

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK**

**ERUPCIJE VULKANA I UTJECAJ NA OKOLIŠ**

**VOLCANO ERUPTIONS AND IT'S IMPACT ON THE  
ENVIRONMENT**

**SEMINARSKI RAD**

**Bojan Karaica  
Preddiplomski studij znanosti o okolišu  
(Undergraduate Study of Environmental science)  
Mentor: prof.dr. Dražen Balen**

**Zagreb, 2009.**

# SADRŽAJ

1. Uvod.....	2
2. Promjena atmosfere uslijed erupcija vulkana .....	4
2.1 Promjene koncentracije CO <sub>2</sub> .....	4
2.2 Kisele kiše .....	5
3. Utjecaj vulkanskih erupcija na podzemne i nadzemne vode.....	8
3.1 Uloga vulkana u postanku vode na Zemlji.....	8
3.2 Vulkan Miyakejima .....	9
4. Vulkanska tla.....	11
4.1 Tlo i njegovi horizonti .....	11
4.2 Svojstva i nastanak vulkanskih tala .....	12
4.3 Rasprostranjenost vulkanskih tala .....	14
5. Biljni svijet i vulkanske erupcije .....	14
6. Erupcije vulkana i životinjski svijet.....	17
7. Čovjek i vulkani .....	20
7. Zaključak.....	23
8. Sažetak .....	23
9. Summary .....	24
10. Literatura.....	25

# 1. Uvod

Vulkani su geološki fenomeni nastali kao posljedica neprestane izmjene energije i tvari između Zemljine unutrašnjosti i njezine površine. Takve izmjene mogu imati negativne i pozitivne utjecaje na živi svijet. Vulkanske aktivnosti se povezuju sa mnogim masovnim izumiranjima kroz geološku prošlost Zemlje. Jedno takvo izumiranje, možda najpoznatije među geolozima, je masovno izumiranje koje se dogodilo na prijelazu iz perma u trijas. Upravo taj događaj mnogi smatraju posljedicom globalne vulkanske aktivnosti. Dokaz za postojanje velike magmatske aktivnosti na kraju perma su velike količine magmatskih stijena u Sibiru, južnoj Kini te sjevernoj Indiji. Gledano kroz sudbinu permskih organizama, negativne konotacije vezane uz vulkane se čine opravdanima.

Postoji i druga, pozitivna, strana. Padine oko vulkana Vezuva, u Italiji, se i danas koriste u poljoprivredne svrhe (npr. uzgoj vinove loze). Primjer otočja Galapagos također govori u prilog pozitivnoj strani vulkana. Bioraznolikost na koju je Charles Darwin naišao u 19. stoljeću za vrijeme svog putovanja brodom Njezina Veličanstva, HMS Beagle-om, zapanjuje. Otočje Galapagos je nastalo kao rezultat djelovanja "hot spota" odnosno vruće točke. Otoci koji nastaju na taj način doslovno "izranjaju" iz oceana zbog neprestanog izlivanja lave iz Zemljine unutrašnjosti na njezinu površinu. Preduvjet za stvaranje takvih otoka je manja debljina oceanske kore te dostatan dotok magme. Takvi otoci pokazuju konstruktivnu stranu vulkana. Plodno tlo koje nastaje oko vulkana je osnova za razvoj biljnog svijeta. Bez biljaka nema herbivornih životinja koje su slijedeće u hranidbenom lancu. Nakon uspostavljanja baze hranidbenog lanca neizbježan je dolazak predatora. U ovom pojednostavljenom prikazu živog svijeta može se prepoznati važnost anorganske komponente za njegov razvoj. Harold C. Urey i Stanley L. Miller svojim su pokusima 1955. godine dokazali mogućnost nastanka organskih molekula u uvjetima koji su postojali prije više od 3.5 milijarde godina. Organske molekule su osnova postojanja živog svijeta na planetu Zemlji.

Vulkani su važan izvor mineralnih sirovina koje se koriste u raznim industrijama. Također mogu biti promatrani i kao izvor besplatne energije koja dolazi iz unutrašnjosti Zemlje. Zbog sve veće potrebe svijeta za električnom energijom razrađeni su planovi iskorištavanja geotermalne energije. Island je primjer države koja koristi geotermalnu energiju kako bi stvarala električnu energiju. Iskorištavanje geotermalne energije je ograničeno samo na određene lokacije u svijetu. Unatoč ograničenosti, iskorištavanje takvih izvora energije je nadasve ekonomično i prihvatljivo za okoliš. Smanjene količine stakleničkih plinova u

proizvodnji električne energije, putem korištenja geotermalnih izvora, je očito. Takva postrojenja nemaju nikakvu emisiju ugljikova dioksida. Postoji tek manja emisija vodene pare, koja se također ubraja u stakleničke plinove, ali je njezin staklenički učinak neznatan u odnosu na učinak plinova kao što su ugljikov dioksid i metan.

Opasnosti koje prijete od vulkanskih erupcija (Sl.1.) su mnoge. Pepeo, lapili, vulkanske bombe i vulkanski blokovi predstavljaju veličine po kojima se razlikuje materijal izbačen iz kratera. Pepeo i sitne čestice mogu uzrokovati respiratorne probleme kod ljudi i životinja te urušavanje objekata zbog težine nakupljenih čestica. Veći fragmenti, kao što su vulkanske bombe ili blokovi, predstavljaju neposrednu opasnost za ljude koji se nađu u relativnoj blizini vulkanske erupcije. Manju opasnost predstavljaju tokovi lave zbog svoje relativno male brzine. Najveću opasnost predstavljaju piroklastični i bujični tokovi. Zbog svojih velikih brzina kojima se spuštaju niz padine vulkana ostavljaju malo vremena za evakuaciju ljudi. Piroklastični tok je sastavljen od pepela, lapila i većih magmatskih stijena kao što su vulkanski blokovi. Visoke temperature unutar samog toka su dodatna opasnost. Bujične tokove također karakterizira pepeo, lapili i druge magmatske stijene u kombinaciji sa vodom. Bujični i piroklastični tokovi su, dakle, jedne od najopasnijih pojava vezane uz erupcije vulkana. Opasnost koju može potaknuti erupcija vulkana je dobro poznati tsunami val. Silna energija oslobođena za vrijeme erupcije može se prenijeti na vodenu masu kao što je more. Urušavanje sedimenta na morskim padinama u dublje dijelove mora također može pokrenuti tsunami val. Energija oslobođena erupcijom se širi kroz stijene te dolazi do takvih sedimenta koji su nestabilni, što uzrokuje urušavanje te pojavu tsunami vala. Vulkani na mnoge načine modificiraju uvjete života na Zemlji i uzrokuju razne pojave o kojima ćemo kasnije raspravljati.



Slika 1. Prikaz erupcije vulkana (preuzeto sa internetske stranice

[http://pubs.usgs.gov/dds/dds-39/images/JPG/small\\_screen/fig76.jpg](http://pubs.usgs.gov/dds/dds-39/images/JPG/small_screen/fig76.jpg))

## **2. Promjena atmosfere uslijed erupcija vulkana**

### **2.1 Promjene koncentracije CO<sub>2</sub>**

Zahvaljujući znanstveniku Charlesu Keelingu danas se mnogo toga zna o modifikatorskim učincima atmosferskih plinova. Njegovim mjerenjima ugljikova dioksida na mjestu observatorija Mauna Loa, na otoku Hawaii, (Hofmann i sur. 2008) utvrđeno je povećanje koncentracije tog atmosferskog plina. Ugljikov dioksid se smatra stakleničkim plinom. Sposobnost absorbiranja dugovalnog zračenja koje emitira površina Zemlje te dugo vrijeme zadržavanja spomenutog zračenja u atmosferi, svrstava ovaj plin u glavne stakleničke plinove. Sve veća količina toplinske energije na taj način ostaje unutar atmosfere, što uzrokuje postupno povišenje temperature. Opisani efekt je poznat pod nazivom "efekt staklenika". Porast temperature na globalnoj razini se pripisuje sve većoj koncentraciji stakleničkih plinova. Jedna od posljedica porasta temperature je otapanje polarnih kapa, što za sobom poteže povećanje razine mora i smanjenje albeda Zemlje. Albedo Zemlje (sposobnost refleksije sunčevih zraka) je važna komponenta koja sudjeluje u njezinoj termoregulaciji kao i

