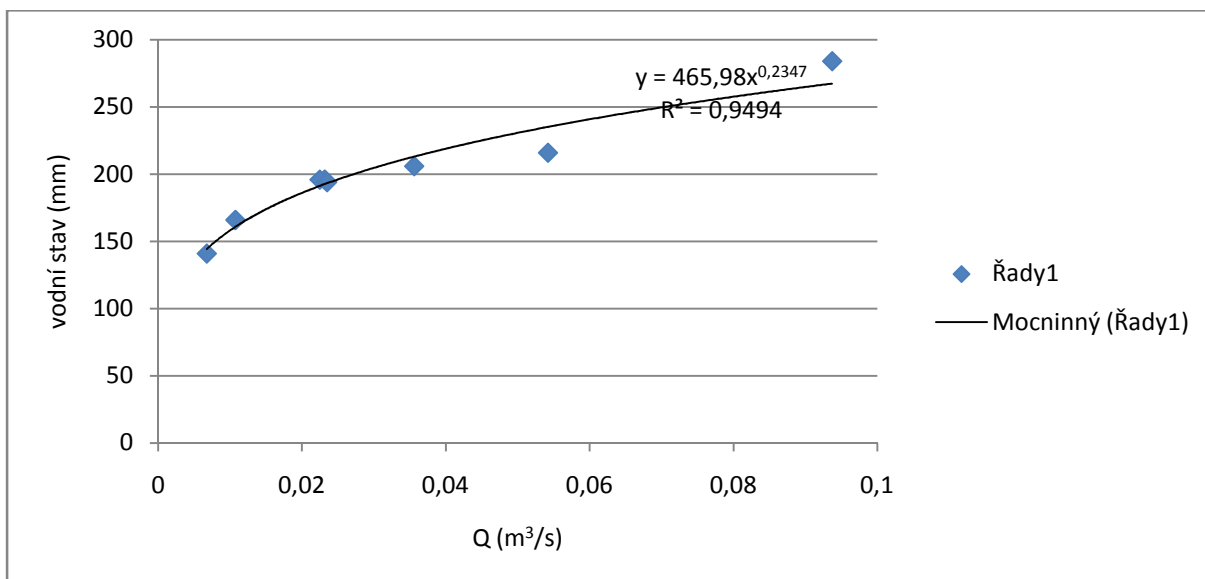
8.2 VYHODNOCENÍ HYDROLOGICKÝCH DAT Z PROFILU PŘEHOŘOV (2007-2009)

8.2.1 Odtokové charakteristiky Mladotického potoka

Již ze zadání diplomové práce je jasné, že je potřeba provést analýzu odtokových charakteristik pro povodí Mladotického jezera. Hlavním zdrojem dat je hladinoměr Katedry fyzické geografie a geoekologie PřFUK umístěný nad jezerem v obci Přehořov. Jelikož byl však tento přístroj instalován až v dubnu 2007, je řada průtoků pouze dvouletá, a je zde zapotřebí provést extrapolaci dat pomocí přepočetního koeficientu z vyhodnocené řady průtoků vodoměrné stanice Plasy na řece Střele.

Z hladinoměru umístěného v Přehořově byla průběžně stahována data desetiminutových vodních stavů. Pro potřeby vyhodnocení odtoku je však zapotřebí znát jednotlivé průtoky. Proto byly od února 2008 podnikány do povodí výjezdy, při kterých se pomocí hydrometrické vrtule měřil

průtok. Následně byla vytvořena, a postupně zdokonalována komzumpční křivka, pomocí níž byly jednotlivé vodní stavy přepočítány na průtoky.



Obr. 32: Komzumpční křivka Mladotického potoka nad jezerem v profilu Přehořov (zdroj: vlastní měření)

Z vypočtených desetiminutových průtoků (koeficient spolehlivosti $R^2=0,9494$) byly vypočteny hodinové průtoky, které byly posléze zprůměrovány na průtoky denní, které slouží jako základ při výpočtech dlouhodobého průměrného průtoky, objemu odtoku a dalších odtokových ukazatelů.

Dlouhodobý průměrný průtok (Q_a) Mladotického potoka v profilu Přehořov je **0,026313 m³/s**, tedy **26,3 l/s**. Objem odtoku (O_a) pak činí **82,98 · 10⁴ m³/rok**. Specifický odtok (q), zvaný též jednotková vydatnost, představuje množství vody odtékající za jednotku času z jednotky plochy povodí. Je odvozen jako podíl průtoky (Q) a plochy povodí (P). Tento údaj má však jen orientační povahu. Zakrývá přirozené, velmi složité rozložení odtoku na ploše, avšak umožňuje vzájemně porovnávat celkové podmínky pro odtok na jednotlivých povodích nebo jeho částech (Netopil, 1984). Podle vztahu:

$$q_a (l.s^{-1}.km^{-2}) = 1000.Q_a (m^3.s^{-1})/P (km^2)$$

vychází hodnota specifického odtoku pro zmiňované povodí **0,57 l.s⁻¹.km⁻²**.

Dalším z ukazatelů odtoku je **odtoková výška (H_{oa})**. Jedná se o vrstvu vody rovnoměrně rozloženou na ploše povodí, která odečte za jednotku času (obvykle za rok). Můžeme ji vypočítat několika způsoby. Mezi průměrnou výškou odtoku a (H_{oa}) a dlouhodobým průměrným průtokem (Q_a) existuje vztah:

$$H_{oa} (mm) = Q_a (m^3.s^{-1}) . 31,536 . 10^6 / (P (km^2) . 10^3),$$

kde číslo $31,536 . 10^6$ značí počet sekund v roce. Odtoková výška povodí Mladotického jezera tedy činí **18 mm**.

Posledním prezentovaným ukazatelem, který poskytuje srovnání o tom, jaký podíl z množství spadlých srážek odtéká z povodí řekami se nazývá **koeficient odtoku (C)** neboli odtokový součinitel.

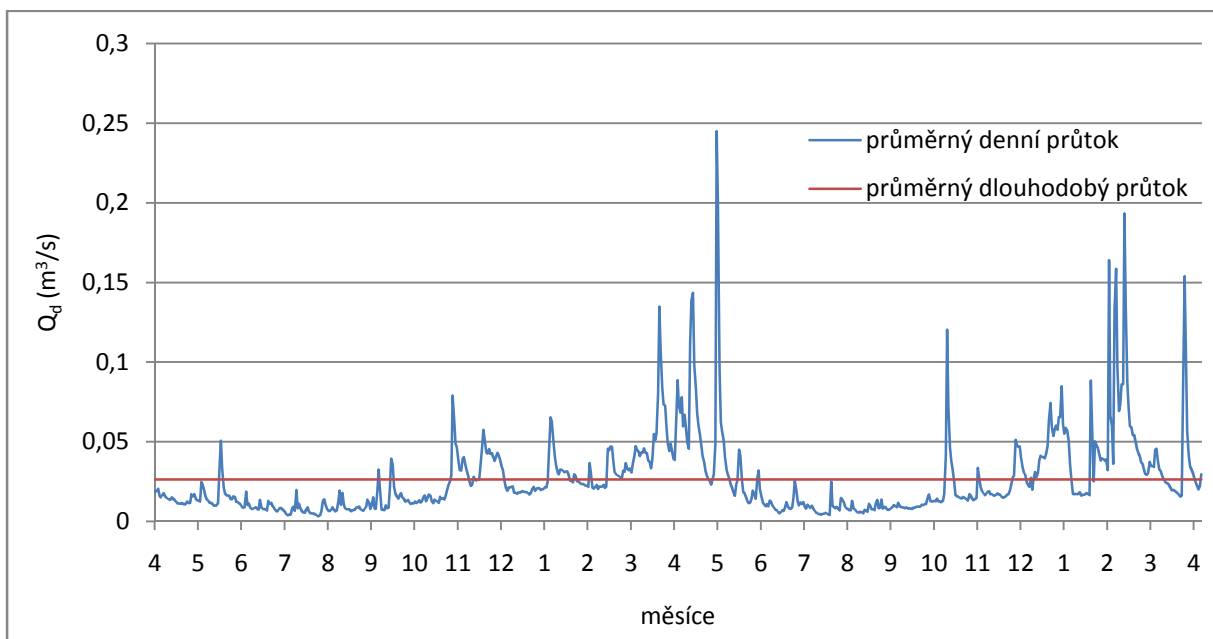
Je to poměr mezi průměrnou výškou odtoku (H_{oa}) a průměrným ročním úhrnem srážek v povodí (H_s) (Netopil, 1984). V povodí Mladotického jezera je to pouze **3,5 %** srážkových úhrnů.

$$C = H_{oa} / H_s$$

Časové rozložení odtoku v povodí a změny vodnosti řek v čase, tedy režim průtoků, je odrazem nejen změn odtoku na ploše povodí, ale i odtoku v korytech říční sítě, popř. i zaplavované části údolního dna (inundace). Časové rozložení odtoku souvisí se zdroji vodnosti řek. V případě tohoto území se jedná především o atmosférické srážky, a to jak dešťové tak sněhové. Nejvíce je pak takto ovlivněna horní část toku. Důležitým faktorem je i tání sněhové pokrývky v jarních měsících. Dále je velmi patrný transformační vliv Mladotického jezera, které značně ovlivňuje průtoky na potoce pod jezerem.

8.2.2 Denní průtoky

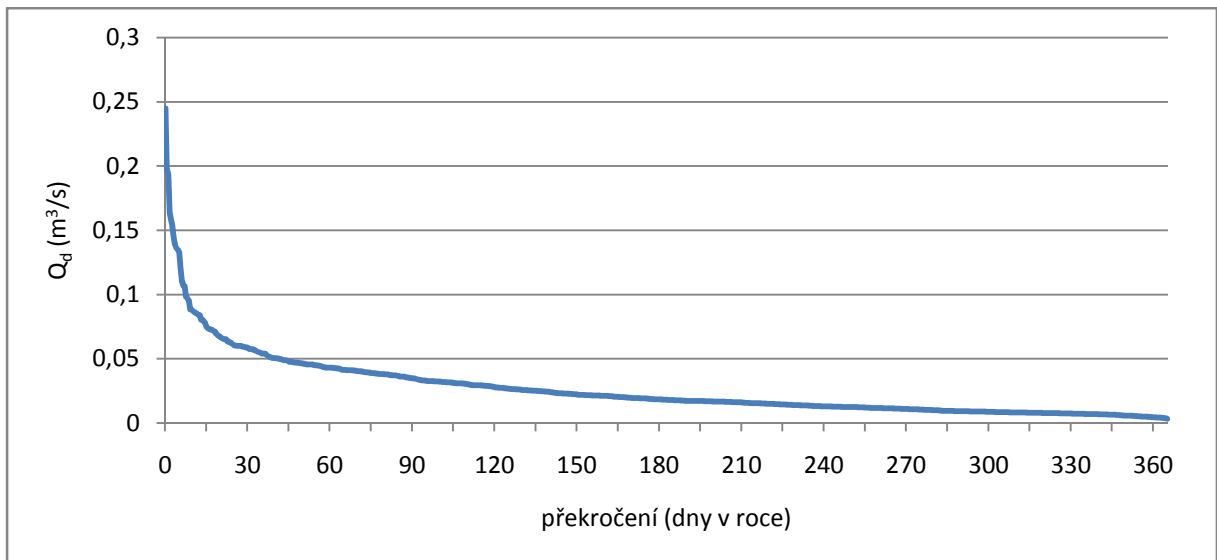
Jak již bylo zmíněno výše v textu, měření na Mladotickém potoce začala v dubnu roku 2007. Proto i v hodnocení průměrných denních průtoků je výchozím bodem toto datum a nikoliv počátek hydrologického roku. Na obrázku 33 je znázorněn chod průměrných denních průtoků v profilu Přehořov od dubna 2007 do dubna 2009 v porovnání s dlouhodobým průměrným průtokem, počítaným ze stejného období.



Obr. 33: Chod průměrných denních průtoků v profilu Přehořov od dubna 2007 do dubna 2009 (zdroj: vlastní měření)

Z obrázku 33 je patrný určitý trend chodu denních průtoků, kdy nejvyšších vodností je dosahováno na jaře vlivem tání sněhové pokrývky. Naopak nižší vodní stavy zaznamenáme v letních měsících, kdy klesají průtoky hluboko pod normál a ke zvýšení vodních stavů v tomto období dochází především s příchodem přívalových srážek.

Rozkolísanost průměrných denních průtoků ukazuje na následujícím grafu čára překročení průměrných denních průtoků v profilu Přehořov. Křivka je konstruována pro 24 měsíců počínaje květnem 2007 a konče dubnem 2009.



Obr. 34: Průměrné překročení průměrných denních průtoků v profilu Přehořov za období květen 2007 – duben 2009 (zdroj: vlastní měření)

Při porovnání stejných grafů v profilu Přehořov a ve stanici Plasy na řece Střele musíme konstatovat, že rozkolísanost prvně jmenovaného je z pohledu na oba grafy ještě mnohem menší. I v tomto případě bude rozkolísanost kvantifikována pomocí stejných ukazatelů jako v případě stanice Plasy. Tedy decilovou odchylkou (D), relativní variací (V) a variačním koeficientem (C_V).

$$D \text{ (období 5/2007 – 4/2009)} = \mathbf{0,0051251 \text{ m}^3/\text{s}} \text{ (} Q_{30} = 0,058548 \text{ m}^3/\text{s}, Q_{330} = 0,007297 \text{ m}^3/\text{s})$$

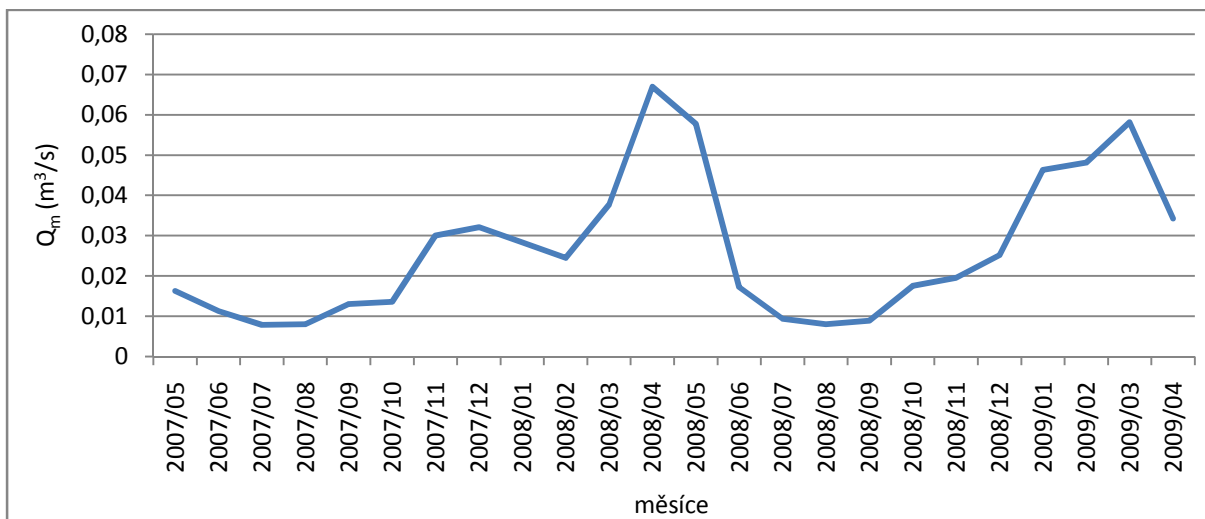
$$V \text{ (období 5/2007 – 4/2009)} = \mathbf{19,5 \%}$$

$$C_V = \mathbf{0,98}$$

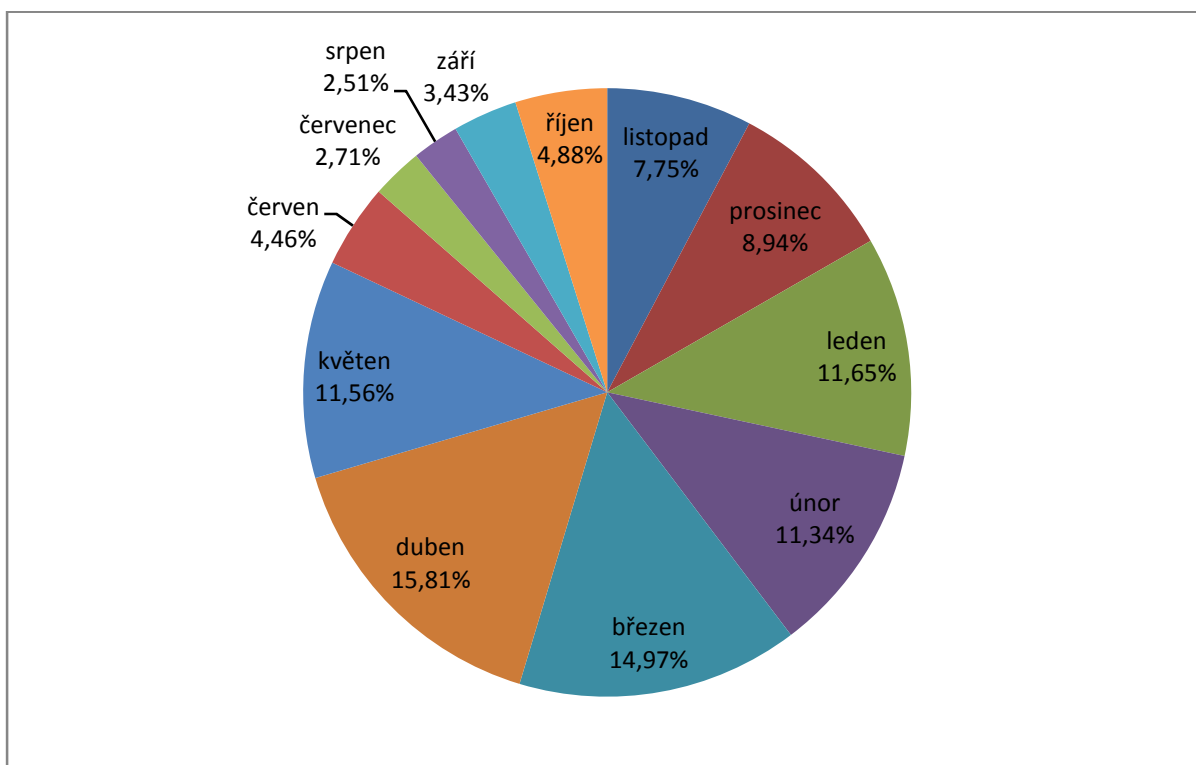
Vypočtené ukazatele vykazují nízké hodnoty, a tedy poukazují na malou rozkolísanost Mladotického potoka v profilu Přehořov.

8.2.3 Měsíční průtoky

Charakteristické rozložení odtoku v povodí názorně prezentuje sled průměrných měsíčních průtoků. Ten ukazuje v jakých měsících, či ročních obdobích, dochází k nejvyšším vodním stavům, resp. průtokům, a naopak v jaké části roku je dosahováno minimálních hodnot. Na obrázku 35 je znázorněn sled měsíčních průtoků od května 2007 do dubna 2009 v profilu Přeňořov.



Obr. 35: Průměrné měsíční průtoky v měsících 5/2007 až 4/2009 v profilu Přeňořov (zdroj: vlastní měření)



zima (%)	jaro (%)	léto (%)	podzim (%)
31,93	42,34	9,68	16,06

Obr. 36: Procentuální podíly dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků a podílů roč. období na Mladotickém potoce v profilu Přeňořov (zdroj: vlastní měření)

Graf týkající se měsíčních průtoků jen potvrzuje fakt, který byl již uváděn při analýze dat denních průtoků. Tedy že nejvyšších vodností je na Mladotickém potoce dosahováno v jarních měsících a naopak průtokových minim v měsících letních. Co se týče rozložení odtoku za roční období, připadá na nejvodnější jaro přes 42 % odtoku, což podle Netopila (1984) ukazuje na rozložení mírně nevyrovnané. Nejmenší podíl připadá na léto, necelých 10 %.

Při srovnání chodu měsíčních průtoků a rozložení odtoku za roční období na Mladotickém potoce a řece Střele můžeme konstatovat, že toto rozložení je obdobné a tudíž je i možné provádět korelace mezi těmito toky.

Míra variability je zhodnocena pomocí stejných ukazatelů, jako je tomu v případě stanice Plasy, tedy pomocí koeficientu K_r a koeficientu míry proměnlivosti V_m .

$$K_r = 5,85$$

$$V_m = 0,553$$

Při pohledu na výsledky obou koeficientů lze konstatovat, že variabilita souboru měsíčních dat v profilu Přehořov a ve stanici Plasy je téměř totožná. Je tudíž možné provést pokus o přepočtení dat ze stanice Plasy na řece Střele, které poskytl Český hydrometeorologický ústav, na krátkou datovou řadu v profilu Přehořov, provozovanou Katedrou fyzické geografie a geoekologie PŘFUK.

8.2.4 Extrapolace dat (Střela -> Mladotický potok)

Otázka extrapolace dat je celkem obtížně řešitelnou úlohou. Z počátku bylo předpokládáno, že přepočtení koeficient bude vypočítán pomocí současných měření a také z měření, která provedla Urbanová (1991) v hydrologickém roce 1990 a Janský (1975), který měřil na potoce průtoky od října 1974 do července 1975. Jak je však vidět z příložených tabulek, přepočtení koeficient se ve sledovaných obdobích značně lišil. Současná měření se neshodují především s měřeními a výslednými průtoky Urbanové (1991), na něž připadá přepočtení koeficient v profilu Přehořov s hodnotou 0,0385, což je několikanásobně vyšší hodnota, než vychází z soudobých měření. Naopak Janský (1975) ve své práci uvádí hodnoty měsíčních průtoků v profilu pod jezerem, namísto profilu Přehořov, a tudíž tyto data také nejsou vhodná k vytvoření jednotného přepočtení koeficientu. V následujících dvou tabulkách jsou prezentovány průměrné měsíční průtoky naměřené Janským a Urbanovou.

	profil Pod jezerem (m ³ /s)	přepočtení koeficient
X.74	0,061	2,45
XI.74	0,043	1,15
XII.74	0,186	1,60
I.75	0,097	1,03
II.75	0,049	1,21
III.75	0,14	2,51
IV.75	0,089	1,62
V.75	0,05	1,61
VI.75	0,033	0,84
VII.75	0,028	1,41
průměr		1,54

Tab. 6: Průměrné měsíční průtoky a přepočtení koeficienty pro Mladotický potok (období 10/1974 – 7/1975) (zdroj: Janský (1975), vlastní zpracování - přepočtení koeficient je uváděn pro lepší interpretaci ve stonásobku své hodnoty, pro získání reálného obrazu nutnost vynásobení hodnotou 10⁻²)

hydrologický rok 1990	průtok (m ³ /s)			přepočtení koeficient		
	profil Přešov ř.km 7,5	profil Pod jezerem ř.km 6,2	profil Soutok ř.km 0,5	profil Přešov ř.km 7,5	profil Pod jezerem ř.km 6,2	profil Soutok ř.km 0,5
listopad	0,087	0,137	0,245	3,75	5,91	10,56
prosinec	0,146	0,169	0,296	4,15	4,80	8,41
leden	0,105	0,12	0,197	4,95	5,65	9,28
únor	0,099	0,143	0,211	3,25	4,70	6,93
březen	0,128	0,179	0,289	1,70	2,38	3,85
duben	0,097	0,206	0,345	3,84	8,15	13,65
květen	0,045	0,07	0,118	2,50	3,89	6,56
červen	0,054	0,074	0,146	5,43	7,43	14,67
červenec	0,019	0,037	0,067	2,80	5,45	9,87
srpen	0,023	0,054	0,092	3,08	7,23	12,32
září	0,039	0,077	0,13	4,05	7,99	13,49
říjen	0,065	0,118	0,216	6,68	12,13	22,21
průměr				3,85	6,31	10,98

Tab. 7: Průměrné měsíční průtoky a přepočtení koeficienty pro Mladotický potok za hydrologický rok 1990 (zdroj: Urbanová (1991), vlastní zpracování - přepočtení koeficient je uváděn pro lepší interpretaci ve stonásobku své hodnoty, pro získání reálného obrazu nutnost vynásobení hodnotou 10⁻²)

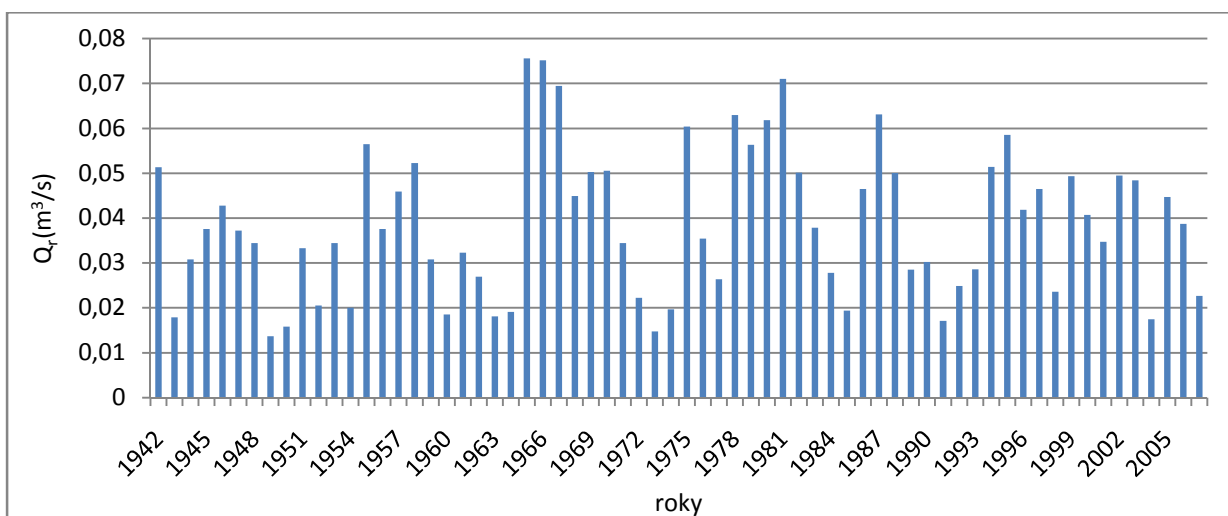
Na základě vypočtených přepočtených koeficientů bylo rozhodnuto, v souvislosti s nehomogenitou jednotlivých řad, že výsledný koeficient bude vypočítán pomocí nejnověji naměřených dat. Jedná se tedy o řadu denních průtoků Mladotického potoka od května 2007. Jelikož však datová řada řeky Střely od ČHMÚ zahrnovala data od roku 1942 do roku 2007, a překrývala se tedy pouze v osmi měřených měsících, bylo požádáno ještě o měsíční průměry průtoků za rok 2008.

