

JAN VÍTEK

RECENTNÍ TVARY RELIÉFU NA KAPVERDSKÝCH OSTROVECH

J. Vítek: *Recent landforms on the Cape Verde Islands relief*. – Geografie – Sborník ČGS, 108, 1, pp. 49–60 (2003). – The article summarizes the results of studies on surface landforms existing in Cape Verde Islands, carried out at the beginning of 2002. Attention was focused especially at landforms originated by recent geological and geomorphological processes in six following islands: Sal, Santiago, Fogo, São Vicente, Santo Antão and São Nicolau. Basic features of the Cape Verdean relief came into existence mainly by volcanic activities and tectonic processes during the Mesozoic and the Cainozoic. The only active volcano is Pico do Fogo (with its 2 829 meters the highest mountain of the whole archipelago) on Fogo Island. Holocene volcanic bodies also emerge separately in some other islands. The majority of recent relief forms resulted from exogenic processes like fluvial, littoral, aeolian, weathering and anthropogeneous processes, slope movements etc.

KEY WORDS: recent geomorphological processes – landforms – Cape Verde Islands.

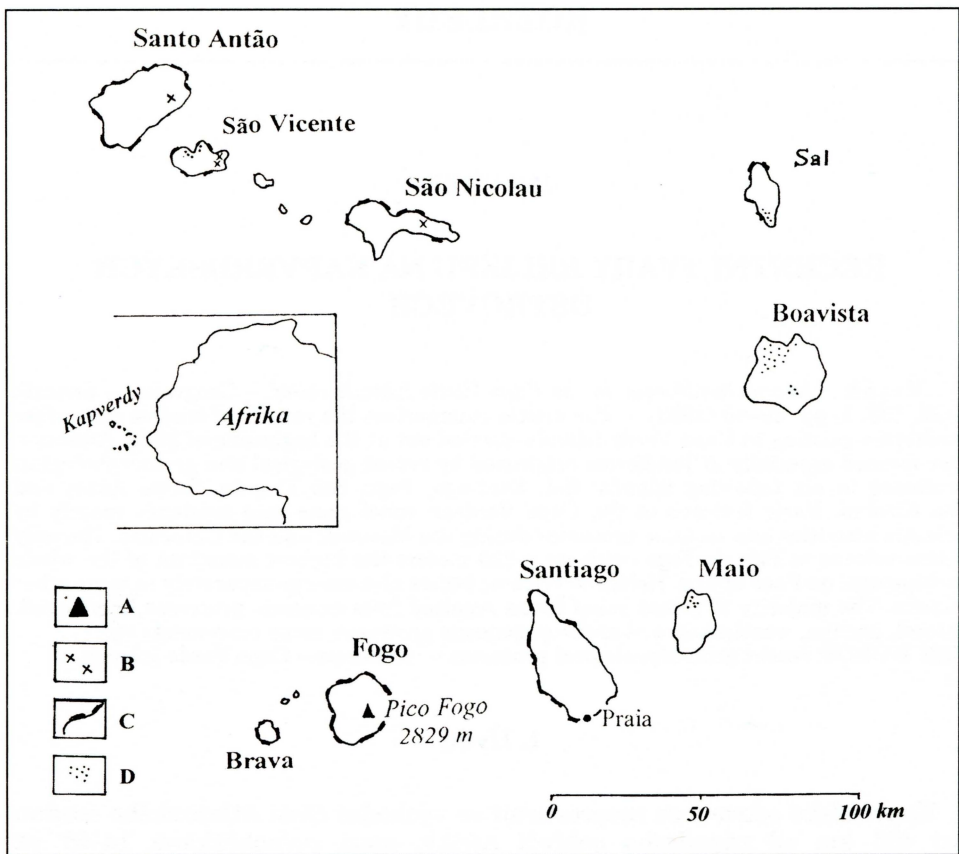
1. Úvod

Kapverdské ostrovy se rozprostírají ve východní části Atlantského oceánu asi 455 km od západního pobřeží Afriky, mezi rovnoběžkami 14°48' až 17°13' s. š. a poledníky 22°42' až 25°22' z. d. Tvoří dvě seskupení – „severní“ Návětrné ostrovy (Barlavento): Santo Antão, São Vicente, São Nicolau, Sal a Boavista a „jižní“ Závětrné ostrovy (Sotavento): Maio, Santiago (rozlohou 779 km² největší), Fogo, Brava. Součástí obou seskupení je několik malých, neobydlených ostrovů (obr. 1). Ostrovy jsou sopečného původu a většinou představují erozně denudační pozůstatky terciérních a kvartérních stratovulkánů. Vulkanický reliéf je zachován na holocenních sopkách, zejména na jediném aktivním vulkánu Pico do Fogo (2 829 m).

Předložený příspěvek shrnuje výsledky studia tvarů reliéfu na Kapverdských ostrovech, realizovaných počátkem roku 2002 v rámci expedice Univerzity Hradec Králové. Hlavní pozornost byla věnována tvarům reliéfu vzniklým recentními geologickými a geomorfologickými procesy na šesti ostrovech: Sal, Santiago, Fogo, São Vicente, Santo Antão a São Nicolau.

2. Geologická a geomorfologická charakteristika

Kapverdské ostrovy jsou produktem převážně terciérní a kvartérní vulkanické činnosti. Nejstarší magmatity a relikt sedimentárních, případně slabě metamorfovaných hornin (vápenců, jílovců, krystalických vápenců aj.) jurského a křídového stáří, vyskytující se na některých ostrovech (např. Maio, Boavista, São Nicolau), jsou důkazem geologického vývoje již během mezozoika



Obr. 1 – Přehledná mapa Kapverdských ostrovů. A – činná sopka Pico do Fogo, B – holocenní sopečná tělesa, C – morfologicky výrazné tvary litorálního reliéfu, D – eolický reliéf.

