

STUDIE ODPOJENÍ A PŘEVEDENÍ SRÁŽKOVÝCH VOD V POVODÍ MČ PRAHA 12 - KOMOŘANY



Závěrečná Zpráva

Duben 2023

		AQUA PROCON s.r.o. Projektová a inženýrská společnost – divize Praha Dukelských hrdinů 12, 170 00 Praha tel.: 266 109 335, fax: 266 712 140 E-mail: info@aquaprocon.cz www.aquaprocon.cz
Vedoucí projektu	Ing. Tomáš Metelka, Ph.D.	
Vedoucí dílčího projektu	Ing. Tomáš Metelka, Ph.D.	
Zodpovědný projektant	Ing. Tomáš Metelka, Ph.D.	
Vypracoval	Ing. Táňa Janů	
Kontroloval	Ing. Radovan Haloun, CSc.	

Investor	Pražská vodohospodářská společnost a.s.
Objednatel	Pražská vodohospodářská společnost a.s.

Formát	A4	Měřítko	Stupeň	Studie	Datum	04/2023	Zakázkové číslo	1597122-03
--------	----	---------	--------	--------	-------	---------	-----------------	------------

Projekt Studie odpojení a převedení srážkových vod v povodí MČ Praha 12- Komořany		
Příloha	Číslo přílohy	Revize
Závěrečná zpráva	-	0

Obsah

1	ÚVOD.....	5
1.1	Zájmová oblast.....	5
1.2	Dešťové události 10.5.2020 a 14.8.2020	6
1.3	Klimatická změna	6
2	CÍLE STUDIE	8
3	METODIKA	9
1.1.	Metodika simulace přívalových srážek	9
1.2.	Principy řešení adaptace na přívalové srážky.....	10
4	PODKLADOVÁ DATA	11
4.1	1D Simulační model	11
4.2	GIS.....	12
4.3	Komořanský a Cholupický potok	13
4.4	Srážková data	13
4.5	Fotodokumentace a videodokumentace	15
4.6	Digitální model terénu	16
4.7	Další podklady.....	17
5	ÚPRAVA SIMULAČNÍHO MODELU	20
5.1	Implementace Komořanského potoka	20
5.2	Implementace dešťové kanalizace a retenčních objektů v nové zástavbě	22
5.3	Výsledná podoba simulačního modelu	24
6	KALIBRACE SIMULAČNÍHO MODELU	27
6.1	Sběr kalibračních dat.....	27
6.2	Kalibrační dešťové události	27
6.3	Stavba 2D simulačního modelu a spojení 1D a 2D modelu	29
6.4	Postup kalibrace.....	32
7	STÁVAJÍCÍ FUNKCE ODVODNĚNÍ MĚSTSKÉ STOKOVÉ SÍTĚ BEZ VLIVU PŘÍTOKU VOD Z EXTRAVILÁNU.....	34
8	FUNKCE ODVODNĚNÍ MĚSTSKÉ STOKOVÉ SÍTĚ S VLIVEM PŘÍTOKU VOD Z EXTRAVILÁNU	35
8.1	Výsledky simulace extrémních historických dešťů	36
8.2	Výsledky simulace návrhových dešťů	39
9	NAVRŽENÁ OPATŘENÍ A SCÉNÁŘE ŘEŠENÍ	43
9.1	Zvolená technická opatření	44
9.2	Tvorba scénářů řešení a úpravy simulačního modelu pro zvolená opatření	47
9.2.1	Scénář SC1.....	47
9.2.2	Scénář SC2.....	48

9.2.3	Scénář SC3.....	49
9.2.4	Scénář SC4.....	51
10	VÝSLEDNÝ NÁVRH ODPOJENÍ A PŘEVEDENÍ SRÁŽKOVÝCH VOD.....	61
10.1	Vyhodnocení pro N10 – 30 min	61
10.1.1	Dešťové koridory	64
10.1.2	Odvodnění nové školy v ul. Do Koutů.....	68
10.2	Vyhodnocení N20-30 min	69
10.3	Vyhodnocení N100 -30 min	72
11	DETAILNÍ ANALÝZA OPATŘENÍ A EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ ŘEŠENÍ.....	75
11.1	Pole „Pod Nouzovem“	75
11.2	Retenční objekty	75
11.3	Komořanský potok.....	80
11.4	Dešťové koridory	83
11.5	Odhad investičních nákladů	85
12	ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ	86
12.1	Závěry	89
13	PŘÍLOHY	90

1 ÚVOD

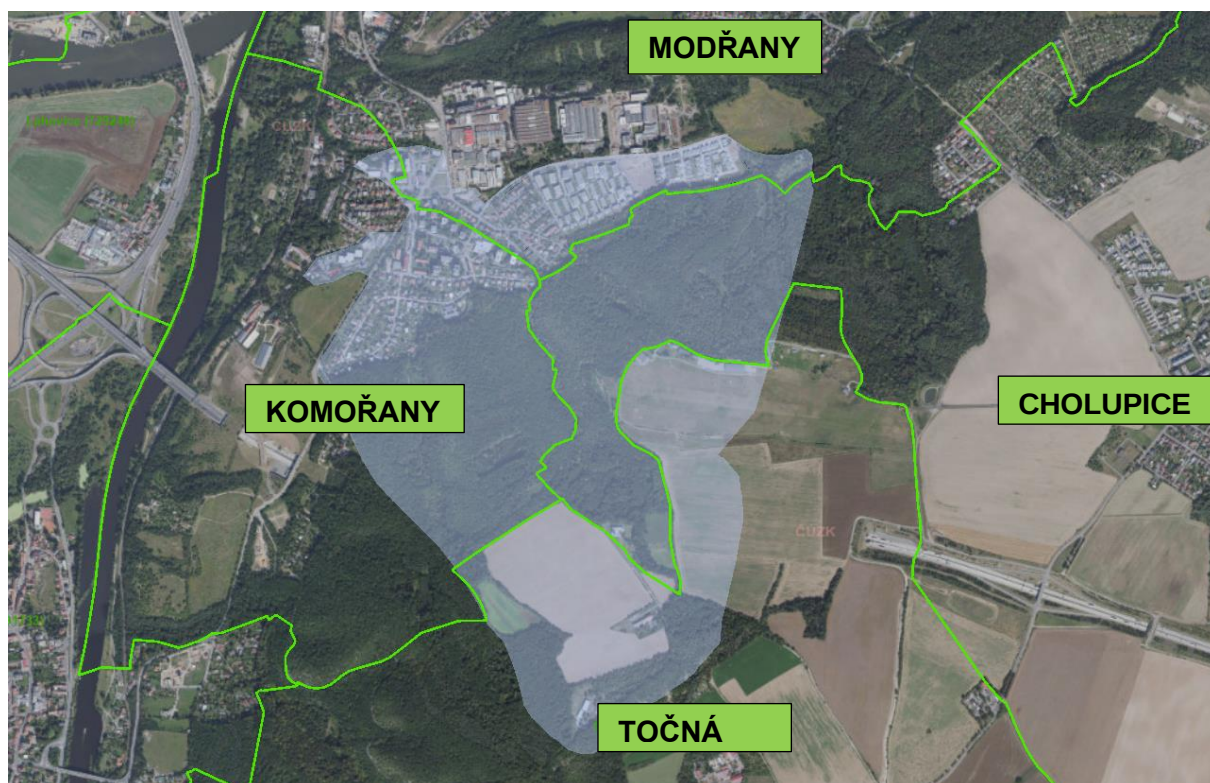
V posledních letech došlo v městské části Praha-Komořany k opakovaným záplavám při silných deštích. Povrchový odtok působil problémy zejména v ulici Do Koutů a v ulici Revoluce. Následně se problémy s přívalovými vodami objevily i v dalších ulicích (Palmetová, Komořanská). Určením příčin výše uvedených záplav a návrhem opatření se zabývá tato studie.

1.1 Zájmová oblast

Stěžejní zájmovou oblastí jsou Komořany (Obr. 1). Tento katastrální celek o rozloze více než 2 km² se nachází na jihu Prahy pod správním obvodem Prahy 12. V Komořanech, ležících na pravém břehu Vltavy, žije necelých 2000 obyvatel. Východní hranici Komořan tvoří Komořanský potok, který území odděluje od Modřan a Cholupic. Obě tato katastrální území (jižní část Modřan a západní část Cholupic) rovněž částečně spadají do analyzovaného celku. Posledním územím, kterého se studie dotýká, je k. ú. Točná. V její severní části se nachází pole „Pod Nouzovem“, které se na povrchovém odtoku v zástavbě také významně podílí (Obr. 2).



Obr. 1 Katastrální území Komořany v ORP Praha



Obr. 2 Katastrální celky v analyzované oblasti

Komořany jsou důležitým dopravním uzlem. Územím prochází jednak frekventovaná komunikace v Komořanské ulici a také je jím vedena železniční trať se zastávkou Praha –

Komořany vedoucí do Vraného nad Vltavou. V ulici Na Šabatce nachází stanice ČHMÚ a Komořanský zámek.

Pro celé povodí je typická velká svažitost terénu. V horní části ulice Revoluce na hranici mezi zástavbou a lesním pozemkem je nadmořská výška 244 m n.m. Z ulice Revoluce vede komunikace až do ulice Komořanská (219 m n. m). Průměrný sklon je v této ulici cca 5 %. Velké sklony tak navíc komplikují průběh záplavy vysokými rychlostmi proudění. Ještě většího průměrného sklonu dosahuje povodí v extravilánu. Příkladem je průměrná svažitost na lesním pozemku mezi polem „Pod Nouzovem“ a hranicí intravilánu v ul. Palmetová, a to přibližně 11 %.

1.2 Dešťové události 10.5.2020 a 14.8.2020

V roce 2020 došlo ke dvou významným srážkovým událostem, které zapříčinily povrchový odtok v ulici Do Koutů, a to dne 10.5.2020 a 14.8.2020. Tyto události nebyly ojedinělé. Přestože je v oblasti nové zástavby navržena oddílná dešťová kanalizace a objekty pro retenci srážkových vod s regulovaným vypouštěním, opakovaně došlo k záplavě vedoucí z ulice Do Koutů. Záplava pokračovala směrem dolů přes ulici Revoluce, dále přes ulici Komořanskou a pokračovala do ulic Okružní, U Vlečky, U Skladu až k Vltavě.

Srážková událost dne 10.5.2020 byla zachycena nejen na srážkoměrné stanici v Komořanech, ale i na okolních stanicích – V Radotíně a Kamýku.

- 1) D09 – Radotín v 14:20 h max. intenzita 88 mm/hod
- 2) D_P1PKOM01 – Komořany ve 14:43 max. intenzita 60 mm/hod (nejbližší stanice)
- 3) D16 – Kamýk ve 14:36 h max. intenzita 107 mm/hod

Jedná se o cca 30 minutou srážku s průměrnou intenzitou 64 l/s/ha na nejblíže stanici. Podle čáry náhradních intenzit se jedná o srážku s průměrnou dobou opakování menší než 2 roky.

Při události 14.8.2020 byl nejvyšší úhrn naměřen na stanici Kamýk. Na ostatních stanicích se déšť objevil s nižší intenzitou.

- 1) D09 – Radotín v 15:39 h max. intenzita 19 mm/hod
- 2) D_P1PKOM01 – Komořany v 16:00 max. intenzita 42 mm/hod (nejbližší stanice)
- 3) D16 – Kamýk ve 16:01 h max. intenzita 208 mm/hod

Tato srážka byla vyhodnocena také jako méně než dvouletý déšť, pokud je uvažována nejblíže stanice přímo v Komořanech s celkovým úhrnem 5.4 mm a dobou trvání 40 min.

Z naměřených hodnot vyplývá, že se nejedná o typické přívalové srážky. Ve studii jsou proto posuzovány nejen srážkové vody, které spadnou na území zástavby a na které je oddílná kanalizační soustava navržena, ale je uvažován i potenciální nátok vod z celého povodí včetně vod z extravilánu.

1.3 Klimatická změna

Změnou klimatu se společnost zabývá již mnoho let. V dnešní době panuje prakticky shoda nejen o její existenci, ale i o významném vlivu antropogenní činnosti na její rozvoj. Existuje jasná korelace mezi vlivem lidské činnosti od počátku průmyslové revoluce v polovině devatenáctého století až do současnosti a mírou oteplování planety. V roce 2021 byl potvrzen nárůst globální teploty o 1 stupeň Celsia za posledních sto let. Přesto, že tato hodnota v člověku na první pohled nevyvolává obavy, jedná se o významný nárůst, protože mění celkovou dynamiku globální cirkulace vzduchu na planetě. To s sebou přináší v podmínkách

střední Evropy významné důsledky nejen v podobě růstu letních teplot a dlouhých období sucha, ale i na to navazující přívalové deště a zvýšený výskyt výrazné větrné činnosti (orkány, tornáda). Na globální úrovni pak hraje dále významnou roli růst hladiny světových oceánů v důsledku tajících ledovců, oteplování mořských vod zvýšenou absorpcí slunečního záření a mnoho dalších jevů, které ve svém součtu tvoří dominový efekt pro nestabilitu klimatu (více www.IPCC.ch).

Možnosti ochrany společnosti před důsledky klimatické změny je možno vidět ve dvou strategických směrech. Tím prvním je tzv. mitigační (zmírňovací) strategie, která je zaměřena na redukci skleníkových plynů jako příčiny nástupu změny klimatu. Druhým směrem je adaptační strategie zaměřená na adaptaci společnosti a jejích funkcí a procesů na důsledky změny klimatu.

Problematika přívalových dešťů a adaptace měst na ochranu před jejich důsledky se začíná v posledních několika letech řešit v celé Evropě. Přívalové deště v důsledku extrémních suchých období nabírají na intenzitě a tento trend bude trvat i nadále v důsledku probíhající změny klimatu. Výsledky klimatických modelů odhadují nárůst intenzity přívalových dešťů do roku 2100 (Klimatický Faktor) v podmínkách ČR okolo 20-40 %. Tento fakt s sebou přináší vzrůstající zájem měst a obcí na ochraně městské infrastruktury před přívalovými dešti ruku v ruce s konceptem hospodaření s dešťovou vodou v obdobích sucha. Je přitom jasné, že stávající kanalizace nemůže pojmout objemy vod z těchto extrémních srážek a také není možné stávající jednotnou nebo dešťovou kanalizaci dále rekonstruovat. Jedinou možnou adaptací města na takovéto extrémní situace je manipulace s dešťovými vodami (transformace, retence, retardace, přesměrování atd.) na povrchu povodí.

Skutečností je, že extrémní události není v principu možné předvídat. I přesto je ovšem možné se na tyto události připravit. S využitím simulačních modelů lze příchod takovéto extrémní situace nasimulovat a vyhodnotit potenciální dopady. Navíc, při znalosti důsledků přívalové srážky na jednotlivé lokality v městě (směr proudu vody, lokální deprese vyplněné vodou, zasažená infrastruktura atd.) můžeme ve smyslu výše uvedeného přístupu navrhnout opatření pro adaptaci města na příklad s pomocí přesměrování proudu vody, zpoždění a redukci objemu vod atp. a tím je možno připravit (adaptovat) danou lokalitu na příchod extrémní události tak, aby došlo k minimalizaci škod a k ochraně městské infrastruktury a majetku obyvatel.

2 CÍLE STUDIE

Problémy s odvodněním srážkových vod v ulici Do Koutů a Revoluce se opakují a působí materiální škody a komplikace v dopravě. Cílem studie je nalézt hlavní příčiny a následně definovat technické řešení, které odstraní problémy nejen v této lokalitě, ale i v dalších oblastech intravilánu Komořan, které se v průběhu zpracování projektu projeví jako problematické.

Prvním krokem pro vyřešení nedostatků odvodnění je analýza odtokových poměrů v zájmové oblasti zaměřená na:

- a) Možnost využití prvků hospodaření s dešťovou vodou (HDV) na redukci přímého odtoku srážkových vod do místní kanalizace
- b) Možnost eliminace přetížení stokové sítě pomocí přepojení sítě a umístění retencí na kanalizaci
- c) Možnost zachycení – odklonění povrchových přívalových srážek natékajících z extravilánu obce
- d) Možnost vybudování koridoru pro bezpečné převedení srážkových vod během extrémních srážkových událostí přes zasažené území
- e) Možnost ochrany objektů přilehlých komunikacím před důsledky přívalových srážek v podobě lokálních zátop a minimalizaci škody na majetku

Zpracování studie bylo provedeno v rozsahu následujících parametrů řešení.

- a) Studie řeší odezvu povodí pro návrhové a posudkové srážky GOHMP a dále pro srážku ze dne 10.5.2020 a 14.8.2020, při kterých došlo k lokální záplavě v ulicích Revoluce a Do Koutů
- b) Studie využívá výše popisované možnosti s cílem:
 - i. Zajistit odvodnění srážkových vod pomocí prvků HDV
 - ii. Zadržet srážkové vody v území především v povrchových retencích a navrhnout jejich bezpečné převedení do Cholupického a Komořanského potoka, případně postupné řízené vypouštění akumulovaných srážkových vod zpět do oddílné kanalizace
 - iii. Zajistit bezpečný průchod srážkových vod Cholupickým a Komořanským potokem nebo dešťovými koridory do Vltavy
- c) Studie je zpracována s využitím jednorozměrného a dvourozměrného simulačního modelu kanalizační sítě a dále s využitím jednorozměrného a dvourozměrného simulačního modelu zájmového území
- d) Studie respektuje postupy návrhu prvků HDV podle Standardu HDV, Pražských stavebních předpisů a Městských standardů
- e) Pro jednotlivé návrhy řešení bude zpracován odhad investičních nákladů

V rámci řešení jednotlivých variant jsou vytipovány i prostory pro umístění suchých poldrů na přítoku srážkových vod z povodí extravilánu do intravilánu, především z přilehlého lesa. Výsledkem studie je analýza vlivu navržených opatření na odtokové poměry v oblasti.

3 METODIKA

Přístup k simulaci lokálních záplav při extrémních deštích se liší od simulací běžných dešťů s nižší srážkovou intenzitou. Základním předpokladem při simulaci takové události je fakt, že u přívalových dešťů a dešťů extrémních dochází postupně k odtoku srážkových vod z celého povodí, a ne pouze z nepropustných ploch daného povodí. Další důležitou skutečností je to, že stávající 1D simulační model používaný v ČR pro řešení generelů odvodnění nepodává dostatečně jasnou informaci o výronu vod z městské kanalizace a o jejich následném transportu po povrchu intravilánu. Z tohoto důvodu je třeba celé řešení rozšířit o 2D simulační model proudění vody po povodí. Propojením 1D a 2D simulačního modelu lze pak získat poměrně přesnou informaci o ohrožení plynoucím nejen z přetížení stokové sítě a výronu odpadních vod na povrch v intravilánu, ale i nátoku vod z extravilánu v důsledku průchodu extrémních srážek. Pro tento účel je proto ve studii použit 1D simulační model MikeUrban a 2D simulační model Mike21 v konfiguraci zvané MikeFlood. Jejich kombinací získáme ucelenou představu nejen o směru a rozsahu povrchového odtoku, ale také o kulminačních průtocích v zájmových profilech na povodí Komořan.

1.1. Metodika simulace přívalových srážek

Při standardním řešení generelů odvodnění je nedílnou součástí prací na stavbě simulačního modelu jeho kalibrace (a případně verifikace). V praxi kalibrace spočívá v tom, že na základě měřených dat srážek, průtoků, hladin a rychlostí dochází k úpravě hodnot parametrů modelu. Těmito parametry jsou hlavně velikost nepropustné plochy a počáteční ztráta nepropustných ploch, neboť tyto hodnoty charakterizují velikost výsledného odtoku z dílčího povodí. V rámci kalibrace je tak redukována hodnota velikosti nepropustných ploch (tzn. skutečná velikost nepropustných ploch zjištěná analýzou na povrchu) redukčním součinitelem (koeficientem s rozsahem 0-1) a případně je upravena i hodnota počáteční ztráty (obvykle používaná základní hodnota počátečních ztrát je pro nepropustné plochy 0,6 mm) tak, aby výsledná křivka průtokového hydrogramu v místě měření spočítaná v modelu v rámci simulace dané dešťové události odpovídala hodnotě průtokového hydrogramu z měření pro tuto událost. Tento postup je plně v souladu s principy kalibrace popsány v literatuře a zajišťuje stejnou odezvu modelu na vnější podnět (srážku) jako je v reálném systému. Při tomto postupu jsou nicméně potlačeny dva spolu související podstatné aspekty.

- Prvním z nich je v literatuře citovaný fakt, že simulační model podává přesné výsledky jen v rámci rozsahu kalibrace. Pro větší než kalibrační deště vzniká menší nebo větší nejistota co do přesnosti výpočtu (velikosti vygenerovaného srážkového odtoku). To je v literatuře často dokumentovaná informace.
- Druhým faktem je praktický problém kalibrace na „malé“ a „velké“ deště. Je známou pravdou, že je velmi problematické úspěšně kalibrovat model zároveň na malé i velké srážkové události. (Buď je kalibrace úspěšná pro „malé“ nebo pro „velké“, ale ne pro oba typy najednou). Tato skutečnost se většinou obchází volbou kalibrace na „velké“ deště s ohledem na následné úlohy simulačního modelu. Jenže uvedený jev bude pravděpodobně fungovat obdobně i pro extrémní deště, které ale nebyly v rámci časově omezené monitorovací kampaně získány.

Z výše uvedeného vyplývá, že v rámci kalibrace je vždy nastavena velikost nepropustných ploch ve vztahu k velikosti kalibračních dešťů. Pro dešťové události menších intenzit a úhrnů je tato plocha malá (malé hodnoty redukčního součinitele) zatímco pro větší srážkové události je celková nepropustná plocha větší. To je pravděpodobně důsledkem situace, kdy postupně

začíná přitékat voda i z polopropustných a propustných ploch, které ovšem při menších deštích k odtoku nepřispívají.

Je zřejmé, že určitá část srážkových vod se do kanalizace nedostane v důsledku hydraulických problémů uličních vpustí, nepřesností při vyspádování povrchu atd., nicméně velikost srážkové události hraje významnou roli při určení velikosti nepropustných ploch (tj. ploch ze kterých dochází k nátku do stokového systému). Velikost nepropustných ploch tedy není konstantní, ale mění se s velikostí deště (a samozřejmě v závislosti na hydrologických podmínkách povodí před příchodem deště). Problém pak nastává při zatížení modelu kalibrovaného na „malé“ srážky srážkovými událostmi „velkými“. Simulační model používá pro další výpočty a analýzy velikost nepropustné plochy stanovenou podle kalibrace jako konstantní hodnotu. 1D simulační model tak může podávat pro velké deště podhodnocené výsledky srážkového odtoku oproti realitě, pokud je zkalibrován právě na deště s nízkou intenzitou.

Z výše uvedeného plyne, že existuje vztah mezi velikostí kalibračního deště a celkovou nepropustnou plochou srážko-odtokového simulačního modelu. S ohledem na výše uvedené pak lze předložit další aspekt řešení srážkového odtoku. Tento fakt hraje důležitou roli při řešení simulace přívalových a extrémních dešťů pomocí 1D a 2D simulačních modelů

- Pro velké, přívalové nebo extrémní deště bude nakonec přispívat ke srážkovému odtoku celá plocha dílčího povodí, a to včetně propustných ploch. Tuto skutečnost je zapotřebí při nastavení hydrologických parametrů v rámci 1D modelu zahrnout.

1.2. Principy řešení adaptace na přívalové srážky

Základní premisy adaptace měst na přívalové srážky jsou následující:

- Stávající infrastruktura pro odvodnění měst je schopna odvodnit 2leté, popřípadě až 10leté deště
- Stávající infrastruktura neposkytuje mnoho možností pro zkapacitnění městského odvodnění
- Extremičita srážek bude v následujících desetiletích dále růst.

Z tohoto hlediska je nutné intravilán města adaptovat na přívalové srážky pomocí alternativních opatření. Ochrana proti přívalovým deštům může být zajištěna vybudováním nových prvků infrastruktury na povrchu, které mohou plnit i další funkce, např. funkci estetickou, funkci volnočasovou nebo mohou sloužit pro zlepšení mikroklimatu v daném místě. Případně mohou být navrženy takové prvky, které zajistí alespoň částečnou redukci povrchového odtoku či jeho bezpečné provedení do oblastí, kde nebude působit škody na majetku dešťovými koridory.

4 PODKLADOVÁ DATA

4.1 1D Simulační model

Nezbytným podkladem pro zpracovaný projekt „Studie odpojení a převedení srážkových vod v povodí MČ Praha 12 – Komořany“ je 1D simulační model Mike Urban poskytnutý zadavatelem projektu (Obr. 3). Jedná se o vstupní podklad pro analýzu srážko-odtokových procesů (pomocí Time-Area metody) v městském prostředí.

Pro potřeby konkrétního záměru v zájmové lokalitě, tj. simulace rozlivu extrémních srážek v oblasti Komořan, byl 1D model upraven. Tento propojený systém v 1D modelu reprezentuje vnitřní chování stokové sítě při zatížení srážkovou událostí z hlediska hydrodynamiky, ovšem nedokáže již popsat chování té složky vody, která se po naplnění kapacity stokové sítě následně dostává z šachet na zemský povrch. Z tohoto hlediska je pro potřeby studie využití pouhého 1D modelu nedostatečné a je nutné vytvořit spojený 1D+2D simulační model, jehož stavba je popsána v kapitole 5 Stavba modelu. Dále je v této kapitole popsán detailní postup veškerých dalších úprav simulačního modelu, například rozšíření modelu o povodí extravilánu, začlenění stávajících prvků hospodaření s dešťovou vodou a další.



Obr. 3 1D Simulační model poskytnutý pro danou studii

Přijatý 1D simulační model s celkovou plochou povodí 875 ha obsahuje 3 144 šachet, 3 195 úseků stok a 55 výustních objektů. Z hlediska strukturálních dat je model zcela v pořádku. Prvky obsahují veškeré potřebné informace, tj. výšky poklopů, dna šachet, rozměry a materiál úseků kanalizace. Model kanalizace byl plně funkční a připravený pro následující úpravy.

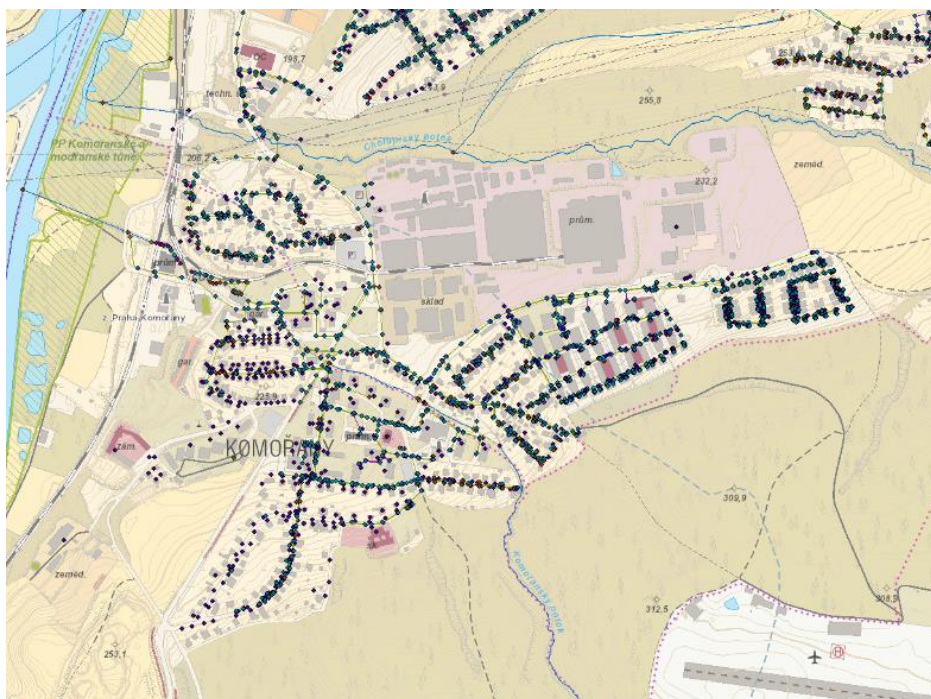
Původní simulační model pokrývá několik katastrálních území. Jedná se o Komořany, Cholupice, Písnice, Libuš, Modřany, Kamýk, Hodkovičky a malá část povodí se nachází i na území Kunratic, Braníku a Lhotky.

Pro účely studie je využito pouze povodí ležící v katastrálním území Komořany o ploše cca 27 ha, které je modře vyznačeno na obrázku výše. Povodí intravilánu Komořan se skládá z 69 okrsků. Pro simulaci chování stokového systému byla použita počáteční ztráta 0.9 mm bez dodatečné redukce (RF 1).

Jak již bylo zmíněno v úvodu studie, terén v zástavbě je poměrně svažité. Stejně tak je svažité povodí extravilánu nad uvažovaným územím, které přispívá k povrchovému odtoku v intravilánu. Z toho důvodu bylo zapotřebí simulační model rozšířit o povodí extravilánu nad posuzovaným územím.

4.2 GIS

Mezi další digitální podklady patřila geodatabáze stokové sítě (IPR, PVK), která byly v průběhu projektu zadavatelem aktualizována. Tyto podklady obsahovaly detailní topologické informace o stokové síti a o objektech na síti. Při aktualizaci simulačního modelu byly využity informace o výškovém uspořádání povrchu a dna šachet, velikosti, sklonu a materiál potrubí a model byl doplněn rovněž o nové úseky kanalizace, které ve stávajícím modelu nebyly doposud zahrnuty (Obr. 4).

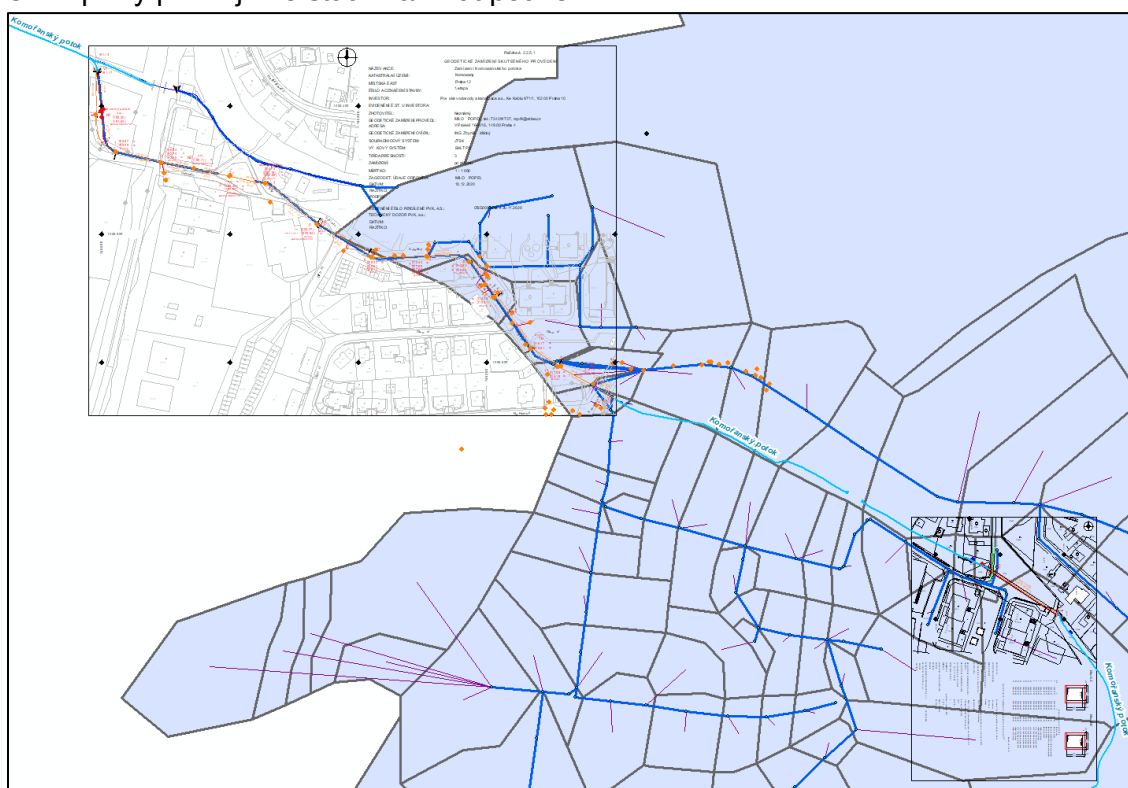


4.3 Komořanský a Cholupický potok

Zájmovým územím protékají dva malé vodní toky, Komořanský a Cholupický potok. Vzhledem k tomu, že již od počátku je záměrem studie maximální zadržení srážkových vod v území a následně bezpečné převedení těmito toky, je nutné vodoteče zahrnout do modelu a následné simulace.

K Cholupickému a Komořanskému potoku byly získány jak digitální poklady se zahrnutým polohopisem, tak i jejich příčné profily mezi jednotlivými úseky. Komořanský potok je pro tuto studii stěžejní vodotečí nacházející se uvnitř oblasti, a proto byly jeho chybějící úseky do simulačního modelu na základě dostupných podkladů doplněny. U zatrubněných částí toku, které již zahrnuty byly, došlo k dílčím úpravám dle podkladů (Obr. 5).

