

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Energetická bilance povrchu krajiny v lesně-zemědělském povodí

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Nedbal, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Marek Schneidörfler

České Budějovice, duben 2018

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

Jméno a příjmení: **Bc. Marek SCHNEEDÖRFLER**
Osobní číslo: **Z14377**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie - Péče o krajinu**
Název tématu: **Energetická bilance povrchu krajiny v lesně-zemědělském povodí**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Zásady pro vypracování:

Diplomová práce se bude zabývat určením energetické bilance a vybraných parametrů povrchu krajiny. Bude zpracována v modelovém území - povodí Bedřichovského potoka, které zahrnuje plochy lesa, orné půdy, trvalých travních porostů a zástavby. Bude provedeno mapování krajinného pokryvu. Dále bude s využitím prostředků a postupů dálkového průzkumu Země a pozemně měřených meteorologických prvků provedeno stanovení energetické bilance povrchu krajiny. Diplomová práce pak a použitím statistických metod vyhodnotí, jak se které kategorie krajinného pokryvu na energetické bilanci povrchu krajiny podílejí a jaký je jejich vliv na mikroklíma v daném území (cíl práce). Dílčími cíli práce jsou: 1. zpracování soudobého land coveru v řešeném povodí v GIS, 2. zpracování dat dálkového průzkumu Země, 3. statistické vyhodnocení získaných výsledků.

Rozsah grafických prací: 5 - 10 str. grafů, tabulek a fotografií

Rozsah pracovní zprávy: 60 stran textu

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Dobrovolný, P. (1998): Dálkový průzkum Země. Přírodovědecká fakulta MU, Brno.

Jones, H.G., a Vaughan, R.A. (2010): Remote sensing of vegetation. Oxford university press, New York.

Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., Tóth, E. (2007): Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm. Municipalia, a.s., Košice.

Pokorný, J. (2001): Dissipation of solar energy in landscape - controlled by management of water and vegetation. Renewable Energy, 24: 641-645.


Procházka, J. et al. (2014): Hodnocení funkčních parametrů povrchu krajiny na územích zasažených povrchovou těžbou pomocí metod dálkového průzkumu Země. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Nedbal, Ph.D.


Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: 24. listopadu 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2018


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvská 1898, 370 05 Česká Budějovice


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 24. listopadu 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to (v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 25. března 2018

.....

Bc. Marek Schneidörfler

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Václavovi Nedbalovi, Ph.D. za věcné připomínky, odborné vedení a ochotu během zpracování diplomové práce. Děkuji za poskytnutí materiálů pro zpracování mapových výstupů VÚMOP a laboratoři aplikované ekologie ZF JČU.

Abstrakt

Obsahem této diplomové práce je určení, statistické vyhodnocení energetické bilance povrchu krajiny a jejich dalších vybraných parametrů prostřednictvím nástroje dálkového průzkumu Země a za pomoci pozemně měřených meteorologických prvků. Součástí práce je také mapování krajinného pokryvu a posouzení jeho vlivu na mikroklima v dané oblasti. Modelovou oblastí pro výzkum tohoto typu se stalo území Novohradských hor, konkrétněji povodí Bedřichovského potoka. V povodí Bedřichovského potoka se nacházejí všechny podstatné skupiny krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, orná půda, stavby), a proto je zde hodnocení energetické bilance vhodné.

Z celkových výsledků je možné potvrdit velký vliv vegetace na energetickou bilanci povrchu krajiny. Vegetace příznivě působí na vlhkost povrchu a svými izolačními schopnostmi omezuje tok tepla do půdy. Podporou výparu vegetace snižuje tok sluneční energie do zjevného tepla a zamezuje přehřívání prostředí. Dalším aspektem, který vyplývá z výsledků této práce a je důležitým článkem při energetické bilanci krajiny je dostatek vody. Dostatek vody je nutný pro vlhkost povrchu, následný výpar a latentní teplo výparné.

Klíčová slova: energetická bilance, krajinný pokryv, sluneční energie, teplo, vegetace, výpar

Summary

This diploma thesis deals with the statistical evaluation of the energy balance of landscape surface and its other chosen specifications via remote sensing and ground meteorological features. The thesis also includes the mapping of the landscape cover and its influence on the microclimate in the given area. The Novohradské Mountains, specifically the catchment of Bedřichovsky creek became the model area for this type of research. As each group of Land Cover (forest, permanent of grass cover, arable land, buildings) appears right in the catchment of Bedřichovský potok, it is suitable to evaluate the energy balance right in there.

According to the research results there is a big influence of vegetation on the energy balance of landscape surface. The vegetation has a beneficial effect on surface moisture and reduces the heat flux to soil by its insulating properties. By supporting the vegetation vapor, solar energy flux into sensible heat is being reduced which prevents overheating. Another important aspect of the process of the energy balance is represented by the enough amount of water as it is required for surface humidity, subsequent evaporation and latent heat of evaporation.

Keywords: energy balance, evaporation, heat, Land Cover, solar energy, vegetation

OBSAH

1.	Úvod	7
2.	Literární přehled	9
2.1	Sluneční záření jako zdroj energie	9
2.2	Vstup slunečního záření do vody, rostlin a evapotranspirace	11
2.2.1	Voda	11
2.2.2	Vstup do rostlin	12
2.2.3	Evapotranspirace	13
2.3	Dálkový průzkum Země – DPZ	16
2.3.1	Dostupnost družicových dat	17
2.3.2	LANDSAT v rámci ČR	18
2.3.3	Výpočet energetické bilance	19
3.	Metodika	20
3.1	Popis zájmového území	20
3.2	Popis dat a jejich zpracování	25
4.	Výsledky	32
5.	Diskuze	46
5.1	Množství vegetace	46
5.2	Tok tepla do půdy	46
5.3	Vlhkost povrchu	46
5.4	Tok latentního tepla výparného	47
5.5	Tok zjevného tepla	48
5.6	Teplota povrchu	49
6.	Závěr	50
7.	Literatura	51
8.	Seznam zkratk	59
9.	Seznam zkratk názvů půdních typů (Obr. 4)	60
10.	Seznam příloh obrázků a tabulek	61

1. ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá určením energetické bilance krajiny a vybraných parametrů povrchu krajiny v modelovém území povodí Bedřichovského potoka, zahrnující plochy lesa, orné půdy (OP), trvalých travních porostů (TTP) a zástavby. Cílem práce je také určení vlivu energetické bilance povrchu krajiny na mikroklima v daném území.

V dnešním čase dochází neustále ke zrychlování doby a to s sebou nese také negativní vlivy na přírodu. Dochází k úbytku orné půdy a půdy s vegetací v důsledku nové zástavby, mění se chemismus vody v důsledku vyplavování živin, mění se také mikroklima a dochází ke změnám energetické bilance povrchu krajiny.

V dnešních podmínkách musíme brát také v úvahu koloběh vody a jeho spojitost s vegetací a energetickými toky. Na Zemi existuje neustálý koloběh vody prostřednictvím několika procesů jako jsou srážky, konvekce, advekce, evapotranspirace, kondenzace, infiltrace a odtok. Voda neustále cirkuluje v ovzduší, na Zemi a mění své skupenství. Koloběh vody pak dělíme na 2 druhy cyklů. Konkrétně se jedná o malý a velký vodní cyklus. Malý vodní cyklus představuje uzavřený koloběh vody, který probíhá buď jen nad pevninou nebo nad oceánem. U tohoto cyklu dochází k výparu a následné kondenzaci odpařené vody např. pouze nad pevninou a dále k následnému dopadu v podobě srážek na pevninu v nevelké vzdálenosti od místa jejího výparu. Velký vodní cyklus představuje výměnu vody mezi oceánem a pevninou. Dochází k výparu vody nad oceány, vertikálnímu pohybu – přesunu nad pevninu, nad kterou kondenzuje a kde vypadne v podobě srážek. Následným odtokem vody z pevniny se voda opět dostane zpět do oceánů. Důležitou součástí koloběhu vody představuje tzv. princip biotické pumpy. Vzrostlá vegetace lesů neplní jen úlohu snížení teploty prostředí v období horkých letních dnů prostřednictvím výparu značného množství vody. V noci dochází na velkém povrchu chladných listů lesní vegetace ke kondenzaci vodní páry v její kapalnou podobu. Tímto jevem dochází ke snižování tlaku vodní páry ve vzduchu a jeho celkový tlak klesá. Vyrovnaní tohoto nízkého tlaku nastává prostřednictvím proudění vzduchu od oceánu s velkou vzdušnou vlhkostí. Tento efekt se pak nazývá biotická pumpa. Při biotické pumpě je nasáván vlhký vzduch nad oceánem do pevninských oblastí, prostřednictvím velkých ploch lesní vegetace. Vykácení těchto ploch s sebou nese

ohrožení malého vodního cyklu i principu biotické pumpy. Vegetace je také důležitá nejen z tohoto pohledu ale také z pohledu energetického. Pro srovnání lze uvést příklad odvodněné plochy a plochy s dostatkem vody (les, louka, rybník). U odvodněné plochy se spotřebuje velká část dopadající sluneční energie na zjevné (pocitové) teplo, (které se projeví ohřátím prostředí) a velmi málo na výpar. Jiná situace nastává v místě s dostatkem vody a vegetace, velká část energie je spotřebována na výpar, a jen málo energie je spotřebovááno na ohřev prostředí. U obou případů mají množství vody a vegetace dopad také na množství energie odraženého slunečního záření a na množství toku energie do půdy. Z těchto všech uvedených důvodů je nutné zkoumat energetickou bilanci povrchu. Protože ta nám napoví, jak je v krajině hospodařeno, jaký je ve výsledku proces evapotranspirace a rozprostření sluneční energie v krajině vůbec.

Vegetace dále omezuje rychlý přímý odtok vody, erozi půd, vyplavování živin. To vše eliminuje riziko například v podobě eutrofizace vod a bleskových povodní. Vlhkost povrchu také ovlivňuje mikroklima prostředí, které nesouvisí jen s dostatečným ziskem z pěstování plodin, ale také vytváří příznivé či nepříznivé klimatické podmínky pro všechny ekosystémy na Zemi.

Cílem práce je určení energetické bilance a poukázání na roli vegetace v jejím utváření a v utváření mikroklimatu území. Tato práce se tedy komplexně zabývá problematikou energetických poměrů v zájmové oblasti povodí Bedřichovského potoka z pohledu energetické bilance.

Dílčí cíle práce

- Vyhodnocení energetické bilance povrchu krajiny v povodí Bedřichovského potoka;
- Zjištění různorodosti kategorií Land cover (Les, TTP, OP, Stavby) mezi sebou z pohledu energetické bilance;
- Zjištění, jak se liší kategorie Land cover z pohledu energetické bilance v průběhu vegetační sezóny.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Sluneční záření jako zdroj energie

V naší sluneční soustavě obsahuje Slunce 98 % veškeré hmoty. Pro Zemi tvoří Slunce primární zdroj energie. Téměř 5 miliard let dělá Slunce na naší planetě den. Slunce vysílá k Zemi ročně okolo 180 000 TWh energie v podobě elektromagnetického záření (*Kravčík a kol., 2007*).

Sluneční energie má schopnost ohřívat naši planetu na teplotu příznivou pro život, udržet atmosféru Země v plynném stavu, dodávat energii potřebnou pro fotosyntézu, udržovat koloběh vody a další pro živé organismy životně důležité procesy. Například fosilní paliva vznikají za pomoci sluneční energie, díky přeměně – fotosyntéze rostlin. Sluneční záření je při průchodu atmosférou částečně pohlceno vodní párou, plyny, dále je pohlceno a odraženo na aerosolech a prachových částicích (*Braniš, Hůnová, 2009*). Při procesu pohlcování krátkovlnného infračerveného záření se zvyšuje vnitřní energie plynů, které záření pohltily, a které pak tuto svou energii dále vyzařují ve formě dlouhovlnného infračerveného záření. Záření dopadající na zemský povrch se dělí na dvě složky – přímé a rozptýlené. Přímé záření představuje záření přicházející přímo ze Slunce a popřípadě se při průchodu atmosférou láme. Rozptýlené záření vzniká rozptylem na atmosférických oblacích, plynech, prachových částicích, aerosolech a dalších. Oba dva typy záření se nalézají v denním světle, ale často se mění jejich poměr. Množství slunečního záření dopadajícího na zemský povrch se mění v čase a prostoru. Sluneční záření putuje na zemský povrch v sezónních a denních cyklech. Maximální hodnoty záření představují až 3000 kWh/rok/m². V našich zeměpisných šířkách mírného pásma tvoří roční příkon slunečního záření okolo 1100 kWh/m² (*Kravčík a kol., 2007*). V letních měsících může v našich zeměpisných šířkách množství dopadající sluneční energie docílit v poledních hodinách až 1 kW/m² (*Pokorný, 2001*). Během letního dne dopadne v tomto místě na zemský povrch až 6 kWh/m² sluneční energie. Z těchto údajů vyplývá, že na území ČR v mírném pásu dopadá na zemský povrch velké množství sluneční energie. Tato energie je, jak bylo řečeno, částečně odražena a částečně přeměněna do různých energetických toků. Množství sluneční energie dopadající na zemský povrch udává ráz klimatu, ale i aktuální počasí. Šíření sluneční energie je dané také charakterem

zemského povrchu. Přicházející sluneční záření se totiž od povrchu částečně odráží, tento odraz vyjadřuje albedo. Množství odraženého slunečního záření závisí na úhlu dopadu, vlnové délce záření a charakteru povrchu. Čerstvý sníh odráží až 90 % dopadajícího krátkovlnného záření, suchý povrch odráží asi 20 – 35 %, vegetace 5-15 %. Přicházející sluneční energie je ovlivněna přítomností vody v ekosystému. Voda usměrňuje soustředění energie mezi 2 hlavní toky tepla – zjevné (pocitové) teplo a latentní teplo výparné. Kromě odrazu se povrch Země zbavuje energie též tím, že ji sám prostřednictvím dlouhovlnného infračerveného záření vyzařuje. Množství takto vyzářené energie značně kolísá a závisí především na teplotě povrchu a na jeho schopnosti svou vnitřní energii v dlouhovlnné záření transformovat, tedy na tzv. emisivitě (*Kravčík a kol., 2007*).

Pocitové teplo provází zvýšení teploty látky a tělesa. Latentní teplo neprovází zvýšení teploty. Pokud je v krajině dostatek vody mění se voda výparem za přísunu sluneční energie na vodní páru. Pokud není dostatek vody, dochází k přeměně sluneční energie na pocitové teplo a dochází ke zvýšení teploty prostředí. Pokud se pohybujeme ve vysušené krajině, dochází až k 60 % přeměně radiace na pocitové teplo, v krajině dostatečně zásobené vodou může být až 80 % radiace přeměněno na výpar vody a v pocitové teplo se mění jen malá část slunečního záření. Hlavní rozdíl mezi odvodněnou krajinou a krajinou s dostatkem vody je ve schopnosti přeměny sluneční energie na další formy energie, především latentní teplo výparné. Z tohoto tvrzení plyne fakt, že pozemní ekosystémy jsou schopné pomocí regulace toků vody měnit distribuci sluneční energie na 2 hlavní složky – pocitové a latentní teplo (*Kravčík a kol., 2007*).

Přicházející solární energie je transformována do dílčích energetických toků. Část záření, cca 20 % se po dopadu odráží a část, cca 15 % je vyzářena ve formě dlouhovlnného záření. Zbytek přicházející energie přechází do tzv. tepelných toků, do toku pocitového (zjevného) tepla patří zhruba 20-80 % této energie, dále je tok latentního tepla výparu zhruba 30-70 % této energie – využívá se na výpar vody a poslední je tok tepla do půdy – zhruba 0 – 10 % této energie. Zůstatek solární energie je využit pro ohřev povrchů 1-2 % a fotosyntézu 1 %. Tyto hodnoty platí pro krajinu s dostatkem vegetace a vody. Pro chod mikroklimatu krajiny je důležitý poměr toků zjevného tepla a latentního tepla výparu. Transformace energie v krajině

závisí na dostupnosti vody pro výpar a na utváření vodního cyklu (*Procházka a kol., 2014*).

