

Odborná zpráva projektu QK1910029 za rok 2019

Příloha průběžné zprávy projektu

Číslo projektu: QK1910029

Název projektu: Předchozí nasycenost a návrhové srážkové intenzity jako faktory

odtokové odezvy na malých povodích

Program: QK – Program aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017-2025, ZEMĚ

Podprogram: Podpora inovativního zemědělství a lesnictví prostřednictvím pokročilých postupů a technologií

Cíl podprogramu: Hlavním cílem podprogramu je získat prakticky využitelné poznatky pro zvýšení rentabilní zemědělské, lesnické a potravinářské produkce při zavedení adaptačních a zmírňujících opatření v reakci na změnu klimatu se zřetelem na zachování kvality přírodních zdrojů, surovin a životního prostředí a využití pokročilých postupů a technologií; zajištění zdravé a nutričně bohaté výživy populace pro kvalitní život. Dále je cílem zajištění nových poznatků pro rozvoj trvale udržitelného a konkurenceschopného zemědělství a lesnictví s ohledem na tvorbu, využívání a ochranu půdy a vodních zdrojů a podporu ekologické stability krajiny v návaznosti na prostředí EU a globalizaci, se zohledněním lokálních podmínek.

Doba řešení: 1. 1. 2019 - 31. 12. 2022

Hlavní příjemce: ČVUT v Praze (68407700)

Řešitel: Ing. Petr Kavka, Ph.D.

Další účastníci: Český hydrometeorologický ústav

Sweco Hydroprojekt a.s.

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.

Číslo smlouvy: 65070/2018-MZE-14152

Číslo jednací: 555-2018-14152

Řešitel: Ing. Petr Kavka, Ph.D.

.....

Praha, 2020



Organizace účastníci se projektu a řešitelský tým

České vysoké učení technické v Praze

Ing. Petr Kavka, Ph.D. – řešitel, klíčová osoba

Ing. Luděk Strouhal, Ph.D. – klíčová osoba

doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D. – klíčová osoba

Ing. Martin Neumann – klíčová osoba

Ing. Romana Kubínová – klíčová osoba

Ing. Martin Landa, Ph.D. – další osoba

Ing. Tomáš Janata, Ph.D. – další osoba

Ing. Lenka Weyskrabová, Ph.D. – další osoba

Ing. Adam Tejkl – další osoba

Český hydrometeorologický ústav

RNDr. Lenka Crhová – další řešitel, klíčová osoba

Mgr. Stanislava Kliegrová, Ph.D. – klíčová osoba

Ing. Pavel Lipina – klíčová osoba

RNDr. Anna Valeriánová – klíčová osoba

Mgr. Martin Pecha – klíčová osoba

Sweco Hydroprojekt a.s.

Ing. Martin Pavel – další řešitel, klíčová osoba

Ing. Libor Sychra – klíčová osoba

Ing. Lucie Brožová – další osoba

Ing. Jiří Bohůnek – další osoba

Ing. Jaroslav Blažek – další osoba

Ústavy fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.

RNDr. Marek Kašpar, Ph.D. – další řešitel, klíčová osoba

RNDr. Vojtěch Bližňák, Ph.D. – klíčová osoba

Bc. Filip Hulec – klíčová osoba

RNDr. Miloslav Müller, Ph.D. – klíčová osoba

RNDr. Petr Zacharov, Ph.D. – klíčová osoba

Obsah

1. Popis průběhu řešení projektu v uplynulém roce.....	3
1.1. Cíle projektu.....	3
1.2. Náklady za projekt celkem	3
1.3. Úvod k průběhu řešení v roce 2019	5
1.4. Shrnutí postupu v roce 2019	5
1.5. Aktivity v roce 2019.....	6
1.5.1. A1901 Seznámení odborné veřejnosti se zahájením projektu, jeho cíli a metodami k jejich dosažení.....	6
1.5.2. A1902 Adjustace radarových dat a výběr srážkových	7
1.5.3. A1903 Příprava meteorologických dat	12
1.5.4. A1904 Vymezení významných ploch malých povodí.....	16
1.5.5. A1905 Metodika experimentálního měření tvorby odtoku, využití DPZ a identifikace hydrologických podkladů pro matematické modelování.....	17
2. Dosažené výsledky	25
2.1. Popis uplatnění výsledků	26
3. Využití nákladů za jednotlivé příjemce	26
3.1. Využití nákladů za rok 2019	Chyba! Záložka není definována.
3.2. Plán využití nákladů na rok 2020	Chyba! Záložka není definována.
4. Uskutečněné zahraniční služební cesty	26
5. Řešitelský tým.....	26
6. Plánované aktivity na 2020	26
6.1. A2001 Frekvenční analýza adjustovaných radarových dat.....	27
6.2. A2002 Vyhodnocení a analýza pozemních měření srážkových úhrnů.....	27
6.3. A2003 Využitelnost družicových dat pro určení aktuálního stavu povodí.....	27
6.4. A2004 Klasifikace malých povodí.....	28
6.5. A2005 Experimentální měření a hydrologické modelování.....	28
7. Literatura.....	30
8. Přílohy	30

1. Popis průběhu řešení projektu v uplynulém roce

1.1. Cíle projektu

Cílem projektu je redukce nejistot při odvozování návrhových veličin při projektování a posuzování vodohospodářských opatření na drobných vodních tocích a v ploše povodí. Kombinací radarových a staničních dat budou odvozeny návrhové subdenní intenzity deště v ČR za celý rok i jednotlivé měsíce bezmrazového období. V návaznosti na předchozí projekt bude popsána sezónní a prostorová distribuce předchozích srážek, půdní vlhkosti a stav retenční kapacity území ve vztahu k průběhu a intenzitě srážky. Takto snížené nejistoty v návrhových veličinách budou ověřeny pomocí matematických modelů kalibrovaných na experimentálních výsledcích a měřených průtocích a budou využity pro definování rizika v malých povodích ČR a zdrojových plochách mimo tok.

Tabulka 1: Dílčí cíle projektu QK1910029

C001	Seznamování odborné veřejnosti s postupem prací a výsledky
C002	Návrhové intenzity krátkodobých srážek
C003	Úhrny srážek a nasycenost povodí před návrhovými srážkami
C004	Vymezení a kategorizace oblastí v ČR jako podklad hydrologického modelování při navrhování staveb v krajině.
C005	Kvantifikace nejistot odtokových odezev srážkových scénářů na základě pozorování, experimentů a hydrologického modelování

1.2. Náklady za projekt celkem

Náklady na projekt byly čerpány průběžně, došlo k podlimitním přesunům mezi jednotlivými kapitoly u jednotlivých řešitelů. Nevyčerpané prostředky jsou u hlavního řešitele ve výši 14171 Kč převedeny do FÚUP, u dalšího řešitele (ÚFA) jsou 38328,25 Kč rovněž převedeny do FÚUP. Vracení prostředků z projektu ve výši 788,69 Kč (další řešitel - ČHMÚ) bude realizováno na konci projektu. Náklady za projekt v roce 2019 za všechny účastníky projektu shrnuje následující tabulka.

Tabulka 2: Náklady za projekt v roce 2019

Celkem finanční vypořádání za projekt

	Uznané náklady dle smlouvy/dodatku; stav k 31.12.2019	Čerpané náklady dle smlouvy (mimo FÚUP)
Osobní náklady [Kč]	2 532 000,00	2 492 863,31
Subdodávky / služby [Kč]	0,00	0,00
Ostatní přímé náklady [Kč]	508 000,00	493 848,75
Další provozní + cestovné [Kč]	508 000,00	493 848,75
Nepřímé náklady / režie [Kč]	752 000,00	752 000,00
Náklady projektu celkem [Kč]	3 792 000,00	3 738 712,06
Míra podpory [%]	84,65	84,43
Výše podpory [Kč]	3 210 000,00	3 156 712,06
Neveřejné zdroje [Kč]	582 000,00	582 000,00
Zdroje celkem [Kč]	3 792 000,00	3 738 712,06

FÚUP (Fond účelově určených prostředků) - za projekt

Stav podpory ve FÚUP k (1.1.2019) [Kč]	0,00
Čerpání podpory z FÚUP v období 01.01.2019 - 31.12.2019 [Kč]	?
Osobní náklady [Kč]	0,00
Subdodávky / služby [Kč]	0,00
Ostatní přímé náklady [Kč]	0,00
Další provozní + cestovné [Kč]	0,00
Nepřímé náklady / režie [Kč]	0,00
Celkem [Kč]	0,00
Nejvyšší povolená částka podpory možného přesunu do FÚUP za období 01.01.2019 - 31.12.2019	53 287,94
Přesun podpory do FÚUP za období 01.01.2019 - 31.12.2019 [Kč]	52 499,25
Konečný stav podpory ve FÚUP (k 31.12.2019) [Kč]	52 499,25

Vrácení podpory za projekt za vykazovaný rok

Podpora za rok 2019 [Kč]	53 287,94
Převod prostředků do FÚUP za období 01.01.2019 - 31.12.2019	52 499,25
Výše vrácené podpory za vykazovaný rok [Kč]	788,69
Vráceno v průběhu roku na účet poskytovatele [Kč]	0,00
Zbývá vrátit [Kč]	788,69

Příjmy z projektu celkem

Částka celkem za projekt Kč 0,00

1.3. Úvod k průběhu řešení v roce 2019

Úvodní rok řešení projektu byl zaměřen především na přípravu a kompletaci vstupních dat. Ať už se jedná o adjustovaná radarová data, o výběr staničních dat nebo výběr vhodných měřených hydrologických dat pro pozdější validaci.

V rámci řešitelského kolektivu byla úzká vazba především mezi pracovištěm ČHMÚ a ÚFA z hlediska srážkových dat. Dále pak spolupráce mezi ČVUT v Praze a Sweco na vymezení malých povodí a při výběru dat pro jejich klasifikaci. Řešitelský kolektiv se jako celek sešel na dvou celoprojektových schůzkách, jednotlivá pracoviště pak v častějších intervalech dle potřeb řešení. Dílčí úkoly, které vyžadovaly vzájemnou komunikaci mezi jednotlivými částmi týmu, byly konzultovány mezi konkrétními osobami řešitelského kolektivu.

Drobné změny v řešitelském kolektivu neměly vliv na fungování týmu a odborné zajištění aktivit.

1.4. Shrnutí postupu v roce 2019

ČHMÚ

Na pracovišti ČHMÚ byla připravena vstupní radarová a staniční srážková data pro adjustaci radarových dat. Ve spolupráci s ÚFA zde byla poté provedena adjustace radarových dat s využitím softwaru vyvinutého na ÚFA. Na ČHMÚ dále probíhala příprava časových řad srážkových intenzit a vlhkosti půdy. U dat intenzit srážek (srážková data v 1-min nebo 15-min/10-min kroku měření) proběhla nejprve analýza dostupnosti a stavu těchto dat v klimatologické databázi ČHMÚ CLIDATA a vytipování cca 50 stanic s nejdelší dostupnou řadou po spojení dat měřených pomocí ombrografů a automatických srážkoměrů. U těchto stanic byla v databázi CLIDATA provedena logická kontrola nadlimitních maxim intenzit srážek z měření automatických srážkoměrů, v detekovaných případech byla provedena oprava (pokud bylo možné ji provést) či vymazání.

Dále byla u vybraných stanic započata příprava řad ročních a měsíčních maxim srážkových úhrnů pro různé délky trvání potřebných pro stanovení odhadů návrhových hodnot. Řady srážkových maxim byly zatím připraveny cca pro 10 stanic. Na těchto řadách byla studována možnost spojení datových sad ze dvou odlišných typů měření (ombrografem a automatickým srážkoměrem) a možnost použití 10minutových záznamů v analýzách krátkodobých úhrnů srážek různé délky trvání a výsledky prezentovány na konferencích.

ÚFA

Pracoviště ÚFA AV ČR se v prvním roce řešení především zabývalo činnostmi spojenými s aktivitou adjustace radarových dat staničními měřeními pro rozšířené období a území Česka. Ve spolupráci s ČHMÚ byla připravena vstupní radarová a srážkoměrná data a byl implementován a aplikován původní výpočetní software. Poté proběhla kontrola výsledných adjustovaných dat spolu se základním klimatologickým zpracováním získaných úhrnů srážek. Současně proběhla podrobná prostorová analýza průběhů intenzit subdenních silných dešťů na omezeném souboru dat s využitím výstupů získaných v rámci předchozího výzkumu. Závěrem byly započaty práce na detekci maxim úhrnů pro různé délky akumulace a průběhy intenzit pro účely plánované regionální frekvenční analýzy. Vybrané aspekty aplikované metodiky a dílčí výsledky byly prezentovány na dvou mezinárodních konferencích a jsou součástí připravovaného odborného článku do časopisu indexovaného ve Web of Science.

ČVUT v Praze

Pracoviště ČVUT v Praze zahájilo v prvním roce řešení činnosti především v aktivitě vymezení malých povodí. Dále ve spolupráci se Sweco zajišťovalo plošná data pro následnou kategorizaci povodí. Zároveň také byly zahájeny činnosti v revizi dat z dešťových simulací z hlediska odtokových odezev. Členové řešitelského kolektivu se také zapojili do probíhajících experimentálních měření. V neposlední řadě byla zahájena rešeršní činnost předzpracovaných družicových dat ESA a jejich využitelnosti z hlediska určování aktuální vlhkosti půdy.

Sweco Hydroprojekt a.s.

Pracoviště Sweco Hydroprojekt se podílelo ve spolupráci s ČVUT v Praze na vymezení malých povodí. Dále v rámci aktivit členové týmu připravovali a vyhodnocovali celorepubliková data (využití území, lesní půda), která budou dále využita pro klasifikaci malých povodí.