K dispozici jsme tedy měli 20 průměrných měsíčních průtoků řeky Střely (5/2007 – 12/2008). Ke stejným měsícům byl vypočítán průměrný měsíční průtok Mladotického potoka v profilu Přešov. V tabulce 8 jsou tyto hodnoty uvedeny. V posledním sloupci jsou pak vypočteny na základě vztahu mezi těmito dvěma toky přepočtení koeficienty. Výsledným průměrným přepočtem je pak hodnota **0,01335**.

	Střela - Plasy (m ³ /s)	Mladotický potok - Přešov (m ³ /s)	přepočtení koeficient
V.07	0,767	0,016	2,127
VI.07	0,739	0,011	1,527
VII.07	0,826	0,008	0,956
VIII.07	1,083	0,008	0,743
IX.07	1,347	0,013	0,968
X.07	1,865	0,014	0,730
XI.07	3,467	0,030	0,866
XII.07	4,403	0,032	0,729
I.08	2,450	0,028	1,156
II.08	2,330	0,024	1,050
III.08	4,220	0,038	0,894
IV.08	4,860	0,067	1,377
V.08	3,230	0,058	1,786
VI.08	1,060	0,017	1,626
VII.08	0,760	0,009	1,240
VIII.08	0,612	0,008	1,314
IX.08	0,655	0,009	1,361
X.08	0,931	0,018	1,890
XI.08	0,861	0,020	2,272
XII.08	1,210	0,025	2,080
průměr			1,335

Tab. 8: Průměrné měsíční průtoky a přepočtení koeficienty pro Střelu a Mladotický potok (období 5/2007 – 12/2008) (zdroj: ČHMÚ, vlastní měření - přepočtení koeficient je uváděn pro lepší interpretaci ve stonásobku své hodnoty, pro získání reálného obrazu nutnost vynásobení hodnotou 10⁻²)

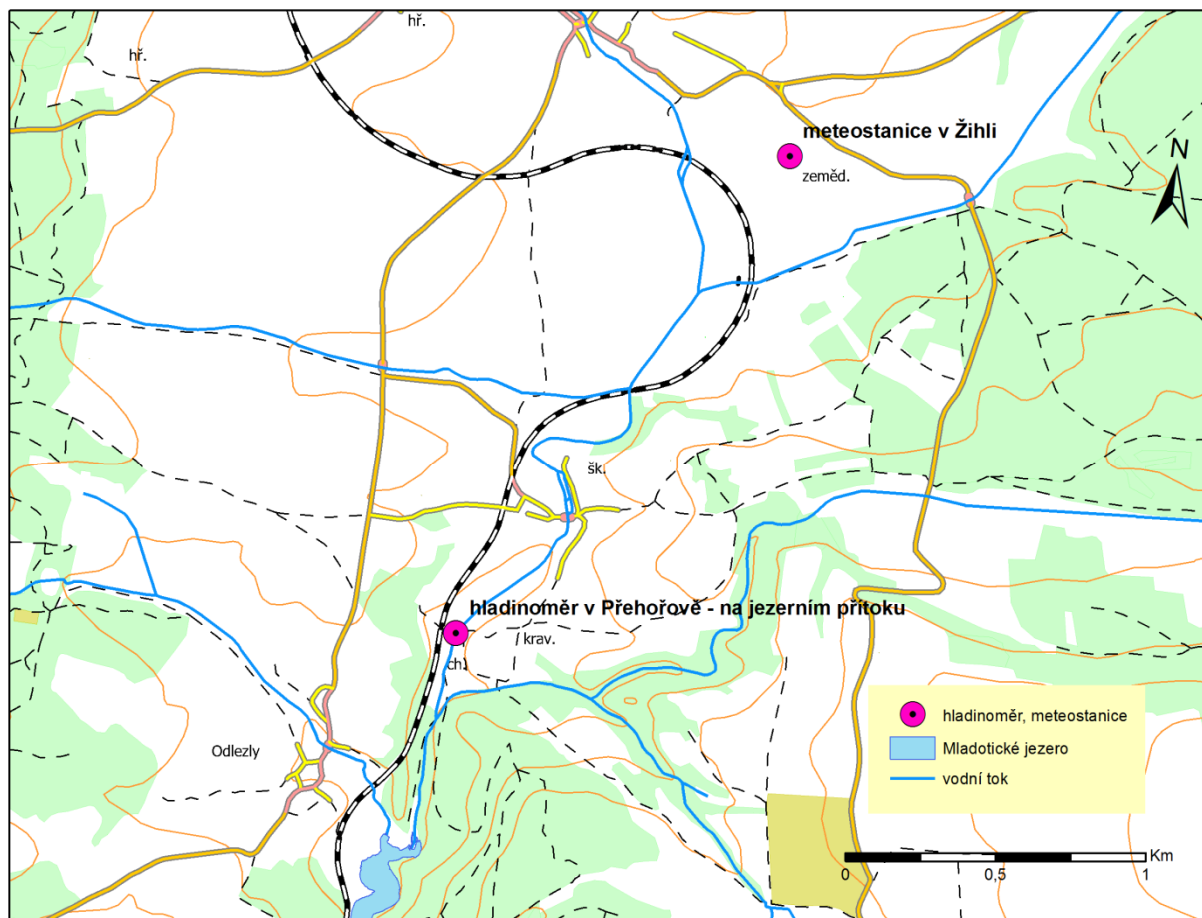
Na základě přepočetniho koeficientu pak byla extrapolována data zpět až do roku 1942, z nichž lze vypočítat i jednotlivé roční průtoky na Mladotickém potoce, které jsou prezentovány na obrázku 37.



Obr. 37: Graf průměrných ročních průtoků Mladotického potoka extrapolovaných za pomoci přepočetniho koeficientu (zdroj: ČHMÚ, vlastní zpracování)

8.3 VLIV PŘÍČINNÝCH SRÁŽEK NA KOLÍSÁNÍ HLADINY MLADOTICKÉHO POTOKA NA PŘÍTOKU DO JEZERA

V této kapitole je hodnocen vliv atmosférických srážek, měřených meteostanicí Katedry fyzické geografie a geokologie, instalované v Žihli, na dynamiku kolísání hladiny v Mladotickém potoce, hlavním přítoku do jezera. Vzdálenost mezi meteostanicí a hladinoměrem na přítoku je 1950 m, což je patrné z obrázku 38. Nebudou zde uvedeny všechny srážkové epizody, které na tomto území nastaly. Jde spíše o charakteristické příklady, z nichž se později pokusíme kvantifikovat a statisticky vyjádřit vztah mezi těmito veličinami.

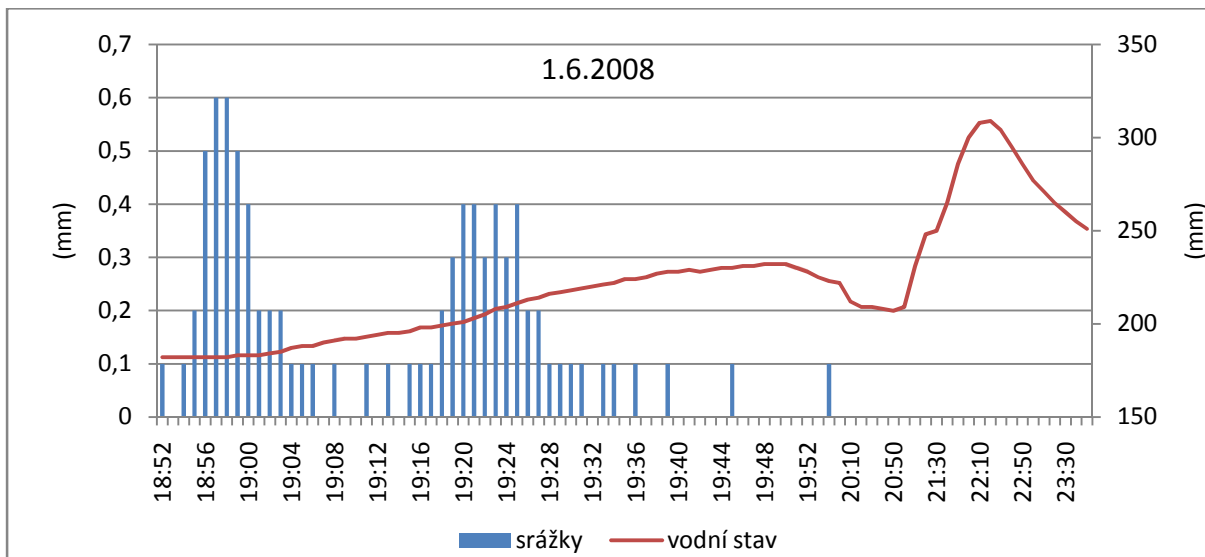


Obr. 38: Lokalizace meteostanice instalované v Žihli a hladinoměru v Přebořově (zdroj: podklady VÚV, Geodézie Plzeň, vlastní zpracování (ArcGIS))

8.3.1 Analýza vybraných srážko – odtokových situací

8.3.1.1 Srážková epizoda z 1. 6. 2008

Srážka od 18:52 do 19:54 = 8,6 mm (2 maxima v 18:58 a v 19:20).

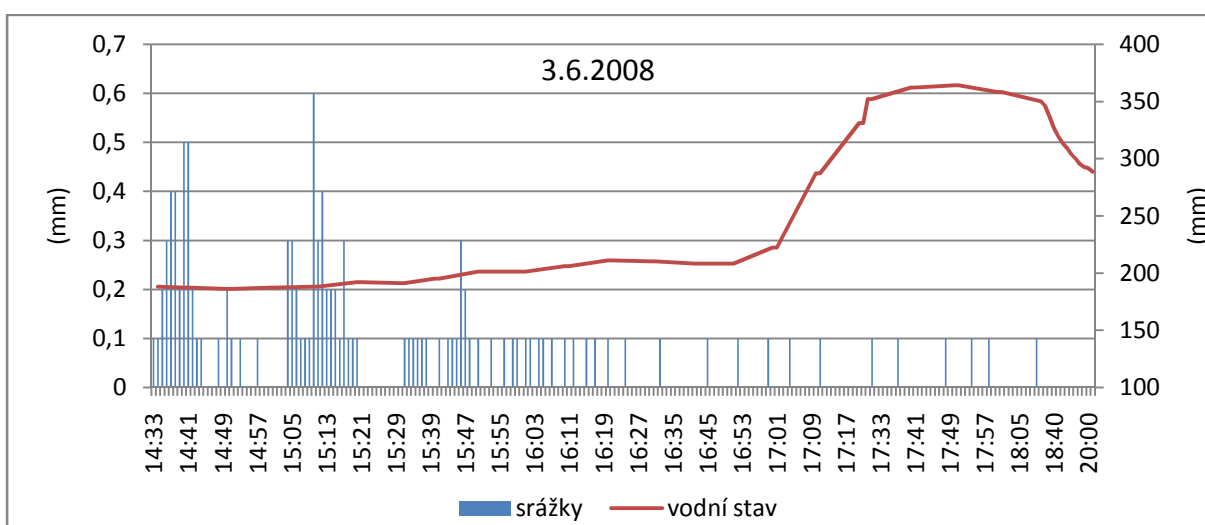


Obr. 39: Srážková epizoda z 1. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přebořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny od 19:10 ze 183 mm na 232 mm v 19:50, následný pokles na 207 mm v 20:50 a finální zvýšení na 309 mm ve 22:20. Při této srážce došlo tedy k prvnímu zvýšení hladiny hodinu po začátku srážkové epizody, ale hlavní zvýšení průtoků se odehrálo za 3 hodiny od vypadnutí největších srážek.

8.3.1.2 Srážková epizoda z 3. 6. 2008

Srážka od 14:33 do 18:09 = 11,8 mm (avšak 70 % srážky během první hodiny, maxima 14:40 a 15:10).

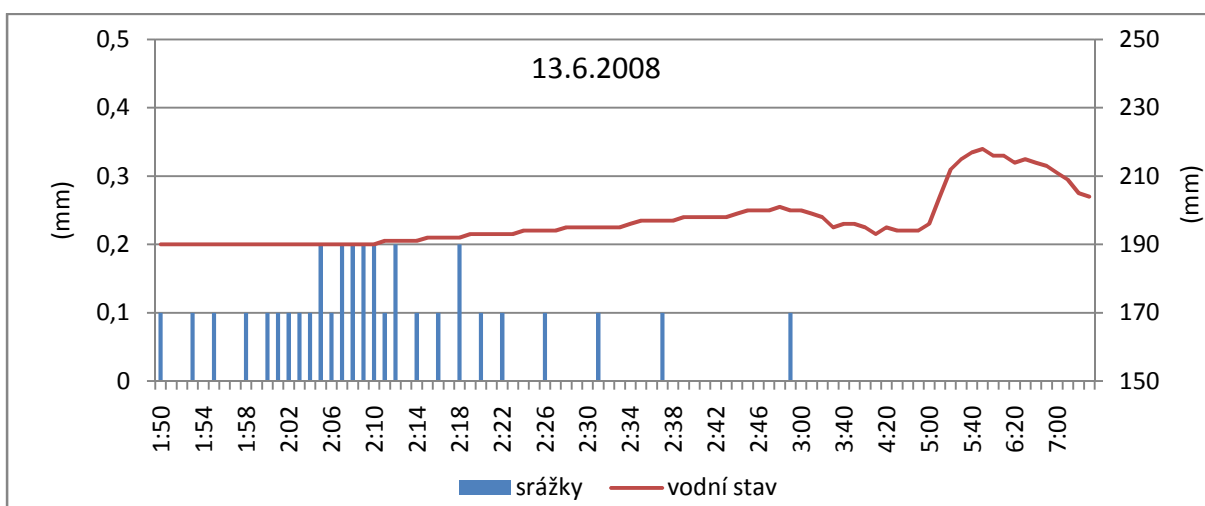


Obr. 40: Srážková epizoda z 3. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přebořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny od 15:40 ze 191 mm, prudký nárůst v 17:00 z 222 mm na 287 mm v 17:10, maximum v 17:50 (364 mm), poté pozvolný pokles hladiny. Tato srážková situace probíhala v delším časovém úseku, s největší intenzitou na svém počátku. Vzhledem ke srážkovému maximu nastala odtoková odezva na Mladotickém potoce za přibližně dvě až dvě a půl hodiny.

8.3.1.3 Srážková epizoda z 13. 6. 2008

Srážka od 1:50 do 2:59 = 3,3 mm.

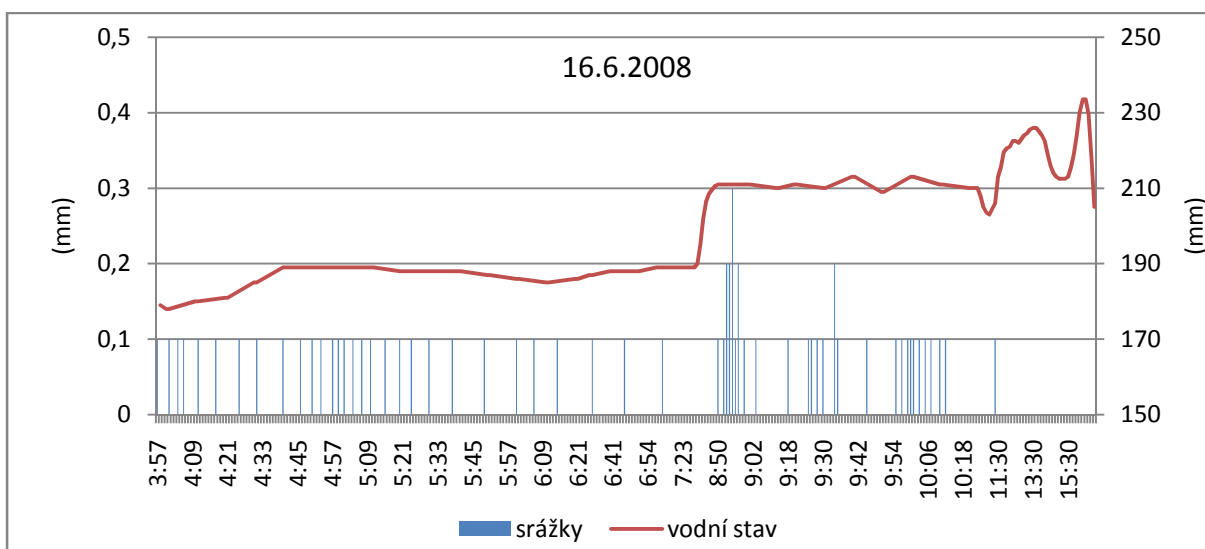


Obr. 41: Srážková epizoda z 13. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Pozvolné zvyšování hladiny ze 196 mm v 5:00 na 218 mm v 5:50. Hodinová srážka tohoto dne se promítla malým zvýšením vodní hladiny přibližně po třech hodinách.

8.3.1.4 Srážková epizoda z 16. 6. 2008

Srážka od 3:57 do 11:26 = 6,4 mm (pozvolná srážka s nevýrazným maximem kolem 9. hodiny).

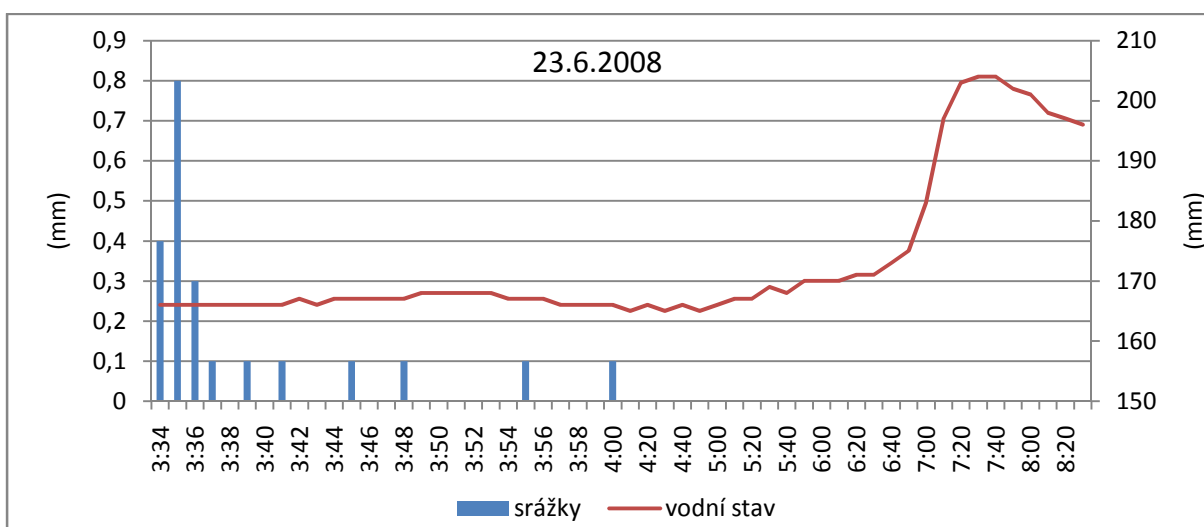


Obr. 42: Srážková epizoda z 16. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvyšování hladiny od 7:50 ze 191 mm na hodnoty kolem 220 mm mezi 12. a 14. hodinou, poté mírný pokles a druhé maximum v 16:20 na 234 mm. Jelikož tato srážka probíhala 7,5 hodiny a nebyla nijak veliká, tak i zvýšení průtoků na přítoku do jezera nebylo nijak extrémní. Zvyšování hladiny přicházelo postupně, maximum nastalo přibližně po 7 hodinách.

8.3.1.5 Srážková epizoda z 23. 6. 2008

Srážka od 3:34 do 4:00 = 2,2 mm (maximum v prvních minutách).

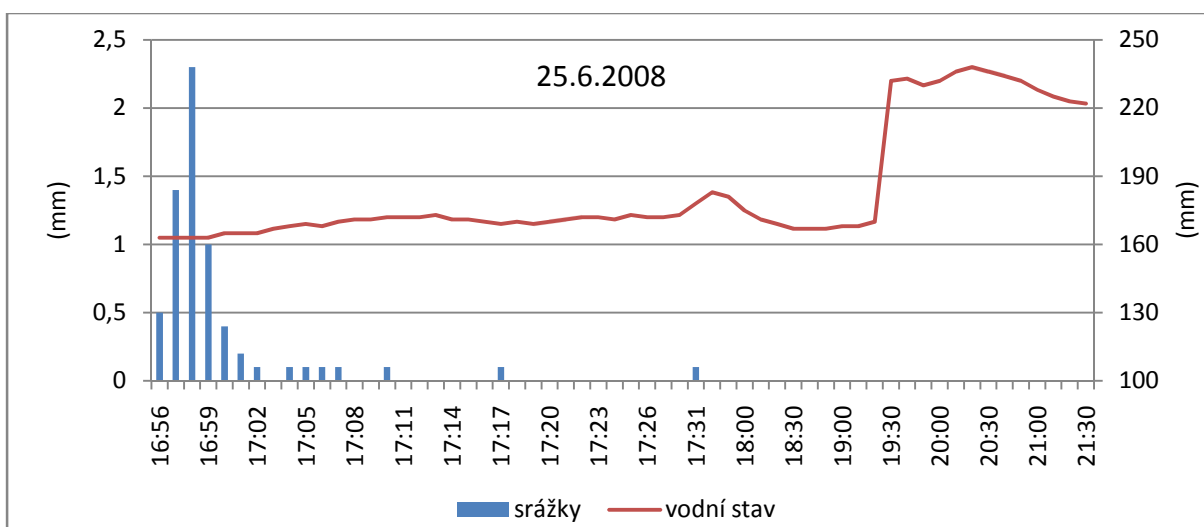


Obr. 43: Srážková epizoda z 23. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny ze 173 mm v 6:40 na 204 mm v 7:30. Tato několikaminutová srážková epizoda se projevila zvýšením vodní hladiny na potoce za 3,5 hodiny.

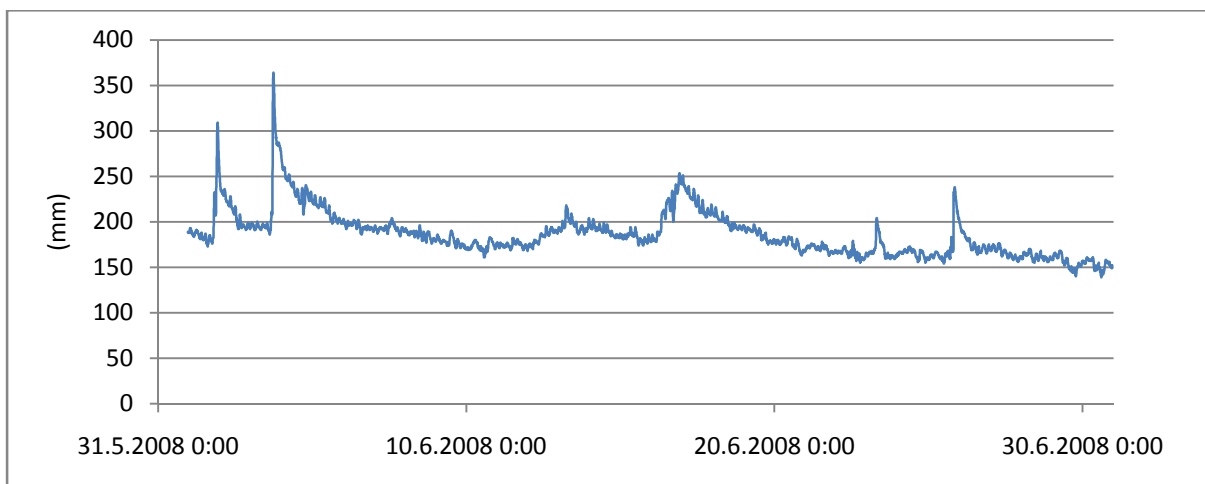
8.3.1.6 Srážková epizoda z 25. 6. 2008

Srážka od 16:56 do 17:31 = 6,6 mm (5,8 mm v prvních 5ti minutách).