2.2 Vstup slunečního záření do vody, rostlin a evapotranspirace

2.2.1 Voda

Na Zemi se nachází okolo 1400 milionů km³ vody, pro účely této práce hovoříme o vodě v atmosféře, živých organismech, vodě na pevnině, v mořích a oceánech. Hovoříme zde o vodě ve všech 3 skupenstvích – tuhém, kapalném i plynném. Při skupenské přeměně vody se uvolňuje nebo spotřebovává množství tepelné energie. Voda má velkou měrnou tepelnou kapacitu. Měrná tepelná kapacita představuje schopnost přijímat tepelnou energii. Voda ve všech svých skupenstvích ochlazuje nebo zahřívá planetu, díky schopnosti vázat, uvolňovat energii, schopnostem odrazu, přenosu a rozptylování energie. Voda tak udržuje planetu při teplotách umožňující život na Zemi. Voda srovnává teplotní rozdíly mezi jednotlivými oblastmi, jednotlivými sezónami, mezi dnem a nocí a tlumí tak extrémy v počasí (*Kravčík a kol., 2007*).

Nejrozšířenějším skleníkovým plynem v atmosféře jsou pak vodní páry, jejich obsah činí 1-4 % v atmosféře (*Maurellis, Tennyson, 2003*). Čím se nalézá v atmosféře více vody, tím lépe se vyrovnávají teploty a výkyvy počasí. V oblastech kde chybí voda v atmosféře a půdě, přetrvávají extrémní teplotní podmínky. Vodní páry a voda představují nejvýraznější způsob ovlivnění podnebí na Zemi. Dopadající sluneční záření vypařuje vodu z moří, řek, jezer, mokřadů, půdy i rostlin do atmosféry. Při vypařování každé molekuly vody dochází ke spotřebování tepla, o které se ochlazuje zemský povrch. Vypařená voda vytváří v atmosféře oblaky (také ledové krystalky, mlhu, vodní srážky). Vodní páry stoupající do atmosféry vlivem chladu kondenzují, přičemž uvolní tepelnou energii. Tyto páry se tedy ochladí a vrací zpět v podobě deště. Opakováním tohoto procesu dochází ke snížení nadbytečné tepelné energie a proces tak představuje důmyslné chladírenské zařízení (*Kravčík a kol., 2007*).

Podstatnou úlohu ohledně slunečního záření při regulaci energetické bilance krajiny hrají oblaky (*Kravčík a kol., 2007*). Oblaky odráží část krátkovlnného slunečního záření, tím zamezují jeho vstup na povrch Země a do atmosféry, ochraňují tak Zemi od přílišného oteplování. Negativním projevem mraků je však zachytávání části

dlouhovlnného záření ze Země, což má oteplovací efekt, protože jinak by uniklo do vesmíru. Při oteplování záleží také na druhu mraků. Vysoko položené tenké oblaky (cirrus) zemi zahřívají, nízko položené kupovité oblaky (kumulus) zemi ochlazují, ale platí to jen ve dne. V noci naopak, protože nízká hustá oblačnost zachytí vyzařování ze Země, a tím teplo zachovává. Když oblačnost v noci není, energie vyzařovaná zemí unikne do vesmíru (*Schmidt, 2001*).

Teplo představuje motor globálního vodního cyklu, ten se skládá z velkého a malého vodního cyklu. Velký vodní cyklus reprezentuje výměnu vody mezi pevninou a oceánem. Malý vodní cyklus tvoří uzavřený koloběh vody, kdy voda vypařená nad pevninou či oceánem se vrací opět na pevninu či oceán v podobě srážek. Voda pod vlivem gravitace a sluneční energie, proudí a obíhá mezi pevninou, oceány a atmosférou ve všech formách jejího výskytu. Voda při všech těchto pohybech způsobuje erozi půdy, ale také čistí, napájí a termoreguluje ekosystémy. V současné době dochází ke snížení infiltrace vody do půdy, urychlení odtoku vody z území a nedostatku vegetace čímž dochází ke změně mikroklimatických podmínek území a přehřívání povrchu krajiny (*Kravčík a kol., 2007*).

Přeměna slunečního záření je podstatně ovlivněna vlivem vegetace v krajině a na klima vůbec (*Hutjes a kol., 1998*).

2.2.2 Vstup do rostlin

Energie krátkovlnné sluneční radiace, která dopadá na povrch porostu se chová takto: část tohoto záření je odražena, další část neodraženého záření se nazývá čistá krátkovlnná radiace. Dále na povrch Země dopadá dlouhovlnná infračervená radiace z atmosférických plynů. Povrch Země však také vyzařuje dlouhovlnné infračervené záření. Bilance těchto dvou dlouhovlnných složek se nazývá čistá dlouhovlnná radiace. Součtem čisté dlouhovlnné a čisté krátkovlnné radiace získáme celkovou čistou radiaci. Je to ta energie záření, která zůstane na povrchu Země a je transformována do tepelných toků.

Pokud dochází k dopadu slunečního záření na plochu dobře zásobenou vodou, velká část sluneční energie se spotřebuje na výpar, jen část na pocitové teplo, ohřev povrchu, tok tepla do půdy a fotosyntézu. Při dopadu slunečního záření na odvodněnou plochu dochází ke spotřebě sluneční energie na pocitové teplo. U dostatečně vlhkých oblastí se většina sluneční energie spotřebuje na výpar.

Z tohoto pohledu jsou velmi důležité pro koloběh vody na pevnině vodní plochy, vodou nasycená půda a vegetace. Vegetace chrání půdu před přílišným vysušováním, přehříváním a optimalizuje množství výparu vody pomocí transpirace. Porosty dobře zásobené vodou představují klimatizační a chladicí zařízení. Vegetace velmi ovlivňuje také povrchový odtok vody v povodí, jde o to jaký druh, kvalita, množství se v dané oblasti nachází. Množství vody v krajině se mění v závislosti na urbánní, odlesňovací a zemědělské činnosti. Člověk tedy touto činností mění nevědomě velké toky vody a energie

Velká část rostlin obsahuje ve svých tkáních velké množství vody. Biomasa ve fázi růstu obsahuje až 80-90 % vody. Do rostoucích tkání se váže voda i prostřednictvím přijímání a fotosyntetické fixace oxidu uhličitého. Pro denní přírůstek biomasy o 10 g sušiny na 1 m² se do tkání a buněčných struktur fixuje zhruba 14 g CO₂, 1 g živin a 80-90 g vody. Při stavbě tkání se v souvislosti s vegetací hovoří o spotřebě vody na evapotranspiraci (*Kravčík a kol., 2007*).

2.2.3 Evapotranspirace

Evapotranspirace se skládá z evaporace a transpirace. Evaporace představuje výpar vody z povrchu půdy a vegetace. Transpirace znamená vylučování vody ve formě vodní páry a dýchání rostlin (*Kravčík a kol., 2007*).

Evapotranspirace závisí na dostupnosti vody a příkonu energie, je to dynamický proces. Zvyšuje se s rostoucím příkonem energie (sluneční záření, vítr, přísun suchého vzduchu). Dosahuje hodnot od nuly až maximálních hodnot (na výpar se využívá 80 % i více přicházející sluneční energie). Evapotranspirace dosahuje v našem prostředí při velmi dobrých podmínkách na 1 m² hodnotu 3 l na den, což představuje skupenské teplo 2,1 kWh (7,5 MJ). Z těchto hodnot by porostem prošlo asi 3,09 kg vody na 1 m². Schopnost vypařovat (transpirovat) vodu se u rostlin výrazně liší. V mírném pásmu je transpirace listnatých stromů vyšší než u jehličnatých stromů, nejvyšší transpirace dosahují mokřady. V průběhu slunečného dne jsou některé rostliny s dostatkem vody schopné vypařit více než 10 l vody z 1 m² (*Kučerová a kol., 2001*).

Odstraňování vegetace a velkoplošné odvodnění znamená v krajině vytvářet tzv. horoucí plotny spojené s významným uvolňováním velkého množství tepla. Funkční krajina je charakterizována uzavřeným koloběhem vody (*Ripl, 1995; Ripl,*

2003; Pokorný, 2001; Pokorný et al., 2010; Eiseltoová et al., 2012). Pro uzavřený koloběh vody je nutná přítomnost funkčních porostů s vysokou schopností evapotranspirace (lesy, mokřady) a dostatečné zásobení vodou. V případě optimálních předpokladů se spotřebuje na evapotranspiraci 75 % i více dopadající sluneční energie (Pokorný, Rejšková, 2008; Pokorný et al., 2010). Tato vodní pára se po nočním ochlazení nebo na chladnějších místech sráží a tvoří se rosa či místní srážky. Při srážení dochází k uvolňování energie v podobě skupenského tepla a tento jev napomáhá k vyrovnávání teplotních rozdílů mezi nocí a dnem a mezi jednotlivými místy. Voda obíhá v krátkých vzdálenostech v malém množství, tyto místní srážky jsou pravidelnější, častější a přispívají k udržení stabilní hladiny podzemní vody a půdní vlhkosti. Pokud dochází vlivem dopadu lidské aktivity k velkému narušení vegetačního pokryvu (krajina narušená povrchovou těžbou, průmyslová, městská zástavba, lány orné půdy) dochází k odvodnění krajiny a k otevření vodního cyklu. Dopadem odvodnění a absence vegetace je to, že většina vody odtéká z krajiny a proudí především v otevřeném koloběhu. Na těchto plochách se sluneční energie transformuje zejména na zjevné teplo. Tyto plochy jsou chudé na evapotranspiraci z důvodu absence vody a vegetace. Tyto oblasti mají velké výkyvy mezi dnem a nocí. U těchto míst ohřátý vzduch stoupá vzhůru a proudí na velké vzdálenosti a vodní pára vyskytující se ve vzduchu se sráží nad chladnějšími, vzdálenými místy (moře, hory). Srážky vyskytující se v otevřeném vodním cyklu jsou méně časté ale intenzivnější (Kravčík a kol., 2007).

Během evapotranspirace mají rostliny schopnost přeměnit velké množství vody z fáze kapalně do fáze plynně. Za 20 – 60 min odpaří list zdravé rostliny až tolik vody, co sám váží (Procházková a kol., 1998). Samostatně stojící strom s průměrem koruny 10 m vypaří při optimálním zásobení vodou až 400 l vody (Kravčík a kol., 2007). Velký výpar vody nemají pouze dřeviny např. mokřadní porosty mohou do atmosféry uvést až 3,2 l/m²/den (Přibáň, Ondok, 1985). Množství vypařené vody se výrazně liší u pastvin, orné půdy, mokřadů a umělých povrchů (Huryna et al., 2014). I v podmínkách mírného pásu ČR mají rostliny schopnost transformovat během evapotranspirace velké množství vody. Proces evapotranspirace je spojen s přeměnou velkého množství sluneční energie (Penman, 1948). Při normálním tlaku a teplotě 15 °C činí měrné skupenské teplo vody cca. 2466 kJ/kg. Toto činí přibližně 0,68 kWh/l. Na základě uvedených hodnot evapotranspirace a příkonu slunečního

záření vyplývá, že samostatně stojící strom v letním dni s průměrem koruny 10 m vyčerpá pro denní výpar 400 l až 272 kWh energie (Kravčík a kol., 2007). Takové množství energie představuje 65 % celkového příkonu slunečního záření dopadajícího na plochu kolmého průmětu koruny stromu. U mokřadních porostů by se jednalo o 3,3 kWh/m²/den, což činí asi 60 % celkového denního příkonu sluneční energie. Z těchto hodnot vyplývá, že rostliny v procesu evapotranspirace díky výparu vody velmi ovlivňují energetické toky na povrchu Země (Procházka a kol., 1998).

Během transformace sluneční energie na povrchu Země má tedy významnou úlohu vegetace. A to z toho pohledu že při evapotranspiraci spotřebovává velkou část dopadajícího slunečního záření jako tzv. latentní teplo na výpar vody (Monteith, 1975; Gates, 1980; Monteith, Unsworth, 1990; Jones, 1992). Platí tak, že čím více je vegetace, tím více roste tok energie slunečního záření do latentního tepla a naopak zbývá méně energie pro další energetické toky. Mezi další energetické toky patří pocitové teplo, kterým roste vnitřní energie na povrchu Země (zvyšuje se tak teplota těles) a tok tepla do půdy. Z těchto poznatků plyne, že při dostatečném množství vegetace je nižší přeměna energie do pocitového tepla, méně se ohřívá povrch Země a s ním i přilehlá vrstva atmosféry (Pokorný, 2001). Tento účinek vegetace na klima můžeme pozorovat, jak v měřítku mezoklimatickém, (Mahfouf et al., 1987; McPherson, 2007; Brom et al., 2012; Hesslerová et al., 2012), tak ale i v makroklimatickém a kontinentálním (Makarieva, Gorshkov, 2010).

Odstranění vegetace má pak za následek redukování tohoto jevu (Hesslerová, Pokorný, 2010), zmenšuje se tok latentního tepla a větší část energie plyne do pocitového tepla a do toku tepla do půdy. Toto se projevuje zvýšením teploty povrchu Země. Tento úkaz vede až k přehřívání povrchu, přehřátý povrch je pak náchylnější na erozi, ztrátu živin, rychlejšímu odtoku vody, dekompozici organických látek (Ripl, 2003), u přilehlé vrstvy atmosféry dojde ke snížení vlhkosti vzduchu (Schwartz, Karl, 1990), v globálním měřítku pak může docházet ke změnám proudění velkých vzduchových hmot (Makarieva, Gorshkov, 2007). Důsledkem odvodnění a nepravidelných srážek dochází ke snižování hladiny podzemní vody, půda se přehřívá a snižuje se její schopnost zadržet vodu a látky (Ripl, 2003; Kulhavý a kol., 2011). Z této stránky dochází ke zhoršení ekologických funkcí krajiny, krajina se mění na narušenou.

Pro rozumné využívání krajiny je nezbytné pochopit energetické toky v krajině a jejich roli ve vzniku vodního cyklu. Odhad funkčnosti krajiny je možné získat na podkladě ukazatelů jako distribuce teplot, stav vegetačního krytu a vlhkostních ukazatelů. Energetické a funkční vlastnosti povrchu vzhledem k přítomnosti a množství vegetace na větších územích je možné vypočítat z pozemně měřených meteorologických prvků a z multispektrálních satelitních snímků. Pro tento význam je nutné zachytit a zhodnotit charakteristiky rozsáhlých ploch a z tohoto pohledu jsou vhodné techniky dálkového průzkumu Země – DPZ (*Procházka a kol., 2014*).

