

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA ROZVOJOVÝCH A ENVIRONMENTÁLNÍCH STUDIÍ

Jan Švarc

**Dopady přírodních pohrom v zemích karibské oblasti na dopravní  
infrastrukturu**

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Michal Bíl Ph.D.

Olomouc 2017

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Michala Bíla na základě uvedené literatury v informačním pramenu.

V Olomouci dne 25. listopadu 2016

Podpis: .....

Děkuji RNDr. Michalu Bílovi Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a za věcné rady, které mi pomohly při tvorbě práce. Rád bych také poděkoval ostatním, kteří se podíleli na finální korektuře práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2014/2015

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

Jméno a příjmení: **Jan ŠVARC**  
Osobní číslo: **R140984**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Mezinárodní rozvojová studia**  
Název tématu: **Dopady přírodních pohrom v zemích karibské oblasti na dopravní infrastrukturu**  
Zadávající katedra: **Katedra rozvojových studií**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Cílem diplomové práce je zhodnotit dopady přírodních pohrom na dopravní infrastrukturu se zvláštním zřetelem k zemím karibské oblasti. V práci je zkoumán vztah mezi četností a intenzitou přírodních pohrom a velikostí dopadů. Jsou identifikovány příležitosti a limity dalšího rozvoje vybraných států v důsledku přírodních pohrom.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 25 tisíc slov**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

1. [http://siteresources.worldbank.org/INTDISMGMT/Resources/cgced\\_final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTDISMGMT/Resources/cgced_final.pdf)
2. <http://www.iadb.org/res/publications/pubfiles/pubwp-434.pdf>
3. <http://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/3415.pdf>
4. <http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/background-papers/documents/Chap3/LAC-overview/Mexico/Mexico.pdf>

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Michal Bíl, Ph.D.**  
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: **30. ledna 2015**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2016**

prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 30. ledna 2015

## **Abstrakt:**

Diplomová práce se zabývá problematikou dopadů přírodních hazardů na dopravní infrastrukturu v karibské oblasti. V úvodních kapitolách jsou jednotlivé hazardy charakterizovány a rozčleněny. Jsou zde popsány dopady na dopravní infrastrukturu. V první části práce je čtenář obeznámen s problémy a limity dopravní infrastruktury v Karibiku. Hlavním cílem práce je analýza dopadů jednotlivých přírodních hazardů na dopravní infrastrukturu. V rámci praktické části byla analyzována frekvence, lokalizace a částečně i časová variabilita hazardů. Z hlediska podrobnější analýzy dopadů bylo vybráno pět přírodních pohrom, které byly analyzovány a podrobně popsány. Závěr shrnuje poznatky vztahů mezi dopady hazardů a dopravní infrastrukturou.

Klíčová slova: Dopravní infrastruktura, dopady, Karibik, pohroma, přírodní hazard, stát

Počet slov: 24 223

## **Abstract**

This thesis deals with natural hazards and impacts on transport infrastructure in Caribbean area. Natural hazards are categorized and characterized in the outset. There are described problems and limits of transport infrastructure. The main objective of thesis is to analyze impact of individual hazards in relation to transport infrastructure. In the practical part was analyzed frequency, location and partly temporal variability of hazards. In terms of detailed impact analysis has been chosen five natural disasters that have been analyzed and described in detail. Conclusion summarizes the relation findings impact of hazards to transport infrastructure.

Keywords: Transport infrastructure, impacts, Caribbean, disaster, natural hazard, state

Word count: 24 223

## Obsah

Úvod .....	12
Cíle a metodika práce .....	13
1 Základní charakteristiky oblasti .....	14
1.1 Geografické vymezení oblasti.....	14
1.2 Geologické charakteristiky oblasti.....	14
1.3 Hydrologické charakteristiky .....	15
1.4 Klimatické charakteristiky .....	16
2 Charakteristika dopravní infrastruktury v oblasti.....	18
2.1 Historický vývoj.....	18
2.2 Ekosystémy a jejich přínosy ve vztahu k silnicím .....	22
2.3 Problémy v sektoru infrastruktury .....	24
3 Charakteristika významných přírodních hazardů v oblasti .....	26
3.1 Svahové pochody.....	26
3.1.1 Podmínky vzniku a faktory ovlivňující svahové pochody .....	26
3.1.2 Zranitelnost dopravní infrastruktury vůči sesuvům půdy .....	28
3.2 Tropické cyklony.....	29
3.2.1 Vývojové fáze tropických cyklon .....	30
3.2.2 Předpoklady vzniku.....	30
3.2.3 Časová a prostorová variabilita bouří během sezony .....	32
3.2.4 Hazardy spojené s přechodem hurikánu.....	33
3.3 Povodně.....	34
3.3.1 Charakteristiky povodně a druhy povodní .....	34
3.3.2 Zranitelnost dopravní infrastruktury vůči povodním .....	36
3.4 Zemětřesení.....	38
3.4.1 Faktory ovlivňující rozsah škod.....	38
3.4.2 Dopady přírodních pohrom na dopravní infrastrukturu .....	38

3.5	Vulkanismus.....	39
3.5.1	Efekty na dopravní infrastrukturu .....	40
3.5.2	Efekty na silniční dopravu.....	40
3.5.3	Efekty na leteckou dopravu.....	41
3.5.4	Efekty na lodní dopravu.....	41
4	Prostorové rozložení, frekvence hazardů, škody .....	42
4.1	Tropické cyklony.....	42
4.1.1	Frekvence tropických cyklon .....	42
4.1.2	Prostorová variabilita .....	42
4.1.3	Časová variabilita.....	43
4.1.4	Distribuce hazardů spojených s hurikány.....	44
4.1.5	Analýza rozsahu škod působených hurikány.....	45
4.2	Zemětřesení.....	47
4.3	Prostorové rozložení hazardů.....	48
5	Významné události a jejich efekty na infrastrukturu .....	49
5.1	Hurikán Gustav, Jamajka, srpen 2008 .....	49
5.1.1	Meteorologické charakteristiky.....	49
5.1.2	Hazardy spojené s přechodem bouře.....	50
5.1.3	Škody na infrastruktuře .....	52
5.1.4	Ekonomické efekty .....	53
5.2	Zemětřesení, Haiti, leden 2010 .....	54
5.2.1	Geologické charakteristiky .....	54
5.2.2	Škody na infrastruktuře .....	54
5.2.3	Ekonomické efekty .....	56
5.3	Tropická bouře Nicole, Jamaica, září 2010 .....	56
5.3.1	Meteorologické charakteristiky.....	56
5.3.2	Hazardy spojené s přechodem bouře.....	57
5.3.3	Škody na infrastruktuře .....	58



5.3.4	Ekonomické efekty .....	60
5.4	Tropická bouře Erika, Dominika, srpen 2015 .....	60
5.4.1	Meteorologické hazardy.....	60
5.4.2	Hazardy spojené s přechodem bouře.....	61
5.4.3	Škody na infrastruktuře .....	61
5.4.4	Ekonomické efekty .....	62
5.5	Hurikán Matthew, Haiti, říjen 2016.....	62
5.5.1	Meteorologické hazardy.....	63
5.5.2	Hazardy spojené s přechodem bouře.....	64
5.5.3	Škody na infrastruktuře .....	65
5.5.4	Ekonomické efekty .....	67
6	Vyhodnocení škod páchaných přírodními hazardy ve vybraných událostech .....	68
7	Závěr .....	72
8	Přílohy.....	81

## Seznam zkratk

AOML Atlantic Oceanographic Meteorological Laboratory

CDB Caribbean Development Bank

DLS Deep Layer Shear

DP Dlouhodobý průměr

ECLAC Economic Commission of Latin America Countries

GIS Geografický informační systém

HDP Hrubý domácí produkt

IMF International Monetary Fund

NHC National Hurricane Center

PPP Parity Purchase Power

RS Richterova stupnice

SST Sea Surface Temperature

USGS United States Geological Survey

WB World Bank

WMO World Meteorological Organization

## Seznam grafických příloh a obrázků

### Seznam obrázků

Obr. č. 1: Mapa Karibiku vymezující zkoumanou oblast .....	14
Obr. č. 2: Klimadiagram San Juan, Potoriko .....	16
Obr. č. 3: Zhoršování stavu vozovky v průběhu jejího životního cyklu.....	21
Obr. č. 4: Využití mangrovových pralesů k ochraně cest .....	23

### Seznam grafů

Graf č. 1: Hustota silniční sítě v Latinské Americe a Karibiku, Jihovýchodní Asii .....	19
Graf č. 2: Míra pokrytí povrchu cest asfaltem v Latinské Americe a Karibiku, Jihovýchodní Asii .....	20
Graf č. 3: Odchylka teploty vody v Karibském moři, 1950 - 2015 .....	31
Graf č. 4: Intenzitahurikánových sezon v letech.....	42
Graf č. 5: Časová variabilita hurikánů během sezony, období 2000 - 2016 .....	44
Graf č. 6: Výskyt přírodních hazardů v jednotlivých zemích Karibiku, období 2000 - 2016 .....	45
Graf č. 7: Rozložení škod způsobených hurikánem Gustav v jednotlivých sektorech.....	53

### Seznam map

Mapa č. 1: Trasy jednotlivých hurikánů s vyjádřením jejich frekvence, období 2000 - 2016 .....	43
Mapa č. 2: Výskyt dominantního hazardu v jednotlivých zemích, včetně vyjádření poměru škod vůči ostatním hazardům .....	48
Mapa č. 3: Prostorové rozložení hazardů spojených s přechodem hurikánu Gustav na Jamajce v roce 2008.....	51
Mapa č. 4: Prostorové rozložení škod na silniční infrastrukturu při přechodu hurikánu Gustav v roce 2008.....	52
Mapa č. 5: Prostorové rozložení osob zasažených přírodními hazardy na Jamajce během přechodu tropické bouře Nicole .....	58
Mapa č. 6: Prostorové rozložení škod na silniční infrastrukturu během tropické bouře Nicole.....	59
Mapa č. 7: Nesjízdné úseky silnic v provinciích Grande Anse a Sud po přechodu hurikánu Matthew. 66	

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Analýza škod páchaných hurikány různé intenzity .....	46
Tabulka č. 2: Analýza vztahu stupně rozvoje tropických cyklon na jejich srážkovou činnost.....	46
Tabulka č. 3: Analýza dopadů extrémních srážek na rozsah škod v dopravní infrastruktuře .....	47
Tabulka č. 4: Vybrané charakteristiky zájmových zemí pro analýzu dopadů škod na dopravní infrastruktuře .....	68
Tabulka č. 5: Srovnání všech událostí vybraných pro analýzu .....	69

## Seznam příloh

Příloha č. 1: Silniční a letecká infrastruktura v jednotlivých státech .....	81
Příloha č. 2: Procentuelní vyjádření poměru zpevněných cest vůči nezpevněným v jednotlivých karibských státech .....	82
Příloha č. 3: Průměrné roční škody způsobené přírodními hazardy v Karibiku v milionech USD .....	82
Příloha č. 4: Prostorová analýza srážkových úhrnů na Jamajce při přechodu tropické bouře Nicole... v roce 2010 .....	83
Příloha č. 5: Silnice nesjízdné v důsledku sesuvů půdy a záplav na Dominice při tropické bouři Erika v roce 2015 .....	84
Příloha č. 6: Vývoj růstu HDP na Haiti, 2007 - 2016 .....	85
Příloha č. 7: Srovnání roční míry růstu HDP, Dominika, Haiti, Jamajka, 2007 - 2016.....	85

## Úvod

Obyvatelé Karibiku se musí každoročně vypořádávat s rizikem působení ničivých přírodních hazardů. V oblasti se vyskytují prakticky všechny známé přírodní hazardy. Ačkoliv je jejich frekvence v rámci oblasti rozdílná, existuje poměrně velké riziko, že stát bude zasažen každý rok. S probíhající klimatickou změnou navíc dochází k oteplování povrchových vod moří a tím i zvyšování potenciálu škod způsobených meteorologickými hazardy.

Nabízí se tedy prostor pro analýzu dopadů jednotlivých hazardů, jejichž frekvence bude s časem zřejmě stoupat. Na zvyšující potenciál teplých povrchových vod upozornil hurikán Matthew, který zpusťošil oblast západního Haiti a následně tvrdě zasáhnul i východní pobřeží USA. Hurikán za sebou nechal na Haiti více než 1000 obětí a podkopal morálku již tak trpících obyvatel Haiti. Zásah byl o to tvrdší, že na ostrově probíhá již několik let epidemie cholery, která se ještě více rozšířila po katastrofickém zemětřesení v roce 2010. Nešťastný sled událostí tak přivedl Haiti na pokraj kolapsu. Hazardy se mohou v čase prolínat a působit tak zásadní problémy v socioekonomické situaci státu. Navíc došlo opět k zásadnímu poškození dopravní infrastruktury, k pádům mostů a sesuvům půdy, což výrazně zkomplikovalo distribuci pomoci. Nízká kvalita místní dopravní infrastruktury hraje důležitou roli ve vztahu zranitelnosti vůči přírodním hazardům. Vznikají tak významné škody, se kterými se státy musejí vypořádat téměř každý rok, což může v případě malých ostrovních států podstatně limitovat jejich další rozvoj.

Tato práce se zaměřuje primárně na dopady přírodních hazardů na dopravní infrastrukturu, jejich lokalizaci a frekventovanost v rámci oblasti. V práci je zkoumán vztah ničivosti přírodních hazardů a škod působených na dopravní infrastrukturu. Cílem práce je přinést informace o dopadech na dopravní infrastrukturu v karibské oblasti. K podrobnějšímu vyjádření rozsahu škod způsobených hazardy a jejich vlivu na další socioekonomický vývoj bylo zpracováno pět událostí reprezentující škody v zemích s různým socioekonomickým stupněm rozvoje a rozlohou státu.

## Cíle a metodika práce

Hlavním cílem diplomové práce je zhodnotit dopady přírodních pohrom na dopravní infrastrukturu se zvláštním zřetelem k zemím karibské oblasti. V práci je zkoumán vztah mezi četností, intenzitou přírodních pohrom a velikosti dopadů. Základní hypotéza zní: Přírodní hazardy mají významný dopad na dopravní infrastrukturu v oblasti. Jejich dopady mají různý rozsah v závislosti na intenzitě hazardu, geografických činitelích a stupni rozvoje společnosti.

Práce byla zpracována jak na základě kvalitativních, tak kvantitativních metod. Obě metody se v průběhu celé práce prolínají. Práce obsahuje ve své kvantitativní části řadu grafů a map, které doplňují teoretickou část. Hlavní metodou je sběr a následná analýza dat. Kvalitativní část práce je zaměřena zejména na podrobné studium jednotlivých souhrnných zpráv, dokumentů a reportů. Jedná se zejména o webové stránky a databáze umožňující přístup k informacím o přírodních hazardech či škodách způsobených na dopravní infrastruktuře. Souhrnné zprávy umožnily provést analýzu jednotlivých událostí a jejich vzájemné porovnání. Na základě dat dostupných v reportech amerického národního hurikánového centra byly jednotlivé události doplněny o meteorologické charakteristiky tropických cyklon.

Byla vypracována analýza rozsahu škod ve vztahu k stupni rozvoje tropických cyklon v období 2000 - 2016. Dále byl zkoumán vztah extremity srážkových úhrnů na škody způsobené na dopravní infrastruktuře. Datová sada srážkových úhrnů byla zpracována z dat dostupných na serveru HURDAT poskytující komplexní hurikánová data. Za pomoci databáze Em-dat a webu Preventionweb bylo možné zpracovat mapu průměrných škod působených hazardy v jednotlivých zemích Karibiku včetně výskytu dominantního hazardu v jednotlivých státech.

Práce byla doplněna o mapy vypracované v programu ArcMap 10.1, které umožnily vypracovat prostorovou analýzu nashromážděných dat. Pro jednotlivé události byly vypracovány čtyři mapy hodnotící dopad škod na dopravní infrastrukturu a lokalizaci škod. Jako mapové podklady byly využity volně dostupné mapové podklady jednotlivých států z OpenStreetMap. Práce byla doplněna o mapy hodnotící dopady hazardů v celé karibské oblasti a mapu přechodu jednotlivých tropických cyklon v období 2000 - 2016. Došlo k sloučení tras jednotlivých tropických cyklon a jejich intenzity do jedné mapy, ze které lze lépe pochopit oblasti náchylnější vůči těmto hazardům.

# 1 Základní charakteristiky oblasti

## 1.1 Geografické vymezení oblasti

Karibská oblast je ve světovém povědomí chápána poměrně zešíroka. V této práci bude uvažováno o Karibské oblasti jako o ostrovních státech Karibiku. Pomyslnou západní a severní hranici tvoří Kuba. Na východě je oblast vymezena souostrovím Malých Antil s nejuvýchodněji ležícím ostrovem Barbados. Nejižnější státem souostroví je Trinidad a Tobago, které tvoří i nejižnější bod tohoto vymezení.

Obr. č. 1: Mapa Karibiku vymezující zkoumanou oblast



Zdroj: CIA Factbook, 2017

## 1.2 Geologické charakteristiky oblasti

Tvar reliéfu je výsledkem interakce litosférických desek v oblasti. Karibik ovlivňují pochody čtyř litosférických desek. Jedná se o desky Severoamerickou, Karibskou, Jihoamerickou a Kokosovou. Směr postupu všech litosférických desek je stejný od Afriky směrem na západ až severozápad. Ke shodnému pohybu dochází v důsledku pohybu transformních rozhraní na severním a jižním okraji Karibské litosférické desky. Pod východní část karibské desky se naopak posouvá rychlejší oceánská



kůra Jihoamerické desky. Na západním okraji se pod Karibskou desku nasouvá Kokosová deska (Mísař, 1987).

Geologicky nejvýznamnějšími jednotkami v oblasti jsou Velké a Malé Antily. Velké Antily tvoří pás větších ostrovů v západní části oblasti. Patří mezi ně Kuba, Jamajka, Hispanola, Portoriko a Kajmanské ostrovy. Díky jejich geologickému vývoji, který je úzce spjat s tvorbou Středoamerické Kordilery, vystupují nad povrch vysoká pohoří dosahující nadmořských výšek okolo 2000 m, s výjimkou Kajmanských ostrovů. Na východním pobřeží Kuby jsou to strmé svahy Sierry Maestry, s nejvyšší horou ostrova PicoTurquino dosahující výšky téměř 2000 m n. m. V kontrastu se Sierrou Maestrou se jižněji rozpíná Kajmanský příkop, který jakožto transformní zlom pokračuje dále na západ do Guatemaly Motagujským příkopem. Tento hlubokooceánský příkop je epicentrem častých zemětřesení. Nejnižší místo dosahuje hloubky 7 686 m pod hladinou moře. Obdobných výšek jako Sierra Maestra dosahuje i pohoří Blue Mountains na Jamajce. Pohoří pak dále pokračuje na Haiti s místním názvem Massif de la Selle s nejvyšší horou Pic de la Selle, 2680 m (Mísař, 1987). Vůbec nejvyšším pohořím Karibiku je Centrální Kordilera s nejvyšší horou PicoDuarte, 3087 m v Dominikánské republice. Dále na východ, v Portoriku pohoří nedosahuje již takových nadmořských výšek (Cerro de Punta, 1338 m).

Naproti tomu oblouk Malých Antil tvoří menší ostrovy. Jsou pro ně typické tvary vulkanického reliéfu. V současnosti se vyskytuje v oblasti 19 aktivních vulkánů na celkově 11 ostrovech. Reliéf ostrovů je často strmý a přechází z pobřežní nížiny do strmých svahů vulkanického původu. Vrcholy jednotlivých ostrovů v Malých Antilách nedosahují nadmořské výšky hřebenů Velkých Antil. Severní část souostroví obepíná Portorický příkop dlouhý 800 km volně pokračující k jihovýchodu. Svahy portorického příkopu se propadají až do hloubky 8648 m pod hladinou moře v prohlubni Milwaukee, která je zároveň nejhlubším místem Atlantického oceánu (Mísař, 1987). O portorickém příkopu vědci poslední dobou diskutují nad vzrůstající možností podmořských sesuvů, které by mohly způsobit zemětřesení s následnou vlnou tsunami. Poslední zemětřesení z roku 2014 dosáhlo 6.4 Richterovy škály. Nicméně příkop je schopen produkovat i zemětřesení silnější než 8 stupňů Richterovy stupnice (dále jen RS), tak jako v roce 1946 (USGS, 2011).

### **1.3 Hydrologické charakteristiky**

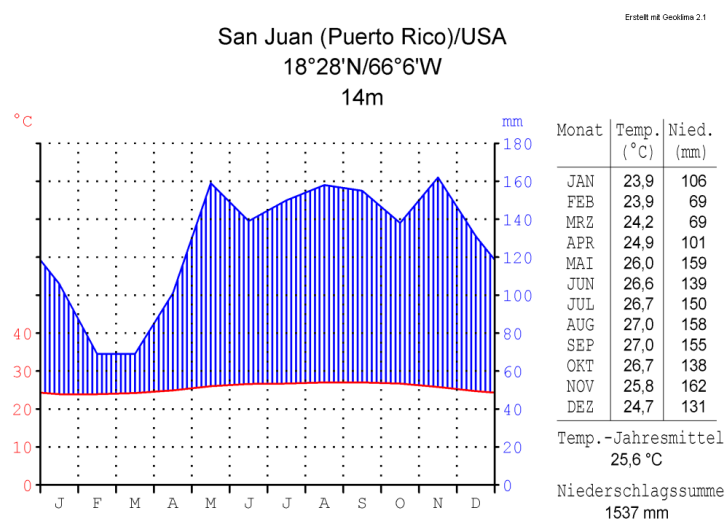
Karibské ostrovy díky své malé rozloze nemají žádné významnější vodní toky. Obecně lze charakterizovat řeky jako dravé, horské s vysokým vlivem na erozi svahů a vodního koryta. Profil koryt úzce koreluje s reliéfem jednotlivých ostrovů. Díky vlhkému klimatu se v drtivé většině případů jedná o stálé vodní toky, pouze vodní toky v závětrí vysokých horských masivů, zejména v jižní a západní části ostrovů, mohou trpět výkyvy vodnatosti. Jejich vodní režimy jsou ovlivňovány

nárazovitými srážkovými epizodami. Obecně lze ale usoudit, že oblast netrpí nedostatkem vody (Mísař, 1987). Dravé řeky s sebou nesou jak rizika záplav při jednotlivých extrémních událostech, tak potenciál vodní energie. Na některých vodních tocích jsou stavěny přehrady nebo retenční nádrže, zejména z důvodu zmírnění záplav, nebo z důvodu výroby elektrické energie. Mezi jedny z největších nádrží v oblasti patří přehrada Monicón na řece Mao v Dominikánské republice, která byla vystavěna právě za účelem výroby elektrické energie. Na Kubě se nachází přehrada Melones, která se svou kapacitou 630 000 m<sup>3</sup> předčí i výše uvedený Monicón. Přehrada slouží jako rezervoár vody, který zásobuje oblasti vodou a nadhodnocuje vodní stavy v sušším období.

## 1.4 Klimatické charakteristiky

Klíčovými prvky tvořící charakter klimatu ostrovních států je geografická poloha v tropickém pásu, mořské proudy, cirkulace atmosféry a reliéf. Díky tropickému klimatu zde bývají vysoké průměrné roční teploty kolem 24°C. Z klimadiagramu hlavního města Portorika lze vyčíst, že roční amplituda teploty činí pouze 3,1°C s nejteplejšími měsíci srpnem a zářím (shodně 27,0°C) a nejchladnějším lednem a únorem (shodně 23,9°C) (Geoklima, 2016). V horských polohách bývají teploty nižší, nicméně roční amplituda se příliš nemění. Obecně lze říct, že ostrovní státy Karibiku mají stabilnější klima, než pevninská část střední Ameriky a to díky přilehlosti k oceánu.

**Obr. č. 2: Klimadiagram San Juan, Potoriko**



Zdroj: Geoklima, 2016

Z hlediska cirkulačních poměrů oblast ovlivňují po většinu roku severovýchodní pasáty. Ty s částečnými fluktuacemi slábnou a sílí. Celý cyklus přemístění vlhkosti je založen na fluktuacích v pohybu stacionární Azorské tlakové výše. Zatímco v zimě má výše tendenci spíše k meridionálnímu,

tedy severo-j jižnímu postavení, v letních měsících je orientovaná zonálně, tedy východo - západně. Navíc bývá lokalizována jižněji (Moron, Frelat, & Jean-Jeune, 2015). Právě díky těmto obměnám lze rozdělit rok na vlhké období trvající většinou od dubna do listopadu a sušší období trvající od prosince do dubna. V průběhu vlhkého půlroku nastává krátkodobá srážková pauza nazvaná příznačně sucho uprostřed léta, která je způsobena sílením stříhu větru spojeného s dominantní tlakovou výší. Během vlhké části roku dochází k vývoji tzv. tropických vln původem ze západního pobřeží Afriky putující dále na západ do karibské oblasti. V závislosti na dalších okolnostech tyto tropické vlny pak podmiňují vznik tropických depresí, bouří či hurikánů, které přináší extrémní srážkové úhrny. S doznívající hurikánovou sezonou se snižují i průměrné roční úhrny. Avšak zejména severní část Karibiku se během přelomu nového roku dostává pod vliv studených front postupujících ze Severní Ameriky, které jsou schopné významně nadhodnotit roční srážkové úhrny (Moron, Frelat, & Jean-Jeune, 2015). Rozpětí srážkových úhrnů během sezony se pohybuje většinou kolem 500 mm v suchých oblastech a až k 5000 mm na vrcholcích návětrných pohoří (Larsen M. C., 1993).

Velmi významným faktorem ovlivňující klima v oblasti jsou mořské proudy. Celá oblast se nachází pod vlivem Severního a Jižního rovníkového proudu, které transportují teplo z rovníkové oblasti směrem od afrických břehů dále na západ. Díky tomu se voda v létě prohřívá na více než 26°C, což je jednou z kritických podmínek pro vznik hurikánů (Coastal Ocean Observation Laboratory, 2016). Dalším fenoménem spojeným s oceánskými proudy ovlivňující srážkovou variabilitu v okolí a zejména intenzitu hurikánové sezony, je El-Niño a La Niña. Tento fenomén je navázaný na změny teplot Rovníkového protiproudu v Tichém oceánu. Zatímco při teplé fázi, zvané El Niño zažívá atlantická hurikánová sezona slabší roky, během opačné fáze La Niña je tomu naopak (NHC, 2016). Právě množství tropických cyklon má mimo jiné vliv na celkové množství spadlých srážek v regionu.

Významnou roli vzhledem k cirkulaci atmosféry, resp. převládajícím směrům větru, má reliéf ostrovů. Jak již bylo zmíněno výše, většina ostrovů v oblasti má poměrně strmý reliéf s horskými masivy dosahující výšek přes 1500 m. Horské masivy tvoří přirozenou bariéru pro oblačnost a podporují orografickou činnost, která zesiluje srážkovou činnost na návětrných svazích (Laing, 2004). Ve většině případů se jedná o severní a východní orientaci svahů. Severovýchodně orientované svahy obdrží během roku průměrně nejvíce srážek. Naopak vysoušení klesajícího vzduchu za horským masivem tvoří srážkový stín a tak jsou srážkové úhrny na opačné straně horského masivu několikanásobně nižší.

## 2 Charakteristika dopravní infrastruktury v oblasti

Kvalitní dopravní infrastruktura je jedním z klíčových prvků fungování státu a možností jeho dalšího rozvoje. Hraje nedílnou součást v socio-ekonomickém rozvoji každé společnosti. Její fungování se odráží nejen na HDP, ale i jiných ekonomických ukazatelích, jako je míra exportu atd. Dle Gyamfi a kol. (1992) ztrácí země Latinské Ameriky a Karibiku ročně až 4 % HDP díky špatnému stavu dopravní infrastruktury (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Propojení s ostatními sektory umožňuje nejen přesun zboží, ale i dostupnost služeb jako je vzdělání, či zdravotnictví. Se zlepšující se dopravní sítí stoupá i dostupnost těchto služeb ve venkovských oblastech. Vznikají nové pracovní a ekonomické příležitosti, což má pozitivní vliv na snížení nezaměstnanosti. Zcela zásadní roli hraje dopravní infrastruktura ve snižování chudoby zejména v odlehlých rurálních oblastech, kde usnadňuje a výrazně zrychluje přesun zboží na trhy do měst. Schliessler a Bull odhadují, že více než 80 % lidí a 60 % zboží v Karibiku je přemísťováno skrze silniční dopravu (Schliessler & Bull, 2004). Strategicky dobře rozvinutá dopravní infrastruktura tak hraje stěžejní roli v procesu ekonomického růstu jednotlivých zemí.

Slabě rozvinutá silniční síť v dnešní době tržně propojeného světa, kdy velmi záleží na schopnosti přepravit zboží v co nejkratším čase na trh, nejen zpomaluje růst, ale je také hlavní bariérou ve snižování chudoby. Oblasti závislé na produkci zemědělských plodin či chovu dobytka potřebují transportovat své přebytky na trh co nejdříve z hlediska nižší trvanlivosti potravinářských produktů. Přepravu z rurálních oblastí komplikuje zejména nižší kvalita silniční sítě a její nižší hustota. S nízkou kvalitou rurálních cest souvisí i následné vyšší cestovní režie, které se promítnou do finančních nákladů spojených s přepravou zboží či osob. (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Navíc ne všechny cesty bývají během vlhčích období sjízdné. To vše vrhá špatný stín nejen na dopravní síť dané země, ale i neatraktivnost oblastí, kterým se vzdaluje možnost rozvoje. Jsou to právě rurální oblasti, které pociťují dopady nekvalitní infrastruktury během živelních katastrof nejvíce (Freeman & Warner, 2001). Transportovat pomoc za přispění místních cest může být nejen velmi obtížné, ale někdy i nemožné. Oblasti mohou být v případě přírodních pohrom většího rozsahu odříznuté od pomoci několik týdnů. Fungující infrastruktura je v tomto případě naprosto nezbytným předpokladem nejen pro chod jednotlivých domácností, ale i distribuci pomoci v případě takovýchto událostí.