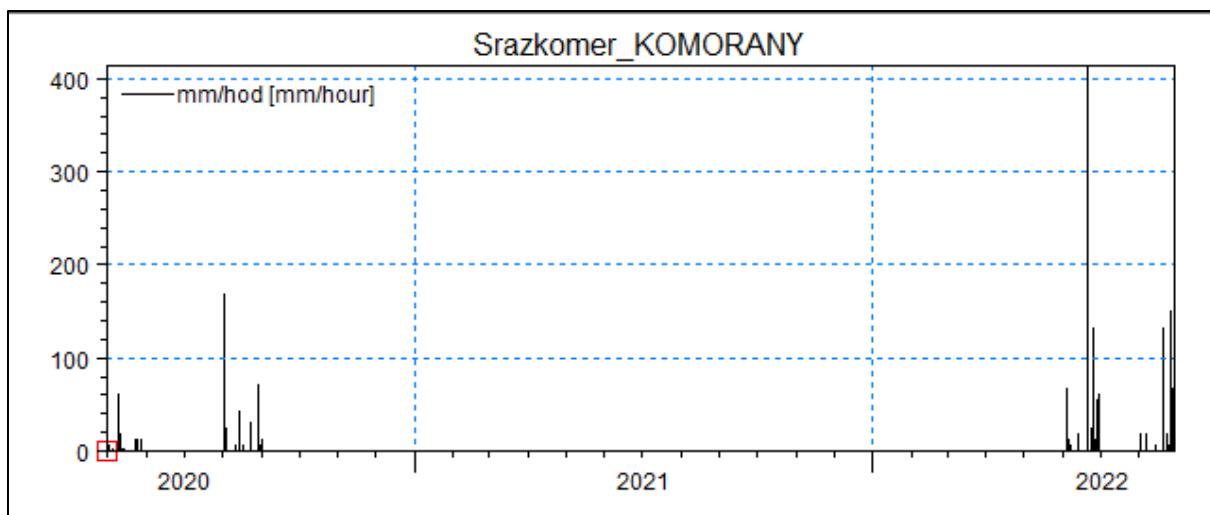
Vzhledem k faktu, že převážná většina přívalových vod dotéká do Komořanského potoka, Cholupický potok je ve studii zahrnut pouze bilančně.



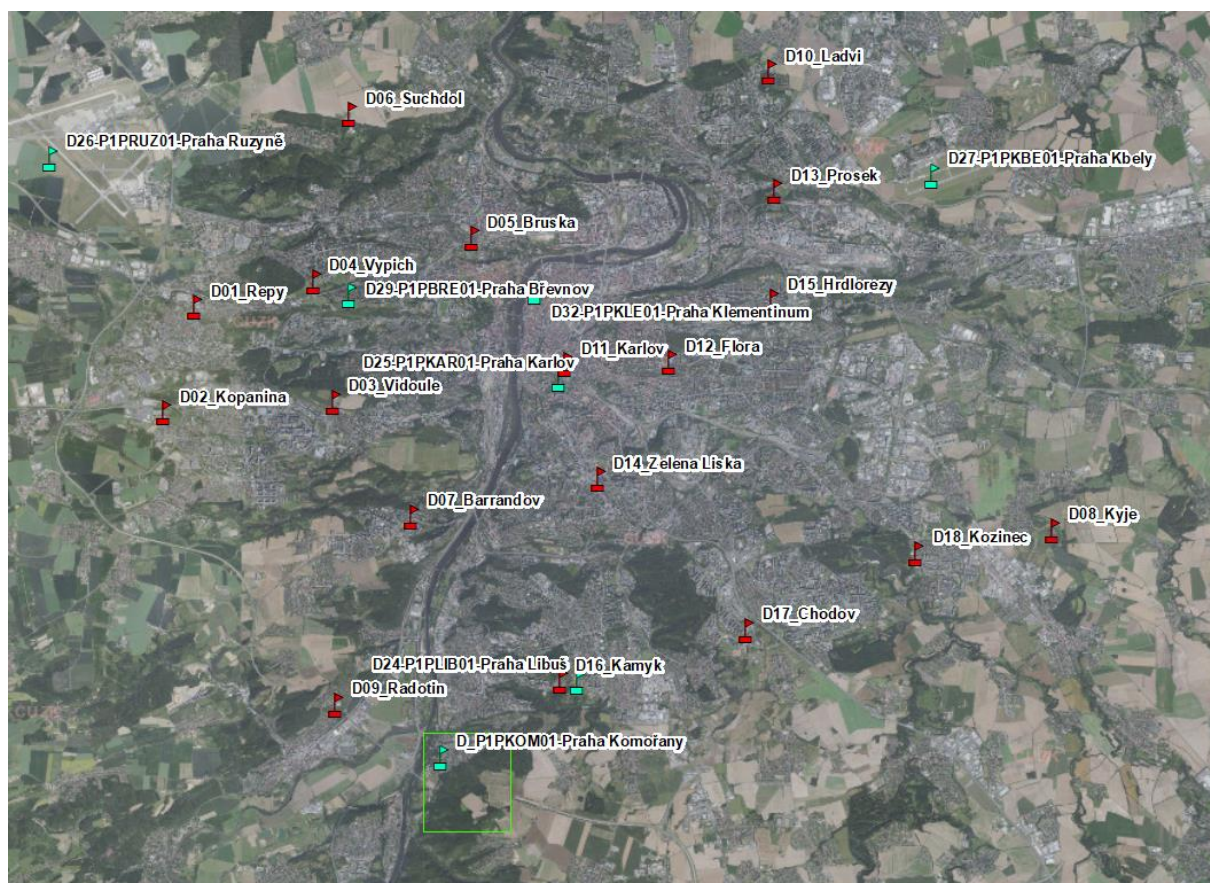
Obr. 5 Topologie zaměřených profilů Komořanského potoka

4.4 Srážková data

Okrajovou podmínkou při simulaci srážko-odtokové události jsou data o srážkách. V hl. m. Praze a blízkém okolí je instalováno 23 srážkoměrných stanic ve vlastnictví PVS a.s. a 12 stanic, které provozuje ČHMÚ. Při události lze využít informace v podobě srážkových intenzit konkrétního srážkoměru nebo i jejich kombinací. V této studii je nejrelevantnější stanice přímo v Komořanech (ČHMÚ), jejíž data byla pro účely studie poskytnuta ve formě dlouhodobých srážkových řad. Jedná se o rok 2020 a 2022, kdy došlo v Komořanech k záplavovým událostem. Na Obr. 6 jsou patrné srážkové úhrny s vysokou intenzitou (mm/hod), které tyto záplavové události způsobily.



Obr. 6 Srážková časová řada ze stanice ČHMÚ – Komořany pro události z r. 2020 a 2022

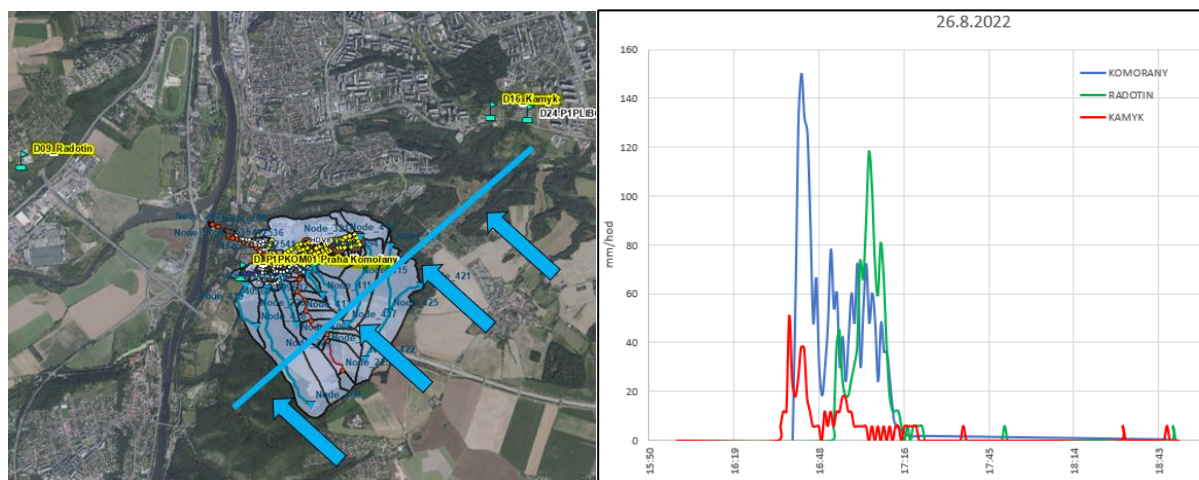


Obr. 7 Srážkoměrné stanice PVS (červeně) a ČHMÚ (Modře) v hl. m. Praha vč. vyznačení zájmové lokality (Zeleně)

I přesto, že při simulaci dešťových událostí byla využita data ze srážkoměrné stanice Praha Komořany, pro doplňkové analýzy byly posuzovány i další blízké stanice – Radotín a Kamýk. Díky měření srážkové intenzity v čase i na okolních stanicích bylo možné vyhodnotit, jakým směrem a v jaké intenzitě se daná srážková událost posouvala.

Příkladem je událost ze dne 26.8.2022, kde je vzhledem k umístění stanic patrné, že událost procházela směrem od jihovýchodu k severozápadu. Nejvyšší intenzity dosáhla právě na území Komořan a Radotína, v nižší míře zasáhla i Kamýk (Obr. 8). Stejným způsobem jsou vyhodnoceny všechny další významné srážkové události. Z analýzy vyplývá, že od

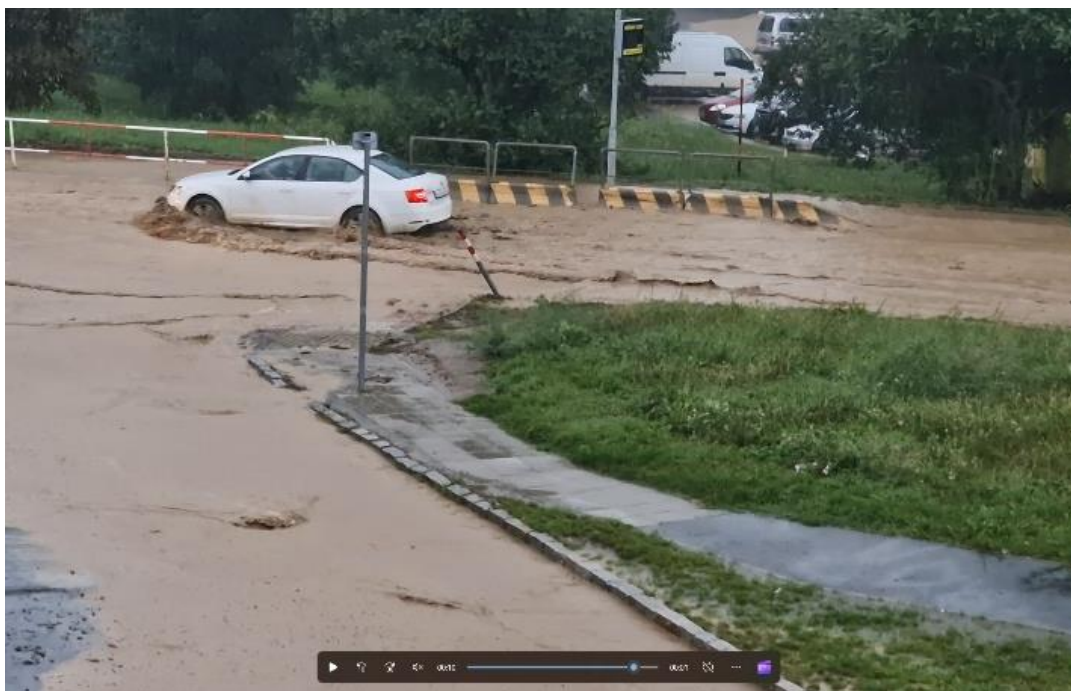
jihovýchodu procházela i událost ze dne 19.8.2022. Ze severu či severovýchodu procházely srážky dne 10.5.2020 a 14.8.2020. Od východu na západ procházela událost dne 24.6.2022.



Obr. 8 Intenzita a směr průchodu srážkové události dne 26.8.2022

4.5 Fotodokumentace a videodokumentace

Bez znalosti rozlivu záplav při extrémních srážkových událostech by nebylo možné správně zkalibrovat model. Významným podkladem byla tedy kromě ústních informací získaných od místních obyvatel fotodokumentace a videodokumentace. Z mnoha zdrojů (PVS, MěÚ Praha 12, obyvatelé Komořan, zpravodajské servery) byly získány informace nejen o množství a směru vody tekoucí intravilánem, ale i o spolupůsobení vedlejších nežádoucích vlivů, jako je tok bahna v ulicích, ucpání koryta vodoteče splaveninami z lesa nebo i nevhodně umístěné a zahlcené dešťové vpusti.

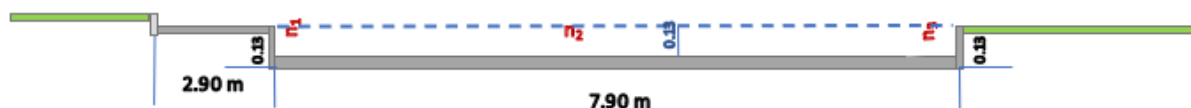


Obr. 9 Fotodokumentace záplavy po srážkové události v ul. Komořanské



Obr. 10 Ucpané koryto Komořanského potoka v zahradách u ul. Revoluce

Na základě znalosti maximální výšky hladiny a rozměrů profilů ze zaměření při rekognoskaci terénu bylo možné odhadnout hodnoty maximálních průtoků a proteklých objemů. Bez těchto hodnot by nebylo možné nastavení simulačního modelu verifikovat.



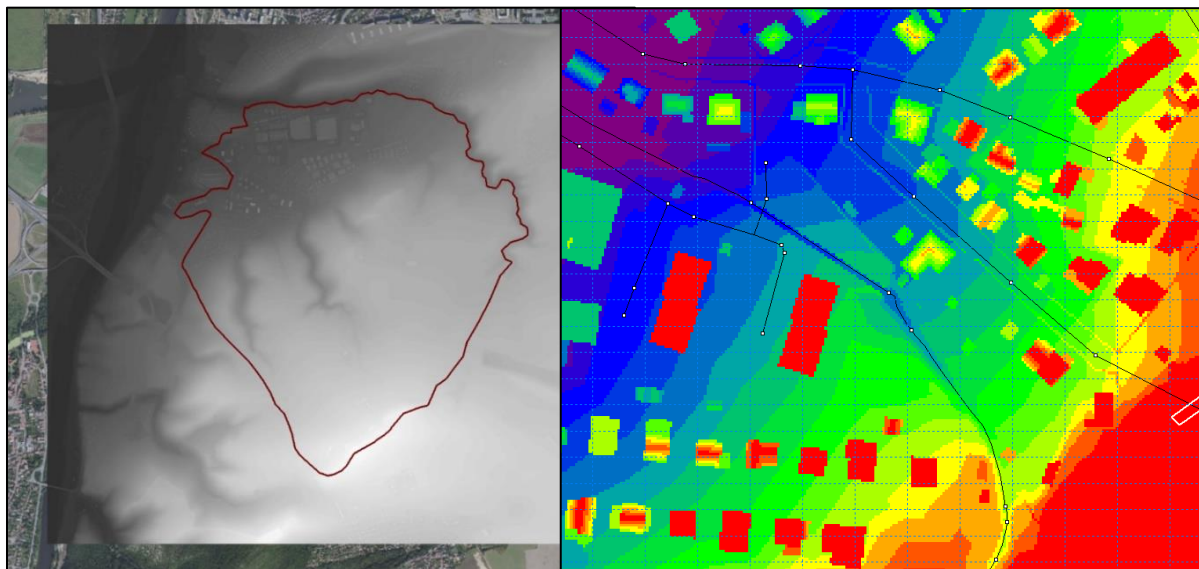
Obr. 11 Náskres příčného profilu v ul. Komořanská

4.6 Digitální model terénu

Pro analýzu rozlivu extrémní srážkové události v lokalitě Praha – Komořany bylo do spojeného 1D+2D modelu využito digitálního modelu terénu, a to vrstvy „Terén a budovy – absolutní nadmořské výšky“. Jedná se o veřejně přístupná data, které lze získat na geoportálu Prahy (IPR). Vzhledem k tomu, že se jedná o rastr, který zahrnuje i výškové uspořádání zástavby včetně budov, v modelu došlo pouze k lokálním úpravám. Zpracovatel doplnil lokality, které byly zastavěny až po r. 2018 (poslední aktualizace vrstvy k 10. měsíci r. 2018).

Další úpravy byly v digitálním modelu provedeny v místech, kde existuje průchozí koridor pod povrchem terénu, jako je například propustek pod mostní konstrukcí, kudy voda v realitě protéká. Pokud by k úpravě nedošlo, při simulaci rozlivu by byla voda zadržena před touto barikádou. Z tohoto důvodu bylo zapotřebí překážky odstranit.

Digitální model tvoří v propojeném simulačním modelu nedílnou součást. Vrstva má pravidelnou čtvercovou síť s rozlišením 1 x 1 m. Výchozím referenčním systémem modelu je S-JTSK/Křovákovo konformní kuželové zobrazení (East-North). Referenční systém je shodný s referenčním systémem 1D simulačního modelu. Pro účely studie byl použit výřez, zahrnující celou uvažovanou lokalitu. Jedná se celkem o 10 180 702 pixelů (3121 x 3262) o ploše 1 018 ha. Každý prvek má své souřadnice vč. výškového uspořádání. Výřez digitálního modelu uvažované oblasti se pohybuje v rozmezí 193 m n.m. až 388 m n.m.



Obr. 12 DTM Komořan (vlevo) a úprava DTM v místě propustku pod parkovištěm v ul. Na Komořsku (vpravo)

4.7 Další podklady

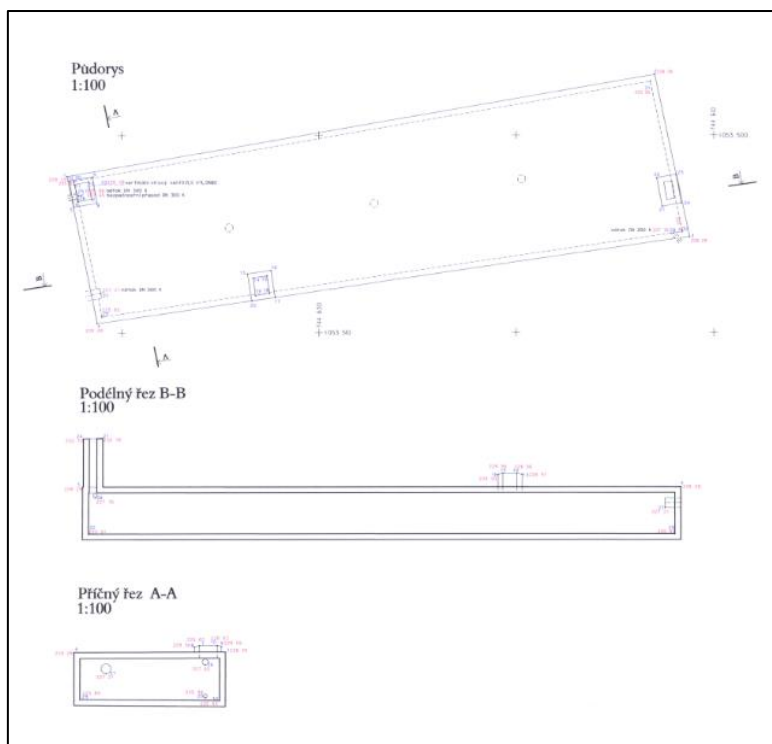
Kromě výše zmíněných základních dat pro stavbu modelu získal zpracovatel doplňkové podklady, které byly při zpracování studie taktéž zahrnuty. Jedná se o následující podklady:

Generel odvodnění hl. m Prahy, II. Fáze – „Modřany – Komořany“

Generel odvodnění byl zpracován v květnu roku 2009 projekční firmou d plus a.s. ve spolupráci s DHI a.s. a Hydroprojekt a.s. V generelu odvodnění byly detailně zpracovány mimo jiné i podélné profily Komořanského potoka, které byly do simulačního modelu zapracovány po jednotlivých úsecích.

Retenční objekt v ul. Do Koutů

V ulici Do Koutů byla vybudována nová retenční nádrž o rozměrech 8 x 30 x 3 m s vírovým regulátorem. Zhotovitelem objektu je GEMO OLOMOUC, spol. s r.o. Retenční objekt byl vybudován a geodeticky zaměřen v roce 2010. Hlavním úkolem nové nádrže je Především má snížení nátoků dešťových vod do stávající dešťové kanalizace DN300 v ul. Do Koutů po napojení nové zástavby nad touto ulicí. Oblast není opatřena vsakovacími HDV prvky jako nová zástavba na východ od ní. Regulovaný odtok je nastaven na 23 l/s. Nádrž je zajištěna bezpečnostním přepadem DN 300 s odtokem do stávající dešťové kanalizace. Na základě technické dokumentace a informací od zadavatele byl tento objekt doplněn do simulačního modelu stávajícího stavu.



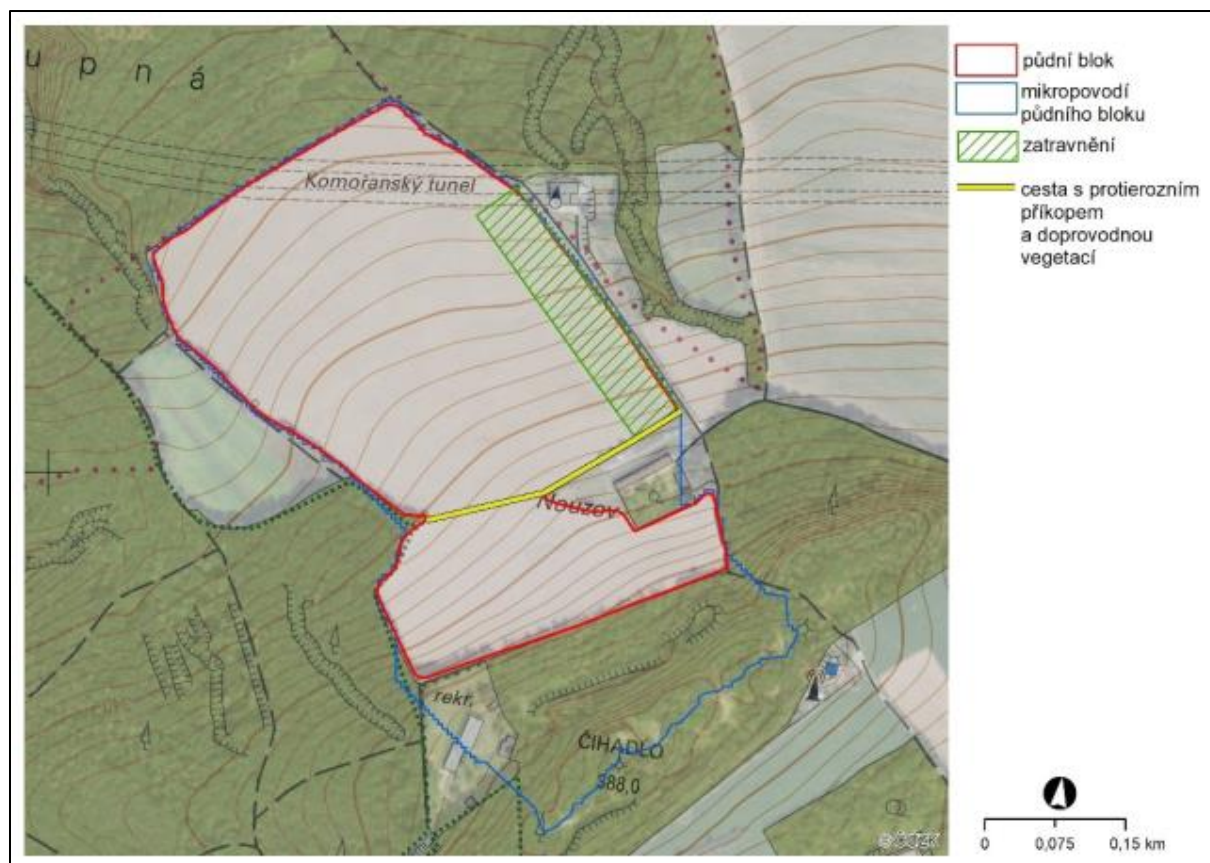
Obr. 13 Projektová dokumentace retenční nádrže v ul. Do Koutů, Komořany

Studie VÚMOP

V průběhu zpracování projektu poskytla zpracovateli MČ Prahy 12 studii „Návrhy opatření pro snížení povrchového odtoku, eroze půdy, zvýšení retence vody a možnosti deponování zemin v lokalitě Nouzov, Praha 12“ zpracovanou VÚMOP, v. v. i. a ČZU v prosinci roku 2022. Výchozí studie byla zaměřena na posouzení odtokových poměrů a koncepční řešení dílčích opatření v území, které je součástí uvažované lokality. Studie také posuzuje možnost deponie zemin. Zpracovatelé studie v dané lokalitě deponii nedoporučují, nicméně za předpokladu splnění určitých podmínek deponie možná je. Ve studii jsou rovněž doporučena opatření na ochranu proti erozi a snížení rychlého povrchového odtoku, a to ve třech scénářích. Jedná se o:

1. Vznik polní cesty, která rozdělí kompaktní blok pole na dvě části společně s protierozním příkopem a doprovodnou vegetací
2. Vznik polní cesty, která rozdělí kompaktní blok pole na dvě části společně s protierozním příkopem a doprovodnou vegetací s částečným zatravněním půdního bloku
3. Celkové zatravnění půdního bloku

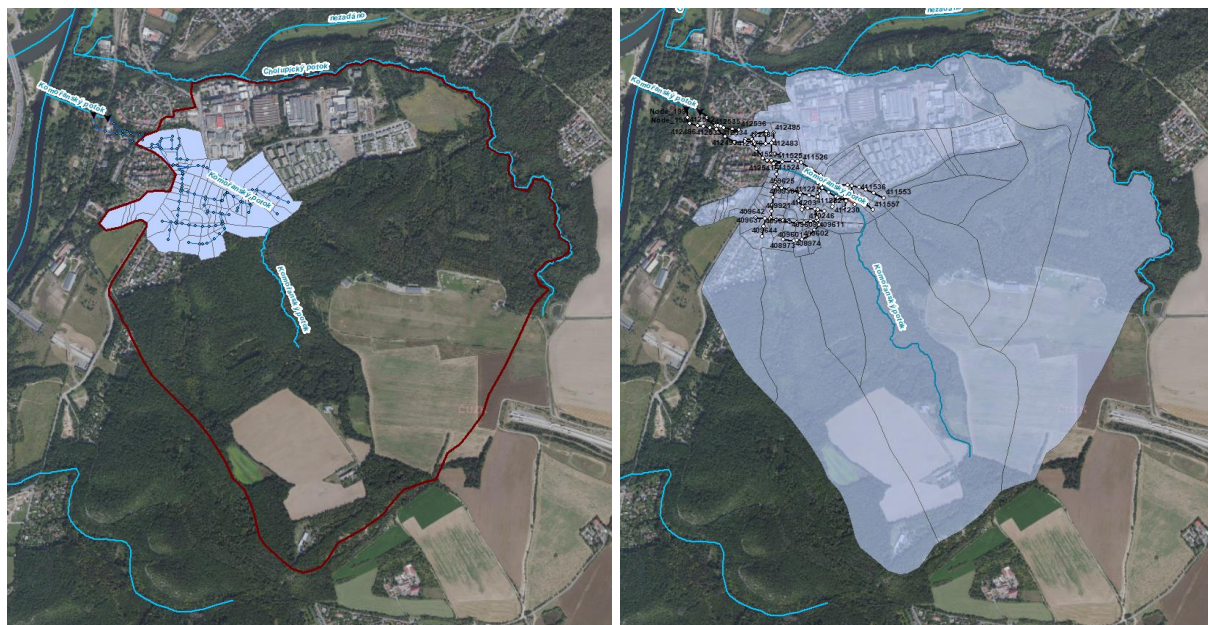
Scénář 2. nejefektivněji redukuje objem rychlého odtoku vody, a to o 75–84 %. Zpracovatel studie „Odpojení a převedení srážkových vod v povodí MČ Prahy 12 – Komořany“ zahrnul toto doporučené koncepční opatření do návrhového stavu, a to redukcí rychlého povrchového odtoku o průměrných 80 % (Obr. 14) Toto bylo projednáno s objednatelem v rámci výrobních výborů a po projednání byla tato redukce povrchového odtoku z extravilánu zahrnuta do „Studie“.



Obr. 14 Doporučené koncepční opatření (Scénář 2) ze studie zpracované VUMOP a ČZU pro Prahu 12

5 ÚPRAVA SIMULAČNÍHO MODELU

Od zadavatele byl přejat simulační model rozsáhlého území části hl. m. Prahy. Pro potřeby studie bylo nutno v první řadě simulační model oříznout pouze na zájmové území Komořan. Simulační model obvykle posuzuje pouze funkci odvodnění srážkových vod v rámci intravilánu území. V této studii byla ovšem požadavkem i analýza nátoků vod z extravilánu, a proto došlo k rozšíření modelu kromě povodí nové zástavby i povodí extravilánu.

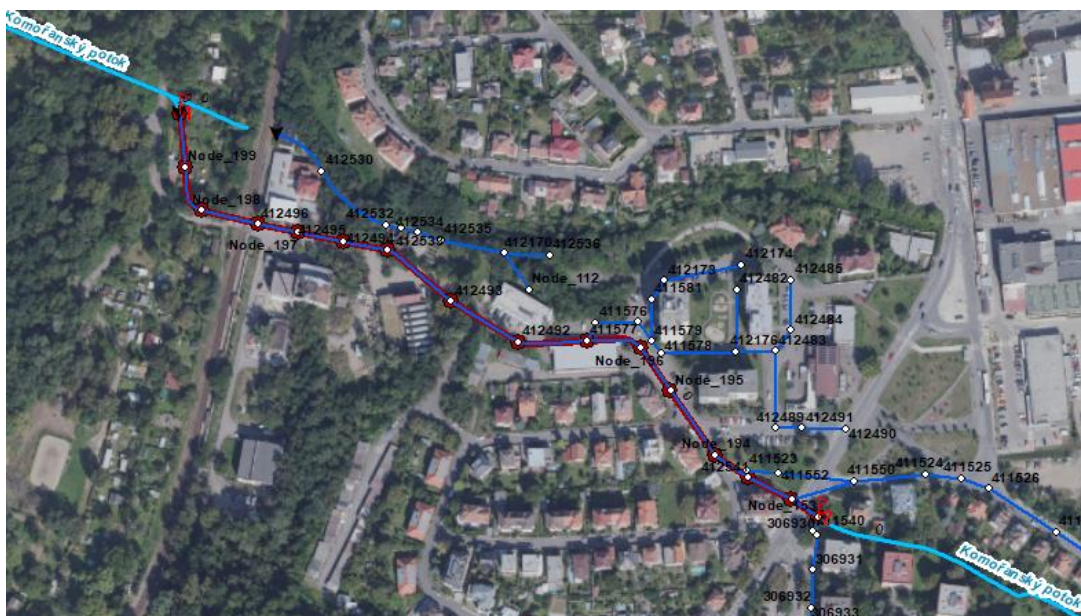


Obr. 15 Simulační model před úpravou (vlevo) a po první úpravě (vpravo)

Díky kombinaci podkladové mapy vrstevnic, digitálního modelu terénu a rekognoskaci terénu získal zpracovatel konkrétnější představu rozložení jednotlivých okrsků povodí a fungování systému povrchového odtoku vody. Postupně tak došlo v simulačním modelu k zpřesnění až do výsledné podoby stávajícího stavu, uvedeném na obrázku Obr. 15.

5.1 Implementace Komořanského potoka

Komořanský potok byl do simulačního modelu implementován v několika postupných krocích. Nejdříve byla importována topologie recipientu. Z geodatabáze přejaté od zadavatele (viz. Kapitola 4 Podkladová data) byla vložena linie koryta zvlášť pro zatrubněnou část toku a zvlášť pro otevřené koryto. Dále byla do modelu doplněna bodová vrstva šachet obsahující informace o jejich výškovém uspořádání.



Obr. 16 Úprava a aktualizace dat zatrubněného úseku Komořanského potoka v simulačním modelu



Obr. 17 Propustek v ul. K Nouzovu s plynovodem

Následně byl upraven tvar otevřeného koryta Komořanského potoka mezi jednotlivými profiley. Jejich příčné profile (21) včetně staničení vychází z podkladu „Schéma vyobrazení vodního toku VS.pdf“. V modelu je otevřený profil následně doplněn tzv. „Sklennými stěnami“, které umožňují provést simulaci i u extrémních průtoků, kde je překročena vlastní kapacita koryta. Jedná se o virtuální stěnu v simulačním modelu, která je kolmá k vodní hladině a vede po celé délce otevřeného profilu. K výronu vody na terén pak v modelu dochází pouze v místě zaměřených profilů – virtuálních šachet.

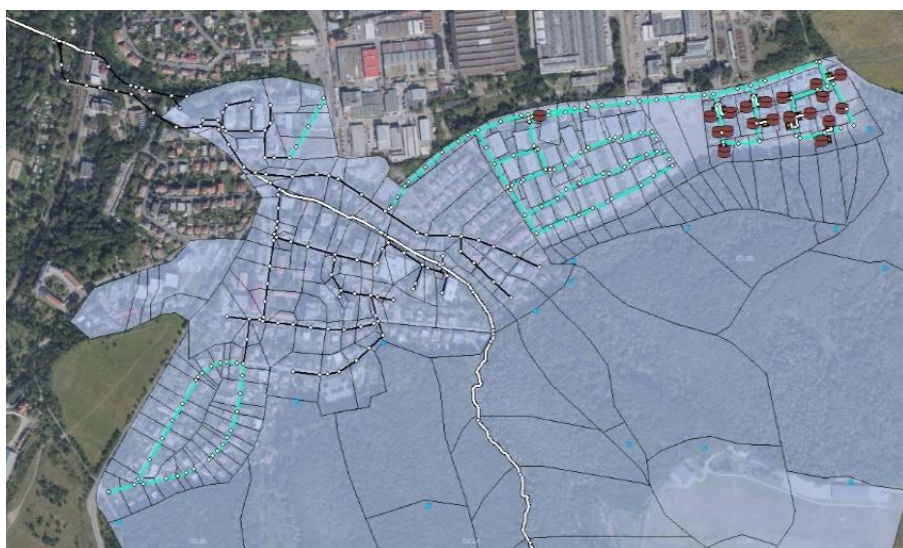
Některé úseky toku procházející zahradami soukromých vlastníků byly do modelu zadány na základě vlastního měření. Při rekognoscaci terénu byly získány rozměry obdélníkového koryta v několika profilech. Rozměry koryta se postupně zmenšují od 1.4 x 1.0 m až po 0.6 x 1.0 m.