2.3 Dálkový průzkum Země – DPZ

Využití DPZ při hodnocení krajiny umožňuje využití velkého množství dat z rozsáhlého území. Oproti pozemnímu monitoringu nevyžaduje DPZ takové finanční i časové nároky a lze krajinu hodnotit i zpětně – díky archivaci dat DPZ. V budoucnosti lze předpokládat další vývoj i snížení nákladů na tyto metody (*Procházka a kol., 2014*). Prostředky dálkového průzkumu Země tvoří vhodné nástroje pro hodnocení a sledování přírodních procesů a krajinných struktur. Snímání dat DPZ poskytuje možnost nezávisle klasifikovat tzv. funkční parametry území, mezi které patří: teplotní, vlhkostní charakteristiky povrchu, množství a stav vegetačního krytu a vývoj těchto parametrů v čase (*Procházka a kol., 2011*). Data DPZ je rovněž možné použít k okamžitému vyhodnocení velkých ploch v požadovaném časovém úseku. Takováto vyhodnocení můžeme činit i zpětně. Pro výklad družicových dat je nutné mít odpovídající mapové, databázové podklady či pozemní sledování. Pro předpovídání vývoje funkčních parametrů území musíme mít podklady typu územně plánovací dokumentace či rekultivačních plánů. Za předpokladu, že se nebudou zřetelně měnit podmínky prostředí a pokud víme, jak by mělo vypadat území v průběhu několika let lze ze satelitních snímků predikovat budoucí projevy povrchu krajiny (*Procházka a kol., 2014*). DPZ reprezentuje účinnou metodu výzkumu vzhledem k technickému vývoji a možnostem zpracování a využití dat (*Halounová et al., 2005; Pokorný et al., 2007; Brom et al., 2012; Kopačková, Rambousek, 2006; Procházka a kol., 2012 a; Procházka a kol., 2012 b*). Propojení dat o krajině v geografických informačních systémech (GIS) s bezkontaktní metodou výzkumu krajiny (DPZ) jsou přínosné z toho důvodu, že není nutné provádět finančně, technicky a časově náročný terénní průzkum. Metody DPZ pracují s distančně získanými daty. Terénní výzkum na rozdíl od DPZ

pracuje s daty získanými in situ a patří často jako doplněk DPZ. Na velkých plochách nemohou pozemní měření obsáhnout každou její část, z pohledu vlhkostních a teplotních charakteristik povrchu jsou data DPZ nezastupitelná (*Procházka a kol., 2014*). Družicové snímání povrchu krajiny slouží nejen k hodnocení struktury krajiny ale také k hodnocení funkčních ukazatelů (*Halounová et al., 2005; Brom et al., 2012*). Od 70. let 20. století máme dostupná družicová multispektrální data s vysokým prostorovým rozlišením. Nespornou výhodou družicových dat je také téměř neomezené prostorové snímání. Toto snímání bylo použito při mapování krajinného pokryvu metodikou CORINE LC v celosvětovém kritériu (*Bossard et al., 2000*) i v měřítku pro ČR (*CENIA, 2017*). Dálkový průzkum Země je komplexně popsán v dílech (*Jensen, 2000; Campbell, 2002; Lillesand et al., 2008*). DPZ může také sloužit k hodnocení funkčních procesů, které se odehrávají na zemském povrchu, a to v kombinaci s meteorologickým měřením. Meteorologicky lze měřit bodově i tepelné toky v krajině a posoudit tak energetickou bilanci povrchu. Jde zejména o tok tepla do půdy, tok latentního tepla výparu, albedo povrchu a intenzitu evapotranspirace (*Bastiaanssen et al., 1998; Bastiaanssen, 2000; Gao et al., 2011; Kalma et al., 2008*). Tyto sledované prvky jsou ukazateli energetických procesů v krajině, dávají tedy povědomí o funkcích krajiny (*Procházka a kol., 2014*). Pro analýzu krajiny jejich funkcí, změn a struktury hraje významnou roli dálkový průzkum Země. Pro hodnocení struktury, funkce krajiny a jejích změn roste význam DPZ, protože DPZ umí i plánovat další vývoj krajiny. Jako výhoda DPZ spočívají i další ukazatele jako environmentální, rekreační či ekonomické funkce (*United States Geological Survey – USGS, 2017*).

2.3.1 Dostupnost družicových dat

Povrch Země je zabírán senzory družic s širokou škálou spektrálního i prostorového rozlišení. Z pohledu posouzení funkcí povrchu Země v regionálním a subregionálním měřítku se jeví jako optimální senzory s vysokým až velmi vysokým prostorovým rozlišením (metry až desítky metrů). Krajinou strukturu, kryt a další ukazatele krajiny lze dobře hodnotit za pomoci dat se spektrálním rozsahem ve viditelné oblasti elektromagnetického záření a v části středního a blízkého infračerveného záření. Pro speciální klimatologické úkoly jsou třeba data z termální oblasti elektromagnetického spektra. Významnou roli hrají nejen spektrální a prostorové rozlišení ale také velikost scény pořizované družicí. Snímaná oblast pro regionální

studie na krajině úrovni by měla mít šířku okolo desítek až stovek km. Takovéto podmínky plní velmi dobře program družic LANDSAT, který je součástí projektu amerického NASA. Tento program běží od roku 1972 a jeho účelem je získat rozsáhlé informace o povrchu Země prostřednictvím sledování Země v různých spektrách elektromagnetického vlnění. Pro program LANDSAT bylo po sobě vypuštěno několik družic se subpolární dráhou letu a se senzory snímající povrch Země v infračervené a viditelné oblasti.

Na družicích se používá několik druhů senzorů:

- TM (Thematic Mapper);
- ETM (Enhanced Thematic Mapper);
- ETM +(Enhanced Thematic Mapper plus);
- RBV (Return Beam Vidicon);
- MSS (Multispectral Scanner);
- OLI (Operational Land Imager);
- TIRS (Thermal Infrared Sensor).

Snímání povrchu Země pomocí výše uvedených senzorů probíhá v pravidelných 16 denních cyklech a konkrétní místo je pozorováno skoro vždy ve stejnou denní dobu. Pozorování území ČR je provedeno v krátkém časovém úseku několika desítek sekund přibližně mezi 9. a 10. hodinou světového času (v létě tedy mezi 11. a 12. hodinou středoevropského letního času) (*United States Geological Survey – USGS, 2017*).

2.3.2 LANDSAT v rámci ČR

Satelitní snímky LANDSAT TM a ETM + jsou volně dostupné stažením z internetových stránek oficiálního poskytovatele společností geologický průzkum USA (*United States Geological Survey – USGS, 2017*)

Předzpracování satelitních snímků LANDSAT TM a ETM+

Úprava satelitních snímků probíhá v několika krocích:

- 1) **Radiometrické a atmosférické korekce** - Zde probíhají korekce vlivu atmosféry, vlivu pozice Země a Slunce a snímacího senzoru na radiometrickou informaci v satelitním snímku;
- 2) **Geometrické korekce** - Zde probíhá registrace a rektifikace. Dochází k přiřazení souřadnicového systému satelitnímu snímku a jeho polohování s již registrovanými daty;
- 3) **Výpočet požadovaných veličin** - Zde probíhá výpočet parametrů povrchu Země pomocí matematických a logických algoritmů za pomoci hodnot pixelů rastru satelitního snímku (*Procházka a kol., 2014*).

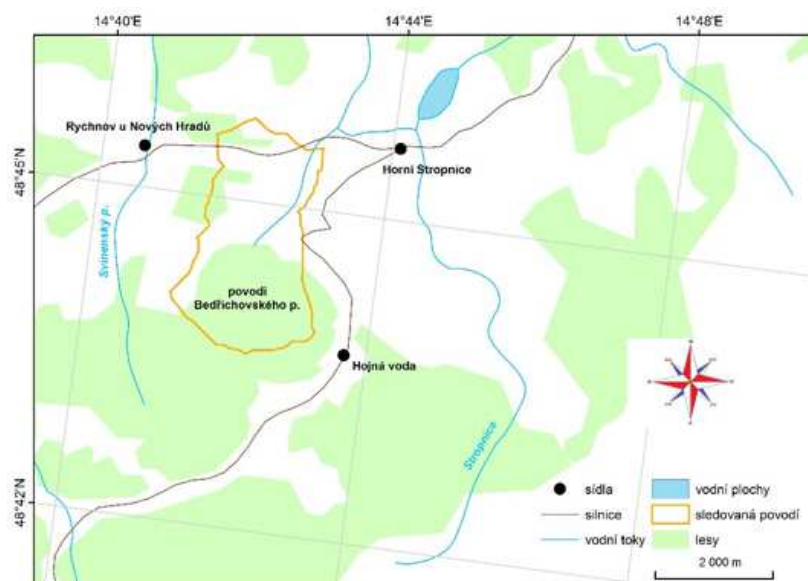
2.3.3 Výpočet energetické bilance

Energetickou bilanci povrchu krajiny lze vypočítat na základě družicových dat a meteorodat. Nejprve musí být získány multispektrální satelitní snímky a pozemně měřené meteorologické prvky. Satelitní snímky musí být oříznuty a vybrány pixely pro jednotlivé typy krajinného pokryvu, které se pak vyhodnotí. Pro vyhodnocení průběhu vegetační sezóny by měly být vybrány snímky s co nejmenší či nulovou oblačností, aby byly výsledky výpočtů relevantní. S použitím multispektrálních satelitních snímků a pozemně měřených meteorologických prvků, pak dojde k výpočtům funkčních parametrů povrchu krajiny: množství vegetace, vlhkosti a teploty povrchu. Dále dojde k výpočtu prvků energetické bilance pro termíny nasnímání satelitních snímků. Jednotlivé výpočty jsou pak popsány v kapitole metodika. Ve zkoumané oblasti dojde poté k nalezení jednotlivých kategorií Land coveru. V těchto místech je vytvořen vektorový polygon, pomocí kterého jsou získány hodnoty pro jednotlivé kategorie Land coveru (Les, TTP, OP, Stavby). Tyto hodnoty jsou následně vyhodnoceny.

3. METODIKA

3.1 Popis zájmového území

Zájmové území nalezneme v jižních Čechách, přesněji se oblast nachází na území Novohradských hor, konkrétně se jedná o povodí Bedřichovského potoka, protékajícího obcí Chlupatá Ves. Povodí se nachází zhruba 2,5 km na jihozápad od obce Horní Stropnice (Obr. 1). Povodí Bedřichovského potoka má plochu 8,69 km² a střední délku 5,7 km. Bedřichovský potok představuje levostranný přítok řeky Stropnice. Bedřichovský potok pramení mezi Kuní a Kraví horou ve výšce 480 m. n. m. Na Obr. 2 si můžeme všimnout modrou barvou, vyznačené celé subpovodí Bedřichovského potoka IV. řádu podle databáze DIBAVOD od VÚV TGM (VUV, 2017). DIBAVOD je digitální báze vodohospodářských dat a jedná se o návrh označení vodohospodářské nadstavby ZABAGED. ZABAGED představuje základní bázi geografických dat (CUZK, 2017).



Obr. 1: Povodí Bedřichovského potoka

Zdroj: DIBAVOD – VÚV TGM, Portál veřejné zprávy ČR, 2017

V průběhu let můžeme v povodí zaznamenat značné změny v podobě Land Coveru viz Tab. 1. Z tabulky 1 si můžeme všimnout, že v průběhu let došlo k výraznému snížení rozlohy orné půdy a její přeměně na trvalý travní porost, výměra lesů se prakticky nezměnila a zastavěné území zaznamenalo nárůst plochy a následně

snížení. Kategorie Land Coveru nebyly vybrány z celého povodí, ale pouze z části přiléhající k závěrovému profilu nacházejícímu se u obce Chlupatá Ves (Obr. 2).



Obr. 2: Povodí Bedřichovského potoka – celé subpovodí Bedřichovského potoka IV. řádu podle databáze DIBAVOD

Zdroj: DIBAVOD – ÚÚV TGM, Portál veřejné zprávy ČR, 2017

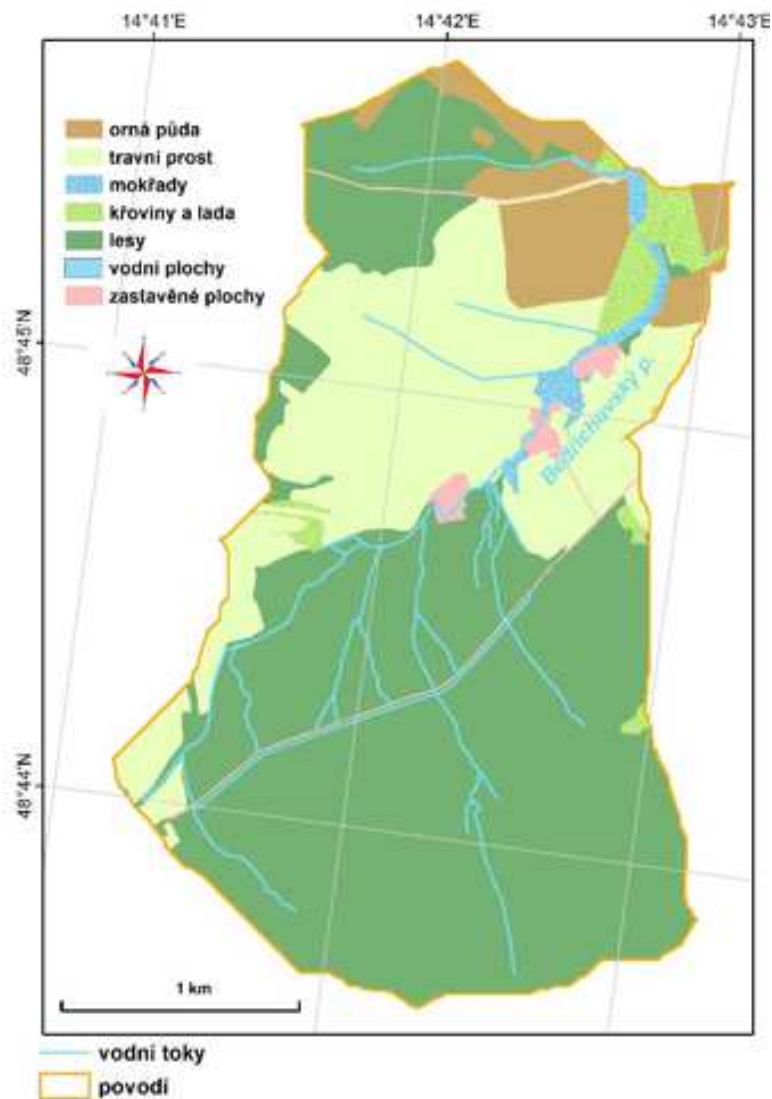
Tab. 1: Změny rozlohy ploch Land Coveru v povodí Bedřichovského potoka

Typ land coveru	Rozloha ploch [ha] (%)		
	2004	2007	2014
orná půda	160,9 (24)	148,7 (22)	47,9 (7)
travní porost	82,4	80,5	171,1
mokřady	7,5	8,5	9,2
křoviny a lada	0	6,5	19,3
lesy	411,5	409,2	410,8
vodní plochy	0	0	0
zastavěné plochy	7,3	16,2	11,3

Zdroj: Laboratoř aplikované ekologie ZF JČU, 2017

Průměrná nadmořská výška zájmové oblasti činí 650 m.n.m. (Tolasz, 2007). Zájmová oblast spadá především do mírně teplé klimatické oblasti (Kubeš, 2004). Průměrný roční úhrn srážek je 783 mm – viz Tabulka 2. Jak vyplývá z Tabulky 1 a Obr. 3, nachází se na území především lesní komplexy, trvalý travní porost a orná

půda. Průměrná roční teplota vzduchu v zájmové oblasti je 7,5 °C viz Tabulka 3. Z průměrné četnosti směru větrů – viz Tabulka 4 vyplývá, že největší četnost směru větrů je na JZ.



Obr. 3: Mapa krajinného pokryvu – povodí Bedřichovského potoka

Zdroj: Laboratoř aplikované ekologie ZF JČU, 2017

Tab. 2: Průměrný úhrn srážek 1951- 2000

Stanice	Měsíc												Roční průměr (mm)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Horní Stropnice	33	36	46	58	87	114	118	98	60	44	46	43	783

Zdroj: (Křivancová, Vavruška 2004)

Tab. 3: Průměrné roční teploty vzduchu v °C v povodí Bedřichovského potoka za období 1951 – 2000

Stanice	Měsíc												Roč. prů.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Byňov	-2,2	- 1,3	2,4	7,0	12,2	15,6	17,2	16,5	12,7	7,7	2,6	- 0,8	7,5 °C

Zdroj: (Kubeš, 2004)

Tab. 4: Průměrná četnost směru větrů v % porovnání (stanice Hojná Voda)

Směr	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
Vyjádřen v %	7,1	12,9	7,6	9,2	10,2	39,9	7,1	6

Zdroj: (Kubeš, 2004)

Z geologického pohledu najdeme v povodí ruly patřící do období prekambrium nebo paleozoikum z regionu Český masív, dále najdeme v povodí muskovit, metagranity a ortoruly z období variská intruziva patřící do regionu Český masív (*Národní geoportál INSPIRE, 2017*).

Z geomorfologického zájmu patří zkoumaná oblast do okrsku Rychnovská pahorkatina, celku Novohradské podhůří, oblasti Šumavská hornatina, subprovincie Česká vysočina a Hercynského systému (*Národní geoportál INSPIRE, 2017*).

3.2 Popis dat a jejich zpracování

Byly posouzeny energetické vlastnosti povrchu v povodí Bedřichovského potoka. Byla sledována energetická bilance povrchu (tok tepla do půdy, latentní teplo výparné, zjevné teplo, vegetační index, vlhkost povrchu a teplota povrchu). Pro zjištění těchto veličin na plošně rozsáhlejší území byla použita možnost jejich výpočtu z multispektrálních satelitních snímků stažených z webu www.USGS.GOV a z pozemně měřených meteorologických prvků. Satelitní snímky byly oříznuty a následně z nich vybrány plochy pixelů pro jednotlivé typy krajinného pokryvu, které pak byly hodnoceny. K výpočtům byly použity satelitní snímky ze sensorů OLI a TIRS družice LANDSAT 8 z 19.5., 20.6., 6.7. a 7.8. 2017, tato data byla použita z důvodu vyhodnocení průběhu vegetační sezóny a byla bez oblačnosti a byly využity meteorologické prvky naměřené metostanicí v Horní Stropnici v okamžiku pořízení satelitních snímků.