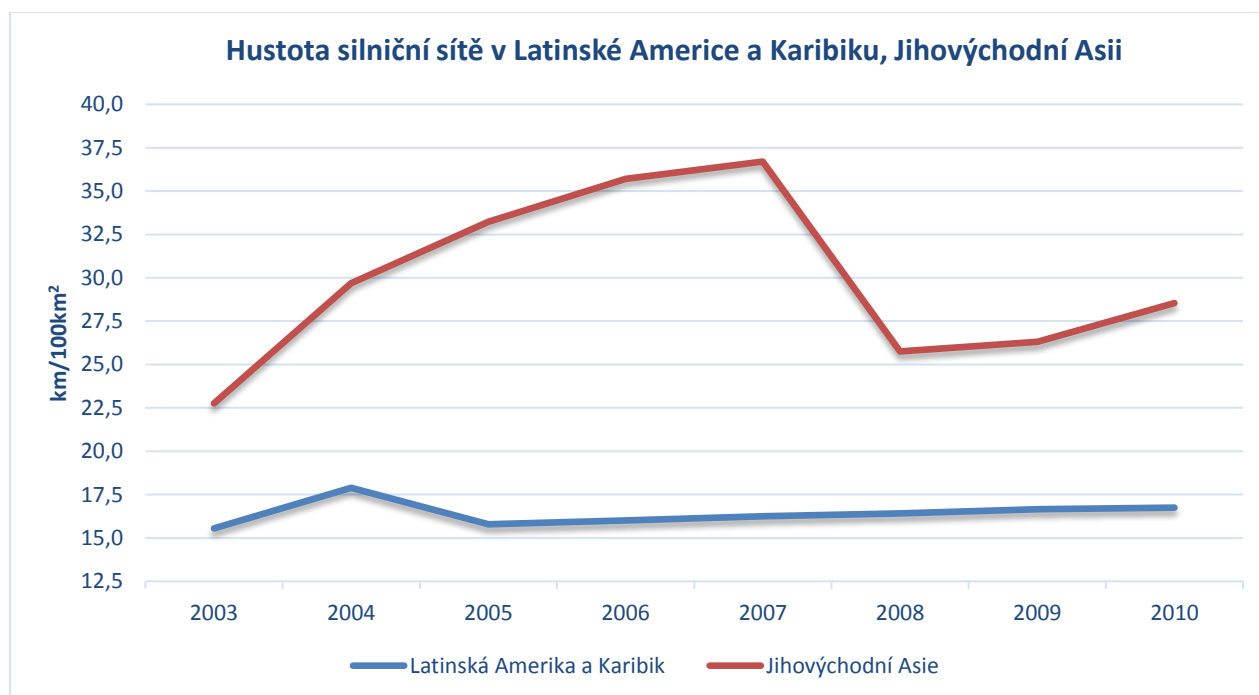
### 2.1 Historický vývoj

Obdobně jako u zemí Latinské Ameriky, i v Karibiku došlo k nejmarkantnějšímu rozvoji dopravní infrastruktury v období mezi léty 1950 - 1970. Tehdejší rozvoj dopravní sítě financovaný jak z daní, fondů a půjček od mezinárodních finančních institucí, byl příslibem rychlého rozvoje Latinské Ameriky a Karibiku (Schliessler & Bull, 2004). Vývoj byl obdobný jako u zemí jihovýchodní Asie a zdálo se, že

oblast směřuje k rychlému ekonomickému růstu. Během dvou dekad došlo k vybudování poměrně kvalitní a husté dopravní sítě, která pokrývala plně požadavky tehdejší doby. V 80. letech minulého století ale došlo k významnému zlomu, z něhož se není schopna latinsko-americká dopravní infrastruktura vymanit dodnes. Zatímco ostatní země světa v 80. letech dále rostly, Latinskou Ameriku a Karibik postihla hluboká dluhová krize. Svou roli v tom sehrály i půjčky od mezinárodních finančních institucí, které byly štědře poskytovány v 60. a 70. letech (Rozvojovka, 2017). Na konci 70. let se již nacházely ekonomiky zemí v tíživé situaci a v roce 1982 vyhlášením Mexika o neschopnosti splácet své dluhy, došlo k propuknutí dlouhotrvající dluhové krizi v oblasti.

Vlády velmi výrazně snížily výdaje na dopravu, což se promítlo nejen v investicích do nových projektů, ale i na údržbě stávající silniční sítě. V období mezi lety 1972 - 1988 výrazně poklesly dotace na nové infrastrukturní projekty a údržbu stávajících cest (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). S nedostatkem financí v rozpočtu došlo i ke snížení nároků při vypisování nových infrastrukturních projektů. Nejvyšší preferencí byla nízká cena, což se ovšem odráželo na kvalitě nově budovaných cest. Zatímco na počátku období byla hustota dopravní sítě srovnatelná se zeměmi jihovýchodní Asie, dnes mohou konkurovat pouze ekonomicky rozvinutější ostrovy Karibiku jako Portoriko, Kajmanské ostrovy či Dominika (Calderón & Sevén, 2010). Rozdíly v hustotě silniční sítě obou oblastí jsou zřetelné z grafu č. 1, ze kterého lze vyčíst vyjma velkého rozdílu i dlouhodobou stagnaci stavu v Latinské Americe a Karibiku.

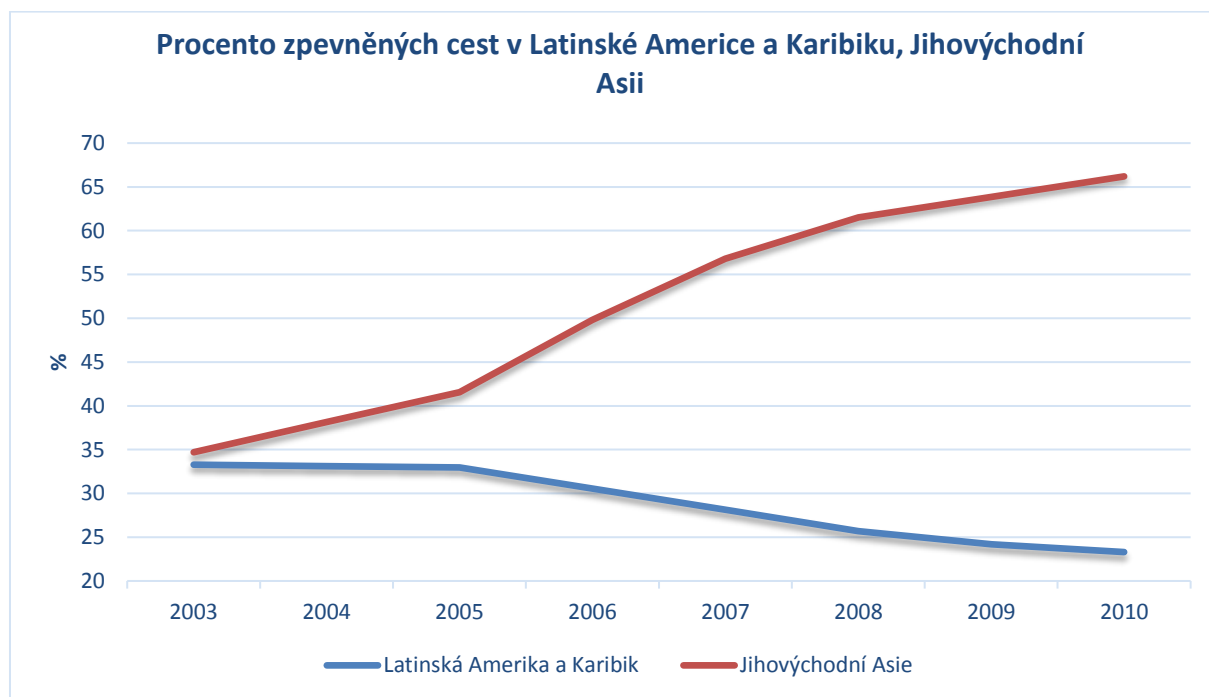
**Graf č. 1: Hustota silniční sítě v Latinské Americe a Karibiku, Jihovýchodní Asii**



Zdroj: Knoema.com, 2017

V současné době je vyasfaltováno v Latinské Americe asi 27 % silnic. Ačkoliv se zvyšuje dostupnost cest, v porovnání s jihovýchodní Asií jde stále o propastný rozdíl. V Karibiku je situace o něco lepší a procento vyasfaltovaných cest se pohybuje kolem 60 % (Knoema, 2017). Celkový přehled kvality a hustoty infrastrukturní sítě naleznete v příloze č. 1 a č. 2. Odhaduje se, že v současné době je jen něco málo přes 27 % cest v dobrém stavu (Freeman & Warner, 2001). Stav dopravní infrastruktury je navíc jedním z důležitých faktorů v rozhodování potenciačních investorů. Zatímco v Jihovýchodní Asii není spokojeno asi 18 % firem vázaných na kvalitu dopravní sítě, v Latinské Americe a Karibiku jde až o 55 % firem (Calderón & Sevén, 2010).

**Graf č. 2: Míra pokrytí povrchu cest asfaltem v Latinské Americe a Karibiku, Jihovýchodní Asii**

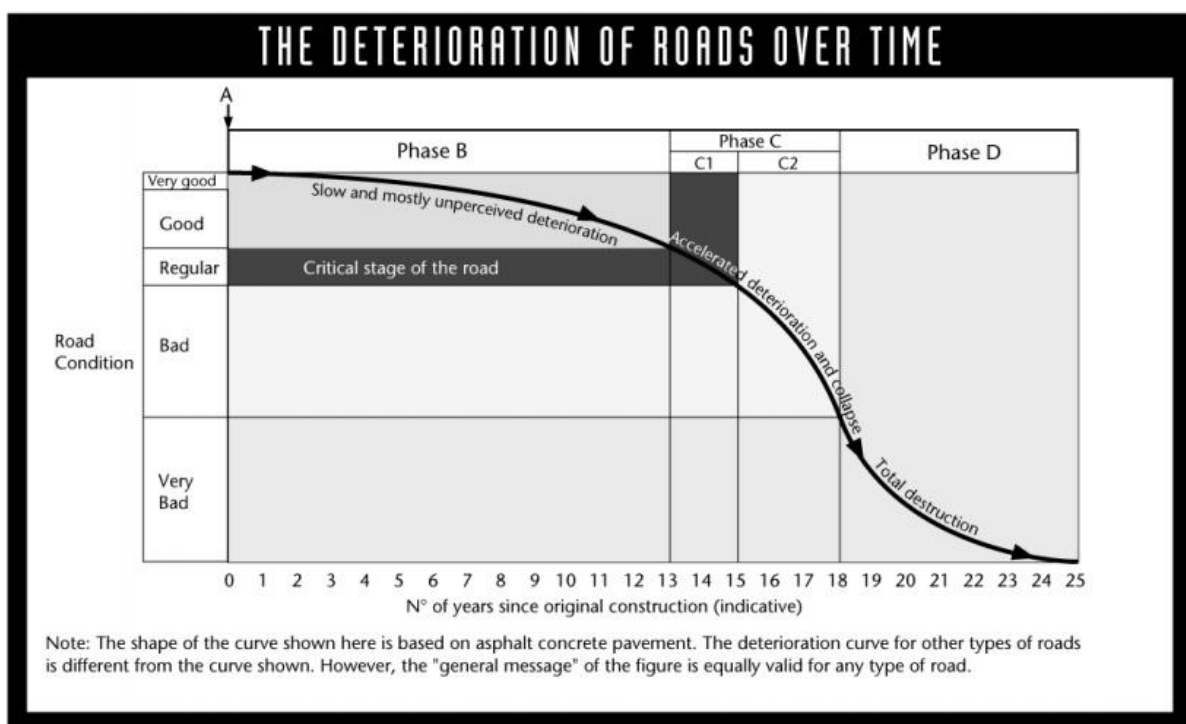


Zdroj: Knoema.com, 2017

V 90. letech nadále pokračovala výrazná podfinancovanost sektoru. Výdaje státního rozpočtu do sektoru infrastruktury klesly z 3 % ročního HDP státu v roce 1988 na 1,6 % v roce 1998. Podfinancování nadále podkopávalo rozvoj infrastruktury. Pro významnější růst by bylo zapotřebí zvýšení investic minimálně o 4 - 6 % (Calderón & Sevén, 2010). Navíc v 90. letech se naplno začala projevovat absence údržby cest budovaných v 50. či 60. letech. Životní cyklus cest budovaných v tomto období byl již na konci, nebo se k němu rychle blížil i přes opakované opravy. Velká část silniční sítě se tak nacházela v kritickém stavu a tak docházelo ke kolapsu jednotlivých pasáží cest. Některé cesty se bez dalších oprav staly zcela neprůjezdnými. Nejednalo se však pouze o cesty vedoucí do odlehlých chudých oblastí. V kritickém stavu se octly i páteřní tahy jednotlivých regionů, které se ovšem na přelomu století dočkaly rekonstrukce (Schliessler & Bull, 2004).

Zanedbávaná pravidelná údržba cest a tendence k investicím do nových projektů namísto udržování stávající sítě, vede ke kratšímu životnímu cyklu silnic. To se ale jeví jako krajně neefektivní, neboť rekonstrukce zdevastovaných cest vyžadují i více než 50 % nákladů z původních investic. Ukázalo se, že pravidelná údržba silnic snižuje náklady na jednu třetinu oproti rehabilitacím a opravám v pokročilém věku cest. Pokud jsou kritické úseky rehabilitovány včas, jejich náklady dosahují pouze na 5 - 20 % původní částky (Schliessler & Bull, 2004). Průměrná životnost cest se pohybuje dle technologie mezi 15 - 25 roky. Životní cyklus asfaltované silnice výstižně popisuje obrázek níže publikovaný Schliesslerem a Bullem, 2004 v studii Road network management.

**Obr. č. 3: Zhoršování stavu vozovky v průběhu jejího životního cyklu**



Zdroj: Schliessler & Bull, 2004

Pokud je projekt dobře naplánován, nevede kritickými úseky a cesta není přetěžována, nedochází v prvních 10 letech k zásadním opravám. Silnice musí být v průběhu své existence průběžně udržována, což se v rozvojových zemích děje zřídka. Dochází tak k poškození svrchní vrstvy už v prvních pěti letech, což výrazně snižuje životnost cesty. (Calderón & Sevén, 2010). Důležité i z hlediska finanční únosnosti rozvojových zemí oblasti je také proporční dělení zpevněných a nezpevněných cest. Zpevněné cesty jsou vnímány obecně jako cesty s asfaltovým povrchem. Nezpevněné cesty jsou charakteristické absencí svrchního krytu vozovky. Asfaltované cesty s sebou přináší vyšší investice jak do výstavby, tak do údržby, na které se hledají v rozpočtu jen těžko peníze. Úseky nezpevněných cest

se tak na méně frekventovaném úseku zdají být vhodnější z hlediska udržitelnosti a úspor financí na jejich údržbu. Ačkoliv s sebou přináší štěrkové cesty řadu výhod zejména v podobě finančních úlev pro rozpočet zemí, přináší i negativní efekty v podobě zhoršené sjízdnosti během období vlhka. Neasfaltované cesty jsou hůře sjízdné, více kloužou a dříve se na nich začnou objevovat výmoly. Na kluzkých cestách se podstatně zvyšuje nehodovost a i provozní režie. Provozní režie pro vozidla používající takovouto cestu jsou vyšší, jak z hlediska většího množství spálených pohonných hmot, tak opotřebení auta, ať už dopravními nehodami, nebo stavem vozovky (Schliessler & Bull, 2004).

## **2.2 Ekosystémy a jejich přínosy ve vztahu k silnicím**

Karibské klima a topografie přináší pro místní silnice řadu rizik. I z toho důvodu je nutné při plánování projektů zahrnout tyto okolnosti do trasy zamýšlené silnice. Dobře zvolená trasa podstatně snižuje rizika spojená s výskytem přírodních hazardů a snižuje tak finanční náklady na odstraňování škod způsobených hazardy (Mandle & Griffin, 2016). Začlenění ekosystémů do plánování tras s sebou nese vzájemné přínosy. Dobře zvolená trasa nejen snižuje rizika jednotlivých hazardů, ale může přinést i zvýšenou pružnost dopravní infrastruktury vůči přírodním hazardům.

Dobrý příkladem může být cesta chráněná mangrovovými lesy. Cesta profituje ze schopnosti mangrovových lesů působit jako nárazová zóna proti záplavám. Mangrovové lesy také podstatně redukuje vlnobití, která jsou spojena zejména s činností tropických cyklon v oblasti (Mandle & Griffin, 2016). Na rozdíl od cest vystavených přímo na pobřeží, nedochází k častému kolapsu krajnic či náspu, který je bičován vlnobitím. Nejedná se pouze o vlnobití, která jsou schopna mangrovové lesy zachytit, ale i obrovské množství naplavenin, pobřežního štěrku a mořských řas, které přináší mořský příboj. (ECLAC, 1999).



**Obr. č. 4: Využití mangrovových pralesů k ochraně cest**



Zdroj: Restoring Guyana's Mangrove Ecosystem, 2016

Podobné schopnosti mají i pobřežní mokřady, bažiny či laguny, ve kterých dochází ke zpomalení rychlosti příboje a tím i jeho síly. Skalnaté pobřeží pak působí jako vlnolam příboje. Pro snížení rizik spojených se záplavami způsobených říčními koryty, je důležité vést cestu mimo záplavové oblasti koryt řek, či zužovat koryta řek za účelem stavby levnějších a užších mostů. Zúžení koryt řek vede ke zrychlení transportu vody a říčního materiálu a tedy i většímu tlaku vyvíjenému na mostní konstrukci (ECLAC, 1999). Z hlediska prevence sesuvů půdy je nutné plánovat trasu mimo svahy náchylné k tomuto hazardu. Důležitou roli při tom hraje, jak sklon svahu, tak jeho vegetační kryt který je schopen zmírnit špičky srážkových epizod.

Vhodná výstavba respektující ekosystémové mechanismy může podstatně snížit i náklady na údržbu silnic a uspořené finanční prostředky tak mohou být investovány jinak. Naopak ignorování environmentálních otázek přináší nejen negativní dopady pro ekosystém, ale výrazně snižuje možnost ochrany samotných silnic. Velmi dobrým příkladem může být vysoušení mokřadů a bažin, ke kterému často dochází v souvislosti se zemědělským obhospodařováním půdy, či projektování jednotlivých úseků silnic (Mandle & Griffin, 2016). Mokřady mají důležitou funkci nejen při zadržování vody při záplavových vlnách, ale i při filtraci vody. Dochází k oddělování sedimentů, které se usazují, s čímž dochází k čištění vody. Vysoušením mokřadů dochází nejen k zanášení pórů, což má za následek horší filtraci vody, ale také k volnému průběhu povodňových vln, které by jinak mokřady

zmírnily. Na cestě se díky vysoké hladině vody objevují často sedimenty. S tím dochází k navýšení nákladů na údržbu cest (Mandle & Griffin, 2016). Z investic vedených do ekosystému tak mohou profitovat, jak komunity žijící v oblasti, tak ekosystém který nebude nějak významně ohrožen. Pozitivní dopady ale pocítí i samotná dopravní infrastruktura. Problémem zůstává jak slabá politická vůle, tak dlouhodobější strategie plánování, která by zahrnovala strategické rozhodování a s ním i vytvoření důkladné cost-effective analýzy. (Mandle & Griffin, 2016).

### **2.3 Problémy v sektoru infrastruktury**

Země Latinské Ameriky a Karibiku se potýkaly ještě v nedávné historii s velkými problémy v oblasti dopravní infrastruktury a nutno podotknout, že situace se příliš výrazně nezlepšila. Mezi výjimky patří několik států, kterým se podařilo implementovat reformy dříve. Ty také začínají z těchto reforem dříve profitovat (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Problémy v sektoru tkví ve dvou hlavních bodech, které na sebe navazují řadu dalších problémů. V první řadě a vůbec nejdůležitějším problémem, je podfinancovanost sektoru. Jedná se nepochybně o důsledek hospodaření států během minulých dekád. Druhým stěžejním bodem je zanedbávání pravidelné údržby, které velmi výrazně zkracuje životnost cest.

Latinská Amerika se v 80. letech minulého století potýkala s hlubokou dluhovou krizí, během které došlo ke snížení rozpočtu na dopravu (Calderón & Sevén, 2010). Snížení finančních prostředků v sektoru se promítlo i do kvality cest. Zdevastované cesty nejen neumožňují efektivní a bezproblémovou přepravu, ale výrazně začaly zvyšovat i provozní náklady řidičů, potažmo firem (Gyamfi a kol.). Dle Gyamfiho a kol. se každý dolar neinvestovaný do opravy cest promítne třemi dolary na provozních nákladech vozidla. Taktéž bylo spočítáno, že každoročně díky nízké kvalitě dopravní sítě státy Latinské Ameriky a Karibiku přichází o asi 4 % celkového HDP země (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992).

Problém však netkví pouze v podfinancovanosti sektoru, ale i neochotě vlád a jejich agentur investovat dlouhodobě do pravidelné údržby silnic. Pravidelná údržba cest výrazně snižuje náklady na následnou rehabilitaci poškozených částí silnice a také prodlužuje její životnost. Implementace nových technologií pak přidává cestě přidanou hodnotu v podobě delší doby bez nutnosti oprav (Schliessler & Bull, 2004). Životnost cest je v těchto zemích velmi nízká a to nejen díky přírodním hazardům, ale zejména díky nepravidelné údržbě. Karibské vlády investují zejména do nových projektů, které jsou v očích veřejnosti vidět a nadále se pak odráží ve volebních preferencích. Údržba je tak v tomto ohledu velmi přehlížena. Ačkoliv dle studie světové banky generuje údržba a opravy cest větší přínos pro státní rozpočet, než budování zcela nových cest. Tento rozdíl je poměrně velký v poměru asi jedné čtvrtiny v neprospěch nových projektů (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Přitom

na údržbu silnic jde v průměru pouze 2,5 - 3 % (Schliessler & Bull, 2004). Z toho dvě třetiny prostředků připadnou na kritické výdaje a pouze jedna třetina na rutinní údržbu. Doporučené proporční rozložení výdajů by mělo být v tomto případě opačné.

Problém v zanedbávání pravidelné údržby lze hledat zejména v centralizaci sektoru. Vlády sice projevují tendence v přenášení zodpovědností na lokální administrativy, případně agentury v rámci lokálních projektů, ale plánování rozpočtu i páteřních tahů je centralizované. V centralizovanosti systému tkví i problém alokace finančních prostředků. Obecně však platí, že u autorit nevzniká významná snaha ušetřit finanční prostředky při alokaci zdrojů z již tak zkráceného rozpočtu (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992).

Podfinancovanost sektoru se neprojevuje pouze na zanedbané údržbě, ale také na kvalitě personálu. V sektoru se sice pohybují odborníci, ale obecně je podfinancování znát jak v počtu zaměstnanců, tak zejména na jejich odbornosti a dovednostech. Ačkoliv se vlády snaží investovat do nových technologií a postupně i do nového vybavení, často naráží na limit dovedností zaměstnanců agentur, kteří nejsou schopni s těmito stroji efektivně pracovat (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Dochází tak nejen k nevyužití potenciálu strojů, ale také k jejich úpadku ve smyslu zanedbávání údržby a servisu. Personálu se nedostává nutných proškolení k obsluze strojů a jejich údržbě. Ačkoliv se situace oproti 90. létům zlepšila, kdy průměrně 11 ze 14 dělníků pracovalo s ručními nástroji, stále lze najít v tomhle ohledu nedostatky (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Nevalných výsledků dosahují některé státy v organizovanosti práce. Například v Kostarice dle průzkumu z roku 1990 ztratili dělníci 50 % času špatnou organizovaností práce a dalších 20 % používáním jednoduchých nástrojů a neadekvátních metod. Dokud vlády dopravní sektor nezatraktivní, bude kvalita personálu stále nejspíš nízká, než že by došlo k výraznějšímu posunu k lepšímu (Schliessler & Bull, 2004).

Finanční potíže v sektoru by mohli alespoň částečně vyřešit soukromí investoři, kteří se v menším měřítku angažují od 90. let a přináší, jak finanční prostředky, tak i novější technologie. Jejich zapojení je co do finančního objemu mizivé. Výše investic do infrastruktury se pohybují mezi 1 - 2% státního HDP, což jen těžce může nahradit státní škrty způsobené finanční krizí (Fay & Morrison, 2007). Investory navíc odrazuje nepřehledná a zkorumpovaná byrokracie. Pokud by se systém zjednodušil a zprůchodnil, je šance, aby v těchto zemích začalo operovat více soukromých investorů, kteří budou investovat do sektoru dlouhodoběji a pravděpodobně i svědomitěji. Soukromý sektor s sebou přináší vyšší kvalitu pracovníků, úsporu prostředků a větší snahu dodržet požadavky projektu. Jedná se především o financování samotným investorem, tudíž se zdá být efektivita v tomto případě vyšší, než při zadání státní zakázky kontraktorům (Schliessler & Bull, 2004). Takovéto koridory pak bývají pečlivěji a častěji udržovány pravidelnou údržbou, než v případě státních cest. Dobrým příkladem může být projekt Cooper Highway z Chile. Cesta úspěšně slouží svému účelu přepravy vytěžené mědi

do nedalekého města již více než 20 let. Společnost Codelco je v tomto případě velmi efektivní, jelikož vynakládá pouze 1 % prostředků z rozpočtu na pravidelnou údržbu, což je asi 3 krát méně než je obvyklé (Schliessler & Bull, 2004). Cesta se přitom nachází na vysokohorské plošině, tudíž bývá postižena drsnými klimatickými vlivy.

### **3 Charakteristika významných přírodních hazardů v oblasti**

Z fyzicko-geografického hlediska lze vymezit hazardy na dvě hlavní skupiny. První skupinu tvoří endogenní faktory, mezi něž řadíme hazardy spojené s vulkanismem a zemětřesením. Druhou kategorií tvoří tzv. exogenní jevy, mezi něž patří svahové pochody a klimatologická rizika.

#### **3.1 Svahové pochody**

Svahové pochody řadíme mezi exogenní jevy. Jsou jedním z nejfrekventovanějších přírodních hazardů vyskytujících se v karibské oblasti. Ačkoliv jsou považovány za 3. nejvýznamnější hazard celosvětově, jejich význam je pravděpodobně větší (Zillman, 1999). Většina významných svahových pochodů se vyskytuje v souvislosti s dalšími hazardy. V následném vyhodnocení jsou často vyhodnoceny jako sekundární hazard (Abella, 2008).

Svahové pochody jsou charakterizovány jako náhlý pohyb hornin, při němž sesouvající se hmoty jsou odděleny od pevného podloží zřetelnou smykovou plochou (Kukal, 1982). Určujícími prvky jsou tedy zemská gravitace a sklon svahů. Jestliže plocha svahu dosáhne bodu, kdy gravitační stres přesáhne schopnost svahu držet jednotlivé vrstvy půdy pospolu, dochází k sesuvu půdy (Andereck, 2007). Z geologického hlediska tedy není žádný svah stabilní.

##### **3.1.1 Podmínky vzniku a faktory ovlivňující svahové pochody**

Svahové pochody jsou rozlišovány z několika možných hledisek. Prvním kritériem je tzv. podmíněčný činitel (Smolová & Zapletal, 2006).

**Dle podmíněčného činitele rozeznáváme pochody způsobené:**

- Fluviálními jevy
- Kryogenní jevy
- Biogenní jevy
- Gravitační jevy

V Karibiku jsou nejfrekventovanější fluviální pochody. V menší míře se setkáváme i s gravitačními pochody.

### **Dle mechanismu a rychlosti pohybu:**

- Plazením: Velmi pomalé tečení tuhé látky, začíná jím každý svahový pochod
- Sesouváním: Krátkodobý klouzavý pohyb hornin podél smykových ploch
- Stékáním: Katastroficky rychlý pohyb ve vizkozním stavu na velkou vzdálenost
- Řícením: Náhlý katastrofický pohyb na strmých svazích, většinou volným pádem ztrátou kontaktu s podložím

### **Dle půdorysu svahu**

- Plošné: Většinou rozsáhlé, ale mělké sesuvy
- Proudové: Rychlý průběh nejčastěji sedimentů za přispění srážkové činnosti, či zvýšené půdní vlhkosti
- Čelní (frontální)

### **Faktory porušující stabilitu svahu definoval Q. Záruba a V. Mencil (1974) následovně:**

- Změna sklonu svahu
- Přetížení násypy
- Otřesy a vibrace
- Změna obsahu vody
- Působení podzemní vody
- Zvětrávání hornin
- Změny ve vegetačním porostu

Z cizojazyčné literatury můžeme zmínit ještě klasifikaci Geralda Wieczorka, který definuje sesuvy dle jejich hloubky. Na mělké, středně mělké a hluboké sesuvy půdy. Za nejvíce ohrožené svahy považuje velmi prudké svahy se sklonem nad 40° pro které jsou charakteristické velmi mělké sesuvy půdy. Naopak pro méně ukloněné svahy jsou charakteristické spíše hluboké sesuvy půdy (Wieczorek, 1987).

Z litologického hlediska patří mezi nejvíce ohrožené svahy takové, kde se střídají různě mocné vrstvy hornin (Kukal, 1982). Takové půdy jsou schopny propouštět vodu hlouběji do půdního profilu až na podloží. Pokud dojde k přesycení půdního profilu, voda částečně odtéká po povrchu a částečně po nepropustném skalním podloží, což výrazně zvýší nestabilitu celého svahu (Andereck, 2007). Díky stékání vody po podloží dochází k vytvoření třecí plochy, po které následně dochází k sesuvu horniny. Nejnáchylnější jsou k sesuvům horniny přeměněné a horniny vulkanického původu, které mají v karibské oblasti významné zastoupení. Další faktorem ovlivňující schopnosti půdy odolávat nasycení vodou je také pedologické hledisko. Za nejméně náchylné půdy lze považovat půdy písčité a jílovité, které mají vysokou soudržnost. Naopak nejnáchylnější jsou hlinité půdy, spraše a tefry (Kukal, 1982).

### 3.1.2 Zranitelnost dopravní infrastruktury vůči sesuvům půdy

Sesuvy půdy jsou v Karibiku velmi frekventovaným hazardem. Poměrně příkrý reliéf karibských ostrovů s centrálními pohořími komplikuje výstavbu silnic. V horských oblastech navíc přispívá k jejich vyšší zranitelnosti a nutnosti investovat vyšší finanční prostředky, jak do jejich výstavby, tak na údržbu (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Nevhodně lokalizované úseky silnic pak často negativně ovlivňují náchyllost silnic vůči sesuvům půdy či dokonce zvyšují riziko sesuvu půdy. Stabilita svahů tak může být narušena již při výstavbě silnice (Mencl & Záruba, 1974). Jako příklad zde můžeme uvést stavbu silnice East Peak Road 191 v Portoriku, která se kvůli sesuvům půdy opozdila v konečném termínu o 2 roky. (Larsen & Parks, 1997). Problémy se situováním stávající silniční sítě čelí i na Jamajce, kde 55 % všech sesuvů půdy bývá lokalizováno poblíž silniční sítě (Carby & Ahmed, 1995).

Z hlediska zranitelnosti silnic vůči sesuvům půdy jsou náchylnější trasy vedené skrze hornatý terén. Larsen a Parks ve své studii z roku 1997 provedené na území Portorika kategorizovali zranitelnost svahů vůči sesuvům půdy. Jako základní prvek zvolili sklon svahu. Zatím co cesty se sklonem svahů nižším než 5° trpí pouze nízkým rizikem sesouvání půdy, svahy se sklonem mezi 5° – 15° jsou ohroženy častěji. Silnice na svazích se sklonem vyšším 15° trpí vysokým rizikem sesuvu půdy. U jednotlivých úseků silnic vedených na rizikových svazích se ukázala až 26 krát vyšší frekvence sesuvů půdy páchajících škody, než u cest trpících pouze nízkým rizikem sesuvů půdy (Larsen & Parks, 1997). Se zvýšenou zranitelností silnice vůči hazardům dochází, jak k navýšení finančních výdajů na pravidelnou údržbu, tak sníženého životního cyklu silnice. V konečném důsledku tak silnice vedené rizikovým terénem slouží po významně kratší dobu, což stojí stát výrazně více peněz (Schliessler & Bull, 2004).

Důležitým faktorem, ovlivňující zranitelnost silniční sítě vůči sesuvům půdy je využívání půdy. V oblasti Karibských ostrovů docházelo v průběhu 20. století k významnému odlesňování krajiny, v důsledku přetváření na plantáže kakaovníků, banánovníků či kávy. Nejhůře v tomhle ohledu dopadlo Haiti, které je velmi náchylné na jakékoliv významnější srážkové epizody. Míra zalesnění ostrova zde klesla na pouhých 3,7%, což již hraničí s polopouštními podmínkami (Pielke, Roger A. Jr; kol., 2013). Taktová krajina není přirozeně schopna zvládat nápor přívalových srážek, což velmi výrazně snižuje její retenční schopnosti. Kuba prodělala během posledních 50 let významnou změnu rázu krajiny. V období od roku 1970 – 2011 došlo k zvýšení záboru půdy pro zemědělskou činnost až o 46 %. Jako velmi problémové z hlediska vlivu na silniční síť, se jeví odlesňování svahů v horských oblastech (CDB, 2016). Přeměna vegetačního krytu ze vzrostlých stromů s kvalitním kořenovým systémem na pralesy sekundárního řádu či dokonce mýtiny, vede k rychlejšímu vsaku vody do půdního profilu a s ním i ke zvýšenému riziku sesuvu půdy. Taktéž stabilita svahů s odlesněním

výrazně klesá. Kořenový systém v tomto případě funguje jako významný stabilizátor svahu (Mencl & Záruba, 1974).

