

UDK: 351.759.6

351.862.21

330.45:551.21

## ANALIZA GEOPROSTORNE I VREMENSKE DISTRIBUCIJE VULKANSKIH ERUPCIJA

Vladimir M. Cvetković\*

Kriminalističko-policijska akademija, Beograd

**Sažetak:** Vulkanske erupcije kao geofizičke katastrofe, svakim danom sve više ugrožavaju bezbednost ljudi i njihove imovine. Kao takve, počinju sve više privlačiti pažnju istraživača iz oblasti vanrednih situacija koji ih žele bolje spoznati. Imajući u vidu da se radi o masovnoj pojavi koja se sastoji iz mnoštva jedinica, najpreporučljiviji naučni metod za donošenje zaključaka o vulkanskim erupcijama jeste statistička metoda. Rukovodeći se tom činjenicom, predmet rada je deskriptivna statistička analiza geoprostorne i vremenske distribucije vulkanskih erupcija u svetu, tokom perioda 1900–2013. godina. Pri tome, samo statističko istraživanje je sprovedeno na taj način što su u prvom koraku preuzeti neobrađeni podaci u vidu „Excel” fajla iz međunarodne baze podataka o katastrofama (CRED) u Briselu, a zatim su analizirani u programu za statističku obradu podataka SPSS. U okviru vremenske analize razmatrana je distribucija ukupnog broja i posledica vulkanskih erupcija na godišnjem, mesečnom i dnevnom nivou, sa posebnim osvrtom na pet najznačajnijih godina prema broju različitih posledica (poginuli, povređeni, pogođeni, bez doma). Na istom principu, u okviru geoprostorne distribucije analiziran je ukupan broj i posledice vulkanskih erupcija po kontinentima i državama, sa posebnim osvrtom na pet najugroženijih država prema ukupnom broju i različitim posledicama. U cilju efikasnije zaštite i reagovanja u vanrednim situacijama izazvanim štetnim dejstvom vulkanskih erupcija, potrebno je između ostalog sveobuhvatno istražiti navedeni prirodni fenomen, tako da će predmet ovog rada biti forma, posledice, vremenski i geoprostorni raspored ispoljavanja vulkanskih erupcija. Pri tome, važno je da geoprostorna i vremenska analiza vulkanskih erupcija daju značenje, sadržaj i vrednost sveobuhvatnoj težnji za bolje razumevanje prirodnih opasnosti i njihovih uticaja, kako bi se stanovništvo pravovremeno zaštitilo od njih.

**Ključne reči:** vulkanske erupcije, statistička analiza, prirodne katastrofe, bezbednost, vanredne situacije.

\* Asistent, vladimir.cvetkovic@kpa.edu.rs

## Uvod

Vulkanske erupcije koje su se pojavljivale širom sveta od 1933. do 1999. godine i njihove posledice su sumirane od strane Šnejda i Kolinsa.<sup>2</sup> Generalno govoreći, nasilne vulkanske erupcije su relativno retke pojave u ljudskom, ali prilično česte u geološkom vremenu. Vulkanu privlače ljude da žive na njihovim padinama iz mnogo razloga, a jedan od njih je svakako i bogato vulkansko zemljište.<sup>3</sup> Sistemi upozorenja mogu da smanje rizik, ali ugroženost ljudi koji žive blizu vulkana se teško smanjuje osim neizbežnom evakuacijom.

U periodu od 1900. do 2013. godine dogodile su se 25.552 prirodne katastrofe, pri čemu je najviše bilo hidroloških (9.557), pa meteoroloških (7.149), geofizičkih (3.037), klimatskih (2.989) i bioloških (2.820) katastrofa.<sup>4</sup> Dakle, u tom periodu dogodilo se 3.037 geofizičkih katastrofa (zemljotresi, vulkanske erupcije i masivni suvi pokreti). Od ukupnog broja geofizičkih katastrofa, bilo je 452 vulkanske erupcije, 2.475 zemljotresa i 110 masivnih suvih pokreta. Procentualno posmatrano, od ukupnog broja, zemljotresi zauzimaju 81,49%, vulkanske erupcije 14,88% i masivni suvi pokreti 3,62%. U geofizičkim katastrofama je poginulo 5.331.007, povređeno 5.177.147, pogođeno 309.279.694 i ostalo bez doma 45.930.226 ljudi. Prema tome, ukupno pogođenih je bilo 360.387.067 ljudi, dok je ukupna materijalna šteta iznosila 1.522.543.792 američkih dolara. Na godišnjem nivou se događalo 27, mesečno 2 i dnevno 0,07 geofizičkih katastrofa. Generalno posmatrano, posle atmosferskih i hidroloških, geofizičke katastrofe su na trećem mestu po svojoj zastupljenosti.<sup>5</sup>

Oko pedeset vulkana eruptira svake godine i katastrofalna erupcija se najčešće dešava jednom u 100 godina.<sup>6</sup> Približno 200.000 ljudi je poginulo tokom poslednjih pet vekova zbog vulkanskih erupcija. Tri četvrtine tih stradanja je izazvano od samo sedam ekstremno nasilnih erupcija.<sup>7</sup> Poslednjih decenija nije evidentan samo trend povećanja broja vulkanskih erupcija, nego je prisutno i povećanje njihove destruktivnosti.<sup>8</sup> Takve vrste događaja, kao što su i vulkanske erupcije koje imaju veliki i tragični uticaj po društvo, narušavaju uobičajene načine života, ometaju ekonomske, kulturne, a ponekad i političke uslove života i usporavaju razvoj zajednice i zahtevaju preduzimanje posebnih mera od strane interventno-spasilačkih službi u vanrednim situacijama.<sup>9</sup> Pri tome, u vanrednim

2 D. Shneid; L. Collins, *Disaster management and preparedness*, USA, 2001.

3 R. Punongbayan, *International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation, Consequences*, Netherlands, 2007, str. 37.

4 V. Cvetković; S. Mijalković, *Spatial and Temporal Distribution of Geophysical Disasters*, *Journal of the Geographical Institute „Jovan Cvijić“*, 63/3, Belgrade, 2013, str. 346.