Senzory OLI a TIRS představují vhodný nástroj pro vyhodnocení z důvodu optimálního prostorového rozlišení a kompozicí snímaných rozsahů viditelného a infračerveného spektra, to vše je vhodné pro výpočty (Tab. 5). Satelitní snímky byly vybrány takovým způsobem, aby byla vyloučena rozsáhlá oblačnost a došlo k zachycení stavu sledovaných lokalit ve vrcholu vegetační sezóny. Drobná oblačnost byla ve snímcích maskována a místa, kde byla vyskytnuta, nebyla do výpočtů brána v úvahu.

Satelitní snímky byly staženy z webu poskytovatele ve formě reflektancí, tedy s již provedenými atmosférickými a radiometrickými korekcemi, proto mohly být použity rovnou k výpočtům.

Tab. 5: Charakteristika senzorů OLI a TIRS družice LANDSAT 8

kanál senzoru OLI a TIRS	spektrální rozlišení [μm]	prostorové rozlišení [m]
1 OLI	0,43 – 0,45	30
2 OLI	0,45 – 0,51	30
3 OLI	0,53 – 0,59	30
4 OLI	0,64 – 0,67	30
5 OLI	0,85 – 0,88	30
6 OLI	1,57 – 1,65	60
7 OLI	2,11 – 2,29	30
8 OLI	0,50 – 0,68	15
9 OLI	1,36 – 1,38	30
10 TIRS	10,60 – 11,19	100
11 TIRS	11,50 – 12,51	100

Zdroj: USGS, 2017

Pro výpočet energetické bilance povrchu byly použity nejen satelitní snímky, ale také pozemně měřené meteorologické prvky. Jedná se o teplotu vzduchu ($^{\circ}\text{C}$), relativní vlhkost vzduchu (%) a celkovou dopadající krátkovlnnou radiaci (W/m^2).

S použitím zmíněných satelitních dat a pozemně měřených meteorologických prvků byly vypočteny funkční parametry povrchu krajiny – jedná se o: množství vegetace, vlhkost a teplotu povrchu. A dále byly vypočteny prvky energetické bilance povrchu krajiny pro termíny nasnímání satelitních snímků.

Funkční parametry povrchu byly vypočteny ze satelitních snímků podle níže popsaných vztahů. Pro zjištění množství vegetace byl vypočten Normalizovaný rozdílový vegetační index (NDVI), kde band NIR a band RED představují reflektance, vypočtené z kanálů č. 4 a 5 senzoru LANDSAT 8 OLI (Tucker, 1979):

Pro zjištění vlhkosti povrchu byl níže vypočten Normalizovaný rozdílový vlhkostní index (NDMI), kde band SWIR představuje reflektanci vypočtenou z kanálu č. 6 senzoru LANDSAT 8 OLI (Gao, 1996; Jin et Sader, 2005).

1

Pro zjištění reálné radiační teploty povrchu byla níže nejdříve vypočtena radiační teplota povrchu pro absolutně černé těleso T_b (K) za pomoci termálního kanálu družicových senzorů LANDSAT 8 TIRS

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

kde K_1 a K_2 jsou přístrojové kalibrační konstanty, uvedené v metadatech satelitního snímku. V našem případě však byl použit přímo snímek radiační teploty povrchu pro absolutně černé těleso, poskytnutý USGS.

Radiační teplota povrchu pro absolutně černé těleso je upravena prostřednictvím emisivity na reálnou radiační teplotu povrchu T_s (°C) níže uvedenou:

$$T_s = \frac{T_b}{\varepsilon^{\frac{1}{4}}} - 273,16$$

Kde ε představuje emisivitu povrchu, která byla získána za použití vegetačního indexu NDVI a kanálu band NIR, vypočtena metodou NDVI Threshold Method (Sobrino et al., 2004).

Pro získání výpočtu energetických toků na povrchu Země je nutné vycházet z radiační bilance. Výsledkem této bilance je celková čistá radiace R_n (Wm^{-2}), tuto radiaci lze vyjádřit za pomoci vztahu $R_n = R_{S\downarrow} + R_{S\uparrow} + R_{L\downarrow} + R_{L\uparrow}$

$R_{S\downarrow}$ představuje celkovou dopadající krátkovlnnou sluneční radiaci o vlnové délce cca 0,4 – 3 μm

$R_{S\uparrow}$ – představuje krátkovlnnou sluneční radiaci odraženou od povrchu Země

$R_{L\downarrow}$ – představuje dopadající dlouhovlnnou radiaci atmosféry o vlnové délce cca 8 -14 μm

$R_{L\uparrow}$ – představuje povrchem vyzařenou dlouhovlnnou radiaci

$R_{S\downarrow}$ – jedná se o pozemně měřený meteorologický prvek, u něhož byly provedeny korektury v podobě sklonu terénu, geometrie slunečního záření, zeměpisné délky a šířky, data a času pořízení satelitního snímku (*Kumar et al., 1997*)

Hodnota $R_{S\uparrow}$ byla vypočtena dle níže uvedeného vztahu (*Arya, 2001*):

$$R_{S\uparrow} = R_{S\downarrow} \cdot \alpha$$

α – představuje albedo, vypočítané podle přístupu, který popsal *Tasumi et al., 2008*:

$R_{L\downarrow}$ – získána za využití Stefan-Boltzmannova zákona:

$$R_{L\downarrow} = \varepsilon_{ac} \sigma (T_a + 273,16)^4$$

ε_{ac} – představuje emisivitu atmosféry

σ – představuje Stefan-Boltzmannovu konstantu

T_a – představuje pozemně měřenou teplotu vzduchu

Hodnota ε_{ac} byla získána podle níže uvedeného vztahu, který popsal *Brutsaert, 1982*:

$$\varepsilon_{ac} = 1,24 \left(\frac{e_a \cdot 10}{T_a + 273,16} \right)^{\frac{1}{7}}$$

Hodnota e_a představuje tlak vodní páry ve vzduchu [kPa]. Hodnota e_a byla pak spočítána podle vztahu:

$$e_a = \frac{E_a \cdot Rh}{100}$$

kde Rh je pozemně měřená relativní vlhkost vzduchu a E_a je tlak nasycené vodní páry ve vzduchu, vypočtený podle Magnus-Tetenova vztahu:

$$E_{\alpha} = 0,61121 \cdot \exp\left(\frac{17,502 \cdot T_{\alpha}}{240,97 + T_{\alpha}}\right)$$

$R_{L\uparrow}$ – tato veličina byla vypočtena na základě StefanBoltzmannova zákona konkrétně podle vztahu: $R_{L\uparrow} = \epsilon\sigma (T_s + 273,16)^4$

Celková čistá radiace R_n definuje množství energie, jež se různě mění v závislosti na podmínkách prostředí do tepelných toků na povrchu Země. Mezi tyto toky patří:

Tok tepla pro ohřev povrchů (J), energie spotřebovaná na fotosyntézu (P), tok tepla do půdy (G), tok pocitového tepla (H) a tok latentního tepla výparného (λE), využitého na evapotranspiraci. Toky pro fotosyntézu a pro ohřev povrchů jsou ve velké míře v řádu jednotek procent celkové tepelné bilance a proto se zanedbávají (Zemek, 2014).

Výpočet tepelné bilance povrchu platí za předpokladu, že s rostoucím výparem z povrchu klesá jeho teplota a dochází tak ke změně gradientu mezi teplotou povrchu a teplotou vzduchu.

Základ pro výpočet tepelné bilance povrchu hraje výsledek radiační bilance R_n .

Výsledek celkové čisté radiace R_n (pokud zanedbáme energii pro fotosyntézu a tok tepla pro ohřev povrchů) nám umožňují vyjádřit níže uvedeným vztahem jednotlivé prvky tepelné bilance povrchu (Penman, 1948):

$$R_n = G + H + \lambda E$$

G – představuje tok tepla do půdy

H – představuje tok pocitového tepla

λE – představuje tok latentního tepla výparného

G – tok tepla do půdy (W/m^2) byl vypočten na základě poznatků ze spektrálních satelitních dat z níže uvedeného vztahu (Bastiaanssen et al., 1998):

$$G = \frac{T_s}{\alpha} (0,0038\alpha + 0,0074\alpha^2) (1 - 0,98NDVI^4) R_n$$

λE – tok latentního tepla výparného (W/m^2) byl vypočten za použití upravené rovnice na výpočet evaporativní frakce EF. EF představuje poměr energie mezi využitou pro výpar a energií, která je pro výpar dostupná a lze ji vypočítat dle níže uvedeného vztahu (*Lhomme et Elguero, 1999*):

$$EF = \frac{\lambda E}{\lambda E + H} = \frac{\lambda E}{R_n - G}$$

EF byla odvozena ze škálového gradientu teploty povrchu a teploty vzduchu podle vztahu:

$$EF = \frac{T_{s\ max} - T_s}{T_{s\ max} - T_a}$$

$T_{s\ max}$ – udává nejvyšší hodnotu reálné radiační teploty povrchu v rámci použitého satelitního snímku. Na základě výše uvedených rovnic, tak lze tedy tok latentního tepla výparného vypočítat ze vztahu:

$$\lambda E = \frac{(R_n - G)(T_{s\ max} - T_s)}{(T_{s\ max} - T_a)}$$

H – hodnota pocitového tepla (W/m^2) byla zpětně získána po spočítání ostatních složek energetické bilance vypočtena z bilanční rovnice:

$$R_n = G + H + \lambda E$$

Výše popsané výpočty funkčních parametrů povrchu a jeho energetické bilance byly vypočteny v softwaru SEBCS SA (*Brom, 2013*).

V modelovém území povodí Bedřichovského potoka byla nalezena území lesních komplexů, TTP, OP a zástavby. V těchto místech byly vytvořeny vektorové polygony, pomocí nichž byly získány hodnoty daných parametrů pro jednotlivé kategorie Land coveru. Typ hodnoty – tedy hodnoty sledovaných parametrů daných

pixelů v satelitních mapách byly zobrazeny v krabicových grafech a následně byly tyto grafy vyhodnoceny v kapitole Výsledky.

4. VÝSLEDKY

Výsledky ukazují, že krajinný pokryv má velký vliv na energetické toky. Funkční parametry povrchu krajiny se mezi sebou liší podle typu krajinného pokryvu.

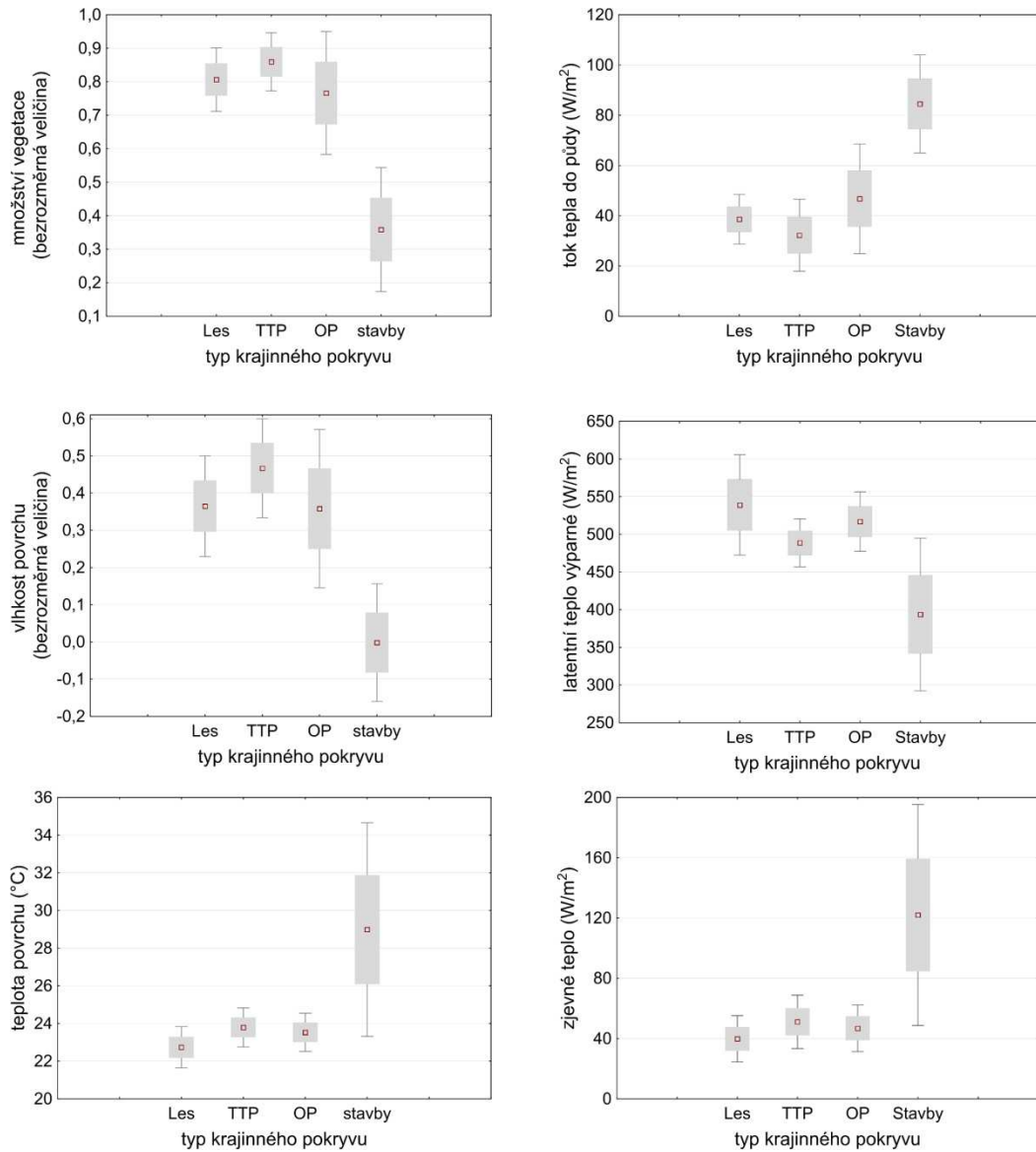
V měsíci květnu (Obr. 5) dosahuje množství vegetace nejvyšších průměrných hodnot na TTP a nejmenší je v zastavěném území. Tok tepla do půdy dosahuje nejvyšších průměrných hodnot u zastavěného území, až kolem 90 W/m^2 a nejnižších hodnot pak u TTP – kolem 30 W/m^2 . Vlhkost povrchu má nejvyšší hodnoty u TTP a nejnižší hodnoty u zastavěného území. Latentní teplo výparné dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v lese, kolem 540 W/m^2 a naopak nejnižší hodnoty jsou u staveb, kolem 390 W/m^2 . Nejvyšší průměrnou teplotu povrchu dosahují zastavěná území – kolem 29°C , naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v lese, kolem 23°C . Zjevné teplo dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v zastavěném území – kolem 120 W/m^2 a nejnižších hodnot v lese kolem 40 W/m^2 .

V měsíci červnu (Obr. 6) dosahuje množství vegetace nejvyšších průměrných hodnot v lese a nejmenší je v zastavěném území. Tok tepla do půdy dosahuje nejvyšších průměrných hodnot u zastavěného území, až kolem 95 W/m^2 a nejnižších hodnot pak v lese – kolem 35 W/m^2 . Vlhkost povrchu má nejvyšší hodnoty u orné půdy a nejnižší hodnoty u zastavěného území. Latentní teplo výparné dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v lese, kolem 560 W/m^2 a naopak nejnižší hodnoty jsou u staveb, kolem 360 W/m^2 . Nejvyšší průměrnou teplotu povrchu dosahují zastavěná území – kolem 35°C , naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v lese, kolem 26°C . Zjevné teplo dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v zastavěném území – kolem 110 W/m^2 a nejnižších hodnot v lese kolem 1 W/m^2 .