Situování jednotlivých úseků silnic v horském terénu přináší řadu problémů. Vnější strany silnice trpí častěji potrháním krajnic, či jejich odtržením (Wagner, Liete, & Oliver, 1988). Jedním z důvodů jsou neefektivní nebo poškozené drenáže, které nedokážou odvádět vodu dostatečně daleko. Dochází k vyšší saturaci půdy, podmáčení svahu a snížení stability svahu. Při podmáčení svahu, mají vnější krajnice jako první tendenci klouzat po svahu dolů. To potvrzují Larsen s Parksem ve své studii. Ve vzdálenosti do 15 m od silnice dochází k mělkým poklesům půdy, které destabilizují svah. V nejbližších 40 m od okraje silnice tedy hrozí poměrně vysoké riziko sesuvu půdy na vnější straně silnice. Poměrně vysoké riziko sesuvu půdy se vyskytuje ještě v 85 m od vnější hrany silnice (Larsen & Parks, 1997). Celkový rozsah potencionální sesuvů se vzdáleností poměrně významně klesá. Ve vzdálenosti 400 m od silnice je plocha sesuvu v průměru až osmkrát nižší než v nejbližších 85 m. Naopak vnitřní strana ukloněná směrem do svahu trpí častěji sesuvy půdy z vrchních partií svahu. Pokud je cesta zařezána do skalního masivu, může trpět rizikem skalního řízení (Mencl & Záruba, 1974). Skalní řízení výrazně ohrožuje nejen silnici, ale i životy projíždějících osob. Wagnerem a kol. byla zjištěna silná korelace mezi sesuvy půdy a škodami na silnicích v oblastech, kde se scházejí výše zmíněné faktory (Wagner, Liete, & Oliver, 1988). Svahové pochody negativně ovlivňuje i přetěžování cest při údržbě a opravách. Stává se tak zejména během oprav poškozených úseků nebo odstraňování nánosů bahna po sesuvech půdy. Těžká technika setrvává na místě často několik dní, než dojde k úplnému odklizení překážek či sedimentů z vozovky. Tíha strojů a nadměrné zatěžování nákladními automobily transportující půdní materiál z vozovky snižuje nejen životnost povrchu, ale zejména drenáží. Nejrychlejší variantou odklizení sedimentů je jejich shrnutí z kraje vozovky do bezprostřední blízkosti silnice. Tato varianta se ale jeví jako nevhodná, zejména na vnější straně vozovky. Dochází tak k rychlejšímu nasycení půdy a jejímu podmáčení do větší hloubky, což může vyvolat při dalších událostech hlubší sesuvy půdy (Larsen & Parks, 1997). Velmi často potom dochází k obnovení předešlých poškození na stejném místě.

### **3.2 Tropické cyklony**

Tropické cyklóny představují poruchy v atmosféře v oblastech nízkých zeměpisných šířek. Od mimotropických se liší menšími rozměry, velmi nízkými hodnotami tlaku vzduchu ve středu a velkými rychlostmi větru. Typické jsou i velké horizontální tlakové gradienty (Vysoudil, 2011). Jedná se o hazard, který na sebe váže několik sekundárních rizik jako sesuvy půdy, bleskové povodně či vlnobití. Často zasahuje oblast širokou několik stovek kilometrů s poměrně dlouhou dobou životnosti několika dnů. Cyklony jsou schopny cyklony urazit tisíce kilometrů.

### 3.2.1 Vývojové fáze tropických cyklon

V Atlantiku dojde k vytvoření průměrně 10 bouří ročně. Aby mohl hurikán vzniknout, musí být splněno několik důležitých podmínek. Samotný proces vzniku hurikánu má několik vývojových stupňů, které jsou níže popsány.

#### Tropická deprese

Jedná se o první stádium proudění organizovaného do vírovitého charakteru, ačkoliv pouze v přízemní vrstvě. Díky vysokému výparu a teplotám povrchových vod (dále jen SST) vyšším než 26°C, dochází k četné tvorbě bouřkových oblaků. V tomto stádiu je klíčová přítomnost tropické zóny konvergence, která zajišťuje sbíhavost proudění v nižších vrstvách atmosféry a nižší hodnoty střihu větru (dále jen DLS z Deeplayershear). Průměrná rychlost větru v bouřkách je omezena na 17 m/s (Atmos Illinois Edu, 2016).

#### Tropická bouře

Pokud tropická deprese vstoupí do oblasti s podmínkami favorizující sílení, bouřkový komplex se nadále rozvíjí a organizuje. Coriolisova síla postupně podněcuje celý bouřkový systém k rotačnímu pohybu, avšak nadále bez zřetelného vytvoření oka hurikánu. S tropickými bouřkami jsou asociovaná rizika jako silný vítr, přívalové srážky, či vlnobití. Průměrná rychlost větru se pohybuje mezi 17 - 33 m/s (Atmos Illinois Edu, 2016).

#### Tropická cyklona

Nejvyšším vývojovým stádiem jsou tropické cyklony s místním pojmenováním hurikány. Ve středu bouře je dobře rozeznatelné oko, které obklopuje mohutná bouřková oblačnost. Bouřková jádra u centra systému produkují nejvyšší srážkové úhrny i rychlosti větru. Naopak v samotném oku hurikánu vítr slábne a je zde měřen nejnižší tlak v celém systému. Rychlosti větru přesahují 33 m/s. Určujícím prvkem pro stanovení kategorie hurikánu je rychlost větru (Atmos Illinois Edu, 2016).

### 3.2.2 Předpoklady vzniku

Karibská oblast ležící mezi desátým stupněm severní šířky a obratníkem Raka, skýtá příhodné podmínky pro tvorbu cyklon a sílení při postupu dále na severozápad. Intenzita hurikánové sezony se odvíjí od teploty povrchových vod a fází jednotlivých oscilací.

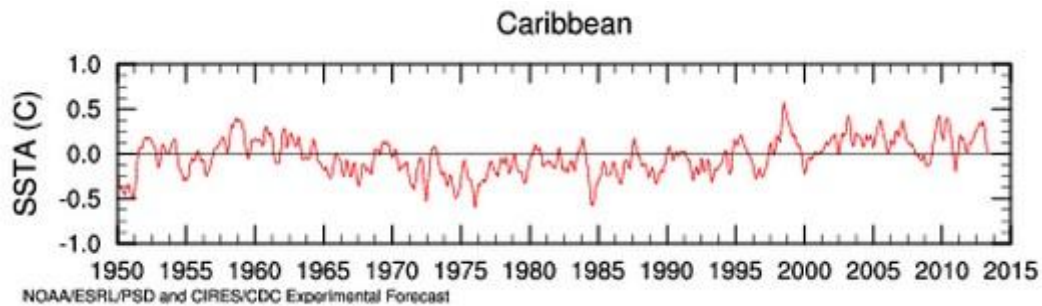
#### Povrchová teplota moří

Teplota povrchových vod moří (z anglického Seasurfacetemperature, dále jen SST) v oblasti každoročně přesahuje 26°C. Definice SST je vcelku variabilní, nicméně dle standardů s kterými pracuje National Hurricane Center, je za povrchové vody považována svrchní vrstva do hloubky 20 m



(NHC, 2016). Taková teplota povrchových vod je považována za jeden z hlavních předpokladů vytvoření tropické cyklony. SST je v důsledku rozličných klimatologických faktorů variabilní a to jak v čase, tak v lokalizaci.

**Graf č. 3: Odchylka teploty vody v Karibském moři, 1950 - 2015**



Zdroj: Earth System Research Laboratory, 2016

Aktuální odchylky teplot mohou dosahovat 4 - 6°C. Takto extrémně ohřátá voda přesahující 30°C představuje obrovské množství energie. Vzrůstá tak potenciál vzniku extrémně silných bouří jako byl hurikán Matthew v říjnu 2016. Ačkoliv SST nemá určující vliv na počet bouří v sezoně, přispívá zcela zásadně k jejich intenzifikaci, což se může v období klimatické změny jevit jako velký problém pro státy Karibiku (Pielke, Roger A. Jr; kol., 2013).

### **El-Niño/La Niña**

Druhým velmi důležitým faktorem ovlivňující intenzitu hurikánové sezony, je fenomén El Niño a jeho opačná, negativní fáze La Niña. Jedná se o cykly střídající se v asi tří až sedmi letém období, kdy dochází ke změnám teploty vod v oblasti rovníkového Pacifiku. Během jevu El Niño dochází k zeslabení studeného Peruánského proudu, který přináší do Střední Ameriky chladnější vodu (Vysoudil, 2011). V oblasti rovníku se tak začne voda intenzivněji prohřívat, což skýtá velmi dobré podmínky pro intenzivní tropické bouře v Pacifiku. Naopak Atlantský oceán zažívá na počet bouří chudší sezony (Pielke, Roger A. Jr; kol., 2013). Právě rekordní El Niño během posledních tří let je hlavním viníkem slabých sezon v Karibiku. Karibská oblast se v tomto období potýkala spíše s opačným problémem a to nadprůměrně vysokými teplotami a nedostatkem srážek (Taylor & kol., 2015). Během El Niña zesiluje tryskové proudění, které s sebou přináší i zesílení stříhu větru, které významně snižuje šanci na vznik hurikánů. Tryskové proudění a jeho fluktuace v síle i poloze jsou ovlivňovány teplotními anomáliemi SST v Pacifiku (Taylor & kol., 2015). Ať už kladné či záporné anomálie SST jsou modelovány El Niňem či La Niňou. Větší počet bouří během sezony sebou přináší La Niña.

### **Atlantická Multidekadická oscilace**

Další fenoménem, ne až tak známým jako výše zmíněné El Niño, kde byla prokázána jistá korelace ve smyslu síly jednotlivých hurikánových sezon, je Atlantická Multidekadická oscilace (Pielke, Roger A. Jr; kol., 2013). Někteří autoři nedávno objevenému fenoménu přikládají daleko větší důležitost než jevu El Niño. Během 30 – 40letých fází dochází k střídavému přenosu teplejších a chladnějších vod v Atlantském oceánu. Během teplých fází se dostává voda z rovníkových šířek dále na sever, což zvětšuje i potenciaální oblast rozvoje tropických cyklon (AOML, 2016). Během kladné fáze je dosahováno průměrně vyšší SST, což má vliv jak na intenzifikaci hurikánů během jejich rozvoje, tak na delší životnost hurikánů.

### **3.2.3 Časová a prostorová variabilita bouří během sezony**

V Atlantském oceánu začíná dle kritérií National Hurricane Center sezona 1. června a končí k 30. listopadu. Během sezony se vyskytne v průměru 10,1 bouří, z čehož 5,9 bouří dosáhne stádia hurikánu a pouze 2,5 tzv. hlavních hurikánů sezony tedy kategorie 3 a vyšší (NHC, 2016). Počet bouří se v jednotlivých sezonách liší a záleží na mnoha faktorech zmíněných výše.

Časové vymezení sezony odpovídá většinovému výskytu bouří v oblasti. To však neznamená, že se mimo hlavní sezonu nemůže vytvořit žádná tropická cyklona. Například v lednu roku 2016 došlo k velmi neočekávanému zintenzivnění tropické deprese. Díky abnormálně teplým vodám došlo k vytvoření hurikánu první kategorie, který dostal jméno Alex, poblíž Azorských ostrovů. Dle statistik National Hurricane center se jednalo o první bouří vytvořenou v lednu od roku 1938, což jen poukazuje na vzácnost výskytu bouří v zimní období (NHC, 2016). Období od prosince do května je přirozeně chudší na výskyt hurikánů díky chladnějším vodám, které jsou jedním z hlavních kritérií pro vznik bouří. I z tohoto důvodu se od začátku pozorování, které započalo v roce 1851, vytvořilo mimo sezonu pouze 3 % bouří.

Ačkoliv se může tropická cyklona vytvořit téměř kdekoliv v rámci oblasti, přesto lze i na území Karibiku najít místa s vyšší frekvencí výskytu. První oblastí, která bývá velmi často zasahována bouřemi, jsou Malé Antily snad jen s výjimkou nejjihnějších ostrovů. Do této oblasti lze začlenit i východní část Velkých Antil, konkrétně Portoriko a východní část ostrova Hispanola, tedy Dominikánskou republiku (Pielke, Roger A. Jr; kol., 2013). Oblast leží v ose postupu jednotlivých tropických vln ze západního pobřeží Afriky, které se v některých případech vyvinou v hurikány. Druhou oblastí s vysokou pravděpodobností zásahu je západní Karibik, konkrétně Jamajka a západní část Kuby (Pielke, Roger A. Jr; kol., 2013). Poměrně často dochází k vývoji tropické cyklony

intenzifikací bouřkových systémů vyskytujících se na oblasti Karibiku a Střední Ameriky. Velmi teplé vody Karibského moře skýtají vysoký potenciál pro tvorbu tropických cyklon.

### **3.2.4 Hazardy spojené s přechodem hurikánu**

Přechody hurikánu na sebe pojí několik sekundárních hazardů, které působí jak materiální škody, tak škody na životním prostředí. Nezřídka dochází ke ztrátám na životech. Ačkoliv jsou hurikány z hlediska rozlohy obrovské bouře, síla jednotlivých hazardů vždy závisí na jejich lokalizaci. Některé hazardy mohou být posilovány georeliéfem, či nevhodně zvolenou lidskou zástavbou. Níže budou rozebírány pouze hazardy vlnobití a silného větru, jelikož sesuvy půdy a povodně, jakožto nejčtenější hazardy spojené s přechodem bouří jsou popsány v samostatných kapitolách.

Vzednutí hladiny a s ním spojené vlnobití, je hazard, který se primárně omezuje na pobřežní oblast. S příchodem hurikánu dochází v první fázi k vzednutí hladiny, které je varováním před brzkým příchodem vlnobití. Vlnobití může být několik metrů vysoké, přičemž vlnobití vyšší než 3 m již může působit významné škody na majetku. V silnějších bouřích není výjimkou ani 6 m vlnobití, které již páchá značné škody na majetku. V extrémních případech může výška vlnobití přesahovat i 12 m (Pielke & Pielke, 1997). Následky takového vlnobití bývají pro pobřeží zcela fatální, zejména pro nárazovou zónu. V přístavech dochází k převrácení i dobře ukotvených lodí a ničení mol. Pláže s turistickou infrastrukturou často podléhají díky bezprostřednímu střetu značným škodám. Eroze při pobřeží pak trhá komunikace i s mosty (Mandle & Griffin, 2016). Díky zástavbě se vlna postupem tlumí a snižuje se její rychlost. Dochází tak spíše k zaplavení silnic, městské zástavby a transportu bahna hlouběji do města, než ke škodám působeným přímým střetem s vlnobitím.

Síla vlnobití závisí především na vzdálenosti od centra bouře. Nejsilnější vlnobití bývá v oblasti, kudy prochází samotné oko hurikánu. S rostoucí vzdáleností od středu bouře vlnobití nedosahuje takových výšek. Dalším důležitým faktorem je sklon pobřeží. V případně velmi nízkého sklonu pobřeží, má vlna, v závislosti na její výšce šanci postupovat terénem i několik kilometrů směrem do vnitrozemí (Pielke & Pielke, 1997). Její rychlost a intenzita způsobených škod se ale se vzdáleností snižuje. V tomto případě hraje důležitou roli i zalesnění krajiny. Obecně platí, že vyšší míra odlesnění dává šanci postupu vln dále do vnitrozemí.

Další z přírodních hazardů asociovaným s přechodem hurikánů je silný vítr, který může při silných bouřích překračovat i 240 km/h v průměru. Nárazy větru mohou být ještě o něco vyšší (NHC, 2016). Obecně platí, že nejvíce exponovány jsou horské oblasti. To platí v případě hurikánu, kde bývá rychlost větru zvyšována reliéfem horského masivu. Vysoké rychlosti mohou působit škody jak v rurálních, tak urbanizovaných oblastech. Rozsáhlé polomy komplikují situaci na silnicích a popadané stromy často blokují i několik desítek kilometrů dlouhé úseky cest. To se může jevit jako velká

komplikace, zejména pro menší ostrovní státy Malých Antil, které mají často pouze jednu dominantní cestu, která obsluhuje většinu ostrova (Government of the Commonwealth of Dominica, 2015). Odlehlé osady, k nimž vedou komunikace druhých a třetích tříd, pak mohou čekat na obnovu provozu několik týdnů. Padající stromy velmi často poškozují elektrickou infrastrukturu. V urbanizovaných oblastech páchá vítr škody zejména na obydlích a chatrných chýších městských slumů. Významný negativní dopad na infrastrukturu má absence stavitelských standardů, jako mají například v USA (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Jedná se o standardy, které jsou stanoveny, tak aby infrastruktura byla schopna vydržet určitý nápor ze strany jednotlivých přírodních hazardů. Bohužel k tomuto opatření zatím přistoupilo pouze několik zemí a i jeho uplatňování, ať už ze strany státní či soukromé, je zatím na velice nízké úrovni (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992).

### **3.3 Povodně**

Povodně jsou považovány za celosvětově nejfrekventovanější přírodní hazard. Odhaduje se, že více než 50 % světové populace je ohrožováno různými druhy záplav. Dle světové meteorologické organizace jsou přívalové povodně definované rychlým nástupem a vysokými kulminačními průtoky (World Meteorological Organization, 2016). Obdobné znění definice najdeme i v české literatuře. Meteorologický slovník výkladový a terminologický charakterizuje povodeň jako výrazný přechodný vzestup toku způsobený náhlým zvýšením průtoku nebo dočasným zmenšením koryta zejména při výskytu ledových jevů (Meteorologický slovník výkladový a terminologický, 1993).

#### **3.3.1 Charakteristiky povodně a druhy povodní**

Povodeň lze charakterizovat dvěma způsoby. Kulminačním průtokem, tedy největším vrcholovým průtokem u průtokové vlny, nebo objemem průtokové vlny, při kterých se stanovují N-leté povodňové objemy (Brázdil a kol., 2005). Zpětné vyhodnocení extremity povodňových průtoků ale bohužel v oblasti Karibiku často není možné. Chybí zde kvalitní měřicí síť a výpočty N-letých povodňových stavů pro jednotlivé řeky.

Druhy povodní můžeme dělit na podmíněné meteorologickými příčinami nebo nepodmíněné meteorologickými příčinami (Brázdil a kol., 2005). Mezi povodně způsobené antropogenními příčinami můžeme zařadit například sesuvy půdy, nezpůsobené meteorologickou situací přehrazující koryto řeky, ucpání mostních otvorů, propustků či přehrazení koryta spadlými stromy. Dále sem můžeme zařadit antropogenní příčiny způsobené člověkem, jako například protržení hráze přehrad.

#### **Druhy povodní vyvolané meteorologickými příčinami:**

- Dešťové

- Sněhové
- Smíšené
- Ledové

Povodně způsobené deštěm můžeme dle jejich časového hlediska dále dělit na povodně z trvalých srážek a povodně z přívalových srážek. V Karibské oblasti jsou zastoupeny oba typy dešťových povodní. Frekventovanější jsou ovšem povodně způsobené přívalovými srážkami, které se obvykle váží na konvektivní činnost, pro kterou jsou v Karibiku příhodné podmínky. Přívalové povodně jsou charakteristické velmi rychlým nástupem povodňové vlny i celkovým průběhem. Ničivou sílu v tomto případě obstarává velká kinetická energie tekoucí vody, která je schopna působit škody jak na životním prostředí, tak na majetku (Brázdil a kol., 2005). Na rozdíl od povodní zapříčiněných trvalými srážkami jsou tzv. bleskové povodně lokálního charakteru. V rámci hurikánu může dojít ke skloubení obou průběhů povodní. Bleskové povodně vyskytující se často na počátku situace přecházející do trvalého vydatného deště, který páchá škody na rozsáhlejších územích.

#### **Faktory ovlivňující vznik a průběh povodně**

Zde můžeme z časového hlediska rozdělit faktory na předběžné a příčinné. U předběžných faktorů hraje roli sled událostí několik dní až týdnů před samotnou povodní. Negativní roli hraje nadměrné podmáčení půdy z důvodu předešlých dešťů nebo naopak dlouhotrvající sucho, které také významně zhoršuje retenční schopnost krajiny (Brázdil a kol., 2005). Vysušené půdy trpí od určitých intenzit deště sníženou schopností absorpce vody, což zvyšuje šanci na vznik povodně. Poměrně důležitým faktorem je i naplnění koryt řek před samotnou povodní. Tento faktor určuje jak výjimečnou srážku je třeba na dosažení povodňového stavu. Příčinný faktor ovlivňuje povodeň několik hodin, případně dní před samotnou událostí (MetEd, 2016). Jedná se nejčastěji o déšť, vyvolávající povodeň ať už přívalovou nebo v důsledku trvalých srážek. Na rozdíl od předběžného faktoru se jedná o přímý spouštěcí mechanismus povodní (Brázdil a kol., 2005).

Dle Matějčka a Hladného ovlivňují vznik a průběh povodně mimo výše zmíněné faktory i charakteristiky krajiny (Matějček & Hladný, 1999).

**Intercepce** – Jedná se o schopnost vegetace zadržovat srážkovou vodu a zpomalovat tak prosakování vody do půdního profilu, případně oddálit odtok vody do říčního koryta.

**Retence** – Krajina má schopnost zrychlovat či zpomalovat odtok díky svému reliéfu. Schopnost zpomalovat odtok vody mají zejména deprese v terénu, které akumulují vodu v rovinatém terénu.

**Infiltrace** – Jedná se o efektivitu vsaku srážkové vody do půdního profilu. Efektivita záleží především na typu půdy, její mocnosti a pórovitosti.

**Tvar říční sítě** – Vliv zde mají rozsah povodí, úklon svahů, délka toku a jeho přítoku či spád toku v jednotlivých říčních profilech. Do hry zde vstupuje i pobřežní vegetace, hloubka a šířka koryta hlavního toku v povodí.

### **3.3.2 Zranitelnost dopravní infrastruktury vůči povodním**

S dlouhotrvajícími či přívalovými dešti, které není schopna krajina vstřebat, se pojí povodňové události, které negativně ovlivňují dopravní infrastrukturu. Aby povodeň ovlivnila dopravní infrastrukturu, nemusí na sebe nutně vázat významné finanční škody. V údolních nivách bystřin a řek dochází k častějšímu rozlití vody z koryta potoka, které zaplaví údolní nivu i s okolními komunikacemi. Dochází tak k přerušení obslužnosti komunikace po dobu, dokud voda neopadne (Bíl, a další, 2014) V Karibiku jsou povodně spolu se sesuvy půdy nejčastějším přírodním hazardem ohrožující dopravní infrastrukturu. Povodňové události jsou zde vázané jak na tropické cyklony, tak na obvyklé synoptické situace vyvolávající tvorbu konvektivní činnosti, či trvalých dešťů.

Jelikož cesty v Karibiku nedosahují většinou dobré úrovně, jejich sjízdnost je v období dešťů podstatně komplikovanější, zejména na nepevněných úsecích. Většinou se jedná pouze o směs uježděné hlíny a šterku, která činí cestu velmi kluzkou během povodňových událostí (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Časté uzavírky silnic z důvodu jejich nesjízdnosti navyšují jak časové, tak finanční režie provozu vozidla (ECLAC, 1999). V případě malých ostrovních států s jednou hlavní dopravní tepnou, může mít uzavření cesty významný dopad jak pro místní ekonomiku, tak pro obyvatele. To může mít zcela zásadní dopad i na doručování pomoci postiženým oblastem. V takovém případě vzniká velká časová prodleva mezi přepravou pomoci a jejím přijmutím, což může zvýšit celkový počet obětí při povodních. Dle rozsahu škod bývá cesta zprůjezdněna až během několika dní po události jako v případě Dominiky, který bude rozebrán o několik kapitol níže. (Government of the Commonwealth of Dominica, 2015).

Z finančního hlediska jsou škody způsobené na infrastruktuře členěny na přímé a nepřímé. Do přímých nákladů řadíme náklady spojené se zprovozněním cest a uvedením do stavu poskytující dopravní obslužnost. Do nákladů řadíme například mostní provizoria, odstranění sedimentů na vozovce, sanace svahů či opravy mostních pilířů (Vítek, 2009). Budování cest poblíž říčních koryt činí cesty zranitelnější vůči škodám způsobených povodněmi. Jako velmi rizikové se jeví vedení části komunikací paralelně s vodním tokem, kdy může dojít k několikanásobnému zaplavení jednotlivých sekcí silnice. Pokud nejsou břehy řek navýšeny dostatečnými náspsy, dochází velmi často k zaplavení vozovky a přerušení provozuschopnosti silnice (Bíl, a další, 2014).

Problém nelze hledat jen v samotné lokalizaci cest, které se křižování říčních koryt v jistých úsecích nemohou vyhnout. Jako problematické se jeví i zanášení koryt řek sedimenty či naplavenin

nahromaděných u mostních konstrukcí. Při zvýšeném průtoku dochází ke snížení kapacity koryta a vzedmutí. Následně dochází k rozlití vody mimo koryto a s tím i zaplavení silnic nejen vodou ale i materiálem, který řeka transportuje. V tomto případě se jedná o vůbec nejběžnější škody způsobené záplavami v Karibiku. Náklady spojené s úklidem říčních sedimentů obvykle nedosahují výše nákladů spojených s opravami cest, nicméně komplikují sjízdnost vozovky, což se následně promítá do nepřímých nákladů (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Mezi nepřímé finanční náklady řadíme zisk ušlý z komplikací s přepravou zboží, zvýšenou časovou režii, větší spotřebu vozidla spojenou s objízdami trasami či vyšší operační režie vozidla.

Nejkritičtějším prvkem silniční infrastruktury v době povodní jsou mosty. Finanční škody způsobené na mostních konstrukcích dálnic pak mohou dosáhnout významného podílu na celkových škodách jako v případě tropické bouře Nicole a hurikánu Gustav na Jamajce (Planning Institute of Jamaica, 2010). S poškozením stability mostu může dojít k přerušení provozu po dobu několika dní a odříznutí některých zasažených oblastí. V Karibské oblasti se v tomhle ohledu výrazně projevuje podfinancovanost sektoru. Mimo hlavní dopravní tepny se dává přednost finančně levnějším řešením. Dochází k záměrnému zužování koryt ve vzdálenosti 50 – 100 m od mostu, tak aby bylo možno postavit most kratší a užší. Na komunikacích druhého a třetího řádu se jedná ve většině případů o mosty průjezdné pouze jedním vozidlem (ECLAC, 1999). Se zužováním koryt dochází k destabilizaci náspů říčních koryt. Zvyšuje se tak náchylnost vůči břehové erozi. Stavba úzkého a krátkého mostu nevyžaduje vysoké finanční náklady, nicméně jeho schopnost odolat přívalové vodě je několikanásobně nižší (Vítek, 2009). Důležitým kritériem je délka mostu vůči šířce koryta. Pokud most není ukotven dostatečně daleko od říčního koryta, dochází k jeho kompletnímu zhroucení. Břehová eroze podpořená transportujícím materiálem, valouny, kmeny stromů a mnohonásobně zvýšenými průtoky vody v korytu podemílá boční svahy koryt, čímž celé koryto rozšiřuje. Most ukotvený několik metrů od stěny koryta nemá šanci odolat tlaku vody a dojde k jeho zhroucení. Dalším problémem je neexistence mostních pilířů (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992). Pokud mosty disponují mostními pilíři, jedná se často o ne příliš dobře zakotvené pilíře, které mají povodňovým stavům a materiálu transportovanému řekou problém odolat. Celkové náklady na stavbu nového mostu jsou vyšší než jeho částečné poškození. V nákladech hraje významnou položku i sanace svahů, která bývá často nákladnější, než-li stavba nového mostu. Vysoké finanční náklady se jeví jako zásadní překážka limitující stavbu dobře zabezpečených mostů. Na cestách sekundárního či terciárního řádu tak dochází k opakováním chyb a stavbám nestabilních mostů z hlediska nižšího finančního zatížení rozpočtu (Gyamfi, Gutierrez, & Yepes, 1992).

### 3.4 Zemětřesení

Karibská oblast patří do seizmicky aktivní oblasti. Ačkoliv její seizmická aktivita nedosahuje takové úrovně jako pevninská střední Amerika, je vystavená riziku ničivých zemětřesení. To se ukázalo jednak v minulosti, ale i nedávno v roce 2010 při zemětřesení na Haiti, které mělo nasvědčovat 220 tisíc obětí (Government of the Republic of Haiti, 2010). Celá oblast s výjimkou severní Kuby podléhá vysokému riziku zemětřesení a otřesům půdy různé intenzity. Obdobně jako tropické cyklony i zemětřesení na sebe váží mnoho potenciaálních sekundárních hazardů. Na rozdíl od tropických cyklon, kterých se zpravidla vyskytne několik v roce, rozsáhlá zemětřesení působící velké škody jsou spíš ojedinělá a jejich doba opakování je podstatně delší než u meteorologických hazardů.

#### 3.4.1 Faktory ovlivňující rozsah škod

Rozsah škod způsobených zemětřesením závisí na celé řadě faktorů, jako je hustota zalidnění, tvar reliéfu, skladba půdy, urbanizace či síla zemětřesení jako takového. Se zvyšujícími se hodnotami na RS stoupá výše potenciálně páchaných škod. V tomto ohledu i záleží na tom jak hustě urbanizovaná a zalidněná oblast byla zasažena (Tung, 2004). Lokální a slabší zemětřesení dokáží napáchat významné škody, pokud se odehrají v bezprostřední blízkosti měst a jejich aglomerací. Naopak velmi silná zemětřesení lokalizovaná do málo zalidněných oblastí působí minimální finanční škody. Škody se projevují na samotném ekosystému skrze sekundární přírodní hazardy, jako jsou sesuvy půdy. Dochází k poničení lesního prostu a destabilizaci svahů. Výše zmíněné zemětřesení na Haiti rozhodně nepatřilo k nejsilnějším na RS, nicméně jeho epicentrum bylo jen několik desítek kilometrů jihozápadně od hlavního města s aglomerací, což mělo fatální následek jak na počet obětí, tak na celkovou výši škod. Existuje tedy poměrně silná korelace mezi výší škod a vzdáleností od epicentra (Tung, 2004). Nejfrekventovanější sekundární přírodní hazard spojený se zemětřesením jsou sesuvy půdy. Právě škody spojené se sesuvy půdy spolu s přímým efektem na porušení statiky budov a jejich zřícením tak často tvoří většinový podíl celkových škod jednotlivých zemětřesení (Evans, 2007).

#### 3.4.2 Dopady přírodních pohrom na dopravní infrastrukturu

Škodám způsobeným na dopravní infrastruktuře patří významný podíl v rámci jednotlivých sektorů. Obvykle zemětřesení způsobí nejvyšší škody v sektoru bydlení nebo dopravní infrastruktury. Opět zde platí závislost lokalizace zemětřesení a jeho síly.