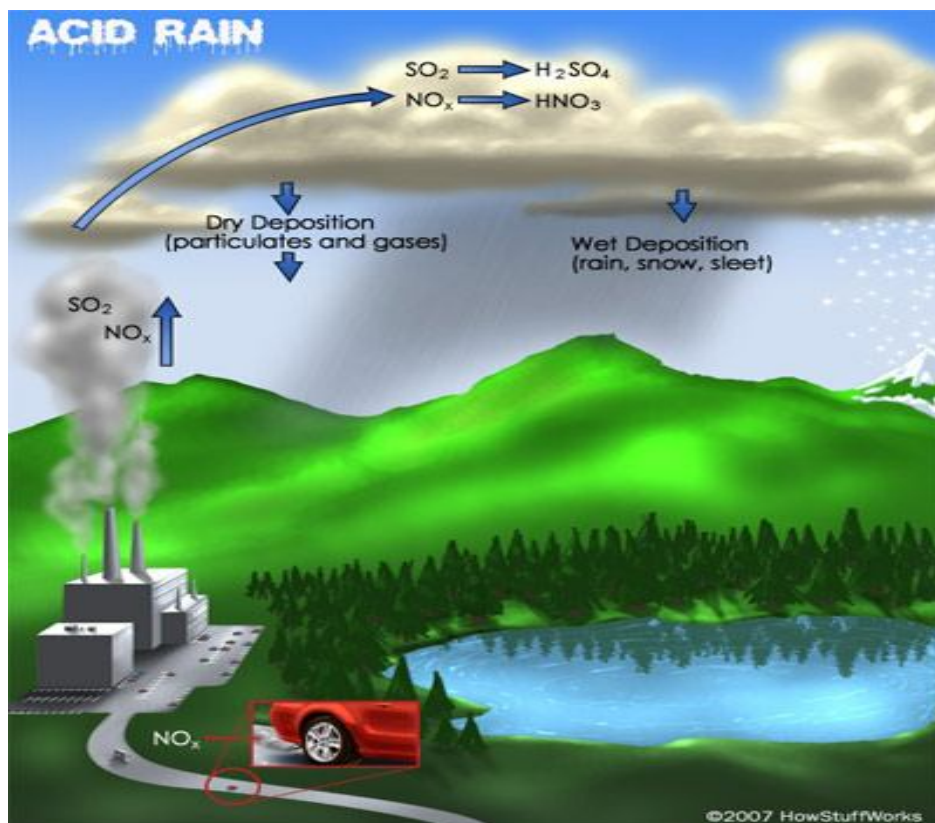
količina CO<sub>2</sub> u atmosferi. Erupcije vulkana su prirodni izvor stakleničkih plinova kao što su spomenuti ugljikov dioksid, metan, dušikov dioksid, ugljikov monoksid, sumporov dioksid, vodena para itd. Upravo je zbog te činjenice C. Keeling odabrao lokaciju observatorija Mauna Loa kod istoimenog vulkana. Isključivši na taj način doprinos prirodnog izvora ugljikovog dioksida, mogao je pratiti stvarnu promjenu u povećanju njegove količine u atmosferi. Izoliranost vulkana na Hawaii-ma osigurala je praćenje promjene na globalnoj razini, jer je potreban znatan unos ugljikova dioksida u atmosferu da se primjeti bilo kakva promjena njegovog udjela u atmosferi. Mjerenja C. Keelinga, koja su počela 1958. godine, su pokazala povećanje količine ugljikovog dioksida u atmosferi.

Sastav atmosfere utječe na toplinsku stabilnost Zemlje. Kroz geološku prošlost vulkani su bili glavni regulatori njezina sastava izbacivanjem određene količine stakleničkih plinova. Ovisno o vulkanskim aktivnostima, temperatura na Zemlji se mijenjala. Korelacijom geoloških nalaza magmatske aktivnosti i istraživanjem sastava paleoatmosfera može se dobiti slika o međusobnoj povezanosti vulkana i temperature na Zemlji. Današnje stanje atmosfere i aktivnost pojedinih vulkana se pomno prati. Primjer mjesta koje se bavi praćenjem sastava atmosfere i aktivnosti vulkana je Mauna Loa na Hawaii-ma.

## **2.2 Kisele kiše**

Jedan od problema vezanih uz povećanu emisiju stakleničkih plinova je pojava "kiselih kiša" (Sl.2.). Pojedini staklenički plinovi, uz one koji nastaju kao nusprodukt industrijske proizvodnje te korištenja fosilnih goriva, mogu stvoriti pojavu poznatu pod imenom "kisele kiše". Ispušteni u atmosferu, bilo vulkanskim erupcijama ili antropogenim aktivnostima, plinovi kao što su ugljikov dioksid i sumporov dioksid stupaju u kemijske reakcije sa molekulama vode. Prilikom tih kemijskih reakcija nastaju blage kiseline. Takve "kisele kiše" utječu na tlo, biljke, vodu, životinje te, posljedično, i na samog čovjeka. Dva najčešća plina vezana uz tu pojavu su dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>) i sumporov dioksid (SO<sub>2</sub>). Izvori ovih spojeva mogu biti antropogenog ili prirodnog (vulkanskog) podrijetla. Veći problem predstavljaju antropogeni izvori zbog kontinuiranosti emisija te povećanja njihove brojnosti. Izgaranje fosilnih goriva u raznim industrijama, automobilskim motorima, kućanstvima i termoelektranama samo su neki od primjera antropogenih izvora. Države Europe i sjeverne Amerike su među prvima donijele niz zakona kojima se emisija takvih plinova regulira.

Unatoč svim usvojenim zakonima i stvarnom smanjenju emisije plinova ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) utjecaj "kiselih kiša" nije smanjen.

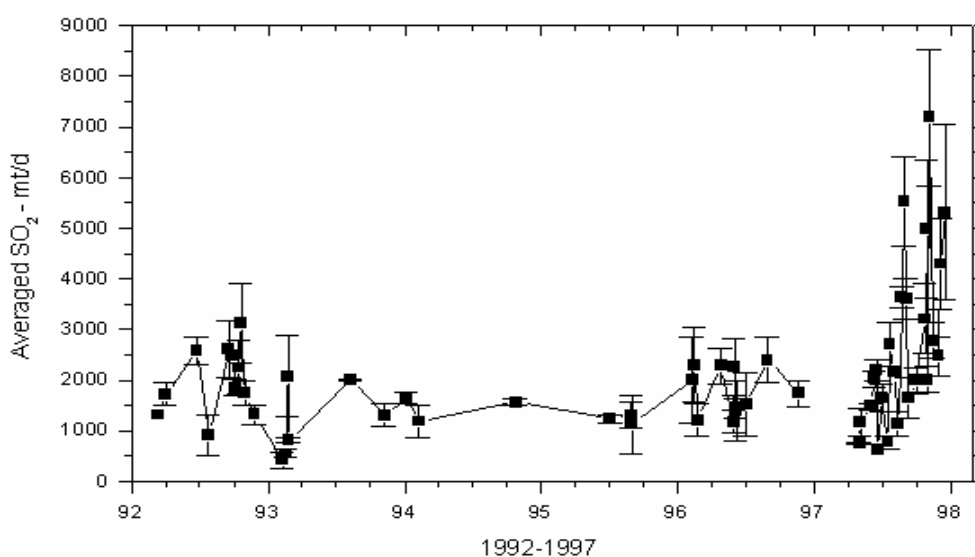


Slika 2. Prikaz antropogenog utjecaja na stvaranje kiselih kiša (preuzeto sa internetske stranice <http://www.blogovanje.com/DMEN/images/acid-rain-1a.jpg>)

Neke studije svjedoče o složenosti fenomena kiselih kiša. Utvrđeno je kako sastav atmosfere može utjecati na njihovu pojavu. Pojava različitih koncentracija kemijskih spojeva u atmosferi, poznatima pod zajedničkim imenom baze, uvjetuje smanjenje ili povećanje udjela kiselih kiša na nekom prostoru. Običnom kemijskom reakcijom neutralizacije, koja se događa između kiselina stvorenih u oblacima i spojeva baza, onemogućuje se utjecaj kiselina na dijelove litosfere, biosfere te hidrosfere. Iako se emisija dušikovog dioksida i sumporovog dioksida smanjila zakonskim regulacijama, učestalost kiselih kiša je ostala približno ista. Uzrok problema je prepoznat u proporcionalnom smanjenju koncentracije kemijskih spojeva baza. Većina takvih spojeva se može naći na površini čestica atmosferske prašine koje se neprestano gibaju u atmosferi. Glavni spojevi u atmosferskoj prašini koji neutraliziraju kiseline (u atmosferi) su kalcijev i magnezijev karbonat. Postoji više izvora čestica atmosferske prašine. Antropogeno uvjetovani izvori se kreću od izgaranja fosilnih goriva,

industrijske aktivnosti (proizvodnja cementa), rudarskih aktivnosti pa do gradilišta, farmi i neasfaltiranih puteva. Prirodne izvore atmosfernih čestica možemo tražiti u obliku šumskih požara, erozija te aridnih područja gdje vjetar podiže čestice sa tla. Ljudske aktivnosti mogu povećati doprinos prirodnih izvora, ali i sami prirodni izvori mogu postati antropogeni izvori atmosfernih čestica. Najbolji primjer, za drugi navedeni slučaj, su čovjekom izazvani šumski požari te utjecaj stočarstva na proširenje aridnih krajeva. Uništavanje vegetacije ispašom povećava ogoljene površine tla i na taj način pridonosi većoj količini atmosfere prašine.