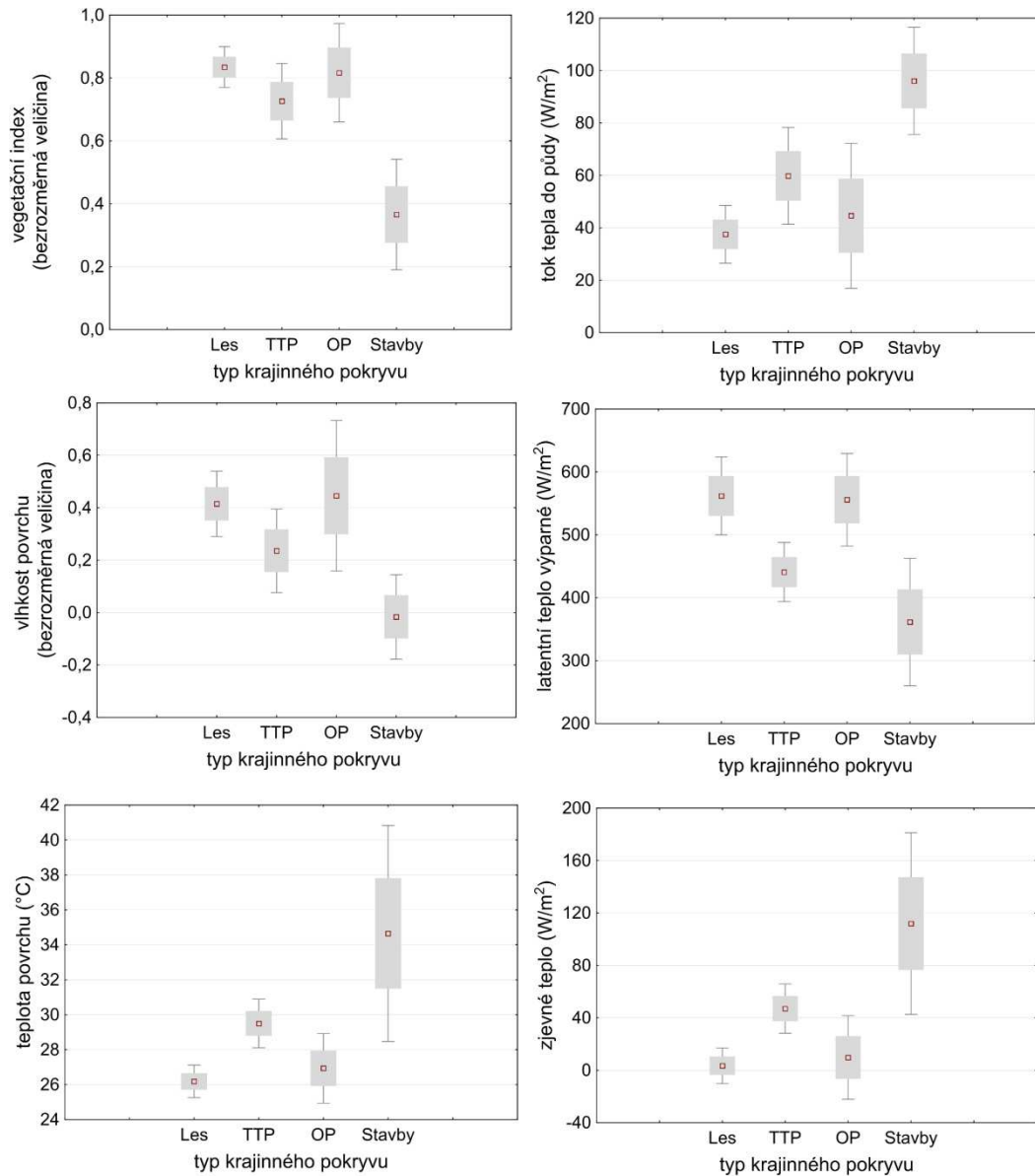
V měsíci červenci (Obr. 7) dosahuje množství vegetace nejvyšších průměrných hodnot v lese a nejmenší v zastavěném území. Tok tepla do půdy dosahuje nejvyšších průměrných hodnot u zastavěného území, až kolem 90 W/m^2 a nejnižších hodnot pak v lese – kolem 35 W/m^2 . Vlhkost povrchu má nejvyšší hodnoty v lese a nejnižší hodnoty u zastavěného území. Latentní teplo výparné dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v lese, kolem 400 W/m^2 a naopak nejnižší hodnoty jsou u staveb, kolem 345 W/m^2 . Nejvyšší průměrnou teplotu povrchu dosahují zastavěná území – kolem 32°C , naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v lese, kolem 30°C . Zjevné teplo

dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v zastavěném území – kolem 150 W/m^2 a nejnižších hodnot u TTP kolem 130 W/m^2 .

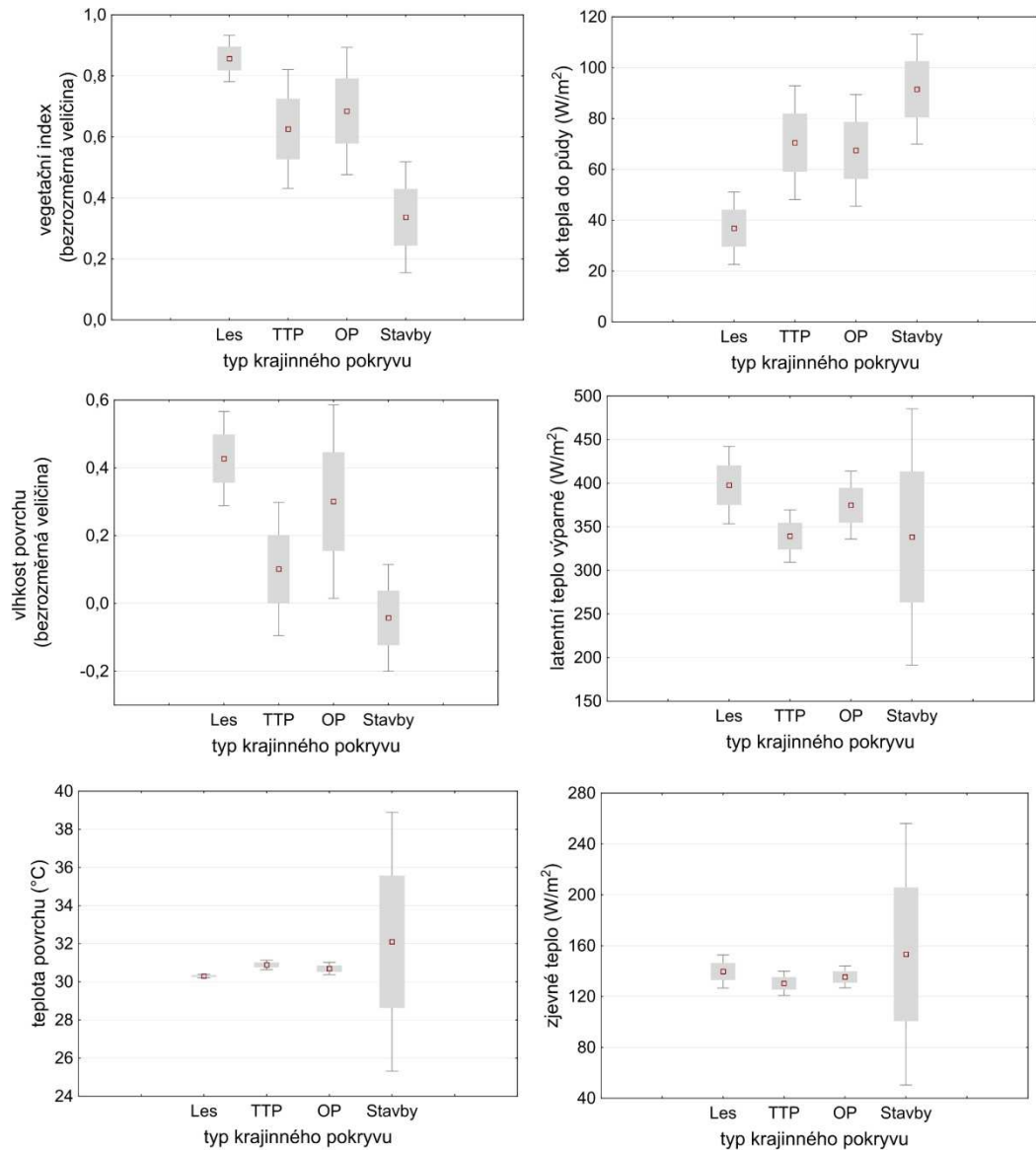
V měsíci srpnu (Obr. 8) dosahuje množství vegetace nejvyšších průměrných hodnot v lese a nejmenších u orné půdy. Tok tepla do půdy dosahuje nejvyšších průměrných hodnot u orné půdy, až kolem 80 W/m^2 a nejnižších hodnot pak v lese – kolem 35 W/m^2 . Vlhkost povrchu má nejvyšší hodnoty v lese a nejnižší hodnoty u orné půdy. Latentní teplo výparné dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v lese, kolem 325 W/m^2 a naopak nejnižší hodnoty jsou u TTP, kolem 287 W/m^2 . Nejvyšší průměrnou teplotu povrchu dosahují zastavěná území – kolem $30,5^\circ\text{C}$, naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v lese, kolem $29,7^\circ\text{C}$. Zjevné teplo dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v zastavěném území – kolem 225 W/m^2 a nejnižších hodnot u TTP kolem 200 W/m^2 .



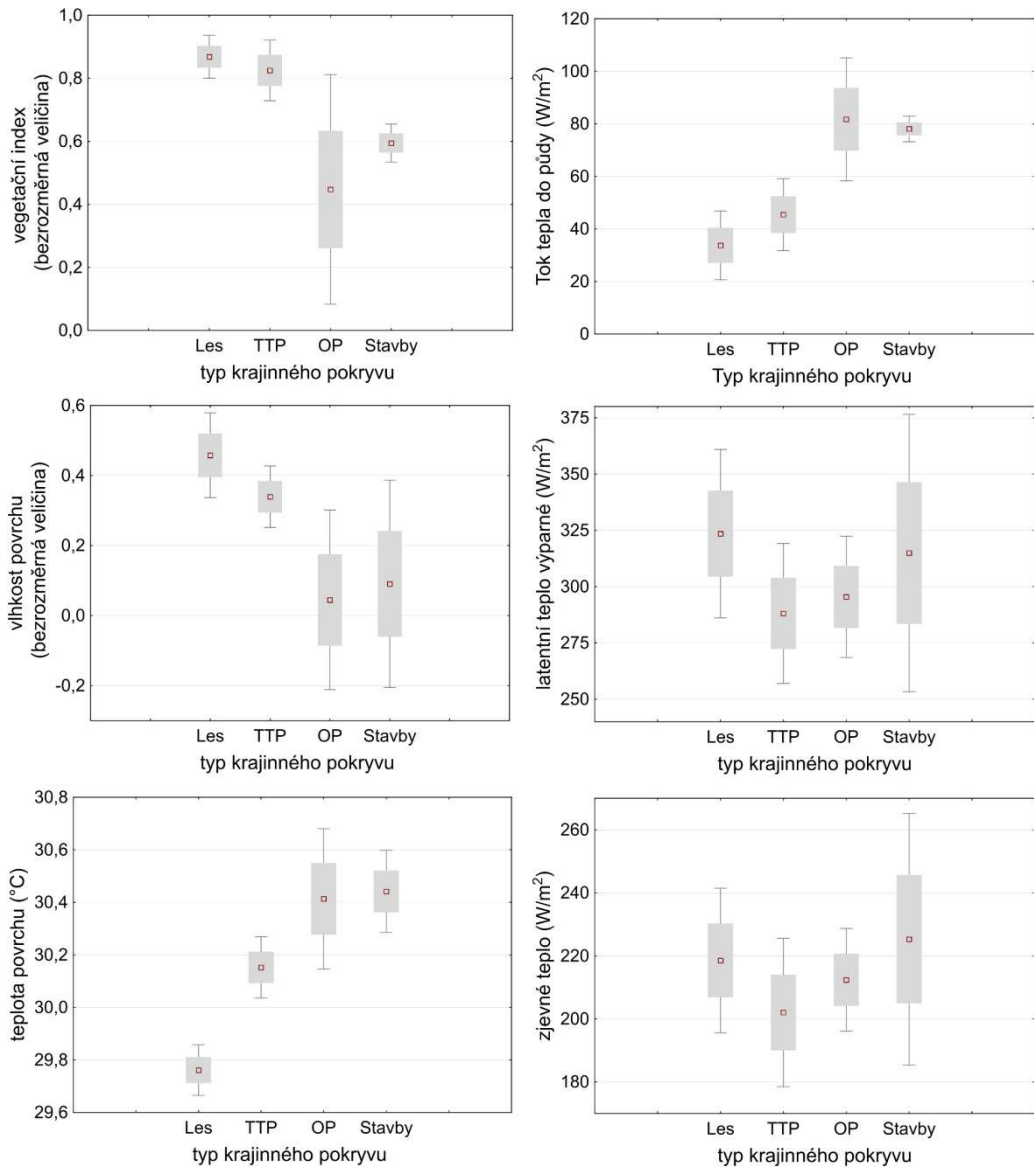
Obr. 5: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci květnu 2017



Obr. 6: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci červnu 2017



Obr. 7: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci červenci 2017



Obr. 8: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci srpnu 2017

V okamžiku pořízení snímku byly naměřeny meteorologické prvky – teplota, relativní vlhkost vzduchu a dopadající krátkovlnná radiace (Tab. 6). Dále byly pro posouzení průběhu počasí před vznikem snímků vypočteny suma srážek a suma teplot vždy pro týden, předcházející vzniku satelitního snímku (Tab. 7 a 8).

Tab. 6: Meteorologické prvky, pozemně měřené v okamžiku vzniku satelitního snímku pro jednotlivé posuzované termíny (květen-srpen), pořízeny v 11:51 SELČ

Datum	Teplota vzduchu (°C)	Relativní vlhkost vzduchu (%)	Dopadající krátkovlnná radiace (W/m ²)
19.5.2017	21,56	58,81	853,2
20.6.2017	27,18	43,48	827,8
6.7.2017	25,17	58,19	824,3
7.8.2017	18,52	64,14	885,7

Tab. 7: Suma srážek 7 dní před snímkováním pro termíny pořízení satelit. snímků

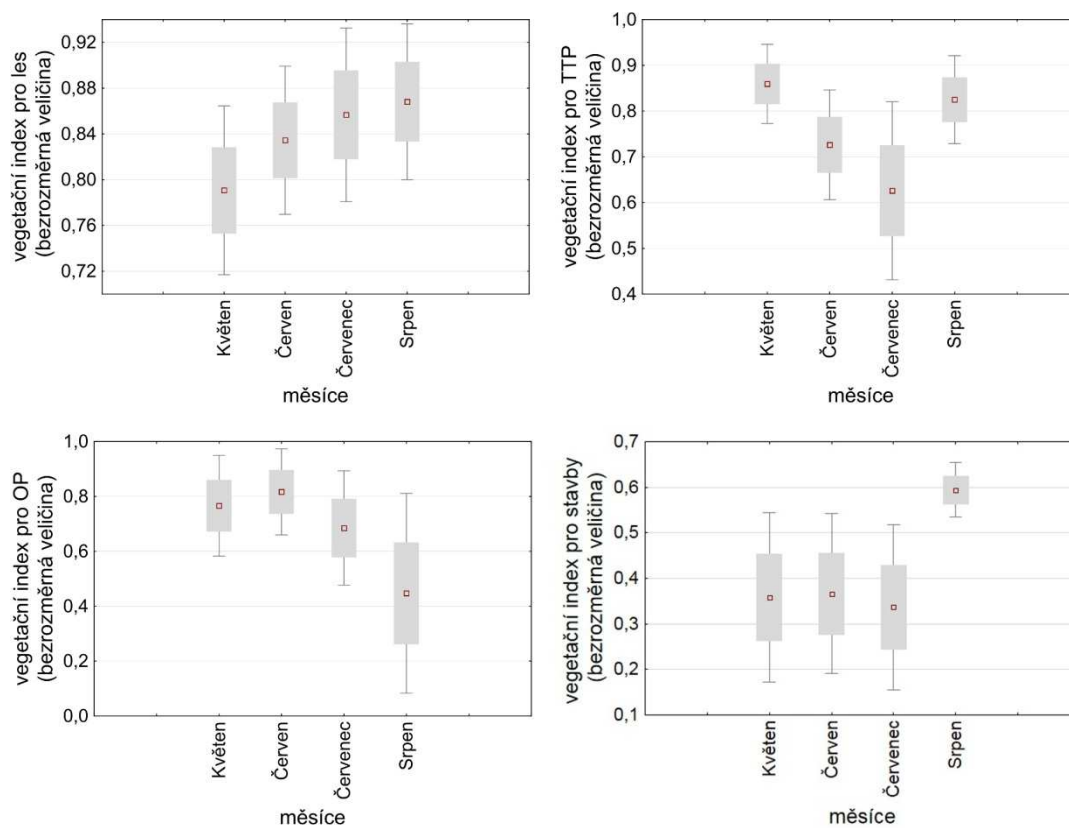
Dny před pořízením snímku	Suma srážek pro 19.5. (mm)	Suma srážek pro 20.6. (mm)	Suma srážek pro 6.7. (mm)	Suma srážek pro 7.8. (mm)
1.	0	0	0	20,4
2.	0	0	0	0,1
3.	0	0,2	1,7	1
4.	0	7,4	1,6	0
5.	0	0	0	0
:	0	0	0	0
7.	0	0	2,5	0
Suma	0	7,6	5,8	21,5