Na silniční infrastruktuře tak mohou vznikat škody různého rozsahu. U slabých zemětřesení dochází pouze k popraskání asfaltového povrchu v rámci několika centimetrů až decimetrů. Na nezpevněných cestách se často škody vizuálně ani nepromítnou (Panjamani, Srinivas, & Chandran, 2011). Ačkoliv jsou náklady na opravdu trhlin minimální, v celkovém důsledku dochází ke snížení životního cyklu



silnice respektive zvýšení zranitelnosti vůči ostatním, zejména klimatologickým hazardům (Schliessler & Bull, 2004). U středně hlubokých zemětřesení dochází na silnici ke vzniku podélných trhlin až několik 10 cm dlouhých. Trpí zejména krajnice, kde dochází k destabilizaci násypů pod vozovkou a jejich částečnému trhání. Silnice bývají i v tomto případě většinou sjízdné bez větších komplikací, pouze dochází k omezení rychlosti. Narušení stability násypů a podloží silnice ale výrazně snižuje živostnost cesty v dalších letech (Panjamani, Srinivas, & Chandran, 2011). K největším komplikacím dochází při silných zemětřeseních v bezprostřední blízkosti epicentra. Dochází ke kolapsu silnice, vznikají hluboké zlomy, schody či kry, které předělují jednotlivé úseky silnice na několik kusů. Dochází k značným škodám a silnice resp. zasažené úseky si žádají kompletní rehabilitaci, což významně navyšuje celkové škody. V takovémto případě je silnice nesjízdná a zvyšují se tak i operační a časové režie řidičů, kteří musí volit objízdné trasy (Panjamani, Srinivas, & Chandran, 2011). Mimo přímé škody vzniklé popraskáním vozovky vznikají ještě škody způsobené sesuvy půdy.

Nejvyšší pozornost bývá věnována v rámci silniční infrastruktury mostním konstrukcím a to pro jejich kritický význam v propojování jednotlivých oblastí. Škody jsou vyšší u mostních konstrukcí než škody na jednotlivých úsecích cest, což je dáno i jejich složitější technologií výstavby. Ačkoliv mostní konstrukce na důležitých dopravních tepnách bývají konstruovány na určitý seizmický stres, může docházet k poškození pilířů, spojů, základů či povrchu mostu (Tung, 2004). V takovém případě musí být most uzavřen, aby nedošlo jeho přetížení a dalšímu poškození mostní konstrukce či následnému kolapsu. Zhroucené mosty tak mohou mít fatální následek na distribuci pomoci do postižených oblastí pozemní cestou. Zranitelnost mostních konstrukcí závisí na jejich technologii výstavby, kvalitě materiálu či úzkosti profilu. Důležité je i stáří samotné mostní konstrukce (Tung, 2004).

Škody způsobené na letištích či v přístavech mohou mít významný vliv na snížení počtu turistů v době turistické sezony. Pro státní rozpočet jsou pak škody vyčísleny nejen samotným fyzickým poškozením přistávacích a vzletových dráh, radiolokačních věží či mol v přístavech, ale i při úbytku turistů v sezoně, což úzce souvisí s přílivem peněz do státního rozpočtu.

### **3.5 Vulkanismus**

Ze všech výše zmíněných hazardů jsou hazardy spojené s vulkanickou činností nejméně časté. Celosvětově žije v oblastech vystavených tomuto hazardu pouze 9 % obyvatelstva, oproti více než 50 % obyvatel zeměkoule vystavených povodním (Wilson & kol., 2011). Nicméně pokud dojde k významné vulkanické erupci rozsah škod a jejich dopad může mít zničující charakter. Karibské ostrovy zejména Malé Antily ležící na zlomu severoamerické a jihoamerické litosférické desky jsou

tomuto hazardu vystaveny. Malé ostrovy s centrálním pohořím často tvoří sopky a v případě jejich erupce bývá ovlivněn celý ostrov.

V nedávné minulosti došlo ke katastrofické erupci na Montserratu v roce 1997. Po 350 letech spánku sopky došlo k erupci Soufrière Hills Volcano, která měla pro ostrov katastrofické následky. Erupce nižší intenzity trvaly téměř dva roky, během kterých byl jih ostrova dočasně vysídlen včetně hlavního města Plymouth s klíčovým přístavem. Skrze přístav byly do země, která nebyla potravinově soběstačná, importovány potravinové komodity (MR Rudge Geography, 2017). V červnu 1997 došlo k mohutné erupci včetně pyroplastických vln, laharů, bahnotoků a sesuvů půd ničivého rozsahu. Z hlavního města Plymouth zůstalo město duchů a bylo totálně zničeno. Následky pro ostrov byly zničující. Jih ostrova je aktuálně velmi řídko obydlen, došlo k velkým ztrátám z turistického ruchu na kterých je ostrov závislý. Velmi utrpělo drobné zemědělství, které obstarává obživu obyvatel. Z původních téměř 11 tisíc obyvatel zůstala na ostrově pouze polovina obyvatel (MR Rudge Geography, 2017). Veškerá kritická infrastruktura byla přesunuta na sever ostrova do oblastí méně náchylných vůči rizikům spojených s vulkanismem.

Za nejrozšířenější hazard spojený s vulkanickou činností lze považovat sopečný popel, který působí škody napříč všemi sektory státu. Sopečný popel má několik vlastností, které způsobují různé charakter škod. Velikost částice je v průměru 0,6 - 2 cm, tudíž se poměrně snadno dostane kamkoliv. Popel má korodující účinky a když zvlhne je vodivý, což může přinést problémy zejména v přenosu elektřiny vysokým vedením. Sopečná erupce může lehký popel vynést až do výšek několika desítek km, odkud může být přenášen na vzdálenost stovek až tisíců kilometrů v závislosti na objemu vyvrženého popelu a síle proudění. Nejvíce popela spadne v nejbližším okolí sopky. Se vzdáleností od místa erupce je spád popelu nižší (Wilson & kol., 2011).

### **3.5.1 Efekty na dopravní infrastrukturu**

Spád sopečného popela působí škody ve všech druzích dopravy. Děje se tak zejména díky jeho jemnosti a velmi malé velikosti částic, které mohou motory nasát skrze vzduchové filtry. Zatímco na silnicích je při jisté úrovni spadu popelu doprava s omezeními možná, v letecké a lodní dopravě nikoliv.

### **3.5.2 Efekty na silniční dopravu**

Jemný popel přináší řadu nepříjemností spojených zejména s omezeními v dopravě. Škody vyčíslené se spadem popela se týkají spíše jeho odstraňování ze silnic, či odvodňovacích kanálů než-li fyzického poškození silnic. Tyto práce je třeba vykonat neprodleně, protože při vyšší vlhkosti vzduchu popel navlhne a stane se velmi kluzkým. Během samotného spadu popelu dochází ke snížení viditelnosti na

vozovkách. Pokud je spad obzvláště silný mohou se podmínky rovnat regulérní tmě s viditelností pouze několik málo metrů (Wilson & kol., 2011). Řidiči jsou tedy nuceni výrazně snížit rychlost. Několika milimetrová vrstva popela pokrývající silnici navíc zakryje veškeré dopravní značení včetně krajnic a směrových ukazatelů, což výrazně komplikuje orientaci už při tak snížené viditelnosti. Drobný popel se navíc může dostat do vzduchových a olejových filtrů a poškodit tak motor vozidla (Wilson & kol., 2011). Kluzké silnice navíc snižují kontrolu trakce vozidla a kola tak snadněji prokluzují. Mazlavý vlhký popel může snížit účinnost brzd, což zvyšuje rizika při cestování v takovýchto podmínkách. Popel tvoří jemnou mazlavou hmotu, která posléze zacpe drenážní systém a jímky. Při následných srážkových událostech tak dochází k narušení drenážního systému a zaplavení vozovky či parkovišť (Wilson & kol., 2011).

### **3.5.3 Efekty na leteckou dopravu**

Významné dopady má spad popelu i pro leteckou dopravu, která je v tomto ohledu velmi zranitelná. V leteckém provozu se praktikuje pravidlo nulové tolerance sopečného popelu ve vzduchu, jelikož by mohlo dojít k poškození motorů letadla a následné katastrofě. Na letištích stačí několika mm silná vrstva prachu a odletové dráhy jsou nepoužitelné, dokud nedojde k jejich ošetření. V leteckém sektoru tak vznikají nejen škody vzniklé odstraňováním popelu z letadel a letišť, ale i z hlediska ušlého zisku po dobu letů, které nemohly být uskutečněny. V nedávné minulosti se o tom přesvědčili letečtí dopravci při erupci sopky Eyjafjallajökullna Islandu v roce 2010, která přinesla omezení letecké dopravy po dobu několika dnů (Wilson & kol., 2011). Situaci v roce 2010 nijak nepomohla ani synoptická situace. Ve svižném severozápadním proudění byl popel unášen dále do Evropy. Omezení letů se tak netýkalo pouze Islandu ale i velké části západní Evropy z čehož plynuly leteckým dopravcům významné škody z ušlých zisků na jednotlivých letech.

### **3.5.4 Efekty na lodní dopravu**

Negativně ovlivněny jsou v tomto ohledu i přístavy. Obdobně jako u vozidel dochází k poškození olejových a vzduchových filtrů a tím i motorů. Padající popel znemožňuje orientaci nejen na otevřeném moři ale i v přístavech, kde je manévrování složitější. Vůbec největším problémem je ale popel plující na hladině přístavů, který může poškodit motory lodí jejich natáhnutím přes vzduchové filtry (Wilson & kol., 2011). Z tohoto důvodu při podobných událostech dochází k omezení obslužnosti přístavů.

## 4 Prostorové rozložení, frekvence hazardů, škody

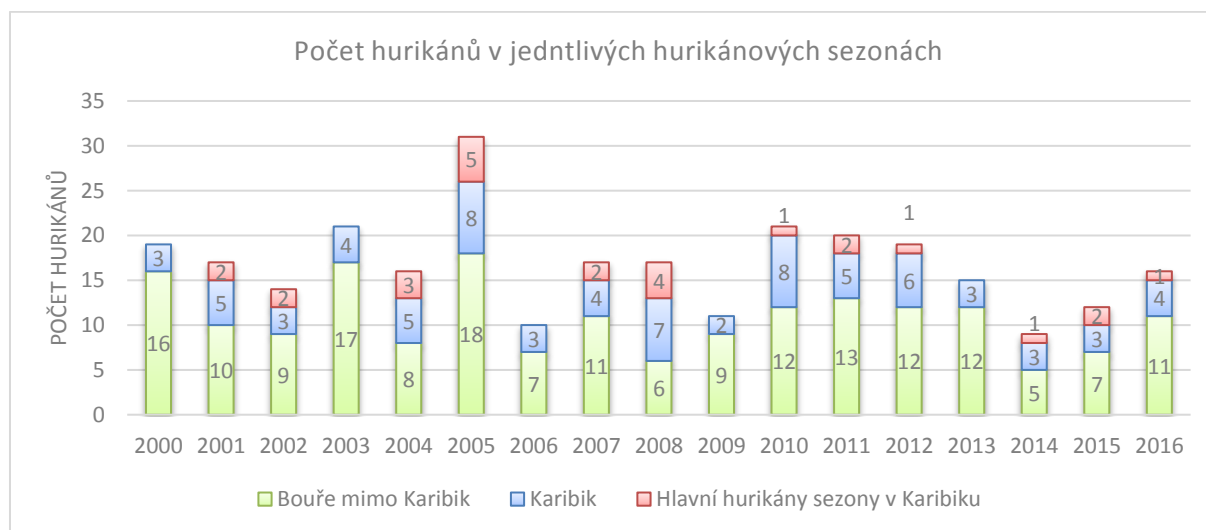
Oblast Karibiku se vyznačuje nejen širokou škálou výskytu přírodních hazardů, ale i různou četností jejich výskytu, se kterou se musí obyvatelé Karibiku vypořádat. Jednotlivé hazardy a jejich vliv na infrastrukturu a společnost byly popsány výše. Tato kapitola by se měla zabývat spíše jejich lokalizací, frekventovaností a škodám v rámci oblasti.

### 4.1 Tropické cyklony

#### 4.1.1 Frekvence tropických cyklon

Za dominantní přírodní hazard v oblasti lze jednoznačně označit tropické cyklony, které mají sezónní charakter. Průměrně se v Atlantském oceánu ročně vytvoří 12 tropických cyklon. Jejich počet může být ale v závislosti na podmínkách atmosféry jak nižší, tak podstatně vyšší (HURDAT, 2016). Ve zkoumaném období 2000 – 2016 se vytvořilo v Atlantiku 285 tropických cyklon, činní průměr 16,8 bouře na sezonu. Karibik zasáhlo 76 bouří, přičemž 26 bouří dosáhlo vývojového stádia hlavních hurikánů sezony. Mezi nejaktivnější roky se v tomhle ohledu zařadily 2003, 2005, 2010 a 2011 (NHC, 2016). V posledních letech je vidět značný útlum způsobený vlivem El Niña.

Graf č. 4: Intenzita hurikánových sezon v letech 2000 - 2016



Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z National Hurricane Center, 2017

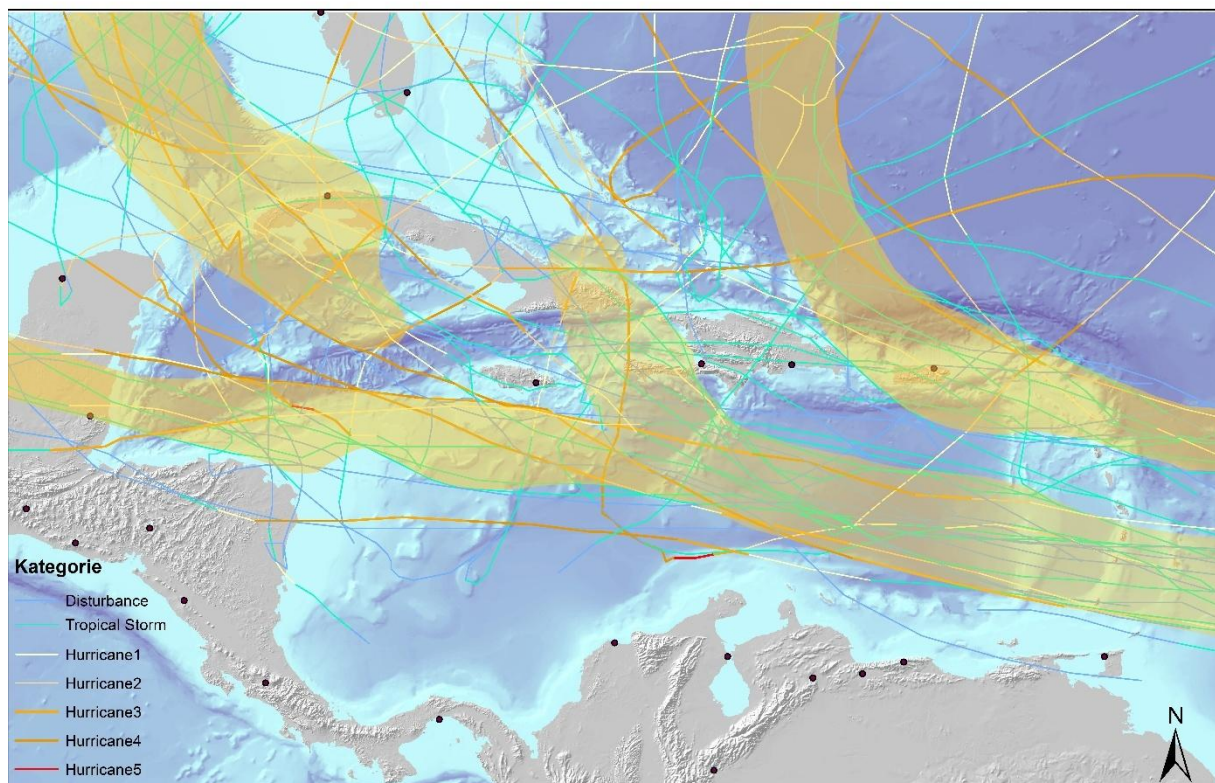
#### 4.1.2 Prostorová variabilita

V daném období průměrně Karibik zasáhlo 6 bouří za sezonu. V porovnání s celkovým průměrem počtu bouří v období se sice jedná o nižší číslo, nicméně je třeba si uvědomit, že velká část bouří nemusí vůbec zasáhnout pevninu. Prostorové rozložení postupu jednotlivých cyklon a jejich intenzita je vyobrazena na obrázku č. 3. Z mapy je patrné, že většina tropických cyklon postupuje právě přes

Karibskou oblast s vysokou pravděpodobností zásahu u některého z ostrovů. Nejfrekventovanější je v tomto ohledu souostroví malých Antil, které se stává jakýmsi nárazníkovým pásem pro přicházející bouře od Afrických břehů. Tropické cyklony zde ovšem nedosahují takového stupně rozvoje jako v oblasti dále na západ, kde dochází k intenzifikaci v teplejších vodách Karibského moře. Na frekventovanější výskyt trpí ale i ostrovy jako Jamajka, Hispanola či Kuba, kde již dosahují cyklony vyššího stupně rozvoje, s čímž se zvyšuje náchylnost vůči přírodním hazardům, které bouře přináší.

**Mapa č. 1: Trasy jednotlivých hurikánů s vyjádřením jejich frekvence, období 2000 - 2016**

### Trasy hurkánů v Karibiku v období 2000-2016



Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z National Hurricane Center, 2017

#### 4.1.3 Časová variabilita

Výskyt tropických cyklon je zpravidla omezen na období mezi květnem a listopadem, kdy dosahuje SST nejvyšších hodnot (NHC, 2016). Za hlavní hurikánovou sezonu pak bývá považováno období srpen až listopad, kdy se vyskytne nejvíce bouří. V Karibiku se v období vyskytlo celkově 76 tropických cyklon v období 2000 – 2016. Jejich časové rozložení během roku zobrazuje graf níže. Z grafu je patrné, že nejvíce bouří se vyskytlo v srpnu (38 %), dále pak v září (21 %) a říjnu (20 %). Ve třech zmíněných měsících hlavní hurikánové sezony se tak vyskytlo 79 % bouří v období 2000 - 2016.

**Graf č. 5: Časová variabilita hurikánů během sezony, období 2000 - 2016**



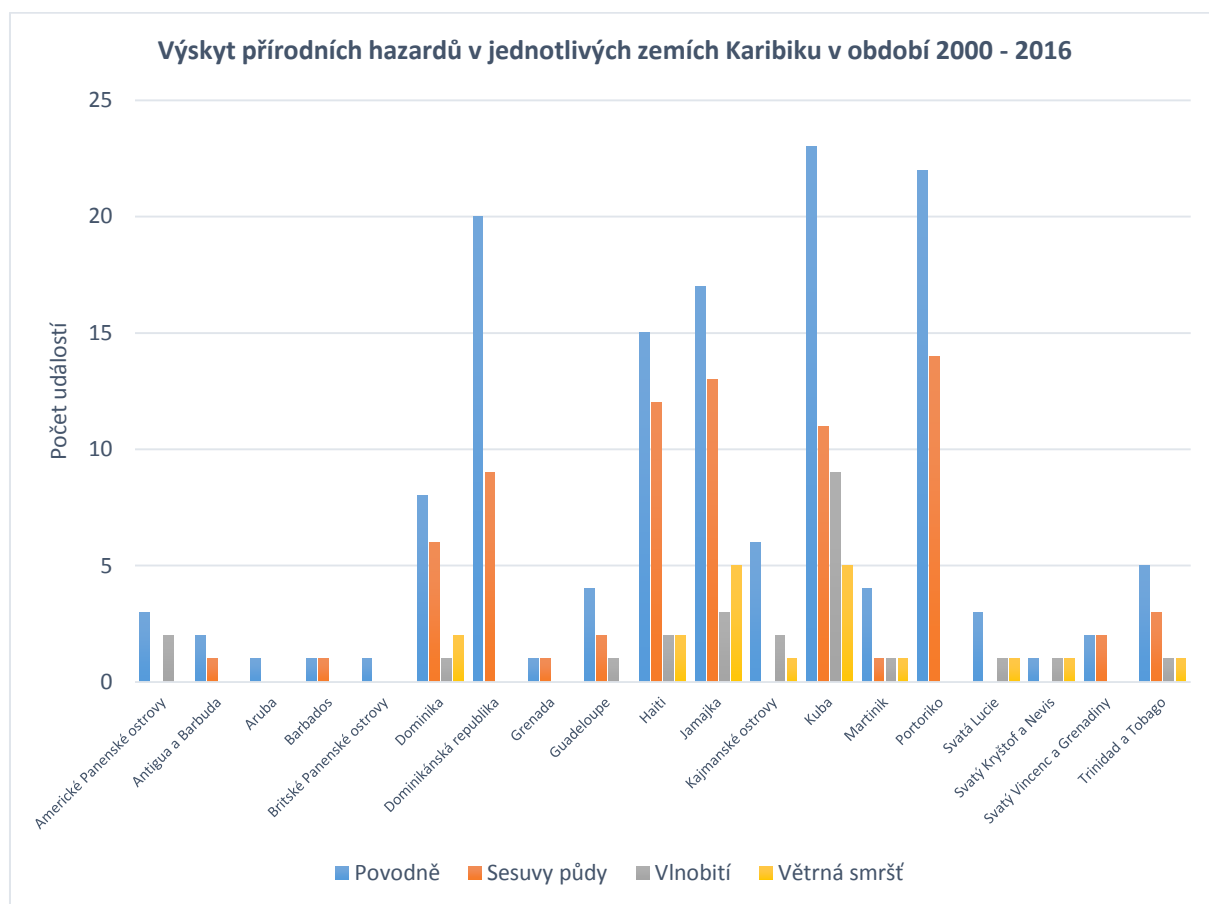
Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z National Hurricane Center, 2017

#### **4.1.4 Distribuce hazardů spojených s hurikány**

Pro detailnější zjištění distribuce hazardů v rámci Karibiku a škod způsobených na dopravní infrastruktuře byla vypracována analýza. Ve výše zmíněném období se vyskytlo 259 událostí, které měly významný dopad na dopravní infrastrukturu, ať už v lokálním nebo celostátním rozsahu. Mezi nejčastější hazardy postihující oblast patří jednoznačně povodně (56 %) a sesuvy půdy (30 %). Dominance těchto dvou hazardů je dána především stupněm rozvoje tropických cyklon, které nemusí dosahovat takové intenzity, aby působily škody jako u dalších dvou hazardů spojených s přechodem bouří. Ničivé vlnobití a významnější škody způsobené větrem přináší často až hurikány 2 a vyšší kategorie.

Prostorové rozložení odpovídá obvyklým trasám tropických cyklon s jejich intenzivnějšími projevy v západním Karibiku. Nejvíce událostí se vyskytlo na Kubě a to 48, z čehož bylo 23 povodňových událostí, 11 sesuvů půdy, 9 krát působilo škody vlnobití a 5 krát silný vítr. Pouze 5 událostem byly přisuzovány škody větrem, což lze vysvětlit nižší náchylností dopravního sektoru vůči tomuto hazardu. I přes to se nejvíce škod páchaných větrem objevilo v západní části oblasti, kde hurikány dosahují větší intenzity. Vysoký počet událostí byl zaznamenán na Jamajce (38), Portoriku (36), Haiti (31) a Dominikánské republice (29). Celkový počet událostí a jejich poměr v jednotlivých státech byl zpracován v grafu č. 6. Z grafu je dobře patrné, že nejfrekventovaněji se hazardy vyskytují v západním Karibiku, což je dáno především velikostí států v souostroví Velkých Antil, které mají potencionálně vyšší pravděpodobnost zásahu než malé státy v Malých Antilách.

**Graf č. 6: Výskyt přírodních hazardů v jednotlivých zemích Karibiku, období 2000 - 2016**



Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z National Hurricane Center, 2017

#### 4.1.5 Analýza rozsahu škod působených hurikány

Ve výše zmíněném období byl zkoumán vztah mezi rozsahem škod způsobených na dopravní infrastruktuře a stupněm rozvoje tropických cyklon. Jelikož získat komplexní informace o finančním vyjádření škod ke každé tropické bouři je téměř nemožné, byly škody kategorizovány na minimální, významné a vysoké. Výše byla odhadnuta dle rozsahu škod popisovaných v jednotlivých reportech. Z analýzy vyplývá, že nejčastěji byly škody páčány tropickými bouřemi, přičemž výše škod u tohoto stádia vývoje tropické bouře byla převážně minimální. Z celkových 30 tropických bouří způsobily vysoké škody pouze 4 tropické bouře, z nichž 3 jsou detailněji zpracovány v následující kapitole pro jejich významný dopad na infrastruktuře. Nejvyšší škody působily hlavní hurikány sezony. Z celkového počtu 20 událostí s vysokými finančními náklady spadá 15 právě na hlavní hurikány sezony.

**Tabulka č. 1: Analýza škod páchaných hurikány různé intenzity**

<b>Vztah stupně rozvoje hurikánů vs. škody</b>				
	Minimální	Významné	Vysoké	
TS	24	2	4	<b>30</b>
H1-H2	12	7	1	<b>20</b>
H3-H5	5	6	15	<b>26</b>
	<b>41</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>76</b>

Zdroj: vlastní zpracování, 2017

V analýze byl také zkoumán vztah srážkových úhrnů a stupně rozvoje tropické cyklony. Zde se povedlo získat téměř kompletní datovou sadu díky datům ze sítě HURDAT. Opět byly zvoleny 3 kategorie a to s úhrny > 400 mm, > 600 mm, > 800 mm. Celkově bylo zaznamenáno 40 událostí se srážkami > 400 mm z čehož 22 se jich vyskytlo u hlavních hurikánů sezony. Ve 3 případech spadl extrémní úhrn vyšší než 800 mm. Jednalo se o hurikány Michelle 1058 mm (2001), Nicole 940 mm (2010) a Matthew 1020 mm (2016).

**Tabulka č. 2: Analýza vztahu stupně rozvoje tropických cyklon na jejich srážkovou činnost**

<b>Vztah stupně rozvoje hurikánu a spadlých srážek</b>				
	> 400 mm	> 600 mm	> 800 mm	
TS	6	2	1	<b>9</b>
H1-H2	6	3	0	<b>9</b>
H3-H5	12	8	2	<b>22</b>
	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>40</b>

Zdroj: vlastní zpracování, 2017

K předešlé srážkové analýze byl přidán i vztah extrémních srážkových úhrnů na rozsah škod způsobených na dopravní infrastruktuře. Z analýzy je dobře patrné, že se zvyšující se extremitou srážek stoupá i rozsah škod. Při všech třech událostech se srážkovými úhrny > 800 mm byly páchany vysoké škody. U srážkových úhrnů > 400 mm to bylo při 15 z 24 událostí. Extrémní srážkové úhrny tedy zajišťují téměř jisté katastrofální následky pro infrastrukturu. Nicméně události se srážkovými úhrny >400 mm jsou podstatně frekventovanější a navíc jsou schopné potencionálně působit taktéž velký rozsah škod.



**Tabulka č. 3: Analýza dopadů extrémních srážek na rozsah škod v dopravní infrastruktuře**

<b>Vztah srážky vs. rozsah škod</b>				
	Minimální	Významné	Vysoké	
> 400	2	7	15	<b>24</b>
> 600	0	3	10	<b>13</b>
> 800	0	0	3	<b>3</b>
	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	<b>40</b>

Zdroj: vlastní zpracování, 2017

Kromě síly tropických cyklón závisí výše celkových nákladů zejména na technologickém stupni rozvoje daného státu. Ve vyspělejších státech se dochází k vyšším škodám na majetku než v chudších státech. Podobně je to i s vyjádřením škod vůči HDP daného státu.

Stejná suma škod znamená pro malý ostrovní stát významnější zásah do státního rozpočtu než u větších států. Tento případ je podrobně rozebrán na příkladu Dominiky a Jamajky, kde se celková výše škod významně nelišila. Obdobně jako charakter hazardů. Nicméně dopad na HDP byl velmi rozdílný. Jednotlivé případy dopadů tropických cyklon byly vybrány i z důvodu kombinace více přírodních hazardů, které přinášejí.

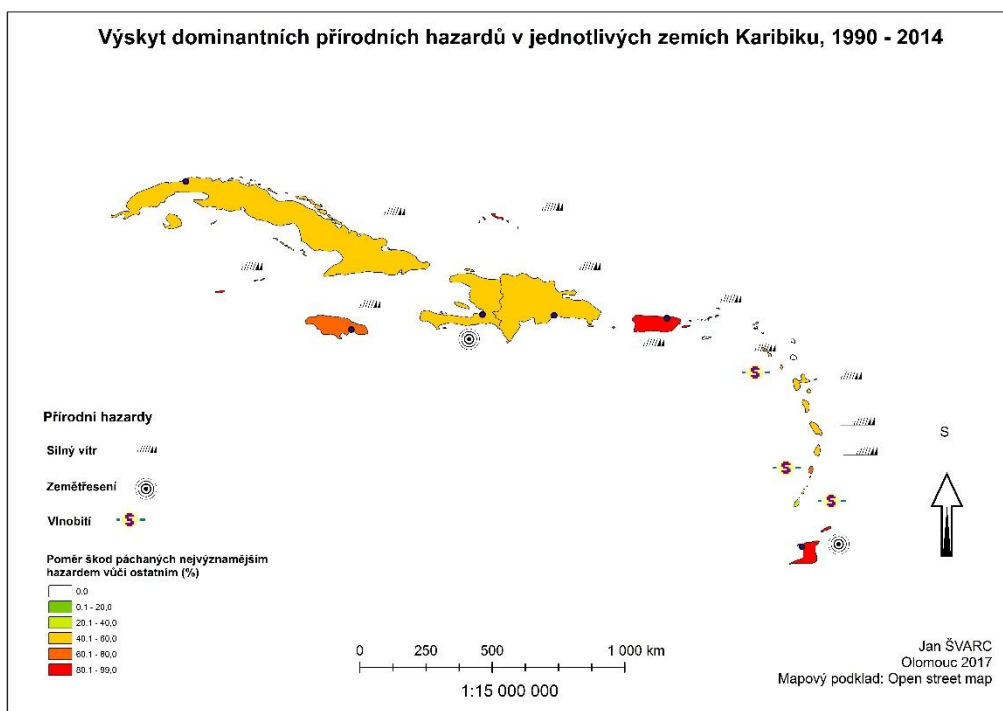
## **4.2 Zemětřesení**

Ačkoliv je karibská oblast seizmicky aktivní, nedochází k ničivým zemětřesením tak často jako k jiným klimatologickým hazardům. Jejich dopad na společnost může být ale katastrofický a to jak v ohledu obětí na životech, tak ve finančním vyjádření. Od roku 2000 se vyskytla pouze dvě významná zemětřesení a to v roce 2003 v Dominikánské republice a v roce 2010 na Haiti, kterému je věnována samostatná analýza v další kapitole (USGS, 2016). V obou případech došlo ke ztrátám lidských životů a materiálním škodám. Nicméně zemětřesení v Dominikánské republice mělo spíš lokální dopad, zatímco pro Haiti se zemětřesení stalo národní katastrofou. Vyšší frekventovanost zemětřesení se váže na jednotlivé litosférické zlomy, nebo k jednotlivým vulkánům v Malých Antilách. Tyto ostrovy žijí pod permanentním rizikem silné erupce, která může mít nedozírné následky pro celý ostrov, tak jako tomu bylo v roce 1997 v Montserratu při výbuchu místního vulkánu (MR Rudge Geography, 2017). Ačkoliv doba opakování takových událostí se odhaduje na několik stovek let, jejich dopad pro malé ostrovní státy může být zcela fatální.