5 *Ibidem*, str. 348.

6 D. Guha; F. Vos; R. Below; S. Ponserre, *Annual Disaster Statistical Review 2011: The Numbers and Trends*, Brussels, 2012, str. 32.

7 R. Punongbayan, *op. cit.*, str. 65.

8 S. Mijalković; V. Cvetković, *Vulnerability of Critical Infrastructure by Natural Disasters*, *National Critical Infrastructure Protection, Regional Perspective*, Belgrade, 2013, str. 91.

9 V. Cvetković, *Intervetno-spasilačke službe u vanrednim situacijama*, Beograd, 2013, str. 9. Takođe, posebnu pažnju treba obratiti na terminološku zbrku nastalu usled nepromišljenog korišćenja termina kao što su: vanredna situacija, vanredni događaj, katastrofa, prirodna katastrofa, prirodna opasnost, kriza. D. Mladan; D. Kekić, *Vanredna situacija – prilog konceptualnom određenju bezbednosti*, *Nauka, bezbednost i policija: Žurnal za kriminalistiku i pravo*, God. 12, broj 3, Beograd, str. 65.

situacijama izazvanim vulkanskim erupcijama, neophodno je primeniti sistem upravljanja (*ICS – incident command system*) koji predstavlja sistemsku alatku pomoću koje se vrše rukovođenje i komandovanje, kontrola i koordinacija interventno-spasilačkih službi.<sup>10</sup>

Shodno tome da vulkanske erupcije spadaju u geofizičke prirodne katastrofe, veoma je značajno sagledati njihovu učestalost događanja iz aspekta geoprostorne i vremenske distribucije sa osvrtom na potrebu adekvatnog odgovora društva na tu vrstu prirodne katastrofe. Takođe, geoprostorna analiza se može iskoristiti kao jedan od elemenata u geotopografskom materijalu koji čini osnovu geotopografskog obezbeđenja i predstavlja osnovni izvor podataka o geoprostoru.<sup>11</sup>

## 1. Metodologija

Istraživanje je sprovedeno na osnovu materijala centra za istraživanje epidemiologija katastrofa (CRED). Realizovano je na taj način, što su u prvom koraku neobrađeni podaci u vidu „Excel“ fajla sa registrovanim 25.552 događaja preuzeti iz centra ([www.emdat.be](http://www.emdat.be)). Nakon toga, podaci su obrađeni programom za statističku obradu podataka „IBM SPSS advanced statistics 20.0“, izračunate su frekvencije i procenti razmatranih varijabli, izrađene su tabele i grafikoni, koji su dodatno obrađeni u „MS Word 2013“.

Rezultati obrade kvantitativnih podataka su prikazani tekstualno, tabelarno i grafički u vidu kartografske vizuelizacije metodom tematskog kartiranja – zapreminskog kartograma. Značenja pojedinih termina koji su korišćeni u radu su: broj poginulih – broj ljudi kojima je potvrđena smrt i broj nestalih, očigledno mrtvih ljudi; broj povređenih – broj ljudi koji pate od psihičkih povreda, trauma ili zahtevaju trenutnu medicinsku pomoć; broj pogođenih – broj ljudi koji zahteva momentalnu pomoć tokom i posle katastrofe, uključuje razmeštene ili evakuisane ljude; bez doma – broj ljudi kojima je potreban hitan smeštaj jer su ostali bez svoga doma; ukupno pogođeni – zbirni pregled povređenih, beskućnika i pogođenih; ukupna materijalna šteta – globalna slika ekonomskog uticaja vulkanskih erupcija, data u američkim dolarima.

## 2. Analiza geoprostorne distribucije vulkanskih erupcija

Pružanje tektonski labilnih zona u Zemljinoj kori se poklapa sa geografskim rasporedom i pružanjem vulkanskih oblasti na Zemljinoj površini i ta uzajamna povezanost nije slučajna. Upravo stoga, najaktivnije vulkanske oblasti na Zemljinoj površini se nalaze duž oboda basena Tihog okeana koji se naziva „Vatreni pojas Pacifika“, i koji se prostire u vidu prstenastog pojasa duž istočnog, severnog i zapadnog oboda basena Tihog okeana (od ukupno 624 aktivna vulkana,

---

10 D. Mlađan; V. Cvetković; M. Veličković, Sistem upravljanja u vanrednim situacijama u Sjedinjenim Američkim Državama, *Vojno delo*, proleće 2012, Beograd, str. 91.

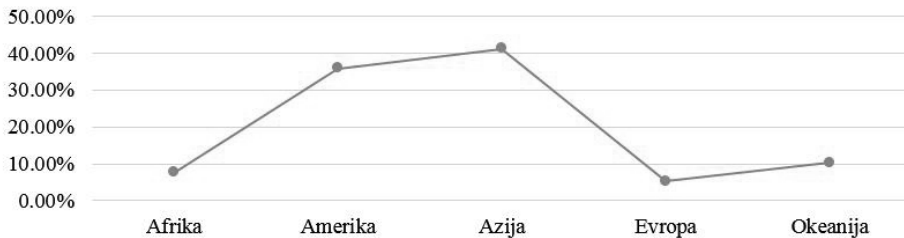
11 B. Milojković, Savremeni geotopografski materijali za potrebe policije – karakteristike i način korišćenja, *Bezbednost*, 4/2007, Beograd, str.108.

vatrenom pojasu Pacifika pripada 418, odnosno skoro 70%). Druga vulkanska oblast obuhvata uporednički pojas od Sredozemnog mora do Sundskih ostrva (Sredozemna vulkanska oblast), dok se treća pruža u meridijanskom pravcu, središnjim delom Atlantskog okeana, od ostrva Jan Majen do južnog Atlantika i poklapa se sa pružanjem Centralnog atlantskog praga – rifta. U Srbiji nema aktivnih vulkanskih pojava, ali značajno je spomenuti da su na njenoj teritoriji zastupljeni oblici tercijernog vulkanizma: Kosovsko-kopaoničko/rudnička, Crnorečka i Južnomoravska.<sup>12</sup>

U period od 1900. do 2013. godine, na svetskom nivou, najviše vulkanskih erupcija dogodilo u Aziji (186), a najmanje u Evropi (24). U odnosu na ukupan broj vulkanskih erupcija u tom periodu, na prvom mestu je Azija (186), pa Amerika (162), Okeanija (46), Afrika (34) i na kraju Evropa (24) (tabela 1).