Kisele kiše lokalnog karaktera se mogu proučavati u blizini vulkana. Vulkan Mauna Loa na Hawaii-ma kontinuirano izbacuje velike količine sumporovog dioksida i vodene pare. Kombinacija vodene pare i sumporovog dioksida uvjetuje stvaranje smoga koji se zadržava neposredno uz samo tlo. Konačan položaj smoga na samom otoku određuju vjetrovi. Zbog ispuštenog sumporovog dioksida (SO<sub>2</sub>) stvara se kiselina u oborinama iznad samog vulkana koje zatim padaju na otok Hawaii. U ovom slučaju vulkan svojim emisijama plinova formira kisele kiše na određenoj lokaciji. Najveća briga lokalnog stanovništva nije usredotočena na vegetaciju ili tlo već na kvalitetu vode. Većina stanovnika otoka Hawaii koristi kišnicu kao izvor vode. Kišnicu skupljaju preko krovova kuća u posebne vodonosne cisterne. Zbog kiselina u oborinama dolazi do ispiranja olova koje se nalazi u krovnoj boji i čavlima. Takva voda predstavlja zdravstvenu opasnost, posebice za djecu. Spojevi olova utječu na živčani sustav čovjeka te mogu izazvati smrt. Iako je ovo lokalizirani problem, dobro nam prikazuje kako erupcije vulkana, u vrlo kratkom vremenu, mogu promijeniti okoliš i uvjete života promjenom sastava atmosfere iznad određenog područja.



Slika 3. Prosječne emisije SO<sub>2</sub> (u metričkim tonama) sa lokacije Kilauea istočne riftne zone u razdoblju 1992-1998. godine (preuzeto iz Elias i sur. 1998)



### 3. Utjecaj vulkanskih erupcija na podzemne i nadzemne vode

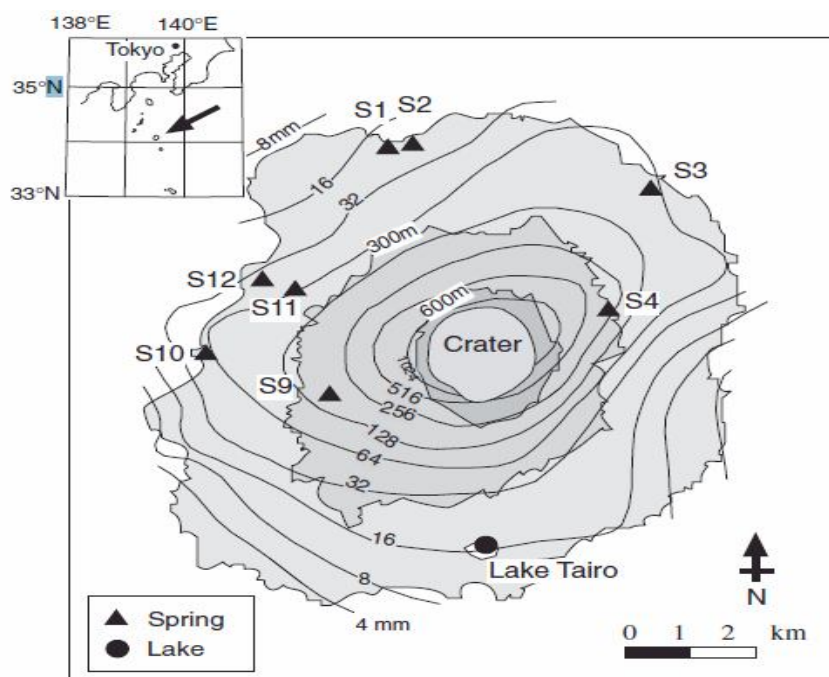
#### 3.1 Uloga vulkana u postanku vode na Zemlji

Prije 4.5 milijarde godina Zemlja je oblikovana neprestanim vulkanizmom. Voda je nusprodukt tog vulkanizma. Njezino postojanje u atmosferi, oceanima, morima, jezerima, rijekama i potocima objašnjava se oslobađanjem molekula vode iz lave, točnije iz minerala sa -OH skupinom. Postupnim isparavanjem iz navedenih materijala došlo je do akumulacije vode u atmosferi. Nakon što je dospjela u atmosferu voda je morala nekako doći na samu površinu i tamo se zadržati. Postupnim hlađenjem Zemlje stvorile su se tektonske ploče koje danas uvjetuju nastanak vulkanizma na pojedinim dijelovima svijeta. Tektonske ploče su bile hladnije od prvotne Zemljine površine omogućivši time zadržavanje vode u njihovim depresijama. Voda koja je prije 3.8 milijardi godina cirkulirala u kružnom ciklusu drastično se razlikuje od današnje. Osnovni plinovi atmosfere su bili ugljikov dioksid, dušik, ugljikov monoksid, vodikov sulfid i vodikov klorid. Oborine koje su se formirale morale su biti kisele zbog prisutnosti navedenih plinova. Kiselim kišama napunjena su udubljenja na zemljinoj kori te su stvoreni oceani, mora, jezera i rijeke. Kemijske reakcije otapanja stijena uvjetovale su današnji kemijski sastav oceana i mora. Ugljična kiselina koja se nalazila u oborinama i oceanima otapala je stijene te je na taj način obogaćivala vode različitim kemijskim elementima u obliku iona (kalcij, magnezij, natrij itd.). Otapanjem stijena koncentracija pojedinih iona postala je konstantna zbog postizanja kemijske ravnoteže. Zbog svoje izrazite topljivosti ioni natrija su jedan od glavnih sastojaka mora i oceana. Spajanjem iona natrija sa ionima klora u morima i oceanima nastao je halit odnosno kuhinjska sol.

Voda u prirodi kruži između atmosfere, litosfere i hidrosfere. Voda može biti sastavni dio minerala, ali se nalazi i u obliku leda na polovima, u tekućem obliku oceana ili kao plin u atmosferi. Kroz prethodni povijesni pregled nastanka oceana i atmosfere može se uočiti neprestana promjena otopljenih tvari u vodi. Dramatične promjene u koncentracijama otopljenih tvari u vodi mogu biti pogubne za živi svijet. Jedan od primjera značajnih promjena koncentracije određenih spojeva, u vrlo kratkom periodu, je utjecaj erupcija vulkana na obližnje vode.

### 3.2 Vulkan Miyakejima

Vulkan Miyakejima, koji se nalazi 180 km južno od japanskog grada Tokya, je eruptirao tri puta u periodu od 14. srpnja do 29. kolovoza 2000. godine. Izvedena su hidrološka mjerenja na osam izvora oko kratera vulkana. Dodatno su obavljena mjerenja vode iz obližnjeg jezera Tairo kako bi se utvrdio utjecaj podzemnih voda i kiselih kiša na vode u okolici vulkana. Oborine i podzemne vode su jedini način vodoopskrbe jezera Tairo. Prilikom te tri erupcije izračunat je volumen izbačenog materijala u obliku vulkanskih bombi, pepela i ostalog vulkanskog materijala. Volumen materijala kojeg je vulkan izbacio iznosi  $11 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Sato i sur. 2000). Također su izračunate i pH vrijednosti, temperatura te električna vodljivost vode. Konačna pH vrijednost vode iznosila je 4.8 što upućuje na zakiseljavanje voda (Sato i sur. 2000). Prije erupcije glavni konstituenti voda na izvorima bili su natrijevi (13-82 mg/l) i kloridni (25-173 mg/l) ioni (Sato i sur. 2000). Povišenja u koncentracijama tih iona su uočena na izvorima koji su bliži obali mora. Utjecaj morske vode, koja ima povećane koncentracije natrijevih i kloridnih iona, je vidljiv kroz povišenje spomenutih iona u izvorskim vodama blizu obale. Osnovni ionski konstituenti vode iz jezera Tairo bili su  $\text{HCO}_3^-$  (208 mg/l) i  $\text{Mg}^{2+}$  (41 mg/l) (Sato i sur. 2000). Osim navedenih iona koncentracija  $\text{SO}_4^-$  je bila relativno niska, a iznosila je 3.8-25 mg/l za izvorsku vodu i 81 mg/l za jezersku vodu (Sato i sur. 2000). Izvori su označeni oznakama S1-S4 te S9-12 kao što je prikazano na slici (Sl.4.).