(Torres Sousa, Pires Soares 1946). Kenozoický, zejména pliocenní a kvartérní, vulkanismus je vázán (podobně jako v oblasti Azor a Kanárských ostrovů) na oslabenou část litosféry („horké skvrny“) v hlubokomořské pánvi Atlantského oceánu (Green, Short, red. 1971, Hovorka 1990). Produktem jsou různé typy sopečných hornin (Bebiano 1932, Machado 1967, Machado, Assunção 1965, Mitchell-Thomé 1972), v nichž výrazně převažují bazické vulkanity – bazaltoidy, především tholeiit, limburgit, bazanit, dolerit, nefelinit, ankaratrit, augitit aj., z intermedieálních vulkanitů je zastoupen např. andezit, ze „světlych“ hornin zejména fonolit a trachyt. Velké rozšíření mají též pyroklastika (konsolidovaný tuf a nezpevněná tefra) výše uvedených hornin a ignimbrity. Pleistocenní příbřežní sedimenty – vápence (kalkarenity), písčovce a slepence – lze považovat, stejně tak jako abrazní plošiny a terasy, za důkaz střídání transgrese a regrese v důsledku izostatických a eustatických pohybů. Holocenní jsou plážové sedimenty, svahové a prouviální sedimenty, místy též eolické akumulace (duny). Na utváření reliéfu ostrovů se patrně uplatňují i submarinní sesuvné procesy (Wats 2000).

Většina z Kapverdských ostrovů se vyznačuje hornatým povrchem. Nejvyšší horou je činná sopka Pico do Fogo (2 829 m) na ostrově Fogo, která je po Pico de Teide (3 718 m) na Kanárských ostrovech a Santa Isabel (3 008 m) na

ostrově Bioko třetí nejvyšší horou v oblasti Atlantského oceánu. Výšková členitost (tj. relativní převýšení ve čtverci 4x4 km) dosahuje na v. svahu Foga 2 600 m, značná je i na některých dalších ostrovech, např. Santo Antão 1 900 m, São Nicolau 1 300 m, Santiago 1 050 m a Brava 950 m. Většina pohoří, s výjimkou kvartérních sopečných těles, je tvořena strmými hřbety a hřebeny, které jsou erozně denudačními relikty terciérních (případně mezozoických) vulkánů. Sníženiny mezi nimi jsou obvykle pozůstatkem rozsáhlých kalder, rozčleněných kaňonovitými údolímí (ribeirami). I na relativně plochých ostrovech izolovaně vystupují výrazné elevace sopečného původu (např. vrch Monte Grande, 406 m na ostrově Sal) z pyroklastických hornin převážně pliocenního stáří (Celestina a kol. 1968, Machado, Assunção 1965), zpevněných žilnými lávovými tělesy. Okrajové (příbřežní) partie větších ostrovů jsou tvořeny abrazními pobřežními plošinami (zvanými fajās) nebo tabulovými plošinami a terasami (achadas). Příkladem je georeliéf hlavního města Praia na ostrově Santiago s bazaltovou tabulí Plató (35 m n. m.). Recentní (holocenní, respektive současné) tvary reliéfu lze dle převažujícího způsobu vzniku rozdělit na endogenní a exogenní.

3. Endogenní tvary reliéfu

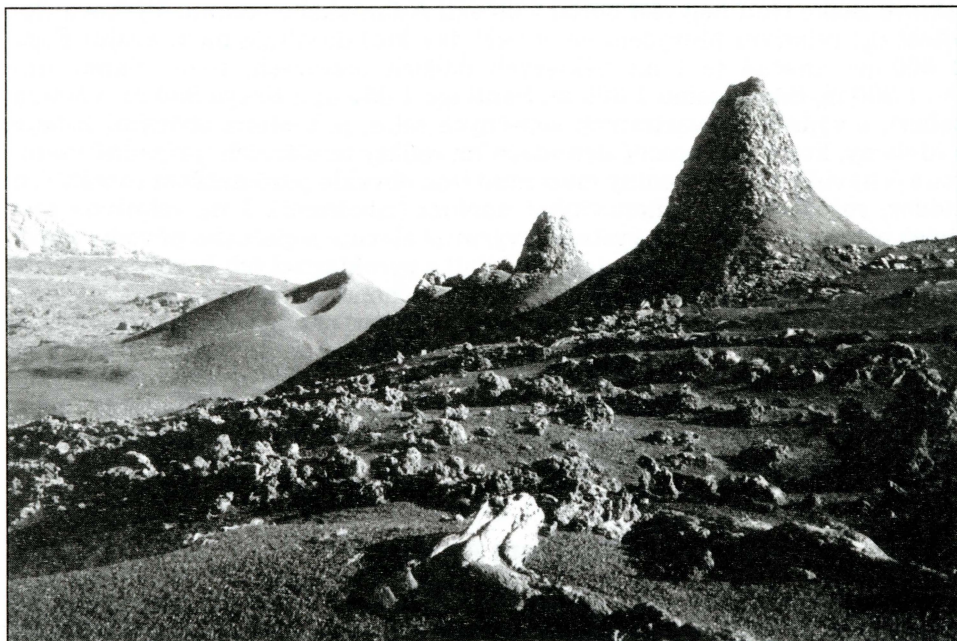
Endogenního původu jsou zejména tvary vulkanického reliéfu. S výjimkou ostrova Fogo s aktivní sopkou Pico do Fogo nebyly na Kapverdách v historické době zaznamenány jiné projevy vulkanické činnosti (Machado 1965).

Sopka Pico do Fogo (2 829 m) je typickým stratovulkánem vesuvského typu (Riberiro 1960, Machado 1965). Symetrický sopečný kužel je ze tří stran obklopený stěnami původní kaldery (s převýšením 1 300 m), strmý východní svah přímo spadá k 5,5 km vzdálenému břehu Atlantskému oceánu. Na svazích ostrova (zejména v nadmořských výškách 600 – 1 100 m) je několik desítek parazitických kuželů převážně z pyroklastického materiálu. Vrcholový kráter (příloha 1) hlavního kuželu Pico do Fogo je 450 m široký a 180 m hluboký, vulkanicky neaktivnější byl do šedesátých let 18. století. Mladší erupce se omezují hlavně na vnější stranu hlavního kuželu, včetně severovýchodního a jihozápadního svahu směrem ke kaldeře Chã das Caldeiras s osadami Portela a Bangaeira.

Morfologicky nejvýraznější jsou pozůstatky po dvou erupcích v minulém století. V roce 1951 došlo k rozsáhlým výlevům bazaltové lávy (Ribeiro 1960, Machado 1965) zejména na sz. a jv. svahu kuželu Pico do Fogo, které dosáhly až k východnímu pobřeží. Na sz. úbočí hlavního kuželu směrem ke kaldeře Chã das Caldeiras vzniklo na zlomové linii JJV – SSZ několik drobných lávových věží (hornitos) a pyroklastických kuželů se zřetelnými krátery (obr. 2). K dosud poslední, méně výrazně erupci došlo v dubnu až květnu 1995 na jz. temeni hlavního kuželu a v kaldeře. Výrazně převážila produkce lávy typu aa nad lávou typu pahoehoe (Costa 1998).

