

ABDULLA AHMED AZZANI

## GEOLOGIE A GEOMORFOLOGIE VELKÉHO ADENU

A. A. Azzani: *Geological and Geomorphological Characteristics of Great Aden*. – Geografie – Sborník ČGS, 104, 1, pp. 35 – 45 (1999). – The paper deals a geological construction and geomorphological development on territory of Great Aden. Geological prospectings were already initiated in time English supremacy and they were intensified mainly in periods, when petroleum was detected in neighbouring countries. Geological and geomorphological processes are adherented to conditions and development these characteristic whole the Arabian peninsula.

KEY WORDS: geology – geomorphology – Great Aden.

### 1. Úvod

Velký Aden leží v jižním cípu Arabského poloostrova při severním pobřeží Adenského zálivu přibližně 200 km východně od jižního konce Rudého moře. Je vymezen rovnoběžkami 12° 43' až 12° 57' s. š. a 44° 42' až 45° 06' v. d. a má rozlohu 313 km<sup>2</sup>. Město bylo postaveno na svazích vyhaslého stratovulkánu, který patří k nejvýchodnějšímu ze 6 existujících vulkánů, které zahrnuje Adenská vulkanická série (Blanford 1869). Těchto 6 center, z nichž každé je dále členěno, tvoří linii táhnoucí se od Adenu na východě přes Aden Al Soqra, Ras Imran, Jebel Umm Birka, Jebel Khariz až po Jebel At Turbah v Rudém moři 190 km západně od Adenu. Převážnou část území Velkého Adenu tvoří mírně ukloněná rovina přibližně od 40 m n. m. severozápadně po necelé 2 m n.m. na jihozápadě. Pouze v jižní části Ras Imranu, Adenu Al Soqra a Adenu se reliéf prudce zvedá na kaldeře kráteru a na vrcholu Shamsan dosahuje výšky 530,4m n.m.

Adenský poloostrov, který se svažuje pod hladinu Arabského moře, je již zmíněným částečně zatopeným kráterem, jenž sahá od vrcholu pod mořskou hladinu do vzdálenosti až 8 km. S arabskou pevninou je spojen úzkou pobřežní písčnou nížinou, jejíž průměrná šířka činí okolo 1 km. Samotný poloostrov měří přibližně max. 9 km na šířku a 5 km na délku a jeho celková rozloha je přibližně 29 km<sup>2</sup>. Adenský kráter svým umístěním vytvořil záliv Tawahi, který se později stal výhodným přístavištěm pro lodí.

### 2. Geologická charakteristika

#### 2.1. Geologie Arabského poloostrova

Geologický a geomorfologický vývoj Arabského poloostrova přímo souvisí s vývojem celé jižní Asie (zahrnující Turecko, Levantské země, Irák, Irán, Afghánistán, Pákistán a Indii – část ležící jižně od Himalájí), s historií

Gondwany, která se začala rýsovat přibližně před 200 mil. lety, kdy se mezi Antarktidou a Afrikou a mezi Indií, Afrikou a Antarktidou vytvořily první zlomy.

Jádro Arabského poloostrova je zlomkem štítových hornin, které byly odštěpnuty od Afriky během pliocenu. Arabský štít má základ v archaických horninách obsahující břidlice, ruly, fylity, rohovec, mramor a migmatit. Horninový základ štítu byl pokryt během terciéru a kvartéru velkými plochami pokryvných útvarů zejména v západní části plošiny Nidžad (Njad).

Nejstarší horniny exponované v jihozápadní části Arabského poloostrova jsou tvořeny sériemi orthorul, žul a granodioritů, které jsou prekambriického stáří. Byly zde rozlišeny 4 typy magmatických žul, které podle J. E. G. W. Greenwooda a D. Bleackleye (1967) jsou prekambriického až terciérního stáří. Metamorfovaný základ, který nebyl přesně určen, pokrývají dvě sedimentární formace: Kohlan-formace středo- až spodnojurského stáří a Imran-formace svrchnojurského stáří. Z. R. Beydoun (1960) upozornil na existenci křídových sedimentů pokrývajících nepotvrzenou juru, pouze na některých lokalitách křída tvoří pokryv prekambriického stáří.