1.5. Aktivity v roce 2019

Plánované aktivity na rok 2019 se podařilo úspěšně zahájit. Některé aktivity jsou déletrvající a budou ukončeny v následujících obdobích řešení projektu. Větší váhu měli aktivity spojené se srážkovými daty, které je třeba řešit dříve než navazující modelování. Dle plánu projektu byla činnost v roce 2019 rozdělena do pěti aktivit ve vazbě na jednotlivé dílčí cíle řešení projektu. Předpokládanými výsledky projektu byla tato průběžná zpráva a příspěvek na konferenci, který by seznámil odbornou veřejnost se záměry projektu.

Aktivity v roce 2019 a návaznosti na cíle viz tabulka 1:

- A1901 Seznámení odborné veřejnosti se zahájením projektu, jeho cíli a metodami k jejich dosažení (C1),
- A1902 Adjustace radarových dat a výběr srážkových maxim (C2 a C3),
- A1903 Příprava meteorologických dat (C2 a C3),
- A1904 Vymezení významných ploch malých povodí (C4),
- A1905 Metodika experimentálního měření tvorby odtoku, využití DPZ a identifikace hydrologických podkladů pro matematické modelování (C3 a C5).

1.5.1. A1901 Seznámení odborné veřejnosti se zahájením projektu, jeho cíli a metodami k jejich dosažení

O zahájení a cílech projektu byla veřejnost seznámena prostřednictvím příspěvků na konferenci Hydrologie, GIS a životní prostředí 2019 a článku v časopise Pozemkové úpravy. Publikace v odborném časopise zaměřeném na pozemkové úpravy cílí na skupinu, do které patří krajinní inženýři, projektanti pozemkových úprav, tvůrci hydrologických studií úprav v ploše povodí a v neposlední řadě úředníci SPÚ. Ti společně tvoří cílovou skupinu uživatelů hydrologických modelů, jakožto nástroje navrhování drobných staveb v krajině, pro které jsou klíčové návrhové srážky a stav předchozího nasycení.

Dílčí metody dosažení cílů projektu byly představeny na mezinárodních konferencích „39th International Conference on Radar Meteorology“ a „12th International Precipitation Conference“. Průběžné výsledky zpracování staničních dat intenzit srážek potřebné k dosažení cílů projektu byly prezentovány na mezinárodních konferencích „14th International Meeting on Statistical Climatology“ a „EMS Annual Meeting 2019“.

1.5.2. A1902 Adjustace radarových dat a výběr srážkových

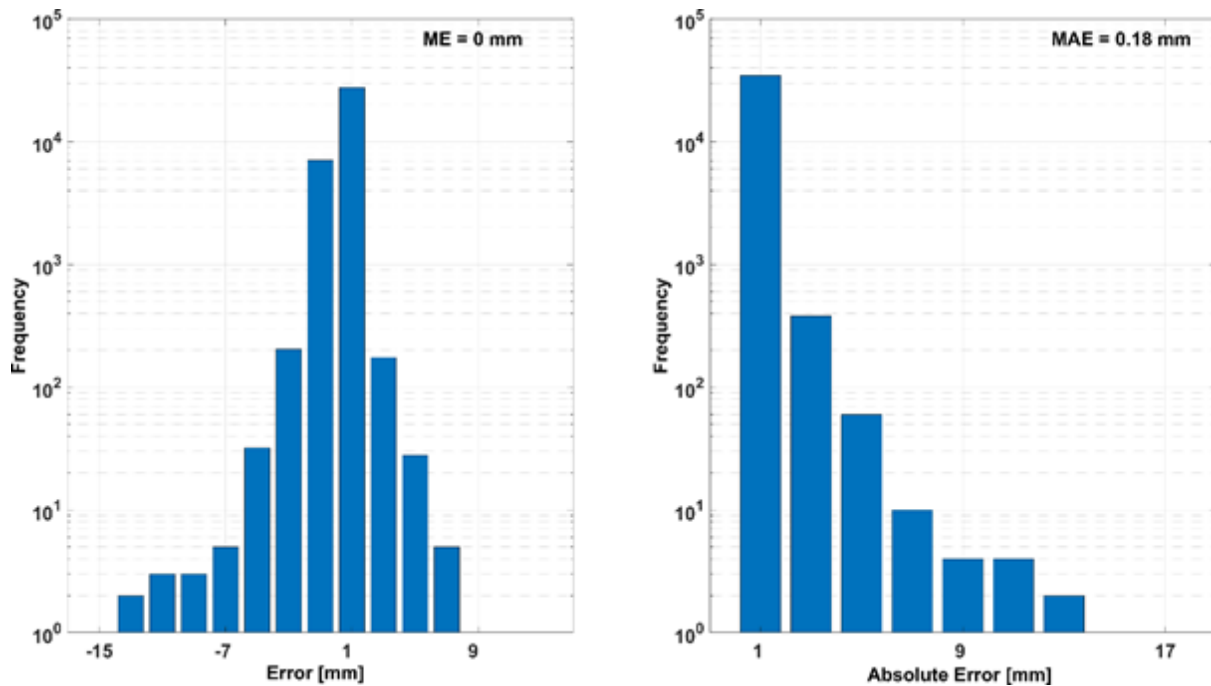
Vybrané aspekty aplikované metodiky a dílčí výsledky spojené s touto aktivitou byly prezentovány na dvou mezinárodních konferencích: (i) „39th International Conference on Radar Meteorology“ v příspěvku „Radar-derived climatology of precipitation intensities in Czechia: improvement due to daily totals from rain gauges“ a (ii) „12th International Precipitation Conference“ v příspěvku „Spatial analysis of sub-daily rainfall time structure variability“ (viz též část 2 a přiložené separáty).

Tvorba časových řad adjustovaných intenzit srážek

Stěžejním úkolem v prvním roce řešení byla tvorba časových řad intenzit srážek ve vysokém časovém a prostorovém rozlišení na území Česka. V dalších fázích řešení projektu jsou tyto řady klíčové mimo jiné pro zamýšlenou regionální frekvenční analýzu úhrnů a variant průběhů krátkodobých srážek a kvantitativní analýzu předchozího nasycení půdy vláhou před srážkově významnými událostmi. Získané unikátní řady pokrývají v souladu s návrhem projektu bezmrazová období od dubna do října mezi roky 2002 a 2018 s časovým rozlišením 10 min. a území Česka a jeho dvoukilometrové okolí s prostorovým rozlišením 1 km (celkem 82 737 pixelů).

Při tvorbě řad byla aplikována synergická metoda využívající jako vstup intenzity srážek odvozené z dat radiolokační odrazivosti pseudo-CAPPI 2 km (Novák a Kráčmar, 2002) a naměřené denní úhrny srážek v rámci sítě srážkoměrných stanic provozovaných ČHMÚ. Metoda tak spojuje výhody vysokého časoprostorového rozlišení radarových dat a přesného bodového měření na stanicích. Vstupní radarová a srážkoměrná data byla nejprve podrobena pečlivé kontrole a v případě nutnosti byla též provedena jejich korekce. Samotná metoda využívá adjustační algoritmus navržený a validovaný v práci Sokol (2003). Algoritmus nejdříve plošně koriguje denní úhrny odvozené z radarových dat tak, aby jejich suma v pixelech, které svou polohou odpovídají stanicím, odpovídala sumě denních úhrnů naměřených na stanicích. Takto korigované denní úhrny poté adjustuje v jednotlivých pixelech úhrny naměřenými na nejbližších stanicích se započtením proměnných vah podle vzdálenosti vstupujících stanic. Nakonec získané adjustované denní úhrny rozděluje do 10-min intenzit podle průběhu radiolokační odrazivosti.

Výsledná adjustovaná radarová data byla podrobena vizuální kontrole. Bylo zjištěno několik artefaktů v řádově desítkách pixelů (např. nereálně vysoké hodnoty úhrnů srážek v oblasti Krušných hor a kolem radarů), které byly odstraněny interpolací hodnot z okolních pixelů. Nezanedbatelným artefaktem bylo též rušení signálem Wi-Fi. Částečně byly tyto artefakty projevující se kruhovými výsečemi zvýšených intenzit srážek objektivně odstraněny již v průběhu přípravy radarových dat, nejúčinněji pak ke konci studovaného období, pro které mohla být využita polarimetrická měření. Problém se podařilo též vyřešit v případech mimo výskyt srážky. V ostatních případech bylo rozhodnuto, že se bude vliv tohoto rušení na přesnost dat posuzovat pouze v konkrétních termínech (např. výskytu maxim). Výsledky kontroly ukázaly poměrně vysokou kvalitu adjustovaných dat pro všechny délky akumulace úhrnů (viz příklad pro denní úhrny na Obr. 1). Větší chyby byly zpravidla detekovány v případech velkých gradientů v poli radiolokační odrazivosti.



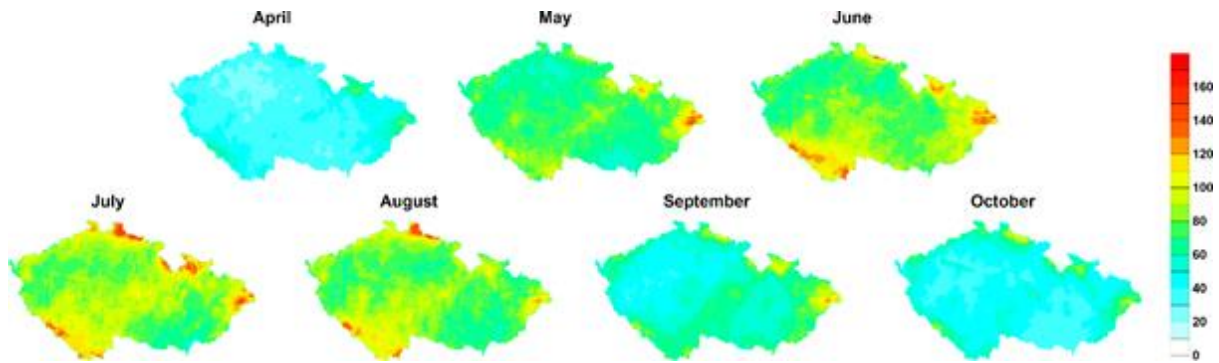
Obrázek 1: Četnost rozdílů (vlevo) a absolutních rozdílů (vpravo) mezi adjustovaným denním úhrnem srážek a úhrnem naměřeným na srážkoměrné stanici ve staničních pixelech pro období 48 dní v roce 2002. Hodnota v pravém horním rohu každého panelu představuje průměrnou hodnotu rozdílů.

Klimatologie adjustovaných úhrnů srážek

Prostřednictvím základního klimatologického zpracování adjustovaných úhrnů srážek bylo přikročeno k jejich pokročilejší validaci a přípravě podkladů pro regionální frekvenční analýzu. Pro tyto účely byly adjustované 10-min. intenzity srážek akumulovány v jednotlivých 1x1 km pixelech do klouzavých úhrnů srážek za 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 6, 12 a 24 hodin.

Pro každou uvažovanou dobu akumulace a jednotlivé roky období 2002 až 2018 byla detekována roční a měsíční dubnová až říjnová maxima úhrnů. Významnější 6-hod. srážkové epizody byly dále rozřazeny do 6 variant s ohledem na časový průběh intenzit, a to podle původního koncepčního modelu, který se opírá o celkem 6 zobecněných hyetogramů typických pro Česko (Müller a kol., 2018). Pro stanovení příslušnosti dané epizody k určité variantě bylo nejdříve nutné pro tuto epizodu spočítat 3 tzv. poločasové indexy koncentrace vyjadřující komplexně míru koncentrace srážkové činnosti během odpovídající 6 hod. periody. Každý hyetogram je zároveň popsán vlastními středními hodnotami indexů a jejich rozptylem. Daná epizoda byla poté zařazena do příslušné varianty podle toho, ke kterému hyetogramu měla svým průběhem nejbližší. Kritériem blízkosti byla normovaná vzdálenost v 3-dim. prostoru popsaném kartézskou soustavou souřadnic, kde jednotlivé souřadnice odpovídají jednotlivým indexům. Činnosti spojené s touto dílčí aktivitou budou pokračovat i v následujícím roce řešení.

Pro různé délky akumulace včetně měsíčních a sezónních úhrnů byly spočteny další základní klimatologické charakteristiky (viz příklad pro průměrné měsíční úhrny na Obr. 2). Ve všech měsících bezmrazového období je evidentní růst úhrnů s nadmořskou výškou, který je nejvýraznější v letních měsících. Krátkodobé srážky s vysokou intenzitou mají zpravidla náhodnou prostorovou distribuci bez ohledu na nadmořskou výšku. Výsledky jsou tak v souladu s již publikovanými studiemi (Tolasz a kol., 2007; Sokol a Bližňák, 2009).