Výsledkem recentního (holocenního) vulkanizmu jsou izolovaná sopčná tělesa také na některých dalších ostrovech, a to hlavně v jejich příbřežních partiích (viz též obr. 1). Sopečné kužely se zachovalými krátery a doprovodnými lávovými proudy vystupují např. na v. okraji São Vicente (Calhau, 140 m a Viana, 159 m), ve v. části Santo Antão (Tubarão), na sv. pobřeží São Nicolau (Juncalinho) aj.

Za endogenně podmíněné tvary reliéfu lze považovat i syngenetické pseudokrasové útvary – lávové jeskyně a tunely (Wood 1974). Patrně největší,



Obr. 2 – Vulkanický reliéf na sv. temeni aktivní sopky Pico do Fogo. Vpravo lávové homole typu hornitos, vlevo pyroklastický kužel s kráterem, v popředí lapilly s provazovitou lávou typu pahoehoe. Foto Jan Vítek.

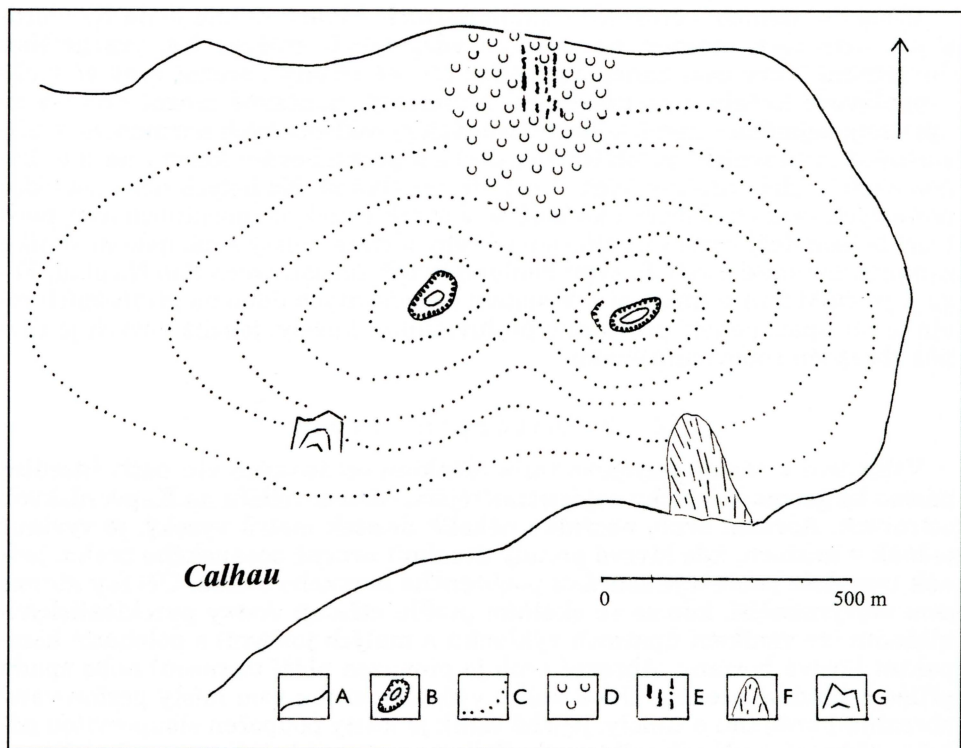
588 m dlouhá lávová jeskyně na Kapverdských ostrovech, je uváděna pod názvem Ghon Ghon (Schleich 1998) z jz. svahu sopky Fogo. Soustavu menších syngenetických jeskyní a tunelů jsme dokumentovali (obr. 3 a příloha 2) v lávovém příkrovu z porézní bazaltové lávy (typu pahoehoe) na s. svahu zdvojené sopky Calhau (140 m) při v. pobřeží ostrova São Vicente. Ke vzniku souběžných podzemních rourovitých chodeb zde došlo poměrně mělce pod povrchem. V důsledku postupné destrukce tenkého stropu dosahují nyní jeskyně a tunely, místy vyvinuté ve dvou patrech, souvisle délky pouze několika desítek metrů.

4. Exogenní tvary reliéfu

4. 1. Strukturně denudační tvary

Do této skupiny lze zařadit strukturou podmíněné a denudačními procesy odkryté tvary reliéfu, kterými jsou např. původně podpovrchová intruzivní tělesa. Patří sem zejména diskordantní žíly (dajky), prostupující komplexem méně odolných pyroklastických uloženin, z nichž jsou nad úroveň okolního terénu vyreparovány v důsledku erozních a svahových procesů. S ohledem na poměrně rychlý vývoj reliéfu v tomto litologickém prostředí lze považovat za recentní tvary např. relikty žilných těles, vytvářející morfologicky výrazné věžovité útvary a především úzké a protáhlé skalní zdi.

Vyreparované diskordantní žíly patří k typickým mezoformám reliéfu zejména na ostrově São Nicolau. Jejich průběh bývá v délce několika set metrů



Obr. 3 – Zdvojený holocenní vulkán Calhau (140 m) na východě ostrova São Vicente. A – oceánský břeh, B – okraj a dno sopečného kráteru, C – vrstevnice po 20 m, D – lávový proud, E – lávové jeskyně a tunely, F – sesuv, G – kamenolom u obce Calhau.

téměř přímý, jinde je různě zprohýbaný nebo zcela chaotický. Např. jv. svahem vrchu Monte da Nossa Senhora (979 m) poblíž města Ribeira Brava sestupuje v délce asi 300 m bazaltová žíla, sledující hlavní tektonickou linii ostrova (ZSZ – VJV) a vytvářející skupinu na sebe navazujících skalních zdí (příloha 4), vysokých až 15 m a okolo 1 m širokých. V blízkém okolí, např. na v. svahu nejvyšší hory ostrova Monte Gordo (1 312 m), vytvářejí vypreparované bazaltové žíly celá skalní města. Vzácnější jsou skalní zdi z ostatních typů intruzivních hornin; výrazné trachytové žíly vystupují např. při s. pobřeží São Nicolau.