Tab. 8: Suma teplot 7 dní před snímkováním pro termíny pořízení satelit. snímků

Dny před pořízením snímku	Suma teplot pro 19.5. (°C)	Suma srážek pro 20.6. (°C)	Suma teplot pro 6.7. (°C)	Suma teplot pro 7.8. (°C)
1.	920,04	2786,26	2350,78	3374,07
2.	2418,24	2018,08	2554,33	2393,33
3.	2759,23	2341,29	3104,67	2453,83
4.	2672,77	2981,64	3140,3	2688,49
5.	1622,88	3509,38	3289,6	2998,1
6.	1750,76	3190,75	3236,34	3053,95
7.	2145,06	3514,15	3313,83	2117,89
Suma	14288,98	20341,55	20989,85	19079,66

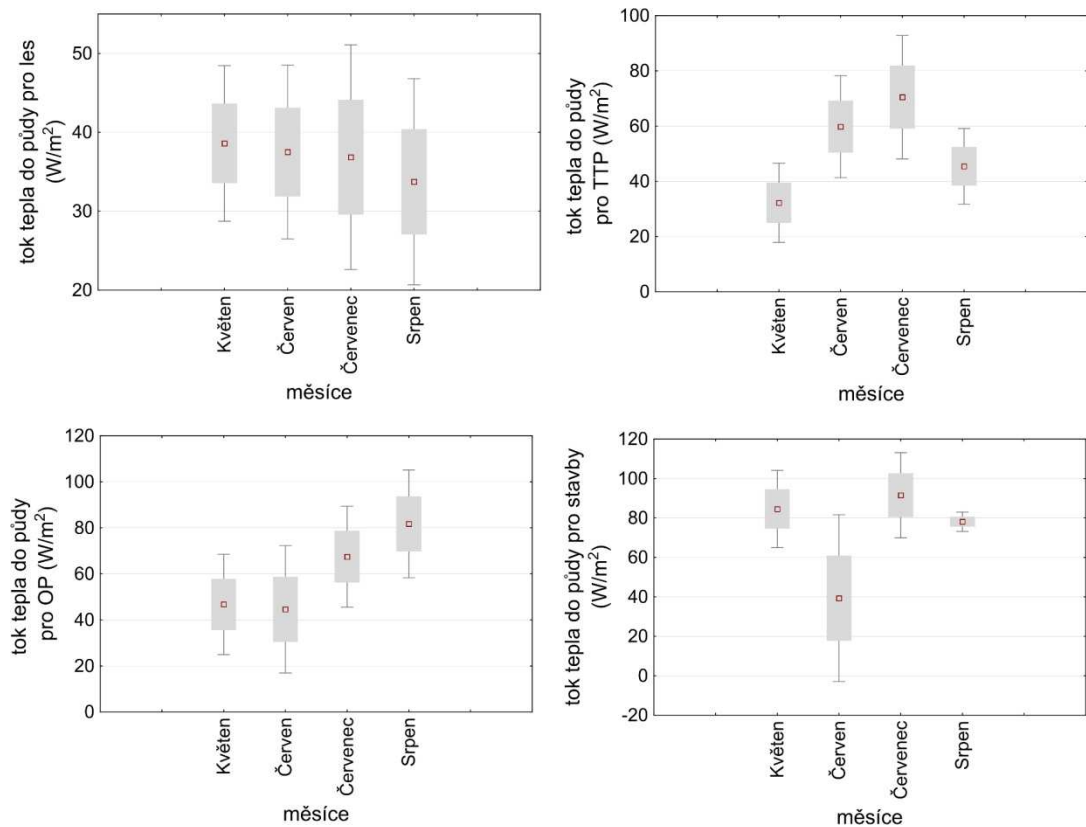
Z výsledků dále plyne, že funkční parametry povrchu se nejen liší mezi jednotlivými typy krajinného pokryvu, ale mění se i v průběhu vegetační sezóny.

Vegetační index (Obr. 9) pro les dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v srpnu a nejnižších hodnot v květnu. Pro TTP je vegetační index nejvyšší v květnu a nejnižších hodnot dosahuje v červenci. Pro ornou půdu dosahuje vegetační index nejvyšších hodnot v červnu a naopak nejnižších v srpnu. U staveb je vegetační index s výjimkou srpna poměrně stálý, největších hodnot dosahuje v srpnu a nejnižších v červenci.



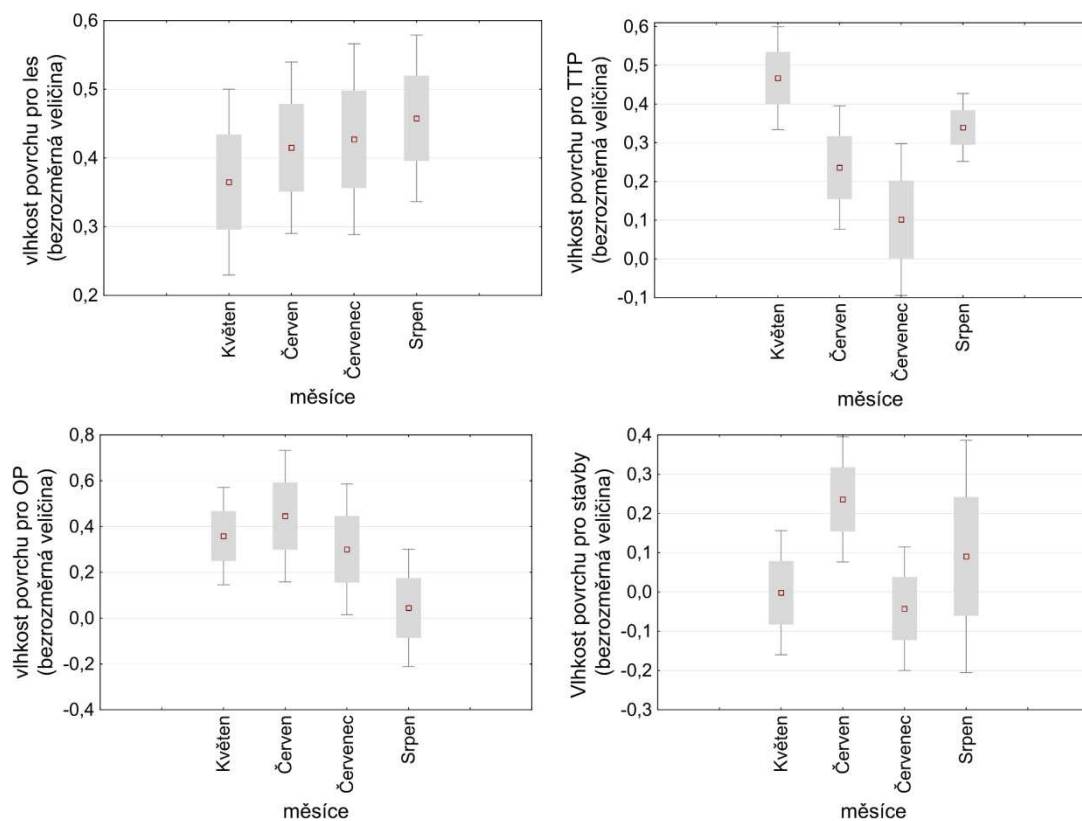
Obr. 9: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) množství vegetace pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017

Tok tepla do půdy (Obr. 10) pro les dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v květnu – kolem 38 W/m^2 a nejnižších hodnot v srpnu – kolem 34 W/m^2 . Pro TTP je tok tepla do půdy nejvyšší v červenci – kolem 70 W/m^2 a nejnižších hodnot dosahuje v měsíci květnu – kolem 30 W/m^2 . Pro ornou půdu dosahuje tok tepla do půdy nejvyšších hodnot v srpnu – kolem 80 W/m^2 a naopak nejnižších v červnu – kolem 45 W/m^2 . V zastavěném území je nejvyšší průměrný tok tepla do půdy v červenci – kolem 90 W/m^2 a nejnižší v červnu – kolem 40 W/m^2 .



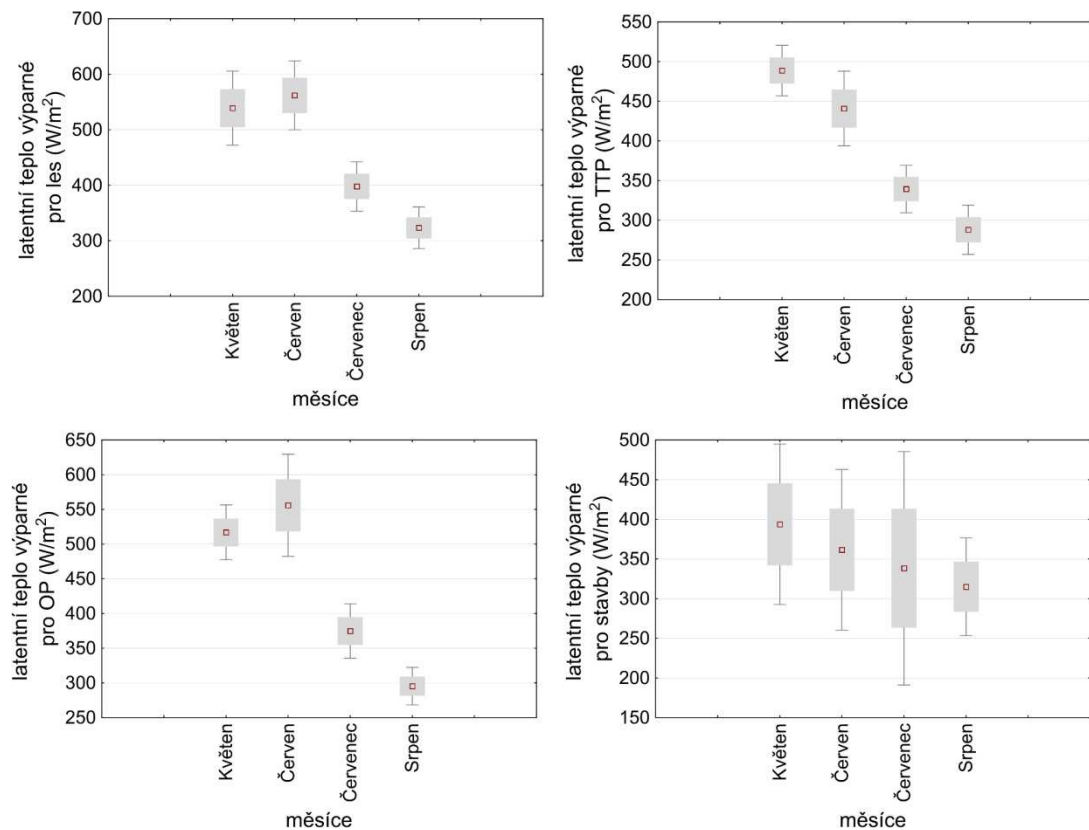
Obr. 10: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) toku tepla do půdy pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017

Vlhkost povrchu (Obr. 11) pro les dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v srpnu a nejnižších hodnot v květnu. Pro TTP je vlhkost povrchu nejvyšší v květnu a nejnižších hodnot dosahuje v měsíci červenci. Pro ornou půdu dosahuje vegetační index nejvyšších hodnot v červnu a naopak nejnižších v srpnu. U staveb je vlhkost povrchu nejvyšší v červnu a nejnižší v červenci.



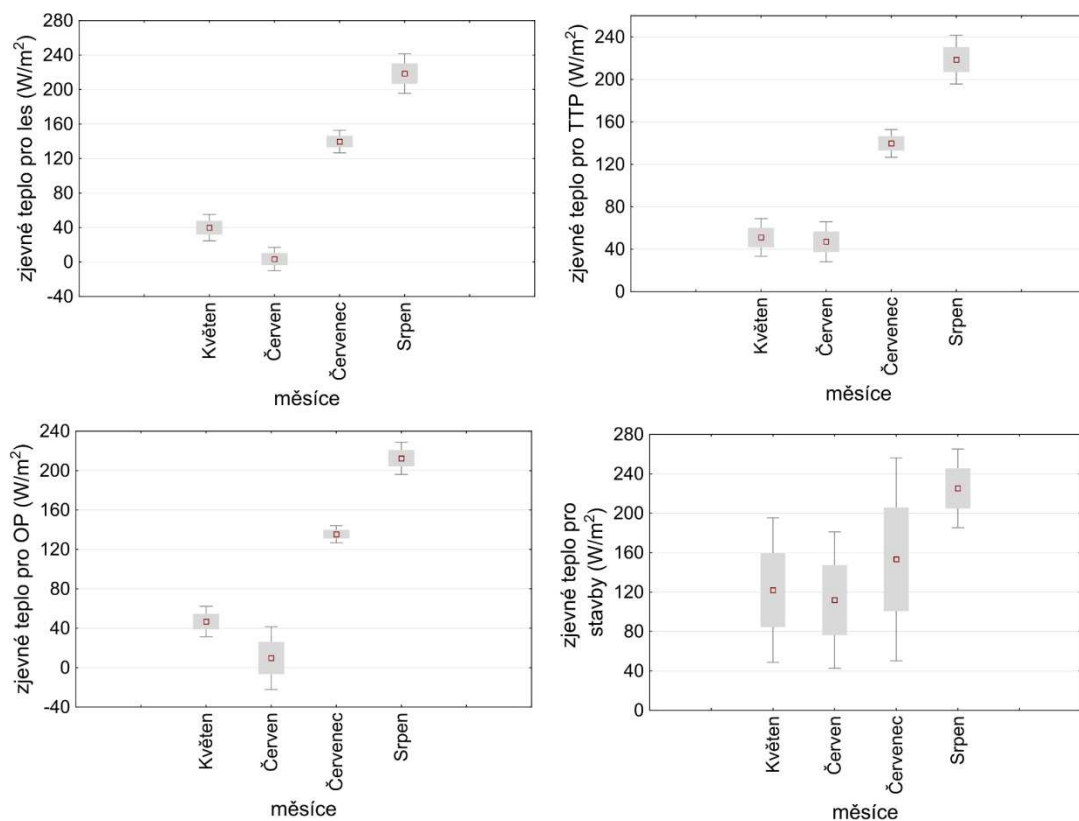
Obr. 11: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) vlhkosti povrchu pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017

Latentní teplo výparné (Obr. 12) pro les dosahuje nejvyšších průměrných hodnot červnu – kolem 560 W/m^2 a nejnižších hodnot v srpnu – kolem 325 W/m^2 . Pro TTP je latentní teplo výparné nejvyšší v květnu – kolem 490 W/m^2 a nejnižších hodnot dosahuje v měsíci srpen – kolem 290 W/m^2 . Pro ornou půdu dosahuje latentní teplo výparné nejvyšších hodnot v červnu – kolem 550 W/m^2 a naopak nejnižších v srpnu – kolem 290 W/m^2 . V zastavěném území je nejvyšší průměrné latentní teplo výparné v květnu – kolem 390 W/m^2 a nejnižší v srpnu – kolem 325 W/m^2 .