Otevřené koryto v zahradách je spojeno propustkem pod silnicí (ul. K Nouzovu), které má kruhový profil DN1100. Při rekognoskaci terénu bylo v propustku zjištěno vedení inženýrských sítí (plynovodu). Toto vedení jednak snižuje průtočný profil a jednak by mohlo být poškozeno při průchodu přívalových srážek. Riziko vzniku poškození může vycházet ze splavování objektů z lesního porostu, jako tomu bylo v historii a jak je patrné na obrázku (Obr. 17). Z důvodu zmíněného rizika by mělo být zváženo jeho přeložení.

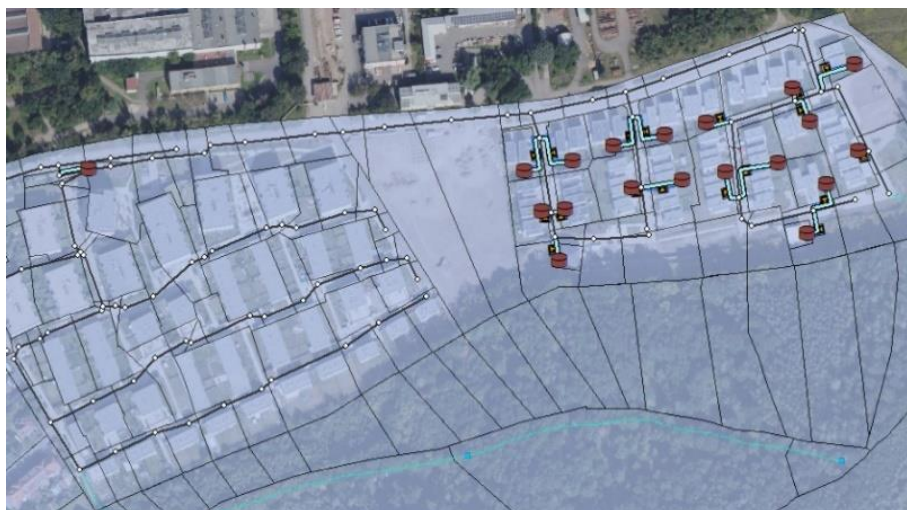
Od ul. Komořanské až po výust za železničním přejezdem byl zatrubněný tok již součástí přejatého 1D simulačního modelu (Obr. 16). V daném úseku došlo k aktualizaci dat výškového uspořádání šachet, materiálu a velikosti potrubí.

5.2 Implementace dešťové kanalizace a retenčních objektů v nové zástavbě

V ulici Do Koutů došlo v posledních letech k vybudování dešťové kanalizace sloužící k odvodnění zdejší nové zástavby. Tato kanalizace byla z geodatabáze (IPR, VaK) importována do simulačního modelu. Některé chybějící úseky byly doplněny manuálně či poloautomaticky z digitálního modelu terénu a jiných digitálních podkladů. Následovalo nastavení parametrů kanalizace, jako je topologie, výškové uspořádání, materiál potrubí, velikost potrubí a další. Pro nově připojenou zastavěnou oblast byly ručně doplněny okrsky s napojením do nejbližších šachet. Hydrologické parametry nových okrsků vycházely jednak z procenta nepropustných ploch v dílčích okrscích a také z již zkalibrovaných hydrologických parametrů stávající zástavby tak, aby generovaly úměrné množství vody. Parametry jsou jednotné pro celou oblast nové zástavby – Doba dotoku k nejbližší šachtě je nastavena na 7 min, počáteční ztráta 1.5 mm a redukční faktor je 0.80.



Obr. 18 Implementace dešťové kanalizace do simulačního modelu v ulicích Do Koutů, Palmetová, Pod Lesem, Komořanská (vyznačeno modře)

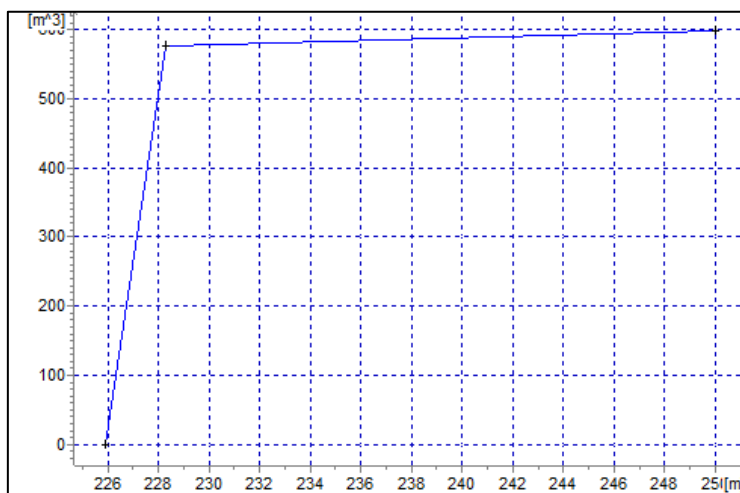


Obr. 19 HDV objekty v nové zástavbě (ul. Do Koutů)

Ve východní části nové zástavby se nacházejí vsakovací retenční nádrže s kapacitním objemem pro déšť s průměrnou dobou opakování 10 let a dobou trvání 30 min. Tyto vsakovací objekty jsou opatřeny regulací odtoku 10 l/(s.ha) z neredukované plochy a v modelu jsou nastaveny jako jednotlivé objekty s vlastní regulací podle standardů hl. m. Prahy vypočítanou pro danou velikost okrsku, kde se nachází.

Dalším realizovaným opatřením na dešťové kanalizaci je nová retenční nádrž „Do Koutů“. Celkový objem objektu je cca 570 m³. Nádrž je opatřena regulací odtoku nastavenou na 23 l/s, kterou zajišťuje vírový regulátor. Nádrž je také zabezpečena přepadovým potrubím DN 300 ve výšce 1.9 m ode dna nádrže. Přepadové potrubí je zaústěno zpět do dešťové kanalizace v ul. Do Koutů.

V posledním kroku při stavbě modelu došlo k začlenění svodnic v extravilánu jako součásti stokové sítě, a to na základě vrstevnic, digitálních podkladů a průzkumu terénu. Důvodem je propojení 1D + 2D modelu i v oblastech nad zástavbou, kde se sice žádná kanalizace nenachází, ale i tam dochází k významnému povrchovému toku vod směrem do zástavby. Vzhledem k tomu, že cílem studie je návrh ochrany před nátokem vod z extravilánu, díky vytvoření spojeného modelu i v oblasti extravilánu dojde k přesnější analýze (průtoků, objemů, rozlivu) těchto vod.

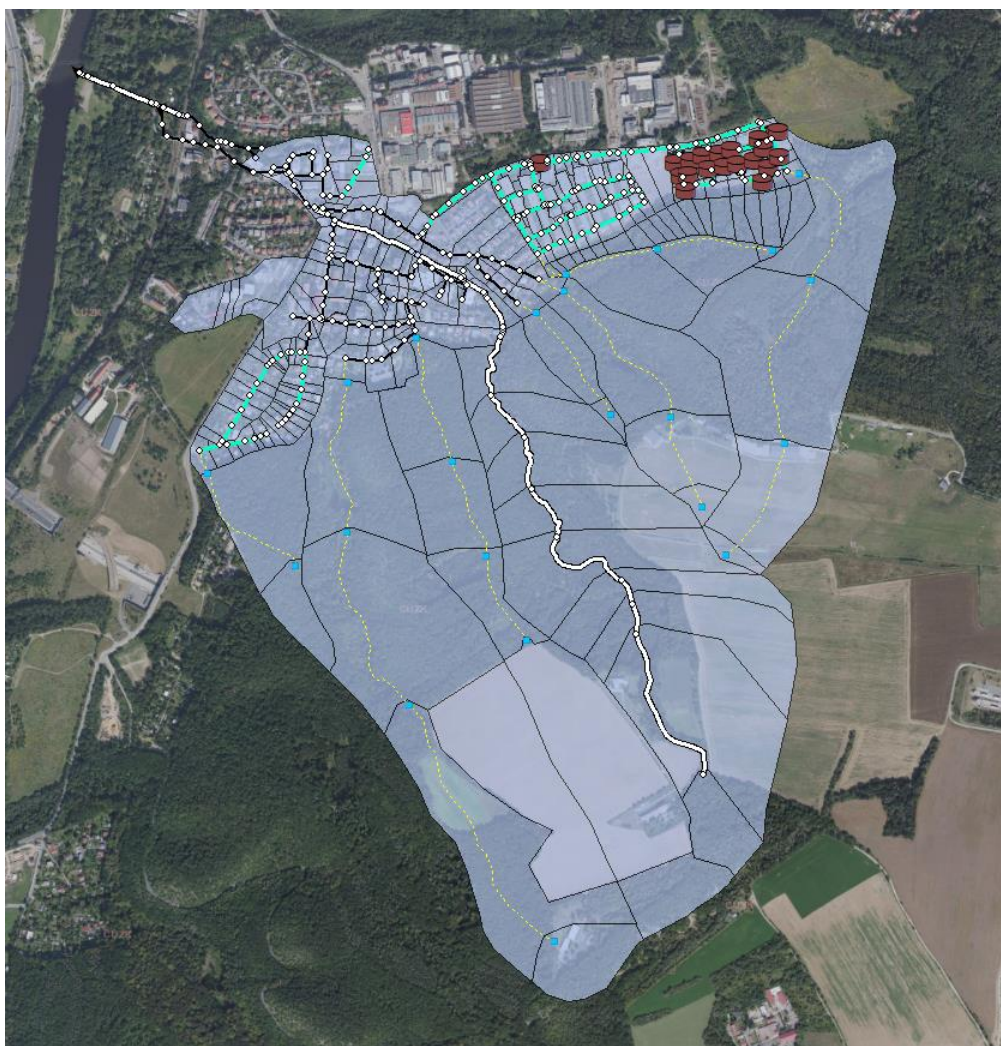


Obr. 20 Čára zatopených objemů retenční nádrže „Do Koutů“

5.3 Výsledná podoba simulačního modelu

Výsledná podoba simulačního modelu stávajícího stavu (Obr. 21) zahrnuje:

- a) Přijatou stávající dešťovou kanalizaci od zadavatele (černé linie)
- b) Novou dešťovou kanalizaci v zástavbě nad ul. Do Koutů, v ul. Palmetova, Pod Lesem a Komořanská (modré linie)
- c) Koryto Komořanského potoka (bílá linie)
- d) Svodnice v povodí extravilánu (žluté čerchované linie)
- e) Retenční nádrž „Do Koutů“ (hnědý objekt v ul. Do Koutů)
- f) Objekty HDV prvků v nové zástavbě (hnědé objekty nad ul. Do Koutů)
- g) Okrsky povodí intravilánu a extravilánu (modré plochy)



Obr. 21 Výsledná podoba 1D modelu pro srážko-odtokové analýzy ve stávajícího stavu

Celková plocha výsledného povodí je 215,9 ha. Okrsky lze rozdělit na povodí intravilánu a povodí extravilánu. Hydrologické parametry povodí v intravilánu o rozloze 44,9 ha vycházejí z původního nastavení v podkladových datech nebo jsou nastaveny v podobném režimu, jak je popsáno v kapitole 5.2.

Povodí extravilánu ovšem zahrnuje lesní plochy, pole, zatravněné pozemky a jiné propustné plochy. Jejich plocha 171,0 ha odpovídá zredukované ploše. Hydrologické parametry jsou zde nastaveny na základě kalibrace, která je popsána v kapitole 6.4 Postup kalibrace.

Výsledný simulační model je popsán stručnou charakteristikou v následující tabulce (Tab. 1)

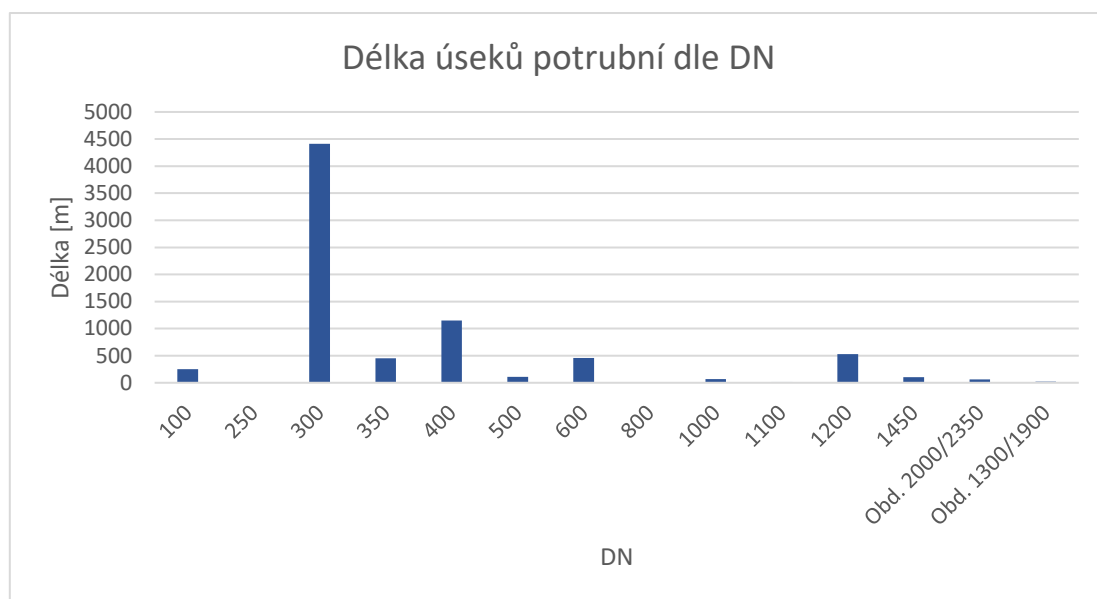
Tab. 1 Popis objektů simulačního modelu

Objekt	Velikost
Povodí (počet)	274
Šachty (počet)	261
Šachty fiktivní (počet)	42
Potrubí (počet/délka [m])	282 / 7967
Potrubí fiktivní (počet/délka [m])	43 / 7130
Čerpací stanice (počet)	0
Přelivy (počet)	18
Odlehčovací komory (počet)	0
Retenční objekty (počet)	19
Výusti (počet)	2

V simulačním modelu se vyskytují fiktivní pomocné šachty i potrubí, které umožňují simulaci proudění vody i v extravilánu nebo v otevřeném korytu Komořanského potoka. Celková délka stokové sítě v 1D modelu je 15 097 m. V tabulce níže (Tab. 2) je uveden rozpis délek úseků stokové sítě bez fiktivních potrubí podle jejich jednotlivých rozměrů (Obr. 22).

Tab. 2 Rozdělení potrubí podle velikosti

DN	Délka [m]
100	249
250	11
300	4412
350	454
400	1150
500	112
600	456
800	3
1000	69
1100	16
1200	529
1450	102
Obd. 2000/2350	62
Obd. 1300/1900	20



Obr. 22 Grafické znázornění délky potrubí dle velikosti profilu

6 KALIBRACE SIMULAČNÍHO MODELU

6.1 Sběr kalibračních dat

Před samotnou kalibrací simulačního modelu bylo nezbytné seznámit se s celkovou situací v zájmovém území v rámci rekognoskace terénu. Cílem průzkumu bylo zejména:

- Vytvoření ucelené představy o funkci odvodnění lokality na základě sklonových poměrů a dílčích svodnic
- Seznámení se s problematikou záplav z pohledu místních obyvatel, popř. získání doplňkových podkladových materiálů
- Vytvoření kvalitních podkladů pro manuální úpravy digitálního modelu terénu, který v původní podobě nezohledňuje např. vyvýšené chodníky či zídky, které jsou důležité pro správnou simulaci rozlivu



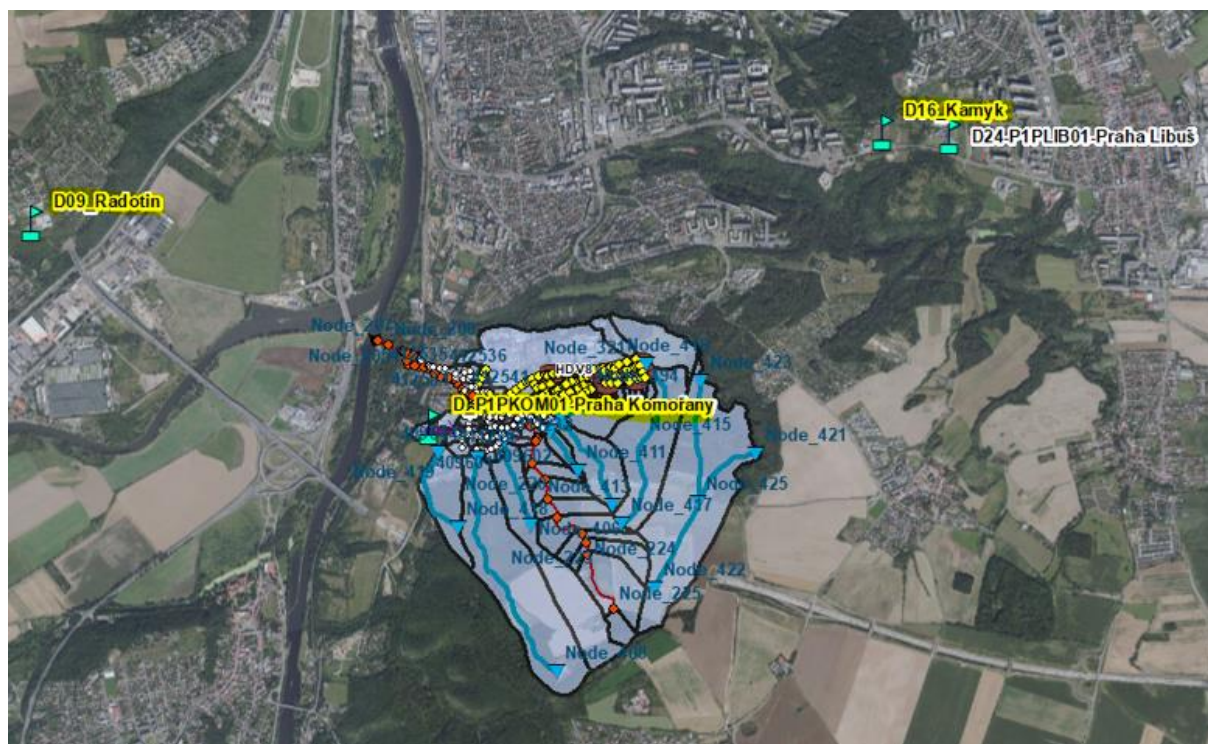
Obr. 23 Výchozí doplňkové informace z rekognoskace terénu pro kalibraci modelu

Díky informacím od místních obyvatel a průzkumu i na soukromých pozemcích byl odhalen další problém. V zástavbě, kudy prochází Komořanský potok otevřeným betonovým korytem, dochází velmi často k rozlivu. Hlavní příčinou je kombinace zužujícího se profilu koryta, která za spolupůsobení nánosů materiálu z lesa negativně ovlivňuje průtočnou kapacitu potoka.

6.2 Kalibrační dešťové události

Zadaná studie vznikla na základě dvou srážkových událostí v Komořanech, a to 10.5.2020 a 14.8.2020. Obě tyto srážky vyvolaly povrchový odtok, který by při zjištěné srážkové intenzitě (méně než dvouletý déšť) vzhledem k dimenzování kanalizace nemohly způsobit. Proto bylo nezbytné posoudit celé povodí, zejména pak nátok z povodí extravilánu nad analyzovanou městskou částí.

Pro kalibraci srážkoodtokového simulačního modelu byly získány i další časové řady srážek z nejbližších měrných stanic, přičemž jako nejvhodnější zdroj se jeví stanice provozovaná ČHMÚ přímo v Komořanech. Umístění nejbližších stanic je patrné z obrázku (Obr. 24).



Obr. 24 Nejblíže srážkoměrné stanice (žlutě)

Mezi další významné události jsou vybrány kromě výše uvedených ještě tři další, které způsobily povrchový odtok v intravilánu Komořan v roce 2022. Jedná se o událost 24.-25.6.2022, 19.8.2022 a 26.8.2022.

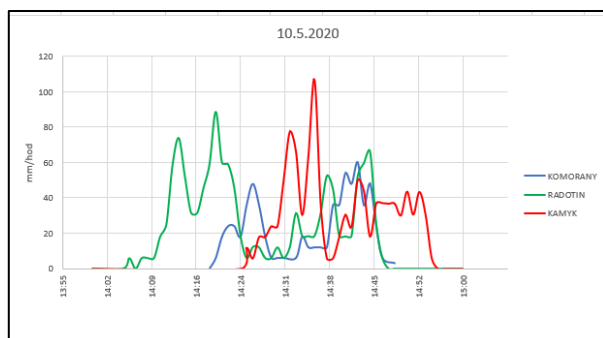
Veškeré události byly analyzovány z hlediska celkového úhrnu, doby trvání, maximální i průměrné intenzity a událostem byla přiřazena N-letost odvozená na základě pražských stavebních předpisů. (Tab. 3).

Tab. 3 Vyhodnocení významných srážkových událostí

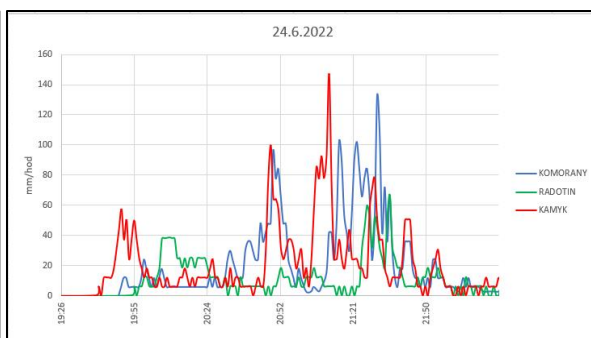
	10.05.2020	14.08.2020	24.06.2022 - 25.6.2022		19.08.2022	26.08.2022
Úhrn [mm]	11.5	5.4	59.3	34.3	30	32.5
Doba trvání [min]	30	41	146	95	67	35
I max [mm/hod]	54	42	132	90	132	150
Intenzita [l/s/ha]	64	22	68	60	75	155
N-LETOST	méně než N02	méně než N02	N10-N20	N02	N02	N10

Je nutno podotknout, že stanovená průměrná doba opakování odvozená z naměřených dat na srážkoměrné stanici v Komořanech je orientační. Jedná se o posouzení relativně velké plochy povodí na základě jedné stanice nacházející se navíc na jejím okraji. Reálná N-letost tedy může být, např. při průchodu události směrem od jihovýchodu se slábnoucí tendencí na stanici Radotín dne 24.6.2022 i vyšší.

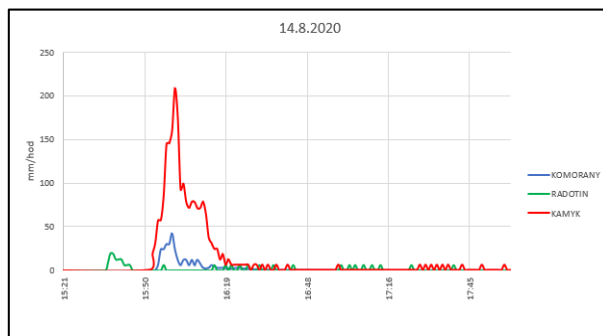
Průběh všech pěti analyzovaných srážkových událostí na třech nejblíže stanicích je popsán graficky na obrázcích (Obr. 25 - Obr. 29). Pro kalibraci simulačního modelu byla vybrána desetiletá srážková událost 26.8.2022, při které je navíc zaznamenán průchod záplavové vlny s maximální výškou hladiny v několika lokalitách.



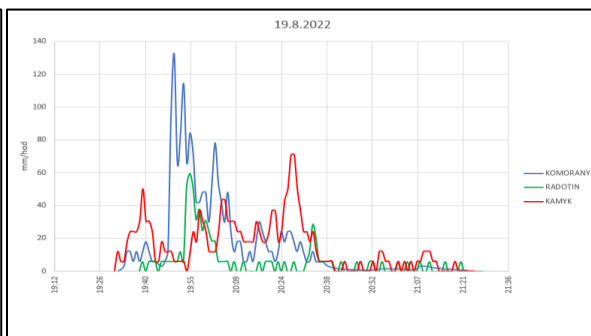
Obr. 25 Intenzita srážky 10.5.2020



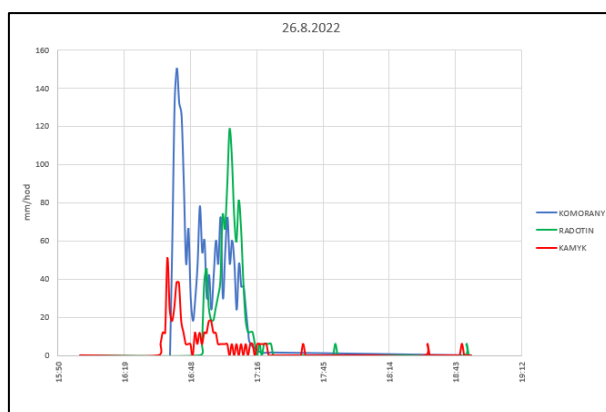
Obr. 26 Intenzita srážky 24.6.2020



Obr. 27 Intenzita srážky 14.8.2022



Obr. 28 Intenzita srážky 19.8.2022



Obr. 29 Intenzita srážky 26.8.2022

6.3 Stavba 2D simulačního modelu a spojení 1D a 2D modelu

Pro stavbu spojeného 1D + 2D simulačního modelu je zapotřebí úpravy DTM v několika krocích. Prvním krokem je stanovit hranice digitálního modelu tak, aby pokrýval celý požadovaný 1D model stokové sítě. Hranice simulované oblasti lze nastavit před samotnou simulací, ovšem musí se nacházet uvnitř digitálního modelu. Hranice digitálního modelu mohou být shodné s hranicí modelované oblasti. Při stanovení hranic DTM je také nutné mít na paměti, že čím větší je jeho plocha, tím delší bude při stejné velikosti buněk výpočetní čas. Za ideální velikost jedné buňky je považováno cca 1 x 1 m, kde je v běžných projektech (několik desítek až stovek hektarů) vhodný poměr výpočetního času a přesnosti výsledků.

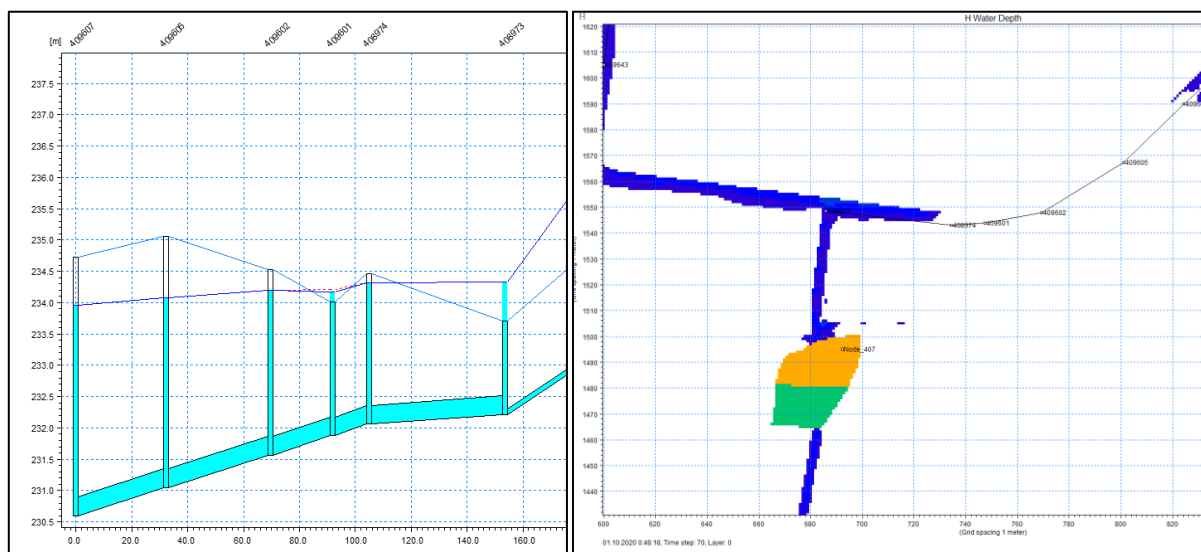
Dalším krokem při úpravě digitálního modelu byla lokální úprava v oblastech, které mohou být nepřesné z různých důvodů (neaktuální data, nízká podrobnost modelu, konstrukce vytvářející bariéry atp.). Dílčí manuální úpravy jsou popsány v kapitole 4.6.

K propojení 1D modelu s 2D modelem, tzv. „Couplingu“ dochází v simulačním prostředí Mike Urban. Obecně se jedná o provázání s 1D simulačního modelu s digitálním modelem terénu v místech šachet. Pokud pak při 1D simulaci dojde k vývěru vody nad poklop šachty, voda se ve spojeném modelu dostává na povrch terénu a následně dochází k jejímu rozlivu podle svazitosti terénu.

Tento proces je ovšem spojen s některými nejistotami. Výška poklopu šachet nemusí odpovídat výšce stanovené digitálním modelem terénu. Rozdíly těchto výšek se pohybují mezi milimetry až desítkami centimetrů. Mezi důvody rozdílů výšek patří například nesprávné zaměření poklopu šachty, interpolace chybějících dat nebo neaktuální digitální model terénu, a to zejména v lokalitách, kde došlo k úpravě povrchu terénu, např. při nové výstavbě.

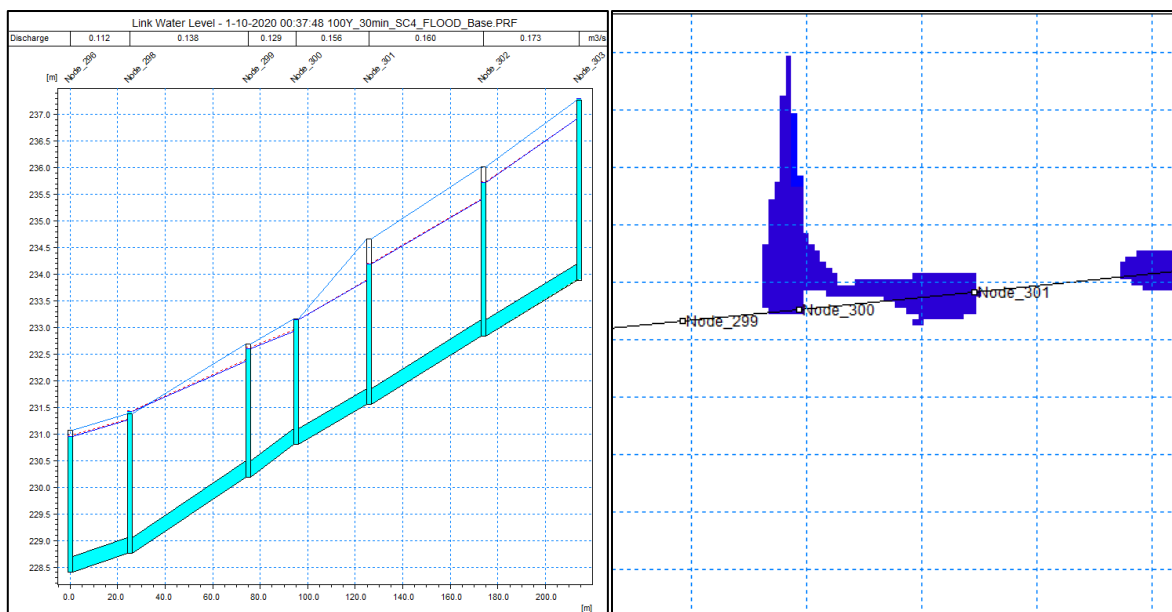
Tyto rozdíly mohou vést do určité míry k nepřesné simulaci rozlivu a je zapotřebí vliv těchto odchylek brát v potaz. Obecně lze tyto rozdíly povrchů rozdělit do dvou skupin, a to jednak na šachty, kde digitální model terénu dosahuje výš než povrch poklopu šachty. Druhou skupinou jsou šachty s poklopem níž, než je výška povrchu v digitálním modelu terénu.

Pokud je DTM výš, než poklop šachty, tak k rozlivu nedochází v případě, pokud hladina vody nevystoupí až do výšky dané digitálním modelem terénu. Příkladem je šachta 409601 na obrázku níže (Obr. 30). Výsledky v 1D modelu značí, že k vývěru na povrch by dojit mělo, ovšem jak ve vidět na obrázku vpravo, k vývěru na terén ve 2D modelu nedochází. Na spojeném modelu je tento typ rozdílu vyznačen žlutě a oranžově (Obr. 32).