Slika 4. Prikaz geografskog smještaja izvora (S1-S12) i jezera Tairo (preuzeto iz Sato T. i sur. 2006)

Godinu dana nakon erupcije (srpanj 2001) na izvorima S3 i S4 pojavila se deset puta veća koncentracija  $\text{SO}_4^-$  iona. Time je  $\text{SO}_4^-$  anion postao glavni anionski konstituent u izvorskim vodama. Osim aniona povećana je koncentracija svih kationa. Slična je situacija uočena kod S2 i S12 izvora u smislu povećanja koncentracije  $\text{SO}_4^-$  aniona. Na jezeru Tairo uočena je drugačija promjena u koncentracijama pojedinih aniona i kationa. U jezerskoj vodi je došlo do povećanja koncentracije svih anionskih i kationskih konstituenata. U siječnju 2002. godine uočene su promjene kod izvora S9 koje su slične onima kod izvora S4. Na lokacijama S3 i S4 promjene su napredovale u istom pravcu. Također su primjećene promjene u koncentraciji  $\text{SO}_4^-$  aniona kod S10 i S11 izvora. Drugačije podatke je pokazivala voda iz jezera koja je odoljevala većim promjenama osnovnih ionskih konstituenata u odnosu na mjerenja iz 2001. godine. Mjerenjima obavljenima u kolovozu 2002. godine očitana su povećanja koncentracija koja se poklapaju sa mjerenjima iz siječnja 2002. godine. Izvori S11 i S12 su pokazivali povećanje u svim koncentracijama kationa. Kroz sva mjerenja zajedničko je povećanje koncentracije  $\text{SO}_4^-$  aniona. Podrijetlo povećanja  $\text{SO}_4^-$  aniona se može naći u izbačenom vulkanskom materijalu koji je bio bogat anhidritom ( $\text{CaSO}_4$ ) te plinovima kao što je sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ). Direktnim miješanjem sumporovog dioksida sa podzemnom vodom uzrokovalo je povećanje koncentraciji  $\text{SO}_4^-$  aniona u ispitivanim vodama. Putem kiselih kiša, ali i putem infiltracije eluata anhidrita (Sl.5.) u podzemne vode omogućeno je povećanje koncentracije  $\text{SO}_4^-$  aniona i paralelno  $\text{Ca}^+$  kationa.



Slika 5. Mineral anhidrita (preuzeto sa internetske stranice

<http://images.google.com/imgres> )

Na taj način povećava se kiselost podzemne vode što omogućava otapanje stijena koje čine aquifer, odnosno, vodonosnik. Takvim procesom otapanja koncentracije raznih tvari u vodi se postepeno povećavaju. Vulkani svojim izbačenim materijalom uvjetuju stanje voda koje se nalaze u njihovoj neposrednoj blizini. Vulkanske erupcije oslobađaju i unose vodu u kružni ciklus vode u prirodi tako što donose minerale bogate OH skupinama na površinu Zemlje. Na ovom lokalnom primjeru može se vidjeti kako vulkani oblikuju kemijski sastav vode. Prilikom većih erupcija štete u smislu gubitka pitke vode bile bi velike.

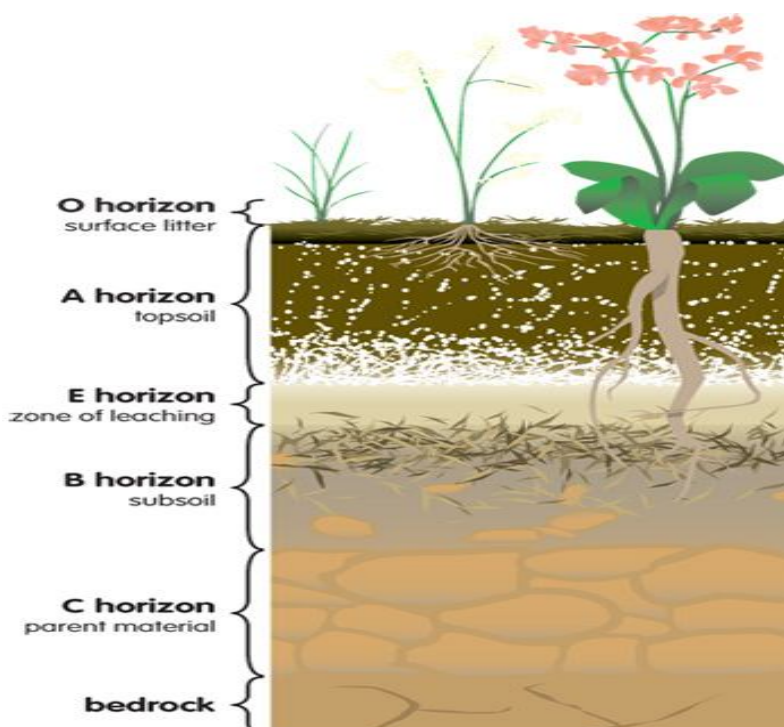
## **4. Vulkanska tla**

### **4.1 Tlo i njegovi horizonti**

Pod pojmom tlo podrazumijevamo akumulaciju nekonsolidiranog materijala koji je nastao kao produkt trošenja. Osim anorganske materije ono se sastoji i od organskog materijala, poznatog pod imenom humus. Podrijetlom od uginulih organizama, humus je bitan sastojak svakog tla. Postotak organske materije u tlima je različit te u udjelu može varirati od 0% do 100%. Zrela tla su naziv za nekonsolidiranu akumulaciju organske i anorganske tvari koja je rezultat višestoljetnog mehaničkog i kemijskog trošenja stijena. Tlo se formira iznad stijene koju zovemo matičnom stijenom. Iz dosad spomenutog može se zaključiti da postoji velik broj tipova tla. Osnovni faktori koji utječu na sastav tla su tip matične stijene, klima, topografija reljefa, padaline, postotak gline, pijeska ili silta, količina humusa i visina. Osim spomenutih varijabli postoji cijeli niz drugih čimbenika koji pomažu u oblikovanju tla. Primjer plodnog tla je ilovača koja se sastoji od pijeska, silta i gline sa većom količinom humusa. Odlične osobine ovog tla su, osim plodnosti, dobra drenaža i zadržavanje dovoljne količine vlage. Zbog velike prisutnosti ovog tipa tla u horizontu A u engleskoj literaturi spomenuti je tip tla dobio naziv "topsoil" (Tillery B. W. 2005).

Cjeloviti profil tla (Sl.6.) se sastoji od horizonta O, A, E, B, C i R. Horizont O se sastoji od ostataka organskog materijala te je najčešći u šumskim predjelima, dok na travnatim, obrađenim površinama i pustinjama ne postoji. Horizont A (eng. topsoil) je, promatrano u poljoprivrednim terminima, obrađivan sloj te se sastoji uglavnom od mineralne tvari i manjim djelom od organske tvari koja daje boju (tamnija boja znači više organske tvari) samom sloju. Horizont E (eng. eluvijal) je ispran od minerala glina, željeza, aluminija i

organske tvari te je svjetliji od referentnog podinskog i krovinskog horizonta. Najčešći je u crnogoričnim šumama. Horizont B (eng. subsoil) se još zove i zona granulacije. U njoj se nakupljaju minerali glina, željeza, aluminijske tvari. Ispiranjem gornjih horizonata navedeni se minerali gravitacijom kreću prema donjim horizontima te se u njima i talože kao što je to slučaj kod horizonta B. Boje zone granulacije variraju od crvenkaste preko žutosmeđe do tamnosmeđe te su u odnosu na horizont A svjetlije. Horizont C je sličan po sastavu matičnoj stijeni te u njemu izostaje organska tvar. Nema određenu strukturu i obično je masivan ili dijelom razdrobljen. Zadnji horizont R je sama matična stijena koja je jedan od ključnih faktora definiranja sastava tla (Završki J. 1998).