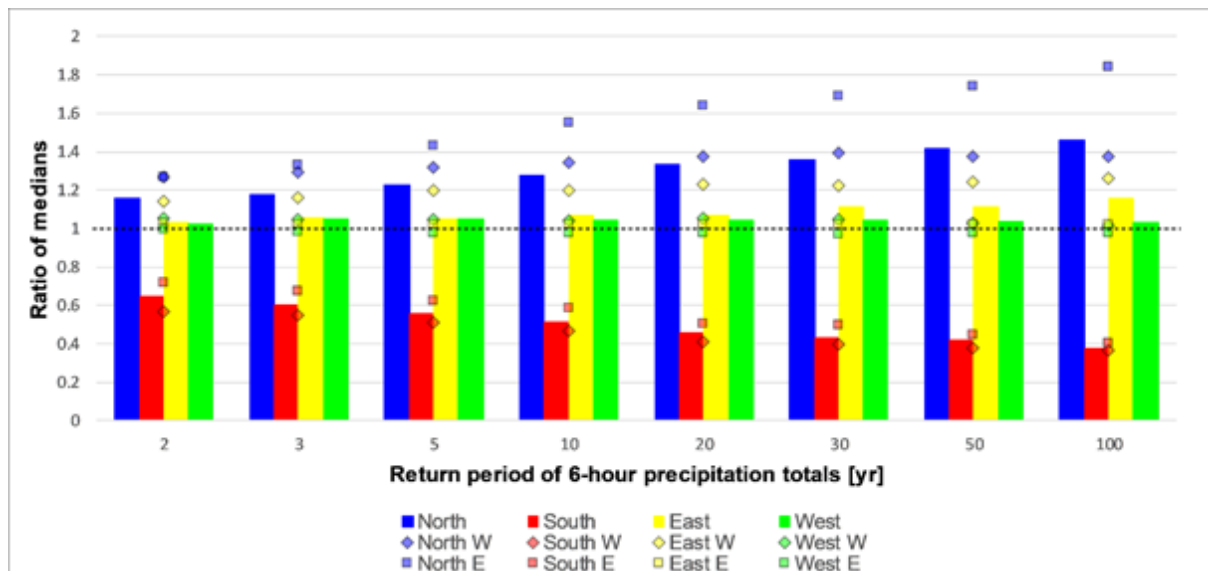


Obrázek 2: Průměrné adjustované měsíční úhrny srážek [mm] v bezmrazovém období mezi roky 2002 a 2018 opravené o případná chybějící měření podle (Fairman a kol., 2015).

Prostorová analýza průběhů adjustovaných intenzit srážek

V prvním roce řešení se též naskytla příležitost pokročilejší validace použitých a plánovaných metodických postupů na omezeném období a s využitím souboru prvních, přibližných odhadů parametrů extrémních hodnot získaných v rámci předchozího výzkumu. Pro tyto účely byla provedena prostorová analýza četností jednotlivých variant průběhů extrémních srážkových epizod na území Česka s rozlišením 1 km. Četnost byla kvantifikována v závislosti na extremitě srážek a topografii i se zahrnutím příčných cirkulačních podmínek. Shrnutí metodických postupů lze nalézt v příložených separátech konferenčních příspěvků.

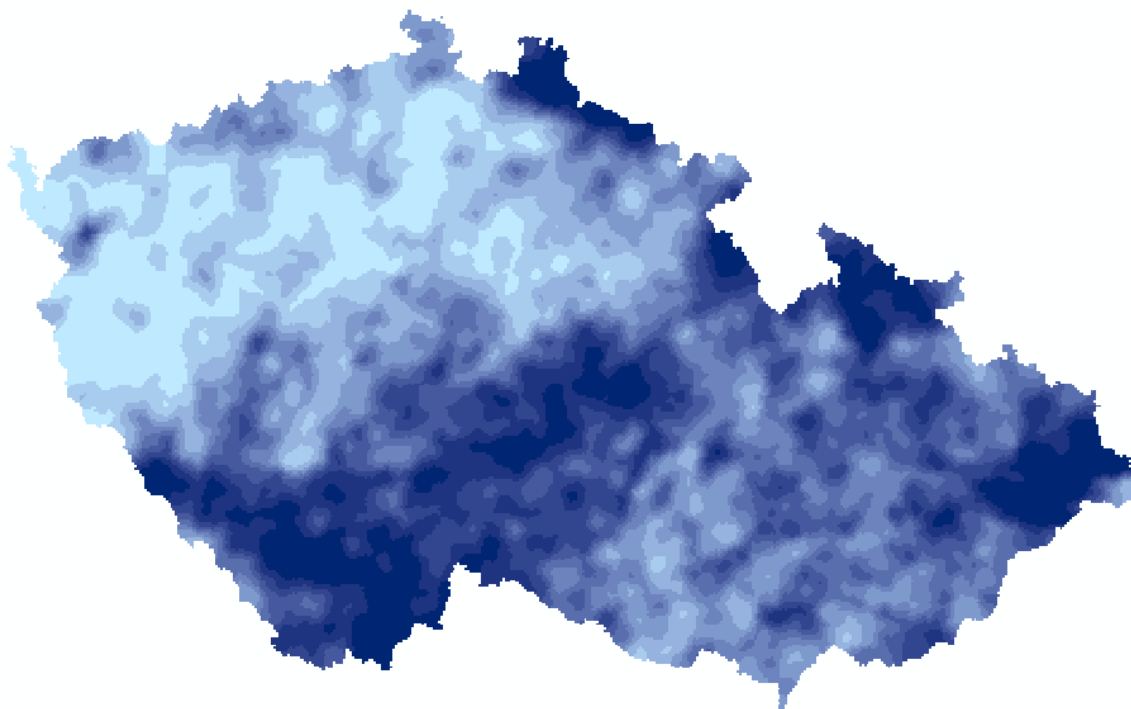
Bylo ukázáno, že prostorová heterogenita v poli četností variant průběhů je významně ovlivněna topografií a je výraznější pro delší doby opakování úhrnů. Jednotlivé varianty jsou relativně stejně časté v nížinách. Naopak na horách mezi vysokými úhrny dominují trvalé (6-hod. a delší) často velkoprostorové srážky s málo proměnnou intenzitou, a to zejména na severních a východních návětrných svazích (Obr. 3), což je v souladu s typickými příčinnými cirkulačními podmínkami (Kašpar a kol., 2010).



Obrázek 3: Poměr mediánů četností varianty s trvalými srážkami mezi svahy s danou orientací a ostatními svahy v pixelech s průměrnou nadmořskou výškou nad 900 m. Označení W, resp. E odpovídá západní, resp. východní polovině Česka.

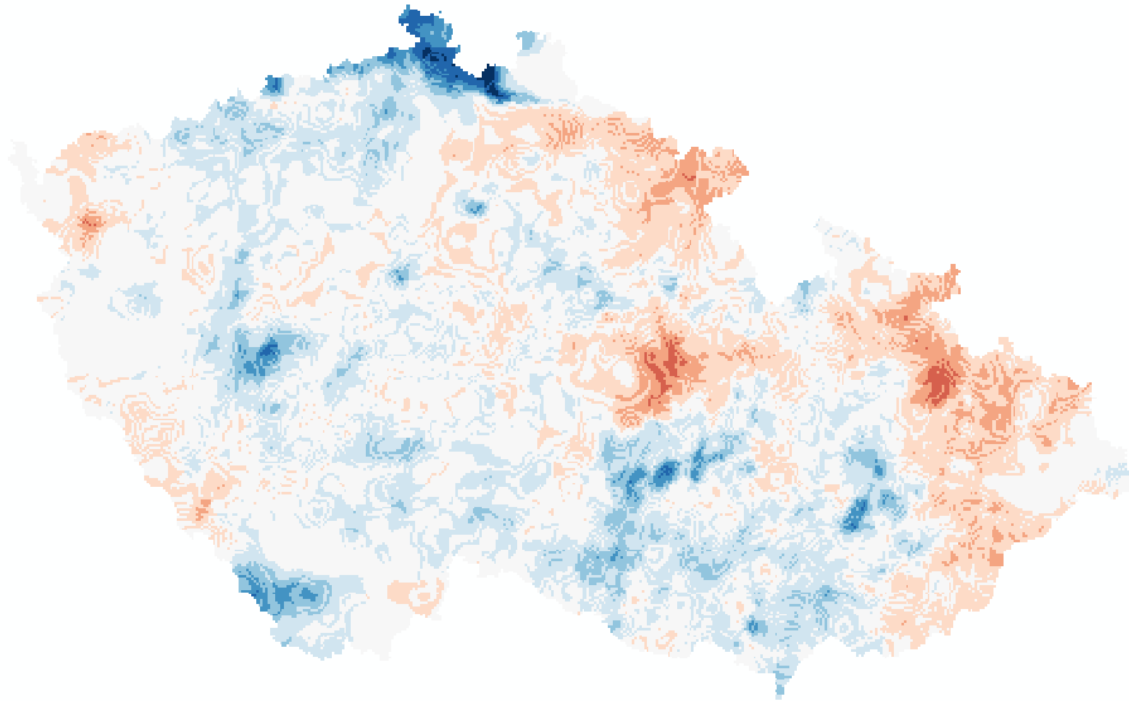
Součástí analýz variability srážek byly sledovány rozdíly úhrnů šestihodinových srážek různých dob opakování. Cílem bylo sledovat zadli jsou v rámci ČR oblasti, kde vývoj úhrnů srážek neroste lineárně s dobou opakování. Analýza byla provedena na datasetu srážek

odvozených v předcházejícím projektu. Aby bylo možné vzájemně porovnávat různé doby opakování, byla provedena normalizace rastrů pro jednotlivé doby opakování (2 roky až 100 let). Každý normovaný rastr s úhrny byl klasifikován do decilů (viz Obr. 4)



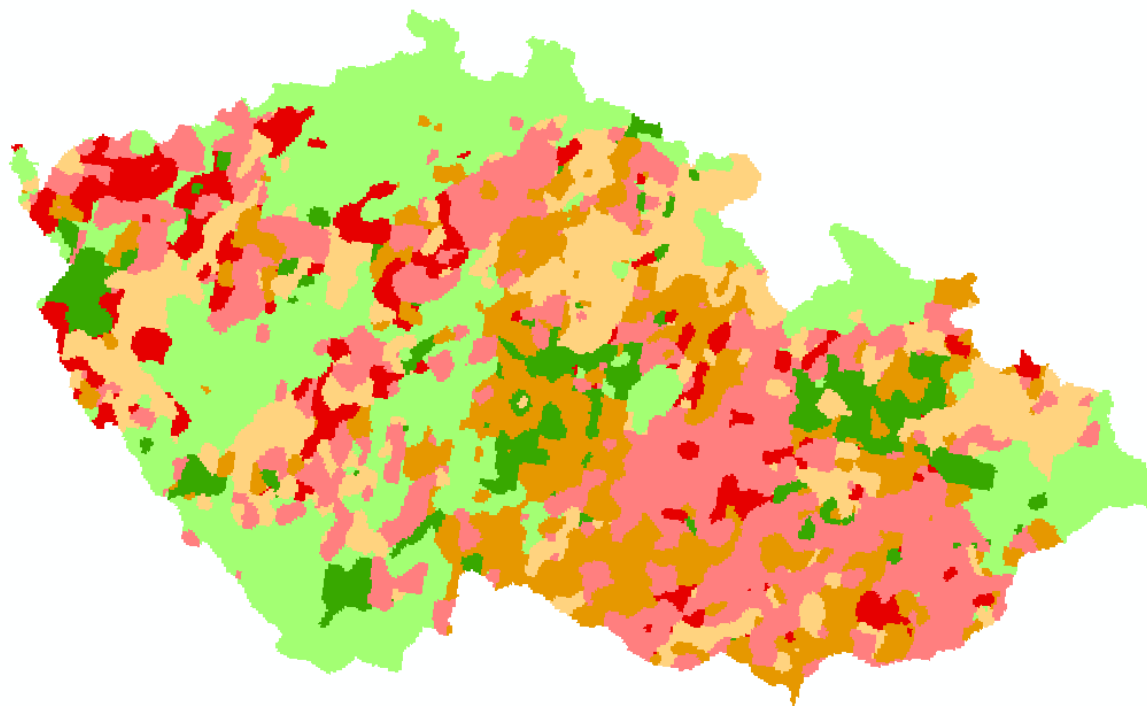
Obrázek 4: Reklasifikovaný rastr úhrnů návrhových srážek do decilů

Poté byla provedena analýza rozdílnosti příslušnosti k decilům pro jednotlivé doby opakování. Největší rozdíly je možné samozřejmě sledovat u 2-letého a 100-letého opakování. Na Obr. 5 je možné vidět zobrazené rozdíly. Modrou barvou jsou zobrazena místa, kde jsou úhrny pro 2-leté opakování v nižších decilech než pro 100-leté opakování (např. Lužické hory, Lipensko, Haná, Brdy). Což znamená, že v těchto oblastech se zvyšující se dobou opakování srážky dochází k většímu nárůstu intenzity deště. Naopak, červenou barvou jsou zobrazena místa, kde jsou úhrny pro 2-leté opakování ve vyšších decilech než pro 100-leté opakování (např. Žďárské vrchy, Nízký Jeseník, Broumovsko), což jsou lokality, kde se zvyšující se dobou opakování neroste intenzita srážky stejně. Tato místa budou dále sledována a bude provedena detailnější analýza těchto rozdílů.



Obrázek 5: Rozdílnost příslušnosti k decilům pro 2-leté a 100-leté doby opakování

Pro zastoupení jednotlivých typů srážek jsme vytvořili mapy areálových metod, kde byly vyznačeny převládající typy srážek (vždy typ srážky s největší pravděpodobností). Tyto mapy byly vytvořeny pro všechny doby opakování (od 2 let do 100 let). I v těchto mapách je možné pozorovat rozdíly v závislosti na dobách opakování. Byly tedy analyzovány rozdíly nejpravděpodobnějších typů srážek. Tato problematika bude ještě dále zkoumána, a to nejen na úrovni nejpravděpodobnějšího typu srážky, ale i přímo na úrovni pravděpodobností všech typů srážek v daném místě.