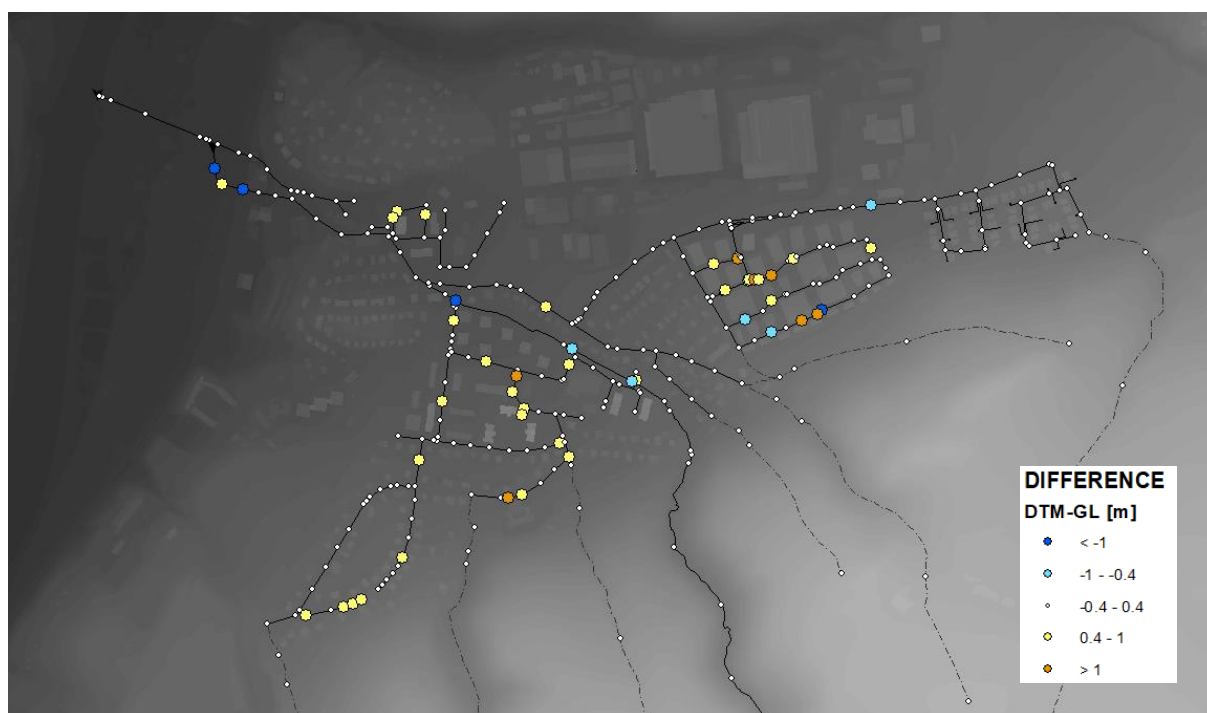


Obr. 30 Ukázka situace povrchu terénu nad poklopem šachty

Druhým opačným typem odchylky je situace, kdy se poklop šachty nachází nad digitálním modelem terénu. V tomto případě může docházet při 2D simulaci k vývěru vody na povrch terénu, i přestože 1D model vývěr vody neznačí, a to v případě, že se dosažená hladina vody v 1D dostává nad úroveň DTM. Příkladem je šachta „Node_301“, kde výsledky 1D nenaznačují vývěr vody na terén, ovšem při 2D simulaci už k rozlivu dochází (Obr. 31). V simulačním modelu je tento typ rozdílu vyznačen modře (Obr. 32).



Obr. 31 Ukázka situace povrchu terénu pod poklopem šachty



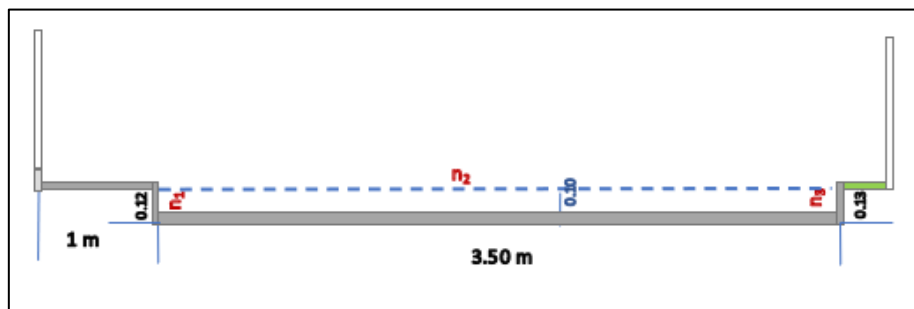
Obr. 32 Rozdíly ve výškovém uspořádání poklopu šachet a DTM

Závěrem lze shrnout, že pro výpočet rozlivu spojeným 1D + 2D modelem je prioritní digitální model terénu a jeho kontrola včetně manuálních úprav je podstatnou součástí celého projektu.

6.4 Postup kalibrace

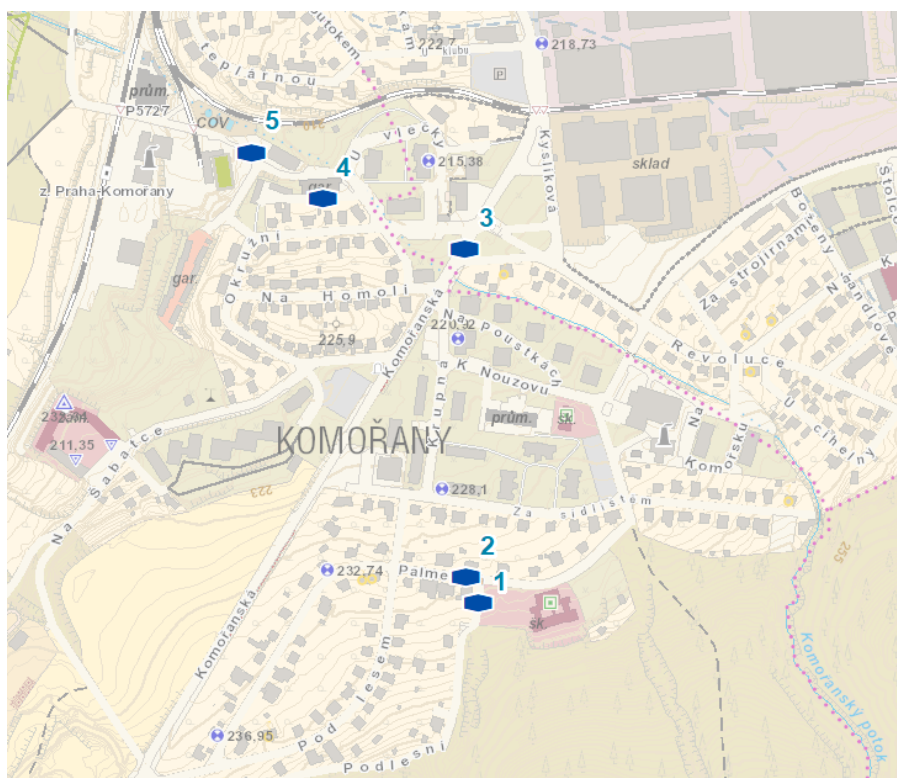
Samotná kalibrace proběhla v pěti měrných profilech na základě znalosti dosažené hladiny vody při srážkové události 26.8.2022. Maximální hladina byla odhadnuta na základě fotodokumentace a videí a tyto hodnoty byly posléze ověřeny místními obyvateli.

Každý z profilů byl při rekognoskaci terénu zaměřen. Dále byl v profilu určen sklon a materiál povrchu. Na základě těchto vstupních dat byly pomocí Chézyho rovnice vypočítány maximální průtoky a celkové objemy.



Obr. 33 Náčrt příčného profilu č. 4 v ul. U Vlečky

Umístění jednotlivých profilů je znázorněno na obrázku (Obr. 34). Vypočítaný maximální průtok a celkový objem je uveden v tabulce níže (Tab. 4). Vzhledem ke skutečnosti, že výpočet celkového objemu vychází z předpokladu konstantní hodnoty výšky hladiny (tedy maximální výšky hladiny) po celou dobu srážkové události, výsledek je nadhodnocen. Při kalibraci jsou tudíž stěžejními parametry maximální průtok a maximální hladina, které by se měly v co nejvyšší míře shodovat s maximální dosaženou hladinou a maximálním průtokem vypočítanými simulačním modelem pro srážkovou událost z 26.8.2022.



Obr. 34 Kalibrační profily (1-5 modře)

Tab. 4 Výpočet Q_{max} , H_{max} a V_{tot} pomocí Chézyho rovnice v pěti sledovaných profilech

Profil	Název	H_{max} událost [m]	výpočet Max Q [m ³ /s]	výpočet Celkový V [m ³]
26.08.2022	1 Podlesní	0.20	3.89	8162
	2 Palmetová	0.20	3.45	7241
	3 Komořanská	0.13	0.98	2049
	4 U Vlečky	0.10	0.76	1596
	5 U Skladu	0.10	2.12	4455

Na výše odvozené hodnoty je model kalibrován. Nejlepších výsledků s minimální odchylkou ve všech profilech je dosaženo při následujícím nastavení hydrologických parametrů (

Tab. 5).

Tab. 5 Nastavení hydrologických parametrů pro okrsy povodí v extravilánu na základě kalibrace dat

	Počáteční ztráta [m]	Redukční faktor [-]	Doba dotoku [min]
Extravilán	0.016	0.65	15
Pole	0.010	0.85	10

V modelu je dále upraven Manningův drsnostní koeficient, a to na hodnotu 32 v extravilánu a 55 v intravilánu, kde je povrch hladší a voda může tudíž proudit rychleji s nižší hladinou.

Maximální hladina se při události pohybovala ve všech měřených profilech mezi 10 – 20 cm. V případě simulace srážky se rozpětí maximálních hladin pohybuje mezi 8 – 24 cm. Procentuální odchylka měřených a simulovaných hodnot maximálních hladin se pohybuje mezi 10 – 31 %.

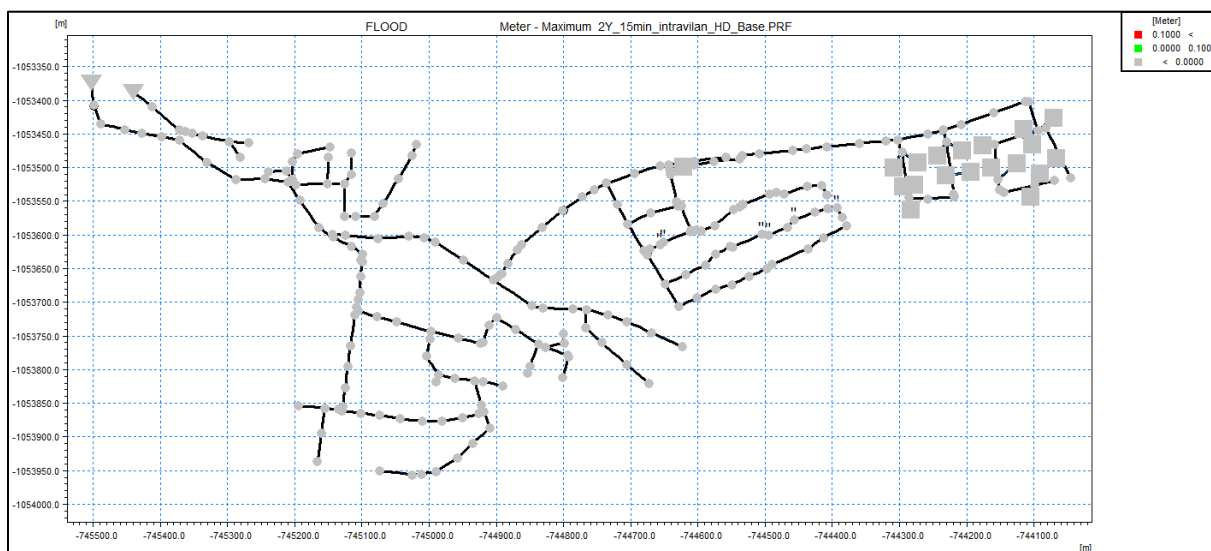
Dalším podstatným kalibračním parametrem jsou maximální průtoky. V horních 2 profilech se nátok z extravilánu pohybuje mezi 3.45 – 3.89 m³/s. Z kalibrovaných výsledků vychází maximální průtoky v rozpětí 3.42 – 3.60 m³/s. Z toho lze vyvodit, že model je zkalibrován s maximální odchylkou 12 % pro maximální průtoky. V ostatních profilech je odchylka maximálních průtoků nižší, a to do 7 % (Tab. 6).

Tab. 6 Procentuální odchylka měřených, popř. vypočítaných hodnot a simulovaných hodnot

Profil	Název	H_{max} událost [m]	H_{max} model [m]	%	Q_{max} událost [m ³ /s]	Q_{max} model [m ³ /s]	%
26.08.2022	1 Podlesní	0.20	0.18	-10	3.89	3.42	-12
	2 Palmetová	0.20	0.24	20	3.45	3.60	4
	3 Komořanská	0.13	0.17	31	0.98	0.96	-2
	4 U Vlečky	0.10	0.09	-10	0.76	0.74	-3
	5 U Skladu	0.10	0.08	-20	2.12	2.27	7

7 STÁVAJÍCÍ FUNKCE ODVODNĚNÍ MĚSTSKÉ STOKOVÉ SÍTĚ BEZ VLIVU PŘÍTOKU VOD Z EXTRAVILÁNU

Norma ukládá provozovateli městské stokové sítě vybudovat kanalizaci tak, aby zajistila bezpečné odvedení srážkových vod při návrhovém dvouletém patnáctiminutovém dešti. Bylo ověřeno, že oddílná dešťová kanalizace v městské části Praha – Komořany tuto normu splňuje a návrhový déšť v intravilánu bez problému odvodní. Tento fakt dokumentuje obrázek níže (Obr. 35), kde po zatížení srážkou N02-15 min nedochází k vývěru vody na povrch.



Obr. 35 Zatížení stokové sítě návrhovým deštěm (N02-15 min) – šedou barvou šachty bez vývěru vody na povrch

Na základě analýzy dvou dešťů z roku 2020, které způsobily povrchový odtok, bylo zjištěno, že jejich periodicita je menší, než je návrhový dvouletý déšť. Z toho vyplývá, že ani při jednom z dešťů by nemělo docházet k povrchovému odtoku a dešťová kanalizace by měla oba deště bez problému odvodnit.

Stejně tak při analýze dalších extrémních dešťů z roku 2022 bylo zjištěno, že přívalové srážky, které by zasáhly pouze oblast intravilánu, nezpůsobí zjištěný rozsah záplavy (Obr. 36). Tato analýza potvrdila domněnku, že do intravilánu dochází k nátoku vod i z extravilánu nad uvažovaným územím a je nezbytné toto povodí do posuzovaného území zahrnout.

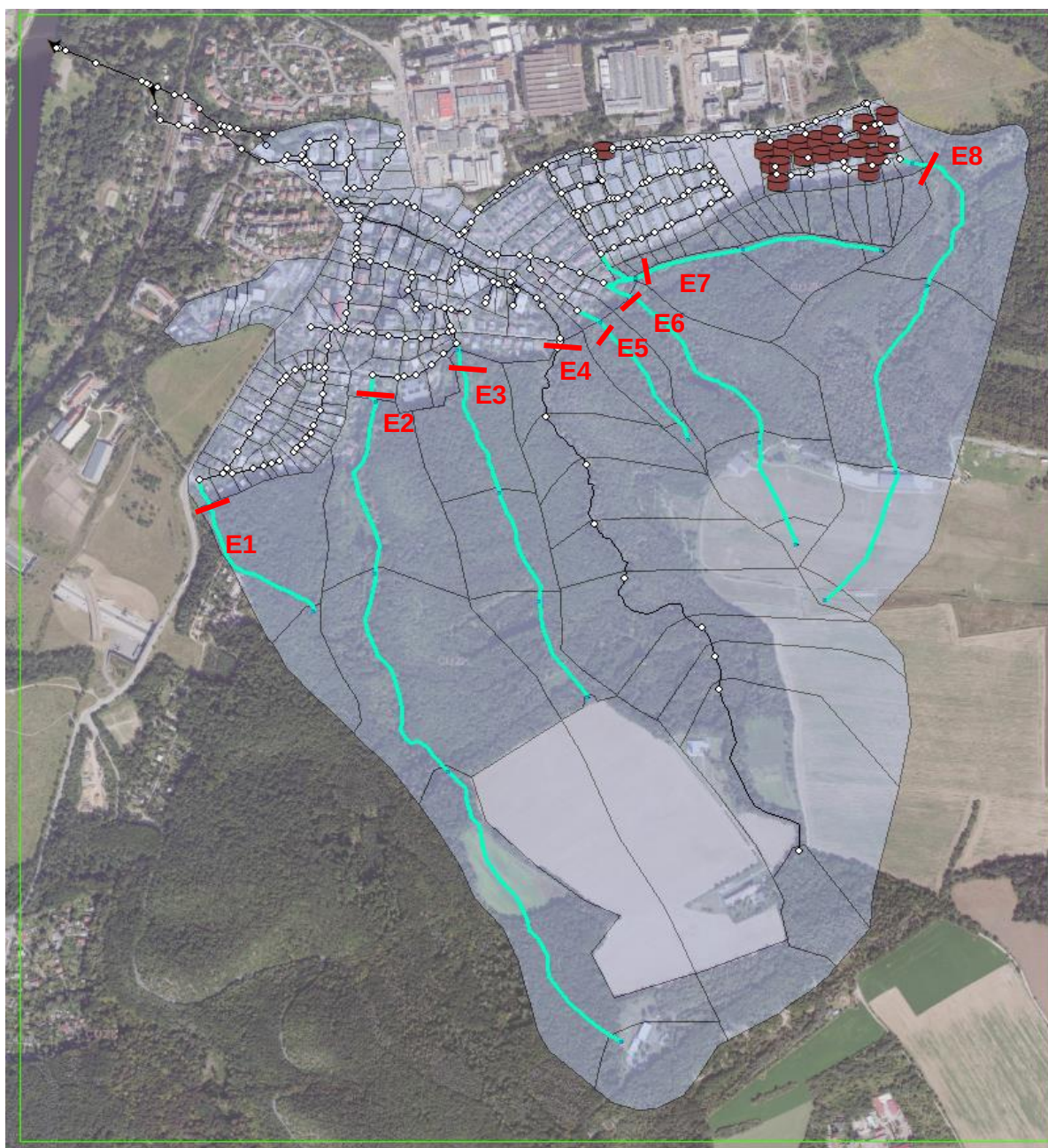


Obr. 36 Maximální rozliv při srážce z 24.6.2022 (vlevo) a 26.8.2022 (vpravo) bez nátoku vod z extravilánu

8 FUNKCE ODVODNĚNÍ MĚSTSKÉ STOKOVÉ SÍTĚ S VLVIVEM PŘÍTOKU VOD Z EXTRAVILÁNU

Při zatížení extrémní srážkou může docházet k nátoku do intravilánu skrze osm hlavních profilů svodnicemi na hranici mezi extravilánem a intravilánem. Místa nátoků E1 – E8 jsou vyznačena na obrázku (Obr. 37). Zároveň dané profily slouží pro analýzu a vyhodnocení nátoků vod posuzovaných návrhových srážek v následujících kapitolách.

Stěžejním podkladem pro analýzu nátoků vod z extravilánu je výsledek simulace ze spojeného 2D modelu, který je ovšem kombinován i s výsledky z 1D modelu. V tabulkách budou uváděny pouze výsledné sumární hodnoty z obou modelů. Mezi nejvýznamnější profily patří E2, E4 (Komořanský potok) a E8, kde dochází k největším nátokům s ohledem na velikost povodí nad těmito profily.



Obr. 37 Osm profilů nátoků vod z extravilánu

8.1 Výsledky simulace extrémních historických dešťů

V roce 2022 zasáhly území tři extrémní deště, jejichž periodičita byla vyšší než návrhový dvouletý déšť. Nejvyšší intenzity dosáhla událost ze dne 24.6.2022. Velké škody vznikaly na pozemcích v bezprostřední blízkosti Komořanského potoka, jak dokládá obrázek rozlivu v zahradách (Obr. 39) a simulace maximální hladiny níže (Obr. 38). I přes nižší intenzitu deště dochází k podobným škodám i dne 19.8.2022. Voda z Komořanského potoka vybřežila a rozlila se do okolních zahrad (Obr. 41). Při události 26.8.2022 taktéž došlo k rozlivu Komořanského potoka a voda odtékala Komořanskou ulicí dále směrem k Vltavě (Obr. 43).



Obr. 39 Rozliv při události dne 24.6.2022



Obr. 38 Simulace maximálního rozlivu události 24.6.2022



Obr. 40 Maximální rozliv po události ze dne 19.8.2022



Obr. 41 Max. rozliv při události 19.8.2022

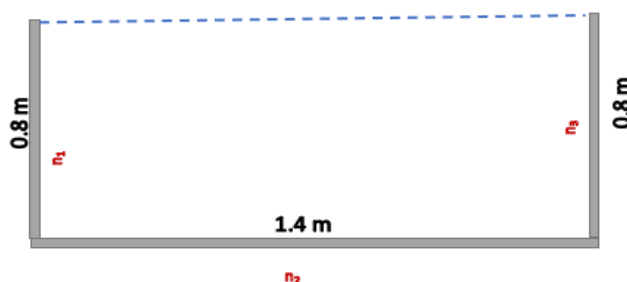
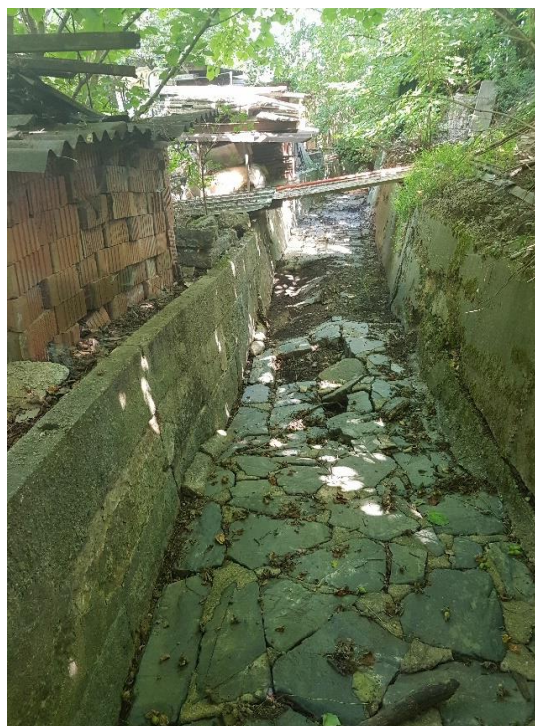


Obr. 42 Maximální rozliv po události ze dne 26.8.2022



Obr. 43 Max. rozliv při události 26.8.2022

Z rozlivů extrémních historických dešťů je patrné, že problémy působí zejména Komořanský potok, který není dostatečně kapacitní. Jeho kapacita je na nátoku do umělého koryta v zástavbě v současnosti asi 3 m³/s.



Obr. 44 Koryto Komořanského potoka na nátoku do zástavby

Šířka koryta je 1.4 m a výška 0.8 m. Koryto je vystavěno zejména z betonu, na nátoku je dno vybudováno z kamenné dlažby v betonu. Kapacita potoka je dále snížena směrem po toku. Koryto v zahradách soukromých vlastníků je zmenšené asi na 1 x 1 m a dosahuje maximální kapacity pouze 2.5 m³/s. Dále po toku se profil ještě zmenšuje.

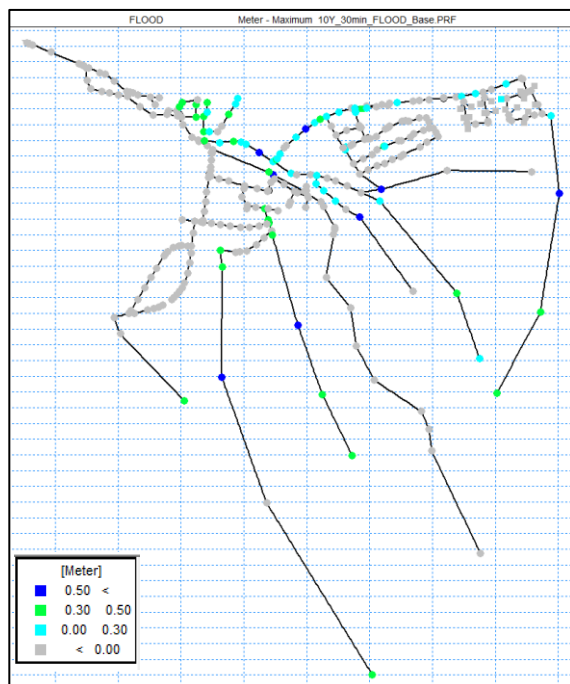
8.2 Výsledky simulace návrhových dešťů

Při návrhové desetileté třicetiminutové srážce již dochází v intravilánu k vývěru vody na povrch. Mezi přetížené části kanalizace patří úseky v ul. Do Koutů, Revoluce, Komořanská, U Cihelny, Palmetová a U Vlečky (Obr. 45). Pomocí fiktivních šachet mimo zástavbu dochází k vývěru a následnému rozlivu vody, která je vygenerovaná na okrscích povodí v extravilánu (Obr. 46). Mezi hlavní důvody simulace povrchového odtoku 2D modelem patří jednak jeho zpomalení (v hladkém rovném potrubí 1D modelu by voda proudila rychleji) a také minimalizace nátoků extravilánových vod do modelu městské stokové sítě, ke kterému v realitě také nedochází.

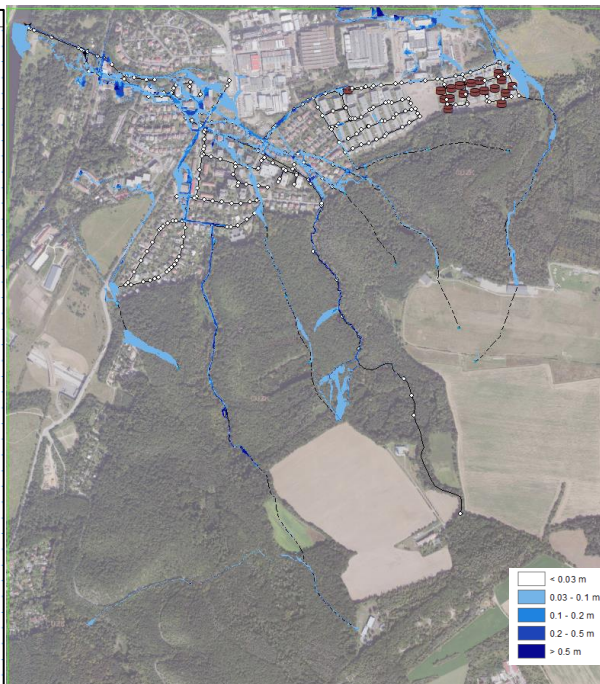
V tabulce níže (Tab. 7) jsou uvedeny maximální průtoky a celkové objemy vody v osmi profilech nátoků z extravilánu při posudkovém desetiletém dešti. Z výsledků je patrné, že k největšímu zatížení dochází v profilech E2, kde maximální průtok dosahuje 3.6 m³/s, dále

v Komořanském potoce protéká v maximu více než $5 \text{ m}^3/\text{s}$ a profilu E8 poblíž nové zástavby protéká maximální průtok $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$. V ostatních profilech je Q_{max} méně významný, jeho hodnota je nižší než $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Celkový nátok vod z extravilánu ve všech analyzovaných profilech je asi 12 tisíc m^3 .

Vzhledem ke kapacitě koryta Komořanského potoka v zástavbě v současné době (cca $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$) je patrné, že při desetiletém dešti dochází k nátoku takového množství vod, které až dvojnásobně přesahují maximální kapacitu. V roce 2022 k události, kdy byla překročena maximální kapacita koryta, došlo hned několikrát, a proto bude zkapacitnění koryta Komořanského potoka jedním z navržených opatření.



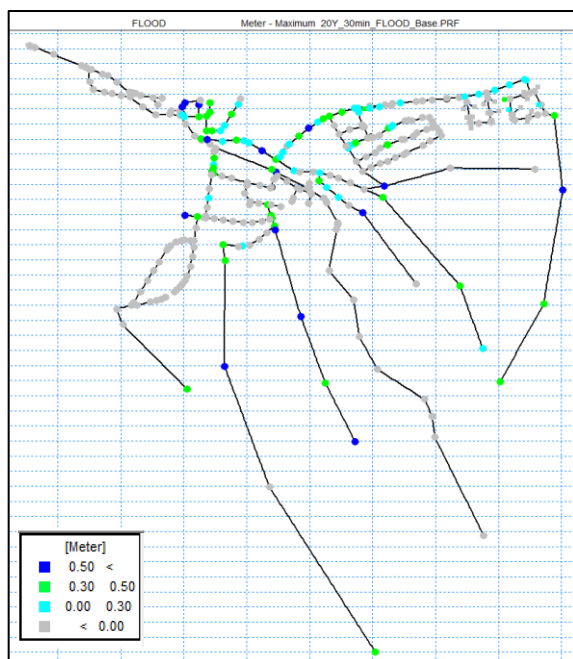
Obr. 45 Přetížení stokové sítě při N10-30 min



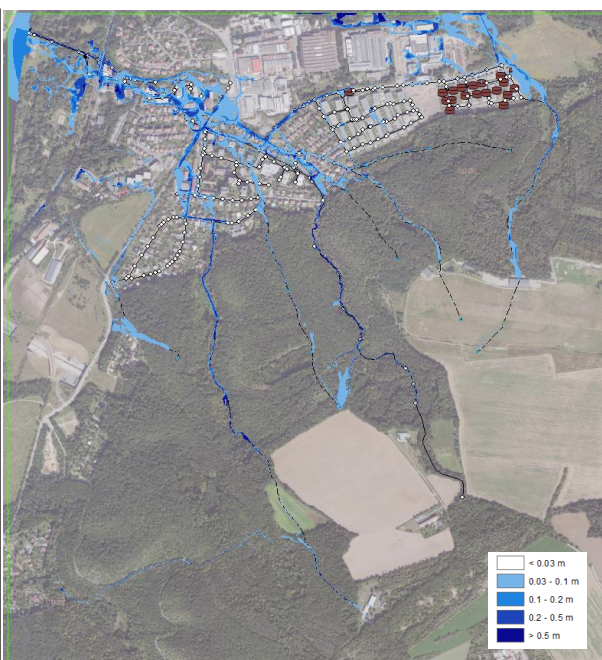
Obr. 46 Maximální hloubky rozlivu při N10-30 min

Při dvacetiletém třicetiminutovém dešti dochází k ještě většímu zatížení městské stokové sítě. Kromě výše zmíněných ulic, kde k přetížení dochází již při desetiletém dešti, se navíc přetížení objevuje i v ulici Krupná a v nové zástavbě v ul. Na Komořsku a Pacholíkova.

V tabulce (Tab. 7) jsou opět uvedeny maximální průtoky a celkové objemy v osmi profilech nátoku z extravilánu při dvacetiletém dešti. Z výsledků vyplývá, že maximální průtoky i celkové objemy vzrostly a nad hranici $Q_{\text{max}} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ se dostaly další dva profily – E3 a E6. V kritických profilech E2, E4 a E8 dochází v maximu k průtoku vyššímu než $3 \text{ m}^3/\text{s}$. V Komořanském potoce může docházet v maximu k průtoku až $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Celkový nátok z extravilánu je přibližně 22 tisíc m^3 .



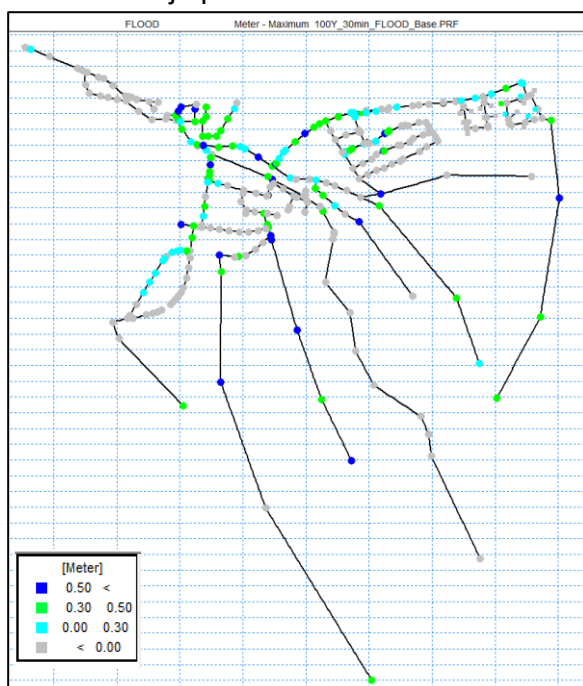
Obr. 47 Přetížení stokové sítě při N20-30 min



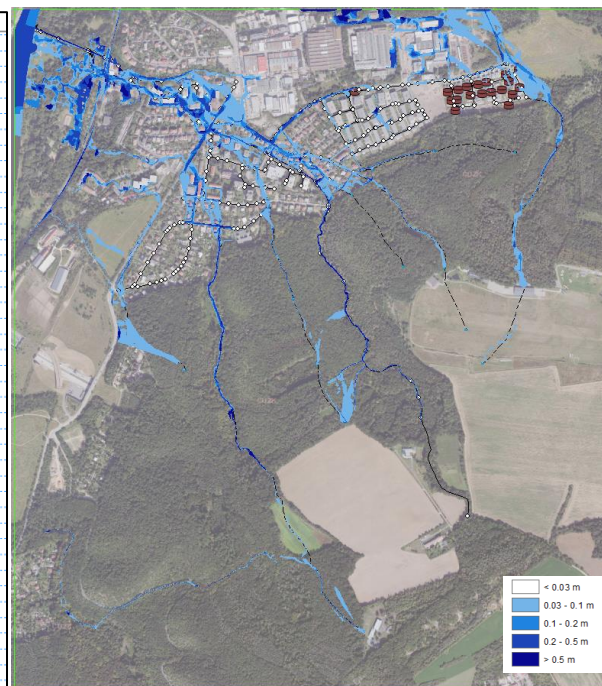
Obr. 48 Maximální hloubky rozlivu při N20-30 min

Při stoletém třicetiminutovém dešti se zcela logicky již většina kanalizace nachází v tlakovém režimu a vývěr na povrch v mnoha šachtách přesahuje i 50 cm. Kromě výše zmíněných úseků se navíc přetížení objevuje i v nové dešťové kanalizaci v ul. Palmetová.

V tabulce (Tab. 7) jsou uvedeny maximální průtoky a celkové objemy pro stoletý třicetiminutový déšť. Z výsledků vyplývá, že po dalším zvýšení maximálních průtoků se pod hranicí $Q_{\max} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ vyskytují už pouze dva profily – E1 a E5, kam přitéká voda pouze z malých povodí. V kritických profilech E2, E4 a E8 dochází v maximu k průtoku vyššímu než $4 \text{ m}^3/\text{s}$. V Komořanském potoce může docházet v maximu k průtoku až $11 \text{ m}^3/\text{s}$. Celkový nátok z extravilánu je přibližně 35 tisíc m^3 .