Slika 6. Prikaz svih horizonata koji čine cjeloviti profil tla (preuzeto sa internetske stranice <http://img.sparknotes.com/figures>)

## 4.2 Svojstva i nastanak vulkanskih tala

Ovisno o procesima koji dominiraju na određenom području pojedini horizonti će izostajati ili će biti manji od ostalih. Procesni kao što su erozija ili kemijsko trošenje znatno pridonose takvom oblikovanju profila tla. Većina profila u prirodi nije potpuna zbog djelovanja već navedenih procesa. Fenomeni vulkanskih erupcija također utječu na sastav i izgled spomenutih horizonata. Izbacivanjem velikih količina minerala u obliku vulkanskog materijala, tlo koje se nalazi u neposrednoj blizini biva obogaćeno mineralima. Kemijski

gledano, vulkanska tla mogu biti limitirajuća što se tiče fosfata, kalija i nekih mikroelemenata. Unatoč limitirajućim faktorima vulkanska tla predstavljaju jedne od najboljih obradivih površina. Vulkanska tla prekrivaju oko 1% površine Zemlje ali prehranjuju 10% svjetskog stanovništva. Iz ovog podatka se može zaključiti koliku važnost imaju takve obradive površine. Mjesta koja obiluju takvim poljoprivrednim površinama se povremeno obogaćuju mineralima donešenim iz unutrašnjosti Zemlje. Iako vulkanska tla imaju puno minerala i ne podliježu njihovoj degradaciji, mogu akumulirati veće količine minerala, što djeluje pogubno za lokalne biljne i životinjske organizme.

Vulkanska tla nastaju isključivo na vulkanskim matičnim stijenama. Osim vulkanskih, postoji jako malo tala koja nastaju isključivo od jednog tipa "materijala". Uključujući vulkanska tla, u tu kategoriju se mogu svrstati organska tla nastala iz treseta i tlo poznato pod nazivom rendzina, nastalo iz vapnenca. Rendzina je sivosmeđe, humusom bogato tlo koje nastaje trošenjem karbonata ili u nekim slučajevima gipsa ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ). Jedinstvene karakteristike vulkanskog tla proizlaze iz trošenja vulkanskih stijena. Stvaranju vulkanskog tla najviše pridonose matične stijene vulkanoklastičnog podrijetla dok matična stijena poput lave vrlo malo pridonosi njegovom nastajanju. Razlog tome je sporo trošenje stijena koje nastaju skrućivanjem lave. Spomenute stijene se troše najbrže u izrazitim tropskim uvjetima. Vulkanoklastične stijene se prema podrijetlu mogu podijeliti u dvije grupe. Prva grupa su piroklastične stijene i čestice koje su eksplozivnog podrijetla, dok druga grupa pripada epiklastičnim stijenama i česticama koje su erozijskog podrijetla. Piroklastične stijene i čestice uključuju rastaljene vulkanske bombe, blokove, pepeo i lapile dok epiklastične stijene i čestice uključuju sve oblike remobiliziranih vulkanoklastita. Primjeri remobilizacije vulkanoklastita su bujični tokovi, lahari, aluvijske naslage koje se istalože na bokovima vulkana te vulkanski les. Generalno gledajući, vulkanske stijene koje sadrže manje silicijevog dioksida i više magnezija i željeza (mafične stijene) se troše brže nego vulkanske stijene koje imaju više silicijevog dioksida, natrija i kalija. Također, brže se troše vulkanske stijene koje su šupljikavije te imaju manju gustoću (primjer je plovućac).

### 4.3 Rasprostranjenost vulkanskih tala

Ovisno o reljefu područja različit je raspored vulkanskog materijala koji uvjetuje položaj plodnih tala. Najveći radijus rasprostiranja ima vulkanski pepeo. Najveća moguća udaljenost pepela od kratera vulkana će biti niz vjetar, a najmanja u suprotnom smjeru. U brdovitim područjima oko vulkana debljina vulkanskog materijala će varirati zbog erozijskih procesa koji neprestano djeluju. Glavne države svijeta u kojima se rasprostiru riolitna i andezitna vulkanska tla su Čile, Peru, Ekvador, Kolumbija, Središnja Amerika, SAD, Kamčatka, Japan, Filipini, Indonezija, Novi Zeland te nezavisne otočne države jugo-zapadnog Pacifika. Bazaltni vulkanizam koji utječe na stvaranje novog tla susreće se na Pacifičkim otocima kao što su Hawaii, na otoku Islandu te u dubinama Atlantskog i Indijskog oceana. Drugo važnije područje vulkanskog tla se proteže duž istočnoafričke riftne doline, gdje Nubijska i Somalijska ploča divergiraju, pa preko mediterana, gdje Nubijska i Europska ploča konvergiraju. Treće važnije područje se nalazi u središnjem Atlantiku oko Kanarskih i Azorskih otoka (Nell V. E. 2005).

## 5. Biljni svijet i vulkanske erupcije

Od mahovina preko paprati do golosjemenjača i kritosjemenjača, biljke predstavljaju osnovu života na kopnu. Kao hrana za herbivorne organizme značajna su karika u prehrambenom lancu živog svijeta. Zbog različite klime, reljefa i sastava tla na Zemlji su se razvili različiti biomi (Sl.7.). Biomi su kontinentalne cijeline sastavljene od više ekosustava, a zajednička im je klimatska zona. Vegetacija na taj način može biti indikator klime pojedine regije. Osim klimatskog faktora značajan utjecaj na prirodu vegetacije ima tlo odnosno nutrijenti koji se u njemu nalaze. Imajući na umu da su vulkanske erupcije izvor minerala možemo uočiti postojanje uzročno-posljedične veze između vulkana i biljnog svijeta. Prosječno u jednoj godini imamo oko 60 vulkanskih erupcija (Marti J., Ernst G. 2005). Veliki dio njih, oko 80% (Marti J. i sur. 2005), se dogodi u oceanima. Iako kopnene erupcije ne zauzimaju veći dio u ukupnom broju vulkanskih erupcija, zasigurno su dovoljno česte da utječu na okolnu vegetaciju.





Slika 7. Različiti biomi u svijetu prikazani reljefom i vegetacijom (preuzeto sa internetske stranice <http://pup.skole.hr/datoteke/>)

Vulkani raznim svojim aktivnostima mogu uništiti ili modificirati obližnju vegetaciju. Mehaničko lomljenje vegetacije piroklastičnim tokovima, požari izazvani na kontaktu tečenja lave i vegetacije te utjecaj plinova samo su neke od opaženih interakcija. Navedene interakcije se klasificiraju kao primarni utjecaji vulkanskih erupcija. U sekundarne utjecaje vulkanskih erupcija se ubrajaju klimatske promjene i promjene sastava tla. Uz izazivanje kratkoročnih promjena, vulkanske erupcije mogu i dugoročno utjecati na sastav tla. Nakon promjena koje se dogode u tlu slijede promjene u sastavu vegetacije. Na taj način se može smanjiti kompeticija između biljaka, jer nestaju pojedine vrste koje su osjetljivije na varijacije pojedinih sastojaka tla. Primjer na otoku Isla Fernardina u Ekvadoru prikazuje kako sama tvrdoća materijala može biti determinirajući faktor rasta biljne zajednice (Marti J. i sur. 2005). Tokovi lave su onemogućili rast biljaka. Nakon spaljivanja vegetacije lava se ohladila i onemogućila kolonizaciju biljaka. Također, karakteristike vulkanskog događaja ali i karakteristike vegetacije određuju sposobnost preživljavanja biljaka. U karakteristike vulkanskog događaja ubrajaju se temperatura izbačenog materijala, kemijski sastav vulkanskog materijala i plinova, količina izbačenog materijala, tvrdoća nastale površine te sile vjetra i vode. Zbog visoke temperature koja se razvija prilikom vulkanskih erupcija većina biljaka u kontaktu sa vrućim materijalima izgori. Ustanovljeno je da biljke koje se nalaze minimalno ispod 300 mm vulkanskog materijala ugibaju, iako neke biljke mogu ostati žive i do osam sezona ispod manje debljine tefre (Marti J. i sur. 2005). Pod sile vjetra i vode



podrazumijevamo one sile koje se razviju pod utjecajem vulkanske erupcije. Erupcija Svete Helene 1980. godine pokazala je destruktivne sile vjetra i vode. Porušena stabla u dolini su bila viša od 40 m što zorno prikazuje veličinu stvorene sile. Voda koja se pomiješa sa vulkanskim materijalom također uvjetuje stvaranje razornih sila kroz poznate bujične tokove. Pozitivan učinak taloženja vulkanskog materijala se može vidjeti na primjeru Aucklanskog tjesnaca u Novom Zelandu. Taloženje vulkanskog pepela onemogućilo je drenažu obližnje močvare čime je sačuvana njena flora i fauna (Marti J., Ernst G. 2005).