Obr. 44: Srážková epizoda z 25. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Prudké zvýšení hladiny ze 170 mm (19:20) na 232 mm (19:30) během deseti minut. Maximum ve 20:20 na 238 mm. Od 21:00 (228 mm) pozvolný pokles hladiny. V tomto případě se jedná o pětiminutovou srážku, která se na jezerním přítoku projevila po dvou hodinách a dvaceti minutách.

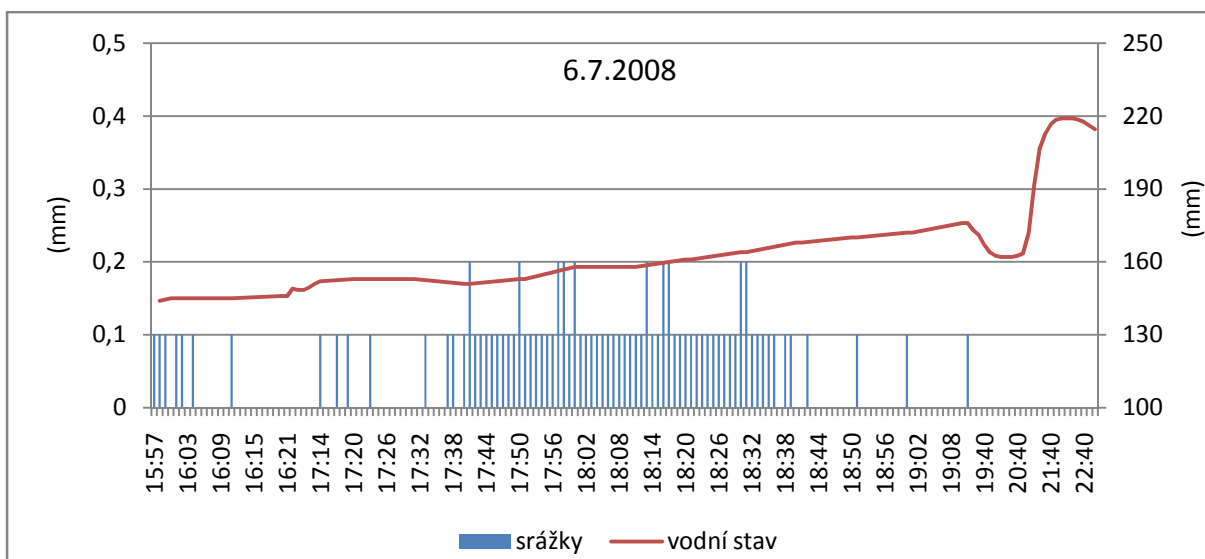


Obr. 45: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu června 2008 (zdroj: vlastní zpracování)

Na tomto grafu si můžeme všimnout čtyř evidentních zvýšení vodní hladiny, uprostřed měsíce pak dvou méně výrazných. Ve všech těchto případech byla výše provedena analýza v závislosti na spadlých srážkách ve stanici Žihle.

8.3.1.7 Srážková epizoda z 6. 7. 2008

Srážka od 15:57 do 19:15 = 8,7 mm (pozvolná srážka, nevýrazné maximum mezi 17:40 a 18:40).



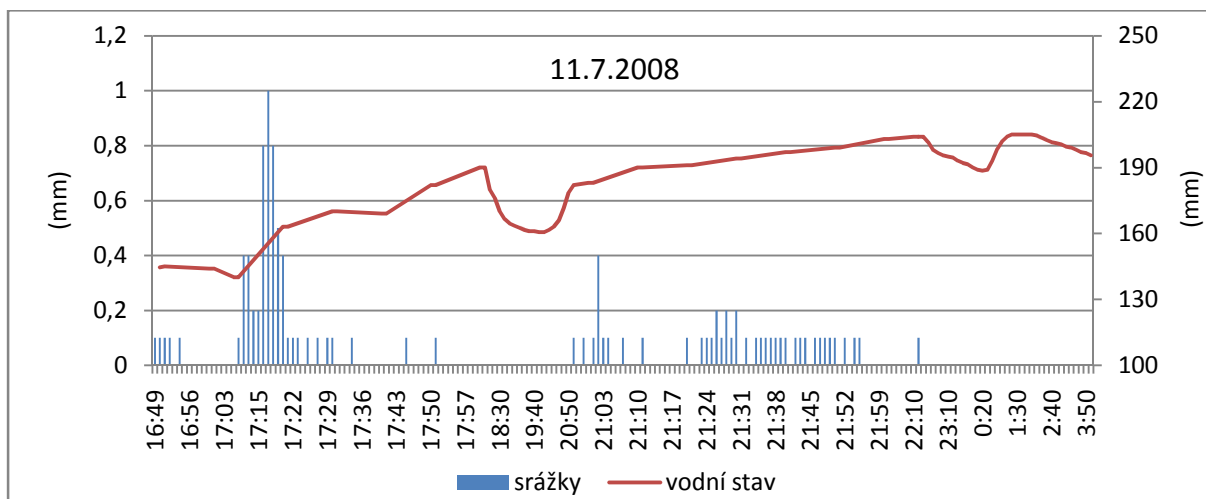
Obr. 46: Srážková epizoda z 6. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny ze 164 mm (20:50) na 210 mm (21:20). Maximum kolem 22. hodiny na 219 mm, poté pozvolný pokles. Zvýšení hladiny toku nastalo cca 4 hodiny po vypadnutí hlavních srážek.

8.3.1.8 Srážková epizoda z 11. 7. 2008

2 srážkové epizody – 1. Srážka od 16:49 do 17:51 = 6,3 mm (maximum v 17:17).

2. srážka od 20:57 do 22:14 = 4,3 mm (pozvolná srážka bez maxima).

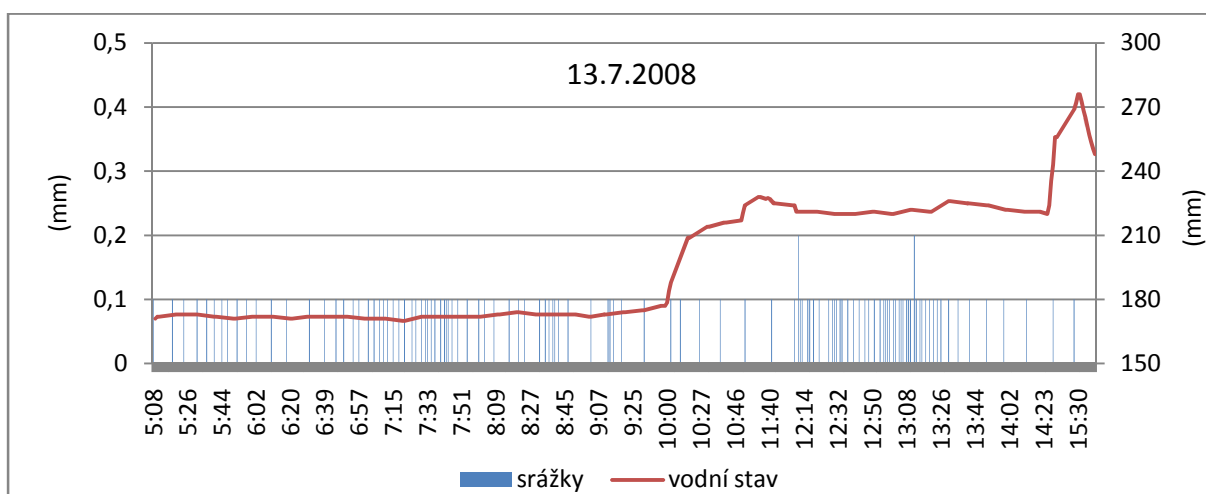


Obr. 47: Srážková epizoda z 11. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny ze 140 mm (17:10) na 190 mm (18:00), následný pokles na 160 mm (19:50) a opětovný pozvolný nárůst na 204 mm (22:10), pokles z 200 mm až ve 3:00 následujícího dne. Zde si můžeme všimnout, že zvyšování hladiny přímo závisí na vypadávání atmosférických srážek. Můžeme se pouze domnívat, zda srážková epizoda v povodí začala dříve než v samotné Žihli, kde je umístěn srážkoměr. V případě 2. srážky je pak nutné zahrnout větší nasycenost povodí a tím i zrychlený povrchový odtok, který může mít výrazný vliv na snížení postupové doby, tzn. zkrácení intervalu mezi srážkami a zvýšením vodní hladiny.

8.3.1.9 Srážková epizoda z 13. 7. 2008

Srážka od 5:08 do 15:10 = 11,8 mm (postupná srážka bez výrazného maxima).

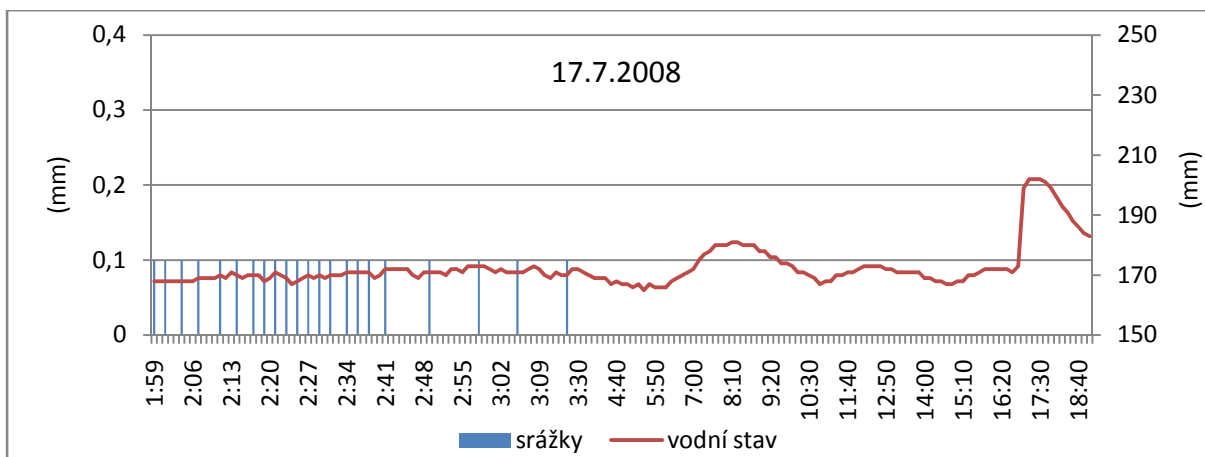


Obr. 48: Srážková epizoda z 13. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny v 10:00 ze 177 mm na 228 mm v 11:10, druhé zvýšení ve 14:40 z 220 mm na 277 mm v 15:30. Jedná se o dlouhou srážkovou situaci, která se projevovala na potoce postupně. U takto dlouhé epizody se těžko určuje časový úsek, za jaký došlo ke zvýšení průtoků. Je to dáno zejména tím, že srážka neměla žádné výraznější maximum, tudíž můžeme pouze konstatovat, že zvýšení průtoků nastalo po 5, resp. 9 hodinách od doby, kdy začaly vypadávat dešťové srážky.

8.3.1.10 Srážková epizoda z 17. 7. 2008

Srážka od 1:59 do 3:14 = 2,9 mm (bez maxima).

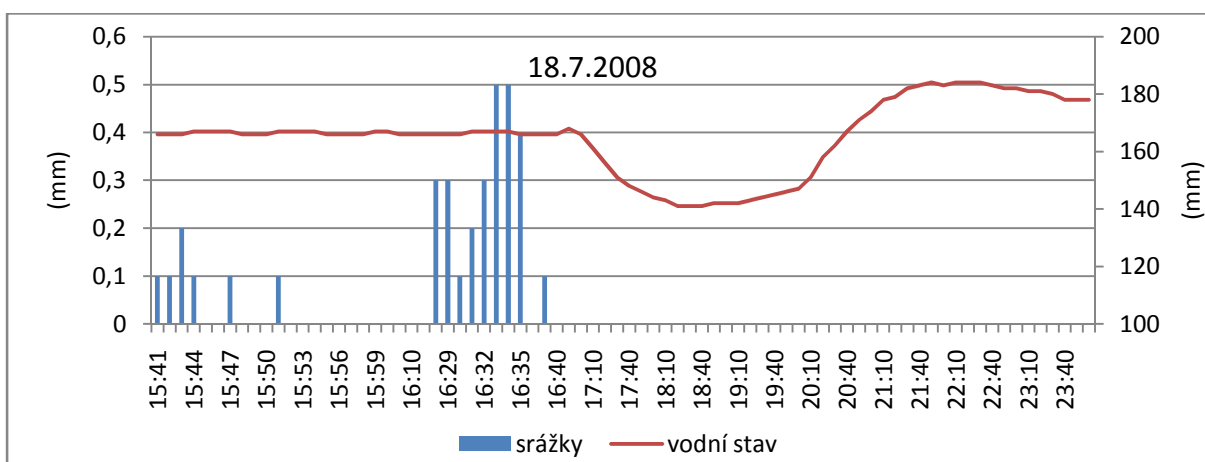


Obr. 49: Srážková epizoda ze 17. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Náhlé zvýšení hladiny v 17:00 ze 173 mm na 202 mm v 17:20. Nepatrná srážka se projevila na jezerním přítoku až po 15 hodinách.

8.3.1.11 Srážková epizoda z 18. 7. 2008

Srážka od 15:41 do 16:37 = 3,4 mm (80 % srážky během posledních 10 minut).



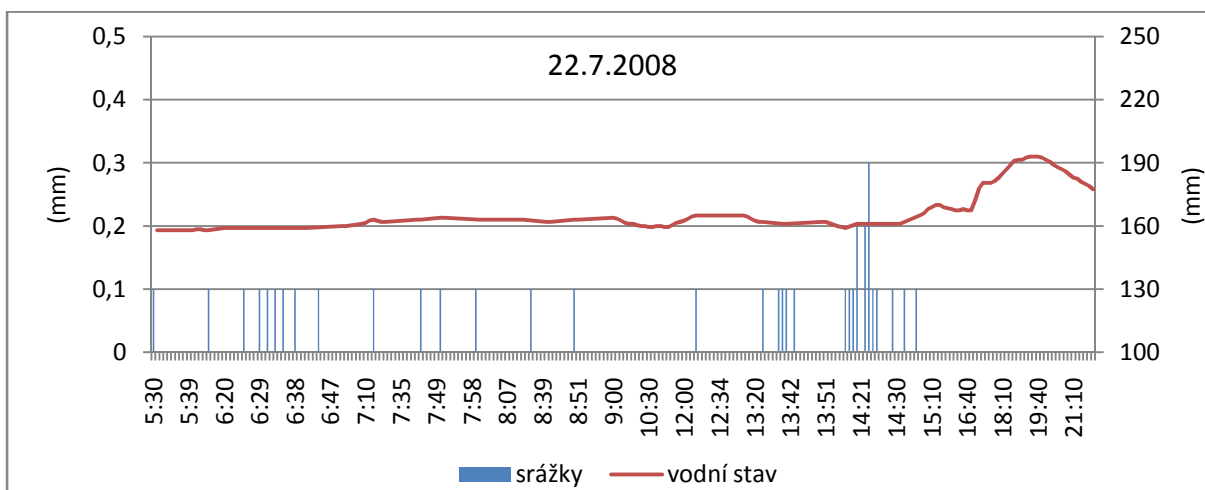
Obr. 50: Srážková epizoda z 18. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny ve 20:00 ze 147 mm na 184 mm v 21:50. V tomto případě sice po 4,5 hodinách došlo také ke zvýšení hladiny, avšak pouze na hodnoty podobné, které byli několik hodin před srážkami. O příčinách poklesu hladiny na hodnoty pod 150 mm v odpoledních hodinách

tohoto dne se můžeme jen domnívat. Nebylo nalezeno žádné exaktní vysvětlení, proč k tomuto poklesu došlo.

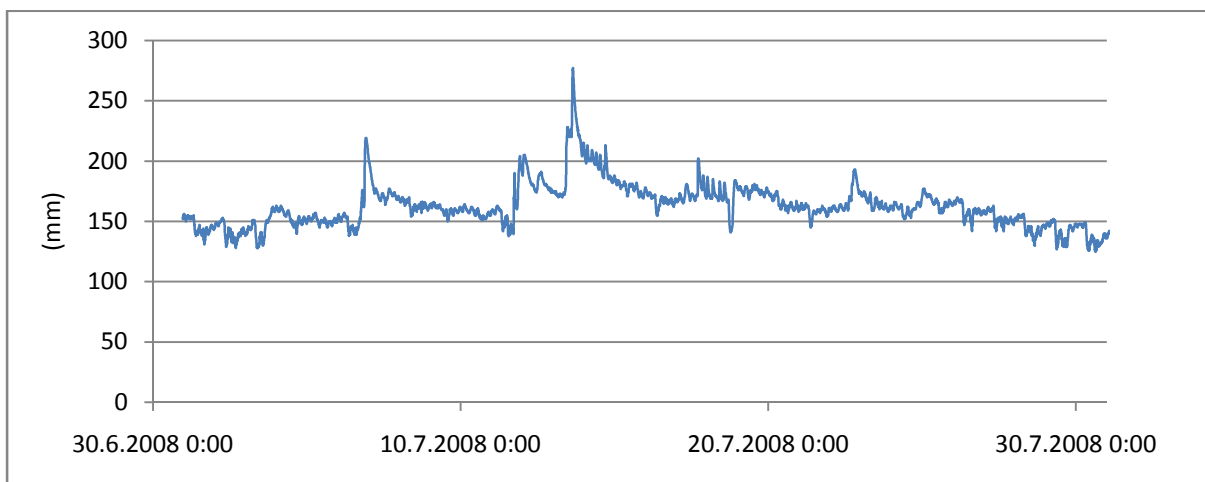
8.3.1.12 Srážková epizoda z 22. 7. 2008

Srážka od 5:30 do 14:35 = 3,6 mm (maximum ke konci srážkové epizody).



Obr. 51: Srážková epizoda z 22. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny ze 167 mm (16:40) na 193 mm (19:30). Zde se vyskytla opět dlouhá srážková epizoda, která měla své maximum na konci svého trvání. Budeme-li vycházet z tohoto maxima, zvýšení průtoků pak nastalo o pět hodin později. Pokud bychom brali počátek srážky, jednalo by se cca o 12 hodin. Tato dlouhá doba je zapříčiněna hlavně dvěma aspekty, dlouhým trváním a malým množstvím srážek.

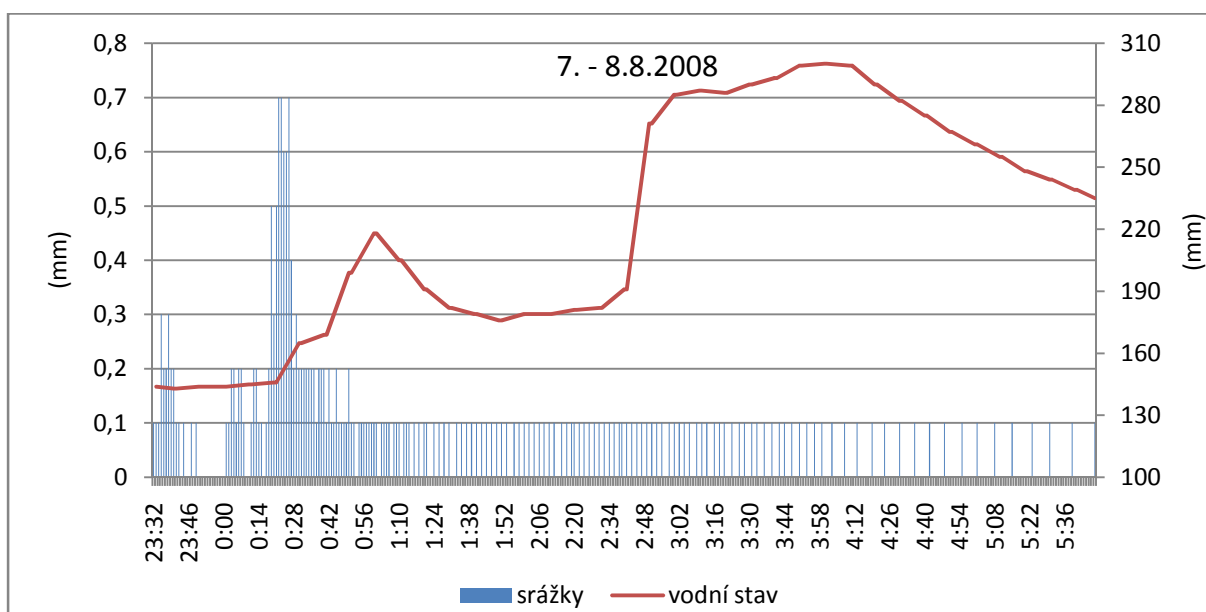


Obr. 52: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu července 2008 (zdroj: vlastní zpracování)

Na tomto grafu kolísání výšky vodní hladiny je možné v první polovině měsíce postupně vypořadovat tři příčné srážkové situace (6., 11. a 13. 7. – nejvyšší hodnoty). Identifikace jednotlivých srážek v druhé polovině měsíce už tak zřetelná není. Dá se říci, že na první pohled je zřejmá pouze epizoda z 22.7, kdežto srážky, které spadly 18.7. bychom z grafu vyčetli jen těžko.

8.3.1.13 Srážková epizoda z 7. - 8. 8. 2008

Srážka od 23:32 (7. 8.) do 5:48 = 24,5 mm (maximum kolem 0:25).

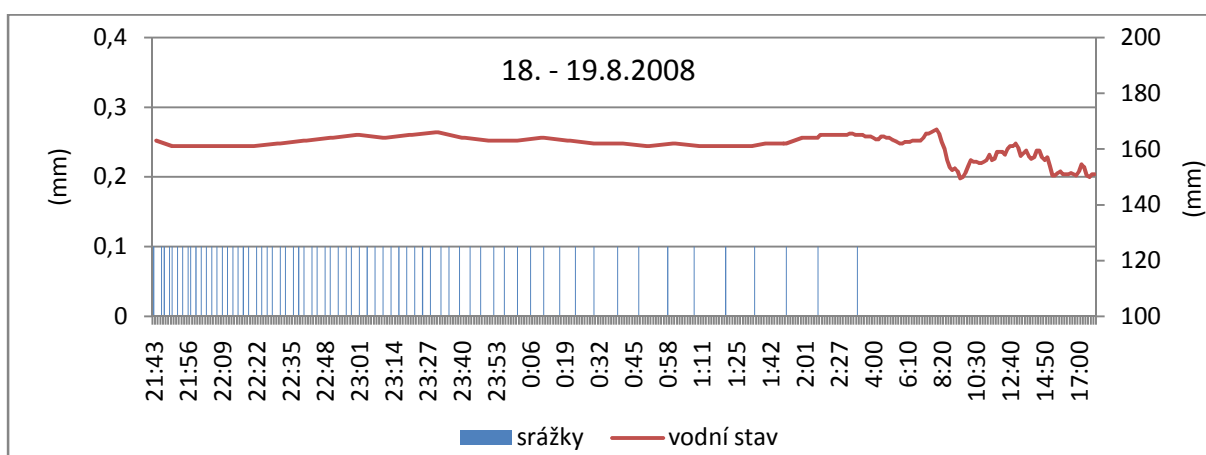


Obr. 53: Srážková epizoda ze 7. - 8. 8. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

První zvýšení hladiny ze 146 mm (0:30) na 218 mm (1:00), poté mírný pokles a opětovný nárůst ze 182 mm (2:30) na 285 mm (3:00), maximální výška hladiny ve 4:00 (300 mm). V tento den spadlo ve stanici Žihle za 6 hodin 24,5 mm srážek. Když porovnáme graf kolísání vodní hladiny za srpen, je patrné zřetelné zvýšení hladiny. Díky značné intenzitě srážek, která byla největší po půlnoci, se i hladina toku zvedla už zhruba po půl hodině. Maxima pak hladina dosáhla ještě během srážek, což je jasný důkaz toho, že doběhová doba se s větším množstvím a intenzitou srážek výrazně snižuje.