Obr. 49 Přetížení stokové sítě při N100-30 min



Obr. 50 Maximální hloubky rozlivu při N100-30 min

Tab. 7 Maximální průtoky a celkové proteklé objemy vod při desetiletém, dvacetiletém a stoletém třicetiminutovém dešti za stávajícího stavu

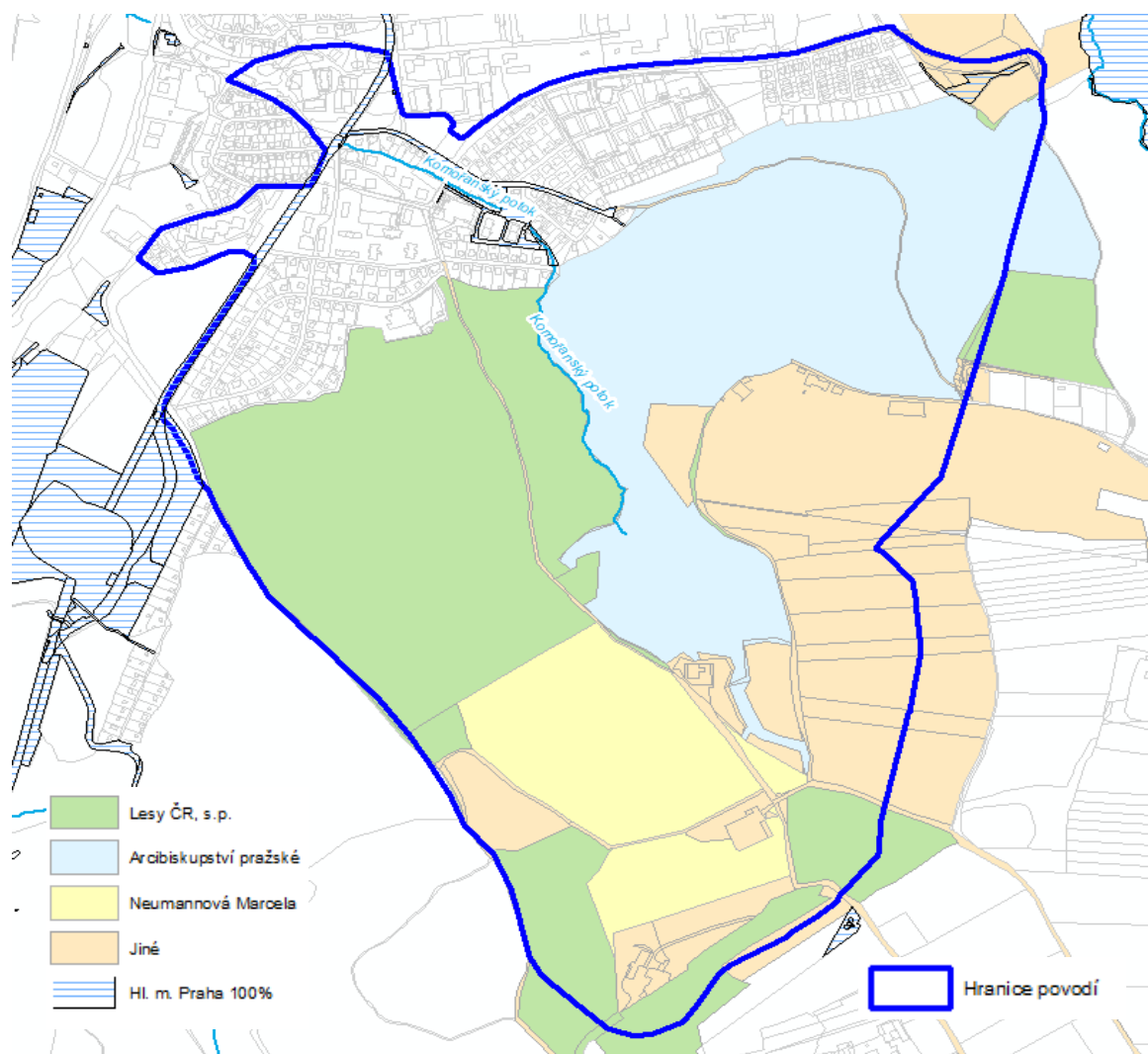
	Qmax [m³/s] N10 – 30 min	Vtot [m³] N10 – 30 min	Qmax [m³/s] N20 – 30 min	Vtot [m³] N20 – 30 min	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min
E1	0.45	437	0.68	741	0.83	1097
E2	3.61	3177	5.42	5712	7.54	9220
E3	0.84	696	1.30	1284	1.76	2070
E4	5.18	4882	7.56	8550	10.86	13538
E5	0.20	181	0.30	321	0.39	502
E6	0.93	782	1.37	1381	1.87	2235
E7	0.48	422	0.76	769	1.04	1255
E8	2.22	1681	3.33	3048	4.02	4737

9 NAVRŽENÁ OPATŘENÍ A SCÉNÁŘE ŘEŠENÍ

Problém nátoků vod z extravilánu do městské části Komořan je poměrně komplikovaný s ohledem na několik skutečností. V první řadě celý návrh opatření na ochranu intravilánu znesnadňuje fakt, že celé území je značně svažité a povodí extravilánu nad zástavbou je plošně rozsáhlé. Do intravilánu dochází k nátokům v osmi profilech. I přestože jsou na dvou svodnicích již vytvořené retenční objekty, jejich objemy jsou pro extrémní deště nedostatečné. Navíc při přívalových deštích v roce 2022 neplnily svou funkci z důvodu jejich zaplnění naplaveným materiálem (Obr. 52).

Další nepříznivou okolností je nedostatečná kapacita Komořanského potoka v některých úsecích v zástavbě. V neposlední řadě celou situaci dále komplikují i splaveniny z lesních ploch nebo tok bahna z pole „Pod Nouzovem“, a to nejen z důvodu velkého sklonu terénu, ale i nevhodného hospodaření.

Povodí v extravilánu se nachází na mnoha parcelách s několika vlastníky. Pro realizaci konkrétních zásahů z navržených opatření bude nezbytný jejich souhlas, popřípadě součinnost. Na obrázku (Obr. 51) jsou uvedeni vlastníci plošně nejvýznamnějších pozemků, na kterých jsou opatření navržena. Jedná se o oblasti na hranici extravilánu a zástavby, jejichž majiteli jsou Lesy ČR, s. p. a Arcibiskupství pražské. Další zásahy jsou plánovány na poli, které vlastní Marcela Neumannová. Mezi další vlastníky parcel patří např. Letecké muzeum Točná.



Obr. 51 Majetkoprávní vztahy v zájmové oblasti povodí extravilánu

Pro eliminaci nátoků vod při přívalových srážkách je zpracovatelem navržena kombinace opatření vedoucí k redukci nátoků vod do intravilánu, popřípadě k bezpečnému převedení povrchového odtoku zástavbou.



Obr. 52 Zanesený a nefunkční stávající retenční objekt

9.1 Zvolená technická opatření

Zpracovatel vytvořil návrh technických opatření vedoucí k eliminaci nátoků povrchových vod z extravilánu. Jednotlivé scénáře opatření jsou popsány v kapitolách níže. Kombinací těchto opatření lze ochránit zástavbu před škodami, kterým čelila v minulosti. Návrh opatření byl původně koncipován na ochranu před stoletým deštěm, ovšem vzhledem k složitosti či nemožnosti aplikaci jsou zahrnuta i technická opatření na ochranu i před desetiletým deštěm.

Mezi jednotlivá zvolená technická opatření, která jsou aplikována v jednotlivých scénářích, patří:

a. Redukce odtoku povrchových vod z pole „Pod Nouzovem“

Na základě výsledků a doporučení zpracované studie „Návrhy opatření pro snížení povrchového odtoku, eroze půdy, zvýšení retence vody a možnosti deponování zemin v lokalitě Nouzov, Praha 12“ bylo navržené řešení implementováno do simulačního modelu, a to pomocí snížení povrchového odtoku z pole redukčním faktorem na 20 % celkového odtoku.

b. Využití maximální kapacity stávajících retenčních objektů

Na svodnicích E2 a E3 se v současnosti nacházejí dva poldry. Ve stávajícím stavu nebyly tyto retenční objekty do modelu začleněny, protože v době zasažení epizodních srážek byly objekty zanesené a neplnily svoji funkci. Při údržbě je kapacita poldru na E2 přibližně 108 m³. E3 dokáže pojmout, zadržet a regulovaně odpouštět asi 92 m³ vody. Z hlediska nátoků vod při

příválových srážkách tato kapacita není dostatečná, ovšem při deštích s menší intenzitou svou funkci plnit může, a kromě zadržení a zpomalení povrchového odtoku vody může také zadržet splaveniny z lesa, které by v opačném případě mohly způsobit významné škody v intravilánu. Toto technické opatření je proto také do scénářů zahrnuto.

c. Návrh retenčního objemu s kapacitou pro stoletý déšť

Pro maximální a komplexní ochranu intravilánu před stoletým deštěm by bylo nutné vybudovat v extravilánu významnou retenční kapacitu. Zpracovatelé studie určili potřebné retenční objemy, které by musely být umístěny na jednotlivých svodnicích pro zadržení objemu stoletého deště. Bez detailního průzkumu uspořádání terénu a vlastnických poměrů je realizace těchto retencí i vzhledem k velikosti potřebných retenčních objemů nepravděpodobná.

d. Návrh retenčních objektů s dostupnou kapacitou

S ohledem na uspořádání terénu (svažitost, zalesněnost, stávající komunikace) jsou navrženy retenční objekty, které zpracovatel vyhodnotil jako objekty realistické, které by měly být schopny zadržet maximální možný objem vod natékající z povodí v extravilánu. V návrhu opatření není brána v potaz hydrogeologie území a jiné podstatné aspekty pro výstavbu retenční nádrže. Návrh je zpracován pouze koncepčně s ohledem na získání prvotních odhadů možných zadržených objemů.

e. Zkapacitnění koryta Komořanského potoka

Koryto Komořanského potoka, které prochází téměř celým posuzovaným územím vně i uvnitř zástavby, je velmi variabilní. Potok v extravilánu prochází v hluboce zařízlém svažitém údolí a jeho kapacita je velmi vysoká. Na hranici s intravilánem dochází k významné změně a voda natéká do umělého betonového koryta obdélníkového profilu s kapacitou přibližně 3 m³/s. Dál po toku se tvar ani materiál příliš nemění, ovšem snižuje se velikost společně s průtočnou kapacitou na 2.5 m³/s a méně. Z toho důvodu dochází často při vyšších průtocích k rozlivu a jedním z doporučených opatření zařazených do scénářů řešení je právě zkapacitnění koryta v intravilánu.

f. Implementace přehrážek na Komořanském potoce

Dalším z uvažovaných opatření, jehož vliv byl posouzen simulačním modelem, je vybudování přehrážek v přirozené části koryta Komořanského potoka. Jedná se o 10 přehrážek ve výšce 1.3 m, jejichž cílem je redukce kulminačního průtoku a zpomalení odtoku. Při výstavbě přehrážek je ovšem zapotřebí brát v potaz jejich pečlivou a pravidelnou údržbu. Vzhledem k umístění přehrážek v lese by bez údržby došlo velmi rychle k jejich zanešení a snížení jejich funkce.

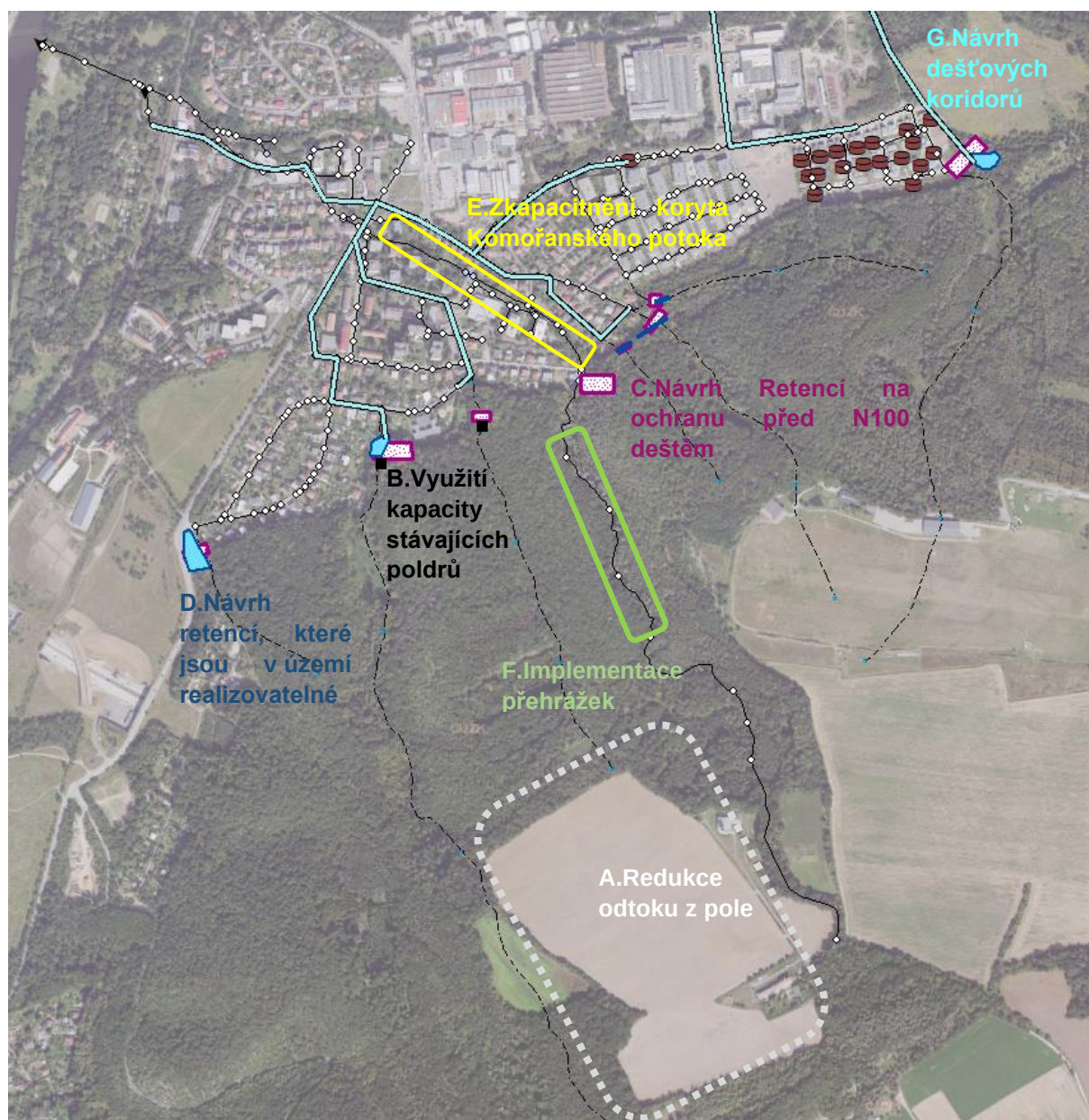
g. Návrh dešťových koridorů

Posledním navrženým opatřením je vytvoření nouzových cest odtoku v městské infrastruktuře. V případě, kdy nedojde k zachycení veškerého nátoky vedoucího do zástavby, je zapotřebí vodu bezpečně převést pomocí dešťových koridorů tak, aby nedocházelo k záplavě rodinných domů, garáží, zahrad a dalších důležitých objektů veřejné infrastruktury vyjma oblastí k tomu určených, např. vybraných silnic.

Při tvorbě dešťových koridorů dochází k úpravě terénu takovým způsobem, aby byla voda převedena pouze předem určenými cestami. Toho je docíleno snížením, popř. zvýšením terénu v dané lokalitě v požadované výšce. Při návrhu dešťového koridoru musí být předem určeno, pro jaký návrhový déšť bude koridor plně funkční. Pokud bude intenzita deště vyšší,

než na jakou je koridor vytvořen, může dojít k odklonění části vody z koridoru. Na druhou stranu, při dimenzování koridorů na déšť s velmi dlouhou dobou opakování, např. na stoletý déšť, nemusí být technické zásahy a náklady na jejich realizaci úměrné požadované ochraně a tím by se stalo opatření neefektivní.

Veškerá navržená opatření A. – G. Nacházející se v jednotlivých scénářích řešení je schematizováno na obrázku (Obr. 53).



Obr. 53 Prostorové umístění technických opatření pro ochranu intravilánu před přívalovými dešti

9.2 Tvorba scénářů řešení a úpravy simulačního modelu pro zvolená opatření

9.2.1 Scénář SC1

V prvním scénáři je posouzeno, jakým způsobem bude ovlivněn nátok povrchových vod z extravilánu, pokud bude zahrnuto opatření varianty A. – Redukce povrchového odtoku z pole „Pod Nouzovem“. Analýza je provedena na základě zatížení povodí návrhovou stoletou třicetiminutovou srážkou, a to stávajícího stavu bez opatření a výhledového stavu s opatřením ve scénáři SC 1.

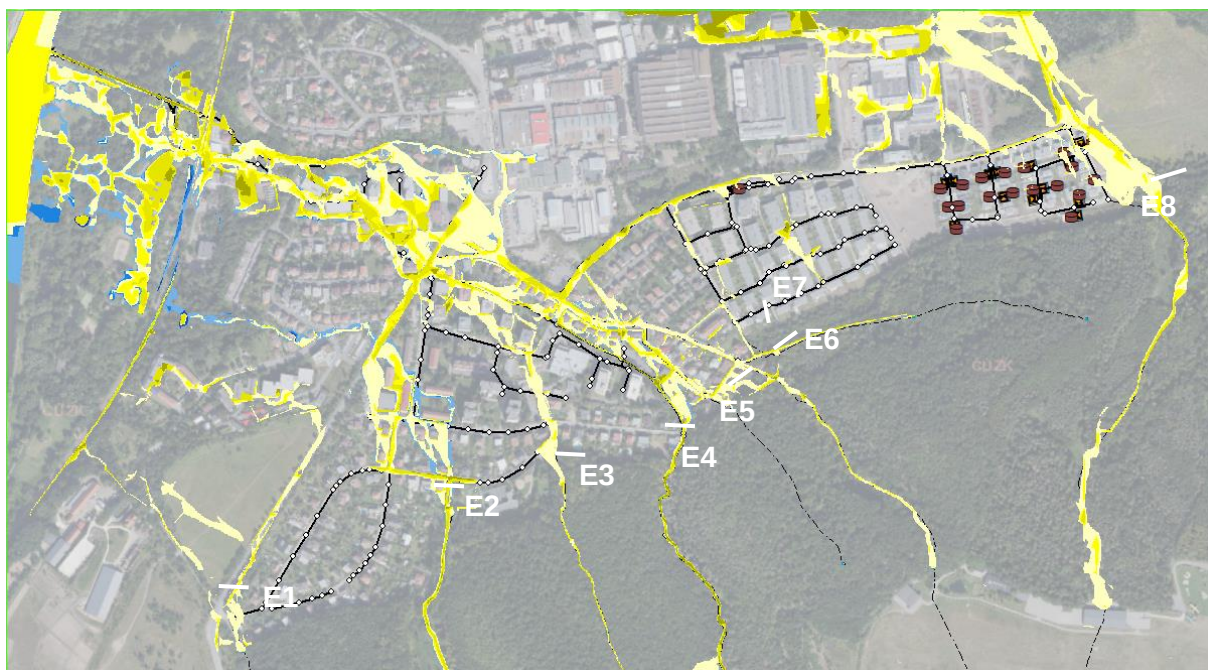
Tab. 8 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N100-30 min ve stávajícím stavu a výhledovém stavu SC1

	Stávající stav		Výhledový stav SC1			
	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min	Rozdíl Qmax [%]	Rozdíl Vtot [%]
E1	0.83	1097	0.83	1098	0	0
E2	7.54	9220	5.73	6736	-24	-27
E3	1.76	2070	1.76	2070	0	0
E4	10.86	13538	8.96	10790	-17	-20
E5	0.39	502	0.39	502	0	0
E6	1.87	2235	1.86	2239	0	0
E7	1.04	1255	1.04	1255	0	0
E8	4.02	4737	4.03	4779	0	1

Z výsledků je patrné, že dochází k redukci maximálního průtoku ve dvou profilech, kudy natéká povrchová voda z pole. Jednak je to profil E2 nad ulicí Palmetovou a profil E4 – Komořanský potok. Maximální průtok se v profilu E2 zredukuje o 24 % a celkový objem o 27 %. V komořanském potoce dochází ke snížení maximálního průtoku o 17 % a celkový objem vody se sníží o 20 %. Nejvyšších průtoků, ve stávajícím stavu i ve scénáři 1, dosahují profily E2, E4 a E8, a to více než 4 m³/s. (Tab. 8).

I přes skutečnost, že odtok z pole bude snížen o 80 %, míra redukce objemů ve sledovaných profilech se se této hodnotě neblíží, protože E2 a E4 jsou uzávěrovými profily i velké oblasti zalesněných ploch, které se při přívalových srážkách také podílí na celkovém odtoku.

Na obrázku (Obr. 54) jsou graficky zobrazeny maximální hloubky při rozlivu stoletého deště za stávajícího stavu bez opatření (modře) a ve výhledovém stavu jsou překryty rozlivem po zavedení opatření ze scénáře 1 (žlutě).



Obr. 54 Rozliv N100-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení opatření ve scénáři SC1 (žlutá)

9.2.2 Scénář SC2

V druhém scénáři je posouzeno, jakým způsobem bude snížen nátok povrchových vod do intravilánu, pokud bude začleněno opatření A. – Redukce povrchového odtoku z pole „Nad Nouzovem“ a opatření B. – „Využití maximální retenční kapacity stávajících poldrů“. Analýza je provedena na základě zatížení povodí návrhovou stoletou třicetiminutovou srážkou, a to na stávajícím stavu bez opatření a výhledovém stavu ve scénáři SC2.

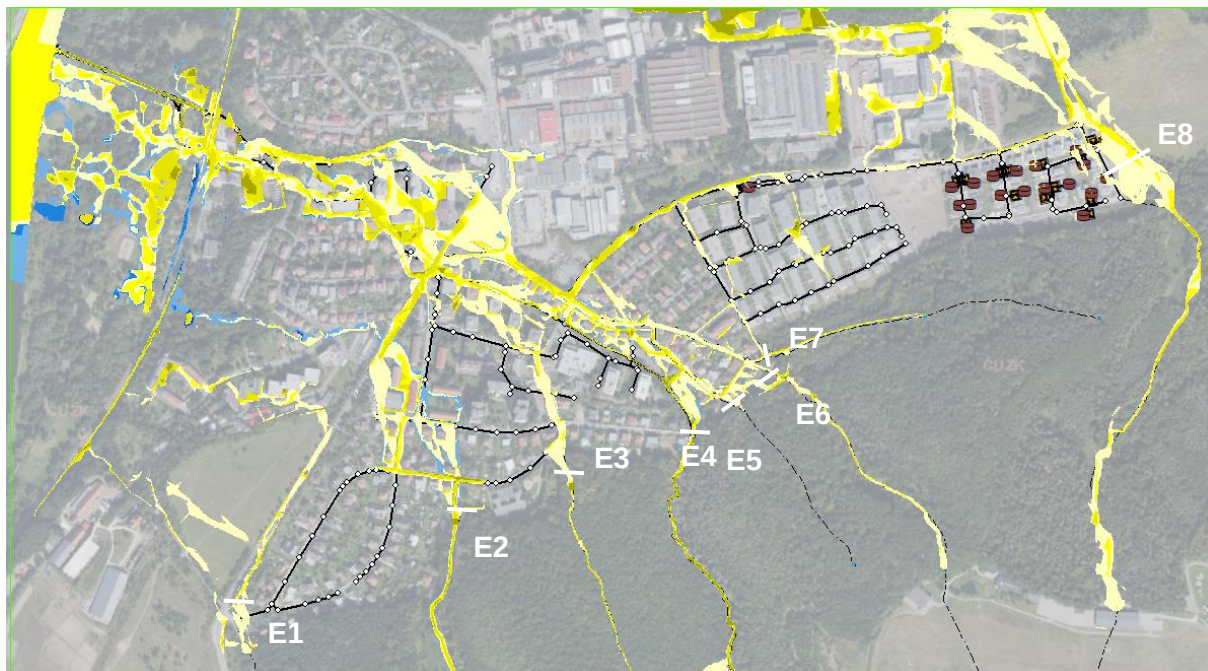
Tab. 9 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N100-30 min ve stávajícím stavu a výhledovém stavu SC2

	Stávající stav		Výhledový stav SC2		Rozdíl Qmax [%]		Rozdíl Vtot [%]
	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min			
E1	0.83	1097	0.83	1098	0		0
E2	7.54	9220	5.71	6654	-24		-28
E3	1.76	2070	1.76	2000	0		-3
E4	10.86	13538	8.96	10788	-17		-20
E5	0.39	502	0.39	502	0		0
E6	1.87	2235	1.86	2239	0		0
E7	1.04	1255	1.04	1255	0		0
E8	4.02	4737	4.03	4732	0		0

Jak značí výsledky, využitím maximální retenční kapacity stávajících suchých poldrů je dosaženo snížení celkového objemu vod v profilech E2 a E3. Vzhledem k tomu, že při povrchovém odtoku při stoletém dešti jsou objemy v řádech tisíců m³, stávající retenční objemy o velikosti asi 100 m³ nemají na redukci významný vliv. K redukci maximálního průtoku nedochází. Celkový objem je oproti scénáři SC1 snížen v profilu E2 o další 1 %, v profilu E3 o 3 %.

Nejvyšších průtoků, ve stávajícím stavu i ve scénáři 2, dosahují opět profily E2, E4 a E8, a to více než $4 \text{ m}^3/\text{s}$. (Tab. 9).

Na obrázku (Obr. 55) jsou zobrazeny maximální dosažené hladiny stávajícího stavu modrou barvou a jsou překryty rozlivem ve scénáři 2 výhledového stavu žlutou barvou.



Obr. 55 Rozliv N100-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení opatření ve scénáři SC2 (žlutá)

9.2.3 Scénář SC3

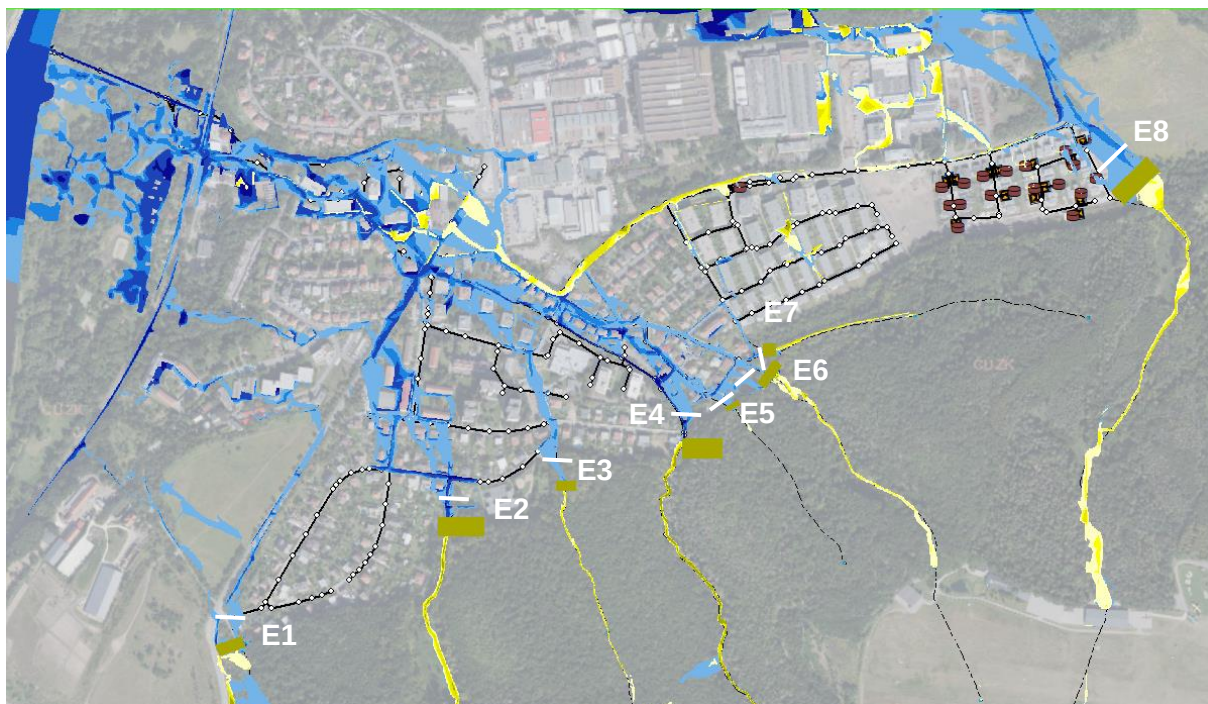
Ve scénáři SC3 je navrženo osm retenčních objektů, a to v takové velikosti, aby byla zadržena v kombinaci s opatřením v bodě A veškerá povrchová voda při nátoku stoletého třicetiminutového deště (viz. Bod C). Tabulka níže (Tab. 10) uvádí pro každou akumulční plochu hloubky, které by tento potřebný objem vytvořily. Celkově se jedná o téměř 35 tisíc m^3 zadržené vody.

Tab. 10 Navržené objemy retenčních objektů pro kompletní ochranu před nátokem při N100-30 min

	Plocha retence [m^2]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m^3]	Naplněný objem retence při N100 [m^3]
RN1	800	1.4	1120	1080
RN2	2130	3.5	7455	7410
RN3	496	4.7	2331	2310
RN4	1984	6.3	12 500	12 340
RN5	168	3.0	504	490
RN6	704	4.3	3027	3020
RN7	420	4.2	1764	1730
RN8	2310	2.5	5775	5580

Ve scénáři se opět uplatňuje i předchozí opatření, a to redukce nátoků z pole „Pod Nouzovem“ o 80 % (viz. Bod A). Pokud by došlo k zachycení veškerého nátoků z extravilánu, při stoletém

dešti by došlo k povrchovému odtoku v Komořanech pouze z oblasti nové zástavby nad ulicí Do Koutů (Obr. 56). Na obrázku je rozliv za stávajícího stavu vyznačen modrou barvou a překrývá ho rozliv po zavedení opatření ve scénáři 3 žlutou barvou.



Obr. 56 Rozliv N100-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení opatření ve scénáři SC3 (žlutá)

V tabulce níže (Tab. 11) je patrná redukce maximálních průtoků i celkových objemů vod o téměř 100 %. Zbývající desítky l/s odpovídají regulovaným odtokům do dešťové kanalizace. V Komořanském potoce je nastaven regulovaný odtok 500 l/s z RN E4.

Tab. 11 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N100-30 min ve stávajícím stavu a výhledovém stavu SC3

	Stávající stav		Výhledový stav SC3		Rozdíl Qmax [%]	
	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min		
E1	0.83	1097	0.02	57	-98	-95
E2	7.54	9220	0.02	46	-100	-100
E3	1.76	2070	0.02	60	-99	-97
E4	10.86	13538	0.50	1512	-95	-89
E5	0.39	502	0.02	73	-94	-85
E6	1.87	2235	0.02	55	-99	-98
E7	1.04	1255	0.02	52	-98	-96
E8	4.02	4737	0.01	45	-100	-99

9.2.4 Scénář SC4

Vzhledem k nedostatečné (scénáře SC1, SC2) nebo nerealistické (scénář SC3) ochraně je navržen další scénář, ve kterém se uplatňuje kombinace následujících opatření:

- A. Redukce nátoků z podle na 20 % celkového odtoku
- D. Návrh retenčních objektů s kapacitou, kterou je možné reálně v území vybudovat
- E. Zkapacitnění koryta Komořanského potoka
- F. Implementace přehrázek na Komořanském potoce
- G. Návrh dešťových koridorů

Tabulka níže (Tab. 12) uvádí pro každý potenciálně proveditelný retenční objekt rozměry, které zachytí úplně nebo alespoň částečně odtok vody při stoletém dešti z extravilánu. Celkově se jedná o 6 630 m³ zadržené vody. Při porovnání retenčních objemů ve scénáři 3 a 4 se mohou vyskytnout rozdílnosti v zadržovaných objemech. Důvodem je zejména jiné plošné umístění retencí. Příkladem může být RN 1, kde jsou velikosti retenčních objemů dostatečné v obou scénářích, ovšem vzhledem ke svému plošnému uspořádání dokáže retenční objekt ve scénáři 3 zachytit vodu z větší plochy povodí nad retencí

Navržené retenční objekty RN2 – RN8 jsou zcela naplněné a jejich objem není pro stoletý déšť dostatečný. Pouze objekt RN1 je kapacitně dostatečný.

Tab. 12 Navržené objemy retenčních objektů pro uplatnitelnou ochranu před částí nátoků při N100-30 min

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]	Naplněný objem retence při N100 [m ³]
RN1	2029	0.4	830	830
RN2	875	2.4	2100	2100
RN3	80	3.4	270	270
RN4	0	0	0	0
RN5	129	1.6	210	210
RN6	284	2.1	590	590
RN7	152	1.9	290	290
RN8	1159	2.0	2340	2340

Analýza nátoků povrchových vod z extravilánu je provedena na základě zatížení povodí návrhovou stoletou třicetiminutovou srážkou, a to na stávajícím stavu bez opatření a výhledovém stavu ve scénáři SC 4 (Tab. 13). Z tabulky vyplývá, že ve všech profilech dochází k redukci odtoku povrchových vod. U maximálních průtoků naopak v některých profilech může dojít i k mírnému zvýšení, protože odtok z retencí je sveden užším koridorem a nedochází k plošnému rozlivu tak, jako ve stávajícím stavu. Patrné je to například na profilu E8.

K nejvýznamnějšímu zadržení vody dochází v navržených retenčních objektech RN1, RN2 a RN8.