Tabela 1. Pregled ukupnog broja i posledica vulkanskih erupcija po stanovništvu u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan po kontinentu.<sup>13</sup>

Kontinent	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Azija	186	43.576	9.764	5.804.290	207.800	6.021.854	1.416.702
Amerika	162	135.716	11.678	2.873.116	62.360	2.947.154	4.337.394
Okeanija	46	7.330	62	427.738	92.000	519.800	220.000
Afrika	34	4.436	1.686	659.600	361.420	1.022.706	18.000
Evropa	24	1.566	48	24.400	28.000	52.448	88.600
Ukupno	452	192.624	23.238	9.789.144	751.580	10.563.962	6.080.696



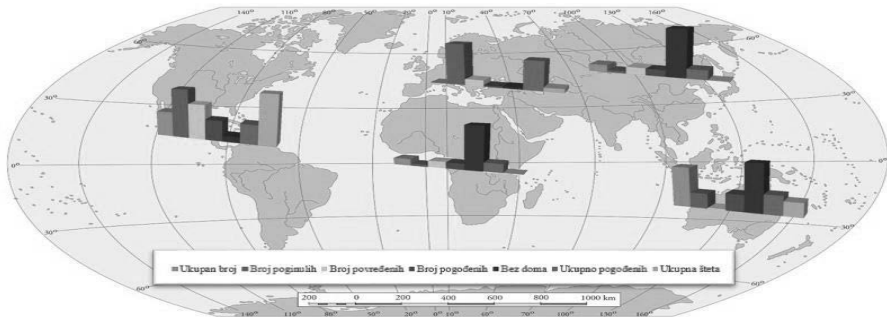
Grafikon 1. Procentualni pregled ukupnog broja vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan po kontinentu.<sup>14</sup>

Procentualno posmatrano, u periodu od 1900. do 2013. godine, u Aziji je bilo 41,15%, Americi 35,84%, Okeaniji 10,18%, Africi 7,52% i u Evropi 5,31% vulkanskih erupcija. Dakle, ukoliko se uzme u obzir prosečna vrednost događanja vulkanskih erupcija (20%), može se zaključiti da su se u Aziji one događale iznad proseka u poređenju sa Afrikom, Evropom i Okeanijom gde je taj broj bio u prosečnom nivou (grafikon 1).

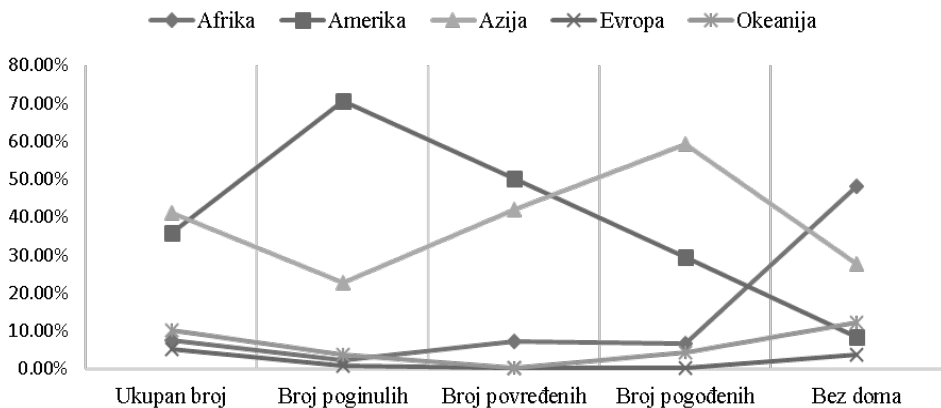
12 D. Petrović; P. Manojlović, *Geomorfologija*, Beograd, 2003, str. 123.

13 Izvor podataka: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database.

14 Izvor podataka, *opus ciatum*.



Slika 1. Kartografski prikaz ukupnog broja i posledica vulkanskih erupcija u svetu za period od 1900. do 2013. godine.<sup>15</sup>



Grafikon 2. Procentualni pregled posledica vulkanskih erupcija po ljude u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>16</sup>

Procentualno, najviše poginulih (70,46%) i povređenih (50,25%) ljudi usled vulkanskih erupcija bilo je u Americi, a najmanje poginulih (0,81%), povređenih (0,27%), pogođenih (0,25%), kao i ljudi koji su ostali bez doma (3,73%) bilo je Evropi. Najviše pogođenih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija bilo je u Aziji (59,29%). Dakle, po broju poginulih ljudi na prvom mestu je Amerika (70,46%), pa Azija (22,62%), Okeanija (3,81), Afrika (2,30%) i Evropa (0,81%). Po broju povređenih ljudi, na prvom mestu je Amerika (50,25%), pa Azija (42,02%), Afrika (7,26%), Okeanija (0,27%) i Evropa (0,21%). Po broju pogođenih ljudi, na prvom mestu je Azija (59,29%), pa Amerika (29,35%), Afrika (6,74%), Evropa (6,74%) i Okeanija (4,37%). Prema broju ljudi koji su ostali bez doma usled posledica vulkanskih erupcija, na prvom mestu je Afrika (48,09%), pa Azija (27,65%), Okeanija (12,24%), Amerika (12,24%) i Evropa (3,73%) (grafikon 2 i slika 1).

<sup>15</sup> *Ibidem.*

<sup>16</sup> *Ibidem.*

Tabela 2. Pet najugroženijih država prema broju vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>17</sup>

Zemlja	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Argentina	104	0	0	124.000	2.400	126.400	0
Kemerun	50	3.566	874	25.000	1.020	26.894	0
Cape V.	30	0	12	2.600	10.000	12.612	0
Čile	28	220	0	155.700	2.400	158.100	30.000
Kolumbija	26	45.652	10.026	103.902	0	113.928	2.000.000

U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše vulkanskih erupcija se dogodilo u Argentini (104). Prema podacima iz tabele, po broju vulkanskih erupcija na prvom mestu je Argentina (104), Kamerun (50), Cape Verde (30), Čile (28) i na kraju Kolumbija (26) (tabela 2).