Obrázek 6: Převládající typ srážky

Srážková rastrová data, se kterými se doposud pracuje, jsou v s prostorovým rozlišením 1km. Při kombinaci různých zdrojů dat je třeba dbát na správně definované a kompatibilní souřadnicové systémy. Pro radarová data je situace souřadnicových systému specifická. Jejich vznik je vázán na měření radarů s bodovým centrem. Všechny výpočty jsou pak prováděny v gnómonické projekci (jedno z kartografických zobrazení) s centrem v bodě radaru. Zemský elipsoid je zde pro jednodušší výpočty aproximován koulí. Běžně jsou v kartografických projekcích využívány vhodnější aproximace například elipsoidem. Standardními kartografickými zobrazeními používanými na našem území jsou především S-JTSK, UTM a WGS84. V projektu jsme analyzovali vliv použití kartografického zobrazení na kouli oproti běžně používaným zobrazovacím systémům. V prostorovém rozlišení 1km není vliv tohoto zobrazení tak významný. Byť na okrajích území může dojít k posunu o 1 pixel. Pro potřeby projektu, kde jsou data agregována do jednotlivých tříd a jednotlivé pixely nejsou hodnoceny samostatně, je vliv použití méně vhodného zobrazení menší. Nic méně, pokud by data byla měřena a zpracovávána v podrobnějším měřítku, bylo by nutné řešit transformaci souřadnic do některého z referenčních souřadnicových systémů.

1.5.3. A1903 Příprava meteorologických dat

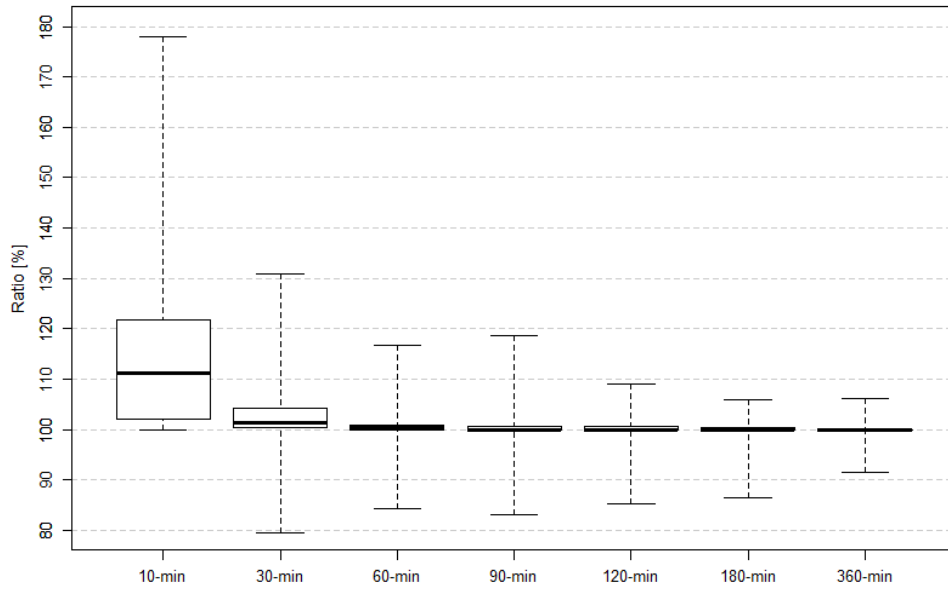
Data intenzit srážek (srážková data v 1-min či 15-min/10-min kroku měření) jsou dostupná v databázi CLIDATA (ČHMÚ) z dvojího typu měření, a to digitalizovaná data naměřená klasickými ombrografy a data z měření automatickými srážkoměry. Postupná automatizace staniční sítě ČHMÚ probíhá od konce 90. let minulého století, pro měření intenzity srážek a úhrnu srážek byly využívány nejdříve člunkové srážkoměry, postupně byly do sítě osazeny také srážkoměry váhové. Data intenzit srážek z automatických srážkoměrů nebyla do roku 2018 systematicky opravována a doplňována.

Nejprve byla provedena analýza dostupnosti a stavu dat jak z měření ombrografů tak automatických srážkoměrů. Následně bylo vytipováno cca 50 stanic s nejdelší dostupnou řadou intenzit srážek, tj. s řadou měření alespoň 32 let v období 1951-2018, po spojení dat z ombrografů a automatů. V návaznosti na tuto činnost byly odstraněny zjištěné chyby v záznamech ombrografických dat v databázi CLIDATA vzniklé nesprávným importem dat do databáze. U vybraných stanic v databázi CLIDATA byla provedena přednostní kontrola a případná oprava či vymazání nadlimitních maxim intenzit srážek z automatických srážkoměrů. Tato kontrola byla provedena pouze pro případy srážkových intenzit nad určený limit úhrnu. Zde je třeba upozornit, že se jedná pouze o základní kontrolu k odstranění falešných vysokých intenzit srážek, které by nejvíce mohly ovlivnit výsledky cílových návrhových hodnot (především pro krátké doby trvání). I po této kontrole se mohou v datech intenzit srážek vyskytovat chybné údaje a především velké množství výpadků měření, které nelze doplnit. Při zpracování dat je nutné tato omezení zohlednit.

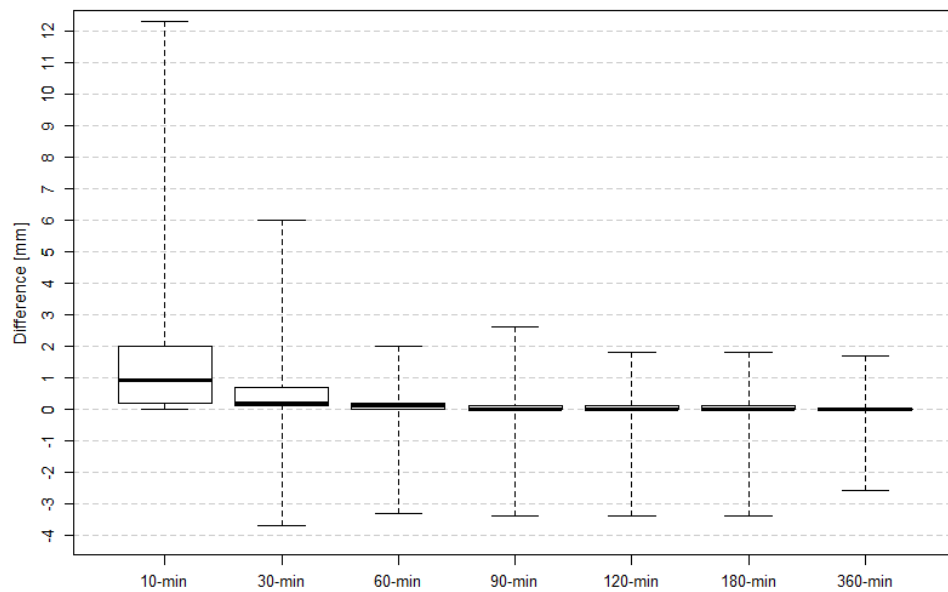
Řady ročních a měsíčních maxim srážkových úhrnů

Pro vybrané stanice byla započata příprava řad ročních a měsíčních maxim srážkových úhrnů pro různé délky trvání, které jsou potřebné ke stanovení odhadů návrhových hodnot. Data srážkových intenzit jsou porovnávána oproti denním srážkovým úhrnům, které prochází pravidelnou kontrolou a opravou. Při tvorbě řad ročních a měsíčních maxim je uvažováno množství hodnot neodpovídajících dennímu úhrnu srážek (s přihlédnutím k velikosti rozdílu a dennímu srážkovému úhrnu) a dále množství a povaha chybějících hodnot (např. zda výpadek nastal v den s vysokým srážkovým úhrnem či bouřkou). Na základě těchto údajů je poté rozhodováno o relevantnosti ročního/měsíčního maxima. Řady srážkových maxim byly zatím připraveny cca pro 10 stanic.

Na těchto řadách srážkových maxim byla studována možnost spojení datových sad ze dvou odlišných typů měření (ombrografem a automatickým srážkoměrem) s ohledem na homogenitu spojené řady a výsledky prezentovány na konferenci. Dle provedené analýzy se jeví jako zásadnější volba metody odhadu návrhových hodnot (použity byly Gumbelovo a GEV rozdělení, každá s 2 metodami odhadu parametrů) než metoda měření. Na konferenci byla dále prezentována studie k porovnání statistických charakteristik datových sad krátkodobých úhrnů srážek (trvání 10–180 min) napočtených z 1minutových a 10minutových záznamů pro ověření možnosti použití 10minutových záznamů v analýzách krátkodobých úhrnů srážek různé délky trvání. Provedená analýza ukázala, že rozdíly mezi odhady návrhových hodnot získané různými statistickými metodami jsou srovnatelné nebo větší než rozdíly způsobené užitím 1 či 10minutových měření.

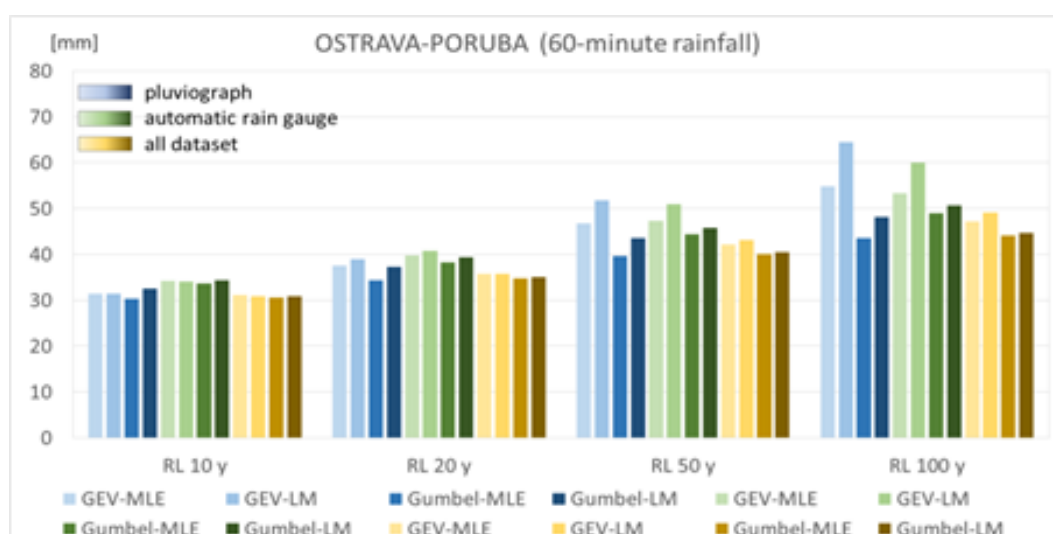
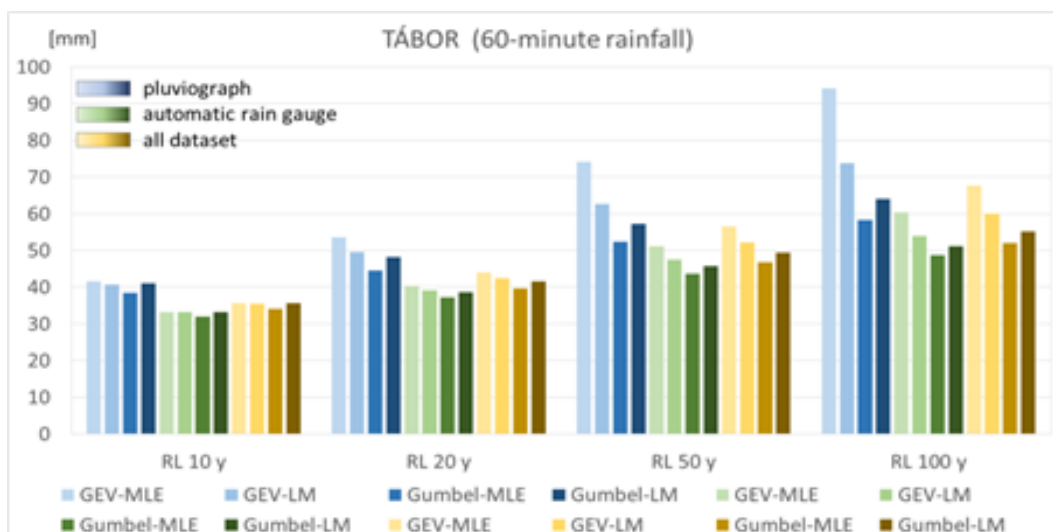
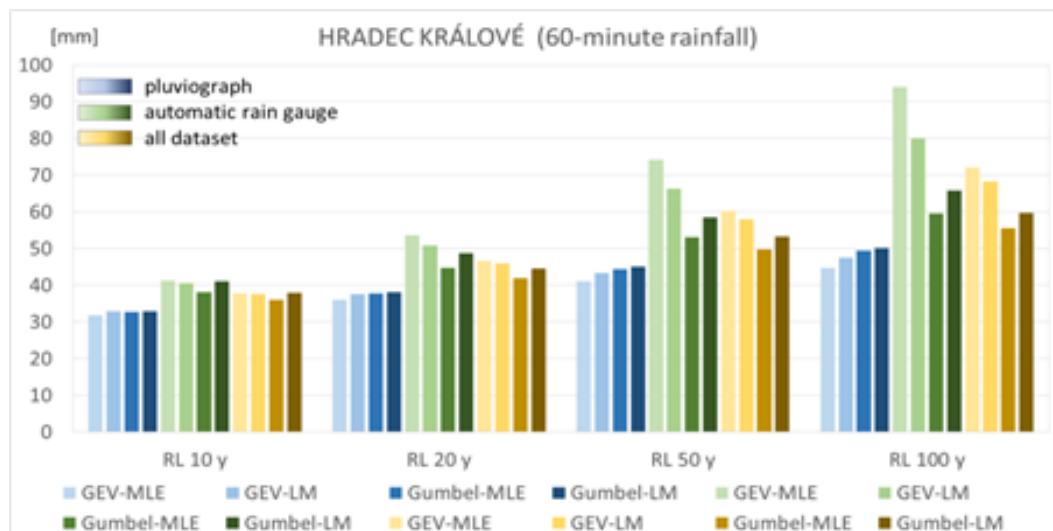


a.)



b.)