Tab. 13 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N100-30 min ve stávajícím stavu a výhledovém stavu SC4

	Stávající stav		Výhledový stav SC4		Rozdíl Qmax [%]		Rozdíl Vtot [%]
	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min			
E1	0.83	1097	0.02	54	-98		-95
E2	7.54	9220	5.81	5078	-23		-45
E3	1.76	2070	1.79	1824	2		-12
E4	10.86	13538	9.01	10408	-17		-23
E5	0.39	502	0.40	303	2		-40
E6	1.87	2235	2.14	2029	14		-9
E7	1.04	1255	1.03	1002	-1		-20
E8	4.02	4737	4.29	3501	7		-26

Objemy vod, které retenční objekty nepojmou, jsou částečně odvedeny dešťovými koridory, jak je patrné na obrázku (Obr. 57). Kompletní odvedení vody dešťovými koridory ovšem ani po zavedení zbývajících opatření není prakticky vzhledem k maximálním dosaženým hloubkám pro stoletý déšť technicky řešitelné. Aby dešťové koridory bezpečně provedly stoletý déšť, bylo by zapotřebí například zvýšit obruby chodníků nebo zpomalovací prahy o několik desítek centimetrů.

Ani po zavedení opatření E. – zkapacitnění koryta Komořanského potoka na 4 m³/s není zajištěn bezpečný odtok vod a dochází k rozlivu v intravilánu.



Obr. 57 Rozlív N100-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení opatření ve scénáři SC4 (žlutá)

Pro vyhodnocení míry vlivu navržených přehrážek na Komořanském potoce (viz bod F.) byla sestavena tabulka (Tab. 14) dokumentující změny maximálního průtoku a celkového množství protékých vod. Pro stoletý déšť dojde k zadržení, respektive zpomalení odtoku přibližně 450

m³ vody. V celkovém objemu tedy dochází k 3% redukci. Na maximální průtok přehrážky téměř nemají vliv a do výsledného řešení, i s ohledem na jejich obtížnou údržbu, zahrnuty nebudou.

Tab. 14 Vyhodnocení míry vlivu přehrážek na Komořanském potoce

SC4	Q _{max} [m ³ /s]	V _{tot} [m ³]	Rozdíl Q _{max} [%]	Rozdíl V _{tot} [%]
E4 bez přehrážek	9.02	10 858	-17	-20
E4 s přehrážkami	9.01	10 408	-17	-23
ROZDÍL	-0.01	-450	0	-3

Z výše uvedeného vyhodnocení vyplývá, že koncipovat ochranu intravilánu Komořan na stoletý déšť není možné. Kombinace dílčích opatření ve scénáři 4 se ovšem jeví jako vhodná pro ochranu před návrhovými dešti s nižší intenzitou. Na scénáři 4 je proto vyhodnocen i desetiletý a dvacetiletý třicetiminutový návrhový déšť.

Tabulka níže (Tab. 15) uvádí pro každý retenční objekt rozměry, které zachytí úplně nebo alespoň částečně odtok vody při desetiletém dešti z extravilánu. Celkově se jedná o 5 620 m³ zadržené vody. Navržené retenční objekty RN2, RN3, RN6 a RN7 jsou zcela naplněné a jejich objem není pro desetiletý déšť dostatečný. Objekty RN1, RN5 a RN8 jsou kapacitně dostatečné.

Tab. 15 Navržené objemy retenčních objektů pro uplatnitelnou ochranu před částí nátoky při N10-30 min

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]	Naplněný objem retence při N10 [m ³]
RN1	2029	0.4	830	290
RN2	875	2.4	2100	2100
RN3	80	3.4	270	270
RN4	0	0	0	0
RN5	129	1.6	210	110
RN6	284	2.1	590	590
RN7	152	1.9	290	290
RN8	1159	2.0	2340	2010

Analýza nátoky povrchových vod z extravilánu níže je provedena na základě zatížení povodí návrhovou desetiletou třicetiminutovou srážkou, a to na stávajícím stavu bez opatření a výhledovém stavu ve scénáři SC 4 (Tab. 16).

Z analýzy vyplývají skutečnosti, že po zapracování navržených opatření již dojde při zatížení desetiletou třicetiminutovou srážkou k bezpečnému provedení průtoku korytem Komořanského potoka. Dále je patrné, že vzhledem k přirozenému plošnému rozlivu na základě terénu ve stávajícím stavu nemá retence RN6 významný vliv na redukci vod podobných intenzit. Naopak velký vliv na snížení maximálních průtoků má implementace retence RN2 a RN8, kde dochází k minimálnímu nebo žádnému odtoku povrchových vod.

Tab. 16 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N10-30 min ve stávajícím stavu a výhledovém stavu SC4

	Stávající stav		Výhledový stav SC4			
	Qmax [m ³ /s] N10 – 30 min	Vtot [m ³] N10 – 30 min	Qmax [m ³ /s] N10 – 30 min	Vtot [m ³] N10 – 30 min	Rozdíl Qmax [%]	Rozdíl Vtot [%]
E1	0.45	437	0.02	46	-96	-89
E2	3.61	3177	0.62	491	-83	-85
E3	0.84	696	0.79	532	-6	-24
E4	5.18	4882	3.67	3174	-29	-35
E5	0.20	181	0.03	61	-84	-66
E6	0.93	782	1.32	771	42	-1
E7	0.48	422	0.33	206	-31	-51
E8	2.22	1681	0.05	51	-98	-97

Objemy vod, které retenční objekty nepojmou, jsou převedeny dešťovými koridory, jak je patrné na obrázku (Obr. 58). Výsledný návrh na úpravy terénu pro vytvoření nouzových cest odtoku při desetiletém dešti je popsán v kapitole 10.



Obr. 58 Rozliv N10-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení opatření ve scénáři SC4 (žlutá)

Na modelu výhledového stavu po zahrnutí opatření ze scénáře 4 byla analyzována i dvacetiletá třicetiminutová návrhová srážka. Tabulka níže (Tab. 17) uvádí pro každý retenční objekt objemy, které zachytí úplně nebo pouze částečně odtok vody při daném návrhovém dešti. Celkově se jedná o 6 300 m³ zadržené vody.

RN1 je jediným retenčním objektem s dostatečnou kapacitou pro zachycení nátoky při dešti N20-30 min. Ostatní retenční objekty RN2 – RN8 jsou zcela naplněny a část vody z extravilánu natéká dále do zástavby.

Tab. 17 Navržené objemy retenčních objektů pro uplatnitelnou ochranu před částí nátoky při N20-30 min

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]	Naplněný objem retence při N20 [m ³]
RN1	2029	0.4	830	500
RN2	875	2.4	2100	2100
RN3	80	3.4	270	270
RN4	0	0	0	0
RN5	129	1.6	210	210
RN6	284	2.1	590	590
RN7	152	1.9	290	290
RN8	1159	2.0	2340	2340

Analýza nátoky povrchových vod z extravilánu pro srážku N20-30 min níže je provedena na stávajícím stavu bez opatření a výhledovém stavu ve scénáři SC 4 (Tab. 18).

Tab. 18 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N20-30 min ve stávajícím stavu a výhledovém stavu SC4

	Stávající stav		Výhledový stav SC4		Rozdíl Qmax [%]	
	Qmax [m ³ /s] N20 – 30 min	Vtot [m ³] N20 – 30 min	Qmax [m ³ /s] N20 – 30 min	Vtot [m ³] N20 – 30 min		
E1	0.68	741	0.02	50	-97	-93
E2	5.42	5712	3.97	2565	-27	-55
E3	1.30	1284	1.32	1080	2	-16
E4	7.56	8550	6.06	6160	-20	-28
E5	0.30	321	0.20	130	-33	-60
E6	1.37	1381	1.75	1328	28	-4
E7	0.76	769	0.76	557	0	-28
E8	3.33	3048	3.88	2180	17	-28

Z hodnoty maximálního průtoku v Komořanském potoce je patrné, že i když dochází ke snížení Qmax, jeho kapacita nebude ani po rozšíření koryta dostatečná. Ochrana při nátoky z extravilánu pro dvacetiletý déšť tedy není v navrženém scénáři 4 možná. Výsledný návrh opatření tedy bude vycházet ze scénáře 4, ovšem ochrana bude koncipována na desetiletý třicetiminutový déšť.

I přestože veškerá navržená opatření neochrání intravilán před dvacetiletým deštěm, dochází k významné redukci nátoky vod, a to zejména v kritickém profilu E2 v ul. Palmetové o více než 50 %. Dále v profilu E2 o téměř 100 % a v profilu E8 a přibližně 30 %.

Objemy vod, které retenční objekty nepojmou, jsou převedeny dešťovými koridory, jak je patrné na obrázku (Obr. 59). Dále je na obrázku vidět, jak z důvodu nedostatečné kapacity koryta potoka dochází při dvacetiletém dešti k vyběžení vody.



Obr. 59 Rozliv N20-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení opatření ve scénáři SC4 (žlutá)

9.2.4.1 Návrh opatření na kompletní ochranu před nátokem N10 – 30 min

Ke scénáři 4 vznikla doplňková analýza, která udává, jak velké objemy retenčních objektů by musely být navrženy, aby při desetileté třicetiminutové srážce nedocházelo k žádnému nátoku povrchové vody do intravilánu. Vzhledem k tomu, že návrh retenčních objektů pro ochranu před nátokem vod při stoletém dešti není realizovatelný, v této kapitole bude posouzeno, zda lze ochránit intravilán alespoň před desetiletým deštěm bez nutnosti budování dešťových koridorů.

Tabulka níže (Tab. 19) uvádí pro každý akumulční prvek rozměry, které kompletně zachytí odtok vody při desetiletém dešti z extravilánu. Celkově se jedná o 7 120 m³ zadržené vody. Všechny navržené retenční objekty jsou zcela nebo téměř zcela naplněné. Naplněný objem zde může být vyšší než naplněný objem u objektů ve scénáři s finálním návrhem opatření, a to z důvodu připočtení objemu regulovaného odtoku, který v modelu musí být zahrnut. Jedná se tak o celkový objem, který nateče do objektů po zasažení povodí desetiletou třicetiminutovou srážkou. Závěrem analýzy je skutečnost, že pro úplnou ochranu zástavby před nátokem při desetiletém dešti by bylo zapotřebí zvýšit retenční objemy přibližně o 1 500 m³, a to způsobem popsaným v odstavci níže.

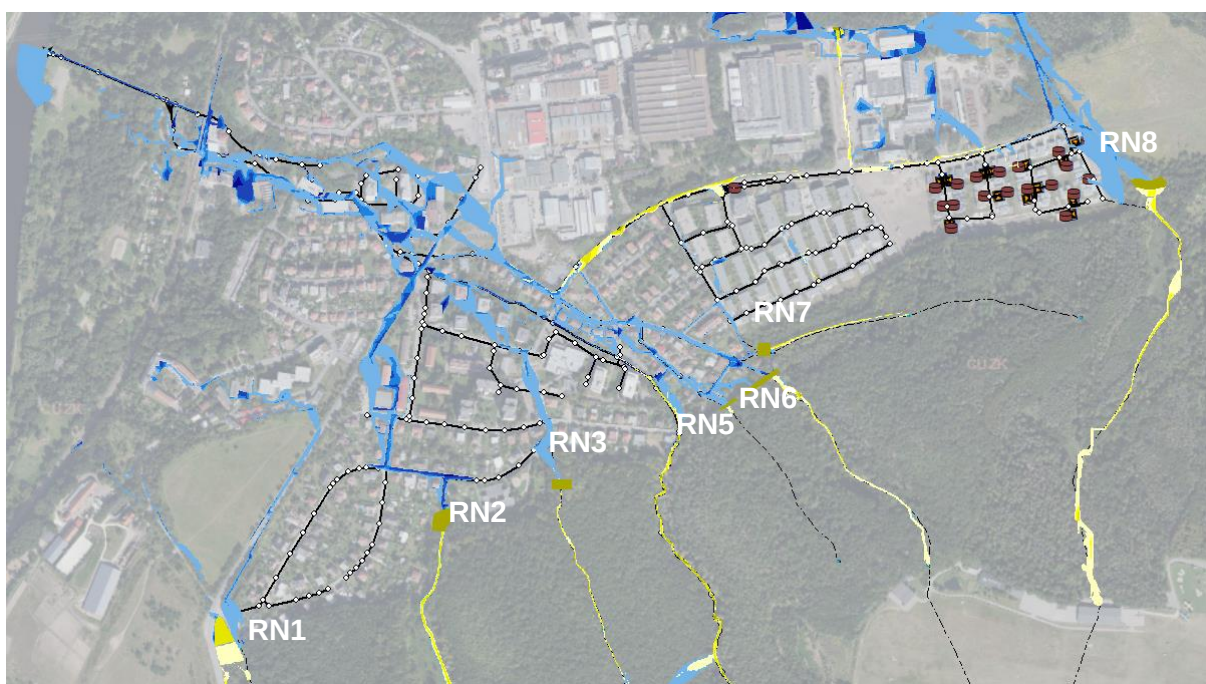
Tab. 19 Potřebné objemy retenčních objektů pro ochranu před nátokem při N10-30 min

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]	Naplněný objem retence při N10 [m ³]
RN1	2029	0.14	290	290
RN2	875	2.8	2450	2450
RN3	80+416	1.5	720	720
RN4	0	0.0	0	0
RN5	129	1.3	170	170
RN6	284+229	2.0	1030	1030

RN7	152+268	1.0	450	450
RN8	1159	1.7	2010	2010

Oproti návrhu retencí ve scénáři 4 dochází ke změně v případě retence RN1, kde je pro zachycení daného deště dostačující při stejné ploše hloubka 0.14 m. V RN2 je pro zajištění potřebného objemu 2450 m³ nutné zvýšit hloubku stávající retence o 0.40m. U retenční nádrže RN3 by pro potřebný objem 720 m³ bylo zapotřebí stávající plochu retence 80 m² prohloubit na nereálných 9 m. V tabulce a výpočtu rozlivu je proto plocha retence zvětšena na 496 m² a požadovaného objemu dosáhne při hloubce 1.5 m. Na Komořanském potoce není třeba žádných úprav ani vytváření retencí. Zkapacitnění koryta je pro převedení deště N10-30 min v daném scénáři dostatečné. RN 5 má dostatečnou kapacitu při navržené ploše 129 m² s hloubkou 1.3 m. Potřebný objem pro RN. Na svodnici E6 je zapotřebí zadržet 1 030 m³ vody a k tomu je zapotřebí zvětšit rozlohu retence při původní navržené hloubce asi dvojnásobně. Retenční objekt RN 7 je upraven tak, aby zachytil 450 m³, a to zvětšením rozlohy retence. V posledním retenčním objektu RN8 je zapotřebí při stávající navržené ploše hloubky 1.7 m³ pro zachycení 2010 m³ vody.

Jak je patrné na obrázku (Obr. 60), pomocí objektů s definovanými objemy v tabulce (Tab. 19) jsou veškeré povrchové vody zachyceny.



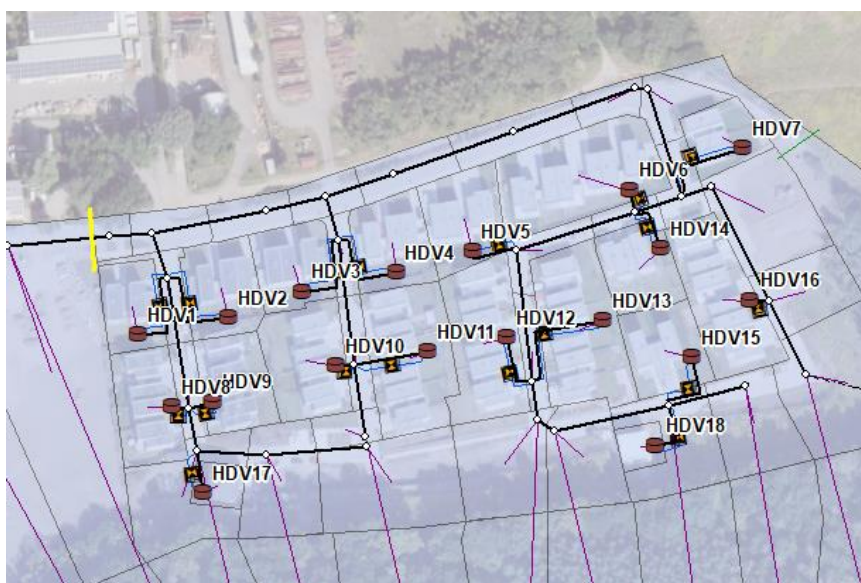
Obr. 60 Rozliv N10-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení opatření na kompletní ochranu před nátokem N10-30 min (žlutá)

Jelikož došlo u retencí RN3, RN6 a RN7 k významnému zvětšení plochy v oblastech, které jsou zalesněné nebo velmi svažité, nepředpokládá se, že bude možná jejich realizace. Z toho důvodu se zpracovatel přiklonil k návrhu opatření s menšími zadrženými objemy v retenčních objektech a implementací dešťových koridorů. Výsledný návrh opatření je popsán v následující kapitole 10.

9.2.4.2 Analýza prvků HDV v nové zástavbě

Jedním z uvažovaných příčin zdrojů povrchového odtoku v zástavbě při návrhových deštích jsou nefunkční prvky hospodaření s dešťovou vodou, které jsou vybudovány v nové zástavbě v ulici Do Koutů. HDV prvky jsou navrženy tak, aby byly schopny pojmout a regulovaně vypouštět vodu z desetileté třicetiminutové srážky, aniž by došlo k přepadu do stávající dešťové kanalizace. Pokud ovšem nejsou tyto objekty pravidelně udržovány, může dojít ke snížení jejich funkce. Poté dochází k odvodnění srážkových vod přímo do stokové sítě.

S ohledem na fakt, že stávající dešťová kanalizace není dostatečně kapacitní ani s plně funkčními objekty a k vývěru vody na terén dochází, tak při přepadu z HDV prvků se tento povrchový odtok bude dále zvyšovat. V následujícím odstavci je vyhodnoceno, jaký vliv na dešťovou kanalizaci a povrchový odtok budou mít nefunkční prvky HDV.



Obr. 61 HDV prvky v nové zástavbě v ul. Do Koutů

V simulačním modelu je funkce HDV prvků nastavena pomocí 18 jednotlivých retenčních objektů pro každé povodí, na kterých se nacházejí stavby, zvláště (Obr. 61). Objekty mají nastavený objem tak, aby prvek dokázal pojmout a regulovaně odpouštět vodu z daného povodí při návrhovém desetiletém dešti se srážkovým úhrnem 27.54 mm. Regulovaný odtok je 10 l/s na hektar, a to také pro každý okrsek zvláště. Výsledný objem retence je tak vypočítán jako potřebný objem pro návrhový déšť, který je snížen o regulovaný odtok.

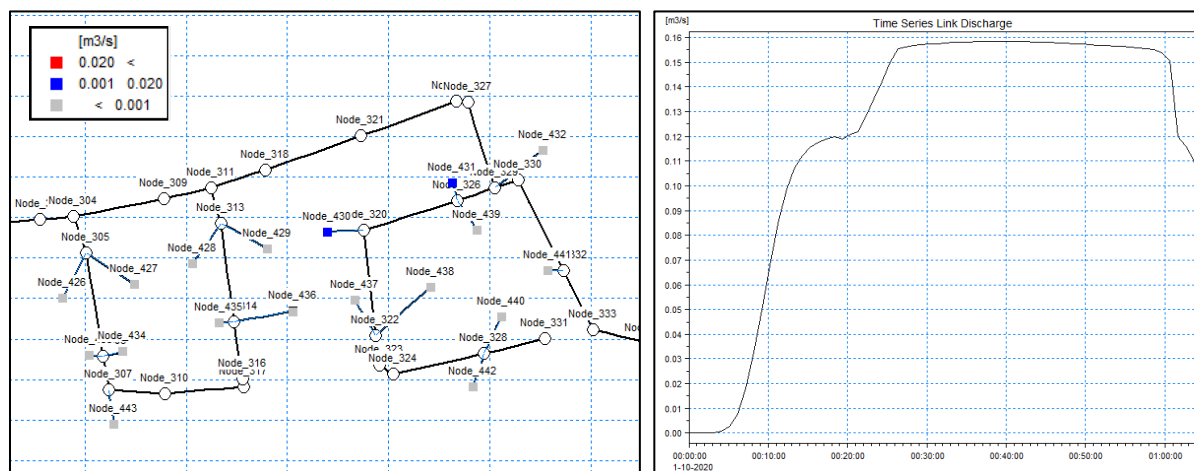
V tabulce (Tab. 20) jsou pro jednotlivé retenční objekty uvedeny plochy povodí, které jsou do objektu odvodněny. Uveden je také regulovaný odtok z jednotlivých objektů a definovaný objem, kde po jeho překročení dochází k přepadu vody do kanalizace. Celkový objem prvků v nové zástavbě je přibližně 143 m³. Regulovaný odtok je z celé oblasti asi 21 l/s.

Tab. 20 Objemy a regulované odtoky objektů HDV v ul. Do Koutů

ID HDV	Plocha povodí [m ²]	Nepropustná plocha [%]	Regulovaný odtok [l/s]	Retenční objem bez regulovaného odtoku
HDV 1	784	28.2	0.8	4.7
HDV 2	1057	26.8	1.1	5.9
HDV 3	948	29.1	0.9	5.9
HDV 4	1050	25.7	1.0	5.5
HDV 5	1106	25.3	1.1	5.7
HDV 6	2133	30.0	2.1	13.8
HDV 7	712	33.9	0.7	5.4
HDV 8	1099	38.8	1.1	9.8
HDV 9	1018	38.5	1.0	9.0
HDV 10	1350	31.1	1.3	9.1
HDV 11	1804	30.5	1.8	11.9
HDV 12	1675	38.9	1.7	14.9
HDV 13	1914	28.7	1.9	11.7
HDV 14	900	25.9	0.9	4.8
HDV 15	999	22.8	1.0	4.5
HDV 16	1611	35.0	1.6	12.6
HDV 17	334	52.0	0.3	4.2
HDV 18	294	54.1	0.3	3.8

Výsledky mezi funkčními a nefunkčními prvky HDV jsou vyhodnoceny na základě porovnání odtoku v profilu v ulici Do Koutů modře vyznačeném na obrázku (Obr. 65).

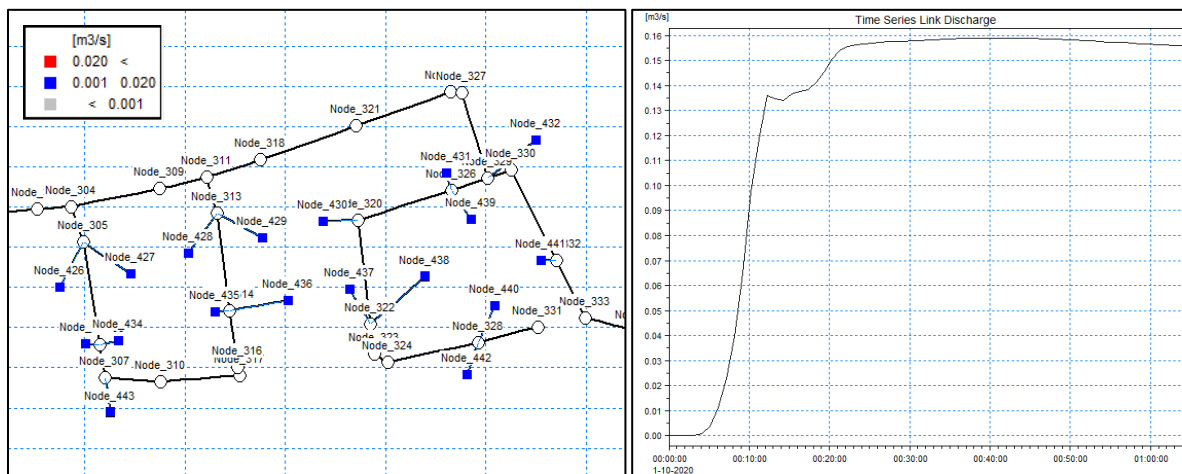
Ve stávajícím stavu dochází při dešti N10-30 min z důvodu přetížení kapacity stoky ke zpětnému vzduť a voda přepadá zpět do objektu, a to HDV 5 a HDV 6 (Obr. 62). Odtok potrubím v pozorovaném profilu je 472 m³ s maximálním průtokem 159 l/s.



Obr. 62 Funkce přelivů při plně funkčních prvcích HDV (vlevo) a maximální průtok u ul. Do Koutů (vpravo)

Také vzniká povrchový odtok, viz obrázek (Obr. 64). V pozorovaném profilu dochází tak k dalšímu odtoku 78 m^3 s maximálním průtokem 184 l/s . Celkový odtok v analyzovaném profilu je 546 m^3 za předpokladu, že objekty HDV budou plně funkční.

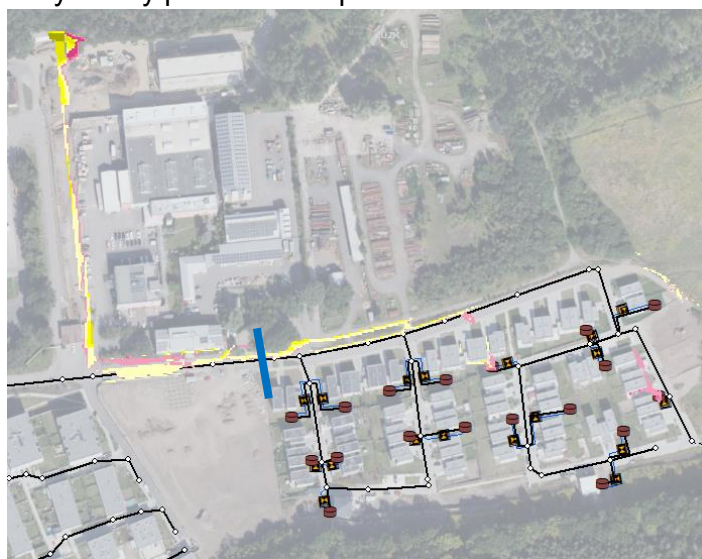
Pokud by HDV prvky neměly žádnou retenční kapacitu, došlo by v podstatě ihned k přepadu vody přímo do dešťové kanalizace. Jak je patrné na obrázku (Obr. 63), přelivy u všech HDV jsou ve funkci. Celkový odtok v pozorovaném profilu je 507 m^3 s maximálním průtokem 159 l/s .



Obr. 63 Funkce přelivů při nefunkčních prvcích HDV (vlevo) a maximální průtok u ul. Do Koutů (vpravo)

I v tomto případě vzniká povrchový odtok (Obr. 64). Celkově profilem proteče 130 m^3 s maximálním průtokem 248 l/s . Celkový odtok je pak 637 m^3 . Z toho vyplývá, že při nefunkčních prvcích hospodaření s dešťovou vodou se objem v ulici Do Koutů zvýší o 91 m^3 .

Tato hodnota se blíží celkovému objemu retenčních objektů v nové zástavbě. Nižší rozdílová hodnota je dána delším dotokem části vod, jak je patrné na obrázku výše. Ani na konci simulační doby (64 min) totiž nedošlo k významnému snížení průtoků ve stoce. Dalším důvodem pak mohou být ztráty při rozlivu na povrchu.



Obr. 64 Povrchový odtok při funkčních (žlutě) a nefunkčních (růžově) HDV

Z vyhodnocení vyplývá, že při desetiletém dešti nedochází při nefunkčních prvcích HDV k příliš zásadnímu zhoršení stavu. I přestože navíc proteče přibližně o více než 100 m^3 vody, v maximálním povrchovém odtoku se jedná o zvýšení pouze o cca 64 l/s .

10 VÝSLEDNÝ NÁVRH ODPOJENÍ A PŘEVEDENÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

Z výsledků v kapitole 9 je patrné, že ani přes kombinaci několika opatření není možné ochránit zástavbu proti stoletému dešti. Velmi problematická je i ochrana při dešti, opakujícím se v průměru jednou za dvacet let. Proto na základě scénáře SC4, který se jeví jako kombinace opatření pro proveditelnou a zároveň maximální ochranu před desetiletým deštěm, je odvozen výsledný návrh opatření.

- a. Redukce odtoku povrchových vod z pole „Pod Nouzovem“**
- b. Návrh retenčních objektů s dostupnou kapacitou**
- c. Zkapacitnění koryta Komořanského potoka**
- d. Návrh dešťových koridorů**

Podrobnější popis daných opatření se nachází taktéž v kapitole 9. Ve výsledném návrhu není doporučeno vybudování přehrázek, a to z důvodu nedostatečné efektivity (zanedbatelná redukce maximálního průtoku v poměru k potřebné údržbě). Další změnou je přepojení dešťových vod v oblasti výstavby nové školy v ulici Do Koutů, kde je navržen odvodňovací kanál vedoucí skrz průmyslový areál do Cholupického potoka. Původně byla tato plocha odvodněna do dešťové kanalizace v ulici Do Koutů, tudíž dojde k odlehčení nekapacitní dešťové stoky.

V simulačním modelu došlo také k úpravě parametrů fiktivních šachet v extravilánu, které mají za následek snížení odtoku v 1D modelu, a naopak vedou úměrně ke zvýšení povrchového odtoku ve spojeném 1D+2D modelu. Hlavním cílem bylo vytvoření realističtější odezvy systému odvodnění, kdy ve 2D modelu dochází vzhledem k vyšší variabilitě terénu a vyšší drsnosti k pomalejšímu odtoku. Výsledkem je v některých analyzovaných profilech mírné snížení maximálních průtoků a proteklých objemů za simulované období pro každý návrhový dešť.

Vyhodnocení desetiletého, dvacetiletého a stoletého třicetiminutového deště ve výhledovém stavu s výsledným návrhem opatření je popsáno v následujících kapitolách.

10.1 Vyhodnocení pro N10 – 30 min

V tabulce (Tab. 21) jsou uvedeny pro všechny retenční objekty jejich navržené a naplněné objemy při desetiletém třicetiminutovém dešti. Celkově se jedná o 5 620 m³ zadržené vody. Navržené retenční objekty RN2, RN3, RN6 a RN7 jsou zcela naplněné a jejich objem není pro desetiletý dešť dostatečný. Objekty RN1, RN5 a RN8 jsou kapacitně dostatečné.

Tab. 21 Navržené objemy retenčních objektů ve výsledném návrhu opatření při N10-30 min

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]	Naplněný objem retence při N10 [m ³]
RN1	2029	0.4	830	290
RN2	875	2.4	2100	2100
RN3	80	3.4	270	270
RN4	0	0	0	0
RN5	129	1.6	210	110
RN6	284	2.1	590	590
RN7	152	1.9	290	290
RN8	1159	2.0	2340	2010

Ačkoliv navržené objemy retenčních objektů i jejich naplněný objem je stejný, jako ve scénáři SC4, u maximálních průtoků a celkových objemů vzhledem k navrženým opatřením a úpravám v simulačním modelu může docházet k drobným odchylkám. Analýza nátok povrchových vod z extravilánu je provedena na základě zatížení povodí návrhovou desetiletou třicetiminutovou srážkou, a to na stávajícím stavu bez opatření a výhledovém stavu s výsledným návrhem opatření (Tab. 22).

Tab. 22 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N10-30 min ve stávajícím stavu a výsledném výhledovém stavu

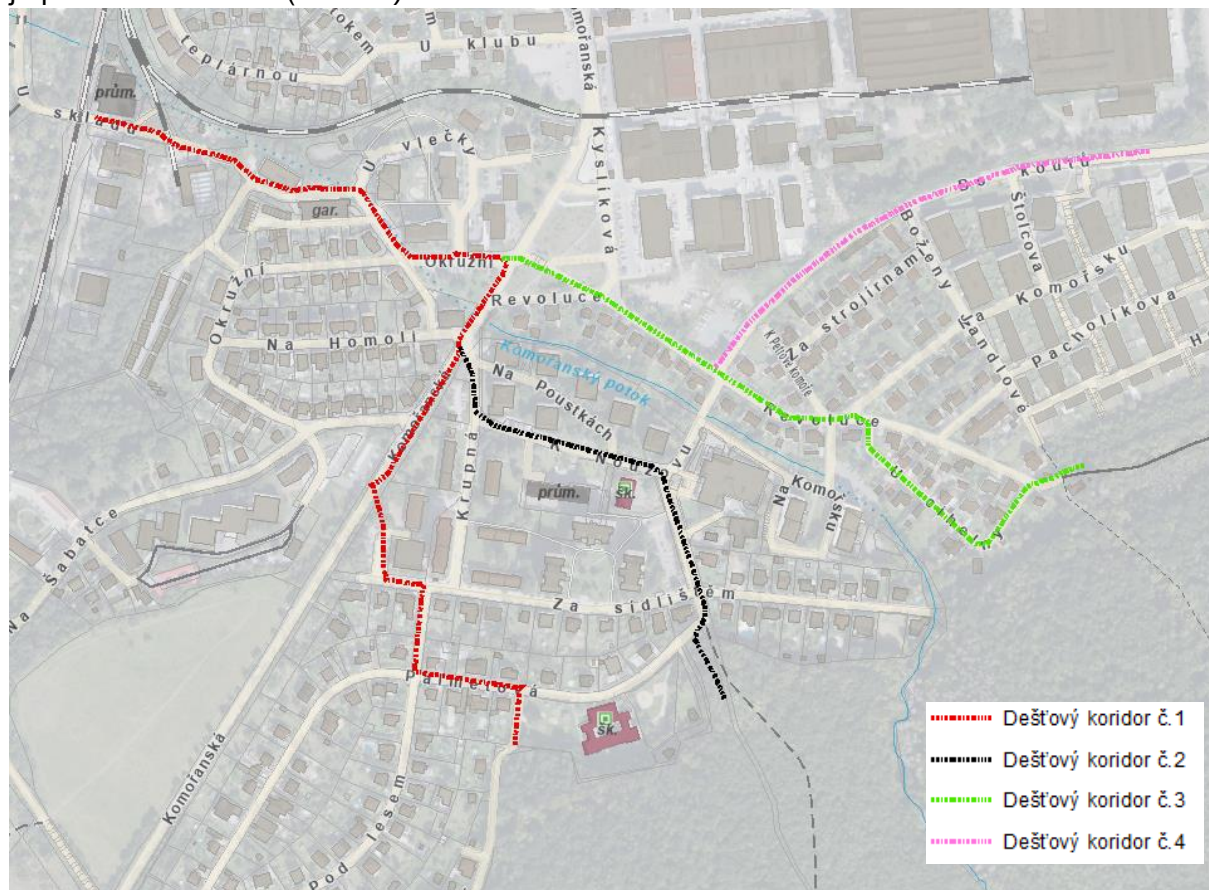
	Stávající stav		Výhledový stav – výsledný návrh opatření		Rozdíl Q _{max} [%] Rozdíl V _{tot} [%]	
	Q _{max} [m ³ /s] N10 – 30 min	V _{tot} [m ³] N10 – 30 min	Q _{max} [m ³ /s] N10 – 30 min	V _{tot} [m ³] N10 – 30 min		
E1	0.45	437	0.02	47	-96	-89
E2	3.61	3177	0.60	489	-83	-85
E3	0.84	696	0.79	534	-6	-23
E4	5.18	4882	3.82	3612	-26	-26
E5	0.20	181	0.02	63	-90	-65
E6	0.93	782	1.32	771	42	-1
E7	0.48	422	0.33	207	-31	-51
E8	2.22	1681	0.07	58	-97	-97

K nejpatrnější redukci maximálních průtoků patří profil E1, E2, E5 a E8, kde dochází pouze k regulovanému odtoku do stávající dešťové kanalizace, popř. minimálnímu povrchovému odtoku. U profilů E3, E6 a E7 dochází vzhledem k minimálním zásahům z důvodu nedostatečného prostoru pro realizaci retenčních objektů k velmi malé nebo žádné redukci maximálních průtoků. Vzhledem ke skutečnosti, že ani jeden z profilů není s ohledem na maximální průtok nijak kritický, infrastruktura v intravilánu bude ochráněna doplňkovým opatřením – dešťovými koridory. Profil E4 (Komořanský potok) je díky zkapacitnění koryta na 4 m³/s před rozlivem při desetileté dešti ochráněn.