Tabela 3. Države sa najvećim brojem poginulih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>18</sup>

Zemlja	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Martinik	2	60.000	0	0	0	0	0
Kolumbija	22	45.652	10.026	103.902	0	113.928	2.000.000
Indonezija	104	36.542	7.318	2.297.734	47.000	2.352.052	688.780
Gvatemala	26	24.000	70	56.886	0	56.956	0
Papua N.G.	28	7.030	62	372.798	92.000	464.860	220.000

U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše poginulih usled posledica vulkanskih erupcija je bilo u Martiniku (60.000). U skladu sa tabelom, po broju poginulih ljudi, na prvom mestu je Martinik (60.000), pa Kolumbija (45.652), Indonezija (36.542), Gvatemala (24.000) i Papua (7.030) (tabela 3).

Tabela 4. Pet najugroženijih država prema broju povređenih ljudi usled vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>19</sup>

Zemlja	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Kolumbija	22	45.652	10.026	103.902	0	113.928	2.000.000
Indonezija	104	36.542	7.318	2.297.734	47.000	2.352.052	688.780
Filipini	50	5.992	2.376	3.308.838	158.600	3.469.814	463.922
Meksiko	20	2.240	1.000	292.816	30.000	323.816	234.000
Kemerun	6	3.566	874	25.000	1.020	26.894	0

17 *Ibidem.*18 *Ibidem.*19 *Ibidem.*

U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše povređenih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija je bilo u Kolumbiji (10.026). U skladu sa tabelom, po broju povređenih ljudi, na prvom mestu Kolumbija (10.026), pa Indonezija (7.318), Filipini (2.376), Meksiko (1.000) i Kemerun (874) (tabela 4).

Tabela 5. Top pet država po broju pogođenih ljudi usled vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>20</sup>

Zemlja	Ukupan broj	Broj pogođenih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Filipini	50	5.992	2.376	3.308.838	158.600	3.469.814	463.922
Indonezija	104	36.542	7.318	2.297.734	47.000	2.352.052	688.780
Ekvador	22	12	26	1.084.340	14.400	1.098.766	321.950
Nikaragva	10	2	150	641.390	1.200	642.740	5.444
Komoros	12	38	0	608.000	10.400	618.400	0

U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše pogođenih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija bilo je na Filipinima (3.308.838). U skladu sa tabelom, po broju pogođenih ljudi, na prvom mestu su Filipini (3.308.838), pa Indonezija (2.297.734), Ekvador (1.084.340), Nikaragva (641.390) i Komoros (608.000) (tabela 5).

Tabela 6. Top pet država po broju ljudi koji su ostali bez doma usled vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>21</sup>

Zemlja	Ukupan broj	Broj pogođenih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Martinik	2	60.000	0	0	0	0	0
Kolumbija	22	45.652	10.026	103.902	0	113.928	2.000.000
Indonezija	104	36.542	7.318	2.297.734	47.000	2.352.052	688.780
Gvatemala	26	24.000	70	56.886	0	56.956	0
Papua N.G.	28	7.030	62	372.798	92.000	464.860	220.000

U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše ljudi koji su ostali bez doma usled posledica vulkanskih erupcija je bilo na Filipinima (158.600). U skladu sa tabelom, po broju ljudi koji su ostali bez doma, na prvom mestu su Filipini (158.600), pa Indonezija (47.000), Ekvador (14.400), Komoros (10.400) i Nikaragva (1.200) (tabela 6).

U periodu od 1900. do 2013. godine, najveća procenjena materijalna šteta nastala usled posledica vulkanske erupcije je bila u Kolumbiji (2.000.000\$). U skladu sa tabelom, po vrednosti nastale materijalne štete usled posledica vulkanskih erupcija, na prvom mestu je Kolumbija (2.000.000\$), pa SAD (1.720.000\$), Indonezija (688.780\$), Filipini (463.922\$) i Ekvador (321.950\$) (tabela 7).

<sup>20</sup> *Ibidem.*

<sup>21</sup> *Ibidem.*

Tabela 7. Top pet država po procenjenoj vrednosti materijalne štete nastale usled vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>22</sup>

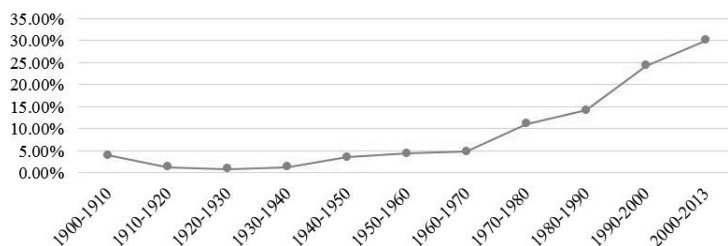
Zemlja	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Kolumbija	22	45.652	10.026	103.902	0	113.928	2.000.000
SAD	4	180	0	0	5.000	5.000	1.720.000
Indonezija	104	36.542	7.318	2.297.734	47.000	2.352.052	688.780
Filipini	50	5.992	2.376	3.308.838	158.600	3.469.814	463.922
Ekvador	22	12	26	1.084.340	14.400	1.098.766	321.950

### 3. Analiza vremenske distribucije vulkanskih erupcija

U periodu od 1900. do 2013. godine, dogodilo se 452 vulkanske erupcije, poginulo je 192.624, povređeno 23.238 i pogođeno 9.789.114 ljudi. U posmatranom periodu, usled posledica vulkanskih erupcija bez doma je ostalo 751.580 ljudi. Posmatrano na različitim nivoima, može se reći da se na godišnjem nivou događalo 4, mesečno 0,33, dnevno 0,011 vulkanske erupcije (tabela 8).