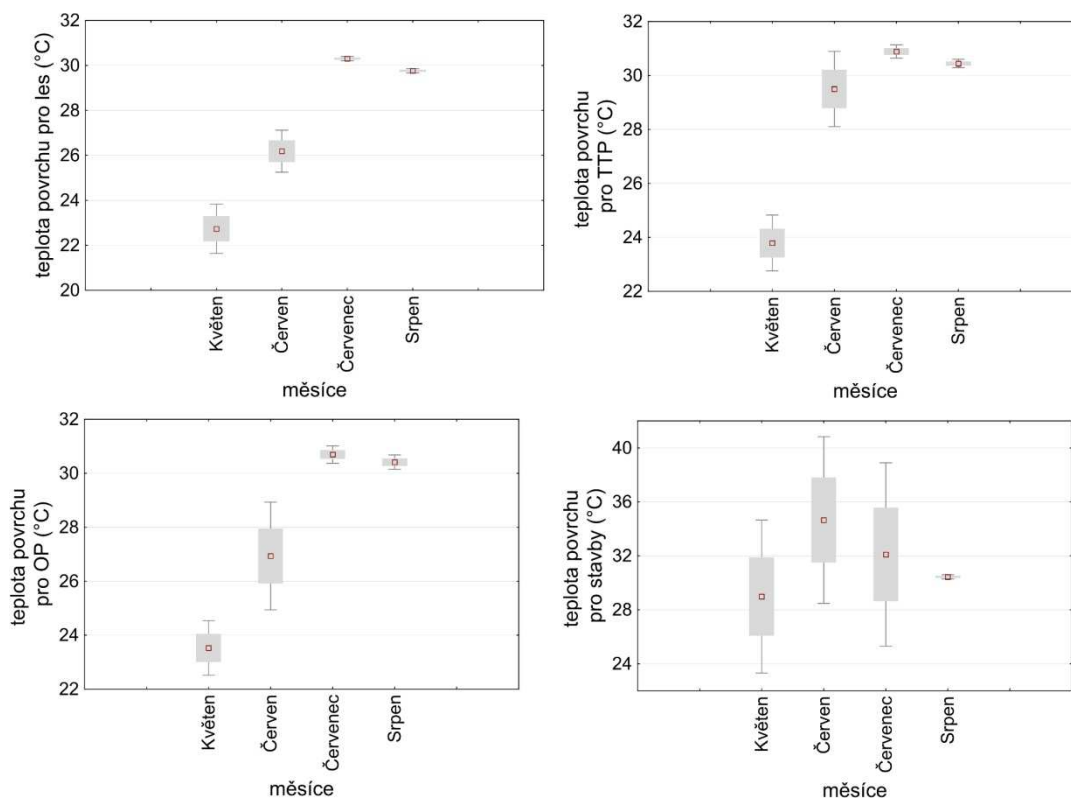
Obr. 12: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) latentního tepla výparného pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017

Zjevné teplo (Obr. 13) pro les dosahuje nejvyšších průměrných hodnot v srpnu – kolem 220 W/m^2 a nejnižších hodnot v červnu – kolem 0 W/m^2 . Pro TTP je zjevné teplo nejvyšší v srpnu – kolem 220 W/m^2 a nejnižších hodnot dosahuje v měsíci červen – kolem 50 W/m^2 . Pro ornou půdu dosahuje zjevné teplo nejvyšších průměrných hodnot v srpnu – kolem 210 W/m^2 a naopak nejnižších v červnu – kolem 10 W/m^2 . V zastavěném území je nejvyšší průměrné zjevné teplo v srpnu – kolem 230 W/m^2 a nejnižší v červnu – kolem 110 W/m^2 .



Obr. 13: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) zjevného tepla pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017

Teplota povrchu (Obr. 14) pro les dosahuje nejvyšších průměrných hodnot červenci – kolem 30°C a nejnižších hodnot v květnu – kolem 23°C. Pro TTP teplota povrchu nejvyšší v červenci – kolem 31°C a nejnižších hodnot dosahuje v měsíci květen – kolem 24°C. Pro ornou půdu dosahuje teplota povrchu nejvyšších průměrných hodnot v červenci – kolem 31°C a naopak nejnižších v květnu – kolem 23°C. U zastavěného území je průměrná teplota povrchu nejvyšší v červnu – kolem 34°C a nejnižší v květnu – kolem 29°C.



Obr. 14: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) teploty povrchu pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017

5. DISKUZE

5.1 Množství vegetace

Z výsledků plyne, že nejvíce vegetace je ve všech měsících (Obr. 5 až 8) na lesních pozemcích (případně v květnu na TTP), nejméně vegetace se pak nachází v zastavěném území – kromě srpna, kdy je nejméně vegetace u orné půdy. To vše je zjevně v souladu s reálným stavem. Lze navíc pozorovat, že na TTP se mezi květnem a červencem (Obr. 9) množství vegetace snižuje, díky dvěma pravidelným sečím. V srpnu po určité době nesečení, opět množství vegetace na TTP narostlo. Pro lesní pozemky, které nejsou ovlivňovány sečí a kde ve sledovaném období neproběhla žádná těžba naopak množství zelené biomasy v průběhu vegetační sezóny rovnoměrně roste. Na orné půdě dochází po vypěstování plodin a tedy počátečním růstu k jednorázovému náhlému odstranění vegetace, dobře tento vývoj ilustruje graf na Obr. 9 s velmi nízkou srpnovou hodnotou pro OP.

5.2 Tok tepla do půdy

S množstvím vegetace dobře koresponduje tok tepla do půdy. Vegetace izoluje půdu od průniku energie slunečního záření, s rostoucím množstvím vegetace se tedy tento tok snižuje (Migala *et al.*, 2014). S narůstajícím množstvím vegetace tak roste množství energie ze slunečního záření do jiných energetických toků (toku latentního tepla výparného a do toku zjevného tepla). To dobře ilustrují grafy na Obr. 1 až 4, kdy je vždy tok tepla do půdy nižší na plochách s větším množstvím vegetace a naopak. Též graf sezónního vývoje to potvrzuje. Dobře je to vidět u grafů vegetace a toku tepla do půdy pro kategorii OP (Obr. 9 a 10), kdy po počátečním nárůstu vegetace (květen – červen) tok tepla do půdy klesl, ale po odstranění vegetace (červenec, srpen) výrazně stoupl. Toto platí také pro les, kde s rostoucím množstvím vegetace (Obr. 9), naopak klesá množství toku tepla do půdy (Obr. 10).

5.3 Vlhkost povrchu

Vlhkost povrchu představuje stav, kdy mají povrchové vrstvy půdy a objektů na povrchu dostatek vody. Vegetace omezuje přímý rychlý odtok vody a příznivě tak působí na vlhkost povrchu. Odstranění vegetace má pak za následek opačný výsledek (Hesslerová *et Pokorný*, 2010), dochází k poklesu latentního tepla

výparného a více energie ze Slunce proudí také do toku tepla do půdy a toku zjevného tepla, což má za následek zvýšení teploty povrchu Země, jenž může vyústit až k přehřívání povrchu (Ripl, 2003). Toto je dobře vidět u měsíců květen – srpen (Obr. 5 – 8), kdy nejmenší vlhkost je u zastavěného území, kromě srpna, u něhož je nejmenší vlhkost u orné půdy z důvodu absence vegetace. Vlhkost povrchu se mění i v průběhu vegetační sezóny, v souladu s množstvím vegetace. Např. u TTP je největší vlhkost povrchu v květnu (Obr. 11), protože se zde nachází největší množství vegetace (Obr. 9) a naopak. Nejmenší vlhkost je v červenci, protože je po seči a vegetace je sklizena. V srpnu je také vlhkost povrchu TTP obecně vyšší i z důvodu vyšších srážek (Tab. 7) a nižších teplot (Tab. 8).

5.4 Tok latentního tepla výparného

Vlhkost povrchu a množství vegetace jsou podstatné pro výpar a latentní teplo výparné. Podstatnou úlohu v procesu přeměny sluneční energie hraje vegetace a to tak, že v procesu evapotranspirace využívá velkou část dopadajícího slunečního záření na výpar vody jako tzv. latentní teplo výparné (Monteith, 1975; Gates, 1980; Monteith et Unsworth, 1990; Jones, 1992). To je zřejmé z grafu latentního tepla výparného (Obr. 5 – 8), kdy v květnu – srpnu se nachází v lese velké množství vegetace a tak je zde největší latentní teplo výparné, naopak daleko méně vegetace se nachází u zastavěného území – zde je latentní teplo výparné nejmenší, kromě srpna – kdy je nejmenší u OP (tento jev – sklizeň – náhlé odstranění vegetace byl popsán již dříve). Teplota vzduchu a srážky před vznikem snímku jsou podstatné pro výpar a latentní teplo výparné, nejvíce srážek bylo před pořízením snímku 7.8. (Tab. 7), naopak nejméně před pořízením snímku 19.5. Největší teplota vzduchu byla před pořízením snímku 20.6. (Tab. 6) a naopak nejmenší před vznikem snímku 7.8. To vše zřejmě výraznou měrou ovlivnilo latentní teplo výparné. Z grafu (Obr. 12) vidíme, že latentní teplo výparné v průběhu léta klesá pro všechny typy krajinného pokryvu, přestože množství vegetace se u různých kategorií pokryvu mění. Zřejmě je to způsobeno tím, že bylo poměrně suché léto – viz suma srážek od května do července (Tab. 7). Vliv vegetace na latentní teplo výparné je však přesto pozorovatelný. Tam, kde totiž je množství vegetace velké, nebyl pokles latentního tepla výparného v průběhu suchého léta tak výrazný. Tak např. u lesa (Obr. 12) pokleslo množství latentního tepla výparného mezi červnem a srpnem z 560 W/m^2 na 330 W/m^2 (o 230 W/m^2), u TTP byl zaznamenán pokles

z 480 W/m^2 na 280 W/m^2 (o 200 W/m^2), ale u OP, kde byla vegetace odstraněna byl pokles hodnot největší a to z 560 W/m^2 na 285 W/m^2 (o 285 W/m^2). Z toho je vidět, že i přes nepříznivé podmínky v podobě sucha má vegetace schopnost dostupnou vlhkost z malého množství srážek, podržet v půdě proti odtoku a využít ji pro výpar. Zároveň je ovšem vidět, že nedostatek srážek funkční charakteristiky povrchu ovlivňuje nepříznivě.

5.5 Tok zjevného tepla

S nárůstem vegetace roste množství energie ze slunečního záření do toku latentního tepla výparného a naopak méně energie pak plyne do toku tepla do půdy a zjevného tepla, kterým dochází ke zvýšení vnitřní energie, potažmo teploty těles (*Pokorný, 2001*). Odstraněním vegetace dochází k eliminaci zmíněného efektu (*Hesslerová et Pokorný, 2010*). To pozorujeme na Obr. 5 – 8, kde u všech měsíců platí, že největší tok zjevného tepla se nacházel v zastavěném území, protože se zde nachází také nejméně vegetace, pokud nepočítáme drobnou vegetaci jako zahrady apod. Naopak nejmenší tok zjevného tepla můžeme pozorovat na místech s dostatečným množstvím vegetace, v měsících květen – červen (Obr. 5 – 6) se jednalo o lesy a v měsících červenec – srpen (Obr. 7 – 8) se jednalo o TTP. Obě tato místa spadají do popsané teorie, to znamená, že se zde nachází velké množství vegetace. Dobře jde vidět tento jev u OP – zejména ve vzájemném vztahu mezi latentním teplem výparným a zjevným teplem (Obr. 12 a 13). Zatímco roste tok latentního tepla výparného, klesá tok zjevného tepla a naopak když klesá tok latentního tepla výparného, dochází k růstu toku zjevného tepla. Velmi dobře je tento fakt patrný v meziměsíčním vývoji především u května a června (Obr. 5 a 6). Z těchto obrázků je patrný reverzní vztah mezi latentním teplem výparným a zjevným teplem, kdy je pokles latentního tepla výparného následován růstem zjevného tepla a naopak růst zjevného tepla následován poklesem latentního tepla výparného.

V měsíci srpnu je však tento vztah velmi nevýrazný. S poklesem latentního tepla výparného v porovnání mezi kategoriemi krajinného pokryvu klesá i teplo zjevné. Přitom u teploty povrchu jsou rozdíly mezi kategoriemi podle očekávání. Tento paradox lze vysvětlit výjimečnější meteorologickou situací v krátkém čase před pořízením snímku. Méně než 24 hodin před vznikem snímku spadlo v území velké

množství srážek – téměř 22 mm (Tab. 7). V době pořízení snímku navíc byla teplota vzduchu poměrně nízká (18,52 °C) a vlhkost vyšší (64,14 %) v porovnání s předchozími daty (Tab. 4). Nižší teplota vzduchu, velké množství vody v krajině a její výpar ze všech povrchů, nikoliv jen z transpirující vegetace mohly způsobit nivelizaci toků zjevného tepla u různých druhů krajinného pokryvu. Navíc při podrobnějším pohledu na graf teploty povrchu (Obr. 8) zjistíme, že hodnoty se mezi sebou sice výrazně liší, v absolutní míře jsou však rozdíly výrazně menší, než v měsících předchozích.

5.6 Teplota povrchu

Tok zjevného (pocitového) tepla zvyšuje vnitřní energii objektů na povrchu Země. Zvýšení vnitřní energie má pak v realitě za následek zvýšení jejich teploty (*Pokorný, 2001*). Tento fakt je dobře patrný v situacích z května a června (Obr. 5 a 6), protože pokud dochází ke zvýšení zjevného tepla, pak dochází ke zvýšení teploty povrchu. A platí to i naopak, pokud dochází ke snížení zjevného tepla, snižuje se teplota povrchu.

6. ZÁVĚR

Z celkových výsledků této práce plyne fakt, že velkou roli při energetické bilanci v krajině hraje vegetace. Můžeme si všimnout, že vegetace omezuje přímý rychlý odtok vody a příznivě tak působí na vlhkost povrchu. Dále vegetace svými izolačními schopnostmi omezuje tok tepla do půdy. Vegetace podporuje výpar a snižuje tak tok sluneční energie do zjevného tepla a přispívá k zamezení přehřívání prostředí. Podstatnou úlohu při energetické bilanci mají také srážky – respektive voda. Dostatek vody, který se při energetické bilanci projevuje vlhkostí povrchu je podstatný pro výpar a latentní teplo výparné. Srážky a teplota vzduchu – zejména před vznikem snímku výrazně ovlivňují výpar a latentní teplo výparné.

To vše v reálném světě slouží v mnoha oblastech. Z výsledků tedy vyplývá, že je důležité podporovat pěstování plodin či TTP, jelikož vegetace zamezuje například erozi půdy, vyplavování živin a následné eutrofizaci vodních toků či nádrží. Dále vegetace zadržuje vodu v krajině, přispívá tedy k zamezení povodní a udržuje celkově vhodné klima k hospodaření na pozemku. Nejde jen o klima k hospodaření, ale během horkých parných dnů dělá vegetace snesitelné klima také nejen pro člověka, ale i pro další ekosystémy na Zemi. Z výsledků můžeme také vyčíst fakt, že se musíme starat o vodu jako takovou vůbec. Protože bez vody by nebyl na Zemi možný život – podporuje přijatelné klima a opět by se bez ní neobešly žádné ekosystémy včetně zmíněné vegetace.

7. LITERATURA

- Aplin, P., Atkinson, P., M. Sub-pixel land cover mapping for per-field classification, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 22, Iss. 14, pp. 2853-2858, 2001.
- Arya, S., P., Introduction to Micrometeorology, 2nd edition, International Geophysics Series, Vol. 79, Academic Press, London, 2001.
- Bastiaanssen, W. ,G., M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey, *Journal of Hydrology*, Vol. 229, Iss. 1-2, pp. 87-100, 2000.
- Bastiaanssen, W., G., M., Menenti, M., Feddes, R., A., Holtslag, A., A., M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) – 1. Formulation, *Journal of Hydrology*, Vol. 212-213, pp. 198-212, 1998.
- Blaschke, T. Object based image analysis for remote sensing, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 65, Iss. 1, pp. 2-16, 2010.
- Bossard, M., Feranec, J., Ořahel, J. CORINE land cover technical guide – Addendum 2000: technical report No 40, Copenhagen: European Environment Agency, p.105, 2000.
- Braniš, M., Hůnová, I. Atmosféra a klima: Aktuální otázky znečištění ovzduší, s. 352, ISBN: 978-80-246-1598-1, Karolinum, Praha, 2009.
- Brom, J., Model pro prostorový výpočet energetické balance a vodního stresu vegetace “SEBCS 0.1”, Návod k použití, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 2013.
- Brom, J., Nedbal, V., Procházka, J., Pecharová, E. Changes in vegetation cover, moisture properties and surface temperature of a brown coal dump from 1984 to 2009 using satellite data analysis, *Ecological Engineering*, Vol. 43, pp. 45-52, 2012.
- Brutsaert, W., Evapotranspiration into the atmosphere, Theory, history and applications, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1982.
- Campbell, J., B. Introduction to Remote Sensing, 3rd ed. London: Taylor and Francis, p. 621, ISBN 978-041-5282-949, 2002.