Obrázek 7: boxploty poměru (a) a rozdílu (b) mezi ročními maximy srážek o různé délce trvání (10, 30, 60, 90, 120, 180 a 360 min) určenými z 1-min a 10-min měření z dat pro stanice Tábor, Třeboň, Hradec Králové a Ostrava, Poruba.



Obrázek 8: Odhady 60-min úhrnů srážek s dobou opakování 10, 20, 50 a 100 let získané různými metodami odhadu pro stanice Hradec Králové, Tábor a Ostrava—Poruba spočtené zvlášť pro řady z měření ombrografem, automatickým srážkoměrem a spojené.

1.5.4. A1904 Vymezení významných ploch malých povodí

V České republice jsou povodí kategorizována do čtyř úrovní dle významnosti. V kategorii povodí IV. řádu jsou z hlediska jejich velikosti značné rozdíly – od povodí o velikosti přesahující 20 km² až po doplňková povodí s plochou menší než 1 km². Kategorizace povodí IV. řádu z hlediska jejich potenciální hydrologické odezvy popisuje Strouhal (2017). Pro kategorizaci území ČR na úrovni těchto povodí z hlediska hydrologické odezvy je rozdílná velikost plochy jednou z hlavních komplikací.

Hydrologické modelování jako nástroj pro navrhování vodohospodářských opatření na drobných vodních tocích a v ploše povodí je relevantní pro velikost povodí, kde není možné využít dlouhodobá měření a případnou analogii. Tomu odpovídá v Českém prostředí TNV 75 2102 – úprava potoků (2010), která umožňuje navrhování na základě hydrologického modelování u povodí do velikosti ploch 5 km², a ČSN 75 1400 - Hydrologické údaje povrchových vod (2014), která je určena pro vodní toky. Sama norma pak uvádí, že pro potřeby studií má být využita přiměřeně.

V rámci projektu je řešeno vymezení malých povodí na území ČR, která spadají do kategorie ploch do 5 km², a významných ploch mimo vodní tok a jejich následná klasifikace, protože charakteristiky povodí tvoří stejně významný zdroj variability odtoků z hlediska možné hydrologické odezvy jako variabilita úhrnů a průběhů intenzit příčinných srážek. V prvním roce řešení byly aktivity zaměřeny na vymezení těchto povodí a rešerši vhodných podkladů pro jejich klasifikaci.

Vymezení malých povodí

Jako vstupní data pro vymezení malých povodí byl použit dlaždičkovaný model terénu DMR 4G (DMR) a vrstva vodních toků databáze ZABAGED. Pro zpracování byly využity nástroje prostředí ArcGIS a skriptovací jazyk Python. Protože se jedná o relativně objemný soubor dat, byly následující analýzy postupně zopakovány na jednotlivých povodích III. řádu s rozšířením hranice tak, aby byly zajištěny případné nesoulady mezi stanovenými hranicemi povodí a rozvodnicemi generovanými na základě podrobného modelu terénu.

Pro každé povodí III. řádu byl nejprve model terénu zbaven bezodtokých míst a reálné osy vodních toků na základě polohopisu v ZABAGED byly uměle v modelu zahloubeny tak, aby odtokové linie směřovaly do vodních toků podle ZABAGED. Dále byla pro jednotlivé pixely rastru spočtena velikost přispívající plochy (Flow Accumulation). Následnou reklasifikací byla určena povodí podle vymezené plochy pro třídy malých povodí dle následující tabulky.

Tabulka 3: Třídy pro vymezení malých povodí

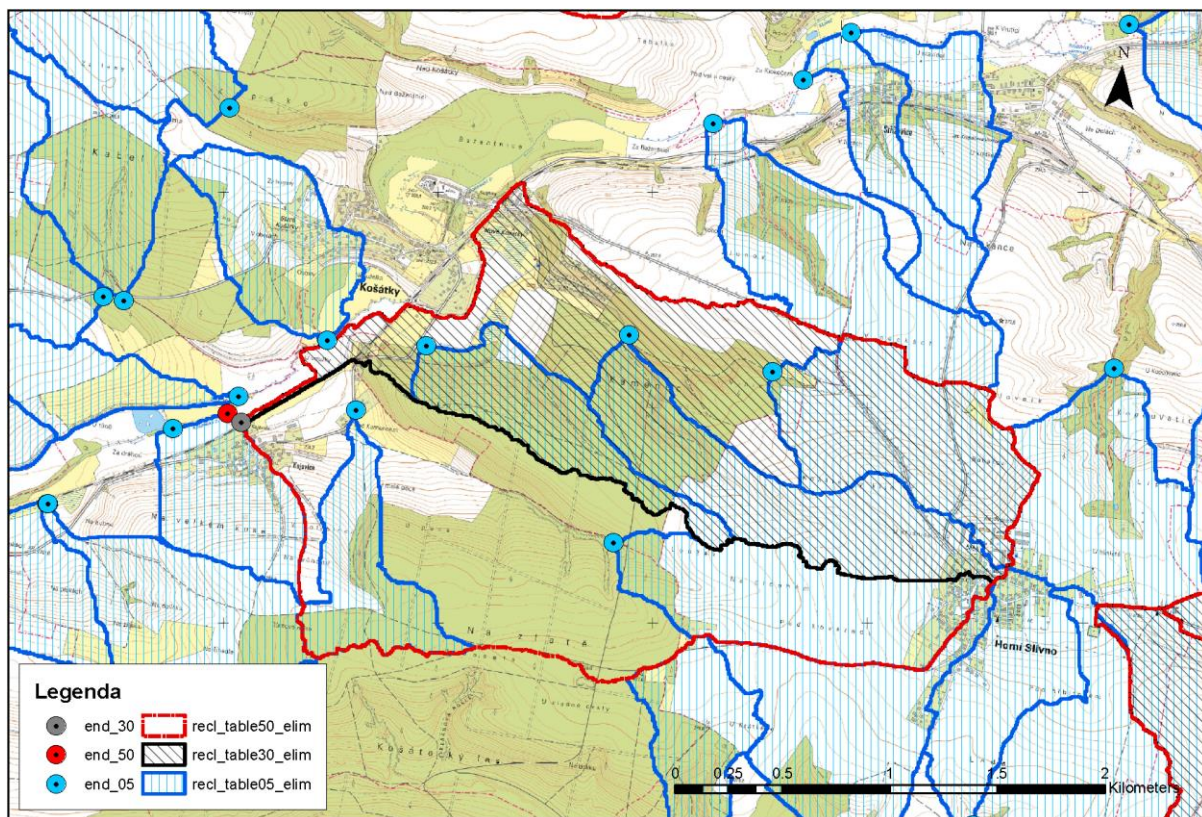
Od km ²	Do km ²	Třída
0,3	0,7	0.5
0,7	1,3	1
1,3	1,7	1.5
1,7	2,3	2.0
2,3	2,7	2.5
2,7	3,3	3.0
3,3	3,5	3.5
3,5	4,5	4.0
4,5	5,5	5.0

Samotný pracovní postup obsahuje více kroků řešení. Detailní popis výpočetního skriptu je nad rámec této zprávy. Pro každou třídu v tabulce 3 je zvolen rozsah hodnot plochy povodí, vždy je vybráno největší možné území. Jednotlivé třídy byly určovány samostatně. Navazující analýzy plánované na další období budou nejprve prováděny pro povodí v jednotlivých třídách a výsledky následně spojovány do větších celků.

V letošním roce došlo k vymezení ploch. V navazujícím období bude před jejich klasifikací provedena kontrola jejich případného chybného vymezení (umístění uzávěrových profilů, chyby vznikající směřováním odtoku D8 atp.).

Celková plocha povodí v nejnižší třídě (0,5) má celkovou rozlohu 38 tis km², tedy polovinu území ČR. Povodí ve třídě 5.0 pak 21 tis km², tedy zhruba čtvrtinu.

Následující obrázek zobrazuje povodí vybraných tří tříd. Červeně jsou označena povodí ve třídě 5.0, černě ve třídě 3.0 a nejmenší plochy (0.5) jsou vyznačeny modře.



Obrázek 9: Ukázka vymezení ploch malých povodí

1.5.5. A1905 Metodika experimentálního měření tvorby odtoku, využití DPZ a identifikace hydrologických podkladů pro matematické modelování

Zpracování dat odtoků z elementárních uměle zadešťovaných ploch pro validaci hydrologických modelů

Většina hydrologických srážko-odtokových modelů pracuje kromě vstupního signálu v podobě srážek s nějakou reprezentací půdního povrchu s určitou propustností či půdního retenčního prostoru s určitou retenční kapacitou. Některé z těchto veličin je možné měřit s větší či menší mírou nejistoty. Kromě toho modely předpokládají některý z několika forem tvorby odtoku, ať už se jedná o nejrychlejší povrchový odtok, středně rychlý mělký podpovrchový odtok nebo

přímý odtok z prostorově proměnlivých saturovaných oblastí. Mají-li modely dobře reprezentovat realitu, pak je nutné neustále prověřovat jak jejich strukturu a předpoklady, tak ony vstupní parametry popisující modelovaný systém. K tomu slouží hydrologické experimentální metody a lze je provádět v různých měřících at' už laboratorně nebo v terénu. V detailním bodovém měřítku lze s velkou přesností měřit infiltrační charakteristiky půdního profilu, ale problémem se stává velikost a heterogenita modelovaného systému (povodí) a tím reprezentativnost a použitelnost lokálně změřených hodnot. V měřítku povodí pak narážíme na časovou i instrumentační náročnost měření a opět značnou prostorovou variabilitu. Často používaným kompromisem je hodnocení srážko-odtokového procesu na experimentálních plochách řádově desítky metrů čtverečních, kdy bývají překonány lokální heterogenity (preferenční cesty v půdním profilu, vliv půdního pokryvu) a přitom je ještě možné je relativně dobře vybavit instrumentací. Pokud je navíc taková plocha použita ve spojení se simulátorem deště, je překonána i časová náročnost a během relativně krátké doby lze získat značnou sadu poměrně spolehlivých měření.

Na pracovišti řešitele ČVUT je již od roku 2012 vyvíjen a provozován simulátor deště schopného pokrýt experimentální plochu až 2 x 10 m a simulovat srážky s intenzitami od 20 do 120 mm/h. Podrobnosti o zařízení a metodice měření jsou popsány v (Kavka, 2018). Za osm let provozu bylo zařízení nasazeno v rámci různých výzkumných projektů na více než 150 simulací. Instrumentace i velikost experimentálních ploch doznala během let řady změn, vždy však byla měřena alespoň intenzita srážky, průběh odtoku a koncentrace sedimentu. Cílem provedených měření bylo povětšinou hodnocení erozních procesů a samotný srážko-odtokový proces nebyl nijak zvlášť systematicky hodnocen, přestože pro to data mají značný potenciál. Naměřené údaje byly skladovány v různé formě od pouze surových analogových záznamů přes přepsané originální nevyhodnocené záznamy v excelových formulářích s ad-hoc strukturou až po vyhodnocené a vyhlazené datové řady ve standardizované strojově čitelné formě. Od roku 2018 pak začala vznikat centralizovaná databáze, jejímž cílem je získaná data zdigitalizovat, opatřit potřebnými metadaty a zpřístupnit pro snadné strojové čtení a analýzy.

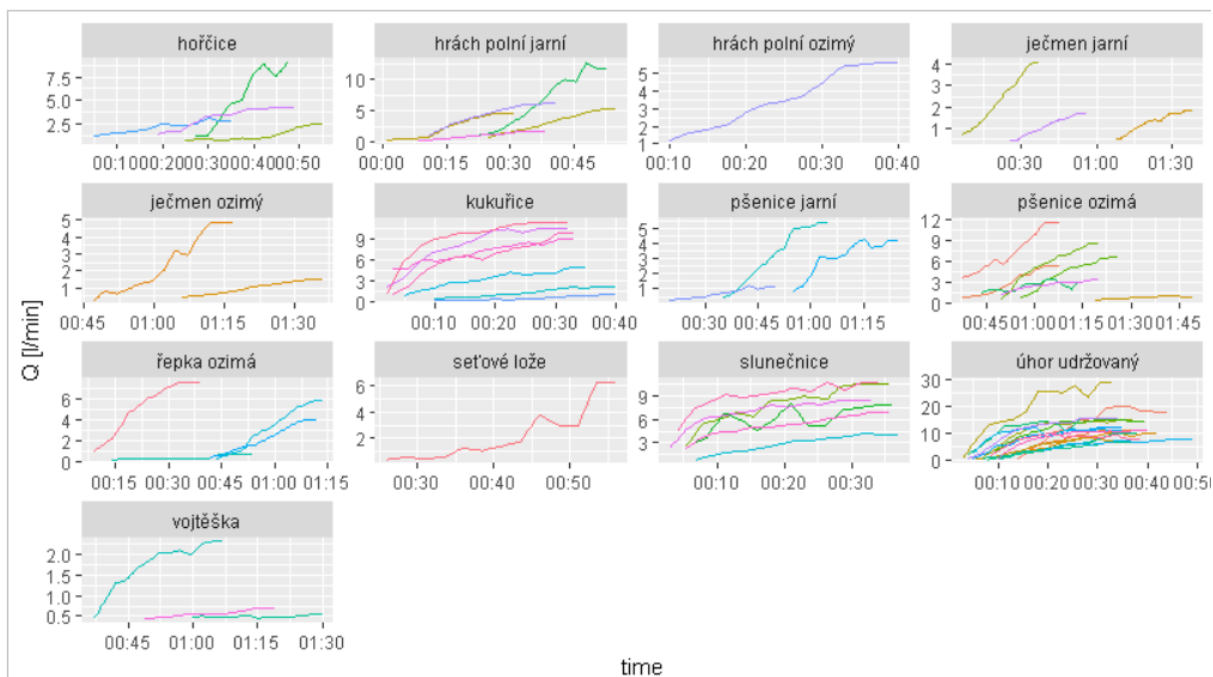
Tabulka 4: Charakteristiky databáze srážko-odtokových simulací s využitím dešťového simulátoru ČVUT