4. 2. Fluviální tvary

Kapverdské ostrovy se vyznačují suchým tropickým podnebím (skupiny BWh dle Köppenovy klasifikace), výrazně ovlivňovaným převažujícím sv. prouděním (tzv. saharským pasátem). Průměrný roční úhrn srážek dosahuje 266 mm, z toho na srpen až říjen připadá 240 mm (Carvalho 1973). Značné rozdíly v množství srážek jsou nejen v průběhu roku, ale i mezi pobřežními a horskými oblastmi, kde během přivalového deště spadne výjimečně až 200 mm srážek za 24 hod. Vlhčím podnebím se vyznačují též s. svahy skupiny Návětrných ostrovů (Barlavento), kde kaňon Paul (příloha 3) na ostrově Santo Antão je patrně jediným trvale protékaným údolím v celém souostroví.

Vývoj fluviálních – erozních i akumulčních – tvarů reliéfu je na Kapverdských ostrovech omezen na období vydatnějších srážek. Nejvýraznějšími fluviálními tvary jsou kaňonovitá údolí (zvané ribeiry), erozní rýhy až strže a náplavové kužely s proluviálními sedimenty. Současné erozní procesy se uplatňují zejména v méně konsolidovaných pyroklastických horninách. V příslušných „vrstevních“ polohách tak dochází prohlubování koryta na dně kaňonovitých údolí, protínajících svahy stratovulkánů. Na holých nebo jen řídké porostlých svazích elevací a kaňonů se v pyroklastických horninách a osypech tvoří během dešťových přívalů ronové rýhy a strže, místy s náznakem vzniku zemních pyramid a reliéfu typu badland (např. na ostrovech São Nicolau, Fogo, v jz. části Santo Antão aj.). Vyústění kaňonovitých údolí do příbřežních rovin je na úpatí pohoří provázeno proluviálními kužely, jejichž povrch je rovněž zbrzděn ronovými rýhami.

4. 3. Litorální tvary

Vzhledem k téměř permanentním účinkům oceánských vln patří litorální pásmo ke geomorfologicky nejdynamičtější částem reliéfu na Kapverdských ostrovech. Abrazní srub, nezřídka několik desítek metrů vysoký, je vyvinut jednak v místech, kde lávové proudy dosahují úrovně oceánského břehu, jednak tam, kde pobřeží je součástí ponořeného horského svahu. Účinky abraze jsou nejvýraznější, kde se ve skalním profilu střídají vrstvy pyroklastických uloženin (se vznikem úpatních výklenků a malých jeskyní) s polohami kompaktní lávové horniny. Abrazní srub je provázen pláží (terasou) nebo spadá přímo k hladině oceánu. Úzké skalní výčnělky srubu jsou místy perforovány abrazními bránami a tunely, jejichž vznik je místy podpořen sloupcovitou odlučností horniny. Např. v Ponta da Salina na sz. pobřeží Foga je 15 m široká a 6 m vysoká brána, nízký skalní most vznikl též na čele lávového proudu s. od sopky Calhau na východě São Vicente. Menší perforace jsou též v bazaltovém hřebínku z. od města Cidade Velha na jihu Santiaga (příloha 5) a na mnoha dalších místech. Za pozornost stojí též jeskynní dutina Buracona na sz. pobřeží Salu. Otevírá se malým vstupem na skalní terase (obr. 4) nad hranou abrazního srubu a přechází do propastovitého prostoru (s hloubkou 11 m a s rozměry 35x13 m), spojené s mořem podzemním tunelem. Patrně jde o kombinaci syngenetické a epigenetické dutiny, konkrétně o relikt lávové jeskyně, rozšířený abrazí v partii sloupcovité odlučnosti bazaltu.

Zcela běžnými mikroformami litorálního reliéfu jsou pobřežní škrapy, vzniklé v bazaltech i ostatních horninách (např. na jz. pobřeží Salu v kalkarenitech) mechanickou a zejména chemickou agresivitou oceánské vody. Na subvertikálních výchozech se v místě dostřiku vody tvoří jamkovité (voštinové) škrapy. Vývoj miskovitých škrapů (kamenic) na subhorizontálních bazaltových prazích (místy ze zřetelnou sloupcovitou odlučností horniny) je nepochybně podporován značnou salinitou vody stagnující v prohlubních.

Na jz. pobřeží Salu byly zjištěny pozoruhodné tvary, tvořené kalcitovými konkrucemi. Vznikly v souvrství mořských sedimentů pleistocenního stáří (Celestina a kol. 1968), a to ve vrstvě pískovců až slepenců, původně překryté polohou kalkarenitů až vápenců. Ta byla zdrojem uhličitanu vápenatého pro tvorbu konkrucí v podložních nekompatních klastických sedimentech. Působením výčasových proudů a patrně též deflací došlo místy k částečnému obnažení konkrucí. Např. v zálivu Murdeira vystupují na povrch v pásu 10–30 m širokém (příloha 6), zaplavovaném během přílivu a před přímým účinkem abraze chráněném pískovcovým a slepencovým skalním prahem.



Obr. 4 – Průhled otvorem dutiny Buracona na bazaltovém sz. pobřeží Salu, která představuje kombinaci syngenetické a epigenetické jeskyně. Foto Jan Vítek.

Převažují konkrce hradbovitého a krápníkového tvaru, vysoké okolo 0,5 m a široké 5–20 cm; obvykle jimi prochází dutý kanálek, kolem něhož jsou kalciové částice koncentricky uspořádané.

Součástí březního pásma jsou pláže, na Kapverdách vyvinuté zejména na relativně plochých ostrovech. Vhodné litologické a geomorfologické podmínky pro vznik jedné z nejrozsáhlejších plážových plošin byly na jz. pobřeží Salu, kde zdrojem písčitých sedimentů jsou výše uvedené pleistocenní pískovce a kalkarenity. Díky této pláži z čistého stejnorodého písku a vhodným klimatickým podmínkám se přilehlá osada Santa Maria stala nejvýznamnějším rekreačním střediskem nejen na Salu, ale i v celém souostroví. Plážové plošiny lemují téměř souvisle také ost-

rov Boavista a západní pobřeží Maia. Na ostatních ostrovech jsou běžné úzké pláže při úpatí abrazních srubů. Příkladem je jižní pobřeží Santiaga, kde pláž (praia) dala pojmenování hlavnímu městu Praia, pláž z černého písku vulkanického původu je např. pod městem São Filipe na ostrově Fogo aj.