### 4.3 Prostorové rozložení hazardů

Prostorové rozložení dominantních hazardů v jednotlivých zemích a jejich podíl na průměrných ročních škodách páchaných všemi hazardy je vyobrazen na mapě níže. Kromě tří dominantních hazardů vyobrazených na mapě bylo do zhodnocení zahrnuto ještě tsunami, které ale není ani na jednom z ostrovů dominantním přírodním hazardem. Průměrné roční škody naleznete v příloze č. 3. Nejvyšší roční škody jsou páchany v Portoriku a Dominikánské republice. To lze vysvětlit zejména v případě Portorika vyšším životním stylem a vyspělejšími technologiemi na ostrově, které s sebou přináší i vyšší náklady na opravy. Podobně významné škody jsou páchany na Jamajce. Vzhledem k velikosti ostrova zůstává za očekávání Kuba, kde však data mohou být zkreslená často neúplným vyčíslením škod či chybějícím reportům.

**Mapa č. 2: Výskyt dominantního hazardu v jednotlivých zemích, včetně vyjádření poměru škod vůči ostatním hazardům**



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z preventionweb.net, 2017

## 5 Významné události a jejich efekty na infrastrukturu

V rámci podrobné analýzy dopadů přírodních hazardů na dopravní infrastrukturu bylo vybráno pět událostí s významnými dopady na dopravní infrastrukturu. Čtyři z pěti událostí reprezentují přechody tropických cyklon různé intenzity od nejnižšího stádia tropické bouře až po hurikán 5. kategorie. Jednotlivé státy Jamajka, Dominika a Haiti byly voleny vzhledem k jejich rozdílnému stupni rozvoje, velikosti území i lokalizaci v rámci oblasti. Přírodní hazard zemětřesení zde zastupuje katastrofické zemětřesení z Haiti z roku 2010.

### 5.1 Hurikán Gustav, Jamajka, srpen 2008

Hurikán Gustav se stal druhým nejničivějším hurikánem sezony 2008. Hurikán zasáhl nejprve ostrov Hispanola, následně Jamajku, Kajmanské ostrovy, Kubu a Spojené státy americké. Škody způsobené hurikánem a přírodními hazardy spojenými s ním se v celkové výši vyšplhaly až na 6,6 miliard dolarů. Výše škod byla přirozeně nejvyšší na území USA z důvodu techničtější vyspělosti. Na Jamajce se škody vyšplhaly na 214 milionu dolarů. I přes to, že sezona 2008 patřila mezi ty aktivnější, Jamajku zasáhl pouze hurikán Gustav. (Beven II & Kimberlain, 2009)

#### 5.1.1 Meteorologické charakteristiky

Obdobně jako většina hlavních hurikánů sezony se Gustav řadil mezi hurikány tzv. Cape Verdiského typu. Tropická vlna postupující pomalu od Kapverdských ostrovů dále západ se dostala do teplých vod Karibského moře, kde začala velmi významně sílit a dosáhla kategorie tropické bouře, posléze i hurikánu první kategorie. Bouře přešla ostrov od jihovýchodu k severozápadu. Právě při svém postupu přes Jamajku dále k severozápadu došlo ke zpomalení postupu díky zvyšujícímu se stříhu větru a tedy i dynamice celé situace (Beven II & Kimberlain, 2009). Zpomalení postupu bouře, orografický lift místního pohoří a zesílená dynamika podpořila srážkotvorné procesy díky kterým v rámci pohoří Blue Mountains spadlo přes 500 mm v období 27. - 29. 8.2008. Nejvyšší srážkový úhrn byl zaznamenán v Mavis Bank a to 534,6 mm (Beven II & Kimberlain, 2009). Vydatné srážky v rámci celého ostrova tak způsobily rozsáhlé povodně zejména v údolích větších toků, kde byly dopady přechodu bouře nejvýznamnější. Během 3 dnů spadlo na většině území více srážek, než je průměrný srpnový úhrn. Jednu z nejvyšších odchylek od normálu zaznamenala stanice na Sangsterském mezinárodním letišti a to až 416 % na severozápadě země. Extremitu srážkových úhrnů potvrzuje i analýza výskytu vysokých srážek s dobou návratnosti mezi 10 - 25 lety na většině srážkoměrných stanic na území ostrova. Ve výjimečných případech se jednalo o úhrny srážek s dobou návratnosti téměř 50 let (Planning Institute of Jamaica, 2008).

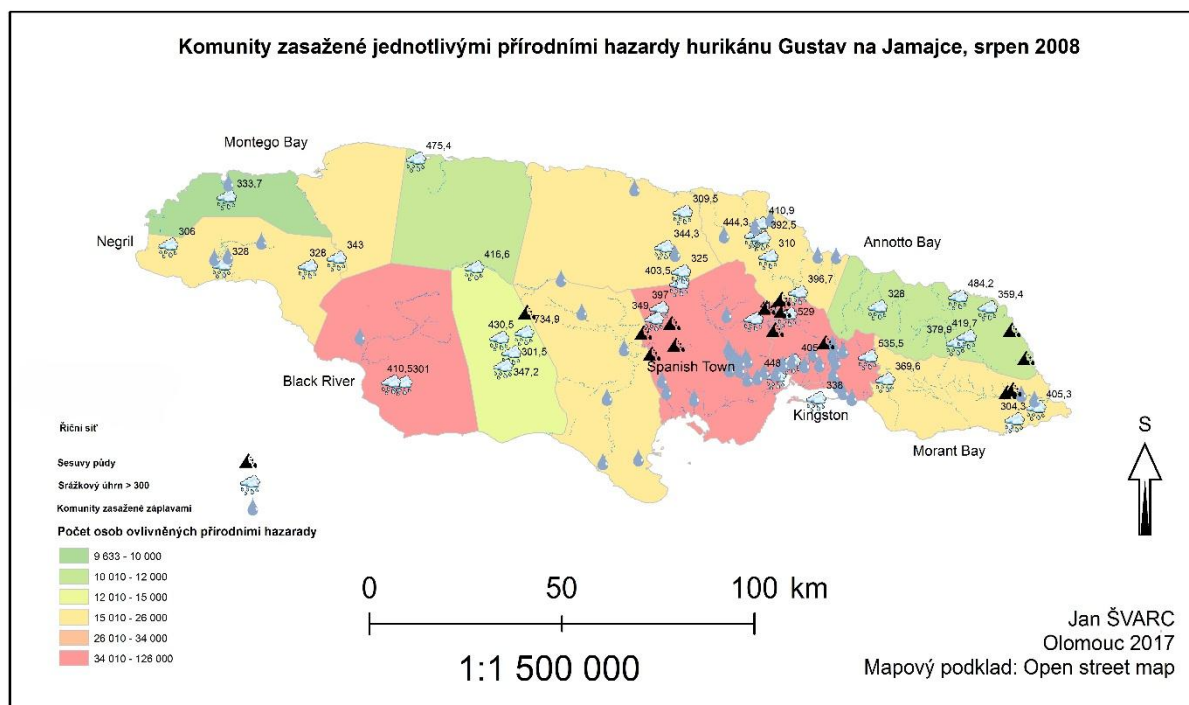
### 5.1.2 Hazardy spojené s přechodem bouře

Dominantním přírodním hazardy byly v tomhle ohledu záplavy, které jsou nejčastějším hazardem na ostrově při přechodech hurikánů obecně. Vyskytly se i četné sesuvy půdy. Ojedinelé se objevily škody způsobené vlnobitím. V zemědělském sektoru byly zaznamenány poměrně významné škody na plodinách náchylných vůči větrem, jako jsou banánovníky či kávovníky, což se dále promítlo na příjmu domácností v chudých regionech, kde je zemědělství jediným zdrojem obživy. Nicméně škody spojené s větrem nezpůsobily žádné významnější škody na dopravní infrastrukturu, takže zde nebudou hlouběji rozebírány.

Celkem bylo přímými či nepřímými dopady hazardů zasaženo 446 008 obyvatel ze 73 různých komunit (Planning Institute of Jamaica, 2008). Velká většina z nich byla zasažena záplavami způsobených vydatným deštěm. Nesilněji zasažený byl v tomhle ohledu jih a jihovýchod ostrova zejména okresy St. Andrew a Kingston, kde bylo přímo či nepřímo zasaženo 126 160 obyvatel. Povodňové stavy byly zaznamenány na velkých řekách jako Yallahs River, Morant River, Hope River či Plantain Garden River odvodňující jižní svahy Modrých hor. Komunity v povodí těchto velkých toků trpí na vysoké riziko rozlití řek a následné záplavy (Mandal, 2016).

Poměrně významná část populace byla zasažena i v okresech St. Ann, St. Mary a St. Elizabeth. V těchto okresech se počet zasažených osob pohyboval mezi 20 000 - 35 000 obyvatel v rámci jednotlivých okrsků. Nejméně osob zasažených bouří bylo přičítáno okrsku Hanover na severozápadě země, kde bylo ovlivněno téměř 10 000 osob (Planning Institute of Jamaica, 2008). Počet osob ovlivněných přírodními hazardy včetně prostorového rozložení hazardů je vyobrazen níže na mapě.

**Mapa č. 3: Prostorové rozložení hazardů spojených s přechodem hurikánu Gustav na Jamajce v roce 2008**



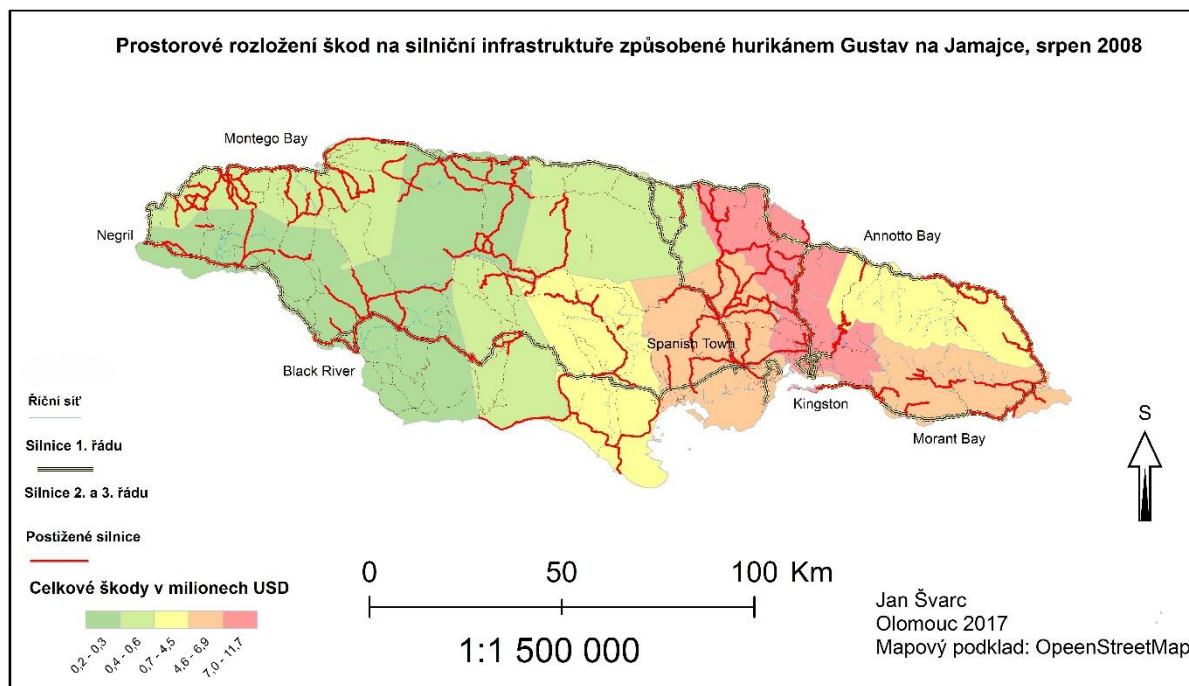
Zdroj: vlastní zpracování, 2017

Nejkritičtější situace se odehrála na dolním toku řeky Hope, odvodňující jižní svahy Modrých hor. V rámci údolí řeky Hope se odehrály dramatické záplavy, které si zejména v komunitách Tavern a Kinytre vyžádaly i oběti na lidských životech. Další komunity v povodí řeky utrpěly rozsáhlé škody na majetku. Mezi nejpostiženější v tomto ohledu patřily HarborView, Bull Bay, GordonTown, Papine, August Town a Guava Ridge. Z břehů se také vylila řeka WagWater, či Cane v okrsku St. Mary. Rozvodněná řeka Hope s sebou vzala i 3 významné mosty, které odřízly některé komunity od pozemní pomoci na několik dní (Planning Institute of Jamaica, 2008). I přes poměrně rychlé opravení mostů ale většinu z nich nemohly používat těžké nákladní automobily či plně naložené autobusy, které by významně zatěžovaly již tak oslabenou statiku narychlo opravených mostů. Škody a ušlé ztráty se netýkaly pouze dopravců, ale i samotných obyvatel, jelikož se krátily zásoby potravin a ostatního sortimentu v obchodech. Obchodníci tak neměli jak dopravit zboží do obchodů, což se promítlo v jejich ztrátách z uzavření obchodů po dobu několika dní. V okrsku St. Andrew a Kingston bylo zasaženo sesuvy půdy 9 z celkových 13 komunit. Většina z nich byla lokalizována v severní části okrsku se zvlněným reliéfem. Všechny 13 komunit bylo ještě 2. září, tedy 5 dní od přechodu hurikánu odříznuto od okolního světa a tedy i pomoci (Planning Institute of Jamaica, 2008).

### 5.1.3 Škody na infrastruktuře

Celkové škody v sektoru se vyšplhaly na 157,8 milionů dolarů, což tvoří 74 % celkových škod spojených s přechodem hurikánu Gustav (Planning Institute of Jamaica, 2008). Škody způsobené infrastruktuře byly spojené v drtivé většině se záplavami a méně často se sesuvy půdy. Nejvyšší škody byly zaznamenány v okresech St. Andrew a Kingston, St. Mary a to zejména díky poškození mostních konstrukcí, jejichž oprava vždy významně navyšuje prostředky vložené do oprav. V obou zmíněných okresech se pohybovaly škody mezi 5 - 11,7 miliony dolarů. Zejména mosty HarbourView a Westmorland ležící na důležitých dopravních tepnách si žádaly okamžitou rehabilitaci v rámci obnovení dopravní obslužnosti ostrova. Velmi důležité z hlediska dopravní obslužnosti bylo i zprovoznění silnice z BogWalk do Sligoville kterou pokrývala na mnoha úsecích silná vrstva bahna a sedimentů (Planning Institute of Jamaica, 2008). Některé pasáže této tepny spojující sever a jih ostrova byly zcela neprůjezdné i díky velkým trhlinám spojených s podmáčením podloží a jeho posunem. Vzhledem k významnosti severně jižního koridoru z Kingstonu do DrexHall si žádala oprava okamžitou pozornost. Hlavní dopravní tepna A4 obsluhující východní pobřeží ostrova byla také významně poškozena u Long Bay obdobně jako Windsdor Forest, Spur Tree, Junction main road či Newcastle main road. Všechny silnice, které byly alespoň v některém z úseku nesjízdné, naleznete na mapě níže.

**Mapa č. 4: Prostorové rozložení škod na silniční infrastruktuře při přechodu hurikánu Gustav v roce 2008**



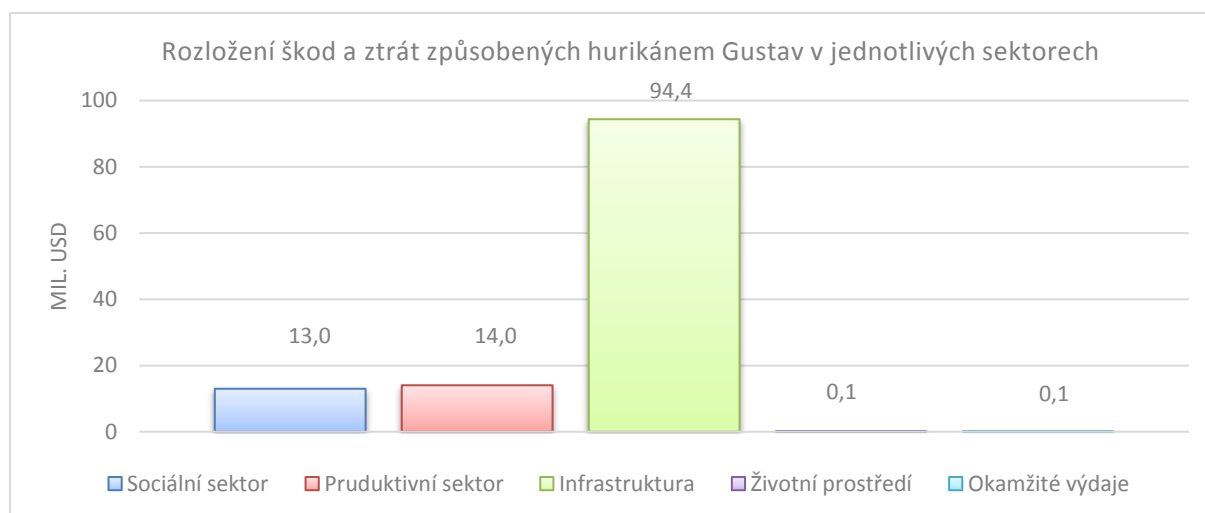
Zdroj: vlastní zpracování, 2017

Rozsáhlé a zásadní škody začala vládní agentura řešit bezprostředně po vypršení výstražných meteorologických varování. Primární pozornosti se dočkaly zejména výše zmíněné cesty, mosty a důležité dopravní tepny ostrova. K prvnímu září již bylo zprovozněno 44 % postižených cest, ačkoliv ne v plném rozsahu. Průjezdnost kyvadlovým řízením dopravy či pouze jedním pruhem však bylo zajištěno. Dalších 151 silnic bylo v některých úsecích nadále úplně či částečně nesjízdných (Planning Institute of Jamaica, 2008). Na letištích na ostrově se nevyskytly žádné významnější škody spojené s přechodem bouře, ačkoliv došlo v rámci některých letišť k omezení provozu díky silnému větru. Přímé škody spojené s poškozením majetku nebyly zaznamenány obdobně jako v přístavech.

#### 5.1.4 Ekonomické efekty

Přechod hurikánu Gustav přes Jamajku přinesl státu významné škody. Celková výše nákladů dosáhla 214 milionu dolarů, což tvoří asi 2 % HDP v daném roce. Nejvyšší podíl škod byl přisuzován dopravnímu sektoru (78 %), následně pak výrobnímu (12 %) a sociálnímu (11 %). Ačkoliv se 2 % HDP nemusí zdát jako vysoká hodnota, škody se významně projeví v ekonomice země v dalším roce. Předpovídaný růst HDP pro rok 2009 byl projektován na 2,1 %, jeho reálný odhad byl bezprostředně po katastrofě redukován na 0,7 - 1,5 %. Ve všech sektorech tak došlo k přehodnocení tempa růstu a jeho zmírnění, snad jen s výjimkou stavebního sektoru, kterému byl naopak díky škodám způsobeným přechodem bouře predikován rychlejší růst. Naopak nejhůře na tom byly služby spojené s infrastrukturou. Predikce tak poklesla ze záporných -1,2 % na -1,7 % (Planning Institute of Jamaica, 2008).

**Graf č. 7: Rozložení škod způsobených hurikánem Gustav v jednotlivých sektorech**



Zdroj: vlastní zpracování, 2017

## 5.2 Zemětřesení, Haiti, leden 2010

Haiti je jednou ze zemí s nejvyšší frekvencí přírodních hazardů v Karibiku. Ačkoliv silná zemětřesení nepatří mezi každoroční události, o to větší sílu má pak uvolnění stresu mezi litosférickými deskami, na kterých leží. Nejsilnější zemětřesení posledních desetiletí z 12. ledna 2010 dosáhlo 7,3 stupňů RichtEROVY škály. Tato událost se stala národní tragédií, která má na svědomí asi 220 000 tisíc lidských životů včetně vrcholných vládních představitelů Haiti. Celková výše škod 7,8 miliard i počet obětí je o to vyšší, že byla zasažena hustě obydlená část ostrova včetně hlavního města Port-Au-Prince (Government of the Republic of Haiti, 2010).

### 5.2.1 Geologické charakteristiky

Ostrov Hispanola je vystaven díky jeho poloze mezi Severoamerickou litosférickou a Karibskou litosférickou deskou permanentnímu riziku zemětřesení. Mezi deskami se nachází dva litosférické zlomy, ve kterých se hromadí stres ze společného tření, které mezi nimi probíhá. Na severu země se jedná o Septentrionalní zlom, který lemuje i jižní pobřeží Kuby. Na jihu se jedná o Enriquillo-Plantain Garden zlom, který byl původcem zemětřesení v roce 2010. Ostrov Hispanola si prošel v historii celou řadou silných zemětřesení. Již z koloniální doby kdy byl ostrov osídlen Francouzy, se dochovaly záznamy o silném zemětřesení v roce 1751 a 1842. Velmi silné zemětřesení se odehrálo v roce 1946 v sousední Dominikánské Republice, které dosáhlo 8,0 stupňů RichtEROVY škály. Počty na obětech se díky vlně tsunami vyšplhaly až na 1790 osob (NBCnews, 2010). Dle odborných studií publikovaných odborníky v roce 2007 a 2008, hrozilo Haiti v dohledné době reálné nebezpečí silného zemětřesení. Studie došly ke zjištění, že jižní zlom se chýlí ke konci cyklu, během kterého se akumuloval stres z tření desek po dobu 250 let. Tento nakumulovaný stres se uvolnil 12. 1.2010 v podobě zemětřesení s epicentrem 17 km jihozápadně od hlavního města Port-Au-Prince. Zemětřesení dosáhlo síly 7,3 stupně RichtEROVY škály, jeho síla však spočívala v zasažení hustě zalidněné oblasti hlavního města a dalších regionálních měst jako Jacmel, Leogane a Petit Gove (Tonolo & Boccardo, 2012). Ačkoliv naměřená hodnota 7,3 stupně nepatří mezi nejsilnější zemětřesení, jeho síla byla umocněna mělkostí. Prasklina dosahovala hloubky pouze 1,8 - 4 m a délky 65 km, což je na tak silný otřes poměrně malá hloubka, která ovšem výrazně zvýšila celkový dopad na populaci a majetek na povrchu. Ještě několik dní po nejsilnějším otřesu docházelo k následným otřesům o síle až 4,5 stupňů, které páchaly další škody. Ačkoliv bylo vydáno varování na ohrožení pobřežních oblastí vlnou tsunami, nedošlo nakonec k žádné zásadnější události spojené s tímto hazardem.

### 5.2.2 Škody na infrastruktuře

Infrastruktura Haiti se po zemětřesení musela potýkat s obrovskými škodami ať už co do počtu zdevastovaných objektů, silnic, přístavů či jejich finančnímu vyčíslení. Z celkových 7,8 miliard dolarů



se vázalo na sektor infrastruktury 6 miliard. Velké procento škod bylo vázané na škody spojené s devastací obydlí, kterých bylo poškozeno či zničeno na úroveň neobyvatelné podoby asi 250 000 (Government of the Commonwealth of Dominica, 2015). Zničeny byly i významné administrativní budovy včetně vládního paláce, odkud státní autority řídily chod země. Dopravní infrastruktura byla oproti ostatním sektorům zasažena méně bolestivě s celkovou výší škod dosahující 535 milionu dolarů, což tvoří 8,3 % celkových škod napáchaných zemětřesením. I přes to mělo poškození zejména silniční infrastruktury významný dopad v omezení přepravy zboží služeb či pomoci do postižených oblastí. Vládní a humanitární organizace se potýkaly s velkými časovými prodlevami dopravení pomoci ať už díky složitým objížďkám, či naprosté nedostupnosti oblasti (Reliefweb, 2016). Haitská silniční síť se skládá z 3572 km cest prvního až třetího řádu. Celkem bylo poškozeno přes 500 km silnic na různých úsecích v oblastech Port-Au-Prince, Jacmel, Petit Goave. Nejcitelnějším poškozením bylo poškození dopravních tepen RN2 a RN4 vedoucích z hlavního města do Leogane, kde se pak RN2 dále ubírá na Petit Goave a RN 4 dále na jih na Jacmel. Na výše zmíněných tepnách byly zemětřesením strženy 4 mostní konstrukce, které přerušily dopravní spojení mezi městy (Government of the Republic of Haiti, 2010). Na obou tepnách bylo poškozeno dohromady 70 km v různých úsecích, což při dopravní vytíženosti 1000 - 4000 aut, které průměrně hlavní silnice přepraví, znamená značnou komplikaci pro ostatní nepoškozené silnice, které pak trpí nadměrným opotřebením. Silnice na Haiti patří k jedněm z nejhorších v Karibiku v rámci kvality její sítě. Průměrně připadá na 1000 osob Haiti 0,35 km, zatímco karibský průměr činí 7,1 km na 1000 osob (Government of the Republic of Haiti, 2010). Vyjma nově rekonstruovaných hlavních dopravních koridorů chybí silnicím drenážní systém, což se pak projevuje negativně v náchylnosti k zaplavení silnic, kde se v jednotlivých terénních depresích drží voda. Silnice 2. a 3. řádu naprosto absentují jakýkoliv zpevněný povrch a stávají se tak kluzkými. Problémy jsou i s nedostatečným zabezpečením krajnic. To vše nahrává vyšší zranitelnosti vůči přírodním hazardům. K poškození vlivem rozpraskání země a přetrhání asfaltového krytu silnice došlo i v rámci hlavního města. V urbanizovaném prostředí docházelo ke zřícení zděných budov na vozovku, které tak částečně blokovaly ulice a jejich průjezdnost a to včetně četných poškození asfaltového povrchu. Kromě fyzického poškození silnic došlo i ke ztrátám v operačních režích při přepravě (Tonolo & Boccardo, 2012). Většina cest, pokud byla v sjízdná, doporučovala rychlost pouze 40 km/h.

Značné poškození zaznamenal i přístav v Port-Au-Prince. Díky destabilizaci podloží a otřesům došlo ke zřícení nákladních jeřábů do moře včetně přepravních lodních kontejnerů. Pilíře mol byly poškozeny a hrozilo jejich zřícení do moře. V přístavu došlo i k poškození cisteren a kontejnerů s palivem a ropou. Hrozil tak reálný únik kapalin do moře. Přístav se díky strukturálně těžkým narušením stal nepoužitelným po dobu, dokud nebyl plně rehabilitován. Přerušování provozu bylo vyhlášeno již 12.

ledna i na mezinárodním letišti v Port-Au-Prince. Ačkoliv nedošlo k fyzickému poškození či narušení přistávací dráhy provoz byl znemožněn díky výpadkům elektrického proudu, v jehož důsledku nemohla být runway osvětlena (Government of the Republic of Haiti, 2010). Přerušeni provozu bylo přerušeno zejména díky závažnému poškození řídicí věže, bez níž nebylo schopno letiště radiového spojení s piloty letadel. Po dobu dvou dní tak poškození znemožnilo dodávku humanitární pomoci velkými těžkými letouny (Reliefweb, 2016).

### **5.2.3 Ekonomické efekty**

Zemětřesení z ledna 2010 znamenalo pro ekonomickou situaci Haiti obrovský negativní šok. Celková výše škod přesáhla 100 % HDP země z předešlého roku. Pro Haiti zpatovatávající se z ničivé hurikánové sezony 2008, která vyšla státní rozpočet na více než 14 % HDP, to znamenalo další komplikace v nastartovaném vývoji ke zlepšení situace v nejméně rozvinuté části západní polokoule. Celkové škody se vyšplhaly na 7,8 miliard dolarů. Ekonomická situace v zemi se výrazně zhoršila. V důsledku škod způsobených zemětřesením klesl průměrný růst HDP z 3,6 % v předešlém roce na -5,5 % v roce 2010. Největší rozsah škod byl zaznamenán v sektoru infrastruktury. Škody zde tvořily téměř 40 % celkové výše, přičemž největší část škod náležela škodám způsobených na obydlí. Dopravní infrastruktura se podílela na škodách v sektoru 8,3 %. Následoval produktivní sektor zahrnující zemědělství, průmysl, turismus a finanční sektor s 28 %. Asi 16 % zaznamenal sektor environmentální a akutní výdaje na pohotovostní stav (Government of the Republic of Haiti, 2010).

## **5.3 Tropická bouře Nicole, Jamaica, září 2010**

Tropická bouře Nicole sice nedosáhla stádia hurikánu, nicméně díky její atypické organizovanosti a velmi pomalému pohybu napříč Karibikem způsobila rozsáhlé škody zejména na Jamajce. Ve velmi aktivní sezoně 2010, mimochodem 3. nejméně aktivní v historii sledování, se jednalo o jedinou cyklonu, která zasáhla Jamajku (NHC, 2016). Nutno dodat, že i přes vysoký počet cyklon vyprodukovaných Atlantským oceánem, jich většina ještě před Malými Antilami zamířila směrem k severu, takže nepáchaly žádné škody. Kromě Jamajky ještě bouře ovlivnila Kajmanské ostrovy, Kubu, Bahamy a částečně i Floridu. Škody spojené se záplavami byly mimo Jamajku minimální. Naopak na Jamajce se škody vyšplhaly na téměř 240 milionů dolarů. Mimo škody na majetku má tato bouře na svědomí 16 životů na Jamajce (Blake, 2011).

### **5.3.1 Meteorologické charakteristiky**

Na rozdíl od hurikánu Gustav tropická bouře Nicole prošla nestandardním vývojem. U silného bouřkového systému nad střední Amerikou došlo k zesílení organizovanosti systému a vytvoření monzunální tlakové níže, která při svém postupu na sever dostala charakteristiky tropické bouře,

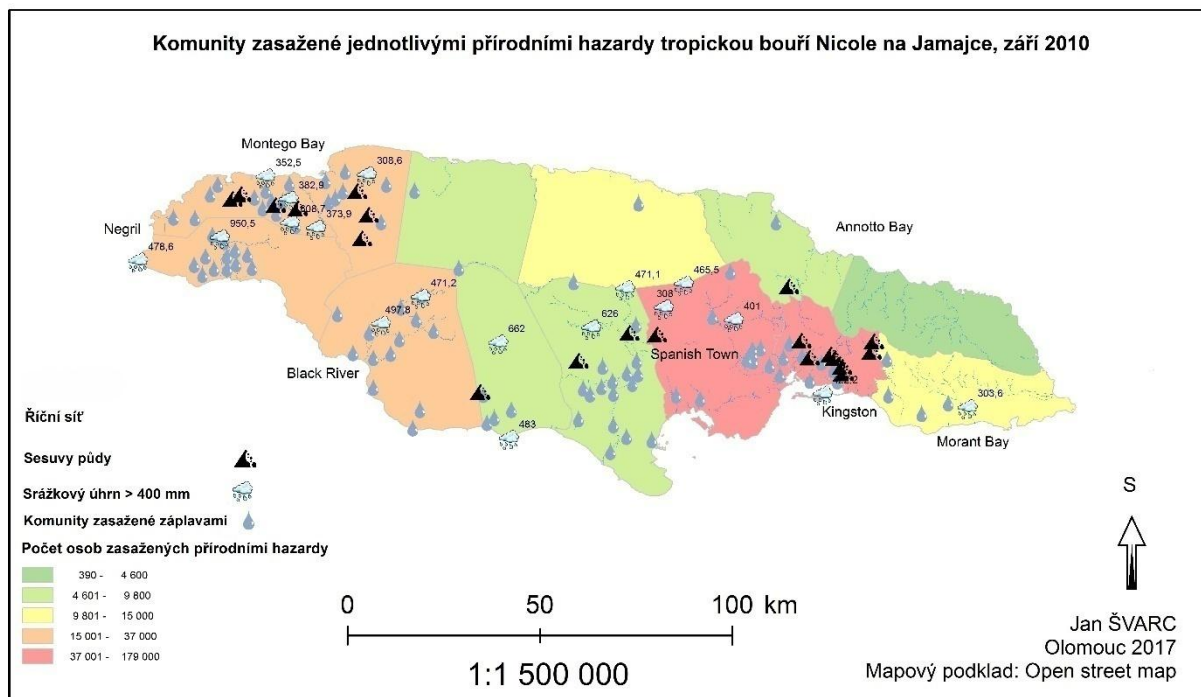
tedy rotující cyklony s uzavřenou vnitřní cirkulací (NHC, 2016). Oproti jiným tropickým bouřím, u Nicole nedošlo k zrychlení cirkulace ani pohybu směrem na sever. Velmi pomalý pohyb a srážky orograficky zesílené horskými hřebeny, tak přinesly naprosto extrémní srážkové úhrny. V období 26. - 30.9.2010 spadlo více jak 900 mm (Blake, 2011). Na velké části ostrova spadlo za období 26. - 30.9.2010 300 - 500 mm srážek, pouze na severu byly srážky nižší, mezi 50 - 150 mm. Horské masivy na východě a západě ostrova zaznamenaly přes 700 mm srážek viz. příloha č. 4. Srážková špička se pak vyskytla ve dnech 28. a 29.9.2010 kdy spadlo na exponovaných místech i přes 200 mm vody za den. Nejvyšší denní srážkový úhrn byl zaznamenán na Mount Peto v okrsku Hanover a to 307,8 mm. Za 5 dní pak sumarizace na této stanici vyšplhala na 608,7 mm. Porovnání srážek, které spadly v období 26. - 30.9. , oproti zářijovému dlouhodobému průměru je tak 272 % nad dlouhodobým průměrem. Některé exponované polohy v okrsku St. Ann dosáhly až na 453 % DP, což vypovídá o extremitě události (Planning Institute of Jamaica, 2010). Jedná se o srážkové úhrny, které zde zpravidla spadnou v období celého léta.