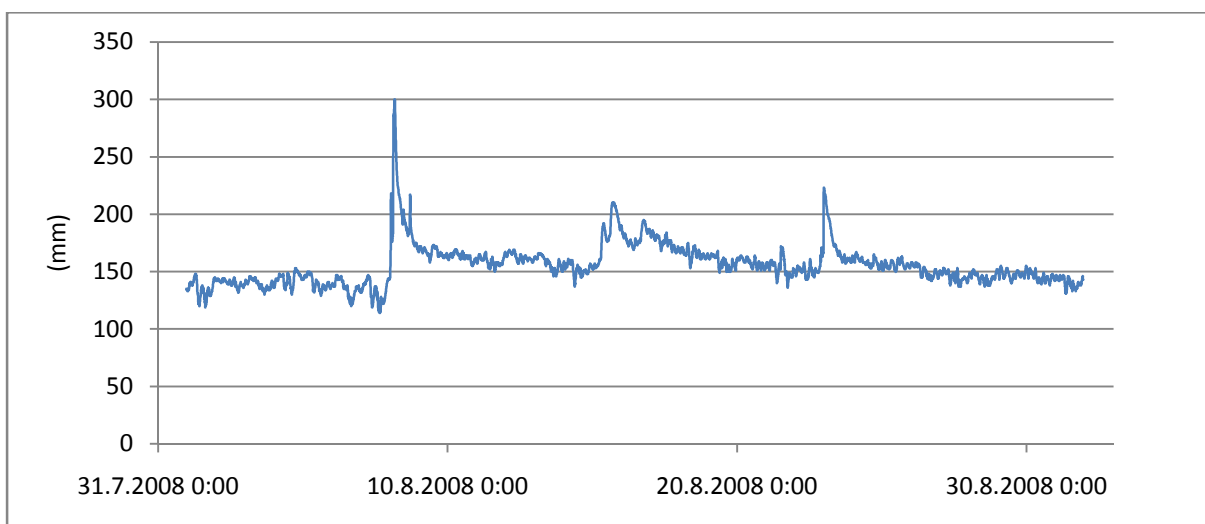
8.3.1.14 Srážková epizoda z 18. - 19. 8. 2008

Srážka od 21:43(18. 8.) do 3:01 = 6,7 mm (minimální maximum na počátku srážky).



Obr. 54: Srážková epizoda z 18. - 19. 8. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

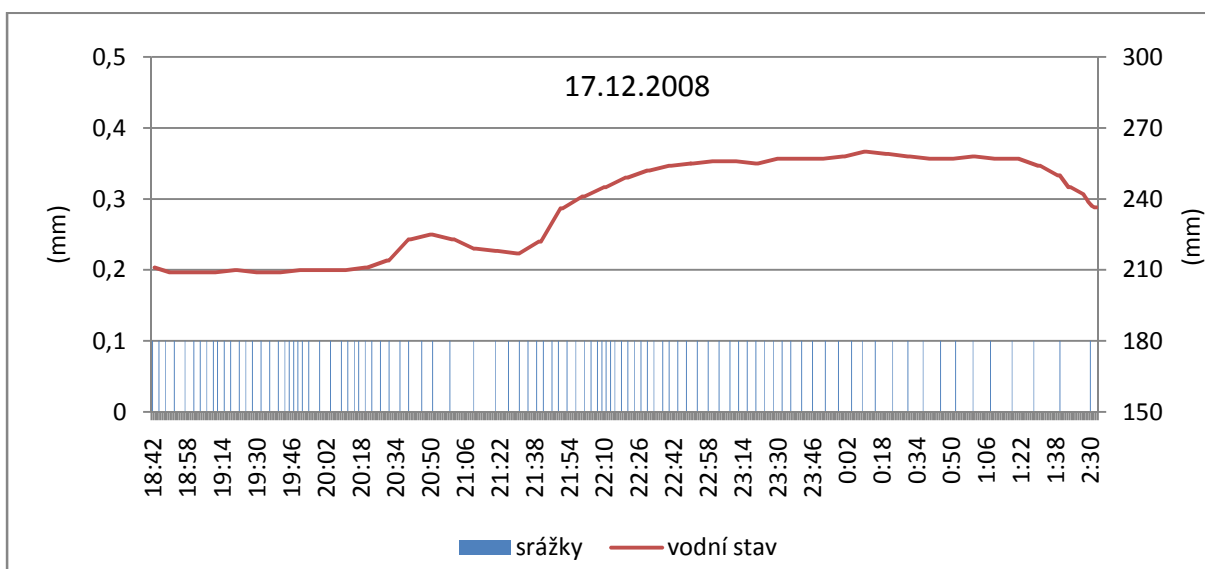
V tomto případě, jak můžete vidět i z následujícího grafu, nedošlo k žádnému zvýšení hladiny, ačkoli srážky během tohoto dne spadly. Může to být dáno tím, že okraj těchto srážek byl poblíž meteostanice v Žihli a na větší části povodí se tedy srážková epizoda významněji neodrazila.



Obr. 55: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu srpna 2008 (zdroj: vlastní zpracování)

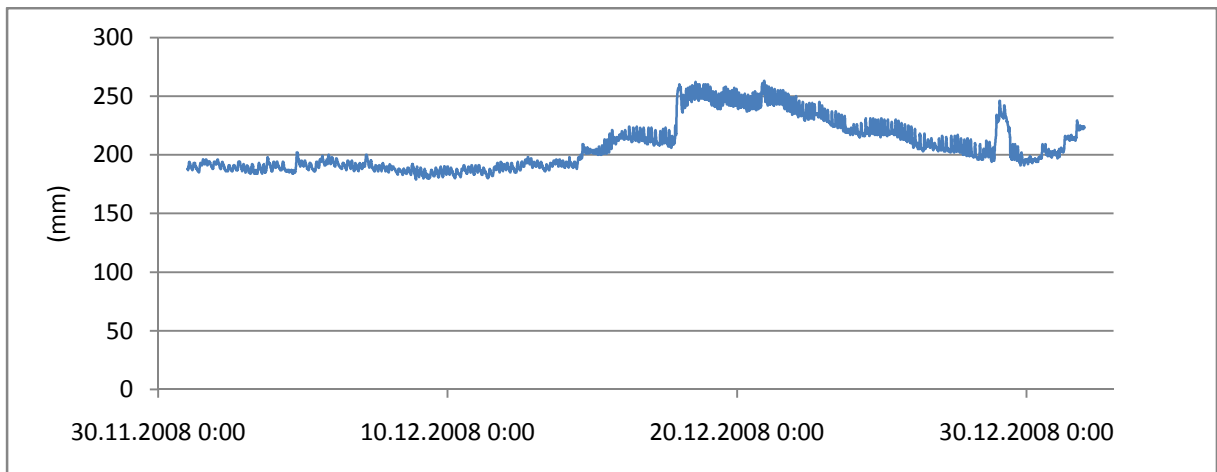
8.3.1.15 Srážková epizoda z 17. 12. 2008

Srážka od 18:42 = cca 9,6 mm (nejistota délky trvání a intenzity).



Obr. 56: Srážková epizoda ze 17. 12. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově (zdroj: vlastní zpracování)

Zvýšení hladiny z 217 mm (21:50) na 252 mm (22:30), maximum v 0:10 (260 mm). Co se týče množství srážek, jedná se o průměrnou srážkovou epizodu na tomto území, a tomu odpovídá i odezva výšky hladiny na padlé srážky, která byla v tento den přibližně 3,5 hodiny.



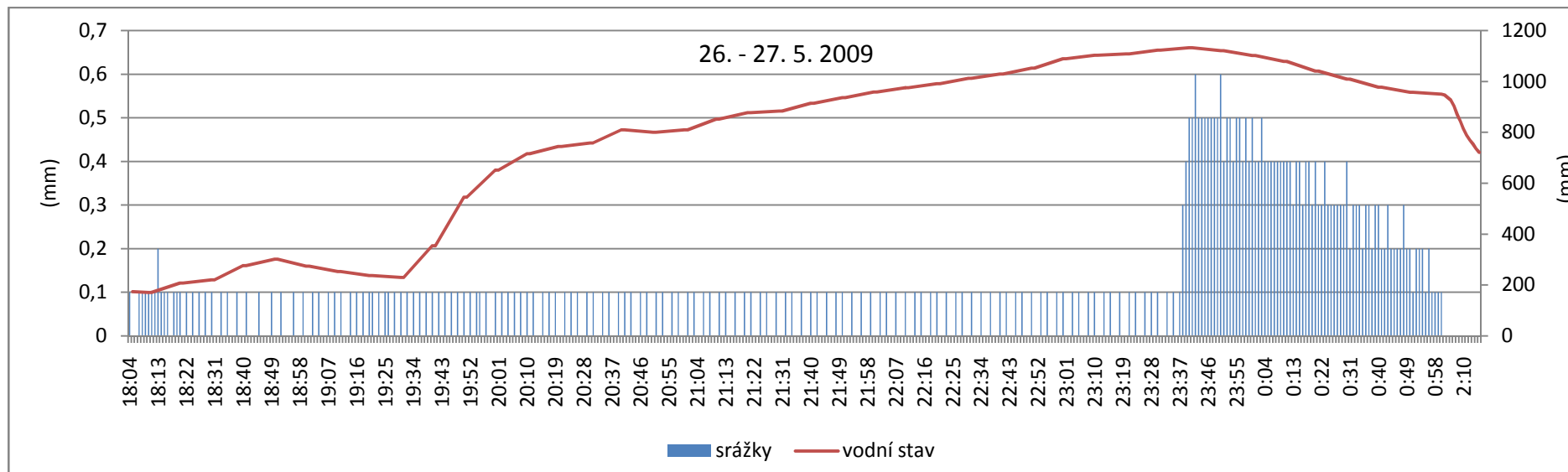
Obr. 57: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu prosince 2008 (zdroj: vlastní zpracování)

8.3.1.16 Srážková epizoda z 26. – 27. 5. 2009

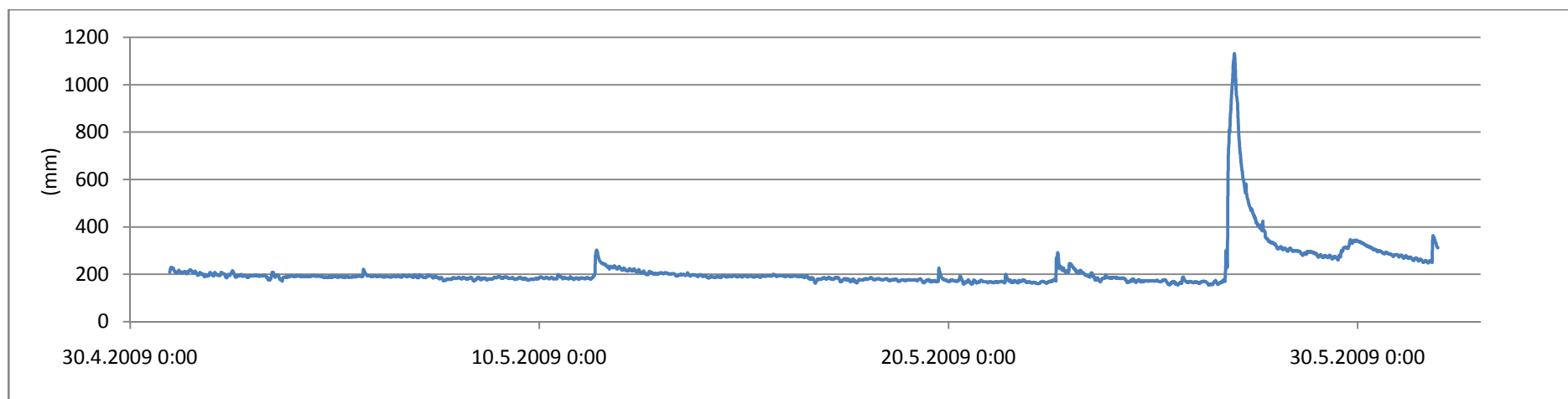
Srážka od 18:04 (26. 5.) do 1:00 (27. 5.) = 42,8 mm (největší intenzita od 23:37 do 1:00 = 28,4 mm).

Srážková epizoda z 26. a 27. května 2009 byla, především co se týče hydrologické odezvy na Mladotickém potoce v Přehořově, velmi výjimečnou. Způsobila zvýšení vodní hladiny na potoce o téměř 1 metr za 5,5 hodiny. Z vodního stavu 170 mm (18:10) na hodnotu 1132 mm (23:40). Nutné je však podotknout možné vzduší vodní hladiny vlivem mostku, na kterém je instalován hladinoměr. I tak se ale jedná o největší zvýšení vodního stavu v námi pozorovaném období.

Vypadávání srážek začalo ve stanici Žihle v 18:04. Největších intenzit a srážkových úhrnů dosáhla tato srážková epizoda kolem půlnoci, kdy od 23:37 do 1:00 následujícího dne vypadlo 66,5 % srážkových úhrnů. Již z časů kulminace na potoce a vypadávání maximálních srážkových úhrnů lze vyzorovat, že časová odezva mezi srážkami a zvýšeným vodním stavem je těžko stanovitelná, neboť ke kulminaci na potoce došlo dříve, než vypadly hlavní srážky. Z toho můžeme usuzovat, že srážková situace přicházela buď od jihu a tudíž se v Přehořově projevila dříve než v Žihli, anebo na delší dobu přetrvala nad pramennými oblastmi, což mohlo zapříčinit stejný efekt, tedy na první pohled dřívější kulminaci v Přehořově.



Obr. 58: Srážková epizoda z 26. – 27. 5. 2009 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přeňořově (zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 59: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přeňořově v průběhu května 2009 (zdroj: vlastní zpracování)

8.3.2 Diskuze dílčích poznatků

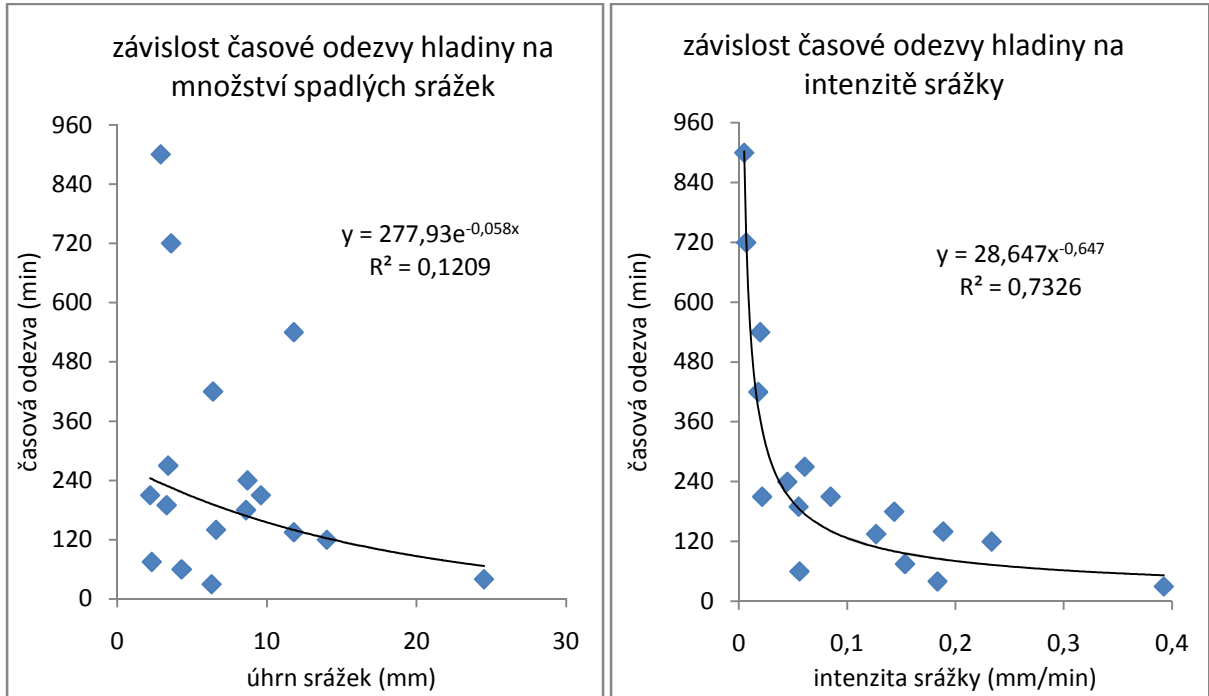
Shrneme-li poznatky z jednotlivých srážkových situací, dostaneme následující výsledky. Zvyšování hladiny Mladotického potoka v Přehořově závisí na spadlých srážkách naměřených meteostanicí v Žihli. Nedá se však jednoznačně říci, jak dlouhá je doba mezi maximální srážkou a kulminací hladiny, resp. o kolik se zvýší v závislosti na spadlých srážkách hladina na Mladotickém potoce v Přehořově. To záleží na několika aspektech. Jedná se o parametry samotné srážky, tedy na prvním místě množství srážek, dále intenzitu a délku trvání takové srážkové epizody. Druhým faktorem je pak samozřejmě i situace v povodí, tzn., jak je povodí v období před srážkou nasyceno vodou. Nasycenost povodí také dobu mezi srážkami a zvýšenými průtoky zkracuje.

Z uvedených příkladů pak lze vyčíst, že existují vztahy mezi tím, kolik srážek spadne a o kolik, příp. za jak dlouhou dobu se zvýší hladina na přítoku do jezera. Do tohoto vztahu ale vstupuje ještě jeden důležitý faktor, a to je ona intenzita, tedy za jak dlouhou dobu spadne ono množství dešťových srážek. Po prozkoumání těchto výsledků lze říci, že nejkratší doba nastává v případě, když spadne velké množství srážek v co nejkratší možné době. To je příklad srážkové situace ze 7. a 8. srpna 2008, kdy odezva na odtoku proběhla už za půl hodiny po vypadnutí srážek. Bylo to dáno právě velkou intenzitou této srážky. Typickou ukázkou, kdy právě intenzita rozhoduje o odtokové odezvě, jsou dvě srážkové situace, kdy spadlo stejné množství srážek. Jedná se o situace z 3. 6. 2008 a 13. 7. 2008. V prvním případě spadlo 11,8 mm srážek za 3,5 hodiny, z toho 70 % srážky během první hodiny. Tomu odpovídá i maximální odezva na odtoku, která proběhla za 2 až 2,5 hodiny, kdy se hladina zvýšila až o 15 cm. V případě červencové srážky spadlo stejné množství srážek během 10 hodin bez viditelného maxima. Zvýšení hladiny pak nastalo až po 5, resp. 9 hodinách od počátku srážkové situace. V tomto případě se hladina zvýšila o 10 cm. Z tohoto příkladu je evidentní vliv intenzity na časové rozložení odtokové odezvy na potoce. Nejdelší časovou odezvu mají tedy ty situace, kdy srážka trvá delší dobu a nemá žádné výraznější maximum.

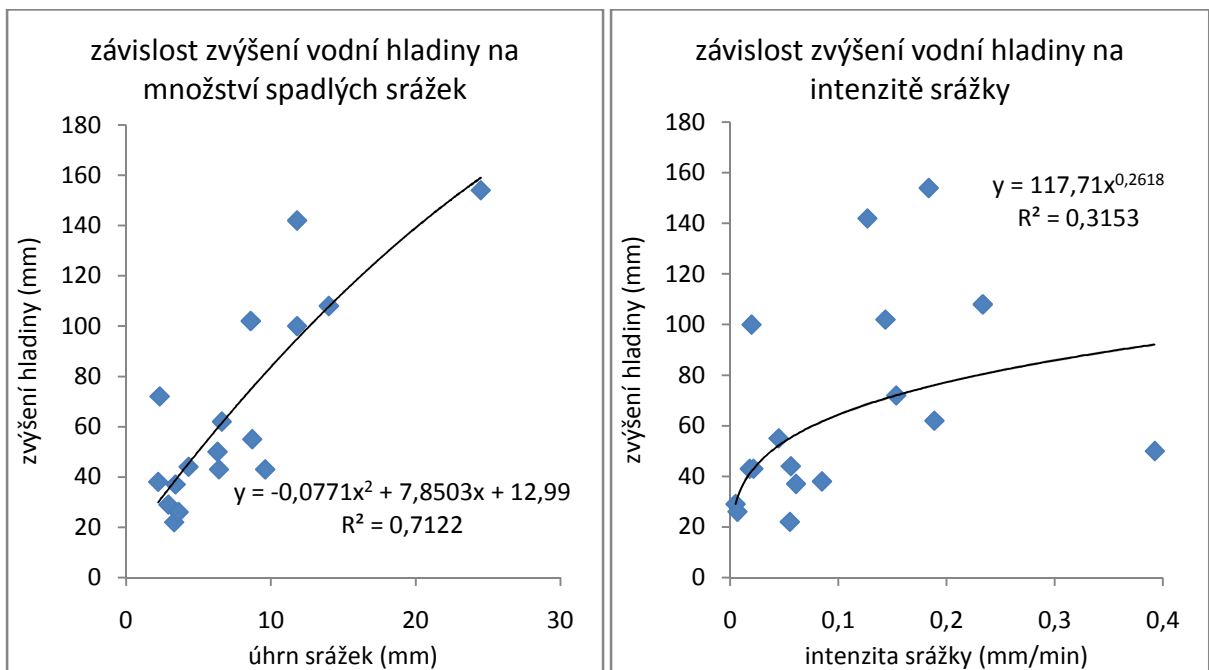
U srážek s velkou intenzitou tedy dojde k výzdvihu vodní hladiny už několik minut po začátku srážky, zpravidla pak do hodiny, v případě srážkových situací s malou intenzitou může být prodleva 10 až 15 hodin. Z tohoto vyplývá, že zásadní význam nemá ani tak množství srážek, jako samotná intenzita, neboť i při menších srážkách byla tato doba mnohem kratší než při situacích, kdy napršelo více, avšak přšelo pozvolna a s žádným maximem. To je příklad první srážkové epizody 11. 7. 2008, kdy spadlo 6,3 mm srážek během jedné hodiny. Díky této vysoké intenzitě došlo k odezvě na odtoku téměř okamžitě. Naproti tomu můžeme postavit už rozebíranou srážku ze dne 13. 7. 2008. Co se týče průměrné hodnoty odezvy potoka na atmosférické srážky, pak z dosavadních výsledků vyplývá, že se zpravidla jedná o časové rozmezí 3 až 5 hodin.

Tato tvrzení dokládají i následující grafy, na nichž jsou provedeny regresní analýzy závislosti časové odezvy hladiny a zvýšení hladiny na úhrnu a intenzitě srážek. Z prvních dvou grafů je patrné, že časovou odezvu ovlivňuje především intenzita srážek. To dokládá i poměrně vysoká hodnota koeficientu determinace. Tedy čím je větší intenzita srážky, tím je kratší doba, kdy se zvýší hladina na Mladotickém potoce. Graf závislosti časové odezvy hladiny na množství spadlých srážek ukazuje, že úhrn srážek nemá zásadní vliv na to, kdy se hladina zvýší. Přesně naopak je to pak se zvyšováním vodní hladiny na jezerním přítoku v Přehořově. Jak dokazují i provedené statistické analýzy, rozhodující vliv na zvyšování hladiny má samotný úhrn srážek. Tedy čím více srážek spadne, o to více se zvedne hladina na Mladotickém potoce. Provedené statistické analýzy tedy ukazují, že úhrn i intenzita srážek mají zásadní vliv na časové a kvantitativní rozložení odtoku, tedy kdy a jaké množství

vody teče průtočným profilem potoka. I přes tyto výsledky je však nutné dále získávat více dat pro podrobnější analýzy a tyto výsledky dále porovnávat a případně zdokonalovat. Jelikož byla stanice v Žihli nainstalována poměrně nedávno, budeme s přibývajícím časem a množstvím naměřených dat dostávat stále lepší a dokonalejší přehled o situaci v povodí.