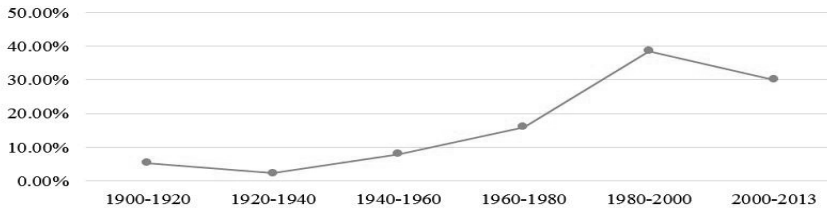
Tabela 8. Pregled ukupnog broja i posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine, sa osvrtom na godišnju, mesečnu i dnevnu distribuciju.<sup>23</sup>

Vrsta	Broj događaja	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1900–2013.	452	192.624	23.238	9.789.114	751.580	10.563.962	6.080.696
Godišnje	4	1.704	205	86.629	6.651	93.486	53.811
Mesečno	0,33	142	17	7.219	554	7.790	4.484
Dnevno	0,011	12	0,57	241	18	260	149

Grafikon 3. Procentualni pregled ukupnog broja vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan po decenijama.<sup>24</sup>22 *Ibidem.*23 *Ibidem.*24 *Ibidem.*

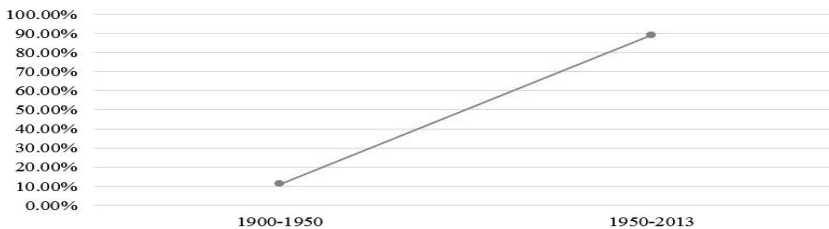


Sve do 1970. godine vulkanske erupcije su se događale u okvirima određenog proseka od 5%. Nakon tog perioda se primećuje značajan porast broja vulkanskih erupcija, a vrhunac je period od 2000. do 2013. godine kada se dogodilo 30,09% od ukupnog broja vulkanskih erupcija za posmatrani period. Najmanje vulkanskih erupcija (0,88%), dogodilo se u periodu od 1920. do 1930. godine (grafikon 3).



Grafikon 4. Procentualni pregled ukupnog broja vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan po periodima od po dvadeset godina.<sup>25</sup>

U periodima od po dvadeset godina najveći broj vulkanskih erupcija se dogodio u periodu od 1980. do 2000. godine (38,50 %), a najmanji u periodu od 1920. do 1940. godine (2, 21%) (grafikon 4).



Grafikon 5. Procentualni pregled ukupnog broja vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan u dva perioda: od 1900. do 1950. i 1950. do 2013. godine.<sup>26</sup>

U periodu od 1950. do 2013. godine, dogodilo se najviše vulkanskih erupcija (88,94%), a najmanje u periodu od 1900. do 1950. godine (11,06%). Jasno se može primetiti trend rasta ukupnog broja vulkanskih erupcija u posmatranom periodu (grafikon 5).

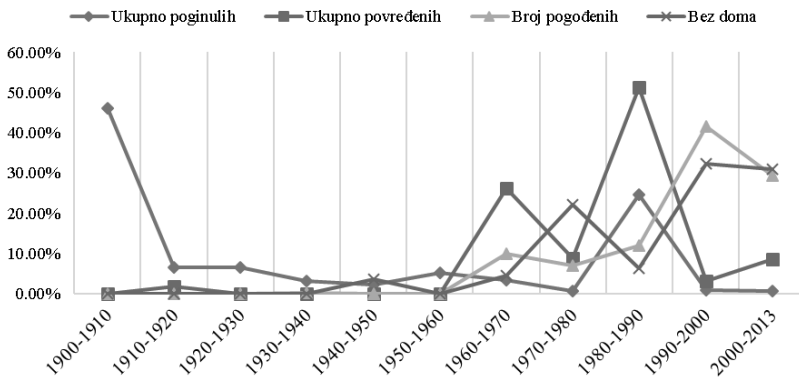
U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše vulkanskih erupcija (136), dogodilo se u periodu od 2000. do 2013. godine, a najmanje (4), od 1920. do 1930. godine. Od toga najviše poginulih je bilo od 1900. do 1910. godine (89.874), a najmanje (1.126) u periodu od 2000. do 2013. godine. Najviše povređenih (11.944) bilo je u periodu od 1980. do 1990. godine, a najmanje (bez povređenih) od 1900. do 1910. godine i od 1920. do 1960. godine. Najviše pogođenih ljudi (2.867.816) usled posledica vulkanskih erupcija bilo je u periodu od 2000. do 2013. godine, a najmanje (bez posledica) od 1900. do 1930. godine. U periodu od 2000. do 2013. godine, najviše ljudi je ostalo bez doma (243.620) (tabela 9).

<sup>25</sup> *Ibidem.*

<sup>26</sup> *Ibidem.*

Tabela 9. Pregled ukupnog broja i posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan po decenijama.<sup>27</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1900–1910	18	89.874	0	0	0	0	0
1910–1920	6	12.950	398	0	0	398	40.000
1920–1930	4	12.738	0	0	0	0	0
1930–1940	6	6.350	0	15.000	0	15.000	0
1940–1950	16	4.420	0	11.000	28.000	39.000	160.000
1950–1960	20	10.128	0	10.458	0	10.458	0
1960–1970	22	6.484	6.090	978.182	34.560	1.018.832	40.400
1970–1980	50	1.232	2.054	677.890	166.200	846.144	1.818.758
1980–1990	64	47.890	11.944	1.165.896	47.200	1.225.040	2.920.380
1990–2000	110	1.882	752	4.062.902	243.620	4.307.274	749.848
2000–2013	136	1.126	2.000	2.867.816	232.000	3.101.816	351.310

Grafikon 6. Procentualni pregled posledica vulkanskih erupcija po ljude u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>28</sup>