### **5.3.2 Hazardy spojené s přechodem bouře**

Obdobně jako u hurikánu Gustav, i v tomto případě byly nejčastějším přírodním hazardem záplavy, které dosáhly opravdu významných rozměrů. Celkem bylo záplavami přímo či nepřímo ovlivněno více než 0,5 milionu obyvatel ve 105 komunitách. Dalších 21 komunit bylo zasaženo sesuvy půdy (Planning Institute of Jamaica, 2010). Situace byla o to kritičtější, že již v předcházejícím období od 22. září na Jamajce poměrně významně přšelo z lokálních přeháněk a bouřek na každodenní bázi (Meteorological service Jamaica, 2016). Půda tak byla již poměrně dost nasycená a velmi náchylná k podmáčení a rychlému odtoku vody z krajiny, což se následně i projevilo.

Z větších řek se záplavy vyskytly na řekách Hope River, Rio Pedro, Rio Minho, Black River, Broad River, Y. S. River, Rickett's River a Great River. Pás nejpostiženější oblasti se táhl od jihovýchodu na jihozápad země, který byl zasažen nejtvrději. Nejvíce osob bylo zasaženo v okrsku St. Andrew a Kingston a to 94 609 osob. Následoval Clarendon s 46 630 osobami. Okrsky na západě a jihozápadě země zaznamenaly mezi 32 - 37 tisíci postižených přírodními hazardy. Naopak nejméně lidí bylo zasaženo v Portlandu na severovýchodě země a to pouze 390 (Planning Institute of Jamaica, 2010). Prostorové rozložení hazardů a počtu osob zasažených hazardy najdete na obrázku níže.

**Mapa č. 5: Prostorové rozložení osob zasažených přírodními hazardy na Jamajce během přechodu tropické bouře Nicole**



Zdroj: vlastní zpracování, 2017

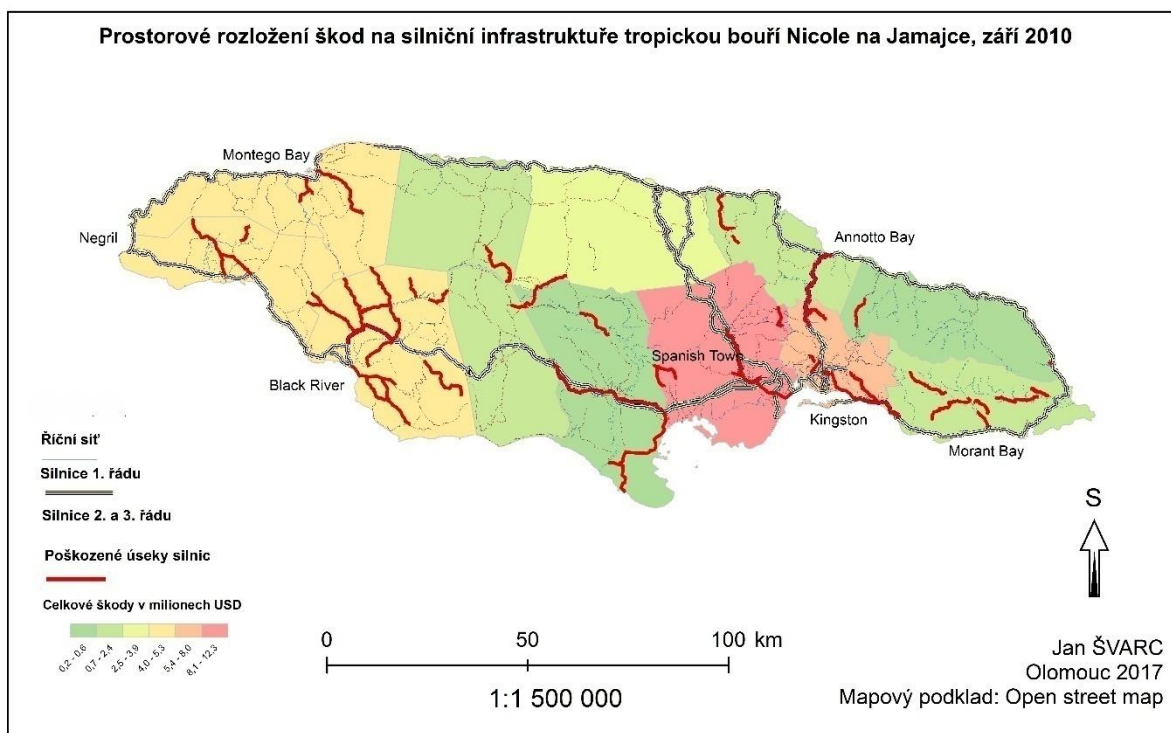
Jak již bylo zmíněno výše, srážky byly orograficky zesilovány, což mělo i významný vliv na prostorové rozložení nejpostiženějších oblastí. Nejhorší situace byla na podhůří horských hřebenů v povodí řek odvodňujících převážně jižní svahy. Sesuvy půdy byly lokalizovány ve zvlněném reliéfu a mírných až prudkých svazích, či do krasového terénu. U nejvíce zasažených komunit jako Kintyre, Tavern, Big Brige, Hope Tavern, August Town a další byl vyhlášen stav katastrofy, který měl zaručit prioritní pomoc postiženým komunitám ať už v rámci zásobování potravinami, či akutního obnovení silničního spojení s okolním světem (Planning Institute of Jamaica, 2010).

### 5.3.3 Škody na infrastruktuře

Tropická bouře Nicole zanechala větší škody, než Hurikán Gustav před dvěma lety. Celkové škody v sektoru se vyšplhaly na 205,1 milionu dolarů, což je o 47 milionů více než u výše zmíněného Gustava. Obdobně jako u předchozí události i Nicole zasáhla drtivě zejména dopravní infrastrukturu, které je přičítáno téměř 86 % veškerých škod v sektoru (Planning Institute of Jamaica, 2010). Četné záplavy a sesuvy půdy se odehrály zejména v jižní části země, což se odráží i v lokalizaci škod a ztrát na dopravní infrastruktuře. Nejvyšší škody v tomto ohledu zaznamenal okrsek St. Thomas na jihovýchodě ostrova. Okrsek je z velké části hornatý, zejména na severu, kde centrální hřeben Modrých hor dosahuje výšek přes 2000 m n. m. Řeky jako Yallahs River, Great Plateau River či Morant

River odvodňující jižní svahy pohoří přinesly povodně do níže ležících oblastí, kde páchaly škody zejména na mostních konstrukcích. Škody zde dosáhly výše 12,3 mil. dolarů. Velmi vysoké škody zaznamenaly i okrsky Portland, St. Mary a St. Andrew a Kingston, kde se rozsah škod pohyboval mezi 5 - 8 mil dolarů v rámci jednotlivých okrsků (Planning Institute of Jamaica, 2010). Prostorové rozložení škod a poškozených úseků silnic je vyobrazeno na mapě níže.

**Mapa č. 6: Prostorové rozložení škod na silniční infrastrukturu během tropické bouře Nicole**



Zdroj: vlastní zpracování, 2017

Celkově tak bylo zasaženo či poškozeno na 543 hlavních tahů v rámci země. Hlavní město taktéž nebylo ušetřeno významnějších komplikací. Sandy Gully Bridge na západě města spojující Kingston s dálnicí A1, jakožto hlavní dopravní tepnou na západ ostrova, byl poškozen. Rekonstrukce mostu a stabilizace retenčních valů se vyšplhala na 36 milionu dolarů, což tvoří značnou část celkových škod. Kromě komplikací na SandyGullybridge se potýkala s výrazným zaplavením a nánosy bahna i dálnice pokračující dále na západ země a do BogWalk spojující jih a sever ostrova. Mandela Highway tak byla na nezbytně nutnou dobu omezena na jeden jízdní pruh, což zvyšovalo podstatně časovou režii přepravy. Kritická situace panovala i v HarborView na mostě Dry River Bridge, který byl zaplaven a díky tomu i po několik dní neprůjezdný (Planning Institute of Jamaica, 2010). Opět se jednalo o most ležící na důležité dopravní tepně spojující hlavní město Kingston s východem země. V rámci oprav a obnovení obslužnosti cesty probíhalo zejména odstraňování sedimentů na zaplavených silnicích. V případě břehových nátrží a poškození valů došlo k rehabilitaci svahů, v poškozených místech i k

opravě povrchu silnice. Nejvyšší priority oprav se těšily důležité dopravní tepny Mandela Highway, A4 Highway, A1 či T1 Highway včetně poškozených mostních konstrukcí.

### **5.3.4 Ekonomické efekty**

Přechod tropické bouře Nicole byl spojen s významnými škodami zejména v sektoru infrastruktury. Celkové škody vystoupaly do výše 239,6 milionu dolarů, což tvoří 1,9 % HDP země z předešlého roku. Ačkoliv tedy celkové škody napáchané Nicole byly o téměř 26 milionů vyšší, než v případě hurikánu Gustav, jejich podíl vůči HDP v daném roce byl o 0,1 procentního bodu nižší. Z celkové výše škod, bylo odhadnuto na 94 % škod způsobených na veřejném majetku a pouze 6 % na soukromém majetku. Významně se rozsah katastrofy projevil v korekci výhledu posilování HDP, který klesl oproti původním předpokladům o 0,6 procentních bodů. Nejvyšší škody utrpěl sektor infrastruktury (88 %), sociální sektor (8 %) následovaný výrobním sektorem s necelými 4 % z celkových škod (Planning Institute of Jamaica, 2010).

## **5.4 Tropická bouře Erika, Dominika, srpen 2015**

Hurikánová sezona 2015 patřila v Karibiku k nejklidnějším vůbec. V oblasti se vyskytly pouze dvě tropické cyklony. Tropická bouře Erika postupující západní trajektorií způsobila problémy zejména v oblasti východního Karibiku. Nejednalo se o dlouho žijící bouři, i tak stihla napáchat mezi 24. - 28.8.2015 půlmiliardové škody. Erika při svém postupu zasáhla Guadeloupe, Haiti, Dominikánskou republiku, Portoriko a částečně i Floridu a Bahamské ostrovy. Nejtvrději však udeřila na Dominice, kde napáchala škody ve výši 483 milionu dolarů a způsobila 30 úmrtí. Jednalo se tak o největší katastrofu na ostrově od roku 1979, kdy byl ostrov zpusťošen hurikánem David (NHC, 2016).

### **5.4.1 Meteorologické hazardy**

Tropická bouře Erika se vyvinula z tropické vlny postupující západním Atlantikem dále do Karibské oblasti. Po celou její dobu existence bojovala s nepříznivými podmínkami panujícími v Karibiku. Jejím dalšímu rozvoji bránil především suchý vzduch a vysoký stříh větru. Předpověď vývoje na dobu delší než 12 hodin tak byla velmi komplikovaná, což značně znesnadnilo přípravu na příchod bouře (Pasch & Penny, 2016). V tomto ohledu jsou tropické bouře díky jejich slabší organizovanosti, zejména pak srážkových shluků, nebezpečnější než dobře vyvinuté hurikány. Určit oblast potencionálních dopadů je složitější než u hurikánů s vyšším stupněm rozvoje. Ačkoliv Nicole pouze prošla severně od Dominiky, byla to právě srážková jádra v jižní části systému, která ovlivnila ostrov. Svou roli při zesílení srážkové činnosti sehrál pomalý postup systému a horský hřeben ostrova. Rychlý spad intenzivních srážek a podmáčená půda v kombinaci s příkrými svahy místního pohoří pak sehrály klíčovou roli při katastrofických sesuvech půdy a záplavách. Spad srážek byl opravdu enormní. Dne

27.8.2015 mezi 1:00 - 17:00 hod. spadlo v místních horách 434 mm srážek, přičemž nejintenzivněji pršelo v období mezi 4 - 9 hod. ranní, kdy spadlo 359,7 mm (Pasch & Penny, 2016).

#### **5.4.2 Hazardy spojené s přechodem bouře**

Mezi dominantní přírodní hazardy spojené s tropickou bouří Erika, ani tak nepatřil silný vítr jako přívalem srážky, které vyvolaly okamžité povodně a četné sesuvy půdy. Topografie malého ostrova je příhodná pro tyto dva přírodní hazardy. Prudké svahy vulkanického původu, nestabilní podloží a krátké toky řek, dělají ostrov zranitelný vůči sesuvům půdy a záplavám. Dominice příliš nenahrává ani fakt, že délka toku řek na pobřeží je velmi krátká, zpravidla mezi 10 - 15 km (Jetten, 2016). Komunity na pobřeží zasáhly bleskové povodně téměř bez varování. Povodně si vyžádaly 30 lidských životů. Prudké svahy centrálního pohoří neměly šanci enormní množství srážek vstřebat a velmi rychle se podmačely, což způsobilo snížení stability těchto svahů a následně i sesuvy půdy. Sesuvy půdy lokalizované v roklich pak často přehradily cestu místním potokům či řekám. Došlo tak k akumulaci vody a po následném protržení hráze k zaplavení oblasti na dolním toku (Jetten, 2016). Ačkoliv centrum bouře přecházelo severně od ostrova, paradoxně sever ostrova zůstal částečně ušetřen těchto přírodních hazardů. Dne 29.8.2015 bylo vyhlášeno 9 oblastí s katastrofickými dopady bouře. Osm z devíti se nacházelo v jižní části ostrova. Celkově bylo přímo zasaženo 7200 obyvatel, 713 bylo evakuováno a 574 lidí se ocitlo bez domova (Government of the Commonwealth of Dominica, 2015).

#### **5.4.3 Škody na infrastruktuře**

Pro dopravní infrastrukturu Dominiky měla tropická bouře Erika katastrofální dopady. Celkové škody se v tomto sektoru vyšplhaly na 253,9 milionu dolarů, což tvoří asi 60 % celkových škod. Dominika je malý ostrov o rozloze 754 km<sup>2</sup>. Na ostrově se nachází 1512 km silnic, z čehož asi pouze polovina je zpevněná. Zbytek tvoří šotolinové a štěrkové cesty náchylné vůči srážkovým událostem. Prostorové rozložení silniční sítě je charakteristické pro malé ostrovní státy. Dominantní silnice vedoucí po pobřeží celého ostrova a pouze několik málo silnic křížující centrální pohoří v tomto případě od východu na západ ostrova. Skrze centrální pohoří vedou pouze dvě silnice a to Dr. Nicholas Liverpool Highway a Imperial Road, což značně zvyšuje riziko neprůjezdnosti ostrova v případě poškození jedné z těchto dvou silnic (Westen, 2016). Obě silnice byly v době bezprostředně po katastrofě uzavřeny díky četným sesuvům půdy. Cesta z St. Joseph byla uzavřena již několik kilometrů za městem. Obdobná situace panovala i pár kilometrů za městem Canefield na Imperial Road, kde byla silnice díky sesuvům půdy také uzavřena. Na východním pobřeží byly uzavřeny všechny tři cesty vedoucí přes centrální Dominiku na druhou stranu ostrova z měst Atkinson, Castle Bruce a Rosalie. Detailní rozložení jednotlivých sesuvů půdy a neprůjezdných sekcí silnic na ostrově naleznete v příloze č. 5. Některé komunity v centrální Dominice byly po několik dní odříznuty od pomoci distribuované skrze

silniční síť (Westen, 2016). Neprůjezdné cesty měly negativní vliv i na dostupnost lékařské péče a distribuci léků, která byla velmi složitá. Nejhorší byla situace na silnicích druhého a třetího řádu, kterým se dostalo pozornosti až jako posledním. Farmáři byli několik týdnů odříznuti od přístupu na místní trhy. Bez komplikací nebyly ani pobřežní cesty. Sesuvy půdy zablokovaly cestu mezi městy Rosalie a La Plaine. Neprůjezdná byla cesta i několik kilometrů dále na jih od La Plaine, kde došlo k mnoha sesuvům půdy, jejichž odstranění si žádalo delší čas. Neprůjezdná byla i silnice z Point Michele do Scotts Head, nejjihnějšímu cípu Dominiky. Většinu cest se povedlo zprovoznit během prvních dvou týdnů po katastrofě. Zbýlé komunikace si vyžadovaly buď náročnější opravy, nebo byly lokalizovány v odlehlých oblastech (Government of the Commonwealth of Dominica, 2015).

Tvrdě bylo zasaženo i Douglas-Charles letiště v Marigotu na východě země. Pro malý ostrovní stát se dvěma letišti šlo o tvrdý zásah do jejich turistického sektoru. Letiště bylo zaplaveno řekou Melville Hall River, která sebou přinesla i značné množství sedimentů. Na letišti kromě výpadku letů došlo k dalším škodám ve výši 15 milionu dolarů. Řeka zničila oplocení, které chrání letovou dráhu před konfrontací se zvěří. Významné škody utrpěla i elektroinstalace v budovách a operační vozidla na letišti (Government of the Commonwealth of Dominica, 2015). Navíc byla bezprostředně po katastrofě neprůjezdná cesta do města Marigot, což představovalo problém při snaze přemístění turistů do hotelů. Tropická bouře Erika s sebou nepřinesla žádné silnější vlnobití, tudíž nedošlo k významnějšímu poškození místních přístavů.

#### **5.4.4 Ekonomické efekty**

Přechod tropické bouře Erika byl pro Dominiku největší přírodní katastrofou od přechodu hurikánu David v roce 1979. Bouře je odpovědná za 30 lidských životů a celkové škody ve výši 483 milionu dolarů, což tvoří asi 90 % HDP státu. Rozsah této katastrofy pro tak malý stát je opravdu zdrcující. Nejvyšší podíl škod je připisován sektoru infrastruktury (60 %), následoval sektor bydlení (11 %), rybářský sektor, zemědělství a lesnictví, každé po 10 % (Government of the Commonwealth of Dominica, 2015). Dominika je zvyklá zotavovat se z podobných událostí, a tak byl pro rok 2016 předpokládán i přes tuto významnou katastrofu mírný růst HDP. Koneckonců Dominice patří 12. místo v žebříčku zemí ekonomicky nejzranitelnějších vůči tropickým cyklonám na světě. I přes to, že Erika zničila několikaletou práci v jednotlivých sektorech, Dominika v současné době prochází zdravým hospodářským vývojem.

### **5.5 Hurikán Matthew, Haiti, říjen 2016**

Hurikán Matthew ovlivnil při své cestě řadu států Karibiku. Dle odhadů má Matthew na svědomí na 1600 lidských životů převážně na Haiti, bohužel oficiální reporty zatím nejsou hotové. Po dlouhé době



klidnějších let, kdy se hlavní hurikány sezony oblasti vyhýbaly, dosáhl hurikán Matthew 5. nejvyšší kategorie Saffir-Simpsonovy stupnice. Jednalo se o první hurikán nejvyšší kategorie od roku 2007 v oblasti Karibiku (NHC, 2016). O síle hurikánu svědčí i několik nej, které jsou mu přisuzovány. Jednalo se o nejjihněji postupující hurikán 5. kategorie v historii. Nejničivější hurikán na severovýchodním pobřeží Floridy od roku 1898 a 9. nejničivější hurikán v Karibiku dle rozsahu škod. Ten činil v konečném součtu více než 15 miliard dolarů. Nejvyšší škody byly páčány v dráze jeho postupu, kde se nacházelo Haiti, Kuba, Dominikánská republika, Jamajka, Bahamy a Spojené státy americké. Vůbec nejvyšší škody byly způsobeny v USA. Odhady hovoří o 5,5 - 7,5 miliardách dolarů. Dále pak na Kubě 2,6 miliard dolarů a na Haiti 1,9 miliard dolarů (NHC, 2016).

### 5.5.1 Meteorologické hazardy

V případě hurikánu Matthew se jednalo o dlouho žijící hurikán tzv. Cape-Verdského typu. Tropická vlna postupující ze západní Afriky přes celý Atlantik západním směrem, začala intenzifikaci ve velmi teplých vodách východního Karibiku. Teplota vody přesahovala teplotu 30°C (Coastal Ocean Observation Laboratory, 2016). Spolu s ostatními podmínkami a předpoklady pro vznik silného hurikánu sehrála vysoká SST klíčovou roli v intenzifikaci hurikánu. Během pouhých 24 hodin došlo k vývoji bouře z kategorie H1 až na kategorii H5. Také vítr zesílil z 74 km/h až na 260 km/h. Dráha cyklony byla po celou dobu ovlivňovaná hřebenem tlakové výše nad Atlantikem, který ji nedovolil postupovat směrem k severu a nadále ji tlačil do Karibského moře (NHC, 2016). Matthew udeřil na Haiti jako hurikán 4. kategorie na Tiburonském poloostrově. Jednalo se o první hurikán od hurikánu Cleo v roce 1964, který přinesl na ostrov rychlosti větru vyšší než 230 km/h. V tomto ohledu byl nejsilněji zasažen jihozápad ostrova, tedy především provincie Sud, Grande Anse a Quest. Větru o rychlostech vyšších 119 km/h bylo vystaveno více než 1 milion osob (The Assessment Capacities Project, 2016). Dopady silného větru na domy byly enormní. Navíc se jednalo o oblast, která byla zasažena výskytem cholery z předešlého zemětřesení v roce 2010, což v regionu ještě více zkomplikovalo situaci. Silný vítr ničil nejen domy, ale připravil většinu obyvatel provincie Grande Anse a Sud o úrodu. Hurikán s sebou přinesl i silné vlnobití, které bičovalo zejména jižní pobřeží státu. V provincii Sud dosahovalo výšky až 10 m a zaplavilo 11 komunit (The Assessment Capacities Project, 2016). Vlnobití se podepsalo i na stavu infrastruktury na pobřeží, která byla zejména v bezprostřední blízkosti moře značně poškozená. S přechodem hurikánu přes ostrov byla také spojená významná srážková činnost. Nejvíce srážek spadlo na jižním návětří masivu de la Hotte, který dosahuje výšek přes 2 km. Výška pohoří je tak dostatečná k zpomalení proudění a jeho pomalému stoupání přes masiv, což následně zefektivňuje srážkotvorné procesy. Na návětří hor tak spadlo během 2. - 5. 10. celkem 750 - 1020 mm. I v podhůří spadlo většinou 300 - 500 mm srážek (Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology, 2016). Řeky odvodňující Tiburonský poloostrov začaly

velmi rychle stoupat a vylévat se z břehů. Jihozápadní část země byla postižena také četnými sesuvy půdy, na které je Haiti díky nízké úrovni zalesnění extrémně náchylné. Úroveň zalesnění se tu pohybuje kolem 3% na území celého státu. Scházející vegetační kryt tak v případě jakékoliv významnější srážkové události chybí jako ochrana před rychlým přesycením půdy a odtokem srážkové vody po povrchu. Sever ostrova zejména oblast Cape-Haitien a východně od ní nebyla zasažena vůbec. (Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology, 2016).

### **5.5.2 Hazardy spojené s přechodem bouře**

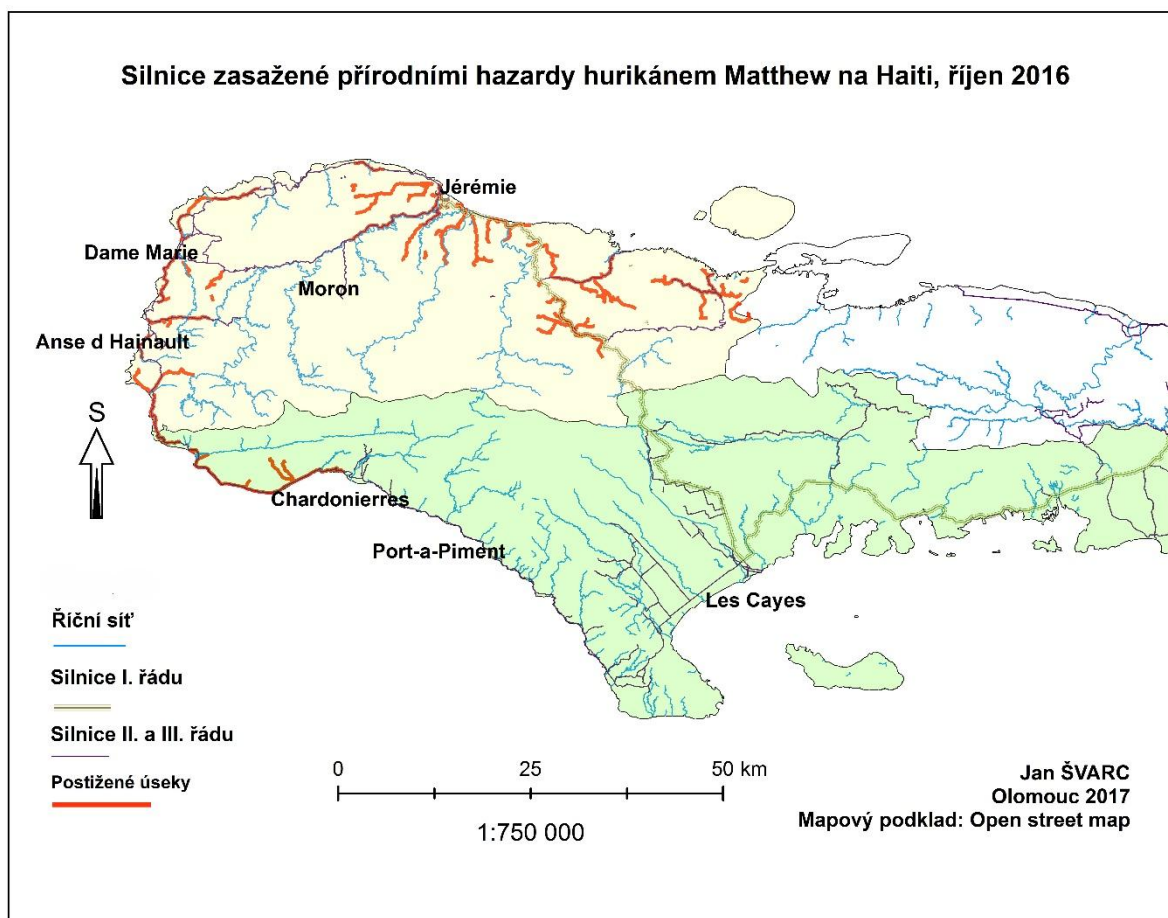
Hurikán Matthew přinesl komplexní ohrožení obyvatelstva skrze všechny přírodní hazardy, které jsou s tropickými bouřemi spojené. Od přívalových povodní, přes sesuvy, půdy až po vysoké vlnobití spojené se záplavami a škodami v přístavních městech. Narozdíl od předešlých událostí na Jamajce a Dominice byli obyvatelé Haiti vystaveni velmi silnému větru o rychlostech až 230 km/h, který zdevastoval většinu zbývajících stromů na poloostrově. Větretem o rychlostech 120 km/h a více bylo zasaženo jen v provincii Sud 593 567 lidí. Následovala provincie Grande Anse 472 788 a s odstupem Nippes s 58 647 obyvatel postiženými extrémně silným větrem (The Assessment Capacities Project, 2016). Větrná smršť poškodila 200 000 domů, z čehož 90 % poničených domů bylo lokalizováno na jižním pobřeží ostrova. Se silným větrem během hurikánových epizod se pojí i vzednutí hladiny a následné vlnobití, které bylo nejsilnější na jihu a západě poloostrova. Výška vlnobití v Les Cayes dosahovala 10 m, což způsobilo rozsáhlé záplavy spojené s tímto přírodním hazardem. Dle prvních odhadů bylo poškozeno vlnobitím či zaplaveno v Les Cayes 70 - 80 % všech domů, přičemž výška vody dosahovala do výšky až do výšky 1 metru. Podobně tvrdě byli zasaženi i Bariadelle na západním pobřeží a Petite Rivière na severním pobřeží poloostrova (Humanity Road, 2016). Po opadnutí vody se navíc ukázalo, že v domech a na ulicích zůstaly jak sedimenty, tak písek přenesený silným vlnobitím z moře. Extrémní srážkové úhrny na masivu de la Hotte navíc přinesly rozsáhlé povodně. Vzhledem k tomu, že se vysoké srážkové úhrny vyskytly na celém poloostrově, došlo k rozlití téměř všech řek a potoků. Místní topografie hraje poměrně významnou roli k náchylnosti vůči záplavám, zejména severní oblasti provincie Nippes jsou vystaveny vysokému hazardu záplav. Poměrně velká záplavová zóna se nachází i v nivě řeky Ravine de Sud v které leží město Les Cayes (World Food Programme, 2016). Obě exponované oblasti byly vystaveny povodním i v případě hurikánu Matthew. Intenzita srážek byla ale tak vysoká, že došlo k záplavám i na místech, které nejsou jinak vystaveny tak vysokému riziku jako zmiňované oblasti. Při stékání vody na pobřeží došlo k zaplavení polí s hospodářskými plodinami a úhynu plodin. Kromě rizika povodní je celý poloostrov náchylný k erozi půdy a s tím spojenými sesuvy půdy (The Assessment Capacities Project, 2016). Jak již bylo zmíněno výše, je to dáno zejména nízkým procentem vegetačního krytu a odlesněním území. Vysoká inklinace k erozi půdy má vliv i na odtokové kapacity místních řek, které se při srážkových epizodách mění v

bahnité řeky. Na vysoký podíl sedimentů transportovaných řekou má přímý vliv právě vysoká náchylnost půdy k erozi. Řeky vylité z břehů pak zanechávají velké množství sedimentů na polích a dopravní infrastrukturu či v případě povodní i v jednotlivých vesnicích, což zvyšuje celkové náklady.