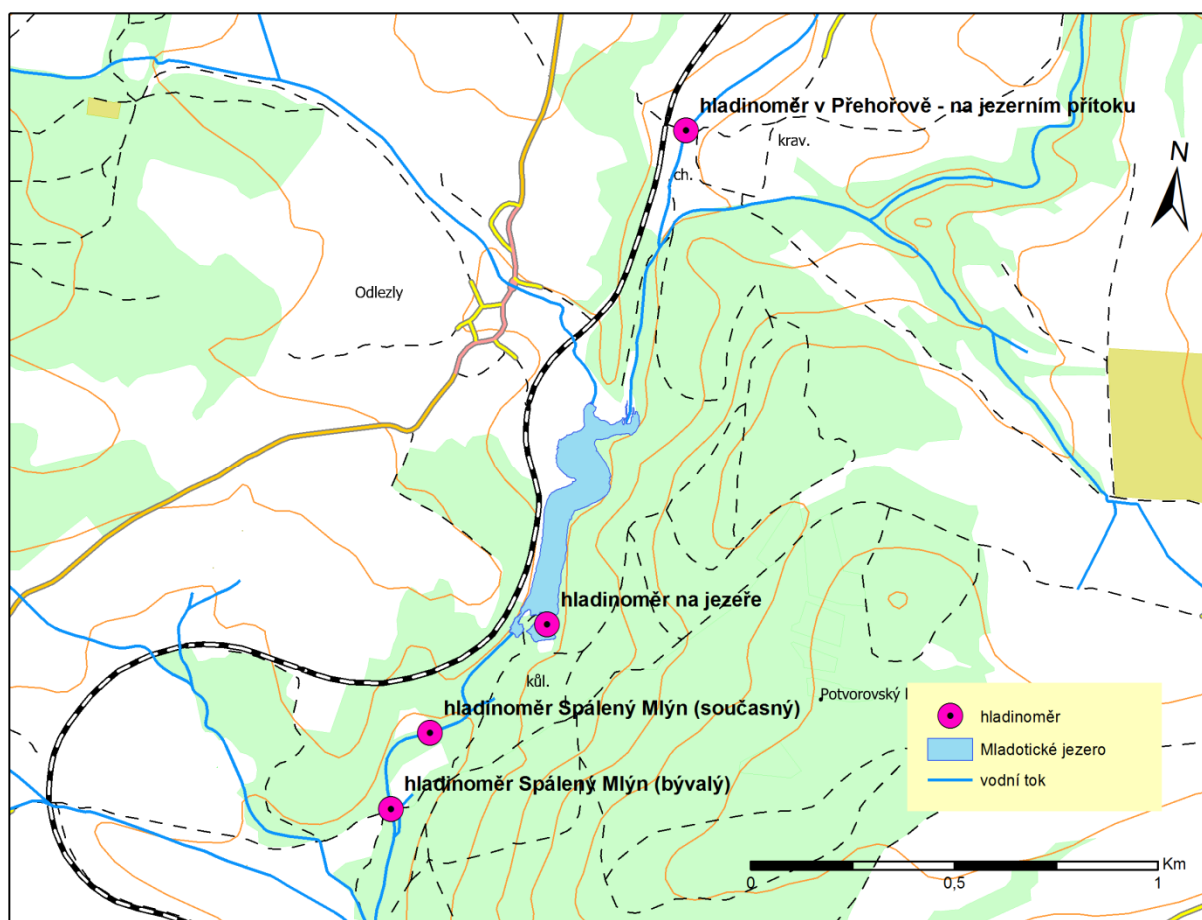
Obr. 60 a 61: Závislost časové odezvy vodní hladiny na množství spadlých srážek a na intenzitě srážky (zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 62 a 63: Závislost zvýšení vodní hladiny na množství spadlých srážek a na intenzitě srážky (zdroj: vlastní zpracování)

8.4 HYDROLOGICKÁ FUNKCE MLADOTICKÉHO JEZERA

Dílčím cílem, který si zde klademe, je poznání hydrologické funkce jezera z hlediska transformace a retardace povodňových vln. Z metodického hlediska jsou posouzeny hydrogramy jednotlivých hladinoměřů vzhledem k jejich tvaru a časovým odezvám. Zajímá nás tedy, zdali a jak se projeví zvýšení hladiny, které proběhne na přítoku do jezera, i zvýšením hladiny jezera a jezerního odtoku. Tato postupová doba je analyzována na několika případech, které by měly ukázat trend této veličiny, čili zpoždění, které nastává na hladinoměru na jezeře a v profilu Spálený Mlýn (hladinoměr pod jezerem) oproti profilu v Přehořově (Mladotický potok nad jezerem). Z těchto výsledků by mělo vyplynout, jaké je zdržení vody v Mladotickém jezeře a jestli pak samotné jezero nějak výrazně ovlivňuje velikost a chod průtoků na potoce pod jezerem.



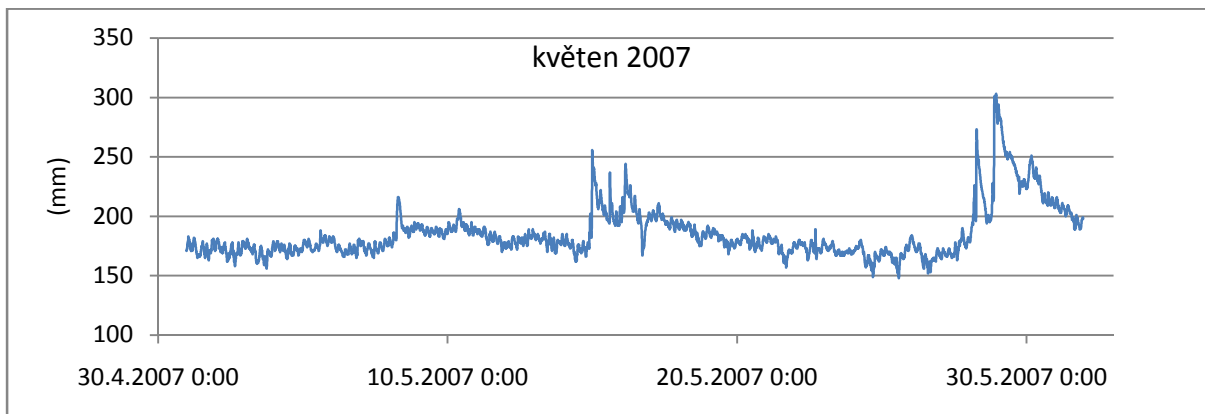
Obr. 64: Lokalizace hladinoměřů v okolí Mladotického jezera (zdroj: podklady VÚV, Geodézie Plzeň, vlastní zpracování (ArcGIS))

Na úvod této kapitoly je nutné zdůraznit, že výsledky jsou prezentovány na několika vybraných měsících, ve kterých se vyhodnocuje postupová doba průtoků, resp. zvýšení hladiny na třech po sobě následujících hladinoměrech. Vzdálenosti hladinoměřů jsou rozdílné, hladinoměr v Přehořově je vzdálen od hladinoměru na jezeře po toku Mladotického potoka a údolnici jezera 1440 m (1250 m přímkovou vzdáleností). Současný hladinoměr na odtoku, označený jako Spálený Mlýn, je vzdálen od hladinoměru na jezeře 450 m (380 m přímková vzdálenost). Původně byl hladinoměr na odtoku ještě o 300 m níže po toku. Kvůli odběrům vody pro zemědělské družstvo Mladotice byl však v listopadu 2008 přeinstalován.

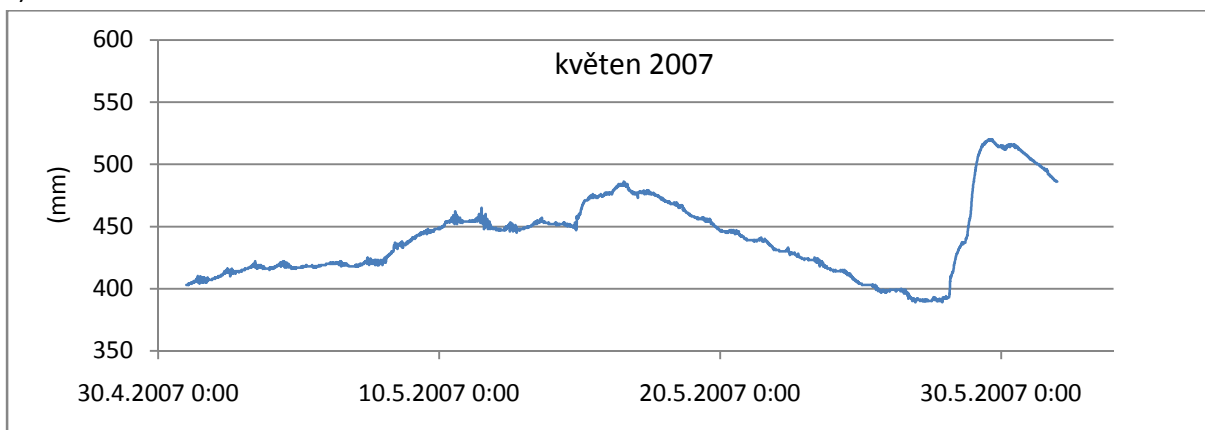
8.4.1 Analýza vybraných situací z hlediska transformace a retardace povodňových vln

8.4.1.1 Situace z května 2007

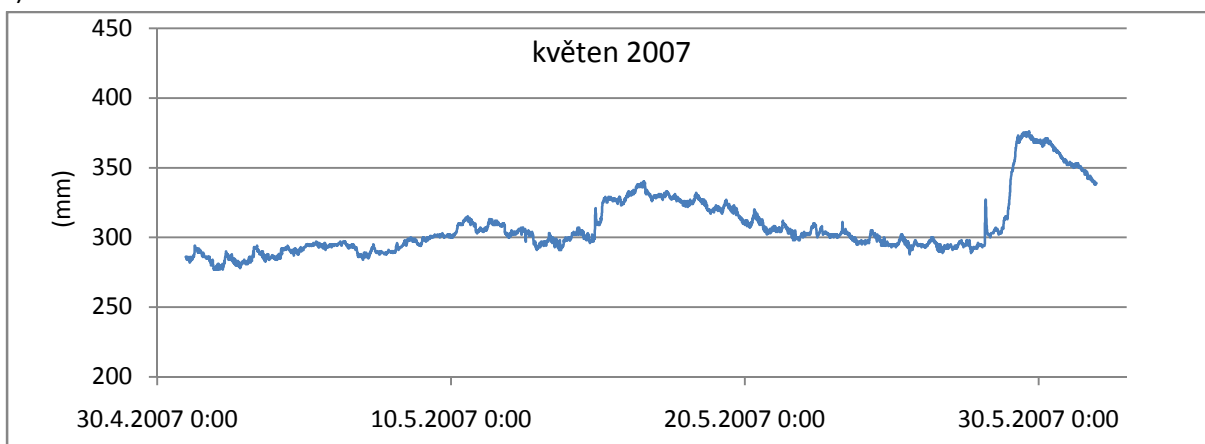
a)



b)



c)



Obr. 65: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – květen 2007 (zdroj: vlastní zpracování)

Na obrázku 65 jsou zobrazeny grafy kolísání výšky vodní hladiny v průběhu května 2007 na Mladotickém potoce v Přehořově, tedy nad jezerem, dále následuje hladinoměr umístěný na hladině jezera a poslední graf zobrazuje průběh výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce

pod jezerem. Stejně pořadí grafů následuje i v případě dalších vybraných měsíců na dalších stránkách této kapitoly, tedy vždy přítok – hladina jezera – odtok.

V případě měsíce května 2007 jsou na grafech patrná dvě zvýšení vodní hladiny způsobená atmosférickými srážkami, a to zhruba v polovině a ke konci měsíce. Na grafu kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu května 2007 dochází k jednotlivým kulminacím 14. 5. 2007 ve 23:50, poté 15. 5. 2007 v 14:30 a poslední kulminace nastává ve 3:30 ráno následujícího dne. Kulminace výstupu na hladinoměru umístěného na jezeře nastává dne 16. 5. 2007 v 13:40. Prakticky ve stejný čas nastává i vrchol výšky hladiny v profilu Spálený Mlýn.

Druhé zvýšení hladiny v těchto profilech proběhlo 28. a 29. 5. 2007. Na přítoku do jezera došlo ke kulminaci v 6:40 a 22:50 (28. 5. 2007) díky dvěma srážkovým epizodám. Na dalších dvou hladinoměrech byla díky transformační funkci jezera pozorována už pouze jediná kulminace, která ovšem trvala delší dobu. V případě samotného jezera nastala mezi 13:10 a 15:40 (29. 5. 2007), na potoce pod jezerem začala téměř ve stejný čas a skončila 16:10. Zde je však nutné upozornit ještě na jednu menší kulminaci, která zde proběhla ve 4:40 dne 28. 5. 2007. Ta byla důsledkem dešťových srážek, stejně jako tomu bylo v profilu nad jezerem, nikoli postupové doby na odtoku z jezera.

Postupová doba : přítok – hladina – odtok (v hodinách, post. doba počítána vždy od přítoku)

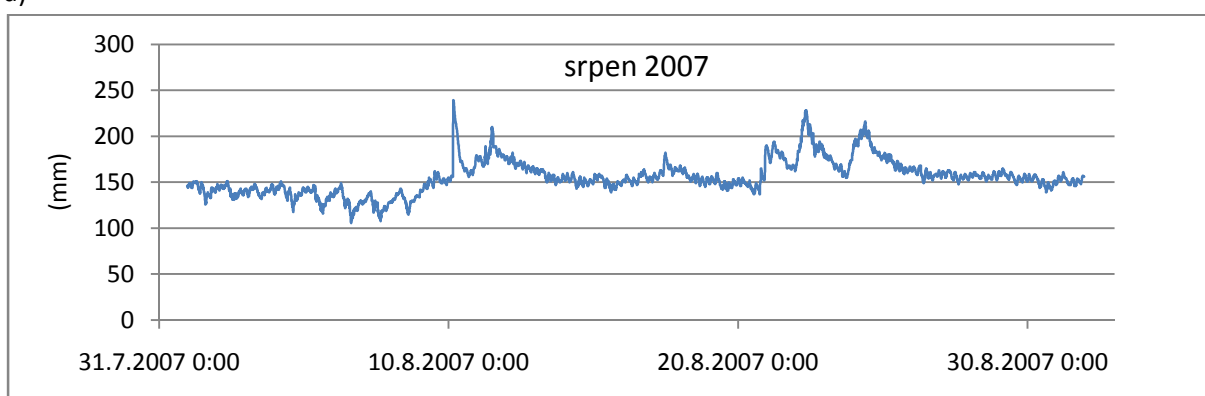
14. -16. 5. 2007	0	+10	+10
28. -29. 5. 2007	0	+15	+15,5

Je důležité se zmínit také o tvarech jednotlivých hydrogramů. Při pohledu na jednotlivé grafy jsou na první pohled viditelné značné rozdíly v jejich tvarech. Zatímco hydrogram z profilu Přehořov má velmi ostré nástupy, jednoznačné vrcholy a prudké poklesové větve, hydrogramy z hladiny jezera a jezerního odtoku naopak nástupy pozvolné, dlouhé kulminace a pozvolné poklesy. Tento fakt má za následek právě transformační funkce jezera, neboť hydrogramy z hladiny jezera a jezerního odtoku už nereagují přímo na proběhlou srážkovou epizodu, jako je tomu v případě hladinoměru v Přehořově, ale jsou ovlivněny funkcí jezera, které způsobuje rozložení povodňové vlny do delšího časového úseku s často nejednoznačnou, mnohem nižší, kulminací.

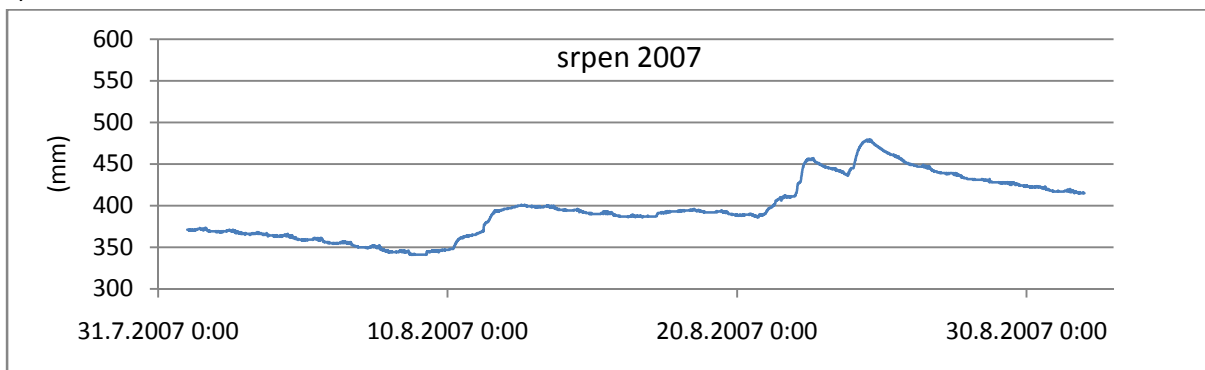
8.4.1.2 Situace ze srpna 2007

Měsíc srpen 2007 je také charakterizován dvěma obdobími s vyššími vodními stavy, a to kolem 10. a 20. dne v měsíci.

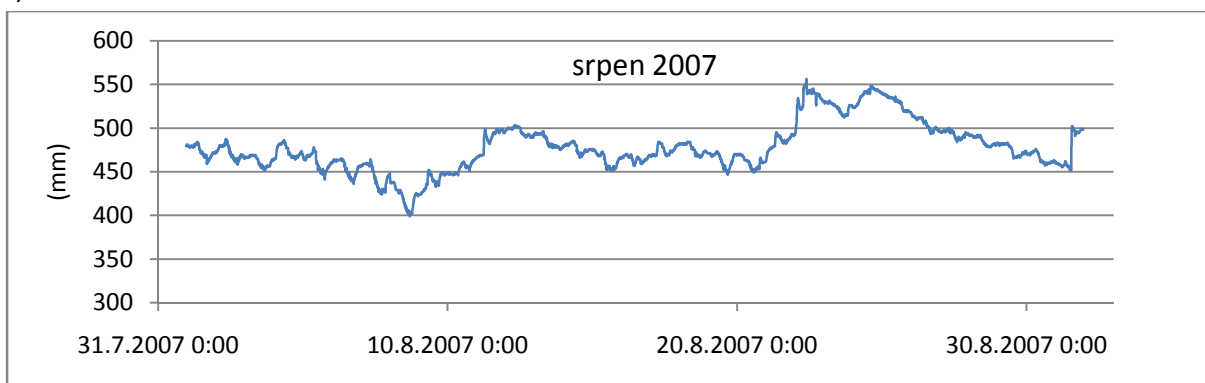
a)



b)



c)



Obr. 66: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – srpen 2007 (zdroj: vlastní zpracování)

Situace týkající se zvýšení hladiny 10. a 11. 8. 2007 se na hladinoměru v Přehořově projevila kulminacemi v 3:50 (10. 8.) a 12:00 (11. 8.). Kulminace na jezeře začala ve 20:30 (11. 8.) a trvala téměř 20 hodin, kdy hladina kolísala v rozmezí 5 mm. Tomu odpovídá i postupová doba na hladinoměru, který se nachází na potoce pod jezerem. Zde nastal maximální stav vodní hladiny 12. 8. 2007 v 8:10. Opět se zde projevil vliv jezera, který transformoval dvě kulminace nad jezerem do jedné mnohem pozvolnější, která se projevila na odtoku z jezera.

Stejně tak lze vidět souvislost mezi třemi po sobě jdoucími zvýšeními hladinami ve dnech okolo 22. srpna (situace A,B,C). V tomto případě způsobila situace A první nárůst hladiny. Jelikož však mezi situacemi A a B nebyl dlouhý časový interval, nestihla výška hladiny na jezeře poklesnout a situace B pak zapříčinila další zvýšení. Podobně pak lze vysvětlit i třetí a poslední zvýšení vodní hladiny při situaci C. Z hlediska postupových dob a z pohledu na graf kolísání vodní hladiny v Přehořově v průběhu srpna 2007 lze vyzorovat tři po sobě jdoucí kulminace, které zde proběhly. První nastala 21. 8. 2007 v 5:50 (situace A), druhá 22. 8. 2007 v 8:00 (situace B) a poslední pak 24. 8. 2007 v 9:30 (situace C). Tentokrát se tyto jednotlivé situace dají rozlišit i na hladinoměru na jezeře. Kulminace situace A zde proběhla 21. 8. 2007 v 15:50, situace B o den později mezi 10:20 a 14:40 a poslední kulminace nastala mezi 11:20 a 15:30 dne 24. 8. 2007. Jak je patrné, postupová doba se v případě situací B a C značně snížila. Bylo to pravděpodobně důsledkem prvního zvýšení a nasycenosti povodí jezera. V případě hladinoměru pod jezerem není situace A zcela průkazná. Kulminace situace B nastala už v 9:40 (22. 8. 2007), tedy půl hodiny před kulminací na jezeře. Příčinou mohla být srážka postupující od jihu, která zapříčinila zvýšení hladiny Mladotického potoka pod jezerem dříve, než se zde projevila kulminace vlivem postupové doby. Poslední srpnová kulminace pak proběhla 24. 8. 2007 v 14:50.

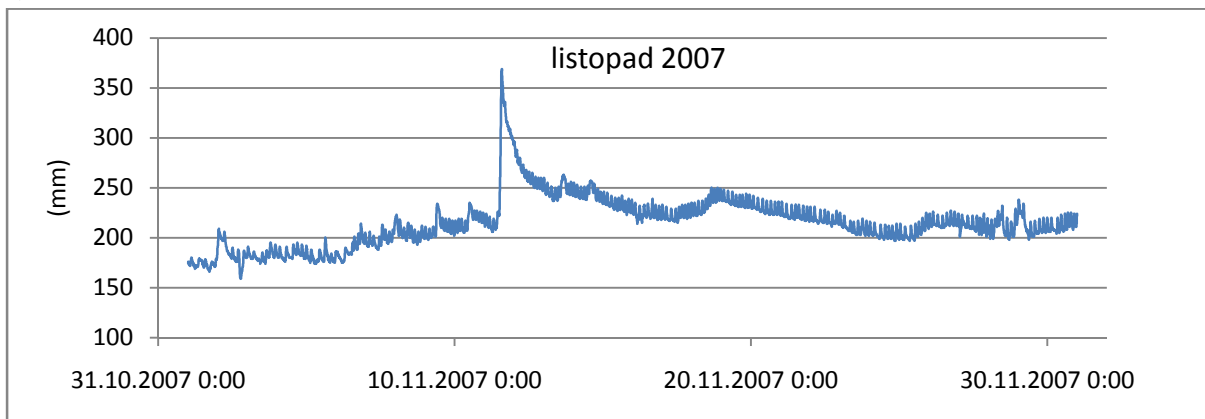
Postupová doba : přítok – hladina – odtok (v hodinách, post. doba počítána vždy od přítoku)

10. -11. 8. 2007	0	+8,5	+20
21. 8. 2007	0	+10	+?
22. 8. 2007	0	+2,5	+2
24. 8. 2007	0	+2	+5,5

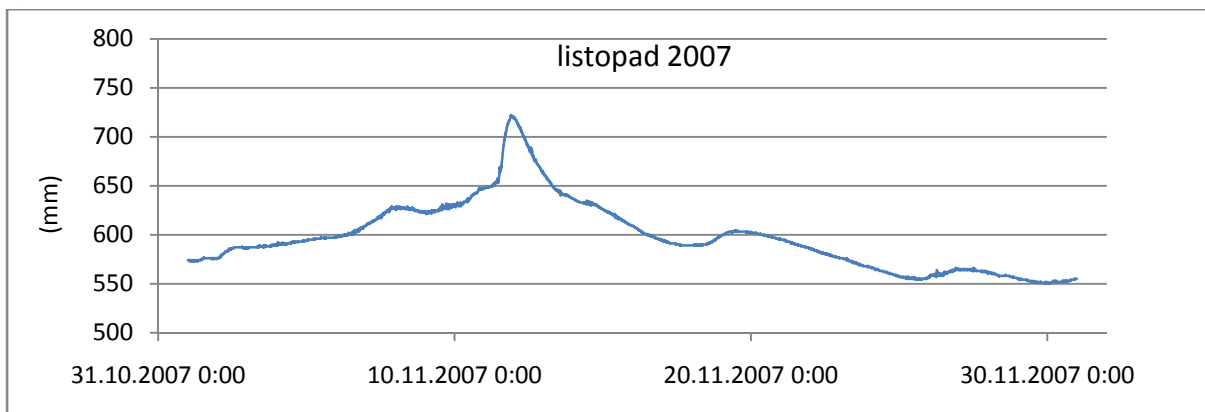
8.4.1.3 Situace z listopadu 2007

V případě listopadu 2007 můžeme vidět jednu srážkovou situaci, na druhou stranu ale velmi významnou. Tato srážka zvýšila hladinu na Mladotickém potoce nad jezerem za hodinu o cca 150 mm.

a)



b)



Obr. 67: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a) a na jezeře (b) – listopad 2007 (zdroj: vlastní zpracování)

Podíváme-li se na graf kolísání vodní hladiny na Mladotickém jezeře, můžeme velmi zřetelně spatřit totéž zvýšení, ovšem v poněkud transformovanější povaze. Kulminace nastává ve 21:40 dne 11. 11. 2007, kdežto na přítoku do jezera už v 14:10 téhož dne. K počátku vzestupu hladiny dochází sice pouze o hodinu později, avšak kulminace nastává až po 7,5 hodinách. Proto také nedochází k takovému zvýšení hladiny jako v případě Mladotického potoka v Přehořově. A jelikož se jednalo pouze o ojedinělou srážkovou situaci, došlo i na jezeře k poměrně rychlému odtoku a snížení hladiny. Graf Mladotického potoka pod jezerem bohužel nelze prezentovat kvůli výpadku měření.