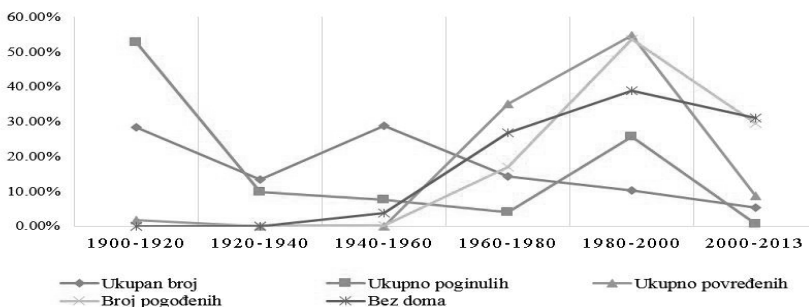
Procentualno posmatrano, najviše poginulih ljudi (46,07%) bilo je u periodu od 1900. do 1910. godine, pa od 1980. do 1990. godine (24,55%) i od 1920. do 1930. godine (6,53%). Najmanje poginulih je bilo u periodu od 2000. do 2013. godine (0,58%). Najviše povređenih je bilo u periodu od 1980. do 1990. godine (51,40%), pa od 1960. do 1970. godine (26,21%) i od 1970. do 1980. godine (8,84%). Najmanje povređenih (0%) je bilo u više perioda (1900–1910, 1920–1930, 1930–1940 i od 1950–1960) (grafikon 6).

27 *Ibidem.*28 *Ibidem.*

Tabela 10. Pregled ukupnog broja i posledica vulkanskih erupcija po stanovništvo u periodu od 1900. do 2103. godine, razvrstan po periodima od po dvadeset godina.<sup>29</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1900–1920	24	102.824	398	0	0	398	40.000
1920–1940	10	19.088	0	15.000	0	15.000	0
1940–1960	36	14.548	0	21.458	28.000	49.458	160.000
1960–1980	72	7.716	8.144	1.656.072	200.760	1.864.976	1.859.158
1980–2000	174	49.772	12.696	5.228.798	290.820	5.532.314	3.670.228
2000–2013	136	1.126	2.000	2.867.816	232.000	3.101.816	351.310

U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše vulkanskih erupcija (174), dogodilo se u periodu od 1980. do 2000. godine, a najmanje (10) od 1920. do 1940. godine. Od toga najviše poginulih (102.824) je bilo od 1900. do 1920. godine, a najmanje (1.126) u periodu od 2000. do 2013. godine. Najviše povređenih (12.696) je bilo u periodu od 1980 do 2000. godine, a najmanje (bez povređenih) od 1920. do 1960. godine. Najviše pogođenih ljudi (5.228.798) je bilo u periodu od 1980. do 2000. godine, a najmanje (0), od 1900. do 1920. godine. U periodu od 1980. do 2000. godine, najviše ljudi je ostalo bez doma (290.820) (tabela 10).

Grafikon 7. Procentualni pregled posledica vulkanskih erupcija po ljude u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan po periodima od po dvadeset godina.<sup>30</sup>

Procentualno posmatrano, najviše vulkanskih erupcija (28,76%) dogodilo se u periodu od 1940. do 1960. godine, a najmanje (5,31%) u periodu od 2000. do 2013. godine. Najviše poginulih ljudi (52,71%) bilo je u periodu 1900. do 1920. godine, dok je najmanje (0,58%) bilo u periodu od 2000. do 2013. godine. Najviše povređenih ljudi (54,63%) bilo je u periodu od 1980. do 2000. godine, a najmanje (0%) u periodu od 1920. do 1940. godine. Najviše pogođenih ljudi (53,41%) bilo je u periodu od 1920. do 1940. godine, a najmanje (0%) u periodu od 1920. do 1940. godine (grafikon 7).

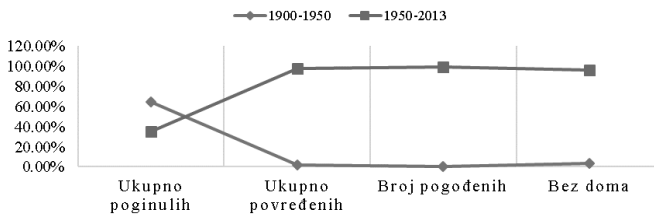
<sup>29</sup> *Ibidem.*

<sup>30</sup> *Ibidem.*

Tabela 11. Pregled ukupnog broja i posledica vulkanskih erupcija po ljude u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan u dva perioda od 1900. do 1950. i od 1950. do 2013. godine.<sup>31</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1900–1950	50	126.332	398	26.000	28.000	54.398	200.000
1950–2013	402	68.742	22.840	9.763.144	723.580	10.509.564	5.880.696

U periodu od 1900. do 2013. godine, najviše pogođenih (10.509.564), bilo je u periodu od 1950. do 2013. godina, a najmanje (54.398) pogođenih u periodu od 1900. do 1950. godine (tabela 11).



Grafikon 8. Procentualni pregled posledica vulkanskih erupcija po ljude u periodu od 1900. do 2013. godine, razvrstan u dva perioda: od 1900. do 1950. i od 1950. do 2013. godine.<sup>32</sup>

Procentualno posmatrano, u periodu od 1900. do 1950. godine, u odnosu na ukupan broj, bilo je 35,24% poginulih, 1,71% povređenih, 0,27% pogođenih i bez doma je ostalo 3,73% ljudi. U periodu od 1950. do 2013. godine, 64,67% ljudi je poginulo, 98,29% povređeno, 99,73% pogođeno i bez doma je ostalo 96,27% ljudi (grafikon 8).

Tabela 12. Pet najznačajnijih godina po broju vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>33</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
2006	24	10	26	757.196	0	757.222	300.000
1991	20	1.366	430	2.369.098	16.800	2.386.328	474.000
2005	16	6	0	682.000	0	682.000	0
1983	14	0	0	97.870	2.200	100.070	350.380
1984	14	74	0	202.000	0	202.000	0

U periodu od 1900. do 2013. godine, 2006. godine se dogodilo najviše vulkanskih erupcija (24). U skladu sa prikazanom tabelom, po broju vulkanskih erupcija, na prvom mestu je 2006. (24), pa 1991. (20), 2005. (16), 1983. (14) i 1984. godina (14) (tabela 12).