Kumulativní objem vody byl u všech profilů snížen. Podobně jako u maximálních průtoků, k největší redukci došlo v profilu E1, E2, E5 a E8. Dále i v profilech E5 a E7 dochází k zásadnímu snížení o více než 50 % z důvodu menší objemů i ve stávajícím stavu. Takřka

nevýznamné je snížení objemu vod v profilu E6, kde je přirozený terén i ve stávajícím stavu schopen zadržet velkou část objemu vod. V Komořanském potoce k významnému snížení objemu vod sice nedochází, ovšem koryto je schopné tento objem provést, a proto není cílem jeho další redukce.

Objemy vod, které retenční objekty nepojmou, jsou převedeny nouzovými cestami odtoku, jak je patrné na obrázku (Obr. 65).



Obr. 65 Rozliv N10-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení výsledného návrhu opatření (žlutá) s vyznačením lokalit úprav terénu (červená)

Při simulaci rozlivu dochází po navýšení stávajícího terénu v digitálním modelu k usměrnění proudu vody do koridorů č. 1-4. Výsledný rozliv při desetiletém třicetiminutovém dešti je znázorněn na obrázku (Obr. 66).



Obr. 66 Rozliv N10-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení výsledného návrhu opatření (žlutá)

Úprava terénu pro vybudování jednotlivých koridorů pro bezpečné provedení návrhového desetiletého třicetiminutového deště je popsána v následující kapitole 10.1.1.

10.1.1 Dešťové koridory

První dešťový koridor je navržen přes ulice Podlesní, Palmetová, Pod Lesem, Za Sídlištěm, Komořanská, Okružní, U Vlečky, U Skladu až k vlakovým kolejím, kde zatrubněný potok přechází do otevřeného koryta. Koridor je vyznačen červenou trasou na obrázku (Obr. 67).

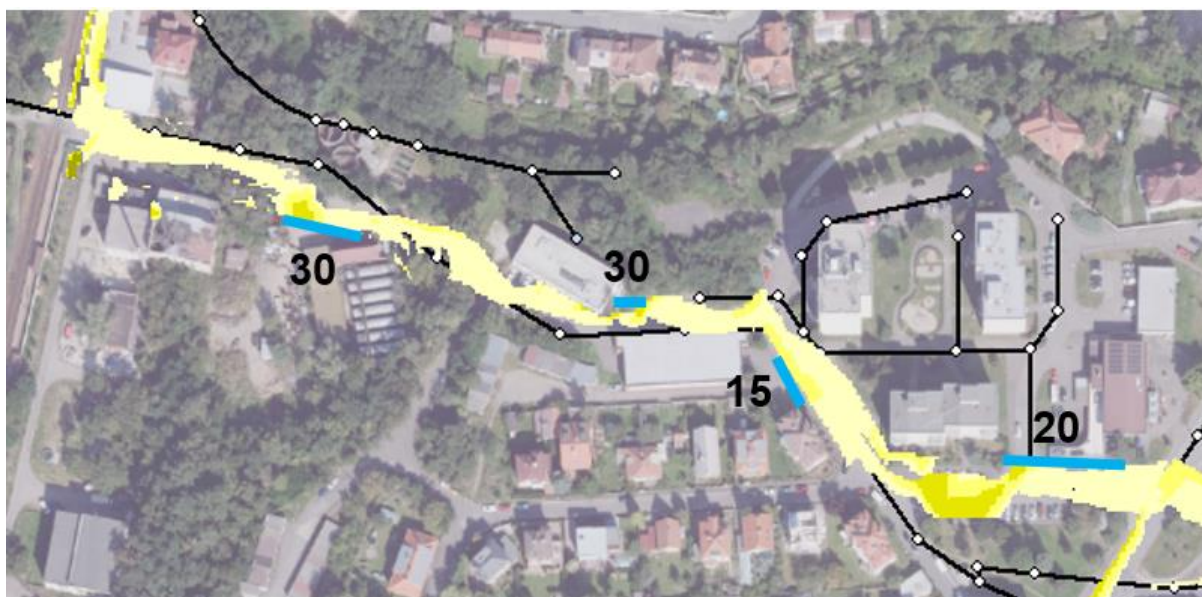
Na obrázcích níže (Obr. 68 a Obr. 69) je modře zakresleno 6 oblastí vymezených pro terénní úpravy (navýšení v centimetrech).



Obr. 67 Navržený dešťový koridor č.1



Obr. 68 Navržené úpravy terénu v ul. Podlesní až Komořanská



Obr. 69 Navržené úpravy terénu v ul. Komořanská až U Skladu

Druhý dešťový koridor je navržen od ulice Palmetová, K Nouzovu, Krupná, Komořanská a dále se napojuje na dešťový koridor 1 (Obr. 70). Jelikož se jedná o poměrně malé hloubky, ve kterých voda po ulici proudí, zvýšení úrovně terénu je zapotřebí pouze v ulici K Nouzovu, a to o 20 cm (Obr. 71).

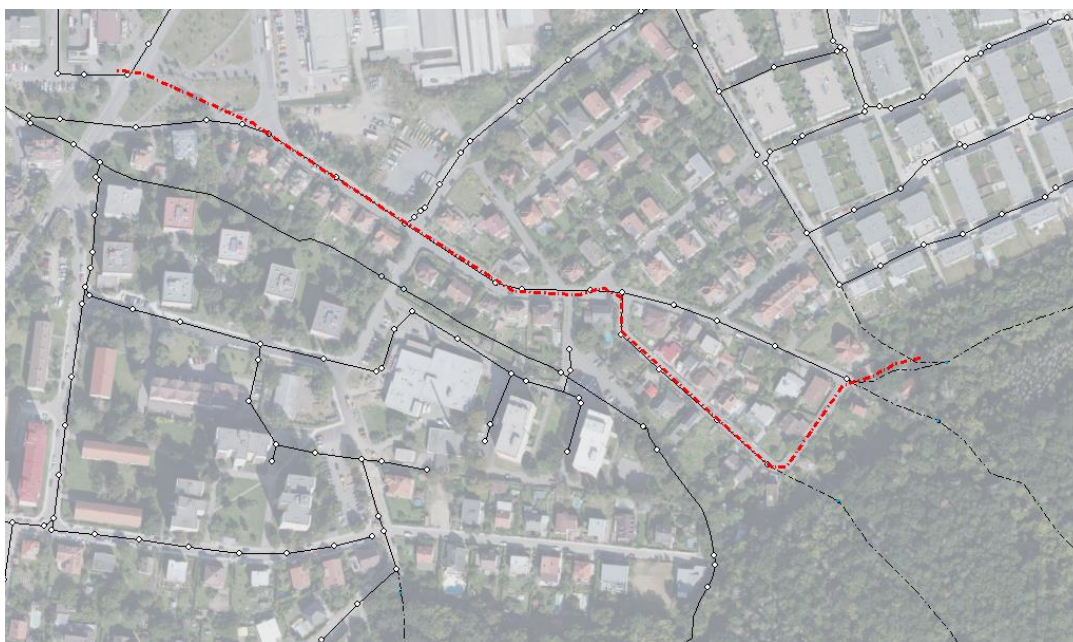


Obr. 70 Navržený dešťový koridor č.2



Obr. 71 Navržené úpravy terénu v ul. K Nouzovu

Třetí dešťový koridor je navržen od ulice U Cihelny, dále směrem do ul. Revoluce až do ul. Komořanská, kde se koridor č. 3 napojuje na koridor č.1. Vzhledem k nátoky vody ze dvou svodnic vznikají v některých lokalitách větší hloubky, než u druhého koridoru. Na základě digitálního modelu je pro vytvoření dešťového koridoru zapotřebí navýšit terén místy i o 30 cm. Veškeré lokality, kde může dojít k rozlivu, jsou vyznačeny modře na obrázcích níže (Obr. 73 a Obr. 74). Pro zajištění bezpečného odtoku koridorem je zapotřebí navýšit terén, popř. jinak zabezpečit snížená místa např. u vjezdů na soukromé pozemky, a to ve výšce, která je vypočítána 2D simulačním modelem a taktéž vyznačena na obrázcích.



Obr. 72 Navržený koridor č. 3

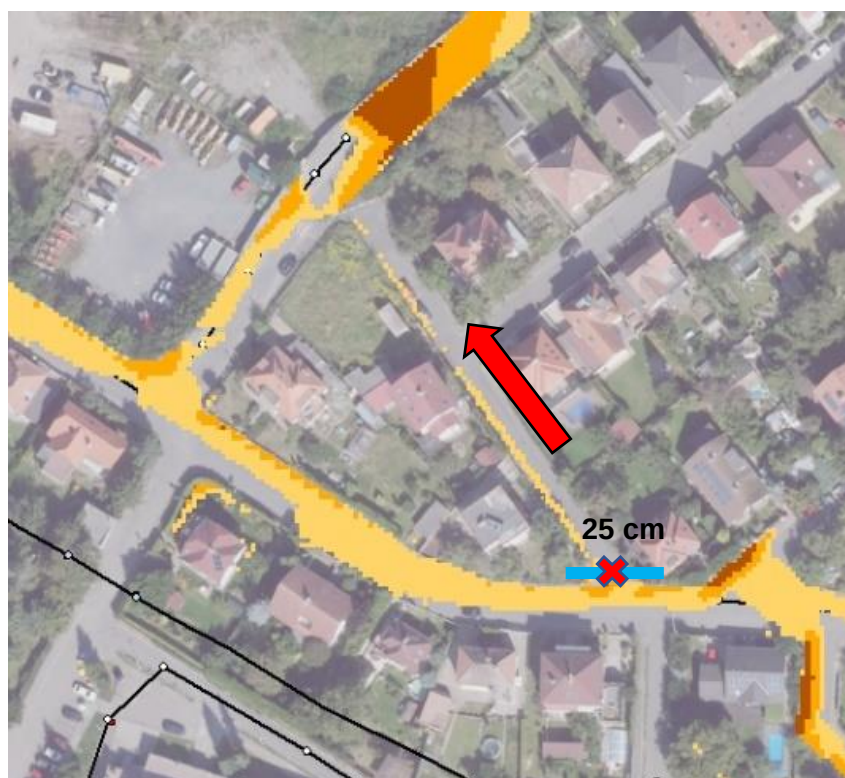


Obr. 73 Navržené úpravy terénu v ul. U Cihelny a Revoluce



Obr. 74 Navržené úpravy terénu v ul. Revoluce

Navržené zvýšení terénu zajistí odtok z desetileté srážky v definovaném dešťovém koridoru, ovšem v některých ojedinělých případech může být efektivnější převést vodu jinou cestou bez nutnosti úprav terénu. Příkladem může být oddělení a převedení části vod v dešťovém koridoru č. 3 ulic K Petrově komoře. Pokud nedojde k navýšení 25 cm na křižovatce ulic Revoluce a K Petrově komoře (modře vyznačeno na obrázku Obr. 75), část vody se oddělí, proteče ulicí K Petrově Komoře (označeno červenou šipkou) a následně se napojí na odtok v ul. Do Koutů.



Obr. 75 Vyznačený odtok vody bez úpravy terénu v křižovatce

Čtvrtý dešťový koridor se nachází v části ulice Do Koutů (Obr. 76). Voda vyvěrá na povrch z přetížené dešťové kanalizace a odtéká do ulice Revoluce. Vzhledem k tomu, že je přilehlý průmyslový areál obezděn, nedochází k rozlivu mimo koridor ani za stávajícího stavu. Jediným úskalím může být nevhodné spádování komunikace a zadržování vody v problematických oblastech bez dalšího odtoku koridorem, popř. dešťovou kanalizací.



Obr. 76 Navržený koridor č. 4

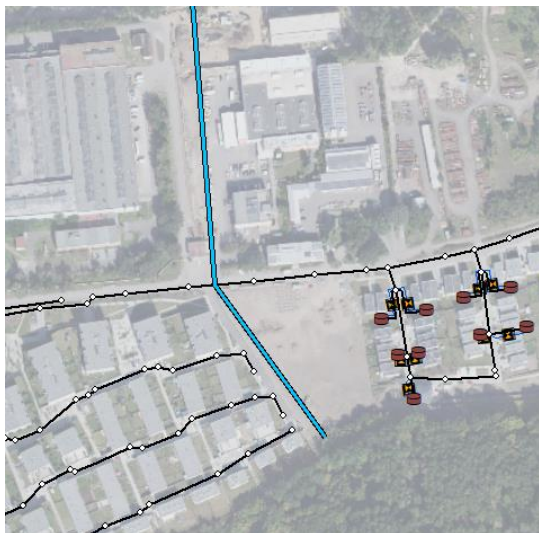
10.1.2 Odvodnění nové školy v ul. Do Koutů

Na základě průběžných jednání výrobního výboru došlo v simulačním modelu ke změně odvodnění povodí extravilánu nad novou zástavbou a silnice v ulici Do Koutů, a to nově budovaným odvodňovacím kanálem, který bude procházet areálem školy. Veškerá přepojená povodí jsou vyznačena na obrázku (Obr. 77).

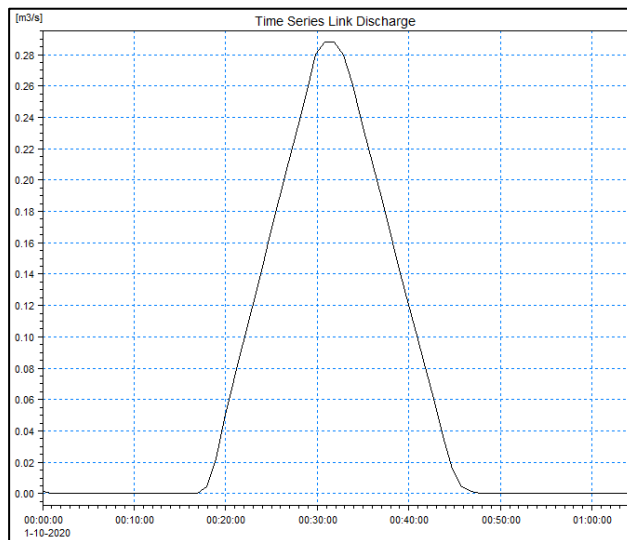


Obr. 77 Odvodnění okrsků ve stávajícím stavu do stávající dešťové kanalizace (vlevo) a odvodnění do navrženého odvodňovacího kanálu ve výhledovém stavu (vpravo)

Na obrázku vlevo je znázorněno původní odvodnění do stávající dešťové kanalizace, na obrázku vpravo jsou okrsky přepojeny do nového odvodňovacího kanálu. Jelikož zpracovateli studie nebyly předány podklady k odvodnění školy, v simulačním modelu je kanál zadán obdélníkovým profilem o velikosti 1 x 1 m až do ulice Do Koutů. Odtud je oblast odvodněna otevřeným korytem v průmyslovém areálu směrem k Cholupickému potoku.



Obr. 79 Navržený odvodňovací kanál v ul. Do Koutů (modře)



Obr. 78 Navržený odvodňovací kanál v ul. Do Koutů Nátok vod z extravilánu do odvodňovacího kanálu vedoucího přes nově vystavěnou školu v ul. Do Koutů

Na obrázku (Obr. 78) je zelenou barvou dešťový koridor znázorněn. Odtok skrze oblast budované školky není patrný, jelikož voda odtoká v 1D modelu uzavřeným korytem.

Do odvodňovacího kanálu vedoucí přes pozemek školy je odvodněna také část extravilánu, která původně natékala do dešťové kanalizace v nové zástavbě na konci ulice Do Koutů. Vzhledem k plánované výstavbě zídky na ochranu před nátokem těchto vod, který odlehčí stávající přetížené kanalizaci, bude voda odvodněna právě do nově budovaného kanálu, který bude při výstavbě školy realizován. Pro desetiletý třicetiminutový déšť se jedná o dodatečný nátok přibližně 290 l/s v maximu s celkovým nátokem 260 m³ při desetiletém třicetiminutovém dešti (Obr. 79).

Odtok veškerých napojených vod vč. komunikace a pozemku školky dále prochází korytem v průmyslovém areálu 2D modelem (na obrázku výše vyznačeno rozlivem v odstínech žluté). Maximální průtok při nátoce všech ploch zůstává vzhledem k rozdílné době dotoku stejný, a to 290 l/s. Odtokový objem vody se zvýší o 108 m³ na 368 m³.

10.2 Vyhodnocení N20-30 min

V tabulce (Tab. 23) jsou uvedeny pro všechny retenční objekty jejich navržené a naplněné objemy při dvacetiletém třicetiminutovém dešti. Celkově se jedná o 6 300 m³ zadržené vody. Navržené retenční objekty RN2, RN3, RN5, RN6, RN7 a RN8 jsou zcela naplněné a jejich objem není pro desetiletý déšť dostatečný. Pouze objekt RN1 je kapacitně dostatečný.

Tab. 23 Navržené objemy retenčních objektů ve výsledném návrhu opatření při N20-30 min

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]	Naplněný objem retence při N20 [m ³]
RN1	2029	0.4	830	500
RN2	875	2.4	2100	2100
RN3	80	3.4	270	270
RN4	0	0	0	0
RN5	129	1.6	210	210
RN6	284	2.1	590	590
RN7	152	1.9	290	290
RN8	1159	2.0	2340	2340

Analýza nátoku povrchových vod z extravilánu je provedena na základě zatížení povodí stávajícím stavu bez opatření a výhledovém stavu s výsledným návrhem opatření (Tab. 24).

Tab. 24 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N20-30 min ve stávajícím stavu a výsledném výhledovém stavu

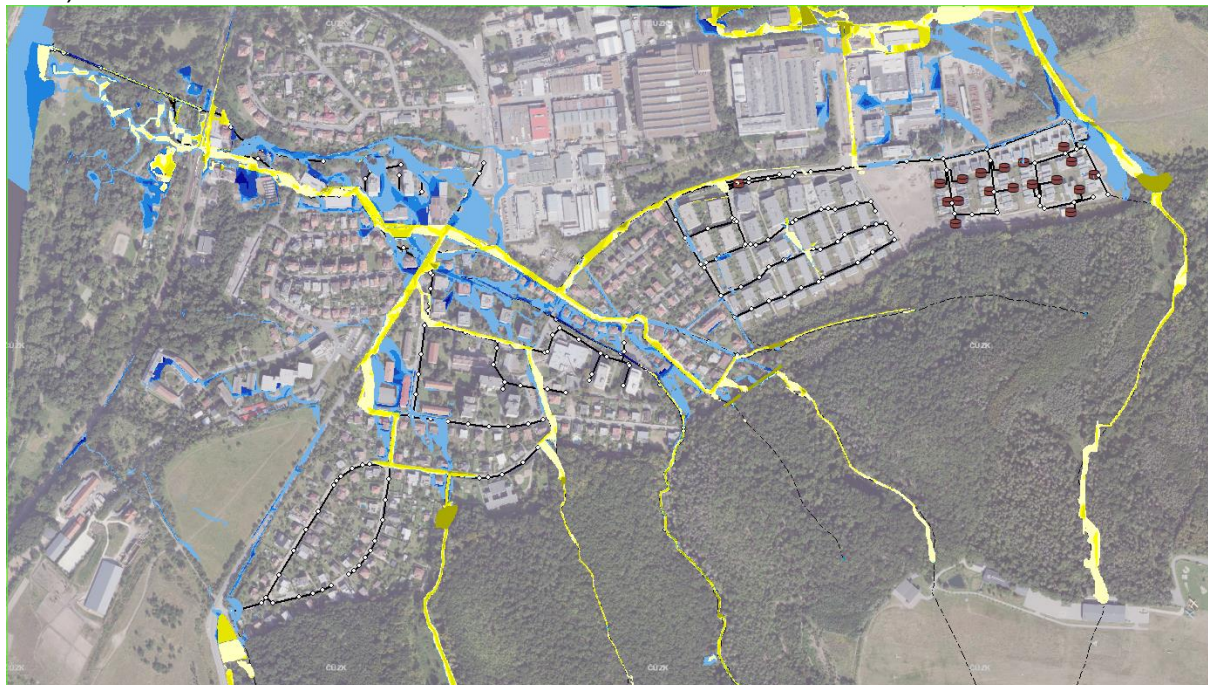
	Stávající stav		Výhledový stav – výsledný návrh opatření			
	Qmax [m ³ /s] N20 – 30 min	Vtot [m ³] N20 – 30 min	Qmax [m ³ /s] N20 – 30 min	Vtot [m ³] N20 – 30 min	Rozdíl Qmax [%]	Rozdíl Vtot [%]
E1	0.68	741	0.02	52	-97	-93
E2	5.42	5712	3.37	2305	-38	-60
E3	1.30	1284	1.26	1034	-3	-19
E4	7.56	8550	6.22	6631	-18	-22
E5	0.30	321	0.15	109	-49	-66
E6	1.37	1381	1.45	1048	6	-24
E7	0.76	769	0.73	528	-4	-31
E8	3.33	3048	2.35	1387	-29	-54

Při dvacetiletém dešti dochází k úplné eliminaci povrchového odtoku pouze v profilu E1, kde je navržen dostatečně kapacitní retenční objekt. K dalším významným redukcím maximálního průtoku dochází v profilech E2 a E8, pohybující se mezi 29–38 %. V ostatních profilech nedochází k významnému snížení maximálního průtoku, a to buď z důvodu nedostačující kapacity retenčních objektů, který není navržený pro dvacetiletý déšť nebo zůstává maximální průtok velmi podobný, jako při stávajícím stavu z důvodu vzniku soustředěného odtoku z retenčního objektu namísto původního plošného rozlivu. Maximální průtok v Komořanském potoce je snížen o 18 %, ovšem ani zkapacitnění koryta není pro daný průtok dostatečné a dochází k rozlivu.

U Kumulativních objemů vody dochází ve všech pozorovaných profilech ke snížení. K více než 50% redukcí objemů dochází u profilů E1, E2, E5 a E8. U profilů E3, E4, E6 a E7 dochází ke snížení pohybující se mezi 19 až 31 %.

Objemy vod, které retenční objekty nepojmou, jsou převedeny dešťovými koridory. Pro bezpečné převedení vod při dvacetileté srážce dešťovými koridory by ovšem bylo zapotřebí

větších zásahů při úpravách terénu v zástavbě (např. vyššími obrubami chodníků nebo navýšením terénu v oblastech, kde k rozlivu při desetiletém dešti ještě nedochází). Odtok dvacetileté srážky dešťovými koridory, které jsou upravené pro její bezpečný průchod, je patrný na obrázku (Obr. 80). Odtok vody při dvacetileté srážky upravenými dešťovými koridory, je uveden pouze pro porovnání s odtokem při navržených opatřeních (ochrana na desetiletý déšť).



Obr. 80 Rozliv N20-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení výsledného návrhu opatření s upravenými dešťovými koridory pro N20 (žlutá)

V případě zavedení opatření pro bezpečné převedení pouze desetiletého deště, by v některých oblastech při dvacetiletém dešti došlo k rozlivu i mimo tyto koridory, jak je uvedeno na obrázku (Obr. 81).



Obr. 81 Rozliv N20-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení výsledného návrhu opatření (žlutá) s dešťovými koridory pro N10

10.3 Vyhodnocení N100 -30 min

V tabulce (Tab. 25) jsou uvedeny pro všechny retenční objekty jejich navržené a naplněné objemy při stoletém třicetiminutovém dešti. Celkově se jedná o 6 630 m³ zadržené vody. Navržené retenční objekty RN2, RN3, RN5, RN6, RN7 a RN8 jsou zcela naplněné a jejich objem není pro stoletý déšť dostatečný. Pouze objekt RN1 je kapacitně dostatečný právě pro stoletý déšť.

Tab. 25 Navržené objemy retenčních objektů ve výsledném návrhu opatření při N100-30 min

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]	Naplněný objem retence při N100 [m ³]
RN 1	2029	0.4	830	830
RN 2	875	2.4	2100	2100
RN 3	80	3.4	270	270
RN 4	0	0	0	0
RN 5	129	1.6	210	210
RN 6	284	2.1	590	590
RN 7	152	1.9	290	290
RN 8	1159	2.0	2340	2340

Analýza nátoky povrchových vod z extravilánu je provedena na základě zatížení povodí ve stávajícím stavu bez opatření a výhledovém stavu s výsledným návrhem opatření (Tab. 26) pro stoletý třicetiminutový déšť.

Tab. 26 Maximální průtoky a celkové objemy vod při N100-30 min ve stávajícím stavu a výsledném výhledovém stavu

	Stávající stav		Výhledový stav – výsledný návrh opatření			
	Qmax [m³/s] N100 – 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min	Qmax [m³/s] N100– 30 min	Vtot [m³] N100 – 30 min	Rozdíl Qmax [%]	Rozdíl Vtot [%]
E1	0.83	1097	0.02	56	-98	-95
E2	7.54	9220	5.83	5031	-23	-45
E3	1.76	2070	1.75	1818	0	-12
E4	10.86	13538	8.89	10848	-18	-20
E5	0.39	502	0.38	292	-3	-42
E6	1.87	2235	2.01	1902	7	-15
E7	1.04	1255	1.03	1004	-1	-20
E8	4.02	4737	4.07	3121	1	-34

Pomocí navržených opatření není ochrana před nátokem při stoleté srážce dostatečná. U maximálních průtoků dochází ke znatelné redukci pouze v profilu E1, E2 a E4. V ostatních profilech ke změně maximálních průtoků téměř nedochází. Dostatečný je návrh opatření pouze na profilu E1, kde dochází ke kompletní ochraně před povrchovým odtokem.

Kumulativní objemy jsou ve všech profilech sníženy. K nejvýraznějšímu snížení dochází v profilu E1, E2, E5 a E8, a to více než 30 %. U profilů E3, E4, E6 a E7 se proteklý objem redukuje do 20 %.

Voda, která není zachycena v navržených retenčních objektech dále pokračuje do intravilánu, kde nouzovými cestami odtoku směřuje do Komořanského potoka, popř. Vltavy mimo zastavěnou oblast Komořan. Pro bezpečné převedení vod při stoleté srážce dešťovými koridory by ovšem bylo zapotřebí větších zásahů při úpravách terénu v zástavbě než při desetiletém dešti, na který byly dešťové koridory navrženy.

Odtok stoleté srážky dešťovými koridory, které jsou upravené pro její bezpečný průchod, je patrný na obrázku (Obr. 82). Tento odtok je uveden pouze pro porovnání s odtokem při navržených opatřeních (ochrana na desetiletý déšť).



Obr. 82 Rozliv N100-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení výsledného návrhu opatření s upravenými dešťovými koridory pro N100 (žlutá)

V případě zavedení opatření pouze pro bezpečné převedení desetiletého deště by tak v některých oblastech došlo k rozlivu i mimo tyto koridory, jak je uvedeno na obrázku (Obr. 83).



Obr. 83 Rozliv N100-30 min ve stávajícím stavu (modrá) a po zavedení výsledného návrhu opatření s dešťovými koridory pro N10 (žlutá)

11 DETAILNÍ ANALÝZA OPATŘENÍ A EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ ŘEŠENÍ

11.1 Pole „Pod Nouzovem“

Prvním navrženým opatřením je redukce rychlého povrchového odtoku srážkové vody z pole. V současné době není z pozemku nijak zajištěna dodatečná akumulace té složky vody, která se nezasákne, a tak dochází k odtoku zbylého objemu vody po spádnicí směrem k zastavěné oblasti Komořan. Dodatečným problémem může tak být nejen množství vody, ale navíc i splavení nečistot v podobě zeminy nebo chemických látek, a to v závislosti na intenzitě a způsobu hospodaření. V návaznosti na účinky klimatické změny může povodí zasáhnout kromě přívalových dešťů i opačný problém, sucho. Jedním z řešení, které by vedlo ke zlepšení obou situací, je převedení drenážních vod do míst, kde bude voda využita

Právě s ohledem na častější výskyt extrémních jevů v důsledku klimatické změny je doporučeno snižovat intenzitu odvodnění, a naopak zvyšovat retenci a akumulaci vody v půdě vhodnými opatřeními. Toto doporučení navazuje na vydané publikace či usnesení vlády (např. Koncepce ochrany před následky sucha pro území ČR, 2017 či Strategie resortu MZe do roku 2030 a jiné). Pole „Pod Nouzovem“ se navíc nachází v poměrně velkém svahu a tím jsou důsledky extrémních jevů, jako je povrchový odtok a splavení nečistot, ještě zesíleny. Je zde zapotřebí zdůraznit, že sami zemědělci nebo lesníci jsou ti, kteří jsou zodpovědní za nakládání s vodami na hospodářsky využívaném pozemku.

Tato studie využívá již zhotovené studie „Návrhy opatření pro snížení povrchového odtoku, eroze půdy, zvýšení retence vody a možnosti deponování zemin v lokalitě Nouzov, Praha 12“ zpracovanou VÚMOP, v. v. i., ve které je popsáno několik způsobů vedoucích ke snížení povrchového odtoku z plochy pole. Vzhledem k faktu, že stále není zřejmé, zda bude na pole navedena deponie a k jakým úpravám na poli dojde, není zde ekonomicky vyhodnoceno výsledné řešení.

Jedna z uvažovaných variant je terasovité uspořádání s mocnostmi navážek do 10 m. Toto řešení ovšem může naopak vést k soustředění vod ze svahů teras, které budou ve větším sklonu. S touto vodou bude opět potřeba nějak nakládat. Vzhledem k prezentované mocnosti by rovněž bylo problematické napojení na okolní navazující pozemky, terén. Problémy mohou nastat i v samotné fázi realizaci násypů při výskytu dešťů enormním splavováním zeminy z nekonsolidovaných svahů do údolí Komořanského potoka a dalších roklí.

11.2 Retenční objekty

Dalším opatřením vedoucím ke snížení nátoku povrchových vod, je vybudování akumulačních objektů. Jedná se sedm rezervoárů navržených na svodnicích na hranici extravilánu s intravilánem. Výběr lokalit a jejich plošné uspořádání je zvoleno na základě terénního průzkumu (např. zalesněnost, svažitost, bodové či liniové stavby) a studie dále neuvažuje hydrogeologii území či jiné důležité aspekty pro vybudování retenčních objektů. Jednotlivé objekty jsou postupně popsány v textu níže.

Tab. 27 Parametry návrhu retenčních objektů

	Plocha retence [m ²]	Hloubka retence [m]	Navržený objem retence [m ³]
RN 1	2029	0.4	830
RN 2	875	2.4	2100
RN 3	80	3.4	270
RN 5	129	1.6	210
RN 6	284	2.1	590
RN 7	152	1.9	290
RN 8	1159	2.0	2340

Retenční objekt RN1 se může nacházet v proluce mezi dvěma komunikacemi na pozemku Hl. m. Prahy. Jedná se o mírně svažité území s řídkým výskytem stromů. Pokud by došlo k mírné úpravě terénu tak, aby byla plocha o velikosti 2029 m² snížena průměrně o 0.4 m, došlo by k vytvoření retenčního prostoru většího, než je objem potřebný k zadržení vody (290 m³) při desetiletém dešti. Tento objem by byl schopný zachytit i déšť stoletý. Vzhledem k tomu, že se jedná o plošně rozsáhlejší opatření s malou hloubkou, nepředpokládá se nutnost budování bezpečnostní hráze. Při splnění požadavku vhodných podmínek může být zadržená voda postupně zasakována, popřípadě regulovaně odpouštěna do blízké dešťové kanalizace. Druhý navržený retenční objekt se nachází na pozemku, který vlastní Lesy ČR. V dané lokalitě



Obr. 84 Výběr lokality k vybudování objektu RN1 (modře)

se v současné době suchý poldr nachází, ovšem k zadržení potřebného objemu by bylo zapotřebí objektu s mnohem větší kapacitou. Navržen je proto rezervoár o ploše 875 m² s průměrnou hloubkou 2.4 m, který zadrží 2 100 m³ vody. Vzhledem k velikosti samotného opatření se předpokládá jeho zajištění bezpečnostní hrází, což se výrazně promítne i do ekonomického vyhodnocení. Odtok z objektu může být řízeně převáděn do nejbližší dešťové kanalizace v ulici Palmetova pomocí regulačního prvku.