Ze spodního terciéru pocházejí rozsáhlé mořské transgrese, jejichž sedimenty pokrývají jihovýchodní Arábii, zatímco západ je charakterizován vulkanickou aktivitou vystupující v rozsáhlé Jemenské bazaltové sérii. Jemenská bazaltová série obsahuje větší množství alkalických čedičů střídajících se s andesity, trachyty a ryolity. Lávy pokrývají území o rozloze přibližně 3 600 km<sup>2</sup> a jsou lokalizovány do 2 regionů:

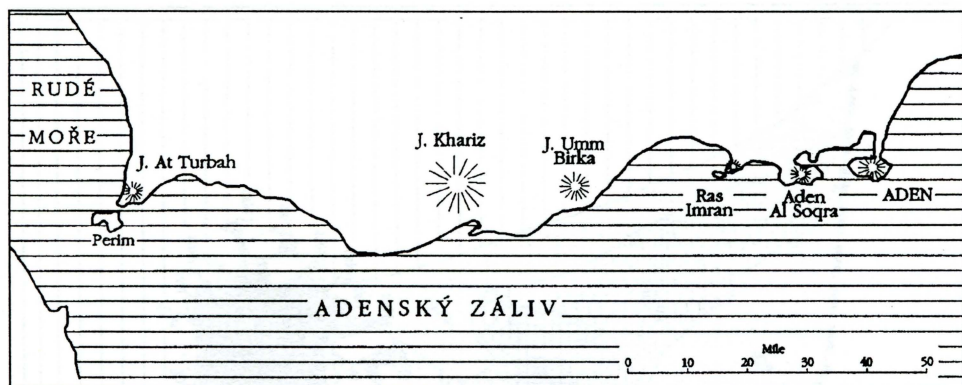
1. severozápad a sever oblasti Al Anad sahající až do bývalého Severního Jemenu mezi oblastmi Sanah a Al Kirsch,
2. sever a severozápad od Jebel Khariz opět sahající k hranici bývalého Severního Jemenu.

J. E. G. W. Greenwood a D. Bleackley (1967) odhadli průměrnou tloušťku Jemenské bazaltové série na 800 – 900 m, místy dosahující až 1 050 m.

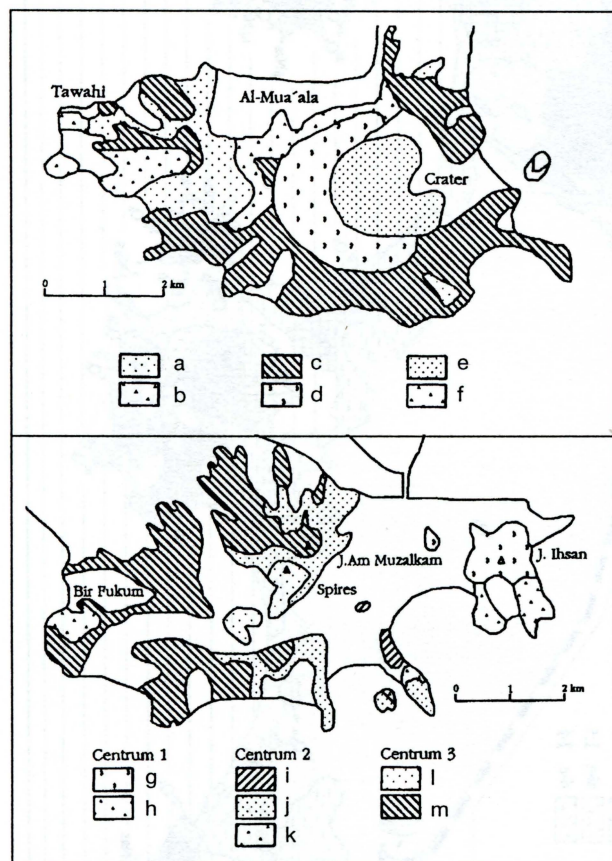
Ačkoli je zřejmé, že rozsáhlé bazaltové série jsou převážně terciérního stáří (Lipparini 1954), bylo v souvislosti s těmito sériemi zjištěno, že v oblasti bývalého Severního Jemenu se nacházejí čediče střídající se s polohami křídových sedimentů (Wissman a kol. 1942). Ve středním terciéru následovalo období klidu a pozdější aktivita ve svrchním terciéru dala vznik vulkanickým sériím.