4. 4. Eolické tvary

V semiaridním až aridním prostředí Kapverdských ostrovů patří vítr k významným geomorfologickým činitelům. Eolický reliéf je nejzřetelněji vyvinutý na relativně plochých ostrovech (Sal, Boavista a Mayo) ve východní části souostroví s permanentním vlivem severovýchodního pasátu. Např. na ostrově Boavista pokrývají písečné akumulace plochu asi 90 km² (Mitchell-Thomé 1972), tj. přibližně sedminu povrchu.

Recentní tvary eolického reliéfu jsme studovali v j. a jz. části Salu mezi městem Santa Maria (kde navazují na nejrozsáhlejší pláž v celém souostroví) a zálivem Algodoeiro. V plochem příbřežním terénu se zde střídají pokryvy navátého a plážového písku s deflačními plošinami. Zdrojem jemnozrnného písku jsou jednak pyroklastické uloženiny, jednak kvartérní pískovce a kalkarenity mořského původu. Deskovité, k JJZ mírně ukloněné výchozy pískovců jsou ob-

nažené deflací a na návětrné sv. straně (na čele vrstev) zřetelně eolizované se vznikem korazních jamek (aeroxyst). Výraznými akumulacími formami jsou naváté písky, především duny, dosahující zejména v s. okolí Santa Marii výšky kolem 8 m. Tam se spojují i do rozsáhlejších komplexů, jinde vytvářejí samostatné hřbety protáhlé ve směru převažujícího větru, tj. SV – JZ. Nižší, parabolicky uspořádané duny (s výběžky proti směru větru) pokrývají plošinu zálivu Algoeiro, kde zasahují až k březní čáře. Místa jsou konsolidované sukulentní vegetací (příloha 7), na holém povrchu písků se tvoří čeřiny.

Z plážových a eolických akumulací je jemnozrný písek větrem přenesen i do vnitrozemí některých, zejména relativně plochých ostrovů (Sal, Mayo, Boavista). Pokryv vátých písků jsme sledovali např. i na okrajové hraně kráteru holocenní sopky Vianna (159 m) při v. pobřeží São Vicente.

4. 5. Tvary zvětrávání a odnosu hornin

K poměrně běžným recentním tvarům reliéfu na Kapverdských ostrovech patří mezo- a mikroformy zvětrávání a odnosu hornin. Hojně se tvoří na výchozech pyroklastických uloženin, kdežto v kompaktních lávových horninách jsou vzácnější a patří k nim např. exfoliační tvary. Lze je sledovat (např. na ostrovech Santiago, Santo Antão, São Vicente aj.) na holých svazích výše položených horských masívů, představujících erozně denudační trosky terciérních sopečných těles. K exfoliaci oddělováním slupkovitě prohnutých, několik desítek cm mocných povrchových desek intruzivní horniny, zde dochází patrně v důsledku odlehčení po denudaci nadložních hornin.

K tvarům mechanického zvětrávání a odnosu, jejichž vznik je podpořen sloupcovitou odlučností bazaltoidů, lze zařadit i některé skalní perforace. Tvoří se ve zúžených partiích horských hřebenů nebo skalních zdí (vypreparovaných žil) a převážně na rozmezí sloupcovité odlučných lávových proudů a pyroklastických uloženin. Příkladem je skalní okno (3,5 m vysoké, 2,7 m široké a 0,8–1,5 m hluboké) dominující spodní části levého svahu údolí Fajã na SZ ostrova São Nicolau.

Mnohem rozmanitější soubor mezoforem a zejména mikroforem selektivního zvětrávání a odnosu je vyvinut na subvertikálních skalních stěnách, tvořených souvrstvím různorodých zpevněných pyroklastických hornin. Patří k nim jednak nejrůznější vhloubené tvary (jamky, dutiny, výklenky, případně skalní okna a jiné perforace), jednak ostře vymezené skalní výčnělky (římsy, lišty, vrstevní žebra aj.), případně kombinace obou typů (např. skalní voštiny). Oválné výklenky místy přecházejí do malých jeskyní (abri).

Vývoj těchto tvarů probíhá nepochybně v návaznosti na srážkové období, kdy se uplatňuje mechanický a chemický vliv vody prolínající horninou, podpořený na osluněné straně silným výparem. Významnou roli hraje gravitační opad porušených povrchových partií, zatímco vliv větru se na skalních stěnách omezuje především na odnos sypkých zvětralin. Tam, kde přenosem minerálních solí v důsledku sezónního provlhčování a silného výparu došlo ke vzniku pevnější povrchové kůry horniny, se celkem běžně tvoří dutiny typu tafoni. Zejména ve středně zrnitých zpevněných tufech dosahují rozměrů a hloubky v rozmezí 0,1–1,5 m.

Výše uvedené tvary zvětrávání a odnosu rozličných typů pyroklastických hornin jsme dokumentovali na ostrovech Sal (např. na jz. svahu vrchu Cagarral 173 m; příloha 8), Santiago (v horském masívu Malagueta), São Vicente a především São Nicolau, kde dutiny tafoni a voštiny tvoří rozsáhlé plochy např. na skalní stěně s jv. expozicí pod horou Monte Gordo (1 312 m).



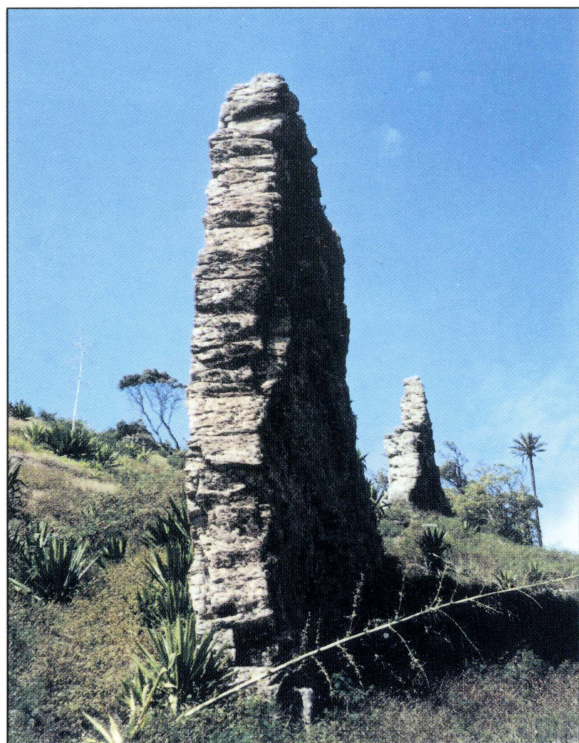
Příloha 1 – Okraj a vnitřní stěna kráteru činné sopky Pico do Fogo. Ve stěně stratovulkánu se střídají polohy lávové a pyroklastické horniny. Foto Jan Vítek.