Počet simulací se suchými poč. podmínkami	126
Počet návazných simulací s vlhkými poč. podmínkami	120
Období měření	04/2016–11/2019
Lokalita	Býkovice, Nové Strašecí, Řisuty
Velikost exp. plochy	8 x 2 m
Sklon exp. plochy	9 %
Srážková intenzita	60 mm/h (125x), 83 mm/h (1x)
Půdní pokryv	úhor udržovaný, pšenice ozimá, ječmen ozimý, ječmen jarní, hrách jarní, slunečnice, hořčice, řepka ozimá, vojtěška, pšenice jarní, kukuřice, pohanka, hrách ozimý, svazenka, žito ozimé

Jednou z aktivit v rámci tohoto projektu bylo doplnění a rozšíření databáze o další dosud vůbec nebo jen částečně zpracovaná měření. To si zároveň vyžádalo modifikaci její struktury, neboť součástí doplňovaných simulací byla i měření podpovrchového odtoku a vlhkostí v různých hloubkách půdního profilu, které dosud v databázi nebyly obsaženy. Dalším krokem byla tvorba propojení databáze s nástroji pro analýzu obsažených dat. Jako přechodné řešení byl naprogramován export vybraných časových řad a metadat z databáze do xml a následný

import do softwarového prostředí R project. V příštím roce je předpokládána tvorba připojení databáze přímo z prostředí R, což umožní automatizaci analýz a jejich opakování i na nově doplněných datech. Tabulka 4 shrnuje základní charakteristiky simulací obsažených v databázi ke konci roku 2019.

Hlavním cílem zamýšlených analýz je odvození infiltračních charakteristik, zejména nasycené hydraulické vodivosti a doby výtopy v závislosti na počátečních podmínkách a intenzitě srážky, případně půdním pokryvu. Na Obr. 10 jsou zobrazeny nevyfiltrované průběhy povrchového odtoku od začátku zadešťování ve třech lokalitách na plochách s různým druhem půdního pokryvu (vše na orné půdě). Po vyfiltrování problematických měření (kolísání simulované srážky aj.) budou průběhy použity pro odvození parametrů infiltračních rovnic.



Obrázek 10: Výběr nevyčištěných průběhů povrchového odtoku ze simulací s využitím dešťového simulátoru ČVUT ve třech lokalitách v závislosti na půdním pokryvu

V druhém roce řešení se předpokládá průběžné doplňování databáze jak o archivní simulace před rokem 2016, tak o nové experimenty mimo jiné na plochách s druhy půdního pokryvu mimo ornou půdu (louka, pastvina). Experimenty na lesní půdě nejsou plánovány kvůli převážně podpovrchovému charakteru odtoku z lesních půd, při němž běžně využívané fyzikální modely selhávají, a kde použitý experimentální přístup není vhodný.

Vlhkosti a stavy nasycení

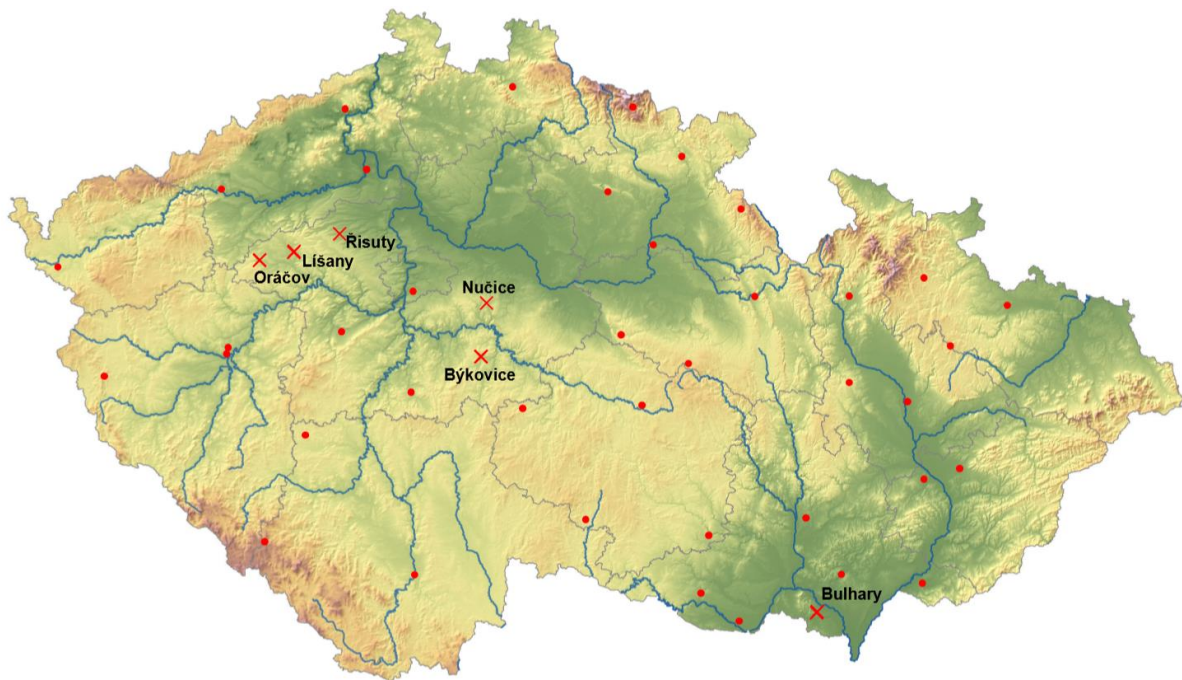
Data Dálkového průzkumu země (DPZ) poskytují širokou řadu dat o Zemi. Využití metod DPZ doplňuje klasické metody pozemních měření. Výhodou těchto metod je sledování a zkoumání objektů na dálku bez přímého kontaktu, díky tomu jsou tyto metody nedestruktivní a neinvazivní. V případě satelitních dat je šířka záběru senzorů taková, že lze získat data z velkého území najednou a získat celkový přehled o daném území. Další výhodou je velké prostorové a časové rozlišení. (Vinciková, 2015). V neposlední řadě je také výhodou některých dat, že jsou poskytována v rámci projektu Copernicus nebo NASA uživatelům zdarma. Sensory navíc poskytují data v různých částech elektromagnetického spektra, metody DPZ tak lze použít pro hodnocení jevů a procesů, které jsou lidským okem nezjistitelné.

Tento projekt je zaměřen na určení vlhkostního stavu, do kterého přichází návrhové srážky. Určujícím parametrem jsou tak informace o aktuální vlhkosti. Samotná družicová data poskytují informace odrazivosti v různých částech spektra. Analýza dat většinou spočívá v určení regresních rovnic mezi požadovanou informací a naměřenou intenzitou/výskytem odrazu části spektra, nebo odezvy vysílaného signálu pixelů (Ritchie, 2003).

Posouzení využitelnosti dat dálkového průzkumu Země v tomto projektu se zaměřuje na vlhkost půdy – důležitý faktor, který vstupuje do srážkoodtokového procesu. K podrobnému porovnání dostupných dat byly v prvním roce řešení shromážděny archivní data pozemního měření.

Pozorovací síť měření vlhkosti

Vlhkost v půdě je jedním z dlouhodobě sledovaných parametrů. Pracoviště Katedry hydromelioreací a krajinného inženýrství ČVUT disponuje archivem měření vlhkostí půdy na několika lokalitách (Obr. 11, označeno křížkem). Časové řady měření jsou různě dlouhé, v Býkovicích bylo měření instalováno od roku 2010 a bylo v provozu do roku 2018, v Nučicích probíhalo měření od roku 2013 do roku 2015 a v roce 2018 bylo obnoveno. Ostatní lokality jsou měřeny od roku 2018, Řisuty od roku 2019. Důležitou vlastností těchto měření je, že jsou prováděna na zemědělské půdě, kde je těchto dat obecně velmi málo. Měření je realizováno v několika hloubkách, v místech, kde probíhá orba, je instalováno vždy na vegetační sezónu. Současně jsou v experimentálních lokalitách osazeny srážkoměry.



Obrázek 11: Lokality pozemního měření vlhkosti půdy spravované pracovištěm Katedry hydromelioreací ČVUT (křížek) a ČHMÚ (bod).

Data vlhkosti půdy jsou v klimatologické databázi ČHMÚ CLIDATA dostupná z 39 měřících stanic. Tato data jsou zrevidována v klimatologickém měřicím termínu 07:00. Cca od roku 2001 jsou na některých stanicích data vlhkosti půdy měřena v 10-min intervalu, tato data však nejsou zrevidována. Po upřesnění konkrétních termínů (např. vybrané přelety družic) lze provést kontrolu kvality dat dle těchto zájmových termínů.

Jak již bylo zmíněno, družicová data poskytují primární data v různých spektrech. Odvozené produkty pak poskytují předzpracované informace na globální úrovni. V prvním období řešení bylo cílem porovnat změřená půdní data ve vazbě na data družicová. Jako první je vhodné porovnat již zpracované produkty s pozemním měření na nezávislých stanicích, mezi které patří data experimentálních lokalit ČVUT.

Vybraná družicová data

Pro první kroky k ověření dostupnosti a vhodnosti satelitních dat k odvození aktuální vlhkosti půdy byl zvolen rok 2018, ve kterém je měření dostupné na všech experimentálních lokalitách ČVUT s výjimkou Řisut. Z volně dostupných satelitních daty byly vybrány dva odvozené produkty poskytované službou Copernicus Global Land Service, které využívají data z družic Sentinel-1 a MetOp ASCAT. V rámci projektu je předpokládáno, že družicová vlhkostní data budou využita jako indikátor vlhkosti v kombinaci s určením IPS z dat pozemních srážkových radarů.

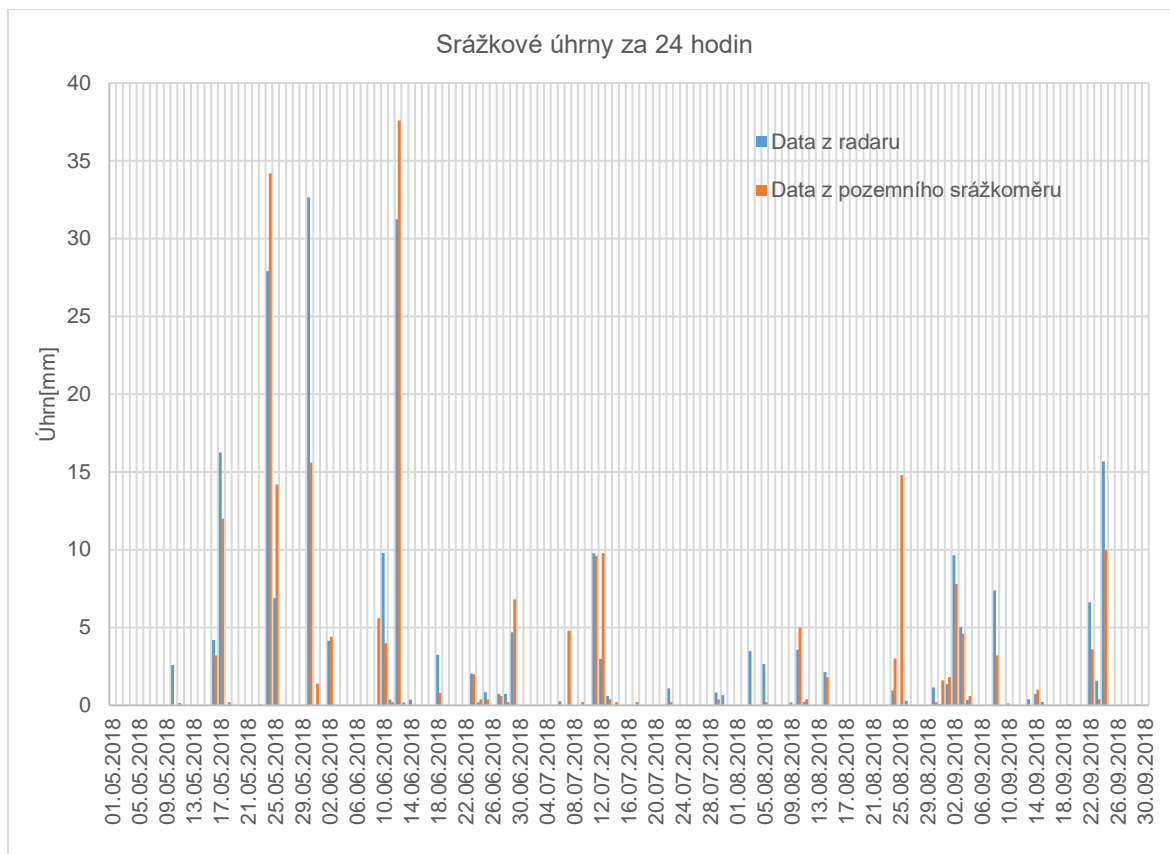
Prvním produktem je Surface Soil Moisture (SSM), který je dostupný od ledna 2015 do současnosti, pokrývá území Evropy a využívá senzor Sentinel-1 C-SAR. SSM je povrchová vlhkost půdy, vyjadřuje relativní obsah vody v horní vrstvě půdy (v řádu cm). Vyjádření je v procentech nasycení. Produkt je pořizován každý den, jeho rozlišení je 1 km a je poskytován v netCDF4 formátu spolu s metadaty a rychlým náhledovým snímkem ve formátu GeoTIFF. Data jsou přístupná přes mapový produktový portál, kde je možné je dávkově stáhnout pro zvolené období a lokalitu.