31 *Ibidem.*

32 *Ibidem.*

33 *Ibidem.*

Tabela 13. Pet najznačajnijih godina po broju poginulih usled posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>34</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1902	10	77.380	0	0	0	0	0
1985	4	43.600	10.000	17.556	0	27.556	2.000.000
1909	2	11.000	0	0	0	0	0
1919	2	10.000	0	0	0	0	0
1929	2	10.000	0	0	0	0	0

U periodu od 1900. do 2013. godine, 1902. godine je poginulo najviše ljudi (77.380) usled posledica vulkanskih erupcija. U skladu sa gore prikazanom tabelom, po broju poginulih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija na prvom mestu je 1902. (77.380), pa 1985. (43.600), 1909. (11.000), 1919. (10.000), i 1929. godina (10.000) (tabela 13).

Tabela 14. Pet najznačajnijih godina po broju povređenih usled posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>35</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1985	4	43.600	10.000	17.556	0	27.556	2.000.000
1966	4	2.176	4.120	90.000	0	94.120	0
1979	8	536	2.048	74.000	20.000	96.048	0
1965	2	710	1.570	100.000	16.000	117.570	20.000
1982	6	260	1.000	710.000	30.000	741.000	554.000

U periodu od 1900. do 2013. godine, 1985. godine je povređeno najviše ljudi (10.000) usled posledica vulkanskih erupcija. U skladu sa prikazanom tabelom, po broju povređenih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija na prvom mestu je 1985. (10.000), pa 1966. (4120), 1979. (2048), 1965. (1570), i na kraju 1982. godina (1000) (tabela 14).

Tabela 15. Pet najznačajnijih godina po broju pogođenih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>36</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1991	20	1.366	430	2.369.098	16.800	2.386.328	474.000
2006	24	10	26	757.196	0	757.222	300.000
1982	6	260	1.000	710.000	30.000	741.000	554.000
1992	10	2	150	693.156	0	693.306	0
2005	16	6	0	682.000	0	682.000	0

34 *Ibidem.*35 *Ibidem.*36 *Ibidem.*

U periodu od 1900. do 2013. godine, 1991. godine je pogođeno najviše ljudi (2.369.098) usled posledica vulkanskih erupcija. U skladu sa tabelom, po broju pogođenih ljudi usled posledica vulkanskih erupcija na prvom mestu je 1991. (2.369.098), pa 2006. (757.222), 1982. (741.000), 1992. (693.306), i na kraju 2005. godina (682.000) (tabela 15).

Tabela 16. Pet najznačajnijih godina po broju ljudi koji su ostali bez doma usled posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>37</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
2002	14	400	800	335.900	220.000	556.700	18.000
1977	10	430	0	62.000	130.000	192.000	44.000
1993	12	198	54	233.464	114.000	347.518	976
1994	12	202	48	372.800	92.000	464.848	220.000
1982	6	260	1.000	710.000	30.000	741.000	554.000

U periodu od 1900. do 2013. godine, 2002. godine je najviše ljudi (220.000) ostalo bez doma usled posledica vulkanske erupcije. U skladu sa tabelom, prema broju ljudi koji su ostali bez doma usled posledica vulkanskih erupcija na prvom mestu je 2002. (220.000), pa 1977. (192.000), 1993. (347.518), 1994. (464.848), i na kraju 1982. godina (741.000) (tabela 16).

Tabela 17. Pet najznačajnijih godina po vrednosti procenjene materijalne štete nastale usled posledica vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine.<sup>38</sup>

Godina	Ukupan broj	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
1985	4	43.600	10.000	17.556	0	27.556	2.000.000
1980	4	180	0	104.470	5.000	109.470	1.720.000
1982	6	260	1.000	710.000	30.000	741.000	554.000
1991	20	1.366	430	2.369.098	16.800	2.386.328	474.000
1983	14	0	0	97.870	2.200	100.070	350.380

U periodu od 1900. do 2013. godine, najveća procenjena materijalna šteta (2.000.000\$) nastala usled posledica vulkanskih erupcija je bila 1985. godine. U skladu sa gore prikazanom tabelom, po vrednosti procenjene materijalne na prvom mestu je 1985. godina (2.000.000\$), pa 1980. (1.720.000), 1982. (554.000), 1991. (474.000), i na kraju 1983. godina (350.380) (tabela 17).

## Zaključak

Sagledavajući direktne/indirektne posledice, može se reći da su vulkanske erupcije jedna od najozbiljnijih prirodnih katastrofa, koja za sobom ostavlja značajne posledice. Stoga, upravljanje u prirodnim katastrofama (ublažavanje,

<sup>37</sup> *Ibidem.*

<sup>38</sup> *Ibidem.*

priprema, odgovor i oporavak) kao što su vulkanske erupcije predstavlja veoma kompleksno pitanje. Sistemi upozorenja koji precizno tumače verovatno vreme i pravac erupcije su neophodan element. U većini slučajeva upravljanje se oslanja na pažljivo praćenje i potpuno razumevanje (sagledavanje) istorije prethodnih vulkanskih erupcija. Uspešna formula za preusmeravanje tokova lave je razvijena na Etni početkom devedesetih godina prošlog veka, upotrebom opreme za zemljane radove, „tetrapodi“ od armiranog betona i velikih količina eksploziva.