### **5.5.3 Škody na infrastruktuře**

Škody na dopravní infrastrukturu byly nejvyšší na západě země. Infrastruktura na východě a severu země zůstala působení hurikánu ušetřena až na výluky v letecké dopravě. Celkový rozsah škod souvisejících s infrastrukturou zatím nebyl stanoven ani vládou Haiti, ani světovou bankou či jinými organizacemi zabývajícími se posuzováním škod. Většina škod je přisuzována záplavám a sesuvům půd, které zablokovaly velkou část silniční sítě na poloostrově. Pro celý poloostrov se stalo kritickým momentem stržením mostu v Petit Goave, kterým byl zbytek poloostrova odříznut od jakékoliv pomoci a komunikace. Stržení mobilních vysílačů znemožnilo radiovou komunikaci s oblastí. Vláda v hlavním města tak nebyla schopna po několik dní navázat kontakt s nejkritičtější zasaženou oblastí země (Reliefweb, 2016). Hlavní dopravní tepna Road National 2 směřující z Port-Au-Prince na západ, byla na několika místech neprůjezdná díky záplavám a sesuvům půdy. I druhá varianta spojení se západem přes přístavní město Jacmel v provincii Sud Est byla znemožněna četnými sesuvy půdy. Navíc obslužnost celé silniční sítě v rámci poloostrova byla výrazně ochromena, jelikož četnost poškození či zablokování cest proběhlo v některých případech i několikrát v rámci 10 km úseku silnice. Nejkomplikovanější byla rekonstrukce či zprovoznění provizorních mostů, které by alespoň částečně umožnily přesun pomoci do zasažených oblastí. Kromě mostu v Petit Goave byl provoz na RN 2 přerušen i mezi městy Saint Michel de Sud a Les Cayes (UNITAR, 2016). Kritická situace výrazně znesnadňovala transport, jak vládní pomoci tak pomoci humanitárních organizací zůstávajících na ostrově od zemětřesení v roce 2010. Sesuvy půdy zablokovaly i silnici mezi Tiburonem a Los Anglais. Postižené úseky silnic v provinciích Grande Anse a Sud přírodními hazardy jsou vyobrazeny na mapě níže.

Mapa č. 7: Nesjízdné úseky silnic v provinciích Grande Anse a Sud po přechodu hurikánu Matthew



Zdroj: vlastní zpracování, 2017

Celkově bylo zaznamenáno v provinciích Sud a Grand Anse 508 úseků přerušovaných z důvodu poškození silnice či její neprůjezdnosti, z důvodu zaplavení nebo sesuvu půdy. Nejvíce poškozených úseků bylo lokalizováno v provincii Grand Anse 383, dalších 95 v provincii Sud, zbývajících 30 úseků připadá na provincii Nippes (UNITAR, 2016). Nicméně je třeba podotknout, že analýza byla provedena z předběžných dat a odhadů, celkový počet postižených silnic může být ještě vyšší. Z mapy je však patrné, že velká část silniční sítě obou provincií byla ochromena. Primární pomoc byla směřována na zprůjezdnění dopravních tepen RN 2 a RN 7 zejména mostů poničených záplavami. Obě cesty působí jakožto páteř silniční sítě poloostrova a měly by tak urychlit přepravu pomoci do postižených oblastí.

Mimo silniční síť, na které byly napáchány největší škody, byl omezen i letecký provoz na letištích v Port-Au-Prince a Cape Haitian od pondělí 3.10. do středy 5.10.2016 (Reliefweb, 2016). Škody spojené s tímto přerušením v důsledku silného větru, při kterém by nemohla být zajištěna bezpečnost přistávajícím letadlům, nebyly zatím vyčísleny. Vysoké vlnobití páchalo škody i na přístavech. Vyskytly

se škody spojené s odplavením vybavení doků, rybářských sítí či menších a středních plavidel, která byla poškozena vlnobitím.

#### **5.5.4 Ekonomické efekty**

Hurikán Matthew zasel další kritickou ránu jak mezi obyvatele ostrovního Haiti, tak do veřejného rozpočtu již tak sužované výdaji na rehabilitaci po zemětřesení v roce 2010 a následné cholerové epidemii. Celkové škody se vyšplhaly na 1,9 miliard dolarů, což tvoří 11,4 % HDP země z roku 2015 (Business Insider, 2016). Porovnáme-li škody způsobené hurikánem Matthew se škodami působenými hurikány v sezoně 2008, Ike, Fay, Gustav a Hanna, zmíněné 4 hurikány napáchaly škody v přepočtu za 14 % HDP státu. I z tohoto porovnání jde jasně poznat, jak silný dopad měl Matthew páchající škody převážně na Tiburonském poloostrově. Hrubý domácí produkt země tak i v roce 2016 zůstal pod očekáváním, kdy mu byl původně předpovídán růst o 2 %. Reálný výsledek díky suchu v první půli roku a hurikánu Matthew dosáhl pouze 1,4 % (Trade Economics, 2016). Růst hrubého domácí produktu tak od roku 2011 neustále klesá. Vývoj růstu HDP pro roky 2007 – 2016 naleznete v příloze č. 6.

## 6 Vyhodnocení škod páchaných přírodními hazardy ve vybraných událostech

Na výše zmíněných pěti událostech v různých oblastech byl analyzován rozsah škod působených přírodními hazardy. Ve čtyřech z pěti událostí páchaly škody tropické bouře, v jednom z nich ničivé zemětřesení. Přejechy tropických cyklon na sebe vážou celou řadu sekundárních hazardů jako povodně, sesuvy půdy, přívalové deště, vzdušné hladiny, vlnobití či větrné smrště, což bylo i jedním z důvodů jejich upřednostnění před jednotlivými hazardy. Zemětřesení na Haiti v lednu 2010 bylo vybráno z důvodu rozsahu škod.

Do podrobné analýzy událostí byly zahrnuty tři ostrovní státy různé velikosti, lokalizace v rámci oblasti a stupně vývoje. Jejich charakteristiky jsou uvedeny v tabulce níže.

**Tabulka č. 4: Vybrané charakteristiky zájmových zemí pro analýzu dopadů škod na dopravní infrastrukturu**

	Dominika	Haiti	Jamajka
Počet obyvatel	73 757	10 485 800	2 970 340
Rozloha (km <sup>2</sup> )	754	27 750	10 991
HDP 2016 (v mld.USD)	0,5	8,3	13,8
HDP na osobu v PPP (USD)	11 484	1 784	8 974
Silniční síť (km)	1 512	4 266	22 121
Zpevněné silnice (%)	50	18	73
Letiště	2	14	28
Letiště - Zpevněné dráhy	2	4	11

Zdroj: vlastní zpracování dle dat převzatých z IFM, WB, CIA Factbook, 2017

Největší, ale zároveň nejchudší stát s HDP 1784 dolarů na osobu je Haiti. Haiti se potýká se závažnými strukturálními problémy. Stále se jedná o nejchudší zemi na západní polokouli. Silniční síť tvoří 4266 km silnic prvního, až třetího řádu z čehož pouze 18 % cest disponuje zpevněným povrchem. Na Haiti připadá v průměru 0,35 km silnic na 1000 obyvatel, což je stále nejhorší výsledek ze všech karibských ostrovů, kde průměr činí 7,1 km (Government of the Republic of Haiti, 2010). Dopravní infrastruktura je podfinancovaná stejně jako technologie používané při opravách či výstavbě nových cest jsou zastaralé. Cestám chybí drenážní systémy k jejich odvodňování a pevný povrch, což významně snižuje sjízdnost v období dešťů. Ačkoliv v posledních letech Haiti zažívalo spíše klidnější hurikánové sezony, v roce 2010 bylo postiženo ničivým zemětřesením a na podzim roku 2016 jedním z nejsilnějších hurikánů v karibské historii. Tyto události poukázaly na slabá místa v dopravní infrastruktuře. Zejména mosty na hlavních tazích z Port-Au-Prince do Petit Goave a Jacmelu byly v obou případech strženy, což na několik dní zkomplikovalo dopravu pomoci. Obě události poukázaly na důležitost

dopravních tahů RN2, RN4 a RN7 v případě distribuce pomoci. V případě zemětřesení v lednu 2010 byla většina škod lokalizována v rozsahu asi 35 km od epicentra zemětřesení, které se nalézalo 17 km jihozápadně od hlavního města. V případě hurikánu Matthew byl zasažen celý Tiburonský poloostrov. V obou případech byl ostrov zasažen pouze částečně. Přesto se škody vyšplhaly do výše 1,9 respektive 7,8 miliard dolarů. V případě zemětřesení v roce 2010 výše škod přesáhla 100 % HDP státu vytvořeného v daném roce (Government of the Republic of Haiti, 2010). Vzhledem k tomu, že v obou případech došlo k zasažení hustě osídlených oblastí, vyžádaly si obě události vysoký počet obětí. Při obou událostech byl znemožněn přesun pomoci skrze silnici v důsledku kolapsu několika mostů na hlavních tazích. Ačkoliv byly škody způsobené zemětřesením značné, dopravnímu sektoru bylo přiřazeno pouze 8,3 % celkových škod. Výše škod způsobených v dopravním sektoru byla odhadnuta na 535 milionů dolarů (Government of the Republic of Haiti, 2010). Škody spojené s přechodem hurikánu Matthew v jednotlivých sektorech ekonomiky státu zatím nebyly žádným oficiálním zdrojem odhadnuty. Jako protipól Haiti byla vybrána ekonomicky rozvinutější Jamajka, která má v oblasti jednu z nejrozvinutějších silničních sítí. Jamajka disponuje 22 121 km silnic z čehož 73 % cest je pokryto asfaltovým povrchem (Central Intelligence Agency, 2017). Obdobně jako na Haiti se několik úseků stěžejních dopravních tepen nachází v oblastech exponovaných vůči přírodním hazardům, zejména záplavám a sesuvům půdy. Jamajku zasáhly v letech 2008 a 2010 dvě významné tropické bouře, které přinesly rozsáhlé záplavy a sesuvy půd. Všechny hazardy spojené s jednotlivými událostmi včetně lokalizace v rámci území a osob zasažených hazardy naleznete v tabulce níže.

**Tabulka č. 5: Srovnání všech událostí vybraných pro analýzu**

	Počet zasažených osob	Počet obětí	Celkové škody (v mil. USD)	Zasažená oblast	Hazardy	Maximální srážkový úhrn (mm)	Omezení distribuce pomoci
H Gustav Jamajka	446 008	20	214	Celý ostrov	Sesuvy půdy, povodně, přívalové srážky	534,6	Ano
Zemětřesení Haiti	1 500 000	220 000	7 804	Oblast Port-Au-Prince, Jacmel, Petit Goave	Zemětřesení, sesuvy půdy	7,3 RŠ	Ano
TS Nicole Jamajka	500 000	16	240	Jih + západ ostrova	Sesuvy půdy, povodně, přívalové srážky	952,0	Ano
TS Erika Dominika	73 757	30	483	Celý ostrov	Sesuvy půdy, povodně, přívalové srážky	434,0	Ano
H Matthew Haiti	1 125 002	1 600	1 890	Tiburonský poloostrov	Sesuvy půdy, povodně, přívalové srážky, vlnobití, větrná smršť	1 020,0	Ano

Zdroj: vlastní zpracování, 2017

Škody způsobené na infrastruktuře se vyšplhaly na 158 respektive 205 milionů dolarů. Částky tvoří v obou případech asi 2 % HDP země v daném roce. V obou případech bylo způsobeno 75 – 85 % škod v dopravním sektoru. (Planning Institute of Jamaica, 2008). Škody se odehrály v drtivé většině v rámci silniční sítě, jelikož tropické cyklony nedoprovázely silný vítr, který by působil komplikace v letecké dopravě či páchal škody v přístavech. Stržené mostní konstrukce komplikovaly distribuci pomoci, nicméně k jejich částečnému zprovoznění došlo vždy v rámci několika dní. Nejvyšší prioritu měly hlavní dopravní tepny země včetně důležitých mostů. Celkový rozsah škod v obou případech přesáhl 200 milionů dolarů, což mělo za následek zpomalení růstu HDP v následujícím období o 1,1 % v případě hurikánu Gustav a o 0,6 % HDP u tropické bouře Nicole v roce 2010 (Planning Institute of Jamaica, 2010). Vývoj ročního přírůstku všech tří států v období 2007 – 2016 naleznete v příloze č.7.

Jako zástupce malých ostrovních států byla vybrána Dominika. Ostrov má rozlohu 754 km<sup>2</sup> s dominantním horským masivem ve středu ostrova. Hrubý domácí produkt v paritě kupní síly pro rok 2016 činil 11 484 dolarů. (IMF, 2017). V rámci oblasti se jedná o poměrně dobře rozvinutý ostrov profitující zejména na turistickém ruchu. Pro Dominiku jakožto malý ostrovní stát je charakteristická malá dopravní síť, která zahrnuje 1512 km silnic, z čehož 50 % lze považovat za zpevněné. Na ostrově se nachází dvě letiště. Obě s vyasfaltovanou pevnou přistávací dráhou. Obě letiště v Rosseau a Marigotu jsou klíčová pro turistický ruch země. Silniční síť má typický charakteru malých ostrovních států s dominantní hlavní tepnou při pobřeží ostrova. Ostrov kříží přes jeho centrální část pouze 2 silnice. Obsluhovatelnost ostrova v případě uzavření jedné či obou silnic výrazně klesá. Při přechodu tropické bouře Erika došlo k četným sesuvům půdy, které postihly celou jižní část ostrova. Velké komplikace nastaly na dvou zmíněných silnicích křížující ostrov, což podstatně zkomplikovalo distribuci pomoci do zasažených oblastí. Významné škody byly napáchány i na letišti v Marigotu. Nicméně k události došlo mimo hlavní turistickou sezonu, tudíž nedošlo k významnějším ztrátám v sektoru turistického ruchu. Celkové škody dosáhly výše 483 milionu dolarů. V rámci malé ekonomiky státu tvořily škody 90 % HDP v daném roce, což se negativně projevilo i růstu HDP (Pasch & Penny, 2016). Zatímco v roce 2014 činil meziroční přírůstek HDP 4,2 % (IMF, 2017). V roce 2015 se jednalo výrazný pokles na -1,2 % HDP, tedy o 5,4 % v rámci daného roku. Většina škod, 253,9 milionů (60 %) byla lokalizována v infrastrukturním sektoru, což bylo dáno charakterem přírodních hazardů vyskytujících se při přechodu tropické bouře. Jednalo se především o sesuvy půdy a povodně. Bezprostředně po události byla přijata nápravná opatření s prioritou v nejpostiženějších oblastech. Bylo vyhlášeno 9 zón s katastrofickými dopady, kterým byla prioritně distribuována pomoc.

Ve všech zmíněných případech došlo k významným dopadům na dopravní infrastrukturu. Vyjma zemětřesení na Haiti, kde byly největší škody přisuzovány sektoru bydlení, se ve všech událostech pohyboval rozsah škod v dopravní infrastruktuře mezi 60 - 85 % z celkových nákladů. Dopravní



infrastruktura Haiti byla při zemětřesení v roce 2010 významně ochromena, nicméně celkový součet škod nebyl tak vysoký jako v ostatních sektorech. Vyčíslení škod včetně jejich zastoupení v dopravním sektoru naleznete v tabulce níže. V tabulce je vyjádřen i procentuelní poměr vůči celkovým škodám.

**Tabulka č. 6: Srovnání škod páchaných na dopravní infrastrukturu**

	Rok	Celkové škody (v mil. USD)	Škody v dopravním sektoru (%)	Škody v dopravním sektoru (v mil. USD)	Vyjádření škod vůči HDP (%)
H Gustav Jamajka	2008	214,0	73,7	157,8	2
TS Nicole Jamajka	2010	239,6	85,6	205,1	1,9
Zemětřesení Haiti	2010	7804,0	8,3	535,0	100
TS Erika Dominika	2015	483,0	60,0	253,9	90
H Matthew Haiti	2016	1890,0	Chybí data	Chybí data	11,4

Zdroj: vlastní zpracování, 2017

## 7 Závěr

Karibik patří mezi oblasti s vysokým výskytem přírodních hazardů a bývá každoročně zasahována rozličnými hazardy s různou četností v závislosti na geografické poloze či meteorologických podmínkách. Navíc je celá oblast seizmicky velmi aktivní. Vysoká četnost hazardů ovlivňuje společnost a zpomaluje rozvoj jednotlivých zemí, včetně sektoru dopravní infrastruktury, který se nachází ve velmi špatné kondici. Pouze 60 % cest disponuje zpevněným povrchem. Jak ukázalo srovnání s jihovýchodní Asií, Karibik si nechal tzv. ujet vlak v 70. a 80. letech minulého století a to díky dluhové krizi a štědrým půjčkám od mezinárodních finančních institucí. Na tento fakt zareagovali i investoři a obchodníci. Zejména v 80. a 90. letech je patrný odliv investic z oblasti na rozdíl od jihovýchodní Asie, kde naopak narůstá výrazný infrastrukturní rozvoj. Ačkoliv na přelomu došlo k přílivu investic do sektoru, jednalo se pouze o přechodnou záležitost, kterou utla světová hospodářská krize v roce 2008. Karibským vládám se zatím nepovedlo přilákat investory v dlouhodobějším hledisku, což nadále limituje rozvoj infrastruktury. Dohnání propastného rozdílu se tak pro Karibské země zatím nejeví jako reálné.

Dopravní infrastruktura trpí silným podfinancováním a neochotou států řešit problémy v dlouhodobém horizontu. Investice do sektoru klesly v 80. letech z 3 % na 1,6 %. Kritickým problémem je velmi malý zájem vlád o údržbu silnic, která významně pomáhá prodloužit životní cyklus silnic a udržet je v kondici po delší dobu. Na údržbu silnic v zemích Karibiku bývá ze státních prostředků vyhrazeno 2,5 – 3 % z rozpočtu rezortu dopravy. Pouze jedna třetina z této části jde na rutinní údržbu, což je velmi neefektivní. Pro rozvoj infrastruktury se jeví jako klíčové především investování do údržby stávající dopravní sítě, která může v dlouhodobém horizontu ušetřit finanční prostředky pro nové projekty. Před politickými představiteli tak stojí výzva v podobě dlouhodobějšího plánování a prosazování cost-effective projektů, které mohou urychlit rozvoj v sektoru. Vhodně zvolené technologie a plánování tras vůči georeliéfu a ekosystému snižují náklady jak na výstavbu nových projektů, tak na udržování stávající infrastrukturní sítě. Jako kriticky důležitá se jeví výstavba a renovování starých mostních konstrukcí. V Karibiku dochází v rámci přírodních katastrof k častým poničením či zhroucení mostních konstrukcí, což se jeví jako zásadní při přerušení obsluhyschopnosti páteřních tahů.

Zhroucení mostů může zpozdit distribuci pomoci až o několik dní, v rámci odlehlých oblastí až několika týdnů. Dochází tak nejen k ekonomickým ztrátám, ale i obětem na životech, kterým by se jinak dalo předejít. Stržené mosty často tvoří velkou část škod vyčíslených v dopravním sektoru. V případě hurikánu Gustav, který zasáhl Jamajku v roce 2008, šlo o téměř 34 % celkových škod v dopravním sektoru. Při přechodu tropické bouře Nicole přes Jamajku v roce 2010, která způsobila rozsáhlé povodně, došlo ke stržení Sandy Gully Bridge, jehož celková rekonstrukce se podílela na

škodách v dopravním sektoru z 33 %. Zvýšení odolnosti mostních konstrukcí vůči přírodním hazardům by tak měla být jedna z priorit v rámci zvyšování funkčnosti silniční sítě v Karibiku. Jedním z prvních kroků v tomto směru by se mohlo stát přijetí stavebních standardů, tak jako je tomu běžně v USA či Evropě. Z karibských zemí dodržují určitou formu standardů pouze Jamajka a Portoriko. V těchto zemích je pak následná rehabilitace podstatně rychlejší, než u chudých zemí jako Haiti či Kuba. Celkové náklady na rekonstrukci jsou přirozeně vyšší u vyspělejších technologií, nicméně jejich odolnost vůči míře stresu je podstatně vyšší. Jak vyplývá z analýzy v kapitole 4, srážkově extrémní události jsou v Karibiku velmi časté. Povodně jsou vůbec nejčastějším přírodním hazardem v oblasti následované sesuvy půdy. I z tohoto důvodu by se mělo uvažovat o výstavbě silniční infrastruktury v exponovaných oblastech a případné volení rozdílných technologií vzhledem k náchylnosti přírodním hazardům.

Ekonomické dopady pro malý ostrovní stát mohou mít při podobném rozsahu škod zcela odlišný rozměr, než pro státy jako Kuba, Haiti, Portoriko či Jamajka. Finanční vyjádření škod na ročním HDP může být u malých států až 100 %, což je pro ekonomiku dané země citelná ztráta, která je brzdí v dalším rozvoji. V případě přechodu tropické bouře Erika přes Dominiku dosáhly škody na 90 % HDP státu vytvořeného v daném roce. Srovnání dvou událostí, přechodu tropických bouří Erika na Dominice a Nicole na Jamajce, dojdeme k rozdílným závěrům. Bouře sice páchaly obdobný charakter škod v dopravním sektoru, nicméně jejich podíl vůči celkovému HDP je rozdílný. Nicole napáchala na jamajské dopravní infrastrukturu škody za téměř 240 milionů USD, což činí necelé 2 % HDP. Erika napáchala škody v celkové výši 483 milionů USD, což činí 90 % HDP Dominiky v roce 2015. Rozdíl mezi událostmi je značný. V procentuálním vyjádření škod vůči HDP hraje také významnou roli velikost ekonomiky dané země. Malé ekonomiky jsou v tomto ohledu zranitelnější, jelikož celkový podíl škod může dosahovat i několika desítek procent, zatímco u velkých ekonomik oblasti se jedná i při tak významných událostech většinou o jednotlivá procenta. Nicméně mohou se vyskytnout významné události, jako bylo zemětřesení na Haiti, které způsobilo škody vyšší než 100 % HDP státu. Pro Haiti se stalo zemětřesení z ledna 2010 katastrofou, která ovlivnila vývoj státu i v následujících letech. Jeho následky jsou na ostrově zřejmé dodnes. Navíc došlo k poškození nově renovovaných páteřních tahů na západě ostrova, což představuje pro špatně financovanou dopravní infrastrukturu značnou ránu. Rekonstrukce u podobných případů je časově i finančně daleko náročnější, než u menších ostrovních států.

Vzhledem k tomu, že velká část zemí v oblasti je závislá na turistickém ruchu, je velmi důležité ve které části roku se pohroma vyskytne. Časové rozložení hazardů v průběhu roku může být důležité i z hlediska plánování rekonstrukcí a staveb v sektoru dopravní infrastruktury. Z tohoto důvodu byla vypracována analýza výskytu hurikánů během sezony, ze které jasně vyplývá, že drtivá většina bouří

zasahuje oblast v srpnu, září a říjnu. Právě výskyt hurikánů hraje hlavní roli v časovém vymezení turistické sezony. Výskyt pohromy během sezony či bezprostředně před ní, může znamenat odliv turistů, kteří přinášejí do rozpočtu malých států podstatné finanční prostředky.

Přírodním pohromám se lze jen stěží vyhnout. Správnými opatřeními a dodržování standardů při stavbě a plánování lze škody alespoň částečně snížit. Vyspělejší země jako Portoriko a Jamajka mají zbudované fondy pro kritické výdaje při výskytu přírodních pohrom. Nicméně v tomto ohledu se jedná spíše o výjimky v oblasti. Velikost ekonomik malých států většinou neumožňuje budování podobných fondů s významnějšími finančními prostředky. Před státy Karibiku tak stojí výzva ve formě mitigace a to jak v sektoru dopravní infrastruktury, která je velmi zastaralá, tak v případě ochrany komunit. Některé rozvinutější státy Karibiku, které zahájily reformy dříve, z nich nyní sklízí ovoce. Je tedy otázkou, zda k implementaci obdobných reforem dojde v budoucnu i v chudších státech regionu, což by mělo napomoci rozvoji regionu zejména v sektoru infrastruktury.

## Citovaná literatura

- Abella, E. A. (2008). Multi-scale landslide risk assessment in Cuba. Enschede, Netherlands.
- Andereck, Z. D. (2007). Mapping Vulnerability of Infrastructure to Destruction by Slope Failures on the Island of Dominica WI: A Case Study of Grand Fond Petite, Soufriere, and Moure Jaune. Miami, Florida.
- AOML. (2016). *Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory*. Načteno z [http://www.aoml.noaa.gov/phod/amo\\_faq.php](http://www.aoml.noaa.gov/phod/amo_faq.php)
- Atmos Illinois Edu. (2016). *University of Illinois: The Department of Atmospheric Sciences*. (U. o. Illinois, Producent) Načteno z WW 2010: [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/hurr/home.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/hurr/home.rxml)
- Beven II, J. L., & Kimberlain, T. B. (2009). Tropical Cyclone Report Hurricane Gustav.
- Bíl, M., Sedoník, J., Kubeček, J., Vodák, R., Bílová, M., & Andrášik, R. (2014). Rizikové úseky silniční sítě – analýza zranitelnosti a ohrožení přírodními pohromami. The Science for Population Protection .
- Blake, E. S. (2011). Tropical Cyclone Report Tropical Storm Nicole. Načteno z [http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL162010\\_Nicole.pdf](http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL162010_Nicole.pdf)
- Brázdil, R., Dobrovolný, P., Elleder, L., Kakos, V., Kotyza, O., Květoň, V., . . . Valášek, H. (2005). Historie počasí a podnebí v českých zemích VII. Historické a současné povodně v České republice. Brno: Masarykova Universita Brno a Český Hydrometeorologický ústav: ISBN: 80-210-3864-0
- Business Insider. (2016). Načteno z <http://www.businessinsider.com/haiti-hurricane-matthew-economic-impact-2016-10>
- Calderón, C., & Sevén, L. (May 2010). Infrastructure in Latin America.
- Carby, B. E., & Ahmed, R. (1995). Vulnerability of Roads and Water System to Hydro-Geological Hazards in Jamaica. *Hazards in the Built Environment*(21), stránky 145-153.
- CDB. (2016). *Caribbean Development Bank*. Načteno z <http://www.caribank.org/>
- Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology. (2016). Hurricane Matthew, 24 October 2016 – Report No. 1 - Update. Načteno z [https://www.cedim.de/download/FDA\\_matthew\\_2016\\_report1\\_update2.pdf](https://www.cedim.de/download/FDA_matthew_2016_report1_update2.pdf)

- Central Intelligence Agency. (2017). *Central Intelligence Agency*. Načteno z CIA Factbook: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- Coastal Ocean Observation Laboratory. (2016). *Sea Surface Temperature Daily Composite of Gulf of Mexico*. (R. University, Producent) Načteno z SST: [https://marine.rutgers.edu/cool/sat\\_data/?bm=9&bd=1&by=2016&sort=date&em=10&ed=10&ey=2016&region=gulfmexico&product=sst\\_comp&nothumbs=0&okb.x=73&okb.y=17](https://marine.rutgers.edu/cool/sat_data/?bm=9&bd=1&by=2016&sort=date&em=10&ed=10&ey=2016&region=gulfmexico&product=sst_comp&nothumbs=0&okb.x=73&okb.y=17)
- Creutin, J. D., & Borga, M. (2003). Radar hydrology modifies the monitoring of flash flood hazard. *Hydrology proceses*, stránky 1453-1456.
- ECLAC. (1999). Guatemala: Assesment of the damage caused by hurricane Mitch, 1998 Implicatiois for economic and social development and for the environment. United Nations. Načteno z <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/5/15505/L370-1-EN.pdf>
- ECLAC. (1999). Honduras: Assesment of the damage caused by hurrillacne Mitch, 1998 Impication for economic and social development and for the environment.
- Evans, N. (2007). The Earthquake's Impacts on Buildings and Infrastructure. Gisborne, New Zeland. Načteno z [www.gdc.govt.nz/.../Building/Earthquake.../Shaken-Up-Article-2](http://www.gdc.govt.nz/.../Building/Earthquake.../Shaken-Up-Article-2)
- Fay, M., & Morrison, M. (2007). Infrastructure in Latin America and the Caribbean Recent Development and Key Challenges. Washington DC., USA.
- Freeman, P., & Warner, K. (2001). Vulnerability of Infrastructure to Climate Variability: How Does This Affect Infrastructure Lending Policies? Washington, USA: The World Bank. Načteno z [http://proventionconsortium.net/themes/default/pdfs/vulnerability\\_infrastructure.pdf](http://proventionconsortium.net/themes/default/pdfs/vulnerability_infrastructure.pdf)
- Geoklima*. (2016). Načteno z Geographie software klima: <http://www.w-hanisch.de/geoklima/>
- Government of the Commonwealth of Dominica. (2015). Rapid Damage and Impact Assessment; Tropical Storm Erika – August 27, 2015. Commonwealth of Dominica. Načteno z <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/BRB/Commonwealth%20of%20Dominica%20-%20Rapid%20Damage%20and%20Needs%20Assessment%20Final%20Report%20-Oct5.pdf>
- Government of the Republic of Haiti. (2010). Haiti Earthquake PDNA: Assessment of damage, losses, general and sectoral needs. Port-Au-Prince, Haiti. Načteno z [http://www.housingworks.org/i/blog/Haiti\\_PDNA.pdf](http://www.housingworks.org/i/blog/Haiti_PDNA.pdf)
- Gyamfi, P., Gutierrez, L., & Yepes, G. (1992). Infrastructure Maintanance in LAC; The Costs of Neglect and Options for Improvement.