Druhým produktem, který je poskytován stejnou službou, je Soil Water Index (SWI). Index je pro Evropu v rozlišení 1 km dostupný od ledna 2015 do současnosti, v globálním měřítku od roku 2007. SWI je počítán z pozorování senzorů Sentinel-1/ C-SAR a MetOp/ASCAT a kvantifikuje vlhkostní podmínky v různých hloubkách půdy. Data jsou dostupná na stejném portálu a ve stejném formátu jako produkt SSM.

Kromě těchto odvozených produktů je možné využít i rozsáhlých archivů surových naměřených družicových dat.

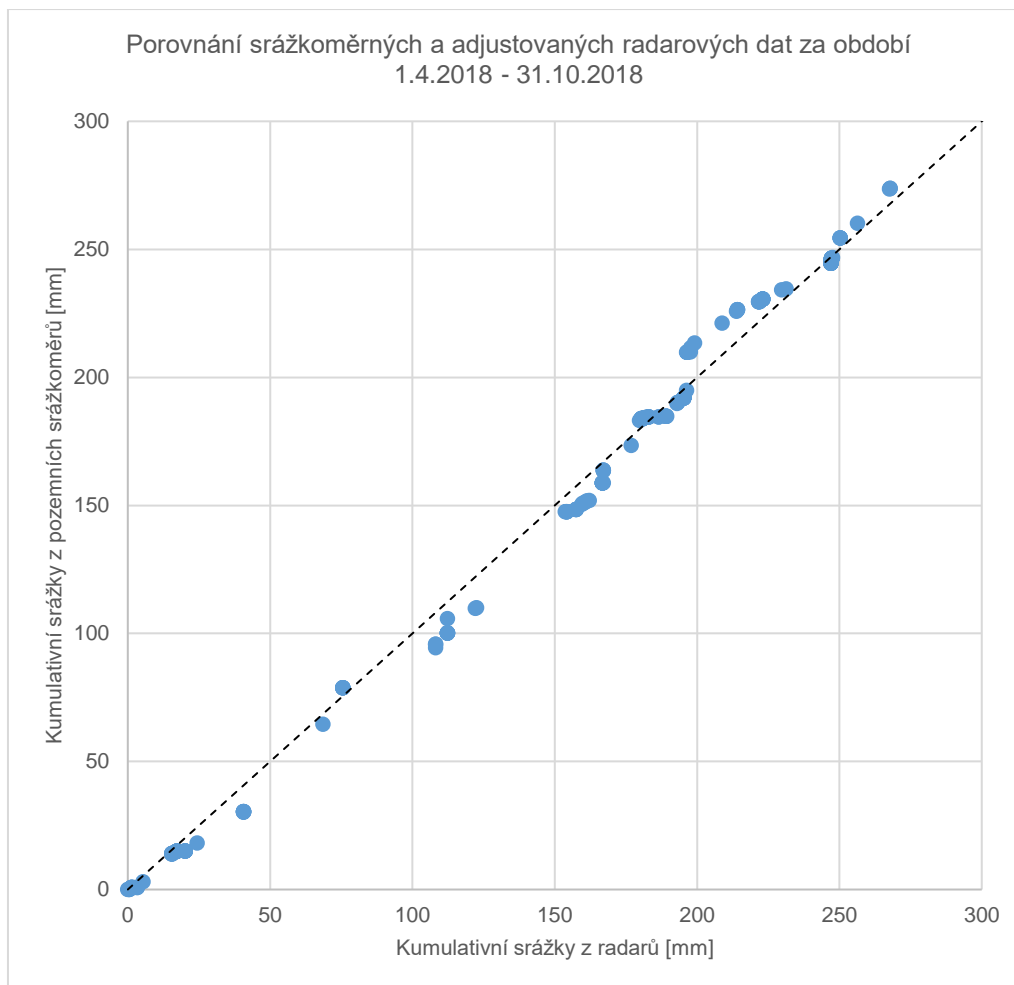
Verifikace družicových a pozemních dat

Pro analýzy srážkových a vlhkostních dat byla pro lokality měření vlhkosti ČVUT (Obr. 11) shromážděna data srážek ve zvoleném období z pozemních srážkoměrných stanic a také adjustovaná radarová data v příslušných pixelech. Příklad uvádí Obr. 12.



Obrázek 12: Porovnání záznamů srážkových 24 hodinových úhrnů na lokalitě Líšany pro období 1.5.2018 - 30.9.2018

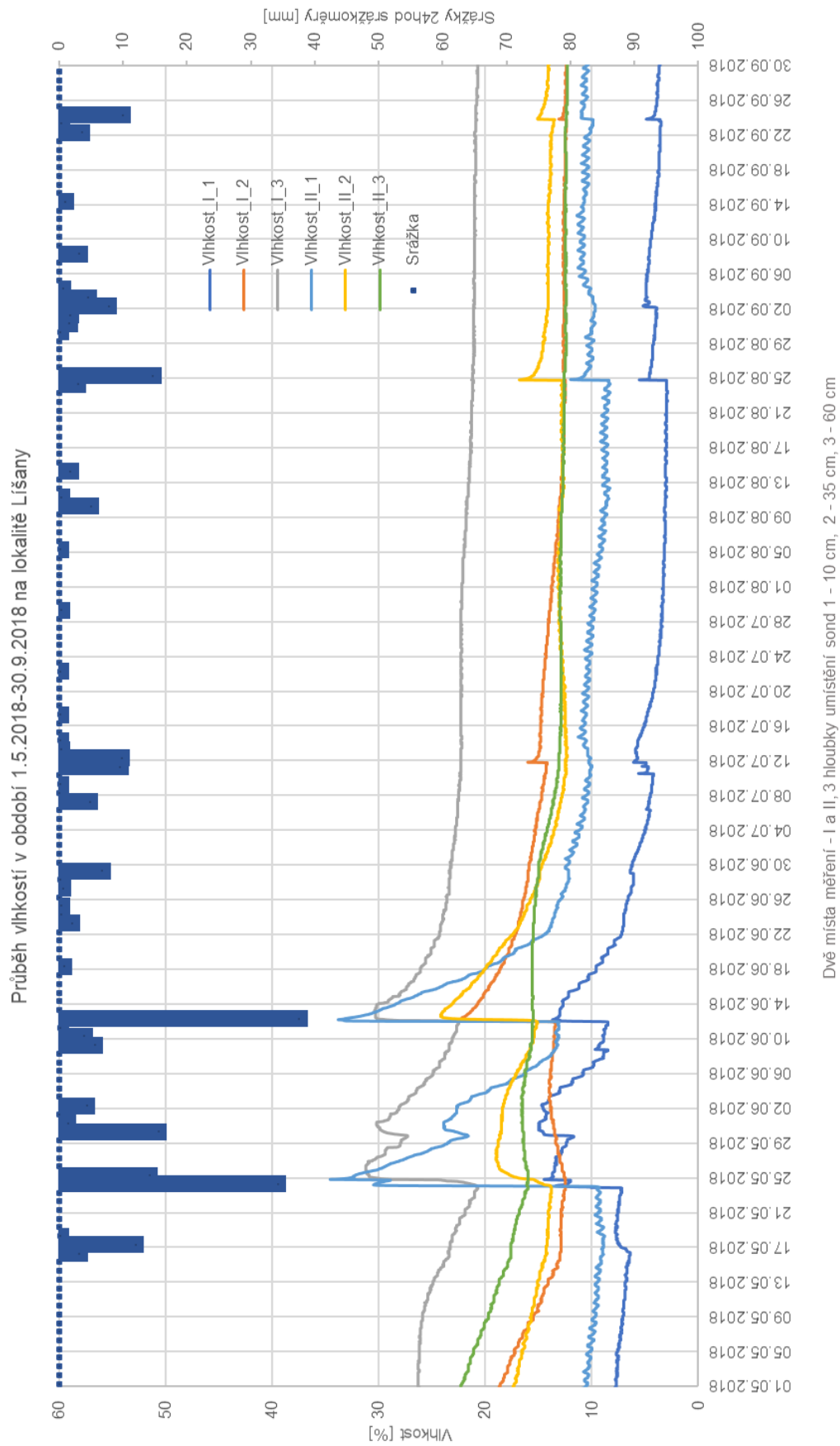
Pro porovnání obou datových zdrojů na lokalitě byly nejprve zvoleny 24h úhrny, např. na lokalitě Líšany je korelační koeficient adjustovaných radarových dat a dat ze srážkoměrů 0,88. Shodu měření je možné také ilustrovat vynesáním bodového grafu kumulativních srážek, viz Obr. 13.



Obrázek 13: Bodový graf kumulativních srážek pro porovnání dat ze srážkoměrů a adjustovaných radarových dat

Vlhkostní měření je na lokalitách realizováno v několika hloubkách, v Líšanech je instalováno na dvou místech (I a II) vždy ve třech hloubkách 10, 35 a 60 cm. Sondy zaznamenávají objemovou vlhkost v % v hodinových intervalech. Obr. 14 znázorňuje změny vlhkostí v období 1.5.2018 - 30.9.2018 včetně 24 hodinových úhrnů srážek ze srážkoměrů.

Z výše zmíněného mapového portálu byly dále staženy produkty SSM a SWI obsahující informace o vlhkostech ve formátu netCDF4 a také ve formátu geoTIFF. Data byla zobrazena v prvním kroku v software ArcGIS. Data je nutné v případě netCDF4 převést na rastrové snímky pomocí nástroje "Multidimension tools – Make NetCDF Raster Layer". V případě stažení přímo rastrových dat (geoTIFF) je možné již v objednávce zvolit jejich oříznutí. Vyřízení objednávky trvá v případě větších objemů dat v řádech hodin, data je vhodné stahovat přes FTP. V současné době jsou data zpracovávána pro vybraná území měření vlhkostní pomocí přímého měření. Aktivity spojené s verifikací družicových dat budou pokračovat v dalším období řešení projektu.



Obrázek 14: Průběh vlhkosti v období 1.5.2018 - 30.9.2018 včetně 24 hodinových úhrnů srážek ze srážkoměrů

2. Dosažené výsledky

V roce 2019 byl plánováno 2 výsledky typu O. V rámci projektu byly publikovány následující příspěvky.

Tabulka 5: tabulka výsledků projektu

Druh výsledku	Název a popis
O	<p>Bližňák, V., Kašpar, M., Müller, M., Zacharov, P., 2019. Radar-derived climatology of precipitation intensities in Czechia: improvement due to daily totals from rain gauges. 39th International Conference on Radar Meteorology, 16-20 September, Nara, Japan.</p> <p>Představení metody adjustace radarových úhrnů srážek; aplikace pro popis základní klimatologie srážek Česka v teplých sezónách 2002 až 2018. Souběžná verifikace úhrnů prokázala jejich zpřesnění v denním i subdenním kroku.</p>
O	<p>Kašpar, M., Bližňák, V., Hulec, F., Müller, M., 2019. Spatial analysis of sub-daily rainfall time structure variability. 12th International Precipitation Conference, 19-21 June, Irvine, U.S.A.</p> <p>Představení metody konstrukce typických hyetogramů subdenních silných dešťů a metody odhadu návrhových úhrnů srážek s využitím adjustovaných 10-min. radarových intenzit srážek; aplikace pro prostorovou analýzu s vysokým rozlišením na území Česka v závislosti na době opakování úhrnů a topografii i se zahrnutím cirkulačních příčin.</p>
O	<p>Kavka, P.; Strouhal, L.; Weyskrabová, L.; Landa, M.; Müller, M.</p> <p>Návrhové krátkodobé srážky pro vodohospodářské stavby v krajině Pozemkové úpravy. 2019, 27(2), 11-16. ISSN 1214-5815.</p> <p>Příspěvek shrnuje historické přístupy k získání návrhové srážky a představuje nové poznatky o průběhu intenzit krátkodobých dešťů. Článek prezentuje nové návrhové hyetogramy a webové nástroje pro jejich získání.</p>
O	<p>Crhová, L., Kliegrová, S., 2019. Analysis of precipitation intensity in the Czech Republic - past and present. 14th International Meeting on Statistical Climatology, 24-28 June, Toulouse, France. poster</p> <p>Porovnání statistických charakteristik datových sad krátkodobých úhrnů srážek (trvání 10 – 120 min) měřených ombrografem a automatickým srážkoměrem se zaměřením na vyhodnocení návrhových hodnot srážkových úhrnů určených z těchto datových sad. Účelem tohoto porovnání bylo ověření možnosti spojení datových sad ze dvou odlišných typů měření a jejich homogenity pro použití v dlouhodobých analýzách srážek. Dle provedené analýzy se jeví jako zásadnější volba metody odhadu návrhových hodnot než metoda měření.</p>
O	<p>Valeriánová, A., Crhová, L., 2019. Sub-daily precipitation intensity: Comparison of statistics based on regular measurement and running time intervals. EMS Annual Meeting 2019, 9-13 September, Copenhagen, Denmark. poster</p> <p>Porovnání statistických charakteristik datových sad krátkodobých úhrnů srážek (trvání 10 – 180 min) napočtených z 1minutových a 10minutových záznamů se zaměřením na vyhodnocení návrhových hodnot srážkových úhrnů určených z těchto datových sad. Účelem tohoto porovnání bylo ověření možnosti použití</p>

	<p>10minutových záznamů, které prochází pravidelnou kontrolou v klimatické databázi ČHMÚ, v analýzách krátkodobých úhrnů srážek různé délky trvání. Provedená analýza ukázala, že rozdíly mezi odhady návrhových hodnot získané různými statistickými metodami jsou srovnatelné nebo větší než rozdíly způsobené užitím 1 či 10minutových měření.</p>
--	---

2.1. Popis uplatnění výsledků

Jedná se o výsledky, které nepředpokládají přímou implementaci, jejich přínos je především v prezentaci projektu na venek a seznámení odborné vědecké komunity se zvoleným řešením. Současně získání zkušeností na národní a mezinárodní úrovni umožní úpravy řešení v následujícím období. Implementace poznatků se předpokládá v navazujících částech projektu. U výsledků nebyla předpokládána přímá komercializace.