Preživljavanje biljaka zasigurno pozitivno korelira sa udaljenošću od kratera vulkana. Što su biljke dalje od vulkana i posljedica erupcije, preživljavanje je izvjesnije. Osim karakteristika vulkanskih događaja, karakteristike biljaka mogu biti presudne za njihovo preživljavanje. Smathers i Mueller-Dumbois (1974. godine) su ustanovili razvoj jedinstvenog slijeda algi, mahovina, lišajeva, autohtonih i alohtonih drvenastih biljaka, trava i šaševa nakon različitih vulkanskih poremećaja odnosno događaja (Marti J. i sur. 2005). Također je ustanovljeno kako biljke, čiji su modificirani vegetativni dijelovi (omogućuju razvoj biljke i razmnožavanje) visoko iznad tla u većem postotku preživljavaju bujične tokove, dok biljke koje imaju spomenute dijelove ispod zemlje, preživljavaju lavine vulkanskog materijala i taloženje veće količine pepela. Raznolikost flore je uvjetovana samom veličinom i granulacijom vulkanskog materijala te nadmorskom visinom. U provedenom istraživanju na području vulkana Sveta Helena (Sl.8.) proučavana je veza između životinja i obnove vegetacije. Vrsta glodavca *Thomomys mazama* je utjecala na povećanje erozije te su se alohtone vrste biljaka ubrzo počele rasprostranjivati. Autohtonim vrstama biljaka tlo je postalo negostoljubivo dok su alohtone vrste, prilagođenije na takvo tlo, zauzele njihovo prirodno stanište. *Thomomys mazama* je autohtoni glodavac koji se hrani isključivo korijenjem i lišćem autohtonih biljaka čime su alohtone vrste zaštićene od ovog glodavca. Zbog smanjene brojnosti autohtonih biljaka smanjila se mogućnost zadržavanja tla te se dodatno povećala erozija. Navedeni primjer pokazuje povezanost žive i nežive prirode i njihovih komponenata.

Kisele kiše koje nastaju kao posljedica miješanja vulkanskih s atmosferskim plinovima utječu na lokalno zakiseljavanje vode i tla. Kao što znamo to su jedni od glavnih komponenata neophodnih za rast biljaka. Posljedice kiselih kiša se opažaju u smanjenju brojnosti pH osjetljivih biljaka, promjeni biljne zajednice i promjenama koje se mogu uočiti na samom habitusu biljke. Utjecaj kiselih kiša se najbolje opaža na biljkama koje se nalaze niz vjetar od vulkana. Na taj način vulkan svojim produktima može uvjetovati izgled biljnih

zajednica koje se nalaze oko njega. Vulkan, neprestano modificirajući uvjete zraka, vode i tla, stvara jedinstveno stanište u kojem samo najprilagođenije biljke opstaju.



Slika 8. Erupcija vulkana Svete Helene (preuzeto sa internetske stranice [http://www.foxnews.com/images/139437/1\\_21\\_092604\\_st\\_helens.jpg](http://www.foxnews.com/images/139437/1_21_092604_st_helens.jpg))

## 6. Erupcije vulkana i životinjski svijet

Životinjski svijet je, kao i biljni, osjetljiv na promjene u staništu. Vrste beskralježnjaka i kralježnjaka koje žive u blizini vulkana neprestano se moraju prilagođavati zadanim uvjetima okoliša. Na mnogim primjerima vulkanskih erupcija istraživane su teorije rekolonizacije. Zbog visokih temperatura koje se razvijaju tijekom erupcija, toksičnih plinova i velikih količina vulkanskog materijala, možemo zaključiti kako je preživljavanje životinja svedeno na minimum. Samo najprilagođeniji oblici života mogu opstati nakon takvih katastrofalnih događaja. Od 1888. do 1995. godine obavljena su razna istraživanja kako bi se prikazala mogućnost rekolonizacije opustošenih staništa. Nakon svake erupcije pokušalo se utvrditi na koji način određena vrsta životinja može preživjeti prije navedene uvjete. Opći je zaključak da su neke skupine kukaca u mogućnosti preživjeti negostoljubive uvjete skrivajući

se u zaštićenim skloništima. Zrakom ispunjene pore unutar sedimenta su primjer takvih skloništa, u kojima kukci mogu preživjeti samo ako su u stadiju jajeta.

Fauna otoka Hawaii, koja se nalazi uz poznate vulkanske vrhove, uglavnom se sastoji od vrsta člankonožaca. Proučavane su faune vrhova Mauna Kea, Mauna Loa na otoku Hawaii i Haleakala na otoku Maui. Visine vrhova su u rasponu od 3000 do 4200 metara. Vegetacija je oskudna ili se sastoji od nekoliko vrsta četinjača, što je direktna posljedica karakteristika tla i nadmorske visine. Kameno prostranstvo, formirano od magmatskih stijena, jedno je od najnegostoljubivijih staništa. Zbog tog razloga životinjski svijet spomenutih područja je ograničen na mnogobrojne vrste kukaca. Dominacija kukaca pokazuje njihovu iznimnu prilagođenost na ekstremne uvjete života, ali pokazuje i ograničenost životinjskog svijeta u tom području. Odsutnost insketivornih sisavaca je rezultat drugih nepogodnih životnih prilika, a ne samo manjka hrane u opisivanim staništima. Većina kukaca je ovisna o vjetrovima koji donose organske tvari iz nizina. Hrane se loveći ili sakupljajući organske ostatke u obliku detritusa. Osim detritivora postoje i predatori kao što su pauzi iz skupine *Lycosidae* (hrv. vučijaci). Na različitim nadmorskim visinama nalaze se drugačije strukture faune. Tipični za spomenuta staništa su kukci roda *Nysius* (Sl.9.). Iako imaju krila, nisu dobri letači. Tijelo im je dužine oko 3 milimetra.



Slika 9. Prikaz vrste *Nysius wekiuicola* u prirodnom staništu (preuzeto sa internetske stranice <http://books.google.hr/books>)

Nakon erupcije vulkana Sveta Helena 1980. godine obavljena su istraživanja rekolonizacije staništa na visinama između 1000 i 1200 metara. Istraživanja su izvedena u periodu od 4 godine, odnosno od 1981. do 1985. godine. U postavljenim klopka su prikupljeni predstavnici 150 različitih porodica podijeljenih u 18 redova. Rekolonizacija se ostvarila prijenosom kukaca vjetrom sa staništa udaljenih i po nekoliko kilometara. Ustanovljene su 42 porodice Diptera, 30 porodica Coleoptera, 18 porodica Hemiptera-Homoptera, 15 porodica Lepidoptera i 10 porodica Hymenoptera (Marti J. i sur. 2005). Unatoč mnogim vrstama nađenim nakon erupcije, samo 19 vrsta je u roku od tri godine uspostavilo populacije za razmnožavanje. Dominantna skupina koja je uspostavila reprodukcijsku populaciju u tom periodu jest skupina Carabidae (hrv. trčci) (Sl.10.). Uz transport vjetrom važno je spomenuti kako neke vrste koriste vodu kao transportno sredstvo. Kakav će biti transport ovisi o načinu života vrste. Neke su životinje, odnosno kukci, usko vezani uz vodu, dok druge životinje većinu svog života provode izvan nje. Pojava ptica je rezultat vraćanja kukaca jer se mnoge ptice hrane upravo njima. Dakle, nedugo nakon rekolonizacije kukaca uslijedila je rekolonizacija insektivornih ptica.