- Conchedda, G., Durieux, L., Mayaux, P. An object-based method for mapping and change analysis in mangrove ecosystems, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 63, Iss.5, pp. 578-589, 2008.
- Dobrovolný, P. *Dálkový průzkum Země, digitální zpracování obrazu*, Brno: Masarykova univerzita Brno, Přírodovědecká fakulta, p. 210, ISBN 80-210-1812-7, 1998.
- Eiseltová, M., Pokorný, J., Hesslerová, P., Ripl, W. Evapotranspiration – A driving force in landscape sustainability. In: Irmak, A. (Ed.): *Evapotranspiration – Remote Sensing and Modeling*. Rijeka: InTech, pp. 305-328, 2012.
- Gao, B., NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment* 58, pp. 257-266, 1996.
- Gao, Z., Q., Liu, C., S., Gao, W., Chang, N., B. A coupled remote sensing and the Surface Energy Balance with Topography Algorithm (SEBTA) to estimate actual evapotranspiration over heterogeneous terrain, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 15, pp. 119-139, 2011.
- Gates, D., M., *Biophysical Ecology*, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 1980.
- Halounová, L., Petruchová, J., Junek, P. Analysis of reclaimed areas in the Northern Bohemia brown coal open cast mining areas monitored by remote sensing data using cartography tools and GIS, *WSEAS Transactions on Systems*, Vol. 4, Iss. 12, pp. 2431-2436, 2005.
- Hatfield, J., L., Gitelson, A., A., Schepers, J., S., Walthall, C., L. Application of Spectral Remote Sensing for Agronomic Decisions, *Agronomy Journal*, Vol. 100, Iss. 3 Suppl., p. 117-131., 2008.
- Hesslerová, P., Chmelová, I., Pokorný, J., Šulcová, J., Kröpfelová, L., Pechar, L. Surface temperature and hydrochemistry as indicators of land cover functions, *Ecological Engineering* 49, pp. 146-152, 2012.
- Hesslerová, P., Pokorný, J., Forest clearing, water loss, and land surface heating as development costs, *International Journal of Water*, Volume 5, No. 4, pp. 401-418, 2010.

- Huryna, H., Brom, J., Pokorný, J. The importance of wetlands in the energy balance of an agricultural landscape, *Wetlands Ecological Management* 22, pp. 363 – 381, 2014.
- Hutjes, R. W. A., Kabat, A., Running, S. W., Shuttleworth, W. J. Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle, *Journal of Hydrology* 1 – 21, pp. 212 – 213, 1998.
- Chander, G., Markham, B. L., Helder, D. L., Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors, *Remote Sensing of Environment* 113, pp. 893 – 903, 2009.
- Jensen, J., R. Remote sensing of the environment: an earth resource perspective, Prentice Hall series in geographic information science, Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, p. 544, ISBN 0-13-489733-1, 2000.
- Jin, S., Sader, S., Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances, *Remote Sensing of Environment* 94, pp. 364 – 372, 2005.
- Jones, H., G. Plants and microclimate, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1992.
- Kalma, J., D., Mcvicar, T., R., McCabe, M., F. Estimating Land Surface Evaporation: A Review of Methods Using Remotely Sensed Surface Temperature Data, *Surveys in Geophysics*, Vol. 29, Iss. 4-5, pp. 421-469, 2008.
- Kopačková, V., Rambousek, P. Vyhodnocení vlivu povrchové těžby v Sokolovské pánvi pomocí multispektrálních dat. In: Arcdata. 15. konference GIS ESRI a Leica Geosystems v ČR: sborník konference. 1.-2. listopadu 2006, Kongresové centrum Praha, Arcdata Praha, s.r.o., str. 92-97, 2006.
- Kravčík, M., Pokorný J., Kohutiar, J., Kováč, M., Tóth, E. Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma, s. 93, Košice: Municipalia, 2007.
- Křivancová, S., Vavruška, V., "Podnebí Novohradských hor [Climate of the Novohradské hory Mts. In Czech.]", *Krajina Novohradských hor, Fyzicko-geografické složky krajiny*, s.79-93, University of South Bohemia, České Budějovice, 2004.
- Kubeš, J., *Krajina Novohradských hor: Fyzicko-geografické složky krajiny*, Jihočeská univerzita v ČB, s.160, České Budějovice, 2004.

- Kučerová, A., Pokorný, J., Radoux, M., Němcová, M., Cadelli, D., Dušek, J. Evapotranspiration of small-scale constructed wetlands planted with ligneous species, pp. 413 – 427, 2001.
- Kulhavý, Z., Fučík, P., Tlapáková, L. Pracovní postupy eliminace negativních funkcí odvodňovacích zařízení v krajině pro podporu žadatelů o PBO v prioritních osách 1 a 6, Metodická příručka pro žadatele OPŽP, Praha: MŽP, VÚMOP, v.v.i., Hydroprojekt CZ, a.s., 2011.
- Kumar, L., Skidmore, A. K., Knowles, E., Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS environment, *International Journal of Geographical Information Science* 11, pp. 475 – 497, 1997.
- Lhomme, J. P., Elguero, E., Examination of evaporative fraction diurnal behaviour using a soil-vegetation model coupled with a mixed-layer model, *Hydrology and Earth System Science* 3, pp. 259 – 270, 1999.
- Lillesand, T., M., Kiefer, R.W., Chipman, J., W. Remote sensing and image interpretation, 6th ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, p.756, ISBN 978-0-470-05245-7, 2008.
- Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E., Moran, E. Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, Iss. 12, pp. 2365-2401, 2004.
- Mahfouf, J., F., Richard, E., Mascart, P. The influence of soil and vegetation on the development of mesoscale circulation, *Journal of Climate and Applied Meteorology* 26, pp. 1483-1495, 1987.
- Makarieva, A., M., Gorshkov, V., G. Biotic Pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 11, No. 2, pp. 1013-1033, 2007.
- Makarieva, A., M., Gorshkov, V., G. The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate, *International Journal of Water*, Volume 5, No. 4, pp. 365-385, 2010.
- Maurellis, A., Tennyson, J., The climatic effects of water vapour, *Physics World* 16, Vol.5, pp.29, 2003.

- McPherson, R., A. A review of vegetation – atmosphere interactions and their influences on mesoscale phenomena, *Progress in Physical Geography* 31, pp. 261-285, 2007.
- Migała, K., Wojtuń, B., Szymański, W., Muskała, P., Soil moisture and temperature variation under different types of tundra vegetation during the growing season: A case study from the Fuglebekken catchment 116, pp.10-18, *SW Spitsbergen, Catena*, 2014.
- Monteith, J., L. *Vegetation and the Atmosphere, Volume 1, Principles Academic Press, London, 1975.*
- Monteith, J., L., Unsworth, M. *Principles of Environmental Physics, 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1990.*
- Nedbal, V., Kobesová, M., Retence vody a látek, především uhlíku a dusíku, v horní části povodí řeky Stropnice, s.38, *České Budějovice*, 2016.
- Penman, H. L., Natural evaporation from open water, bare soil and grass, *Proceedings of the Royal Society A: Math. Phys.* 193, pp. 120 – 145, 1948.
- Pokorný, J. Dissipation of solar energy in landscape – controlled by management of water and vegetation, *Renewable Energy, Vol. 24, Iss. 3-4*, pp. 641-645, 2001.
- Pokorný, J., Brom, J., Čermák, J., Hesslerová, P., Huryna, H., Nadezhdina, N., Rejšková, A. Solar energy dissipation and temperature control by water and plants, *International Journal of Water, Vol. 5, No. 4*, pp. 311-336, 2010.
- Pokorný, J., Rejšková, A. Water cycle management, In: Jorgensen, S.E., Fath, B. (Eds.): *Encyclopedia of ecology, Vol. 5. Amsterdam: Elsevier*, pp. 3729-3737, 2008.
- Pokorný, J., Šíma, M., Rejšková, A., Brom, J. The role of vegetation in water cycling and energy dissipation. In: Hazell, P., Norris, D. (Eds.): *Proceedings of the 1st Natural Sequence Farming Workshop. Natural Sequence Farming: Defining the Science and the Practice. 31. October and 1. November 2006*, pp. 3-10, Australia, 2007.
- Procházka, J., Brom, J., Nedbal, V. Predikce funkčních parametrů povrchu krajiny pro vymezené území Dolů Nástup Tušimice v roce 2041, *Soubor specializovaných map s odborným obsahem*, 2012a.

- Procházka, J., Brom, J., Nedbal, V. Predikce funkčních parametrů povrchu krajiny pro vymezené území Doly Nástup Tušimice v roce 2059, Soubor specializovaných map s odborným obsahem, 2012b.
- Procházka, J., Brom, J., Nedbal, V., Šťastný, J., Novotná, K., Pechar, L. Hodnocení funkčních parametrů povrchu krajiny na územích zasažených povrchovou těžbou pomocí metod dálkového průzkumu Země, Certifikovaná metodika, Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s. r. o., str. 80, ISBN 978-80-7458-052-9, 2014.
- Procházka, J., Brom, J., Šťastný, J., Pecharová, E. The impact of vegetation cover on temperature and humidity properties in the reclaimed area of a brown coal dump, *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, Vol. 25, Iss. 4, pp. 350-366, 2011.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. *Fyziologie rostlin*, Academia, Praha, 1998.
- Přibáň, K., Ondok, J., P. Heat balance components and evapotranspiration from a sedge-grass marsh, *Folia Geobot, Phytotax* 20, p. 41, 1985.
- Ripl, W. Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: the energy-transport-reaction (ETR) model, *Ecological Modelling*, Vol. 78, Iss. 1-2, pp. 61-76, 1995.
- Ripl, W. Water: the bloodstream of the biosphere, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, Vol. 358, Iss. 1440, pp. 1921-1934, 2003.
- Rogan, J., Franklin, J., Stow, D., Miller, J., Woodcock, C., Roberts, D. Mapping land-cover modifications over large areas: A comparison of machine learning algorithms, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, Iss. 5, pp. 2272-2283, 2008.
- Schmidt, L., J., Langley Research Center DAAC, *Clouds in the Balance*, 2001.
- Schwartz, M., D., Karl, T., R. Spring phenology: nature's experiment to detect the effect of "green-up" on surface maximum temperatures, *Monthly Weather Review* 118, pp. 883-890, 1990.

- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Paolini, L., Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5, *Remote Sensing of Environment* 90, pp. 434 – 440, 2004.
- Tasumi, M., Allen, R. G., Trezza, R., At-surface Reflectance and Albedo from Satellite for Operational Calculation of Land Surface Energy Balance. *Journal of Hydrologic Engineering* 13, pp. 51 – 63, 2008.
- Tatem, A., J., Lewis, H., G., Atkinson, P., M., Nixon, M., S. Multiple-class land-cover mapping at the sub-pixel scale using a Hopfield neural network, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 3, Iss. 2, pp. 184-190, 2001.
- Tolasz, R., Atlas podnebí Česka, Český hydrometeorologický ústav, ISBN 978-80-86690-26-1, s. 255 Praha, 2007.
- Tucker, C. J., Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, *Remote Sensing of Environment* 8, pp. 127 – 150, 1979.
- Vinciková, H., Hais, M., Brom, J., Procházka, J., Pecharová, E. Use of remote sensing methods in studying agricultural landscapes – a review, *Journal of landscapes studies*, Vol. 3, Iss. 1, pp. 53-63, 2010.
- Zemek, F., Airborne remote sensing, Theory and practice in assessment of terrestrial ecosystems, Global Change Research Centre AS CR, Brno, 2014.
- Zhang, L., Wu, K., Zhong, Y., Li, P. A new sub-pixel mapping algorithm based on a BP neural network with an observation model, *Neurocomputing*, Vol. 71, Iss. 10-12, pp. 2046-2054, 2008.

Internetové zdroje

- CENIA – Česká informační agentura životního prostředí, dostupné z: www.cenia.cz/, staženo dne 1.7. 2017.
- CUZK – Český úřad zeměměřický a katastrální, dostupné z: www.cuzk.cz, staženo dne: 23.10.17.
- Dibavod – Digitální báze vodohospodářských dat – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, dostupné z: www.dibavod.cz/, staženo dne: 20.10.2017.

Národní geoportál INSPIRE, dostupné z: www.geoportal.gov.cz, staženo dne:
20.10.17.

USGS: United States Geological Survey, dostupné z : www.usgs.gov, staženo dne:
1.10.2017.

VÚMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, dostupné z: www.vumop.cz,
staženo dne: 30.10.17.

VUV – Výzkumný Ústav Vodohospodářský T. G. Masaryka, dostupné z:
www.vuv.cz, staženo dne: 24.10.17.

8. SEZNAM ZKRATEK

DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DPZ	dálkový průzkum Země
GIS	Geografický informační systém
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
OP	orná půda
TTP	trvalý travní porost
VÚMOP	výzkumný ústav meliorací a ochrany půd
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
ZABAGED	Základní báze geografických dat

9. SEZNAM ZKRATEK NÁZVŮ PŮDNÍCH TYPŮ (OBR. 4)

GL m	Glej modální
KA a´	Kambizem mesobazická
KA a´g´	Kambizem mesobazická slabě oglejená
KA d	Kambizem dystrická
KA d s	Kambizem dystrická rankerová
KA g a´	Kambizem oglejená mesobazická
KA g d	Kambizem oglejená dystrická
KA s a´	Kambizem tankerová mesobazická
KP g	Kryptopodzol oglejený
KP m	Kryptopodzol modální
PG k	Pseudoglej kambický
RN m	Ranker modální
RN t	Ranker litický
RN z	Ranker podzolový

10. SEZNAM PŘÍLOH OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obr. 1: Povodí Bedřichovského potoka	20
Obr. 2: Povodí Bedřichovského potoka – celé subpovodí Bedřichovského potoka IV. řádu podle databáze DIBAVOD	21
Obr. 3: Mapa krajinného pokryvu – povodí Bedřichovského potoka.....	22
Obr. 4: Půdní typy a povodí Bedřichovského potoka	24
Obr. 5: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci květnu 2017.....	34
Obr. 6: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci červnu 2017.....	35
Obr. 7: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci červenci 2017...	36
Obr. 8: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) funkčních parametrů povrchu krajiny (množství vegetace, vlhkost povrchu, teplota povrchu, tok latentního tepla výparného, zjevného tepla a tok tepla do půdy) pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka v měsíci srpnu 2017.....	37
Obr. 9: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) množství vegetace pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017	40
Obr. 10: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) toku tepla do půdy pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní	

porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017	41
Obr. 11: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) vlhkosti povrchu pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017	42
Obr. 12: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) latentního tepla výparného pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017	43
Obr. 13: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) zjevného tepla pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017	44
Obr. 14: Statistické hodnoty (průměr, kvartily a rozsah neodlehých hodnot) teploty povrchu pro jednotlivé typy krajinného pokryvu (lesy, trvalé travní porosty, ornou půdu, stavby) v povodí Bedřichovského potoka od května do srpna 2017	45

Seznam tabulek

Tab. 1: Změny rozlohy ploch Land Coveru v povodí Bedřichovského potoka.....	21
Tab. 2: Průměrný úhrn srážek 1951- 2000.....	22
Tab. 3: Průměrné roční teploty vzduchu v °C v povodí Bedřichovského potoka za období 1951 – 2000	23
Tab. 4: Průměrná četnost směru větrů v % porovnání (stanice Hojná Voda).....	23
Tab. 5: Charakteristika senzorů OLI a TIRS družice LANDSAT 8	26
Tab. 6: Meteorologické prvky, pozemně měřené v okamžiku vzniku satelitního snímku pro jednotlivé posuzované termíny (květen-srpen), pořízeny v 11:51 SELČ	38
Tab. 7: Suma srážek 7 dní před snímkováním pro termíny pořízení satelit. snímků. 38	
Tab. 8: Suma teplot 7 dní před snímkováním pro termíny pořízení satelit. snímků..	39