Obr. 85 Návrh objektu RN2

U třetího objektu RN3 je navrženo pouze prohloubení stávajícího objektu, a to o 2.2 m, pokud by to místní podmínky umožnily. V takovém případě by došlo ke zvýšení kapacity o 190 m³. Zvětšení plochy retence v dané lokalitě doporučeno není. Svažité zalesněné území v kombinaci s menším povodím nad retenčním objektem by vybudováním nové nádrže nepřineslo požadovaný přínos. Pro úplné zachycení odtoku při desetileté srážce by bylo zapotřebí více než 700 m³, což v dané lokalitě není proveditelné.

Stávající RN3 je součástí pozemku ve vlastnictví Lesů ČR. Pokud by nebylo možné jeho zkapacitnění na 270 m³, tak i jen částečné zvýšení retenčního objemu bude vést ke snížení nátoků do intravilánu při desetiletém dešti, popř. i k úplné redukci nátoků při deštích s nižší intenzitou.



Obr. 86 Zanešená stávající retence RN3



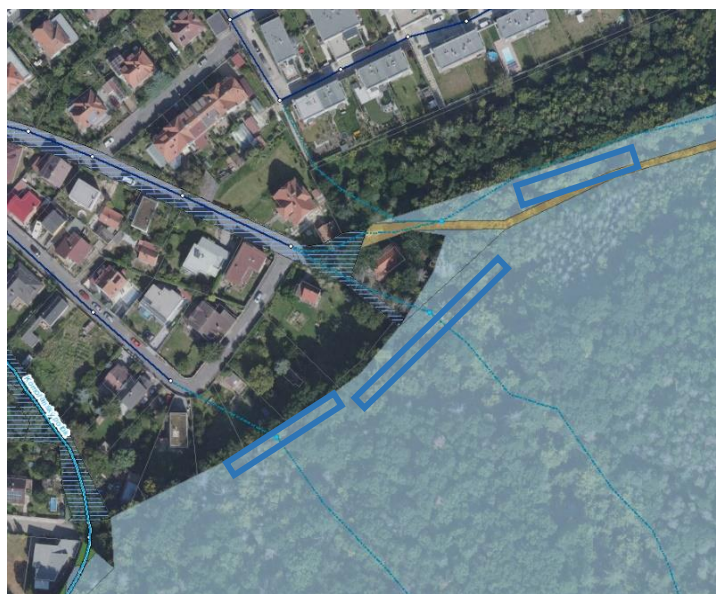
Obr. 87 Svodnice E5 s potenciálním umístěním liniového akumulčního prvku

Retenční objekty na svodnicích E5, E6 a E7 jsou navrženy na pozemcích, které jsou ve vlastnictví Arcibiskupství pražského. U všech navržených retenčních prvků je velmi komplikované jejich umístění. V dané oblasti se opět jedná o svažité zalesněný terén a plošně náročné retenční objekty zde není možné umístit. K ochraně před nátokem desetiletého deště by bylo zapotřebí větších akumulčních prostor, než se kterou studie počítá.

Akumulční objekty jsou navrženy jako liniové prvky poblíž lesních cest. Retenční prvky by mohly být realizovány ve formě vsakovacích průlehů, pokud by k vsakování existovaly vhodné podmínky a dostatečný prostor (Obr. 87). V oblasti RN6 je zalesnění řidší a ve stávajícím stavu se zde vyskytují systémy přehrážek, které mohou mít pozitivní vliv na zpoždění odtoku (Obr. 89). Zpracovatel předpokládá, že tato oblast bude vhodná pro zadržení a zpoždění vyššího objemu vody, než v případě E5 a E7.



Obr. 89 Svodnice E6 s přehrázkami (modře)



Obr. 88 umístění liniových prvků v blízkosti cest na E5, E6 a E7

Poslední objekt RN8 je navržen za novou zástavbou v ulici Do Koutů v oblasti, která není zalesněná a zároveň se nachází na přirozené svodnici. Navržený objekt je plošně rozsáhlý, pokrývá více než 1 100 m².

S průměrnou hloubkou 2 m dokáže s rezervou zachytit přibližně 2000 m³ vody, které do něj přitékají při návrhovém desetiletém dešti. Při takové velikosti je již zapotřebí objekt zajistit bezpečnostní hrází s přelivem.

Z retenčního objektu mohou být vody regulovaně odváděny do blízké dešťové kanalizace v nové zástavbě. Při přelivu bezpečnostní hráze by voda mohla být svedena přirozenou svodnicí vně zástavby do Cholupického potoka. Objekt se nachází na dvou parcelách, které jsou vedeny jako zahrady ve vlastnictví:

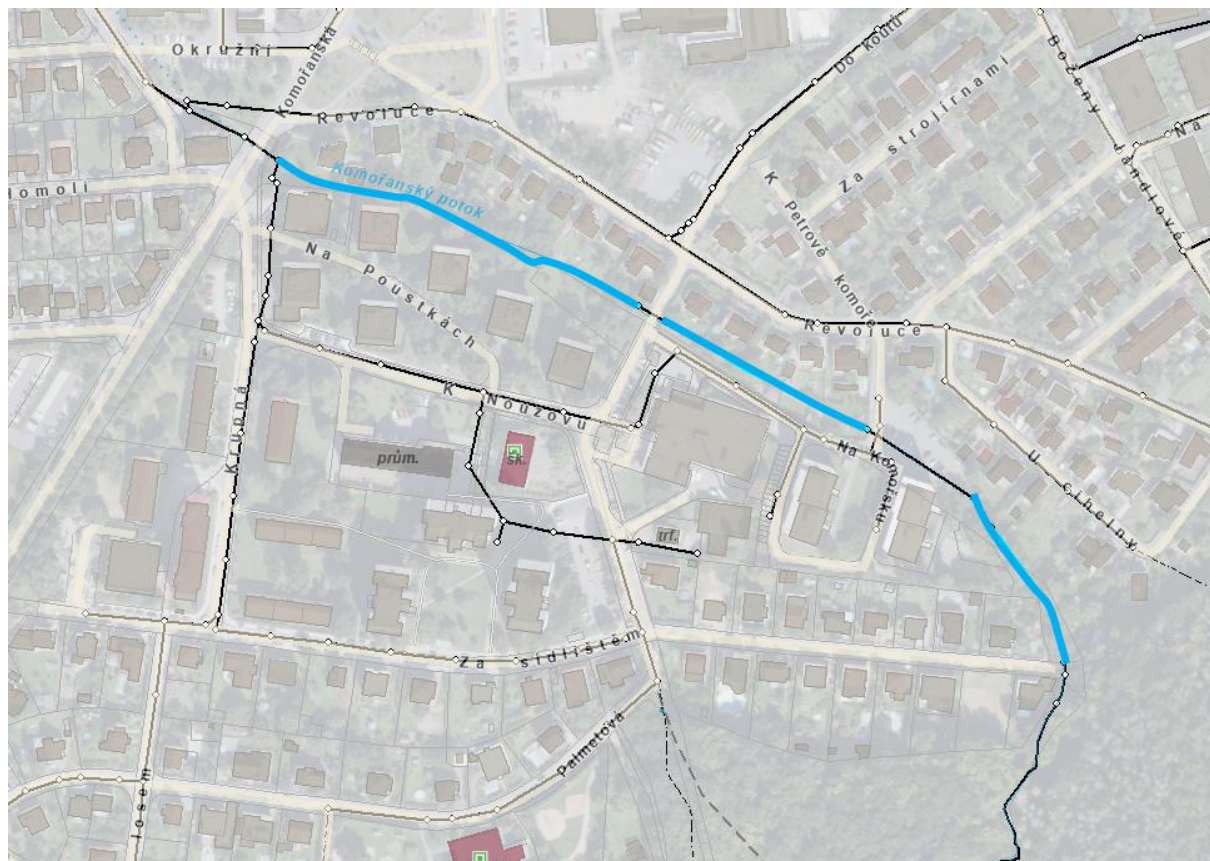
1. Kašparová Inka, SJM Pospíšil Pavel a Pospíšilová Irena
2. SJM Pospíšil Pavel a Pospíšilová Irena



Obr. 90 Retenční objekt RN 8

11.3 Komořanský potok

Další úpravy jsou navrženy na úsecích otevřeného koryta Komořanského potoka v zástavbě (Obr. 91). V délce úseku 404 m je navrženo zkapacitnění koryta takovým způsobem, aby bezpečně provedlo $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Při uvažovaném průměrném sklonu 1 % by danou kapacitu provedlo koryto obdélníkového profilu s šířkou 1.4 m a výškou 1 m s betonovými stěnami a kamenným opevněním dna. Toto jednoduché řešení poskytuje jisté výhody, ale i nevýhody oproti vybudování přírodě blízkého koryta.

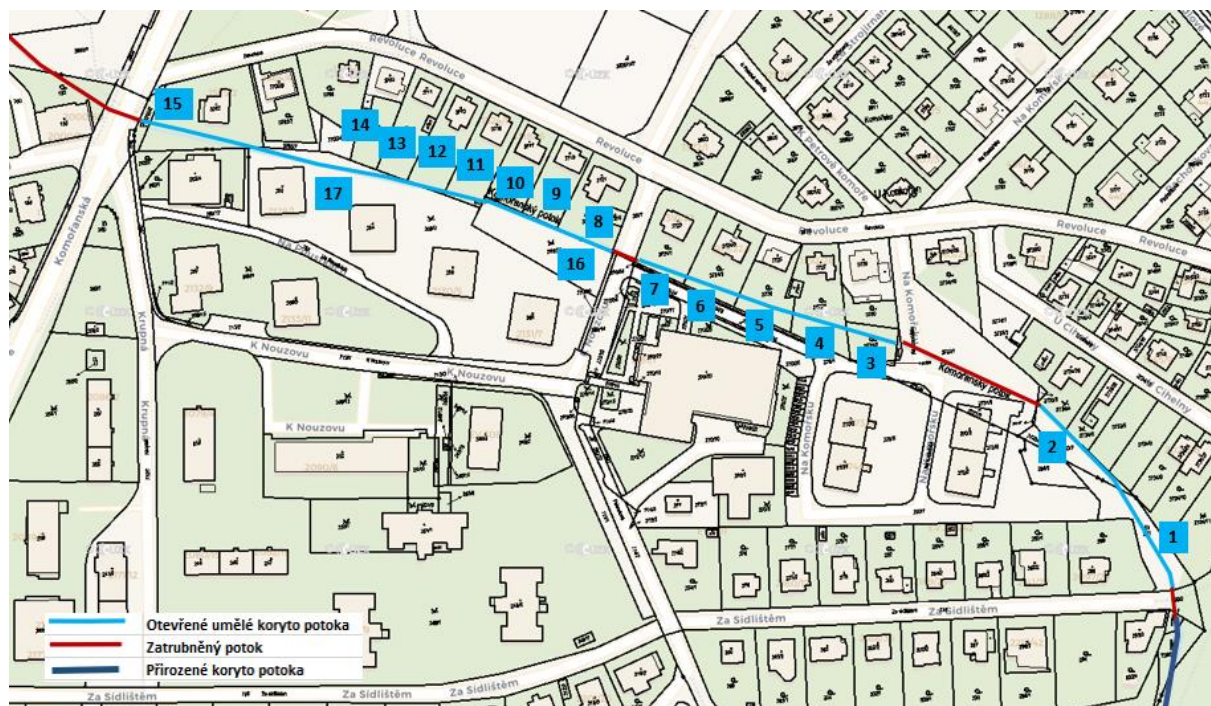


Mezi výhody navrženého řešení je jednoznačně zařazena jednoduchost a rychlost provedení. Dále také minimální zábor dalšího pozemku v zahradách ve vlastnictví mnoha soukromých osob. Na druhou stranu toto řešení není zpracovatelem doporučeno z těchto důvodů:

1. Vybudováním betonového koryta s hladkými povrchy se zvyšují rychlosti proudění a v případě vyběření působí větší škody.
2. Betonové obdélníkové koryto není vizuálně atraktivní ani nezajišťuje ekologické funkce v dostatečné míře
3. Nutnost zvýšené údržby při ucpání koryta a s tím spojené náklady a zvýšení pravděpodobnosti vzniku záplavy

Trasa otevřeného koryta Komořanského potoka je v zástavbě vedena přes řadu pozemků soukromých vlastníků. Dotčené pozemky jsou vyznačeny na katastrální mapě (Obr. 92) a jejich seznam je uveden v tabulce (Tab. 28).

Úprava otevřeného koryta Komořanského potoka by měla bezpochyby vliv na mnoho vlastníků dotčených pozemků, ovšem bez úpravy koryta bude docházet i nadále k opakovaným rozlivům.



Obr. 92 Parcely dotčené úpravou otevřeného koryta Komořanského potoka

Tab. 28 Seznam vlastníků dotčených pozemků

Dotčený pozemek	Vlastnické právo
1	HLAVNÍ MĚSTO PRAHA, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
2	HLAVNÍ MĚSTO PRAHA, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 11000 Praha 1
3	Obraz Petr Ing., Revoluční 1520/28, Modřany, 14300 Praha 4
4	Sedláček Petr, Za Hřištěm 726, 25241 Dolní Břežany
5	Hladíková Bohumila, Revoluční 1516/24, Modřany, 14300 Praha 4
6	Branislavová Jitka, Revoluční 1919/22a, Modřany, 14300 Praha 4
7	SJM Schlögl Vladimír a Schlögl Vladislava, Revoluční 1391/22, Modřany, 14300 Praha 4
8	Nápravníková Lucie, Revoluční 1309/20, Modřany, 14300 Praha 4
9	Krška Michal, Revoluční 1279/18, Modřany, 14300 Praha 4
10	Halamová Iva, Revoluční 1318/16, Modřany, 14300 Praha 4
11	Ševčíková Miloslava, Revoluční 1524/14, Modřany, 14300 Praha 4
12	Komorous Ivo Ing., Revoluční 1462/12, Modřany, 14300 Praha 4
	Komorousová Vlasta, Revoluční 1462/12, Modřany, 14300 Praha 4
13	Moudrá Vlasta, Za sídlištěm 2182/20, Komořany, 14300 Praha 4
14	Rechtberger Milan, Břežanská 140, 25245 Ohrobec
15	Saltuari Tomáš, Revoluční 1575/2, Modřany, 14300 Praha 4
	Saltuariová Petra, Revoluční 1575/2, Modřany, 14300 Praha 4
16	Generální ředitelství cel, Budějovická 1387/7, Michle, 14000 Praha 4
17	Městská část Praha 12, Generála Šišky 2375/6, Modřany, 14300 Praha 4

Na obrázku níže (Obr. 93) je ukázka realizace úpravy koryta Ondřejovického potoka s protipovodňovou úpravou. Podobné technické řešení by mohlo být využito i v případě Komořanského potoka, kde by lichoběžníkový tvar s kamenným opevněním, popřípadě i vytvoření prahů, mohl jednak snížit rychlosti proudění, a navíc přispět svým tvarem k zamezení ucpávání koryta.

Přístup k řešení úpravy koryta toku může mít mnoho podob, pro správnou funkci odvodnění je ovšem zapotřebí dodržet navrhovanou průtočnost. S ohledem na skutečnost, že Komořanský potok protéká lesními plochami, je kromě zajištění průtočnosti zapotřebí také zajistit ochranu proti nátoku splavenin (ochrannými prvky, pravidelnou údržbou lesního porostu).

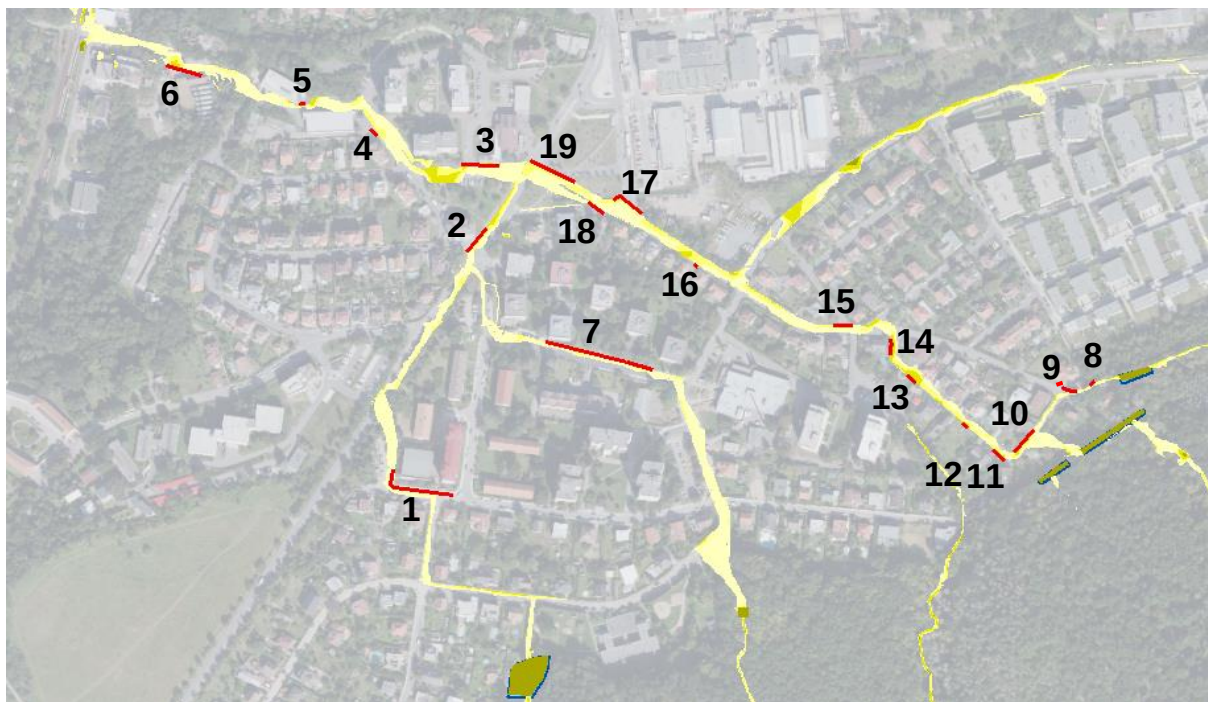


Obr. 93 Ukázka řešení koryta potoka v zástavbě, Zdroj: Lesy ČR, s. p.

11.4 Dešťové koridory

Pro převedení přebytečné vody skrz intravilán, na kterou již nejsou navržené objekty kapacitně dostatečné, je zapotřebí zajistit bezpečný průchod městem, a to bez dalšího rozlivu mimo oblasti k tomu navržené. Převedená voda by měla být bez splavenin a jiných nečistot. Po zavedení zbylých opatření by již nemělo docházet k nátoku bahna, jak tomu bylo při událostech v roce 2022.

Jsou navrženy celkem 4 nouzové cesty odtoku dešťové vody. Pro bezpečný průchod je zapotřebí navýšit terén v předem stanovených místech. Doporučení konkrétního opatření v jednotlivých lokalitách se odvíjí od stávajícího využití prostoru. K úpravě výšky je navrženo 19 lokalit, (viz. Kapitola 10.1.1 Dešťové koridory), ovšem je nutno podotknout, že před samotnou realizací je nezbytné data aktualizovat s ohledem na nátok při desetiletém třicetiminutovém dešti po zavedení ostatních opatření (Obr. 94). To znamená, že pokud by se například retenční nádrž RN2 vybudovala s menší kapacitou, než je navrženo, v dešťových koridorech by v návaznosti na tuto skutečnost teklo větší množství vody, a tudíž by bylo nutné znovu vyhodnotit potřebné úpravy terénu (navýšením stávajících prvků, vznik nových prvků).



Obr. 94 Analýza lokalit pro úpravy terénu při realizaci dešťových koridorů

Pro ekonomické vyhodnocení je využit typ opatření a jeho délka, popř. výška. V tabulce (Tab. 29) jsou uvedeny všechny úpravy, které by při výsledném návrhu opatření měly zajistit bezpečný průchod deště N10 – 30 min. Při realizaci může být typ opatření odlišný od návrhu, pokud zajistí v dané délce navýšení terénu uvedené v tabulce.

Tab. 29 Návrh prvků a jejich parametry pro implementaci dešťových koridorů

ID	Typ opatření	Délka [m]	Výška [m]
1	Zvýšení chodníku	40	0.2
2	Zpomalovací práh dlážděný	12	0.2
3	Zpomalovací práh dlážděný	11	0.2
4	Zpomalovací práh dlážděný	7	0.15
5	Obruba	8	0.3
6 a	Obruba	37	0.2
6 b	Zpomalovací práh dlážděný	7	0.3
7	Zvýšení chodníku	95	0.2
8	Terénní úprava pěší komunikace	5	0.2
9	Zpomalovací práh dlážděný	10	0.15
10	Zabezpečení vjezdů a vstupů	5	0.3
11	Zabezpečení vjezdů a vstupů	17	0.2
12	Zabezpečení vjezdů a vstupů	33	0.2
13	Zabezpečení vjezdů a vstupů	7	0.3
14	Zabezpečení vjezdů a vstupů	10	0.3
15	Zpomalovací práh dlážděný	7	0.2
16	Zabezpečení vjezdů a vstupů	8	0.15

17	Zpomalovací práh dlážděný	6	0.2
18	Zpomalovací práh dlážděný	10	0.15
19	Retardér dlážděný	10	0.1

11.5 Odhad investičních nákladů

Odhad investičních nákladů na realizaci opatření ve výsledném scénáři řešení, které jsou detailně popsány v textu výše, jsou provedeny na základě rozkladu investic do dílčích bloků prací a za použití jednotkových cen pro rok 2023. Celková cena návrhových opatření je dokumentována v následující tabulce (Tab. 30).

Tab. 30 Vyčíslení investičních nákladů pro jednotlivá opatření

Opatření	Investiční náklady bez DPH
Zkapacitnění otevřeného koryta Komořanského potoka v intravilánu	8 600 tis. Kč
Navýšení kapacity stávající retence	438 tis. Kč
Suchý poldr RN1	8 195 tis. Kč
Suchý poldr RN2	19 405 tis. Kč
Suchý poldr RN8	21 625 tis. Kč
Vsakovací průlehy na svodnicích E5, E6 a E7	3 808 tis. Kč
Zvýšení chodníku	439 tis. Kč
Obruba	83 tis. Kč
Zpomalovací práh	692 tis. Kč
Modelace terénu pěší komunikace	7 tis. Kč
Zabezpečení vjezdů	1 204 tis. Kč
Celkem	64 496 tis. Kč

Celková odhadovaná cena opatření ve výsledném scénáři řešení se pohybuje okolo 64.5 milionu Kč. Nejvýznamnější položkou jsou suché poldry RN2 a RN8.

Investiční náklady lze sumarizovat pro jednotlivé bloky prací. Prvním etapou prací je zkapacitnění otevřeného koryta Komořanského potoka, jehož výsledný odhad nákladů činí přibližně 8.6 milionu Kč. Druhý blok prací zahrnuje realizaci retenčních objektů s celkovým odhadem investičních nákladů 53.5 milionů Kč. Ve třetím bloku prací je začleněna realizace dešťových koridorů. Tato etapa prací je ekonomicky nejméně náročná. Její investiční odhad činí 2.4 milionu Kč. Detailní rozpočet pro jednotlivé položky dle doporučené etapizace prací se nachází v příloze F.1 „Investiční náklady navržených opatření“.

12 ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Zhotovitel studie vypracoval koncepční návrh odpojení a převedení srážkových vod v zájmové lokalitě Komořan ve čtyřech scénářích možného řešení. Vzhledem ke zjištění, že záplavy v intravilánu jsou způsobeny především nátokem povrchové vody z extravilánu, ve scénářích byla zahrnuta technická opatření pouze na povodí, nikoliv na kanalizaci. Scénáře byly zpracovány do podoby simulačního modelu a následně byly vyhodnoceny srážko-odtokové poměry v dané oblasti. Opatření zahrnutá v jednotlivých scénářích jsou následující:

Scénář 1: V prvním scénáři je vyhodnoceno, jaký dopad na nátok povrchových vod do analyzovaného území Komořan by měla úprava odtokových poměrů na poli „Pod Nouzovem“. Na základě doporučeného řešení ve studii zpracovanou VÚMOP má uvažovaná redukce povrchového odtoku pole o 80 % pozitivní dopad i na redukci množství vody na nátok do zástavby Komořan. Ke snížení nátoků dochází v dotčených svodnicích E2 a E4 (Komořanský potok), na ostatních svodnicích k redukci nátoků nedochází. Snížení odtoku povrchových vod z pole je nezbytné, ovšem samostatně nedostatečné. Scénář SC1 se **nedoporučuje**.

Scénář 2: V druhém scénáři jsou k opatření ve scénáři 1 (redukce povrchového odtoku z pole) doplněny akumulární prostory o objemu přibližně 200 m³. Jedná se o existující suché poldry umístěné v lese na svodnicích E2 a E3. Jejich retenční kapacita nebyla ve vyhodnocení stávajícího stavu uvažována. Nános bahna a splavenin z lesního porostu a pole z povodí nad objekty způsobil jejich nefunkčnost. Kombinace opatření ve scénáři 2 zajistí dodatečnou redukci na nátok srážkových vod do zástavby, ovšem opět nedostatečnou. Na svodnicích E1, E5, E6, E7 a E8 nedochází ke zlepšení oproti stávajícímu stavu a ani kombinace opatření nezajistí dostatečnou ochranu na svodnici E2. Scénář SC2 se také **nedoporučuje**.

Scénář 3: V dalším scénáři jsou k již implementovaným opatřením ze scénáře 2 zahrnuty otevřené akumulární prostory, a to s takovým objemem, aby došlo zadržení veškerého nátoků z extravilánu při stoletém třicetiminutovém dešti. Tato varianta se ovšem jeví jako neproveditelná. Jednak kvůli potřebným rozměrům retencí pro zachycení 35 000 m³ vody, ale dále také kvůli nevhodným morfologickým poměrům v oblasti. Scénář SC3 se **nedoporučuje**.

Scénář 4: Opatření podle scénáře 4 zajistí ochranu před záplavou z extravilánu v maximální možné míře pro desetiletý dešť. Eliminace nepříznivých důsledků je docíleno kombinací těchto opatření:

- a) Redukce odtoku povrchových vod z pole „Pod Nouzovem“
- b) Zkapacitnění koryta Komořanského potoka na 4 m³/s
- c) Vybudování retenčních prvků s celkovou kapacitou 5 620 m³
- d) Vybudování dešťových koridorů

Scénář 4 se vzhledem k technické a ekonomické proveditelnosti a efektivní výsledné ochraně intravilánu při desetiletém dešti **doporučuje**.

Technické provedení otevřeného koryta může být řešeno různým způsobem, pokud bude zajištěna kapacita alespoň 4 m³/s. Tím dojde k bezpečnému provedení srážkových vod při desetiletém dešti za předpokladu, že dojde k redukci odtoku z pole. Pokud by opatření na poli nebyla realizována, potok by měl být schopen provést v maximu 5.2 m³/s jako za stávajícího stavu.

Dešťové koridory představují moderní prostředek ochrany měst před škodami způsobenými přívalovými srážkami. Jedná se o efektivní způsob bezpečného provedení povrchových vod zástavbou až do recipientu nebo do oblastí, kde již nepůsobí materiální škody. Jejich návrh popsáný v kapitole 10.1.1 vznikl v návaznosti na ostatní navržená opatření.

Jak je patrné z textu výše, jednotlivá opatření jsou úzce provázána. Způsob a míra uplatnění dílčího opatření má vliv na další opatření. V tabulce (Tab. 31) je sestavena etapizace prací v pořadí, které se zpracovateli jeví jako nejvhodnější a nejefektivnější. Vzhledem k různorodosti dílčích opatření je dále v tabulce uvedeno, která instituce nebo osoba by se daným opatřením měla zabývat a koho se realizace opatření týká.

Tab. 31 Etapizace opatření včetně dotčených osob

Pořadí	Opatření	Pověřená osoba	Dotčená osoba
1	Úprava srážko-odtokových poměrů na poli Pod Nouzovem	Vlastník pozemku <i>Marcela Neumannová</i>	Vlastník pozemku Hospodařící zemědělec
2	Zkapacitnění koryta Komořanského potoka	Správce toku <i>Lesy ČR, s. p.</i>	Správce toku Vlastníci pozemků
3	Vybudování retenčních nádrží a zkapacitnění stávajícího poldru	Vlastník pozemku	Vlastník pozemku
4	Vybudování dešťových koridorů	Správce/vlastník pozemku (komunikací)	Vlastník pozemku Majitelé přilehlých pozemků

Opatření s nejvyšší prioritou, které zajistí výraznou redukci nátoku vod a eliminuje nánosy bahna do zástavby, které následně vyžadují nemalé finanční prostředky na jejich odstranění, je úprava zemědělsky využívaného pozemku v lokalitě „Pod Nouzovem“. Úprava pole, která povede k zamezení odnosu zeminy a snížení povrchového odtoku směrem do zástavby, by měla být zajištěna samotným vlastníkem. K eliminaci půdní eroze kvůli nevhodnému pěstebnímu systému by měl být pověřen zemědělec, který zemědělský půdní fond obdělává a měl by na pozemku hospodařit odpovědně. Legislativa v oblasti ochrany půdy vychází ze zákona č. 89/2012 Sb., Občanského zákoníka, ve znění zákona 460/2016 Sb. a řeší mimo jiné také odpovědnost za škodu, respektive náhradu újmy. Pokud někdo porušením svých povinností způsobí jinému majetkovou škodu či jinou újmu, nese za ni zodpovědnost a podle pravidel stanovených občanským zákoníkem má dojít k nápravě. K takovýmto újmám může dojít i v důsledku nevhodné péče o zemědělské pozemky a následnou činností vodní a větrné eroze.

V návaznosti na realizaci prvního opatření by mělo dojít ke zkapacitnění otevřeného koryta Komořanského potoka v zástavbě v délce cca 400 m na celkovou kapacitu alespoň 4 m³/s. Realizace daného opatření je komplikovaná z mohla hledisek. Správcem Komořanského potoka jsou Lesy ČR, ovšem potok protéká v zástavbě srze zahrady mnoha vlastníků pozemků. Pokud nebude potok zatrubněn, bude muset dojít z rozšíření koryta na úkor zahrad majitelů dotčených pozemků. Výčet vlastníků pozemků, kterých by se úprava koryta mohla týkat, je shrnut v tabulce (Tab. 28) a zobrazen na katastrální mapě (Obr. 92).

V další etapě by mělo dojít k vybudování retenčních objektů a zkapacitnění stávajícího poldru. Navržené objekty se nacházejí zejména na pozemcích ve vlastnictví Lesů ČR. Dále na pozemcích Arcibiskupství pražského, Hlavního města Prahy a jiných soukromých subjektů. Při realizaci bude zapotřebí součinnosti dotčených osob.

V poslední etapě by měl být zajištěn bezpečný odtok dešťovými koridory zástavbou městské části Komořan. Pro odtok nouzovými cestami jsou vymezeny některé komunikace (v ul. Palmetová, Revoluce, Do Koutů a další). Budování dešťových koridorů se mohou dotýkat i majitelů přilehlých pozemků. Dešťové koridory jsou odvozeny ze stávajícího rozlivu a přirozeného odtoku vody, ovšem v navrženém koridoru bude voda koncentrovaná pouze v šíři k tomu vybrané komunikace. Tudíž oproti stávajícímu stavu může dojít i k navýšení průtoku a maximálních hloubek při zasažení přívalovým deštěm, ovšem s rozdílem, že by při dešti nemělo dojít k dodatečnému rozlivu do přilehlých pozemků a nouzová cesta bude pro účely povrchového odtoku přizpůsobena. Výhodou daného řešení jsou oproti budování retenčních nádrží či jiných akumulačních objektů relativně nízké investiční náklady vč. nízkých nákladů na údržbu. Opatření bude plně funkční pro návrhový déšť, v tomto případě desetiletý déšť, a také deště s nižší intenzitou.

12.1 Závěry

Zhotovitel provedl detailní analýzu funkce odvodnění v lokalitě Komořan. Studie byla zaměřena zejména na nátoky povrchové vody z extravilánu v osmi kritických profilech, v nichž byly vyhodnoceny srážko-odtokové parametry. Na základě provedených prací je možné shrnout závěry studie.

- a. Dešťová kanalizace v intravilánu Komořan plní svoji funkci. Bez problému odvede návrhovou dvouletou patnáctiminutovou srážku a také reálné srážky posudkové, které se návrhové srážce svou N-letostí podobají.
- b. Příčinou vzniku povrchového odtoku v zástavbě je nátok vod z povodí extravilánu nad posuzovanou lokalitou. K nátokům dochází v osmi profilech na svodnicích, kde je velikost maximálního nátoků závislá na velikosti povodí nad uzávěrovým profilem.
- c. Možnosti ochrany povodí intravilánu v Komořanech před negativními účinky intenzivních srážek byly posouzeny pomocí čtyř scénářů. Ve scénářích byla navržena opatření s cílem maximální ochrany zástavby při přívalových deštích.
- d. Scénář 4 je vyhodnocen z hlediska proveditelnosti, ekonomických nákladů a míry přínosu jako nejvhodnější. Kombinací navržených opatření dojde k redukci nátoků vod z extravilánu, jejich částečného zadržení v akumulacích nádrží a k bezpečnému převedení povrchových vod Komořanským potokem a zástavbou díky modifikaci terénu. Tento scénář je doporučen k realizaci.
- e. V případě realizace opatření ze Scénáře 4 bude výsledkem ochrana posuzované oblasti Komořan proti negativním účinkům desetileté třicetiminutové srážky. Předpokládaná cena realizace opatření Scénáře 4 je cca 65 Milionů Kč. Lze předpokládat, že cena může být navýšena podle míry inflace do doby realizace.

Tato studie byla zpracována firmou Aqua Procon s.r.o. v období let 2022 až 2023.

13 PŘÍLOHY

Označení	Typ	Název
A.1	Mapová příloha	Koordinační situace
B.1	Mapová příloha	Majetkoprávní situace
C.1	Mapová příloha	Stavební situace
D.1	Mapová příloha	Hydrotechnická situace
E.1	Mapová příloha	Maximální hloubka rozlivu a maximální zatížení stokové sítě bez opatření
E.2	Mapová příloha	Maximální hloubka rozlivu a maximální zatížení stokové sítě s opatřením
F.1	Textová příloha	Investiční náklady navržených opatření