Slika 10. Prikaz jedne vrste Carabidae (hrv. trčci) (preuzeto sa internetske stranice <http://tolweb.org/Carabidae/8895>)

Iz navedenih primjera možemo samo pretpostaviti složenost procesa rekolonizacije, ali i samog staništa. Osnova obnove staništa su biljke, voda i minerali, što daje poticaj uspostavi raznih ekoloških niša. Niše koje su postojale prije erupcije ne moraju biti identične novima. U većini slučajeva se stare i nove niše razlikuju, barem što se tiče njihove raspodjele u prostoru. Što je više endemičnih vrsta bilo u prijašnjim nišama to je promjena koja se dogodila nakon erupcije, u odnosu na novo uspostavljene niše, veća. Nedvojbeno je da erupcija vulkana negativno utječe na oformljene niše u njegovoj okolini, ali isto tako pozitivno utječe na stvaranje novih niša. Erupcijski događaji vulkana direktno uzrokuju smanjenje broja jedinki beskralježnjaka i kralježnjaka u staništima stvorenim oko vulkana. Beskralježnjaci su u odnosu na kralježnjake u velikoj prednosti zbog manje prosječne veličine jedinki. Način prehrane i drugačiji dišni sustav kukce čini najprilagođenijima. Postoje i mnoge druge prilagodbe koje im omogućuju da budu prvi organizmi koji rekoloniziraju uništena staništa, a jedna od njih je transport jedinki vjetrom.

## 7. Čovjek i vulkani

Diljem svijeta interakcija između čovjeka i vulkana postoji stoljećima, pa čak i tisućljećima. Jednu od najpoznatijih povijesnih erupcija je zapisao Plinije Stariji, prefekta rimske mornarice. Kobnog dana 24. kolovoza 79. godine, vulkanski materijal je zatrpao Pompeje i Herculaneum. Priroda vulkanskih erupcija jest da su nenadane. Iako postoje prekursori erupcija, u povijesti su najčešće zanemarivani. Razvojem modernih tehnologija prate se emisije različitih plinova, promjene u morfologiji vulkana te frekvencije erupcija. Pokušavaju se dobiti što točniji prikazi podzemne morfologije vulkana, kao što je veličina i oblik ognjišta. Čovjek je također razvio i sustav upozorenja te evakuacije u slučaju mogućih erupcija. Plodno tlo je jedan od glavnih razloga naseljavanja takvih opasnih područja. Neki vulkanski otoci su postali turistička atrakcija zbog svojih prirodnih ljepota, kao što je otočje Hawaii, jedna od najpoželjnijih turističkih destinacija.

Najveća prijetnja čovjeku nisu tokovi lave jer njihove brzine nisu velike. Veću prijetnju čine vulkanske bombe, blokovi i pepeo koji može uzrokovati respiratorne probleme, pa i smrt. Vulkanski materijal nošen vodom (lahari) je također jedan od važnijih problema sigurnosti kada su u pitanju ljudski životi. Lahari su tokovi sastavljeni od vulkanskog materijala i vode koja može biti podrijetlom iz rječica, rijeka ili iz otopljenog snijega i leda što se nalazi na samom vulkanu. Vulkanski materijal tada prelazi u tekući medij koji mu daje još



veću razornu moć. Osim lahara problem predstavljaju vrući oblaci vulkanskog materijala i plina koji su poznatiji pod francuskim nazivom nueé ardente (hrv. svjetleći oblak) (Sl.11.). Krećući se brzinama i preko 700 km/h uništavaju svu vegetaciju. Temperature unutar oblaka dostižu 1000 °C, što ih čini najvećom prijetnjom za čovjeka. Razvoj takvih oblaka događa se za vrijeme same erupcije. Unutar ovakvog oblaka vulkanskog plina i prašine sve živo doslovno izgori.



Slika 11. Prikaz vrućeg oblaka poznatijeg pod nazivom nueé ardente (preuzeto sa internetske stranice <http://facstaff.gpc.edu/~janderso/images/nueeard.jpg>)

Kako vulkanski plin i čestice mogu ugroziti živote ljudi govori primjer glavnog grada Ekvadora, Quito-a. Oko grada Quito-a nalaze se četiri vulkana. Svi su aktivni te ispuštaju sitne čestice i plinove u atmosferu. Zbog velike nadmorske visine od 2800 metara smanjena je koncentracija kisika. Kao i svaki drugi grad, Quito je izvor antropogenog onečišćenja koje dodatno otežava atmosfersku situaciju. Uz utjecaj stanovništva, vulkani Vulkan Guagua Pichincha, Cotopaxi, Antisana i Tungurahua također oblikuju sastav atmosfere. Topološka situacija onemogućava brzo odnošenje atmosferskih polutanata, što povećava njihovu koncentraciju oko glavnog grada Ekvadora. Vulkan Guagua Pichincha je postao aktivan 1998. godine nakon 340 godina mirovanja. Nakon erupcije u 1998. godini

vulkan Guagua Pichincha je ponovno izbacio vulkanski pepeo u travnju 2000. godine. Izvedeno je istraživanje frekvencije posjeta bolnicama zbog respiratornih problema prije, za vrijeme i poslije erupcije (Naumova E. N. i sur. 2007). Rezultati su pokazali da je prije erupcije bilo manje posjeta hitnim službama vezanih uz dišne probleme nego što ih je bilo za vrijeme i poslije erupcije. Također je utvrđeno da su mlađa djeca bila jače pogođena nego starija. Djecom su smatrane osobe do šesnaeste godine te je uzorak obuhvaćao samo dječake i djevojčice do te godine starosti. Korelacija između erupcijskih događaja i zdravstvenih problema je definitivno ustanovljena, što pokazuje kako vulkani mogu znatno utjecati na čovjeka. Erupcije mogu i indirektno utjecati na zdravlje ljudi. Primjer su onečišćenja podzemnih voda povezana s kemijskim spojevima izbačenim iz vulkana. Moguća mobilizacija elemenata kao što su aluminij, arsen i magnezij može onečistiti izvore vode te na taj način pogoršati zdravstveno stanje ili uzrokovati smrt čovjeka. Poznati su slučajevi dentalne fluoroze (Sl.12.) uzrokovanih vodom koja je imala povećanu koncentraciju fluora zbog mobilizacije fluora nakon vulkanske erupcije. Dentalna fluoroza je stanje koje se na zubima manifestira vidljivim bijelim crtama ili točkama. Unos veće količine fluora kroz hranu ili piće rezultira spomenutim stanjem.



Slika 12. Slučaj fluoroze vidljiv kao nehomogena bojom na zubima (preuzeto sa internetske stranice <http://4.bp.blogspot.com>)

Čovjek nije sposoban kontrolirati erupcije vulkana, ali je sposoban prilagoditi se promjenama uzrokovanim takvim događajima. Neprestanim promatranjem promjena u okolišu moguće je očuvati zdravlje ljudi koji žive u takvim područjima. U svijetu 455 milijuna ljudi živi u okolišu koji je potencijalno ugrožen od barem jednog aktivnog vulkana. Prema ovom podatku može se zaključiti važnost zaštite od vulkanskih erupcija i njihovih posljedica na okoliš.

## 7. Zaključak

Vulkani su stvaratelji svijeta kakvog znamo. Utjecali su na Zemlju kao planet prije 4.5 milijarde godina kao što to čine i danas. Intenzitet vulkanizma se smanjivao tijekom geološke prošlosti, ali još uvijek djeluje na površinu Zemlje. Mnoge su veze između erupcija vulkana i živog svijeta. Destruktivna strana je očitija od konstruktivne jer je trenutna i vidljiva, kako na vegetaciji tako i na životinjama. Konstruktivna strana vulkanskih erupcija je uočljiva tek nakon određenog vremena, kroz uspostavu novih biljnih zajednica i životinjskih odnosa. Vulkanske erupcije i vulkani nisu vezani samo za planet Zemlju već su jedna od osnovnih pojava u Sunčevom sustavu. Oblikuju druge planete Mliječne staze na slične načine kao što oblikuju naš "plavi planet". Važno je prepoznati njihovu prisutnost, značaj i ulogu u prostoru kako bi mogli nesmetano i sigurno koristiti pozitivne strane vulkanskog oblikovanja određenog okoliša. Neprestana aktivnost vulkana poručuje kako je Zemlja u stalnoj evoluciji od svoga postojanja. Vulkani imaju utjecaj na sve sfere ove planete, od hidrosfere preko litosfere do atmosfere. Biosfera je oblikovana vulkanima indirektnim putem preko te tri sfere, iako je najočitiiji direktni utjecaj na organizme. Vulkani imaju snagu promijeniti klimu, sastav atmosfere, voda, tla i utjecati na planetu kao cjelinu. Oni su prvi i posljednji vladari Zemlje dok je čovjek samo jedan dio nje.