Příloha 2 – Otvor lávové jeskyně v bazaltovém příkrovu na východě ostrova São Vicente pod holocenní sopkou Calhau. Foto Jan Vítek.



Příloha 3 – Hluboký kaňon (ribeira) Paúl na východě ostrova Santo Antão je jediným trvale protékaným údolím na Kapverdských ostrovech, využívaným k pěstování tropického rostlinstva. Foto Jan Vítek.



Příloha 4 – Bazaltové žíly (dajky), vypreparované selektivní denudací, tvoří na ostrově São Nicolau morfoloicky výrazné skalní zdi. Foto Jan Vítek.



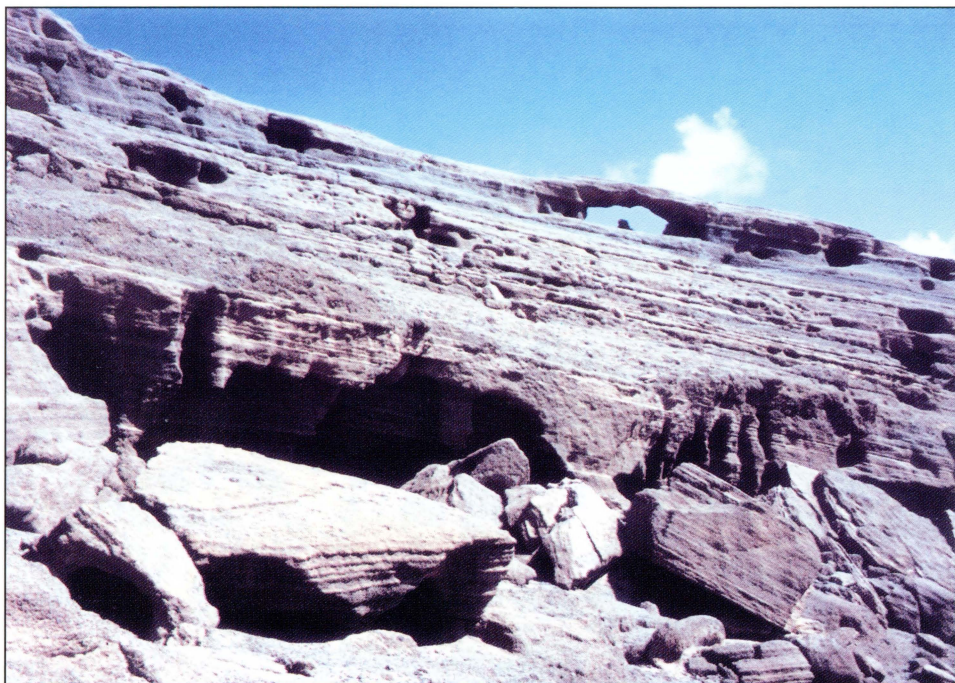
Příloha 5 – Jižní pobřeží ostrova Santiago u města Cidade Velha s úzkým bazaltovým hřbetem, perforovaným skalní bránou a oknem. Foto Jan Vítek.



Příloha 6 – Tvary kalcitových konkréci v zálivu Murdeira na jz. pobřeží Salu. V pozadí je návrší z pyroklastických hornin Monte Leão (Lví hora). Foto Jan Vítek.



Příloha 7 – Eolický reliéf na jihu Salu s dunami částečně konsolidovanými sukulentní vegetací (v popředí *Cistanche phelipaea*). Foto Jan Vitek.



Příloha 8 – Tvary zvětrávání a odnosu, sufoze a skalního říční (pyroklastické horniny) na vrchu Cagarral ve východní části Salu. Foto Jan Vitek.

4. 6. Tvary svahových pohybů

Tvary svahových pohybů jsou běžné zejména v partiích tvořených málo konsolidovanými pyroklastickými horninami. Sesuvy vznikají především v místech, kde dochází k „podkopávání“ úpatí strmého svahu buď erozí sezónních toků, tj. na svazích hluboko zaříznutých údolí (ribeir), nebo mořskou abrazí. Např. výrazný plošný sesuv (200 m široký i dlouhý) sestupuje k oceánskému břehu příkrým jiv. svahem holocenní sopky Calhau (140 m) u stejnojmenné obce na východě ostrova São Vicente (obr. 3).

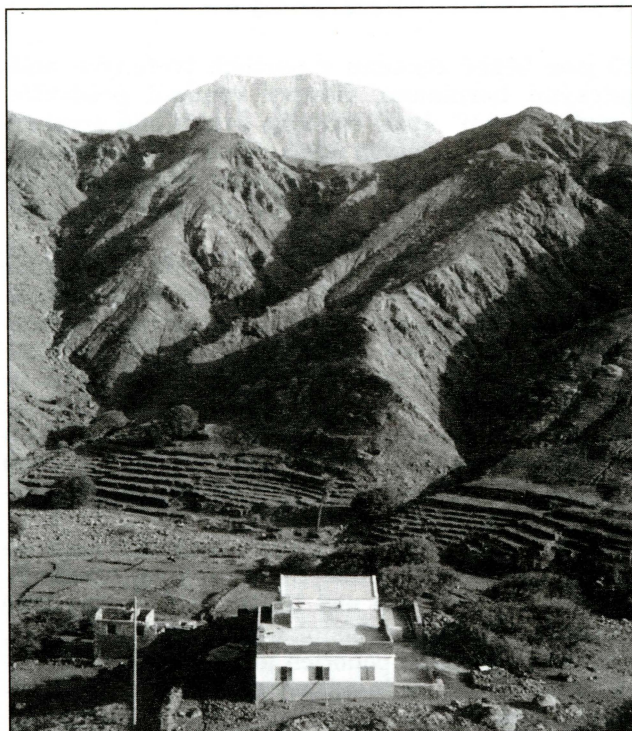
K relativně rychlému vývoji reliéfu v důsledku svahových pohybů blokového typu a jednorázového skalního řízení pak dochází tam, kde se na obnažených svazích stratovulkanů střídají komplexy masivní intruzivní horniny s polohami méně konsolidovaných pyroklastik. Tento jev je patrně nejvýraznější na vnitřních svazích 180 m hlubokého kráteru činného vulkánu Pico do Fogo (2 829 m), kde jsou skalní stěny lemovány souvislými, několik desítek metrů vysokými osypy (příloha 1). K výrazné gravitační destrukci dochází i v „ruinovitém“ bazaltovém příkrovu aa lávy z erupce v roce 1995 v jz. části kaldery Chã das Caldeiras. Už po několika letech se zde tvoří (nepochybně zejména po dešťových přívalech) až 10 m hluboké propadliny.