3. Využití nákladů za jednotlivé příjemce

PRO PUBLIKACI NA WEBU ODSTRANĚNO

4. Uskutečněné zahraniční služební cesty

PRO PUBLIKACI NA WEBU ODSTRANĚNO

5. Řešitelský tým

Řešitelský kolektiv se skládá z členů čtyř pracovišť. Proti návrhu došlo během roku ke změnám v pracovních skupinách. Na pracovišti ČVUT z kolektivu odešel student doktorského studia Ing. Karel Vlasák, kterého nahradil student doktorského studia Ing. Martin Neumann. Do projektu se dále zapojili doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D., Ing. Martin Landa, Ph.D., Ing. Tomáš Janata, Ph.D., Ing. Lenka Weyskrabová, Ph.D., Ing. Romana Kubínová a Ing. Adam Tejkl. Na pracovišti ÚFA AV ČR kolektiv opustil student doktorského studia Mgr. Robert Kvak, kterého nahradil student magisterského studia Bc. Filip Hulec. Kolektiv dále obohatil klíčový vědecký pracovník RNDr. Petr Zacharov, Ph.D. Na pracovišti ČHMÚ z řešitelského kolektivu v prvním roce řešení odešel Mgr. Jan David Reitschläger, do řešení projektu se tento rok navíc zapojil Mgr. Martin Pecha. Za kolektiv Sweco Hydroprojekt se na projektu v roce nepodílel Mgr. Martin Stehlík, jehož plánované činnosti byly rozděleny mezi ostatní členy řešitelského týmu společnosti. Dále v týmu na pozicích technických pracovníků působili Ing. Lucie Brožová, Ing. Jiří Bohůnek a Ing. Jaroslav Blažek.

6. Plánované aktivity na 2020

V rámci řešení se v roce 2020 předpokládá postupná publicita výsledků projektu na národní a mezinárodní úrovni. Buď formou aktivní účasti na konferenci anebo formou příspěvku do odborného časopisu. Dílčí aktivity vycházejí z upraveného plánu řešení projektu. Jednotlivé aktivity budou řešeny relativně samostatně, jejich syntéza je plánována na druhou polovinu řešení projektu. V roce 2020 není naplánován žádný závazný výstup z projektu.

6.1. A2001 Frekvenční analýza adjustovaných radarových dat

Aktivita čerpá z dílčích výsledků aktivity A1902 (Adjustace radarových dat a výběr srážkových maxim) a plynule na ni navazuje. V prvním roce vytvořené a validované časové řady adjustovaných radarových 10-min intenzit srážek s prostorovým rozlišením 1 km budou statisticky zpracovány s cílem zpřesnit odhady krátkodobých návrhových srážek. Zároveň tím budou připraveny podklady pro jejich další zpřesnění v kombinaci s výstupy statistického zpracování intenzit naměřených na stanicích.

V první fázi budou získána maxima adjustovaných úhrnů srážek s různou délkou akumulace (0,5 až 24 hod.) podrobena pečlivé kontrole mimo jiné s ohledem na výskyt možných artefaktů v poli radiolokační odrazivosti spojených s rušením signálem Wi-Fi. Při řešení tohoto potenciálního problému se předpokládá využití převážně heuristických postupů. Poté bude dokončeno rozřazení jednotlivých ročních maxim do již dříve definovaných 6 variant pro Česko typických 6-hod. průběhů intenzit podle hodnot 3 tzv. poločasových indexů koncentrace. Tím budou připravena vstupní data pro následný odhad parametrů rozdělení extrémních hodnot v jednotlivých pixelech pro vybrané délky akumulace bez ohledu i s ohledem na variantu průběhu, příp. sezónu. Při výpočtech budou aplikovány pokročilé metody regionální frekvenční analýzy (např. „L-moment-based index storm procedure“ & „region-of-influence method“). Závěrem budou zahájeny práce na metodice odhadu úhrnů srážek před srážkovými epizodami s danou dobou opakování a danou variantou 6-hod. průběhu, což v dalších fázích projektu může přispět k robustnějšímu odhadu typické předchozí nasycenosti povodí v kombinaci s výstupy z dalších datových zdrojů.

Dílčím výsledkem této aktivity budou rastry získaných krátkodobých návrhových srážek, příp. odvozeného procentuálního zastoupení variant 6-hod. průběhů intenzit pro vybrané doby opakování úhrnů.

6.2. A2002 Vyhodnocení a analýza pozemních měření srážkových úhrnů

V roce 2020 bude pokračováno v přípravě řad ročních a měsíčních maxim srážkových úhrnů pro různé délky trvání srážek, které jsou potřebné k vyhotovení odhadů návrhových hodnot. Výsledkem této aktivity budou řady z cca 45–50 měřících stanic o délce 30–60 let v závislosti na délce měření stanice a kvalitě dat. Na základě těchto řad bude proveden odhad parametrů rozdělení extrémních hodnot v lokalitách jednotlivých stanic pro vybrané délky trvání srážek (s a bez ohledu na sezonu) a stanoveny návrhové intenzity srážek za různé doby akumulace a s různou dobou opakování.

6.3. A2003 Využitelnost družicových dat pro určení aktuálního stavu povodí.

V roce 2019 bylo zahájeno testování předzpracovaných produktů satelitních dat. V roce 2020 bude pokračovat testování satelitních produktů, které budou nejprve testovány a porovnávány s měřenými hodnotami měřících bodů ČVUT v Praze. V dalším kroku pak budou vyhledána vhodná období satelitních snímků pro body měřící sítě vlhkostí ČHMÚ, která budou splňovat kritéria dostatečně dlouhé nepřerušené řady měření vlhkosti, dostatek přeletů i ve viditelném spektru (bez zastínění oblačností) a zároveň dostupnost srážkových dat. Cílem je v první řadě zjistit míru závislosti mezi přímo měřenými hodnotami vlhkostí v bodech s družicovými daty a určit validitu sledování změn vlhkostí v ploše území ČR na základě satelitních dat.

6.4. A2004 Klasifikace malých povodí

V rámci klasifikace zájmových území a vymezení malých povodí bude v roce 2020 probíhat kontrola kvality a postupu vymezení v roce 2019. Vzniklymi problémy jsou například generované závěrové profily dílčích povodí v prostoru vodních nádrží. Což sice odráží realitu vymezeného malého povodí, ale nijak to nereflktuje realitu povodí MVN, kde mohou být podmínky odlišné. Řešením je v těchto případech zahrnout celou MVN anebo naopak posunout vygenerovaný závěrový profil povodí do profilu přítoku nádrže.

Druhým bodem k testování je úprava hranic vymezených povodí. V současné době generovaná povodí a jejich hranice ostře kopírují hranice jednotlivých pixelů 4G. Pro vizualizaci a hodnocení přirozených ploch by bylo vhodnější hranice ploch vymezit hladkou čarou.

Navazující hlavní aktivitou bude výběr a zařídění klasifikačních kritérií. Budou řešeny jednotlivé vstupy na základě současně dostupných dat o struktuře a kvalitě krajiny a urbanizovaných území. Pro jednotlivé skupiny klasifikačních kritérií (půda, využití území, akumulace vody, množství zpevněných ploch, pravděpodobnost výskytu koncentrovaných nebo naopak dlouhodobých srážek aj.) budou hledány korelační vazby s cílem nalezení nezávislých proměnných, které budou využity pro vlastní kritéria pro tvorbu tříd povodí.

6.5. A2005 Experimentální měření a hydrologické modelování

V druhém roce řešení projektu budou pokračovat i aktivity experimentálního hydrologického výzkumu s cílem poskytnout kalibrační a verifikační data pro hydrologické modelování. To poslouží zejména pro kvantifikaci nejistot ve výsledných modelovaných průtocích na malých povodích a pro zpřesnění metodických pokynů pro projektanty ohledně získávání návrhových veličin.

Prvním okruhem těchto aktivit budou polní experimenty se simulátory deště provozovanými pracovištěm ČVUT, a to jak s klasickým „velkým“ simulátorem určeným pro plochy 2x8 m, tak s „malým“ simulátorem pro plochu 1x1 m. Jednou z výzkumných otázek těchto experimentů je popsat dynamiku tvorby odtoku při zatížení experimentální plochy srážkou nikoliv konstantní intenzity, s níž byly experimenty dosud prováděny, ale při aplikaci deště s proměnlivou intenzitou a typizovanými průběhy A–F, které byly odvozeny v rámci předchozího projektu.

Druhým výzkumným úkolem polních experimentů (především při nasazení malého simulátoru) pak bude získat infiltrační charakteristiky na jiných typech využití půdy, než byla dosud prováděna měření (orná půda). Hlavním bodem zájmu budou louky a pastviny, a to jak dočasné (několikaleté porosty na orné půdě), tak trvalého charakteru, kvůli odfiltrování efektu půdní paměti a strukturálním změnám v povrchovém půdním horizontu.

V oblasti hydrologického modelování budou kromě vyhodnocování experimentálních výsledků prováděny dva hlavní druhy činnosti. První je citlivostní analýza vybraných parametrů konceptuálních i fyzikálních modelů, druhý směřuje na modelování reálných zaznamenaných intenzivních epizod s využitím informací ze sítě měření půdní vlhkosti ČHMÚ i z družicových produktů.

Citlivostní analýza byla v modelech HMS (SCS-CN), Mike-SHE a SMODERP2D provedena již v předchozím projektu. Při ní se jako klíčové parametry pro výsledné charakteristiky odtoku (kulminační průtoky a celkový objem) ukázaly kromě průběhů srážek zejména půdní charakteristiky a počáteční stavy. Pro značné množství výpočetních scénářů (přes 18.000 jen

u modelu Mike-SHE) byly testované charakteristiky klasifikovány jen do několika málo tříd. V případě půdních charakteristik to byly pouze tři ad-hoc definované propustnosti v úrovni průměrné hodnoty K_s pro dané zrnitostní třídy a dvě „extrémní“ varianty K_s navýšené a ponížené o standardní odchylku souboru pro každou zrnitostní třídu. Tento přístup se ukázal jako příliš hrubý, neboť použitý rozsah K_s byl velmi vysoký a krajní scénáře propustností svými extrémními hodnotami zastřely většinu efektů dalších parametrů. Proto budou použité tři třídy doplněny o další přechodné úrovně a původní soubor výsledků doplněn a opětovně analyzován.

Druhý okruh hydrologického modelování směřuje na analýzu skutečných srážko-odtokových událostí a vliv předchozích srážek a půdní vlhkosti. Dojde k analýze hydrologických dat v databázi ČHMÚ a následně k výběru malých pramenných povodí do velikosti 5 km², a to jak z experimentálních povodí v Jizerských horách, tak pokud to bude možné i z dalších povodí v rámci ČR, na kterých bude následně provedeno porovnání různých metodických postupů k odvození průtoků se současně používanými postupy na oddělení hydrologie ČHMÚ.

7. Literatura

- Fairman, J.G., Schultz, D.M., Kirshbaum, D.J., Gray, S.L., Barrett, A.I., 2015. A radar-based rainfall climatology of Great Britain and Ireland. *Weather*, 70, 153–158.
- Kašpar, M., Müller, M., 2010: Variants of synoptic-scale patterns inducing heavy rains in the Czech Republic. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, 477–483.
- Kavka, P. et al. Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině. Uplatněná certifikovaná metodika, ČVUT v Praze, 2018.
- Müller, M., Bližňák, V., Kašpar, M., 2018. Analysis of rainfall time structures on a scale of hours. *Atmos. Research*, 211, 38–51.
- Novák, P., Kráčmar, J., 2002. New data processing in the Czech weather radar network. *ERAD Publication Series*, 1, 328–330.
- Ritchie, J. C., Zimba, P. V., & Everitt, J. H. (2003). Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality / Técnicas de teledetección para evaluar la calidad del agua. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing (FI_2.493)*, 69(6), 695–704. <https://doi.org/10.14358/PERS.69.6.695>
- Sokol, Z., 2003. The use of radar and gauge measurements to estimate areal precipitation for several Czech river basins. *Stud. Geophys. Geod.*, 47, 587–604.
- 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. *Atmos. Res.*, 94, 652–662.
- Strouhal, L. et al. Classification of Small Watersheds in Czech Republic for Hydrological Modelling. In: *SGEM2017 Conference Proceedings; Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems. 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, Albena, 2017-06-27/2017-07-06. Sofia: International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 2017. s. 121-128. 17. sv. 31. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-04-1. DOI 10.5593/sgem2017/31/S12.016.*
- Tolasz, R., Míková, T., Valeriánová, A., Voženílek, V., 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha a Univerzita Palackého v Olomouci, 256 s.
- Vinciková, H. (2015). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta Disertační práce Krajinné struktury, využití území a kvalita po vrchových vod Studium vzájemných vztahů nástroji DPZ.

8. Přílohy

Přílohy k výstupům a oponentní posudky jsou uvedeny samostatně v informačním systému ISTA.