- Humanity Road. (2016). Situation Report No. 1. Načteno z <http://humanityroad.org/wp-content/uploads/2016/10/Humanity-Road-Hurricane-Matthew-Haiti-SitrepNo1-Oct-4-2016.pdf>
- HURDAT. (2016). *Hurricane Research Division*. (NOAA) Načteno z [http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data\\_Storm.html](http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data_Storm.html)
- IMF. (2017). *International Monetary Fund*. Načteno z <http://www.imf.org/external/index.htm>
- Jetten, V. (2016). CHaRIM Project, Dominica National Flood Hazard Map Methodology and Validation Report. The Netherlands. Načteno z <http://www.charim.net/sites/default/files/handbook/maps/DOMINICA/DOMFloodReport.pdf>
- Knoema*. (2017). Načteno z <https://knoema.com/>
- Kukal, Z. (1982). Přírodní katastrofy. (1. Vydání). Praha, Středočeský, Česká Republika.
- Laing, A. G. (2004). Cases of Heavy Precipitation and Flash Floods in the Caribbean. *Journal of Hydrometeorology*, stránky 577-594. Načteno z [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1525-7541\(2004\)005%3C0577%3ACOHPAF%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1525-7541(2004)005%3C0577%3ACOHPAF%3E2.0.CO%3B2)
- Larsen, M. C. (1993). A Rainfall Intensity - Duration Threshold for Landslides in a Humid-Tropical Environment, Puerto Rico. U.S. Vancouver, WA. Načteno z <http://www.stri.si.edu/sites/publications/PDFs/Larsen-Simon-1993.pdf>
- Larsen, M. C., & Parks, J. E. (1997). How wide is road? The Association of Roads and Mass-wasting in Forested Montane Environment. *Earth Surface Processes and Landforms*(22), stránky 835-848. Načteno z [http://www2.cose.isu.edu/~crosby/teach/udec/reading/Larsen\\_parks\\_roads\\_and\\_mass\\_wasting\\_ESPL\\_1997.pdf](http://www2.cose.isu.edu/~crosby/teach/udec/reading/Larsen_parks_roads_and_mass_wasting_ESPL_1997.pdf)
- Mandal, A. (2016). Flooding and Development in Low-Lying areas in Jamaica. Mona, Jamaica. Načteno z [http://resilientcities2016.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Resilient\\_Cities\\_2016/PPTs/A2\\_Mandal.pdf](http://resilientcities2016.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Resilient_Cities_2016/PPTs/A2_Mandal.pdf)
- Mandle, L., & Griffin, R. (2016). Natural Capital & Roads. *Managing dependencies and impacts on ecosystem services for sustainable road investments*. doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0000387>

- Matějček, J., & Hladný, J. (1999). Povodňová katastrofa 20. století na území České republiky. Praha: Ministerstvo životního prostředí. doi:ISBN: 80-7212-067-3
- Mencl, V., & Záruba, Q. (1974). Inženýrská geologie. (2. Vydání). Praha: Academia.
- Meteorological service Jamaica. (2016). Načteno z <http://www.metservice.gov.jm/>
- Meteorologický slovník výkladový a terminologický. (1993). (1. Vydání). doi:ISBN: 80-85368-45-5
- Mísař, Z. (1987). Regionální geografie světa: vysokoškolská příručka pro studenty přírodovědeckých fakult studijních oborů geologické vědy. (1. vydání). Praha: Academia.
- Moron, V., Frelat, R., & Jean-Jeune, P. K. (2015). Interannual and intra-annual variability of rainfall in Haiti (1905–2005). Načteno z [https://www.researchgate.net/publication/265192636\\_Interannual\\_and\\_intra-annual\\_variability\\_of\\_rainfall\\_in\\_Haiti\\_1905-2005](https://www.researchgate.net/publication/265192636_Interannual_and_intra-annual_variability_of_rainfall_in_Haiti_1905-2005)
- MR Rudge Geography. (2017). *MR Rudge Geography*. Načteno z <http://mrrudgegeography.weebly.com/montserrat-a-case-study-of-a-volcanic-eruption.html>
- NBCnews. (2010). Rescue crew pulls two 2 more from Haitian market. Port-Au-Prince, Haiti. Získáno 17. leden 2010
- NHC. (2016). Načteno z National Hurricane Center: <http://www.nhc.noaa.gov/>
- NHC. (2016). *National Hurricane Center*. Načteno z NHC: <http://www.nhc.noaa.gov/>
- Panjamani, A., Srinivas, S., & Chandran, D. (2011). Classification of road damage due to earthquakes. *Natural Hazards*, stránky 425-460. doi:DOI: 10.1007/s11069-011-0025-0
- Pasch, R. J., & Penny, A. B. (2016). Tropical cyclone report, Tropical Storm Erika. Načteno z [http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL052015\\_Erika.pdf](http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL052015_Erika.pdf)
- Pielke, R. A., & Pielke, R. A. (1997). Hurricanes: Their Nature and Impacts on Society. West Sussex, England. Načteno z [http://sciencepolicy.colorado.edu/admin/publication\\_files/1997.14.pdf](http://sciencepolicy.colorado.edu/admin/publication_files/1997.14.pdf)
- Pielke, Roger A. Jr; kol. (2013). Hurricane Vulnerability in Latin America and The Caribbean: Normalized Damage and Loss Potentials. *Natural Hazards Review*, stránky 101-114. Načteno z <https://ambergriscaye.com/hurricane/resource-1827-200321.pdf>
- Planning Institute of Jamaica. (2008). Assessment of the socio-economic and environmental impact of tropical storm Gustav on Jamaica. Načteno z [http://www.pioj.gov.jm/Portals/0/Sustainable\\_Development/Tropical%20Storm%20Gustav.pdf](http://www.pioj.gov.jm/Portals/0/Sustainable_Development/Tropical%20Storm%20Gustav.pdf)

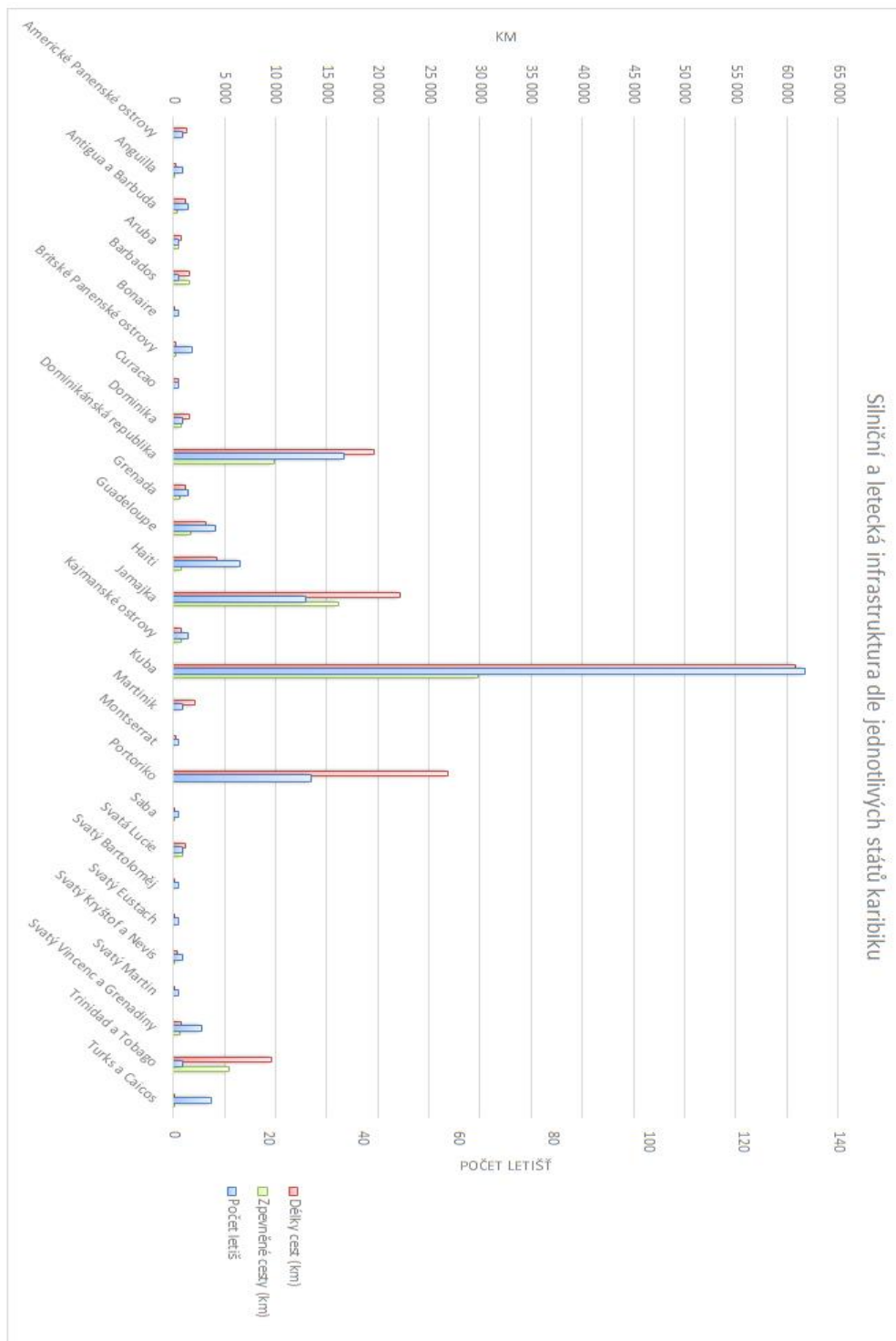


- Planning Institute of Jamaica. (2010). Jamaica macro-economic and environmental assessment of damage and loss caused by tropical depression no. 16/Tropical storm Nicole. Načteno z [http://www.pioj.gov.jm/Portals/0/Sustainable\\_Development/Tropical%20Storm%20Nicole\\_Impact%20Assessment\\_Final.pdf](http://www.pioj.gov.jm/Portals/0/Sustainable_Development/Tropical%20Storm%20Nicole_Impact%20Assessment_Final.pdf)
- Reliefweb. (2016). Načteno z <http://reliefweb.int/>
- Rozvojovka. (2017). *Rozjovovka.cz*. Načteno z <http://www.rozvojovka.cz/mezinarodni-zadluzenost>
- Schliessler, A., & Bull, A. (2004). Road Network Management. *Roads - A new Approach for Road Management and Conservation*. Germany. Načteno z <http://zietlow.com/docs/lib-eng.pdf>
- Smolová, I., & Zapletal, J. (2006). Přehled přírodních rizik a hazardů. Olomouc.
- Taylor, M. A., & kol., a. (2015). Haiti: Historical and future climatic changes. Bank, Inter-American Development. Načteno z <http://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/haiti-historical-and-future-climate-changes.pdf>
- The Assessment Capacities Project. (2016). ACAPS Briefing Note 3: Hurricane Matthew. Načteno z [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/161010\\_acaps\\_haiti\\_update\\_briefing\\_note\\_hurricane\\_matthewa.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/161010_acaps_haiti_update_briefing_note_hurricane_matthewa.pdf)
- Tonolo, G. F., & Boccardo, P. (2012). Haiti Earthquake Damage Assessment: Review of the Remote sensing role. Melbourne, Australia. Načteno z <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B4/529/2012/isprsarchives-XXXIX-B4-529-2012.pdf>
- Trade Economics*. (2016). Načteno z <http://www.tradingeconomics.com/>
- Tung, P. T. (Březen 2004). Road Vulnerability Assessment in earthquakes A case Study of Lalitpur , Kathmandu - Nepal. Enschede, Netherlands. Načteno z [http://www.itc.nl/library/papers\\_2004/msc/upla/pho\\_thanh\\_tung.pdf](http://www.itc.nl/library/papers_2004/msc/upla/pho_thanh_tung.pdf)
- UNITAR. (2016). Hurricane Matthew Preliminary Satellite Based Damage Assessment Report:Grand'Anse Département, Haiti. Geneva, Switzerland. Načteno z [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/UNOSAT\\_PreliminaryDamageAssessment\\_GrandAnse\\_Sud\\_Haiti\\_31Oct2016\\_TC20161003HTII\\_Update2\\_MASTER.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/UNOSAT_PreliminaryDamageAssessment_GrandAnse_Sud_Haiti_31Oct2016_TC20161003HTII_Update2_MASTER.pdf)
- USGS. (2011). Earthquakes and Tsunamis in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. United States of Geological Survey.
- USGS. (2016). *USGS science for changing world*. Načteno z <https://earthquake.usgs.gov/>

- Vítek, P. (2009). Příčiny poškození malých mostů povodněmi – ochranná opatření. Načteno z <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/priciny-poskozeni-malych-mostu-povodnemi-ochranna-opatreni/>
- Vysoudil, M. (2011). Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie.
- Wagner, A., Liete, E., & Oliver, R. (10-15. Červenec 1988). Rock and debris slides risk mapping in Nepal—a user friendly PC system for risk mapping. Lausanne, Switzerland. Načteno z <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1987/1106v2/1106v2-030.pdf>
- Westen, C. V. (2016). National Scale Landslide Susceptibility Assessment for Dominica.
- Wieczorek, G. F. (1987). Effect of rainfall intensity and duration on debris flows in central Santa Cruz Mountains, California. *Geological Society of America Reviews in Engineering Geology*(VII.), stránky 93-104. Načteno z [https://www.researchgate.net/publication/278917587\\_Effect\\_of\\_Rainfall\\_Intensity\\_and\\_Duration\\_on\\_Debris\\_Flows\\_in\\_Central\\_Santa\\_Cruz\\_Mountains\\_California](https://www.researchgate.net/publication/278917587_Effect_of_Rainfall_Intensity_and_Duration_on_Debris_Flows_in_Central_Santa_Cruz_Mountains_California)
- Wilson, T. M., & kol. (2011). Volcanic ash impacts on critical infrastructure. *Physics and Chemistry of the Earth*. doi:10.1016/j.pce.2011.06.006
- World Food Programme. (2016). Načteno z <http://www1.wfp.org/>
- World Meteorological Organization. (2016). *WMO*. Načteno z World Meteorological Organization: [http://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/index_en.html)
- Zillman, J. (1999). The physical impact of disasters: Natural disaster management. (J. Ingleton, Překl.) Leicester.

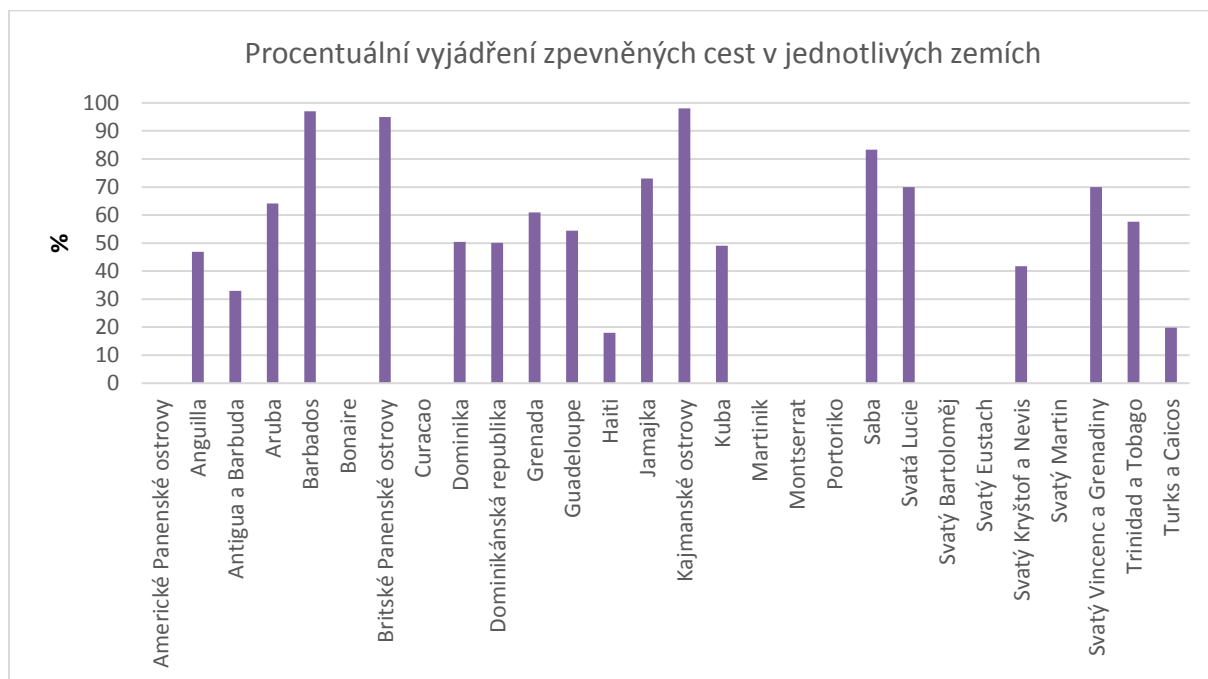
## 8 Přílohy

Příloha č. 1: Silniční a letecká infrastruktura v jednotlivých státech



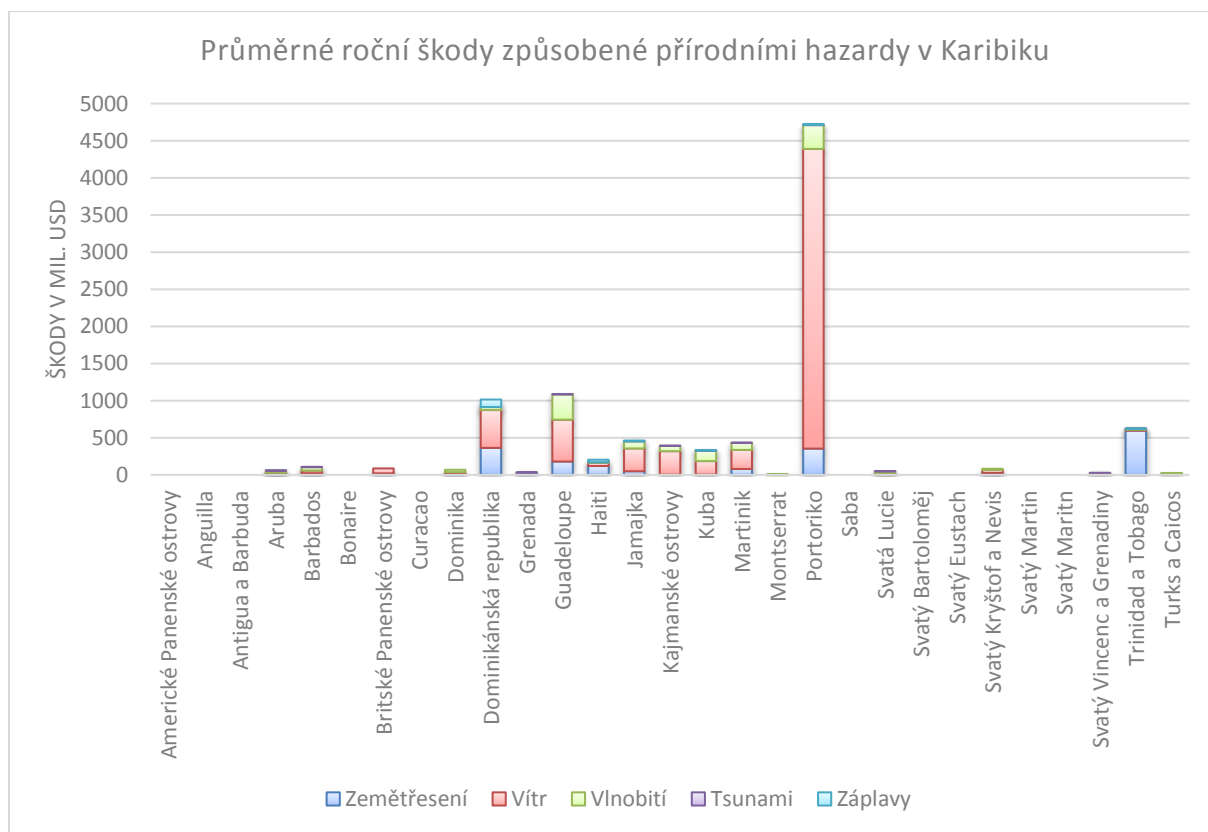
Zdroj: vlastní zpracování, 2017

**Příloha č. 2: Procentální vyjádření poměru zpevněných cest vůči nezpevněným v jednotlivých karibských státech**



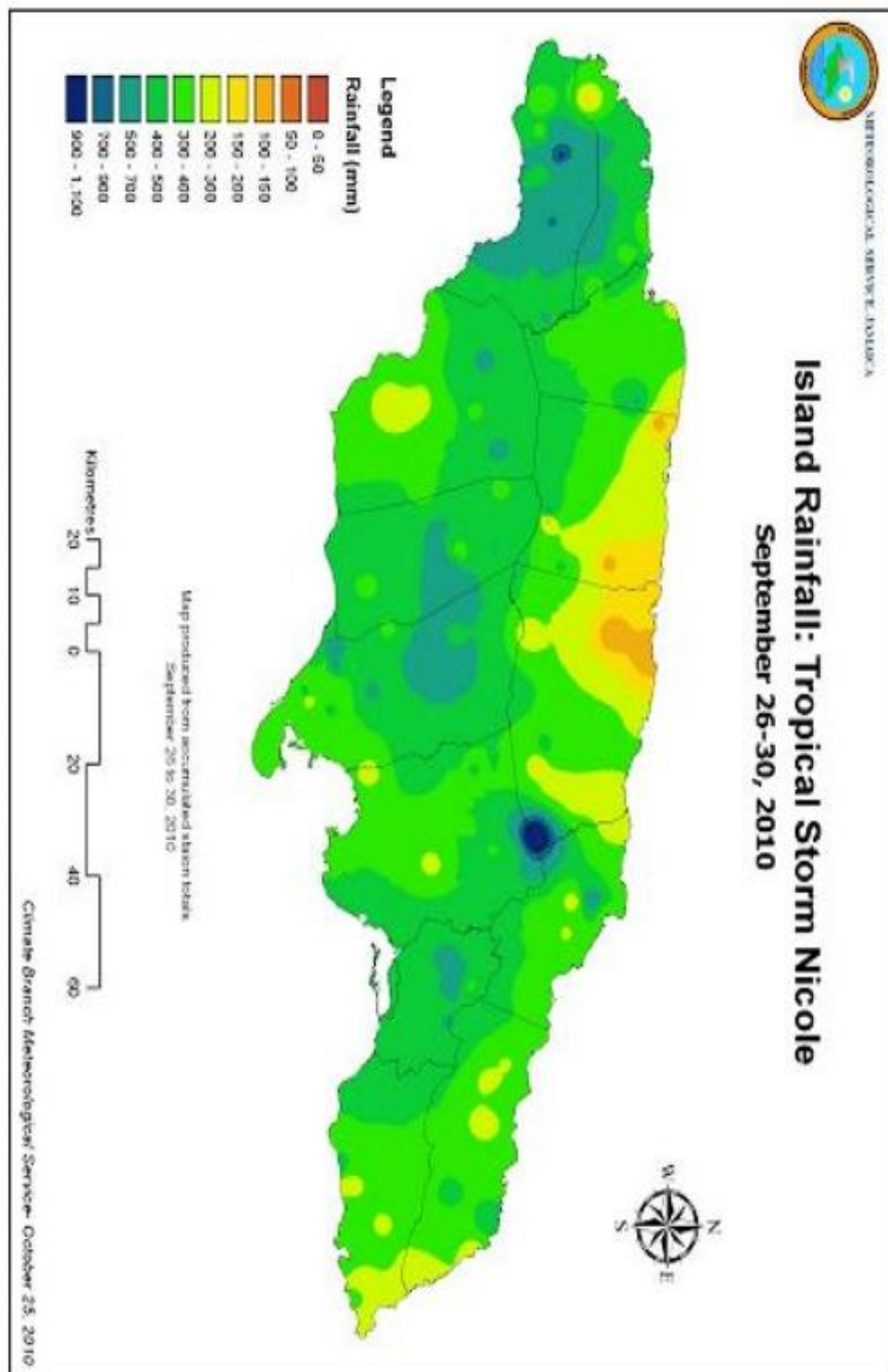
Zdroj: vlastní zpracování dle: CiaFactbook, WB, Knoema.com

**Příloha č. 3: Průměrné roční škody způsobené přírodními hazardy v Karibiku v milionech USD**



Zdroj: vlastní zpracování, 2017

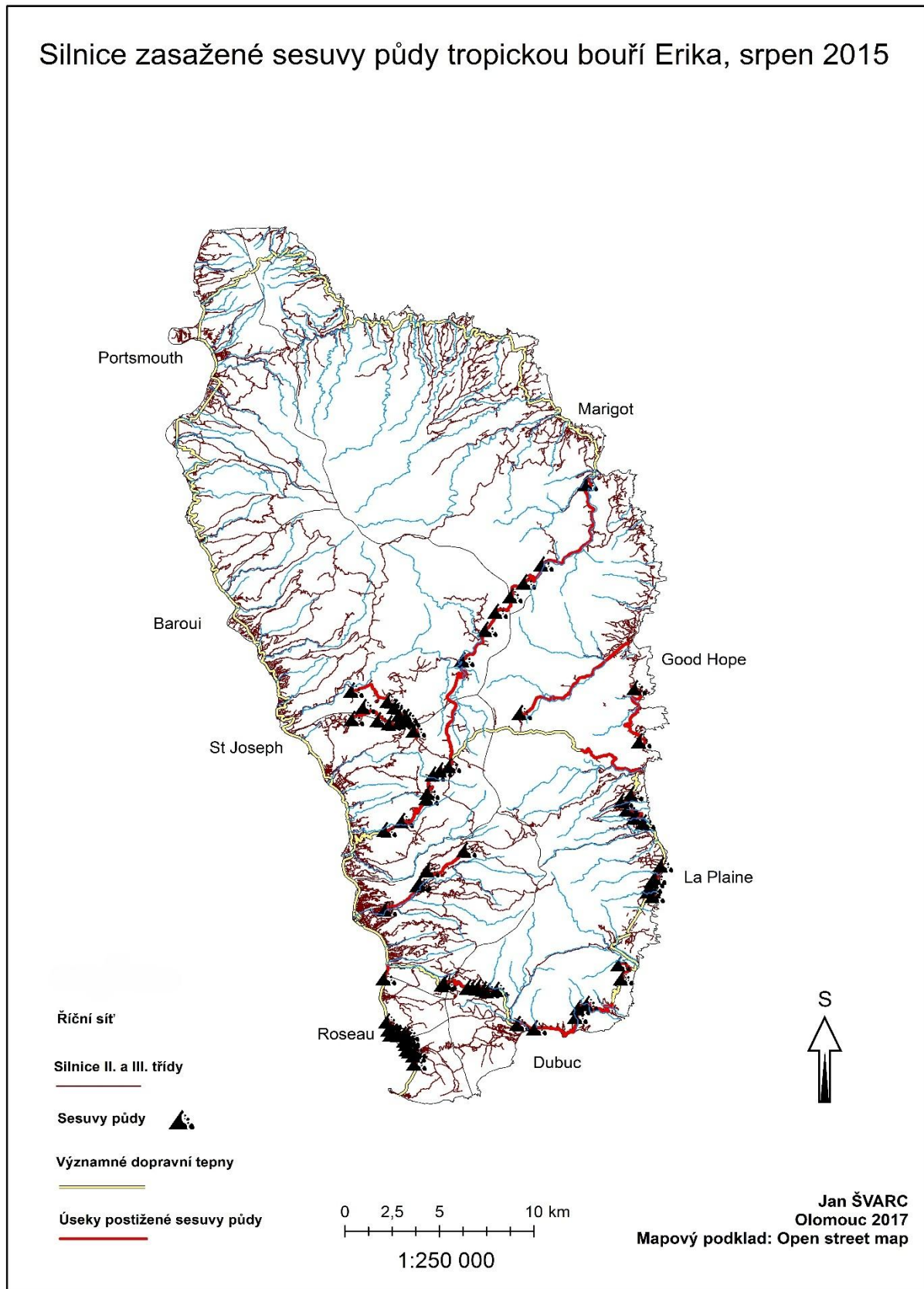
Příloha č. 4: Prostorová analýza srážkových úhrnů na Jamajce při přechodu tropické bouře Nicole v roce 2010



Zdroj: Planning institut of Jamaica, 2017

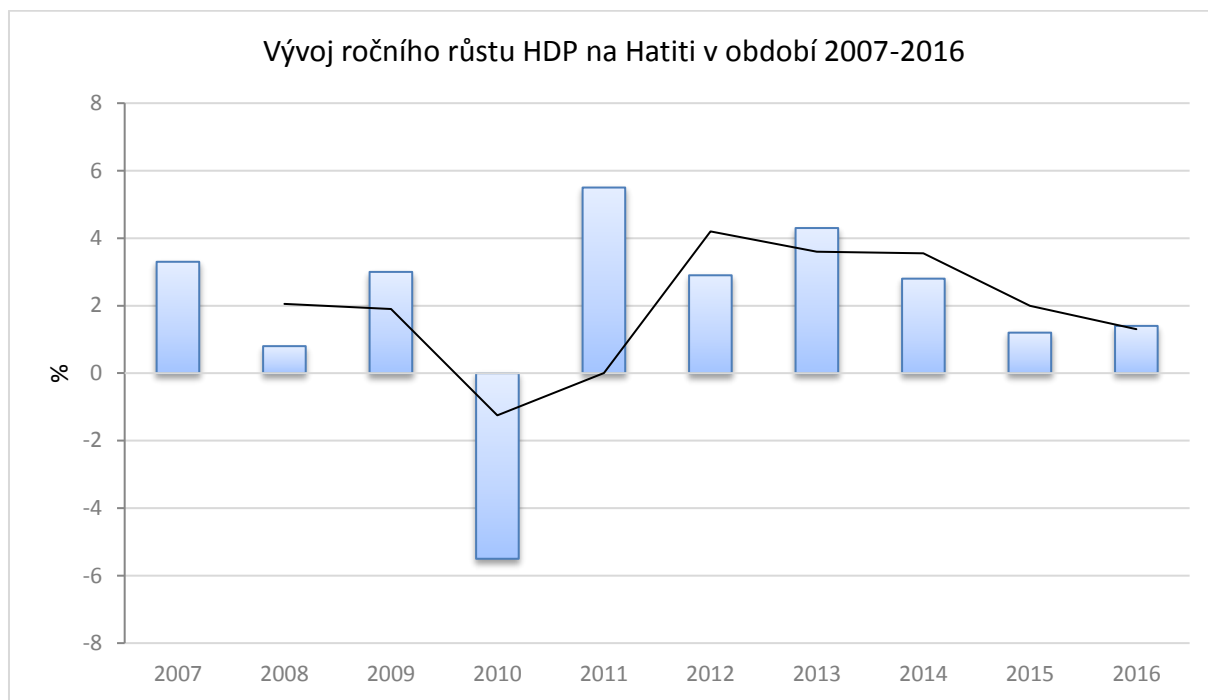
**Příloha č. 5: Silnice nesjízdné v důsledku sesuvů půdy a záplav na Dominice při tropické bouři Erika v roce 2015**

**Silnice zasažené sesuvy půdy tropickou bouří Erika, srpen 2015**



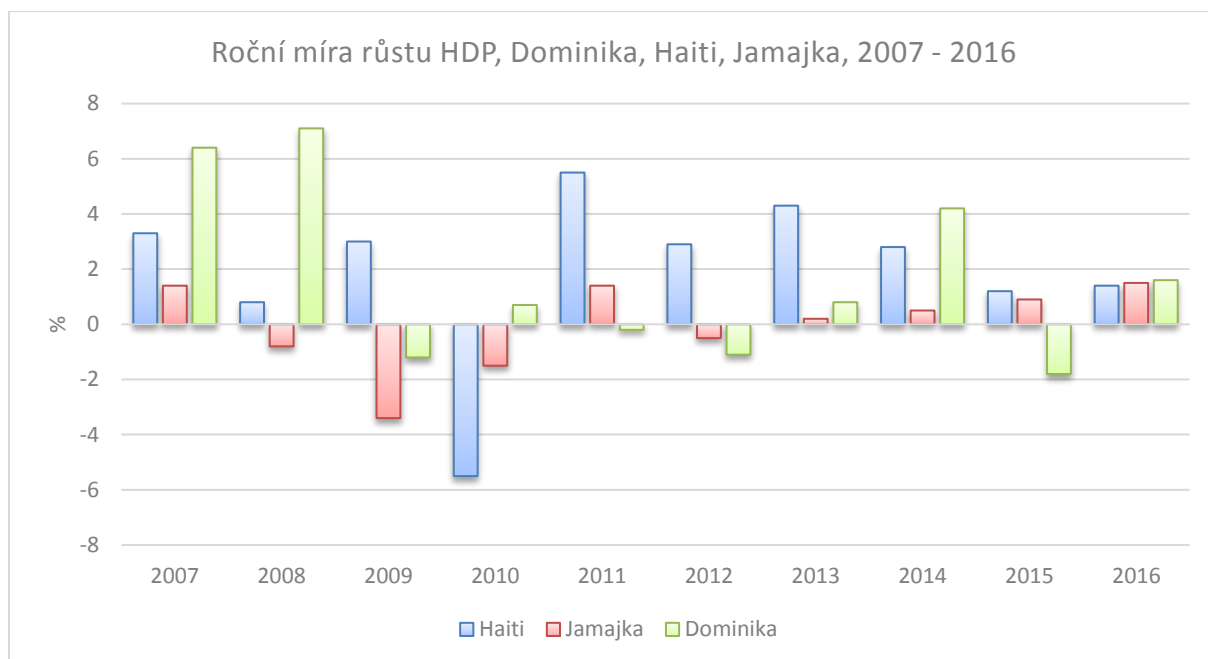
Zdroj: vlastní zpracování, 2017

**Příloha č. 6: Vývoj růstu HDP na Haiti, 2007 - 2016**



Zdroj: Vlastní zpracování dle Knoema.com, 2017

**Příloha č. 7: Srovnání roční míry růstu HDP, Dominika, Haiti, Jamajka, 2007 - 2016**



Zdroj: Vlastní zpracování dle dat z Knoema.com