Strmé horské svahy jsou na mnoha místech (dle našeho sledování např. ve vrcholových partiích ostrovů Santiago, Santo Antão, São Nicolau aj.) zbrzděné murovými rýhami, dosahujícími délky více než 100 m. Někde jsou holé („vyprázdněné“), jinde se postupně zaplňují písčítokamenitým materiálem, z čehož lze předpokládat, že v kapverdských pohořích jde především o mury turbulentního typu. Tvoří se zde sezónně – jednorázovým odnosem úlomkovitých zvětralin během přívaleových srážek.

4. 7. Antropogenní tvary

K nejrozšířenějším antropogenním tvarům v členité, převážně semiaridní až aridní krajině Kapverdských ostrovů patří agrární terasy (obr. 5). Na svažitém terénu jde obvykle o celé soustavy svahových stupňů, u nichž výrazně převažuje délka nad šířkou, nezřídka zpevněných kamenitou opěrnou zdí. Tyto terénní úpravy směřují nejen k obdělávání půdy, ale i k omezení účinků stružkové eroze. Terasovitá políčka, místy doprovázená rezervoáry srážkové vody, jsou hojná zejména na návětrných (relativně vlhčích) svazích a v širších částech hluboko zaříznutých údolí. Rozsáhlé plochy zaujímají např. ve východní části ostrova Santo Antão (ve stále protékaném údolí Paúl, v okolí obce Corda aj.), na São Vicente (např. na s. svahu hory Monte Verde, 750 m), na západě Foga (např. v zemědělské farmě Achada Malva) aj. V kaldeře Chã das Caldeiras na z. temeni sopky Pico do Fogo se k agrárním účelům (zejména k pěstování fazolí, ovoce a vinné révy) využívá už i terén na vulkanických uloženinách z erupce v roce 1951.

V rámci sídelního antropogenního reliéfu výrazně převažují tvary degradační nad agradačními. V prostoru rozšiřujících se větších sídel (např. hlavní město Praia na ostrově Santiago a Mindelo na São Vicente) jsou to zejména urbánní terasy, při jejichž tvorbě je využíváno zejména poloh s „měkkými“ pyroklastiky. Z dopravních tvarů jsou v horském terénu nejzřetelnější zářezy silnic, cest a úvozů. Většina komunikací je zpevněna bazaltovými kameny, vyjímány ze sopečných aglomerátů. Antropogenní pobřežní hráze a valy jsou součástí všech přístavů, z nichž největší je v zálivu Porto Grande u města Mindelo na ostrově São Vicente.



Obr. 5 – Semiaridní až aridní krajina na São Nicolau s erozními rýhami a agrárními terasami v popředí. Foto Jan Vítek.

Těžební tvary se omezují na stěnové i jámové lomy obvykle s těžbou bazaltů a sypkých pyroklastik, využívaných k výrobě stavebních tvárnic (např. na svahu sopky Fogo). Dlouhou tradici má těžba soli v pobřežních partiích ostrovů Sal („sůl“), Boavista, Maio aj. Např. ve v. části Salu se k těmto účelům využívá terciérního sopečného kráteru Salinas u osady Pedra Lume. Na jeho ploché dno mořská voda původně pronikala během přílivu přirozenými podzemními kanály, nyní k tomuto účelu slouží asi 1 km dlouhé umělé propojení s pobřežím Atlantského oceánu.

5. Závěr

Vývoj základní morfostruktury Kapverdských ostrovů byl určen vulkanickými a tektonickými procesy od mezozoika s největší aktivitou v neogénu. Ze současných endogenních pochodů je nejzřetelnější sopečná činnost na aktivním vulkánu Pico do Fogo na ostrově Fogo. Exogenní procesy probíhají v úzké návaznosti na strukturní a klimatické poměry. Za nejdynamičtější se vyvíjející části reliéfu Kapverdských ostrovů lze považovat pobřeží a místa na povrchu, která jsou ve srážkovém období (srpen – říjen) vystavena účinkům ronů, erozní a akumulární činnosti sezónních toků. V převážně aridním a semiaridním prostředí patří k důležitým geomorfologickým procesům deflační a akumulární činnost větru. V prostoru sídel a v zemědělsky využívaných oblastech je samozřejmě nepřehlédnutelný antropogenní impakt na krajinu Kapverdských ostrovů.

Za realizaci expedice na Kapverdské ostrovy a za překladatelskou pomoc děkuji doc. PhDr. Janu Klímovi z Ústavu historických věd PdF Univerzity Hradec Králové.

Literatura:

- BEBIANO, J. B. (1932): A geologia do arquipélago de Cabo Verde. Serv. Geol. de Portugal, Lisboa, 275 s.
 CARVALHO R. A. C. (1973): Meteorological conditions in the Cape Verde Islands. Serv. Meteorol. Nation., Lisboa, 60 s.