## 8. Sažetak

Promjene u okolišu mogu biti antropogenog ili prirodnog postanka. Iako je antropogeni utjecaj na okoliš sve vidljiviji kroz razna zagađenja, prirodni fenomeni još uvijek dominiraju kada je riječ o promjenama u okolišu. U ovom seminarskom radu prikazuju se posljedice vulkanskih erupcija na anorganski i organski svijet. Cilj ovog rada je prikazati na koji način vulkanske stijene, čestice i plinovi mogu svojom prisutnošću uzrokovati drastične promjene u kemijskom sastavu atmosfere, vode, tla te promjene u životinjskom i biljnom svijetu. Kontinuiranim promatranjem parametara, kao što su koncentracije plinova u zraku ili koncentracije kemijskih spojeva u tlu i vodi, neprestano se uči o vezi između vulkana i svih sfera planete Zemlje. Možda najpoznatija interakcija je ona između čovjeka i vulkanskih erupcija. Gledajući sa antropogenog stajališta, ovaj rad ukazuje na pozitivne i negativne strane spomenute interakcije. Erupcije vulkana relativno su neiscrpan izvor anorganskih spojeva važnih za razvoj života. Biljni život ovisi o mnogim mineralnim tvarima koje vulkani izbacuju. Također važnu ulogu za rast biljaka ima omjer minerala i prisutnost vode. Drugi



organizmi koriste biljke kao hranu i svojom prisutnošću povećavaju bioraznolikost vulkanskog okoliša. Naizgled negostoljubivo područje oko vulkana može biti stanište mnogim organizmima.

## 9. Summary

Changes in the environment can be of antropogenic or natural origin. The natural phenomenons are still dominant over antropogenic influence on the environment. This paper shows how changes in the environment are caused by volcanic eruptions. The goal of this paper is to show how volcanic rocks, particles and gases can have an affect on life as well as on chemistry of water, atmosfere and soil. Parameters like the concetrations of certain gases in the air or chemicals in the water and soil are continuously measured in order to understand the conection between the volcanoes and every sphere of the planet Earth, respectively. The most known conection or interaction is the one between the man and the volcano eruptions. This paper points to positive and negative sides of the above mentioned interaction. Volcano eruptions are inexhaustible source of anorganic compounds which are necessary for the development of life. Plant life depends on the variety of minerals which come from volcanos. Animal life, which is plant-dependent, contributes to the biodiversity of the volcanic environment. Seemingly inhospitable area around certain volcano can be a habitat to a variety of organisms.

## 10. Literatura

- Cunningham W. P., Cunningham M. A., Saigo B. (2005): Environmental science, a Global concern. McGraw-Hill, New York, p. 71-377.
- David J. Hofmann, James H. Butler, Pieter P. Tans (2009) : Atmospheric Environment, A new look at atmospheric carbon dioxide. Elsevier
- Donovan S. K. (1989): Mass extinctions, Processes and evidence. Belhaven Press, London
- Elias, T., Sutton, A. J., Stokes J. B., Casadeval T. C., (1998): Emisije sumpornog dioksida vulkana Kilauea, Hawaii 1979-1997. U.S. Geological Survey Open-File Report 98-462.
- Enger E. D., Smith B. F. (2002): Environmental science, a Study of interrelationships. McGraw-Hill, New York, p. 106-127.
- Erwin D. H. (2006): Extinction, How life on Earth nearly ended 250 million years ago. Princeton University Press, New Jersey
- Hedin L. O., Likens G. E., (1996): Atmospheric dust and acid rain. Scientific American, GeoRef, Svezak. 275, broj 6, p. 1-4.
- Marti J., Ernst G. (2005): Volcanoes and Environment. Cambridge University Press, New York
- Naumova E. N. at all (2007): Emergency room visits for respiratory conditions in children increased after Guagua Pichincha volcanic eruptions in April 2000 in Quito, Ecuador Observational Study: Time Series Analysis. Environmental Health, Boston, p. 1-12.
- Nell V. E. (2005): Land use and land cover. Encyclopedia of Life Support Systems, Palmerston North, 1-18.
- Sato T., Machida I., Takashimi M., Nakamura T. (2006): Geochemical Changes in Spring Water Associated with the 2000 Eruption of the Miyakejima Volcano, Japan. Birhäuser, Basel, p. 1-16.
- Tillery B. W. (2005): Physical science. McGraw-Hill, New York, p. 423-499.
- Završki J. (1998): Ispitivanje tla, Upute za mjerenja, Zagreb, p. 1-5.
- <http://www.blogovanje.com/DMEN/images/acid-rain-1a.jpg>
- [http://books.google.hr/books?id=6\\_GJKPjsJ7oC&pg=PA256&lpg=PA256&dq=volcano+eruption+impact+on+animal+life&source=bl&ots=pQk90\\_YYQg&sig=G6MwjkiheKuwXQq0ykQ1QilYctY&hl=hr&ei=IXFPStP2D5HKmgPQldTIBQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=8](http://books.google.hr/books?id=6_GJKPjsJ7oC&pg=PA256&lpg=PA256&dq=volcano+eruption+impact+on+animal+life&source=bl&ots=pQk90_YYQg&sig=G6MwjkiheKuwXQq0ykQ1QilYctY&hl=hr&ei=IXFPStP2D5HKmgPQldTIBQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8)
- [http://4.bp.blogspot.com/\\_2Zt17ogXPWI/R2gLp\\_gmZQI/AAAAAAAAACA/34nPxaMHIEo/s320/DentalFluorosisMottledTeeth1.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_2Zt17ogXPWI/R2gLp_gmZQI/AAAAAAAAACA/34nPxaMHIEo/s320/DentalFluorosisMottledTeeth1.jpg)

[http://www.foxnews.com/images/139437/1\\_21\\_092604\\_st\\_helens.jpg](http://www.foxnews.com/images/139437/1_21_092604_st_helens.jpg)

<http://facstaff.gpc.edu/~janderso/images/nueeard.jpg>

[http://images.google.com/imgres?imgurl=http://nature.berkeley.edu/~magnacca/pictures/insects/Hemiptera/Nysius%2520wekiuicola2.jpg&imgrefurl=http://nature.berkeley.edu/~magnacca/pictures/Hemiptera.html&usq=\\_\\_JEg41XQstID9\\_nF\\_jioanIFJTY8=&h=861&w=1252&sz=280&hl=hr&start=1&um=1&tbnid=-vX51bT-Aq60cM:&tbnh=103&tbnw=150&prev=/images%3Fq%3DNysius%2Bwekiuicola%26hl%3Dhr%26lr%3D%26sa%3DN%26um%3D1](http://images.google.com/imgres?imgurl=http://nature.berkeley.edu/~magnacca/pictures/insects/Hemiptera/Nysius%2520wekiuicola2.jpg&imgrefurl=http://nature.berkeley.edu/~magnacca/pictures/Hemiptera.html&usq=__JEg41XQstID9_nF_jioanIFJTY8=&h=861&w=1252&sz=280&hl=hr&start=1&um=1&tbnid=-vX51bT-Aq60cM:&tbnh=103&tbnw=150&prev=/images%3Fq%3DNysius%2Bwekiuicola%26hl%3Dhr%26lr%3D%26sa%3DN%26um%3D1)

[http://images.google.com/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dd/Anhydrite\\_HMNH1.jpg/250pxAnhydrite\\_HMNH1.jpg&imgrefurl=http://sr.wikipedia.org/srel/%25D0%2590%25D0%25BD%25D1%2585%25D0%25B8%25D0%25B4%25D1%2580%25D0%25B8%25D1%2582&usq=\\_\\_FYeq0SyOjU\\_VeY0QEfAx](http://images.google.com/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dd/Anhydrite_HMNH1.jpg/250pxAnhydrite_HMNH1.jpg&imgrefurl=http://sr.wikipedia.org/srel/%25D0%2590%25D0%25BD%25D1%2585%25D0%25B8%25D0%25B4%25D1%2580%25D0%25B8%25D1%2582&usq=__FYeq0SyOjU_VeY0QEfAx)

[http://img.sparknotes.com/figures/A/a4d938a405b10475f48eea440b31bab3/Soil\\_Horizons.jpg](http://img.sparknotes.com/figures/A/a4d938a405b10475f48eea440b31bab3/Soil_Horizons.jpg)

[http://pubs.usgs.gov/dds/dds-39/images/JPG/small\\_screen/fig76.jpg](http://pubs.usgs.gov/dds/dds-39/images/JPG/small_screen/fig76.jpg)

<http://pup.skole.hr/datoteke/hr/hr/Student/SK/Activities/Climatograms/biomes.jpg>

<http://tolweb.org/Carabidae/8895>