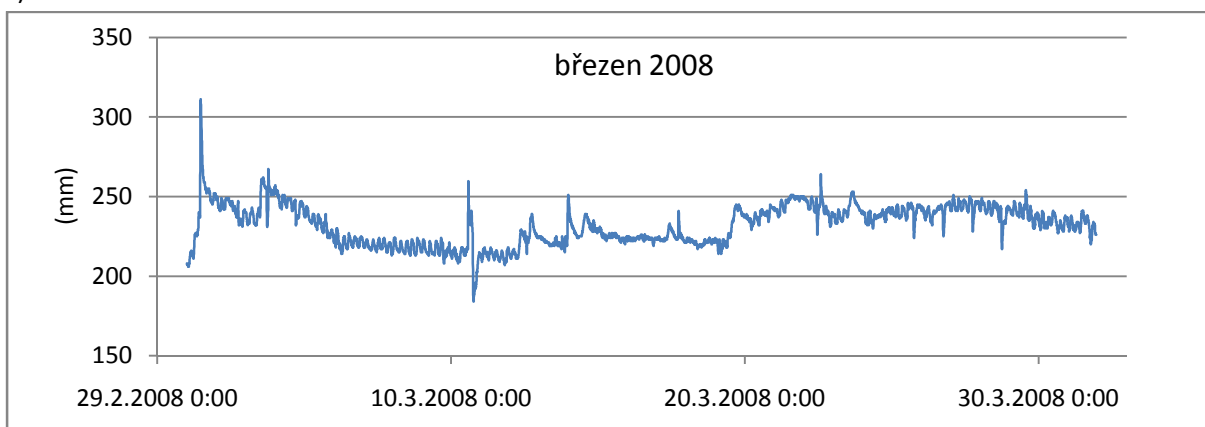
Postupová doba : přítok – hladina – odtok (v hodinách, post. doba počítána vždy od přítoku)

11. 11. 2007 0 +7,5 +?

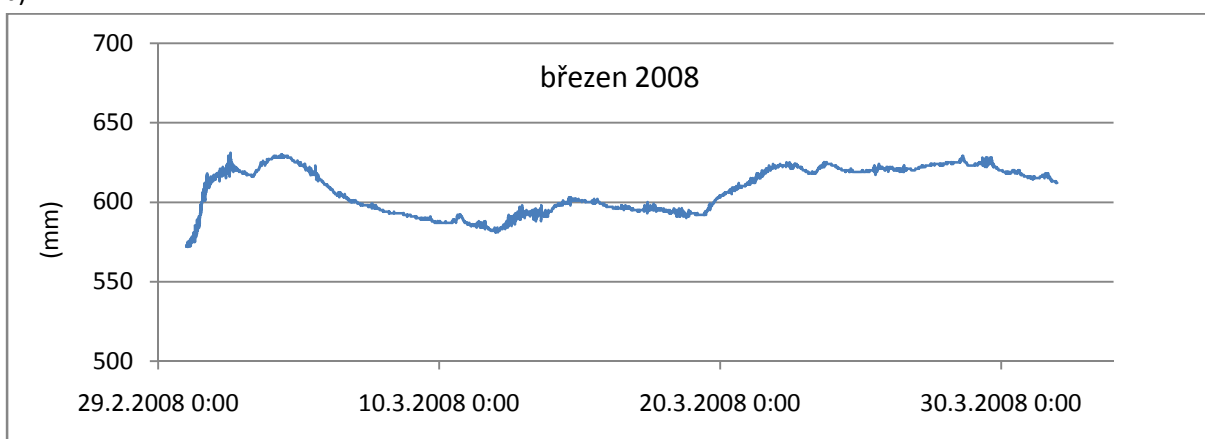
8.4.1.4 Situace z března 2008

Na grafu kolísání vodní hladiny Mladotického potoka v Přehořově v průběhu března 2008 vidíme pouze malé výkyvy. Odtok byl tedy v tomto měsíci poměrně vyrovnaný s pouze malými zvýšeními odtoku. Nejvýznamnější srážková epizoda proběhla už 1. 3. 2008. Kulminace na Mladotickém potoce nad jezerem proběhla v 11:20 tohoto dne.

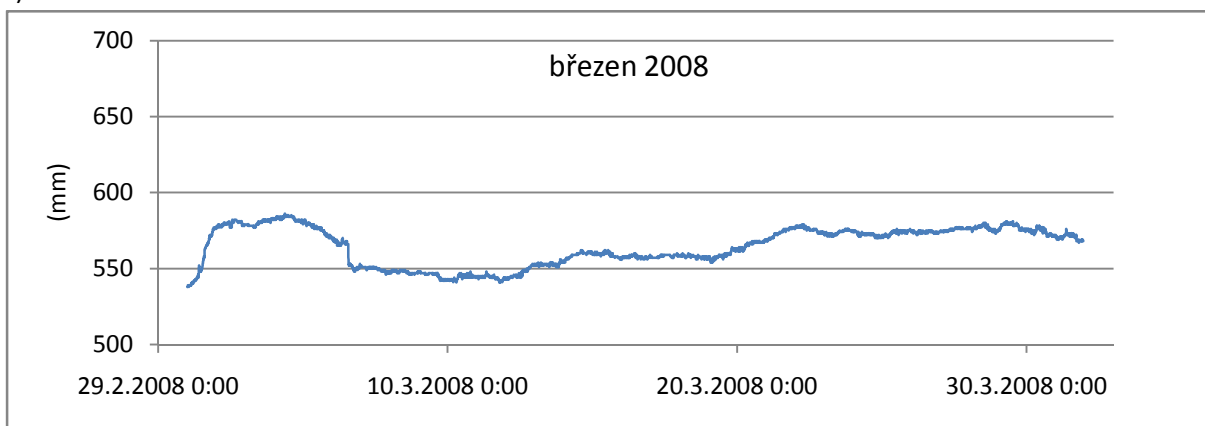
a)



b)



c)



Obr. 68: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – březen 2008 (zdroj: vlastní zpracování)

K maximálnímu stavu vodní hladiny na jezeře došlo až následující den v 12:00. Postupová doba činila v tomto případě tedy až 25 hodin. Tomu odpovídá i kulminace na potoce v profilu Spálený Mlýn, která nastala mezi 13:30 a 15:00 (2. 3. 2008).

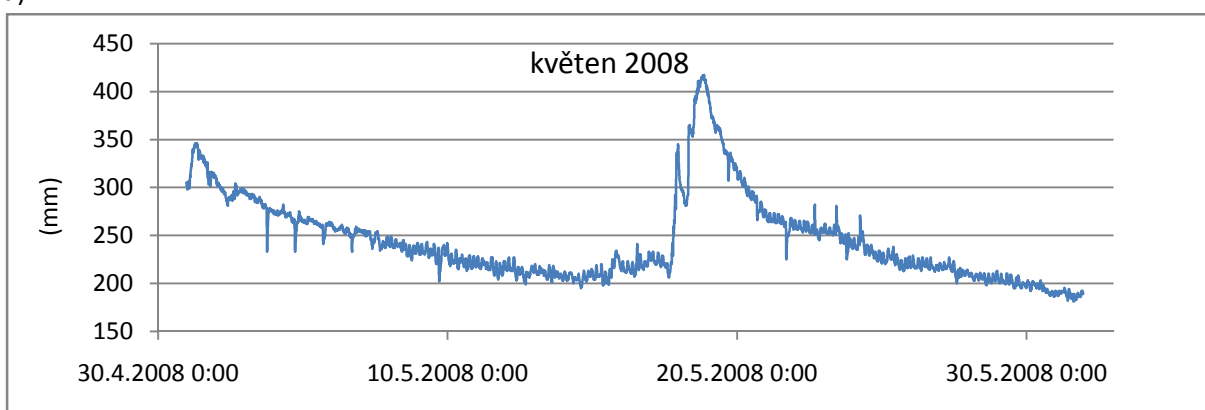
Postupová doba : přítok – hladina – odtok (v hodinách, post. doba počítána vždy od přítoku)

1. -2. 3. 2008 0 +25 +27

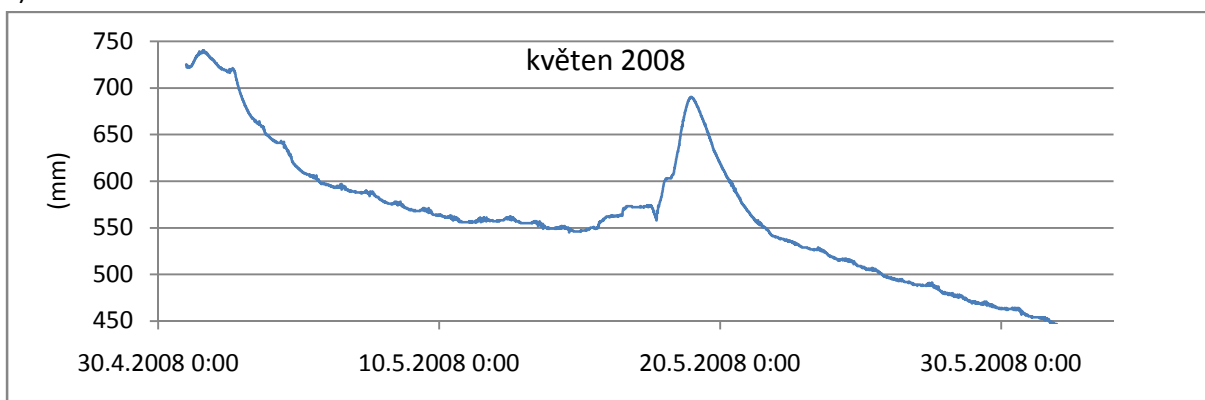
8.4.1.5 Situace z května 2008

V případě května 2008 je prezentován podobný příklad, který byl popisován při listopadové situaci. Jedná se o jednu velmi významnou srážku, která se projevila na všech třech profilech.

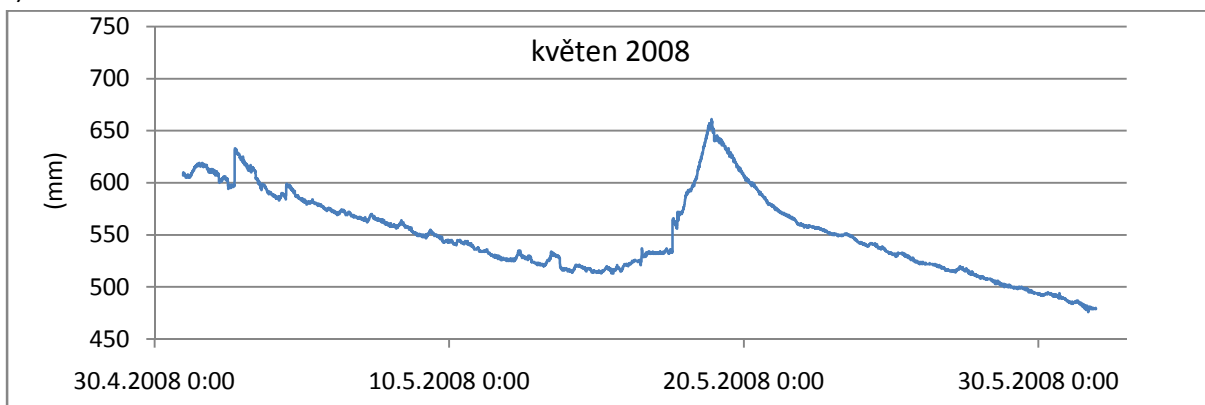
a)



b)



c)



Obr. 69: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – květen 2008 (zdroj: vlastní zpracování)

V profilu Přehořov byly patrné dvě kulminace. První nastala 17. 5. 2008 ve 23:00, druhá, mnohem větší, 18. 5. 2008 v 18:30. Na hladině jezera se nejvyšších hodnot dosáhlo ve 21:30 (18. 5. 2008). Toto zvýšení hladiny trvalo 4 hodiny. Kulminace vodní hladiny na potoce v profilu Spálený Mlýn proběhl ve 22:10, tedy o 40 minut později než na jezeře.

Značný rozdíl se projevil v míře vzestupu hladin. Zde se nejvíce projevil transformační účinek jezera. Proto byl také v dolním profilu výstup nejmenší, maximální byl pak samozřejmě na přítoku v Přehořově. Za zmínku ještě stojí rychlý pokles hladiny jezera po této epizodě. Opět, jako v případě listopadové srážky, je zapříčiněn ojedinělou srážkou, která rychle odtekla.

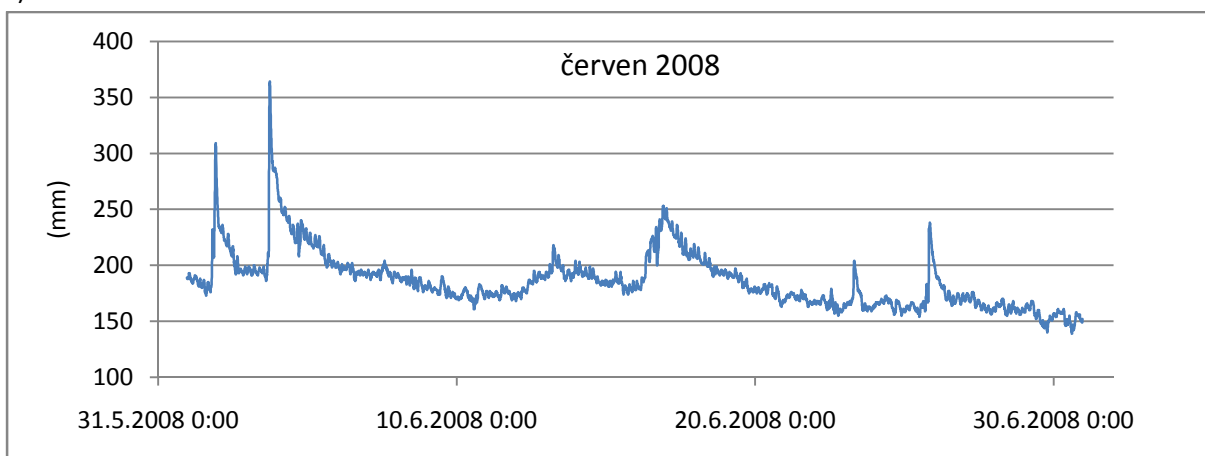
Postupová doba : přítok – hladina – odtok (v hodinách, post. doba počítána vždy od přítoku)

17. -18. 5. 2008 0 +3 +3,5

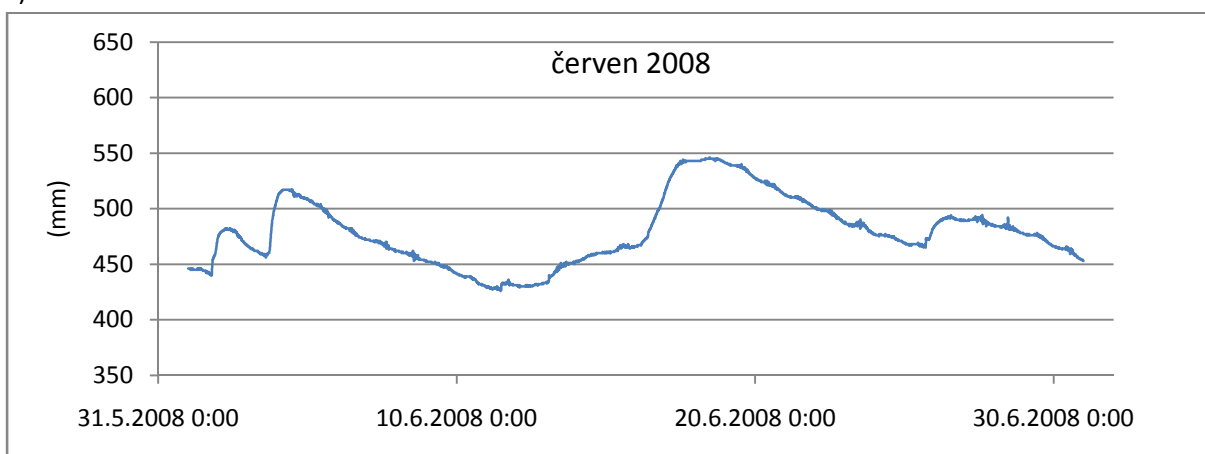
8.4.1.6 Situace z června 2008

Měsíc červen 2008 charakterizuje několik výstupů a poklesů vodní hladiny, a proto je pro analýzu transformace jedním z nejlepších měsíců.

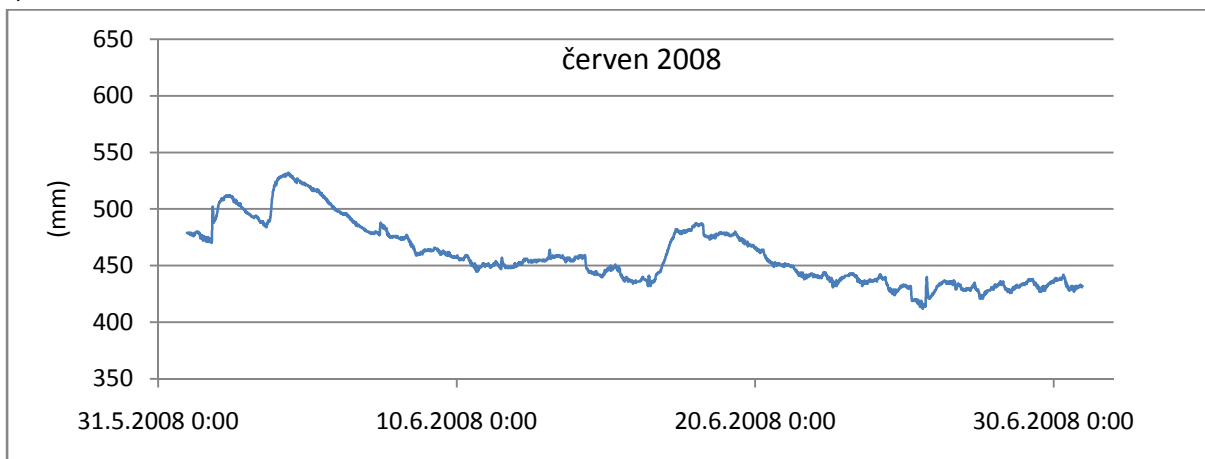
a)



b)



c)



Obr. 70: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – červen 2008 (zdroj: vlastní zpracování)

K první srážkové epizodě došlo 1. 6. 2008 a odezva v podobě kulminace v profilu Přehořov nastala ve 22:20. Hladina jezera kulminovala druhý den ráno v 5:30. Tato kulminační hladina vydržela na jezeře dalších 4,5 hodiny. Na Mladotickém potoce pod jezerem začala kulminace ve stejnou dobu jako na jezeře, avšak trvala ještě o hodinu déle. Druhá epizoda nastala 3. 6. 2008. V tento den kulminovala hladina na Mladotickém potoce nad jezerem v 17:50. Vrchol stavu vodní hladiny na jezeře nastal následující den v 1:10 ráno. Následná kulminace pod jezerem byla zpozorována ve 2:30.

Pozvolnější srážky v polovině měsíce (13. a 16. června) se na hladině jezera projeví vyšším stavem vodní hladiny, než tomu bylo v případě předchozích situací. Důvodem byla dlouhodobost těchto srážek. A i když na Mladotickém potoce (v Přehořově) došlo k většímu zvýšení hladiny na začátku června, na jezeře tomu bylo naopak.

Co se týče průběhu kolísání hladiny na potoce pod jezerem, můžeme konstatovat, že v první polovině měsíce je průběh velmi podobný jako výstup a pokles hladiny na Mladotickém jezeře. V jeho druhé polovině se však intenzivněji projevil vliv jezera, kdy sice i zde došlo ke zvýšení průtoků, ale k mnohem menšímu. Jezero zadrželo část vody, která poté odtékala pozvolněji, a proto se zde už ani neprojevil poslední výstup hladiny 25. června.

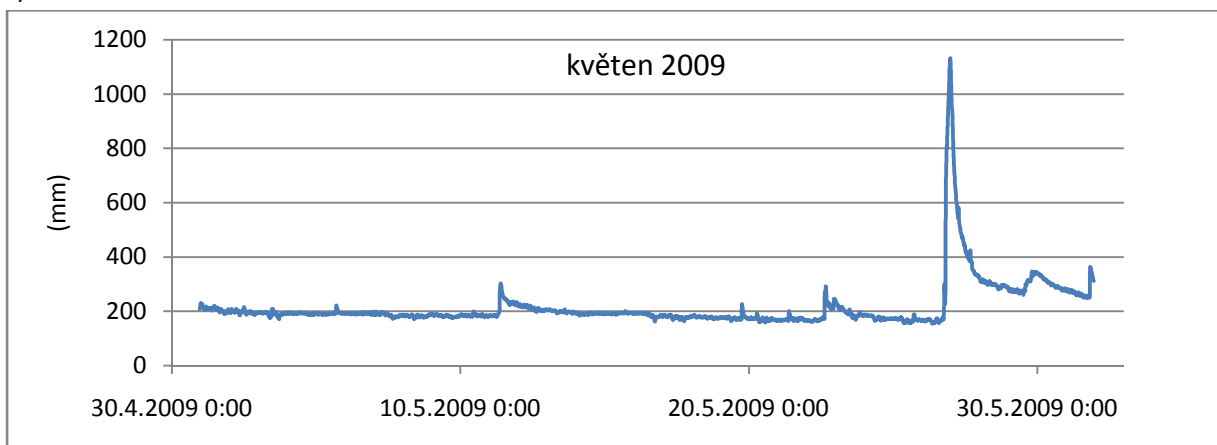
Postupová doba : přítok – hladina – odtok (v hodinách, post. doba počítána vždy od přítoku)

1. 6. 2008	0	+7	+7
3. 6. 2008	0	+7,5	+9

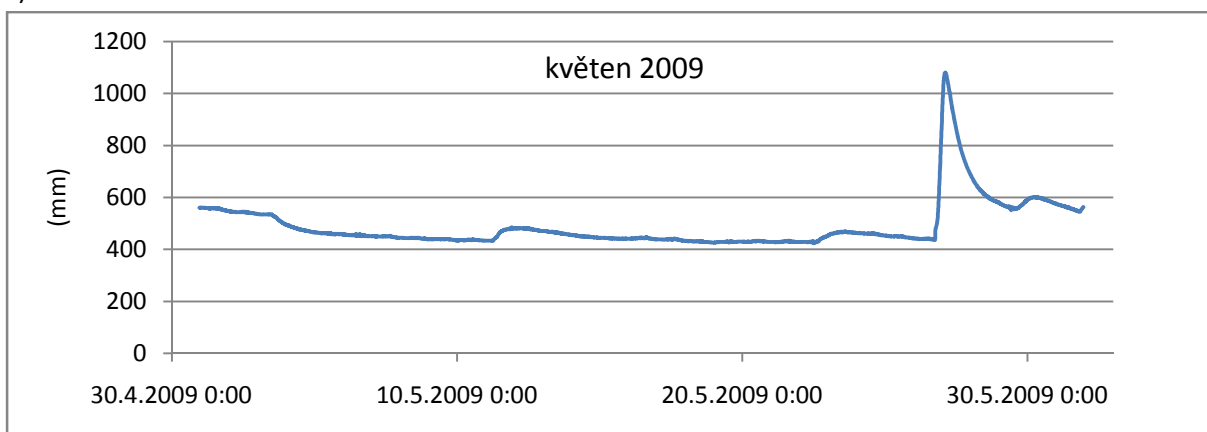
8.4.1.7 Situace z května 2009

Posledním vyhodnocovaným měsícem je květen 2009. Tento měsíc je charakterizovaný největší srážkovou epizodou za celé sledované období. Během několika hodin spadlo ve stanici Žihle 42,8 mm srážek.

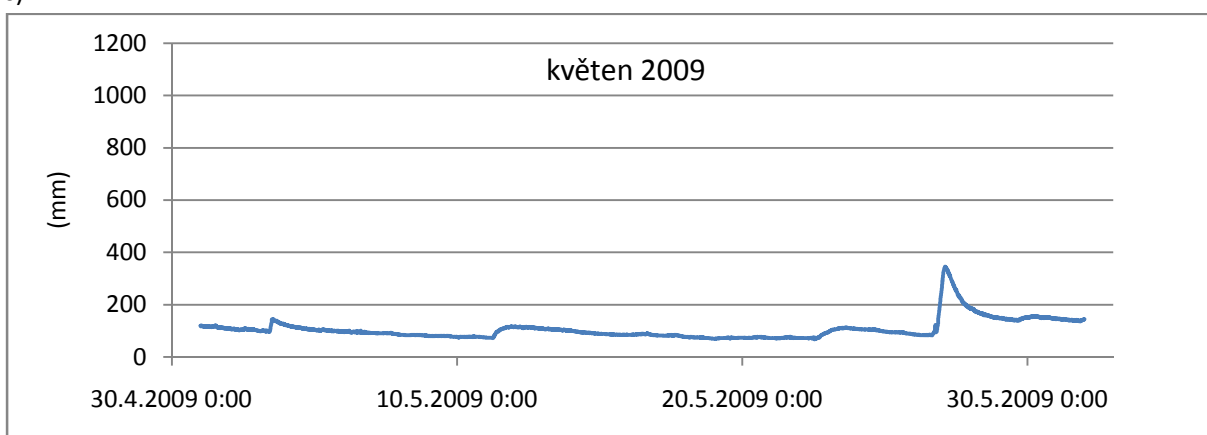
a)



b)



c)



Obr. 71: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – květen 2009 (zdroj: vlastní zpracování)

Srážková situace ve stanici Žihle začala po 18. hodině (26. 5. 2009). Ve stejnou dobu dochází i ke zvýšení vodního stavu v profilu Přehořov. Ze 170 mm v 18:10 na 229 mm v 19:30. Poté během

jedné hodiny došlo ke zvýšení o 580 mm na hodnotu 809 mm (20:40). Kulminace zde nastala ve 23:40 (1132 mm). Tento údaj je však nutné, díky možnému vzduší vodní hladiny, brát s rezervou.