- CELESTINA, S. a kol. (1968): Mapa Geologico da Ilha do Sal (1:25 000). Base cartogr. de Centre da Inst. de Investig. Lisboa.
- COSTA, F. L. (1998): Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde). Garcia de Orta, sér. Geogr., 16, č. 1-2. Lisboa, s. 63-74.
- DEMEK, J. (1987): Obecná geomorfologie. Academia, Praha, 480 s.
- GREEN, J., SHORT, N. M., red. (1971): Volcanic landforms and surface features. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 520 s.
- HOVORKA, D. (1990): Sopky. Vznik, produkty, dôsledky. Veda, Bratislava, 156 s.
- KUKAL, Z. (1985): Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů. ÚÚG, Praha, 80 s.
- MACHADO, F. (1967): Geologia das ilhas de Cabo Verde. Agrup. Cient. de geol. da Univers. de Lisboa da Junta de investig. do Ultramar. Lisboa, 25 s.
- MACHADO, F. (1965): Vulcanismo das ilhas de Cabo Verde e das outras ilhas atlânticas. Junta de investig. do Ultramar, Lisboa, 84 s.
- MACHADO, F., ASSUNÇÃO, C. T. (1965): Carta geológica de Cabo Verde. Notica explicativa, estudos petrográficos. Garcia de Orta, 13, č. 4, Lisboa, s. 597-604.
- MITCHELL-THÔME, R. C. (1972): Outline of the geology of the Cape Verde Archipelago. Geol. Rundschau, 61, č. 3, Stuttgart, s.1087-1109.
- RIBEIRO, O. (1960): A ilha do Fogo e as suas erupções. Junta de Investig. do Ultramar. Sér.Geogr. 1, Lisboa, 319 s.
- SCHLEICH, H., SCHLEICH, K. (1998): Cabo Verde – Kapverdische Inseln. Verlag Stephanie Naglschmid, Stuttgart, 197 s.
- TORRES SOUSA, A., PIRES SOARES, J. M. (1946): Formações sedimentares do Arquipélago de Cabo Verde. Memórias, sér. Geol., 3, Lisboa, 398 s.
- WATTS, A. B. (2000): The growth and decay of ocean islands. In: Summerfield A. M., (ed.): Geomorphology and global tectonic. Wiley and sons, Chichester.
- WOOD, Ch. (1974): The genesis and classification of lava tube caves. Trans. Brit. Cave Research Assoc., 1, Combwich, s. 15-28.

Summary

RECENT LANDFORMS ON THE CAPE VERDE ISLANDS RELIEF

The Cape Verde Islands are situated in the eastern part of Atlantic Ocean approximately at 455 km from the westernmost African coastline. The two groups are the Windward Islands (Ilhas de Barlavento: Santo Antão, São Vicente, São Nicolau, Sal, Boavista) at the north and northwest and the southern Leeward Islands (Ilhas de Sotavento: Maio, Santiago, the largest one of an area of 779 square km, Fogo and Brava). Both groups comprise some small uninhabited islands. The islands originated from volcanic and tectonic processes, which culminated in the Neogene. The only active volcano is Pico do Fogo (2 829 m); the volcanic relief was conserved on other Holocene volcanoes, too. A part of some recent lava flows are syngenetic tubes and caves (namely in the Fogo and São Vicente islands).

Especially exogenic geomorphological recent factors influenced the recent development of surface landforms. E.g. basaltic, trachytic and other dikes discovered in less enduring rocks (namely in São Nicolau Island) belong to structural denudation forms. Fluvial forms (deep valleys – *ribeiras*, erosion furrows etc.) developed during the season of heavy rains (August-October). Among the littoral forms, abrasion cliffs at the head of lava sheets are the most outstanding. Aggressive seawater builds littoral lapies, as well as calciferous concretions in the southwestern part of Sal. Aeolian relief with deflation plateaux and dunes is typical for some parts of Sal, Boavista and Maio Islands. Weathering and denudation processes in pyroclastic rocks originated various rock hollows (e.g. tafoni), niches, honeycombs, rock perforations (windows, arches) and other forms. Among the slope deformations, landslides are the most frequent in sites with massive lava rocks and unconsolidated tuff variegation after heavy precipitation. The contemporary evolution of landscape is largely influenced by human activities, by building agrarian terraces on slopes.

Fig. 1 – General map of Cape Verde Islands. A – Pico do Fogo active volcano, B – Holocene volcanoes, C – morphologically outstanding forms of littoral relief, D – aeolian relief.

- Fig. 2 – Volcanic relief at the head of the Pico do Fogo active volcano. On the right *hornitos* type lava cones can be seen, on the left a pyroclastic cone with a crater, in the foreground lapilli with *pahoehoe* type dermolitic lava. Photo by Jan Vitek.
- Fig. 3 – Redoubled Holocene volcano Calhau (140 m) in the eastern part of São Vicente Island. A – ocean coast, B – crater, C – level lines with 20 m distances, D – lava flow, E – lava caves and tubes, F – slide, G – stone quarry near Calhau village.
- Fig. 4 – View through the Buracona cave opening at the basaltic NW coast of Sal Island which combines the syngenetic and the epigenetic cave type. Photo by Jan Vitek.
- Fig. 5 – Semiarid to arid landscape in São Nicolau Island with erosion furrows and agrarian terraces at the foreground. Photo by Jan Vitek.
- Appendix 1 – Hem and inner wall of the active volcano Pico do Fogo crater, inside a typical stratovolcano, lava and pyroclastic rocks. Photo by Jan Vitek.
- Appendix 2 – A lava cave opening in the basaltic lava sheet in the eastern part of São Vicente Island below the Holocene volcano of Calhau. Photo by Jan Vitek.
- Appendix 3 – A deep canyon (*ribeira*) Paúl in the eastern part of the Santo Antão Island is the only valley with a constant fresh water flow in the whole Cape Verde archipelago; water allows tropical cultures and vegetation to be cultivated here. Photo by Jan Vitek.
- Appendix 4 – Basaltic dikes discovered by selective denudation form outstanding rock forms in São Nicolau Island. Photo by Jan Vitek.
- Appendix 5 – The southern coast of the Santiago Island near Cidade Velha (Old Town) with a narrow basaltic cliff perforated by a rock gate and a window. Photo by Jan Vitek.
- Appendix 6 – Formations of calciferous concretions at the Murdeira bay in the SW coast of Sal Island. In the background, Monte Leão Hill (Lion Mountain) made of pyroclastic rocks can be seen. Photo by Jan Vitek.
- Appendix 7 – Aeolian relief in the southern part of Sal with dunes partially consolidated by succulent vegetation (*Cistanche phelipaea* in the foreground). Photo by Jan Vitek.
- Appendix 8 – Weathering, denudation, suffusion and rock fall forms at the Cagarral Hill (pyroclastic rocks) in the eastern part of Sal. Photo by Jan Vitek.

(Pracoviště autora: katedra biologie Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové, V. Nejedlého 573, 500 03 Hradec Králové.)

Do redakce došlo 10. 4. 2002