Analiziranjem broja, trendova, posledica i vremenske i geoprostorne distribucije vulkanskih erupcija u periodu od 1900. do 2013. godine, može se istaći činjenica da su posle zemljotresa, vulkanske erupcije najučestalija geofizička katastrofa. U periodu od 1900–2013. godine, dogodilo se 452 vulkanske erupcije, poginulo je 192.624, povređeno 23.238 i pogođeno 9.789.114 ljudi. Takođe, bez doma usled posledica vulkanskih erupcija je ostalo 751.580 ljudi. Imajući u vidu njihova potencijalna mesta nastanka, ne iznenađuje činjenica da se najviše dogodilo u Aziji, a najmanje u Evropi. Ipak, najviše poginulih bilo je u Americi, dok je najviše povređenih bilo u Aziji. Naravno, najmanje poginulih, povređenih i pogođenih bilo je u Evropi. Generalno, navedenim odnosima broja vulkanskih erupcija po kontinentima odgovara i obim nastalih posledica. Sagledavajući broj vulkanskih erupcija na državnom nivou, najviše se dogodilo u Argentini, pa Kemerunu, Capeu, Cileu i Kolumbiji. Po broju poginulih, na prvom mestu je Martinik, pa Kolumbija, Indonezija i Gvatemala. Činjenica da broj vulkanskih erupcija ne prati broj poginulih na državnom nivou govori o velikom broju faktora koji utiču na te dve varijable (strukturalne i nestrukturalne mere zaštite ljudi, imovine i životne sredine). Sve do 1970. godine vulkanske erupcije su se događale u okvirima određenog proseka (5%), a nakon tog perioda, primećuje se značajan porast broja vulkanskih erupcija sa svojim vrhuncem (30,09%) u period od 2000. do 2013. godine. Samim tim, moguće je očekivati i nastavak takvog trenda u budućnosti. Naravno, najmanji broj se dogodilo u periodu od 1920. do 1940. godine. Posebno je interesantno spomenuti da je najviše poginulih ljudi je bilo od 1900. do 1910. godine (89.874), a najmanje (1.126) u periodu od 2000. do 2013. godine.

Na osnovu svega iznetog, neophodno je nastaviti kontinuirana istraživanja fenomenologije i metodologije praćenja i predviđanja vulkanskih erupcija kao vrste prirodnih katastrofa, normativno-pravno unapređivanje sistema preventivne zaštite, unapređivanje uslova za veće proaktivno delovanje kroz izgradnju sistema podrške odlučivanja subjekata sistema zaštite i spasavanja i razvoj višeg nivoa obučenosti i opremljenosti interventno-spasilačkih službi za delovanje u vanrednim situacijama izazvanim vulkanskim erupcijama.

## Literatura

1. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2003), *EM-DAT: the OFDA/CRED International Disaster Database*, pristupljeno 5. 6. 2013. godine u 15.00 časova.
2. Cvetković, V; *Intervetno-spasilačke službe u vanrednim situacijama*, Zadužbina Andrejević, Beograd.

3. Cvetković, V; Mijalković, S; Spatial and Temporal distribution of geophysical disasters, *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić"* 63/3, 345–360, Belgrade, 2013.
4. Davis, L; *Natural Disasters*, Facts On File, New York, 2008.
5. Filipović, I; Milojković, B; Osnovi kartografije sa topografijom, Prirodno-matematički fakultet – Departman za geografiju, Niš, 2008.
6. Guha, D; Vos, F; Below, R; Ponserre, S; *Annual Disaster Statistical Review 2011: The Numbers and Trends*, CRED, Brussels, 2012.
7. Mijalković, S; Cvetković, V; Vulnerability of Critical Infrastructure by Natural Disasters, National Critical Infrastructure Protection, Regional Perspective, Belgrade, 2013.
8. Milojković, B; Savremeni geotopografski materijali za potrebe policije – karakteristike i način korišćenja, *Bezbednost*, 4/2007, Beograd.
9. Mlađan, D; Cvetković, V; Classification of Emergency Situations, Thematic Proceedings of International Scientific Conference "Archibald Reiss Days", Academy of criminalistic and police studies, 1–2. march 2013.
10. Mlađan, D; Cvetković, V; Veličković, M; Sistem upravljanja u vanrednim situacijama u Sjedinjenim Američkim Državama, *Vojno delo*, proleće 2012, Beograd.
11. Mlađan, D; Kekić, D; Vanredna situacija – prilog konceptualnom određenju bezbednosti, *Nauka, bezbednost i policija: Žurnal za kriminalistiku i pravo*, God. 12, broj 3, Beograd.
12. Petrović, D; Manojlović, P; *Geomorfologija*, Geografski fakultet, Beograd, 2003.
13. Punongbayan, R; *International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation, Consequences*, Springer, Netherlands, 2007.
14. Shneid, D; Collins, L; *Disaster management and preparedness*, CRS Press LLS, USA, 2001.

## ANALYSIS OF SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF VOLCANIC ERUPTIONS

Vladimir M. Cvetkovic

The Academy of Criminalistic and Police Studies, Belgrade

**Summary:** Natural disasters of all kinds (meteorological, hydrological, geophysical, climatological and biological) are increasingly becoming part of everyday life of modern human. The consequences are often devastating, to the life, health and property of people, as well to the security of states and the entire international regions. In this regard, we noted the need for a comprehensive investigation of the phenomenology of natural disasters. In addition, it is particularly important to pay attention to the different factors that might correlate with each other to indicate more dubious and more original facts



about their characteristics. However, as the issue of natural disasters is very wide, the subject of this paper will be forms, consequences, temporal and spatial distribution of volcanic eruptions, while analysis of other disasters will be the subject of our future research. In relation to the total number of natural disasters in the period, which amounted to 25.552, geophysical disasters are in the third place according to its frequency – 11,89%. In the first place are hydrological disasters – 37,40%, and the last are biological ones – 11,04%. Volcanic eruptions as geophysical disasters, every day increasingly jeopardize the safety of people and their property. As such, they are beginning to attract more attention of researchers in the field of emergency situations who want to better understand it. Bearing in mind that this is a mass phenomenon, which consists of multiple units, most preferred scientific method for drawing conclusions about the volcanic eruptions is general scientific statistical method. Guided by this fact, the subject of this paper is a descriptive statistical analysis of spatial and temporal distribution of volcanic eruptions in the period from 1900 to 2013 at the global level. In addition, the statistical study was conducted in such a way that in the first step raw (unprocessed) data were taken in «Excel» file form from the international database on disasters (CRED) in Brussels, which were then analyzed in the statistical SPSS data processing. Within the temporal analysis, the distribution of the total number and effects of volcanic eruptions was examined on an annual, monthly and daily basis, with a special focus on the top 5 years by the number of various effects (killed, injured, affected, homeless). On the same principle, within the spatial distribution, total number and the consequences of volcanic eruptions were analyzed by continents and countries, with special emphasis on the top five states in terms of total number and variety of consequences.

**Keywords:** volcanic eruptions, statistical analysis, natural disasters, security, emergency situations.