Na hladinoměru na jezeře se zvyšování hladiny projevovalo také už od 18. hodiny. Nástup byl však mnohem pozvolnější a kulminačního stavu dosáhla hladina jezera ve 2:30 následujícího dne (1080 mm). Zatímco v profilu Přehořov došlo k téměř metrovému zvýšení, zde se jednalo pouze o 622 mm. Zvýšená hladina však vydržela takřka 2 hodiny. I v profilu Spálený Mlýn začalo zvyšování hladiny hned po 18. hodině. Zde docházelo k postupnému nárůstu vodního stavu ze 100 mm (18:10) na kulminační hodnotu 345 mm (2:50).

Postupová doba : přítok – hladina – odtok (v hodinách, post. doba počítána vždy od přítoku)

26. – 27. 5. 2009 0 +2,5 +3

8.4.2 Diskuze dílčích poznatků

Závěrem shrňme výsledky, které vyplývají z analýzy těchto několika příkladů. Dá se říci, že na zvýšení průtoků a hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově přímo reaguje i samotná hladina jezera a následně i Mladotický potok pod jezerem.

Z uvedených příkladů vyplývá, že průměrná postupová doba mezi hladinoměrem v Přehořově a hladinoměrem umístěným na hladině jezera se pohybuje mezi 7 až 10 hodinami. Kratší postupová doba nastává v případě, pokud následuje více po sobě jdoucích epizod, při kterých dojde ke zvýšení hladiny nad jezerem. V tomto případě hraje roli předchozí nasycenost povodí a zrychlení odtoku způsobené první kulminací. Toto je příklad třech epizod v druhé polovině srpna 2007, kdy postupová doba druhé a třetí situace byla mezi 2 až 3 hodinami. Druhý příklad zkrácené postupové doby ukazují epizody ze 17. – 18. 5. 2008 a 26. – 27. 5. 2009. V těchto případech byla krátká časová odezva (2,5 - 3 hodiny) způsobena velkým zvýšením hladiny během krátké doby. V případě první srážky došlo ke zvýšení z původních 208 mm na 417 mm, v případě druhé dokonce ze 170 mm na 1132 mm, což zapříčinilo velmi rychlý odtok a dřívější kulminaci na jezeře.

Obecně lze tedy říci, že čím větší a intenzivnější je srážková epizoda, resp. zvýšení hladiny na Mladotickém potoce nad jezerem, tím kratší je i postupová doba mezi hladinoměry na jezeře a v Přehořově. Naopak čím je tato situace pozvolnější, postupová doba se prodlužuje a kulminace na jezeře trvá i několik hodin. To je příklad situace z 10. - 11. 8. 2007, kdy kulminace na jezeře trvala kolem 20 hodin a proto i následná kulminace v profilu pod jezerem nastala až po 12 hodinách od počátku nejvyšších vodních stavů na jezeře. Co se týče časové odezvy posledního hladinoměru, který je umístěn na potoce pod jezerem, je postupová doba mezi jezerem a tímto hladinoměrem v průměru 0-2 hodiny. Určitou roli v délce postupových dob hraje rovněž umístění hladinoměrů. Hladinoměr na přítoku a na jezeře jsou vzdáleny 1440 m. Vzdálenost hladinoměrů na jezeře a pod jezerem činí pouze 450 m.

Závěrem lze konstatovat, že Mladotické jezero má vliv na velikosti průtoků Mladotického potoka pod jezerem, jeho transformační účinek lze vyzorovat na každém z uvedených případů. Zatímco v Přehořově bývají nástupy kulminací velmi rychlé a poklesy rovněž tak, v případě profilu Spálený Mlýn jsou tyto nástupy velmi pozvolné a trvají delší dobu. Rovněž nedochází k tak velkým výkyvům hladiny. Jezero tedy působí jako regulátor průtoků, které odpovídají kolísání hladiny na samotném jezeře více než vlastnímu rozložení srážek v povodí. Co se týče časového zpoždění, lze

řící, že jezero zásadním způsobem vodu příliš nezadržuje a že k zvýšení hladiny pod jezerem dochází v poměrně rychlém sledu po kulminaci v Přehořově. Je to dáno především morfometrickými vlastnostmi pánve Mladotického jezera. Protáhlý tvar ve směru toku a malá hloubka jezera nedávají možnost zadržet na delší dobu větší množství vody a proto můžeme Mladotické jezero označit za velmi průtočné.

9 DISKUZE

V této kapitole jsou shrnuty nejdůležitější výsledky a fakta, která z práce vyplynula. Jsou diskutovány a rozebírány metody při jejich zjišťování, stejně jako nedostatky, které by mohli v budoucnu danou problematiku ještě více osvětlit.

První kapitolou, kde jsme se setkali s vyhodnocováním dat, byla kapitola o klimatu dané oblasti. Zde byl jedním z dílčích úkolů výpočet průměrné srážky na povodí Mladotického jezera. Vyzkoušeno bylo hned několik metod, které se standardně používají pro tento výpočet. První z nich, metoda Thiessenových polygonů, se ukázala bohužel jako nevhodná pro stanovení průměrné srážky, neboť téměř celému povodí byla přisouzena bodová hodnota jedné stanice, konkrétně stanice Velečín (pouze nepatrná část povodí náleží ke stanici Kralovice). Takto vypočítaná průměrná srážka na povodí by činila téměř 530 mm. Druhou metodou, která je v práci uvedena, je metoda izohyet. Za předpokladu že by rozložení množství srážek bylo přímo závislé na nadmořské výšce, šlo by pomocí výškových a srážkových údajů vytvořit mapu izohyet, z níž by byla posléze vypočtena průměrná srážka na povodí. Proto byla provedena regresní analýza závislosti atmosférických srážek na nadmořské výšce. Výsledek této analýzy ukázal, že vazba těchto dvou veličin není v případě studovaného území příliš těsná (koeficient determinace pouze 0,5856), a tudíž ani tato metoda nemohla být použita pro výpočet průměrné srážky. Třetí metoda, která byla vyzkoušena, bere v potaz konkrétní rozmístění a vzdálenost stanic vůči povodí Mladotického jezera. Proto do výpočtu vstupují pouze čtyři nejbližší stanice. Kromě již zmiňovaného Velečina s průměrným úhrnem srážek 530 mm jsou to stanice Manětín, Plasy a Kralovice. Při pohledu na tyto tři stanice a jejich průměrný úhrn srážek (Manětín – 486 mm, Plasy – 484 mm, Kralovice – 485 mm) je zřejmé, že výsledná srážka bude menší než 530 mm. Proto byla vzdálenost těchto tří stanic od stanice Velečín a rozdíl 45 mm srážek zahrnut do výpočtu s tím, že v případě srážek bylo předpokládáno jejich rovnoměrné rozložení. Pak v polovině vzdálenosti, která odpovídá jižnímu okraji studovaného území, vycházel srážkový úhrn 508 mm. Výsledná průměrná srážka na povodí pak činila 519 mm. Tato třetí metoda, ač není oficiální metodou, se ukázala jako nejlepší při stanovování průměrné srážky na povodí. Je však důležité zmínit, že se dá využít pouze individuálně ke konkrétním případům, neboť zde záleží především na rozmístění jednotlivých stanic. Zajímavé je i srovnání s Janským (1975), který uvádí hodnotu průměrné srážky na povodí Mladotického jezera 539 mm. Příčinou jsou vyšší hodnoty srážek v jednotlivých stanicích (Velečín – 547,5 mm, Kralovice – 500,8 mm).

Zajímavé jsou i výsledky tání sněhové pokrývky a jejich vliv na zvýšení hladiny Mladotického potoka. Z dat ČHMÚ vyplynulo, že k tání dochází na tomto území již na přelomu února a března, v nejvyšších polohách pak v průběhu března. Zajímavější poznatky jsme ale dostali během terénních výjezdů do zkoumaného území. Měření průtoků na Žihelském potoce a Mladotickém potoce před jejich soutokem byla zjišťována váha každého z nich při posuzování vodnosti Mladotického potoka v Přehořově. Z výsledků vyplynulo, že v jarním období, tedy v období tání, má vyšší průtoky potok Mladotický (65% x 35% - Žihelský potok), zatímco ve zbylé části roku má téměř dvakrát vyšší průtoky potok Žihelský. Důvodem je pravděpodobně tání sněhové pokrývky v pramenné oblasti Mladotického potoka, jež má tedy největší podíl na maximálních průtocích v době jarního tání. Podle výsledků terénního měření má Mladotický potok také mnohem větší rozkolísanost než potok Žihelský. Pozoruhodných poznatků bylo dosaženo i z hlediska zanášení jezerních přítoků a jezera samotného. Ač to nebyl původní záměr, byl zpozorován na těchto dvou tocích i jejich podíl na zanášení jezera. Z tohoto pohledu bylo přínosné především terénní měření z 28. 5. 2009, kdy byly

jezero a Mladotický potok v Přehořově po proběhlé srážkové epizodě zbarveny do sytě oranžové až hnědé barvy. Následně bylo zjištěno, že veškerý materiál, který jezero znečistil, pochází z povodí Žihelského potoka. Zatímco Žihelský potok byl v tento den silně zatížen plaveninami, Mladotický potok nad soutokem byl průzračně čistý. Z toho vyplývá, že větší měrou se na zanášení jezera pravděpodobně podílí potok Žihelský. K jistotě tohoto tvrzení by však bylo potřeba provést podrobnější výzkum v těchto dílčích povodích.

Nyní se podívejme na výsledky, které se týkají samotných odtokových charakteristik. Po vytvoření konzumpční křivky a přepočítání vodních stavů na průtoky byl vypočten dlouhodobý průměrný průtok. Jeho hodnota pro Mladotický potok činí $0,026313 \text{ m}^3/\text{s}$. Nejvyšších vodních stavů dosahuje potok v jarních měsících, především pak v březnu a dubnu. Pro možnosti extrapolace dat z profilu Přehořov byla vyhodnocena i řada hydrologických dat z profilu Plasy na řece Střele. I v tomto případě dosahují průtoky maxim v jarních měsících. U obou toků je to zapříčiněno táním sněhové pokrývky. Dlouhodobý průměrný průtok řeky Střely v profilu Plasy dosahuje hodnoty $2,896 \text{ m}^3/\text{s}$.

Po vyhodnocení obou řad bylo potřeba provést výpočet přepočteního koeficientu, pomocí kterého by později došlo k extrapolaci dat v profilu Přehořov. Z počátku se předpokládalo, že na tento přepočet budou využita současná měření a dále měření provedená Urbanovou (1991) v hydrologickém roce 1990 a Janským (1975), jenž zde měřil průtoky od října 1974 do července 1975. Jak se ale později ukázalo, hodnoty jednotlivých přepočteních koeficientů se značně lišily. V případě Urbanové (1991) nabýval přepočtení koeficient v Přehořově hodnoty $0,0385$, což je několikanásobně vyšší hodnota, než vychází soudobým měřením. Naopak Janský (1975) uvádí naměřené průtoky v profilu pod jezerem, namísto profilu Přehořov, a tudíž ani tyto data nebyla vhodná pro jednotný přepočet. Za základě těchto skutečností, tedy nehomogenity jednotlivých řad, bylo rozhodnuto, že výsledný přepočtení koeficient bude stanoven pouze na základě současných měření. Pro potřebu výpočtu byla k dispozici řada průměrných měsíčních průtoků řeky Střely v profilu Plasy od května 2007 do prosince 2008, kterou poskytl Český hydrometeorologický ústav. Pro tytéž měsíce tedy byly vypočítány průměrné měsíční průtoky Mladotického potoka v Přehořově. Na základě těchto dat byl posléze stanoven přepočtení koeficient, pomocí něhož byla provedena extrapolace dat z profilu Přehořov až do roku 1942. Jeho hodnota je $0,01335$. Nedostatkem takto vypočteného koeficientu je především to, že předpokládá stále stejný podíl Mladotického potoka na vodnosti řeky Střely. Takováto podmíněnost však samozřejmě v přírodě neexistuje, jak ukazuje i vyhodnocený hydrologický rok 1978, tedy konkrétně jeho květnová povodňová epizoda, kdy kulminační průtok na Střele v profilu Plasy nemohl být způsoben pouze postupovou dobou ze stanice Čichořice. Zatímco v této stanici byl průtok pouze pětiletý, ve stanici Plasy, o 40 km níže, byl naměřen průtok třicetiletý. Výrazný rozdíl mezi výškami kulminací si tak lze vysvětlit rozvodněním jejich přítoků, tedy Manětínského či Mladotického potoka. Avšak takováto rozvodnění není schopn přepočtení koeficient postihnout. V tomto případě je nutné provést podrobnější analýzy.

Při hodnocení vlivu příčinných srážek na dynamiku kolísání vodní hladiny Mladotického potoka v Přehořově bylo vybráno několik srážkových epizod, u kterých byl sledován jednak samotný srážkový úhrn a jeho intenzita a pak také doba, za níž došlo ke kulminaci na Mladotickém potoce v Přehořově. Z vyhodnocení těchto epizod vyplynuly následující poznatky. Zvyšování hladiny Mladotického potoka v Přehořově závisí na spadlých srážkách zachycených meteostanicí v Žihli. Nedá se však jednoznačně říci, o kolik se zvýší vodní stav, či kdy k tomuto zvýšení dojde. Nejdůležitější roli hrají v tomto ohledu parametry samotné srážky, tedy především úhrn a intenzita. To dokázaly i

provedené regresní analýzy závislosti časové odezvy hladiny a zvýšení hladiny na množství a intenzitě srážek. Z těchto závislostí vyplynulo, že doba, kdy dojde ke kulminaci na Mladotickém potoce po vypadnutí srážek závisí především na intenzitě srážky. To dokládá i poměrně vysoká hodnota koeficientu determinace ($R^2=0,7326$). Tedy čím je větší intenzita srážky, tím je kratší doba, kdy dojde ke zvýšení hladiny na Mladotickém potoce. Naopak to, o kolik se zvýší vodní stav, závisí na množství spadlých srážek. Tedy čím více srážek spadne, o to více se zvedne hladina na Mladotickém potoce. I v tomto případě to prokázal koeficient determinace, který činí 0,7122. Provedené statistické analýzy tedy ukázali, že úhrn i intenzita srážek mají zásadní vliv na časové a kvantitativní rozložení odtoku, tedy kdy a jaké množství vody teče průtočným profilem potoka. Z vyhodnocovaných epizod pak vyplynuly některé závěry. Již bylo řečeno, že časové rozložení ovlivňuje zejména intenzita srážky. Výsledky jednotlivých epizod ukázaly, že nejkratší doba nastává v případě, když spadne velké množství srážek v co nejkratší možné době. To prokázala srážková situace ze 7. a 8. srpna 2008, kdy odezva na odtoku proběhla už za půl hodiny po vypadnutí srážek. Typickou ukázkou, kdy právě intenzita rozhodovala o odtokové odezvě, byly dvě srážkové situace se stejným úhrnem atmosférických srážek, situace z 3. 6. 2008 a 13. 7. 2008. Zatímco v prvním případě spadlo 11,8 mm srážek za 3,5 hodin (z toho 70 % srážky během první hodiny) a kulminace vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově nastala za 2 až 2,5 hodiny, tak v případě červencové srážky spadlo stejné množství srážek během 10 hodin bez viditelného maxima. Tomu odpovídala i odezva na odtoku, neboť zvýšení hladiny nastalo až po 5, resp. 9 hodinách od počátku srážkové situace. Z těchto příkladů je evidentní vliv srážkové intenzity na časové rozložení odtokové odezvy na potoce. U srážek s velkou intenzitou došlo k výzdvihu vodní hladiny už několik minut po začátku srážky, zpravidla pak do hodiny, v případě srážkových situací s malou intenzitou byla prodleva i 10 až 15 hodin. Příkladem srážky s vysokou intenzitou je epizoda z 11. 7. 2008, kdy spadlo 6,3 mm srážek během jedné hodiny. Díky této vysoké intenzitě došlo k odezvě na odtoku téměř okamžitě. Naproti tomu můžeme postavit už rozebíranou srážku ze dne 13. 7. 2008. Co se týče průměrné hodnoty odezvy hladiny potoka na atmosférické srážky, pak z dosavadních výsledků vyplývá, že se zpravidla jedná o časové rozmezí 3 až 5 hodin. Důležitou roli zde hraje i situace v povodí, tzn., jak je povodí nasyceno vodou. Nasycenost povodí také dobu mezi srážkami a zvýšenými průtoky zkracuje.

Jedním z hlavních cílů práce bylo i poznání hydrologické funkce jezera z hlediska transformace a retardace povodňových vln. Z metodického hlediska byly tedy posouzeny záznamy jednotlivých hladinoměřů vzhledem k jejich tvaru a časovým odezvám. Zajímalo nás, zdali a jak se projeví zvýšení hladiny, které nastane v Přehořově, i zvýšeným vodním stavem na jezeře, resp. jezerním odtoku. Výsledky ukázaly, že na zvýšení hladiny Mladotického potoka v Přehořově přímo reaguje i hladina jezera a následně i Mladotický potok pod jezerem. Budeme-li kvantifikovat postupovou dobu, pak průměrná délka postupové doby mezi hladinoměry v Přehořově a na jezeře se pohybuje mezi 7 a 10 hodinami. Kratší postupová doba nastává v případě, kdy dojde k několika po sobě jdoucím kulminacím na potoce v Přehořově. V tomto případě první kulminace zrychlí odtok a tím i zkrátí postupovou dobu mezi následujícími kulminacemi. To je příklad třech epizod v druhé polovině srpna 2007, kdy se postupová doba druhé a třetí epizody pohybovala mezi 2 až 3 hodinami. Druhý příklad zkrácené postupové doby ukazuje epizoda z 26. a 27. 5. 2009. V tomto případě byla krátká časová odezva (2,5 hodiny) způsobena velkým zvýšením hladiny během krátké doby. Došlo ke zvýšení z původních 170 mm na 1132 mm, což zapříčinilo také rychlý odtok a dřívější kulminaci na jezeře. Dá se tedy říci, že čím strmější jsou nástupové a poklesové větve hydrogramu v Přehořově, tedy čím je mohutnější a intenzivnější srážková epizoda, tím je postupová doba kratší. Naopak čím je situace pozvolnější, postupová doba se prodlužuje a kulminace na jezeře trvá i několik hodin. To je

příklad situace z 10. - 11. 8. 2007, kdy kulminace na jezeře trvala kolem 20 hodin a proto i následná kulminace v profilu pod jezerem nastala až po 12 hodinách od počátku nejvyšších vodních stavů na jezeře. Co se týče časové odezvy posledního hladinoměru, který je umístěn na potoce pod jezerem, je postupová doba mezi jezerem a tímto hladinoměrem v průměru 0-2 hodiny. Vliv na délky postupových dob má i umístění hladinoměrů. Vzdálenost hladinoměru v Přehořově a hladinoměru na jezeře činí 1440 m, zatímco hladinoměr pod jezerem je vzdálen od hladinoměru na jezeře pouze 450 m. Transformační vliv Mladotického jezera lze vypořádat na každém z uvedených případů. Můžeme tedy konstatovat, že jezero má vliv na velikosti průtoků Mladotického potoka pod jezerem. Tato skutečnost je dobře patrná při pohledu na jednotlivé hydrogramy. Zatímco tvar hydrogramu v Přehořově vykazuje rychlé a prudké nástupy a poklesy, v případě hydrogramu z profilu Spálený Mlýn musíme mluvit o pozvolných nástupech trvajících delší dobu. Rovněž nedochází k tak velkým výkyvům hladiny. Jezero tedy působí jako regulátor průtoků, které odpovídají kolísání hladiny na samotném jezeře více než vlastnímu rozložení srážek v povodí. Co se týče retardace povodňové vlny, tedy jejího zadržetí Mladotickým jezerem, musíme konstatovat, že jezero zásadním způsobem vodu příliš nezadržuje a že k zvýšení hladiny pod jezerem dochází v poměrně rychlém sledu po kulminaci v Přehořově. Je to důsledek fyzických vlastností Mladotického jezera, zejména pak morfologie jeho pánve. Protáhlý tvar ve směru toku a malá hloubka jezera nenapomáhají zadržet na delší dobu větší množství vody. Z tohoto důvodu můžeme označit Mladotické jezero za velmi průtočné. Zajímavé by bylo porovnat hydrogramy a nástupy kulminací na severním a jižním okraji jezera a zjistit tak skutečnou délku zadržetí vody v Mladotickém jezeře. Bohužel v severní části jezera hladinoměr nainstalován není, a tak tuto dobu můžeme jen odhadovat.

10 ZÁVĚR

V této závěrečné kapitole celé práce je rozebrána struktura práce a odpovězeno na otázky týkající se splnění stanovených cílů. Hlavním cílem předložené diplomové práce bylo objasnit hydrologickou funkci Mladotického jezera, tedy jak samotné jezero transformuje průtoky na Mladotickém potoce pod jezerem a jak tento potok reaguje na příčinnou srážku.

Diplomová práce s názvem Hydrologický režim Mladotického jezera je rozdělena do několika dílčích částí. V první z nich byly popsány jak příčinné mechanismy vedoucí ke vzniku Mladotického jezera, tedy především meteorologické a geomorfologické podmínky ve zkoumaném území, tak vývoj jezerní pánve od vzniku jezera po současnost.

Druhá část se zabývá studovaným územím z hlediska fyzickogeografických poměrů. Po tuto kapitolu má práce převládající řešeršní charakter s výjimkou několika podkapitol (vlastní geomorfologické výpočty, zpracování a vyhodnocení dat od ČHMÚ v kapitole Klimatické charakteristiky povodí, terénní průzkum v kapitole Hydrologie území, atd.).

Třetí část je věnována základní hydrografii Mladotického potoka. Úkolem této kapitoly bylo podat ucelený přehled o hydrografických charakteristikách povodí a říční síť. Pro tuto kapitolu byly použity podklady především z webových stránek Výzkumného ústavu vodohospodářského.

Nejdůležitější kapitolou je oddíl věnující se srážkoodtokovým procesům. V úvodu práce byly stanoveny základní cíle, které jsou v této kapitole zkoumány a výsledky prezentovány. Je ústřední kapitolou celé práce, neboť je založena na vlastním měření a výpočtech. Proto je jí věnována velká pozornost jak z hlediska délky, tak i dílčích diskuzí k dosaženým výsledkům.

Tato část práce je rozdělena do čtyř podkapitol. První dvě jsou zaměřeny na výpočet odtokových charakteristik jak Mladotického potoka, tak řeky Střely v profilu Plasy. V závěru druhé podkapitoly jsou extrapolována data Mladotického potoka pomocí vypočteného přepočteního koeficientu.

Třetí podkapitola je věnována vlivu příčinných srážek na zvýšení hladiny Mladotického potoka v Přehořově. Jak ukázaly výsledky tohoto zkoumání, srážky bezprostředně ovlivňují výšku vodní hladiny. Hlavní roli zde hrají parametry samotné srážky, tedy úhrn a intenzita. Ty ovlivňují, kdy a o kolik se zvýší vodní hladina na Mladotickém potoce v Přehořově.

Poslední podkapitolou je část práce věnující se hydrologické funkci jezera z hlediska transformace a retardace povodňových vln. Zde výsledky ukázaly, že jezero transformuje přicházející povodňové průtoky. Působí tedy jako jakýsi regulátor průtoků, které na Mladotickém potoce pod jezerem odpovídají spíše kolísání hladiny na jezeře než samotnému rozložení srážek v povodí. Co se týče retardace povodňových průtoků, tedy jejich zadržování samotným jezerem, tak zde musíme konstatovat, že Mladotické jezero zásadním způsobem vodu nezadržuje. Je to vysvětleno především jeho morfologií. Shrnutí a podtrženo, Mladotické jezero má v krajině výrazný vliv na velikosti průtoků pod samotným jezerem, avšak přitékající vodu na delší čas nezadrží.

Závěrem můžeme konstatovat, že cíle práce byly splněny, neboť otázky vznesené v jejím úvodu byly zodpovězeny.

11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- ADÁMKOVÁ, K. (1999): Povodí Mladotického jezera. Aktuální stav krajiny a návrh opatření ke zvýšení její ekologické stability. Magisterská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 100 str.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, 79 str.
- BERNAT, J. (1872): Popis škod povodní ze dne 25. a 26. května 1872 v jednotlivých obcích způsobených. In: Mittheilungen des Bureaus für die land- und forstwirtschaftliche Statistic des Königreiches Böhmen für das Jahr 1872. Sešit 1, Praha, s. 19-68.
- BRÁZDIL, R. et al. (2005): Historické a současné povodně v České republice. Masarykova univerzita a Český hydrometeorologický ústav, Brno – Praha, 369 str.
- CULEK, M. et al. (1996): Biogeografické členění České republiky. Enigma, Praha, s. 82-89.
- CZUDEK, T. et al. (1973): Geomorfologické členění ČSR. Studia Geographica 23, Československá akademie věd, Brno, 137 str.
- ČERMÁK, J. (1912): Sesutí hráze a hrazené jezero u Mladotic. Sborník české společnosti zeměvědné, Česká společnost zeměvědná, svazek 18, sešit 1, Praha, s. 19-23.
- ČESÁK, J. (1997): Jakost povrchových vod v povodí řeky Ohře v období let 1963 – 1996. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 121 str.
- DEMEK, J. et al. (1987): Hory a nížiny. Academia Praha, Praha, 584 str.
- DVOŘÁK, O. (2002): Nebeská stavidla se otevřela. Knihkupectví U radnice, Beroun, 100 str.
- HARLACHER, A. R. (1873): Die Überschwemmung in Böhmen Ende Mai 1872 und das damit verbundene Hochwasser der Moldau und Elbe. In: Lotos, 23, č. 1, Praha, s. 1-31.
- JANSKÝ, B. (1974): Mladotické hrazené jezero. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 72 str.
- JANSKÝ, B. (1975): Mladotické hrazené jezero. Rigorózní práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 96 str.
- JANSKÝ, B. (1976): Mladotické hrazené jezero – Geomorfologie sesuvných území. Acta Universitatis Carolinae – Geographica. Roč. XI, č. 1, Praha, s. 3 – 18.
- JANSKÝ, B. (1977): Mladotické hrazené jezero – Morfografické a hydrografické poměry. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, roč. XII, č. 1, Praha, s. 31 – 46.
- JANSKÝ, B., URBANOVÁ, H. (1994): Mladotice Lake (Czech republic) – Siltation dynamics in the lake basin. In: Acta Universitatis Carolinae, Geographica, 1994, No. 2, Praha, p. 95 – 109.
- JANSKÝ, B. et al. (1999): Dynamika zanášení Mladotického jezera a intenzita erozních procesů v povodí. Závěrečná zpráva projektu GAUK č. 297/1997 –B – GEO, Praha, 89 str.

- JANSKÝ, B. (2003a): Mladotické jezero – vývoj jezerní pánve. Geomorfologický sborník 2, ČAG, ZČÚ v Plzni, s. 87 – 93.
- JANSKÝ, B. (2003b): Dynamika zanášení Mladotického jezera. In: Janský, B., Šobr, M. et al (2003): Jezera České republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, s. 65 - 70.
- KAKOS, V. (1972): Zhoubná povodeň před 100 lety. Naše rodina, 5, Praha, č. 24, s. 11
- KAKOS, V. MÜLLER, M. (2004): Extrémní konvekční bouře v Čechách 25.-26. května 1872. In: Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav, roč. 57, č. 3, 2004, s. 69 – 77.
- KASTNER, J. (1980): Lineární eroze půdy v okolí Plas. Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 107 str.
- KAŠPAR, M., MÜLLER, M. (2009): Srovnávací studie významných dešťových povodní v ČR z hlediska synopticko-dynamických a hydrometeorologických příčin. V originále.
- KAŠPÁREK, L. (1984): O povodních z let 1872 a 1981 na Litavce a jejich významu pro odhad n-letých průtoků. Věda a výzkum v praxi, sešit 7, Praha, 56 str.
- KNAPP, P. (2006): Antropogenní jezera v Přírodním parku Jesenicko. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta univerzity Karlovy, Praha, 81 str.
- KOŘISTKA, C. (1872): Bericht über die 25. und 26. Mai im J. 1872 in Böhmen stattgefundenen Überschwemmung. In: Mittheilungen des Bureaus für die land- und forstwirtschaftliche Statistic des Königreiches Böhmen für das Jahr 1872. Sešit 1, Praha, s. 1-18.
- KOS, J., MARŠÁKOVÁ, M. (1997): Chráněná území České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 247 str.
- KREČMER, V. (1982): Přínos dr. Emanuela Purkyně (1831-1882) ve vývoji bioklimatologie. Vědecká práce zemědělského muzea, 22, Praha, s. 227-237.
- KŘIVKOVÁ, J. (2001): Povodeň 1872 v povodí Berounky a Blšanky. Analýza a rekonstrukce. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 44 str.
- KUNSKÝ, J. (1968): Fyzický zeměpis Československa. SPN, Praha, 536 s.
- KYNČIL, J. (1983): Povodně v Krušných horách a jejich podhůří 1784 – 1981. Povodí Ohře, Chomutov, 116 str.
- LACINOVÁ, M. et al. (2005): Newly identified historical tornadoes in the Czech Republic from 16th to the 20th century. In: Elsevir, Atmospheric Research 83, 2007, p. 488 – 492.
- MAŠEK, J. (1998): Využití ploch v povodí Mladotického jezera. Diplomová práce, PF ZČÚ, 41 str.
- MORAVEC, D., VOTÝPKA, J. (1998): Klimatická regionalizace České republiky. Karolinum – nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha, vydání 1, 87 str.

- MÜLLER, M. (2002): Vybrané historické případy silných konvektivních bouří. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 91 str. + přílohy.
- MÜLLER, M. (2007): Hydrometeorologické podmínky vzniku významných dešťových povodní na území ČR. Dizertační práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 125 str. + přílohy.
- NETOPIIL, R. et al. (1984): Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 272 s.
- NINGER, J., ZELINKA, F. (1872): Povodně v Berouně od roku 1774 – 1872. Nakl. J. Skrejšovského, Praha, 60 str.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Academia, Studia Geographica 16, GÚ ČSAV, Brno, 73 str.
- SEIDL, K. (1978): Chráněný přírodní výtvar Odlezeleské jezero. Inventarizační průzkum, krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody, Plzeň, 58 str. + přílohy.
- SCHULTE, A., ALBRECHT, M., DAUT, G., JANSKÝ, B. (2004): Sediment dynamics from the drainage area into Lake Mladotice in the western Czech Republic under influence of pre-to postcommunist landscape changes. In: Geller, W. et al (EDS.): 11th Magdeburg Seminar on Waters in Central and Eastern Europe: Assessment, Protection, Management. Umweltforschungszentrum Leipzig – Halle (UFZ), no. 18/2004, p. 171 – 172.
- SCHULTE, A., ALBRECHT, M., DAUT, G., WALLNER, J., JANSKÝ, B., GELDERN, R. (2006): Analyses and assessment of the sedimentary record of the Lake Mladotice (western Czech Republic) in relation to flood events and pre-to postcommunist change in land use. Z. Geomorph, Suppl. – Vol. 142, Berlin, p. 229 – 243.
- SOKOL, Z., BLIŽŇÁK, V. (2009): Areal distribution and precipitation – altitude relationship of heavy short – term precipitation in the Czech Republic in the warm part of the year. In: Elsevir, Atmospheric Research, 2009, 11 p.
- ŠOBR, M. (2007): Jezera České republiky – fyzickogeografické a fyzikálně – limnologické poměry. Disertační práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 235 str.
- ŠTEKL, J. et al. (2001): Extrémní denní srážky na území České republiky v období 1879 – 2000 a jejich synoptické příčiny. NKP ČR, č. 31, Praha, 140 str.
- ŠŤASTNÁ, G. (2000): Hodnocení kvality povrchových vod v povodí Mladotického potoka. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 167 str. + přílohy
- TOMÁŠEK, M. (2003): Půdy České Republiky. Česká geologická služba., Praha, 68str.
- URBANOVÁ, H. (1991): Hydrologický režim a výzkum povrchových vod v povodí Mladotického potoka. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 98 str.
- Atlas podnebí Česka (2007). Český hydrometeorologický ústav a Univerzita Palackého, Praha – Olomouc, 256 str.

Kleinere Mittheilungen (1873): Über den Wolkenbruch, der am 25. Mai 1872 in Böhmen niederging.
In: Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, Bd. 8, Wien,
s. 234-235.

Zhoubná povodeň v Čechách dne 25. a 26. května 1872 (1872), Praha, 130 str.

Fiedler, J., Mágr, Z. (2009): Produkty - Fiedler – Mágr Elektronika pro ekologii [online], c2009
[cit. 2009-08-10]. Dostupné z <<http://www.fiedler-magr.cz/cs/produkty>>.

12 SEZNAM DATOVÝCH A MAPOVÝCH PODKLADŮ

ArcČR, Arcdata, Praha

Data vegetačního pokryvu CORINE – Landcover 2006, MŽP ČR.

Data vodních toků a rozvodnic - databáze VÚV T.G.M., Praha, <http://heis.vuv.cz>.

Data z hladinoměřů a meteostanice – datahosting na <https://stanice.fiedler-magr.cz>.

Digitální mapový model území ČR DMÚ 25 1:25 000 pro povodí Mladotického jezera, VTOPÚ, Dobruška.

Portál veřejné správy ČR, <http://geoportal.cenia.cz>.

Průměrné denní průtoky za hydrologické roky 1942 - 2007 ze stanice Plasy (řeka Střela), ČHMÚ.

Průměrné měsíční průtoky za kalendářní rok 2008 ze stanice Plasy (řeka Střela), ČHMÚ.

Průměrné denní průtoky za hydrologický rok 1978 ze stanice Čichořice (řeka Střela), ČHMÚ.

Průměrné denní srážkové úhrny ze stanic Velečín, Horní Bělá, Knězeves, Konstantinovy Lázně, Kralovice, Liblín, Manětín, Oráčov, Plasy, Úněšov a Žlutice, ČHMÚ.

Průměrné denní teploty vzduchu ze stanic Knězeves, Konstantinovy Lázně a Kralovice, ČHMÚ.

Geologická mapa ČR 1:50 000, mapové listy 12-13 a 12-31, ČGÚ, Praha.

Kartogram zrnitosti, šterkovitosti a zamokření 1:50 000, okresy Plzeň – sever a Rakovník, Plzeň, Praha, 1965.

Půdní mapa ČR 1:50 000, mapové listy 12-13 a 12-31, ÚÚG, Praha.

Turistická mapa 1:50 000, Povodí Střely, KČT, Vojenský kartografický ústav, Praha, 2002.

M-33-63-D-c-4, 1:10000. Centrální štáb československé lidové armády, Ústřední správa geodézie a kartografie, 1963, Geodézie n. p. Plzeň, mapová služba Plzeň

13 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

<i>Obr. 1: Batymetrické křivky Mladotického jezera z batymetrických měření v letech 1972, 1999 a 2003</i>	22
<i>Obr. 2: Batymetrické mapy Mladotického jezera z let 1972 a 2003</i>	23
<i>Obr. 3: Podélné profily jezerní pánvi z let 1972 a 2003</i>	24
<i>Obr. 4: Lokalizace povodí Mladotického jezera</i>	25
<i>Obr. 5: Geologická mapa povodí Mladotického jezera</i>	26
<i>Obr. 6: Geomorfologické členění povodí Mladotického jezera</i>	28
<i>Obr. 7: Sklonitost svahů v povodí Mladotického jezera</i>	29
<i>Obr. 8: Výškové poměry v povodí Mladotického jezera</i>	30
<i>Obr. 9: Hypsografická křivka povodí Mladotického jezera</i>	30
<i>Obr. 10: Zrnatostní složení půd v povodí Mladotického jezera</i>	31
<i>Obr. 11: Půdní poměry v povodí Mladotického jezera – půdní typy</i>	33
<i>Obr. 12: Klimatické oblasti v povodí Mladotického jezera dle Quitta (a) a dle Moravce a Votýpky (b)</i>	34
<i>Obr. 13: Thiessenovy polygony v povodí Mladotického jezera</i>	36
<i>Obr. 14: Závislost průměrného ročního úhrnu srážek na nadmořské výšce pro srážkoměrné stanice v oblasti povodí Mladotického jezera</i>	37
<i>Obr. 15: Průměrné měsíční úhrny srážek na vybraných stanicích</i>	38
<i>Obr. 16: Závislost průměrné roční teploty vzduchu na nadmořské výšce pro klimatické stanice v oblasti povodí Mladotického jezera</i>	39
<i>Obr. 17: Průměrné měsíční teploty vzduchu na vybraných stanicích</i>	39
<i>Obr. 18: Krajinný pokryv v povodí Mladotického jezera</i>	41
<i>Obr. 19: Říční síť v povodí Mladotického jezera</i>	42
<i>Obr. 20: Rozvinutý podélný profil říční sítě horního toku Mladotického potoka</i>	45
<i>Obr. 21: Pravoúhlý graf vývoje povodí Mladotického jezera</i>	46
<i>Obr. 22: Průměrné překročení průměrných denních průtoků ve stanici Plasy za období 1942 – 2007</i>	48
<i>Obr. 23: Maximální denní průtok v roce ve stanici Plasy za období 1942 – 2007</i>	49
<i>Obr. 24: Průměrné denní průtoky v profilu Plasy na řece Střele za hydrologický rok 1978</i>	49
<i>Obr. 25: Povodňová situace na řece Střele z května 1978</i>	50
<i>Obr. 26: Denní úhrny srážek na našem území dne 7. 5. 1978</i>	51
<i>Obr. 27: N-letosti vod za povodně v květnu 1978</i>	51
<i>Obr. 28: Dlouhodobý průměrný průtok v jednotlivých měsících ve stanici Plasy za období 1942-2007</i>	52
<i>Obr. 29: Procentuální podíly dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků a podílů roč. období na řece Střele ve stanici Plasy</i>	53
<i>Obr. 30: Průměrné roční průtoky řeky Střely ve stanici Plasy (1942 – 2007)</i>	54
<i>Obr. 31: Křivka překročení ročních průtoků řeky Střely (1942 – 2007)</i>	56
<i>Obr. 32: Komzumpční křivka Mladotického potoka nad jezerem v profilu Přehořov</i>	57
<i>Obr. 33: Chod průměrných denních průtoků v profilu Přehořov od dubna 2007 do dubna 2009</i>	58
<i>Obr. 34: Průměrné překročení průměrných denních průtoků v profilu Přehořov za období květen 2007 – duben 2009</i>	59
<i>Obr. 35: Průměrné měsíční průtoky v měsících 5/2007 až 4/2009 v profilu Přehořov</i>	60
<i>Obr. 36: Procentuální podíly dlouhodobých průměrných měsíčních průtoků a podílů roč. období na Mladotickém potoce v profilu Přehořov</i>	60
<i>Obr. 37: Graf průměrných ročních průtoků Mladotického potoka extrapolovaných za pomoci přepočteního koeficientu</i>	63
<i>Obr. 38: Lokalizace meteostanice instalované v Žihli a hladinoměru v Přehořově</i>	64
<i>Obr. 39: Srážková epizoda z 1. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	65
<i>Obr. 40: Srážková epizoda z 3. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	65
<i>Obr. 41: Srážková epizoda z 13. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	66
<i>Obr. 42: Srážková epizoda z 16. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	66
<i>Obr. 43: Srážková epizoda z 23. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	67
<i>Obr. 44: Srážková epizoda z 25. 6. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	67
<i>Obr. 45: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu června 2008</i>	68
<i>Obr. 46: Srážková epizoda z 6. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	68
<i>Obr. 47: Srážková epizoda z 11. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	69

<i>Obr. 48: Srážková epizoda z 13. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	69
<i>Obr. 49: Srážková epizoda ze 17. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	70
<i>Obr. 50: Srážková epizoda z 18. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	70
<i>Obr. 51: Srážková epizoda z 22. 7. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	71
<i>Obr. 52: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu července 2008</i>	71
<i>Obr. 53: Srážková epizoda ze 7. - 8. 8. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	72
<i>Obr. 54: Srážková epizoda z 18. – 19. 8. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	72
<i>Obr. 55: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu srpna 2008</i>	73
<i>Obr. 56: Srážková epizoda ze 17. 12. 2008 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	73
<i>Obr. 57: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu prosince 2008</i>	74
<i>Obr. 58: Srážková epizoda z 26. – 27. 5. 2009 ve stanici Žihle a následná odezva na hladinoměru v Přehořově</i>	75
<i>Obr. 59: Kolísání výšky vodní hladiny na Mladotickém potoce v Přehořově v průběhu května 2009</i>	75
<i>Obr. 60 a 61: Závislost postupové doby na množství spadlých srážek a na intenzitě srážky</i>	77
<i>Obr. 62 a 63: Závislost zvýšení vodní hladiny na množství spadlých srážek a na intenzitě srážky</i>	77
<i>Obr. 64: Lokalizace hladinoměrů v okolí Mladotického jezera</i>	78
<i>Obr. 65: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – květen 2007</i>	79
<i>Obr. 66: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – srpen 2007</i>	81
<i>Obr. 67: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a) a na jezeře (b) – listopad 2007</i>	82
<i>Obr. 68: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – březen 2008</i>	83
<i>Obr. 69: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – květen 2008</i>	84
<i>Obr. 70: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – červen 2008</i>	86
<i>Obr. 71: Záznamy hladinoměrů nad jezerem v Přehořově (a), na jezeře (b) a pod jezerem u Spáleného Mlýna (c) – květen 2009</i>	87
<i>Tab. 1: Batymetrie Mladotického jezera</i>	22
<i>Tab. 2: Klimatické oblasti podle Quitta</i>	35
<i>Tab. 3: Přehled nejbližších srážkoměrných stanic vzhledem k povodí Mladotického jezera</i>	37
<i>Tab. 4: Základní hydrografické údaje pro povodí Mladotického jezera (použité při výpočtech)</i>	43
<i>Tab. 5: Průměrné roční průtoky a vodnosti hydrologických let řeky Střely za období 1942 -2007</i>	55
<i>Tab. 6: Průměrné měsíční průtoky a přepočtení koeficienty pro Mladotický potok (období 10/1974 – 7/1975)</i>	61
<i>Tab. 7: Průměrné měsíční průtoky a přepočtení koeficienty pro Mladotický potok za hydrologický rok 1990</i>	62
<i>Tab. 8: Průměrné měsíční průtoky a přepočtení koeficienty pro Střelu a Mladotický potok (období 5/2007 – 12/2008)</i>	62

14 SEZNAM PŘÍLOH

- Obr. 72: Lhotský lom – přední*
Obr. 73: Lhotský lom – zadní
Obr. 74: Pohled do povodí z Potvorovského kopce
Obr. 75: Odlučná plocha sesuvu
Obr. 76: Pramen Mladotického potoka
Obr. 77: Mladotický potok před soutokem s Žihelským – po povodni 28.5.2009
Obr. 78: Mladotický potok v zimě
Obr. 79: Žihelský potok po povodni – 28.5.2009
Obr. 80: Žihelský potok před soutokem s Mladotickým
Obr. 81: Soutok Mladotického a Žihelského potoka
Obr. 82: Mladotický potok v zimě – profil Přehořov
Obr. 83: Hladinoměř v Přehořově
Obr. 84: Měření průtoků – profil Přehořov 28.5.2009
Obr. 85: Vodočet v Přehořově
Obr. 86: Zarůstající přítok do jezera
Obr. 87: Mladotické jezero – od severu
Obr. 88: Mladotické jezero po povodni (28.5.2009) – od jihu
Obr. 89: Mladotické jezero v zimě
Obr. 90: Vyschlé koryto Odlezelského potoka v létě
Obr. 91: Hladinoměř na Mladotickém jezeře
Obr. 92: Vodočet na Mladotickém jezeře
Obr. 93: „Levé“ jezírko v jižní části jezera
Obr. 94: „Pravé“ jezírko v jižní části jezera
Obr. 95: Pramen pod jezerem – podpovrchový odtok z jezera
Obr. 96: První kaskádový stupeň na výtoku z jezera
Obr. 97: První kaskádový stupeň na výtoku z jezera za povodně
Obr. 98: Druhý kaskádový stupeň na výtoku z jezera
Obr. 99: Druhý kaskádový stupeň na výtoku z jezera za povodně
Obr. 100: Hladinoměř na Mladotickém potoce pod jezerem
Obr. 101: Měření průtoků v profilu Spálený Mlýn
Obr. 102: Mladotický potok v profilu Spálený Mlýn po povodni – 28.5.2009
Obr. 103: Původní hladinoměř v profilu Spálený Mlýn
Obr. 104: Měření průtoků v profilu Spálený Mlýn po povodni – 28.5.2009
Obr. 105: Meteostanice v Žihli
Obr. 106: Pohled na vznikající Mladotické jezero z hráze tvořené sesuvem - dnes je hráz porostlá lesem



Obr. 72: Lhotský lom – přední (foto: autor)



Obr. 73: Lhotský lom – zadní (foto: autor)



Obr. 74: Pohled do povodí z Potvorovského kopce (foto: autor)



Obr. 75: Odlučná plocha sesuvu (foto: autor)



Obr. 76: Pramen Mladotického potoka (foto: M. Stehlík)



Obr. 77: Mladotický potok před soutokem s Žihelským – po povodni 28.5.2009 (foto: autor)



Obr. 78: Mladotický potok v zimě (foto: J. Čurda)



Obr. 79: Žihelský potok po povodni – 28.5.2009
(foto: M.Stehlík)



Obr. 80: Žihelský potok před soutokem s Mladotickým
(foto: autor)



Obr. 81: Soutok Mladotického a Žihelského potoka
(foto: autor)



Obr. 82: Mladotický potok v zimě – profil Přebořov
(foto: J.Čurda)



Obr. 83: Hladinoměř v Přebořově (foto: autor)



*Obr. 84: Měření průtoků – profil Přeňov 28.5.2009
(foto: M.Stehlík)*



Obr. 85: Vodočet v Přeňově (foto: autor)



Obr. 86: Zarůstající přítok do jezera (foto: autor)



Obr. 87: Mladotické jezero – od severu (foto: autor)



*Obr. 88: Mladotické jezero po povodni (28.5.2009) – od jihu
(foto: autor)*



Obr. 89: Mladotické jezero v zimě (foto: J.Čurda)



Obr. 90: Vyschlé koryto Odlezelského potoka v létě
(foto: autor)



Obr. 91: Hladinoměr na Mladotickém jezeře (foto: autor)



Obr. 92: Vodočet na Mladotickém jezeře (foto: autor)



Obr. 93: „Levé“ jezírko v jižní části jezera (foto: autor)



Obr. 94: „Pravé“ jezírko v jižní části jezera (foto: autor)



Obr. 95: Pramen pod jezerem – podpovrchový odtok
z jezera (foto: autor)



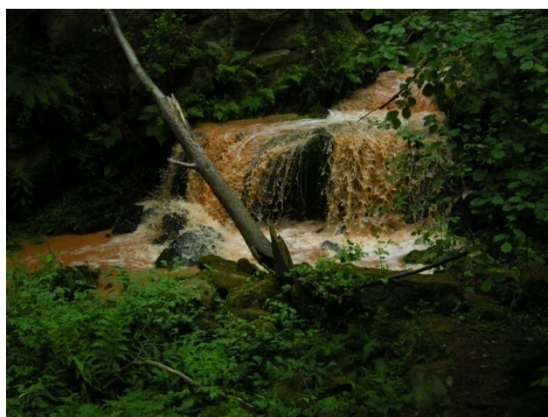
Obr. 96: První kaskádový stupeň na výtoku z jezera
(foto: autor)



Obr. 97: První kaskádový stupeň na výtoku z jezera za povodně (foto: autor)



Obr. 98: Druhý kaskádový stupeň na výtoku z jezera
(foto: autor)



Obr. 99: Druhý kaskádový stupeň na výtoku z jezera za povodně (foto: autor)



Obr. 100: Hladinoměr na Mladotickém potoce pod jezerem
(foto: autor)



Obr. 101: Měření průtoků v profilu Spálený Mlýn
(foto: J. Čurda)



Obr. 102: Mladotický potok v profilu Spálený Mlýn po povodni – 28.5.2009 (foto: M.Stehlík)



Obr. 103: Původní hladinoměr v profilu Spálený Mlýn (foto: autor)



Obr. 104: Měření průtoků v profilu Spálený Mlýn po povodni – 28.5.2009 (foto: M.Stehlík)



Obr. 105: Meteostanice v Žihli (foto: autor)



Obr. 106: Pohled na vznikající Mladotické jezero z hráze tvořené sesuvem - dnes je hráz porostlá lesem (foto: C.Purkyně in Čermák, 1912)