## 2.2. Geologie Velkého Adenu

Geologickou stavbu studovaného území charakterizují třetihorní až čtvrtihorní pokryvné útvary indikující převážně aridní klima. Šest stratovulkánů miocenního až pliocenního stáří leží při jižním pobřeží Arabského poloostrova mezi městem Aden a jižním vstupem do Rudého moře (obr. 1). Aden, Aden Al Soqra, Ras Imran – tři centra, která jsou zde popsána, leží ve východní části této linie; metoda <sup>40</sup>K/<sup>40</sup>Ar absolutního stáří udává 5 mil. let pro všechny kužely (Dickinson a kol. 1969). Tyto vyhaslé vulkány, které jako skalnaté útvary vystupují z okolní pobřežní plošiny, jsou charakteristické kužely s centrálními sopouchy, ze kterých eruptovaly především bazické a kyselé lávy. Následně tyto kužely kolabovaly a vytvářely se kaldery, které byly vyplněny lávami hlavně intermediálního charakteru. Poslední stadium vulkanické aktivity představují erupce mugearitů a bazaltů z malých parazitických kuželů (Cox, Gass, Mallick 1969). Přehled o posloupnosti této aktivity v případě Adenu a Adenu Al Soqra je popsán v tab. 1 (viz též obr. 2).



Obr. 1 – Rozmístění třetihorních vulkánů mezi Adenem a jižním koncem Rudého moře (převzato: K. G. Cox, I. G. Gass, D. I. J. Mallick 1970, s. 434)



Obr. 2 – Geologický náčrt Adenu (nahore) a Adenu Al Soqra (dole) zobrazující rozložení strukturálních jednotek z tab. 1 (převzato: K. G. Cox, I. G. Gass, D. I. J. Mallick 1970, s. 435). Vysvětlivky: a – Tawahi, b – Al-Mua'ala, c – hlavní kužel, d – Shamsan, e – Tawela, f – Amen Khal; dolní obrázek: g – kaldera, h – kužel, i – kaldera, j – kužel, k – parazitické centrum, l – kaldera, m – kužel.

Mezi horninami Adenu, Adenu Al Soqra a Ras Immanu je velká podobnost a většinou mohou být přiřazeny k diferencovaným sériím, ve kterých jsou postupné, ne však zcela kontinuální změny složení od trachybazaltů přes intermediální typy až po peralkalické ryolity. Malé množství bazaltů v Adenu a Adenu Al Soqra eruptovalo v obou případech později a nejeví žádné jednoduché vztahy k horninám diferencovaných sérií. Tyto bazalty jsou tholeiitické – H. S. Zoder, C. E. Tilley (1962), ačkoliv jejich obsah normativního hyperstenu byl zvýšen oxidací.

Diferencované série mají intermediální charakter ve smyslu rovnováhy alkalií a  $\text{SiO}_2$  – jsou méně alkalické než hawaiian alkalické série, ale více al-



# VELIKÝ ADEN محافضة عدن

## GEOLOGIE

### GEOLOGICKÉ OBDOBÍ

1	2	3	4	5	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q <sub>4</sub>	Q	Q <sub>3</sub> Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Nas	φ	Tα	T	ρ	ρφ	σ	t	t	tφ	Tt

### POKRYVNÉ ÚTVARY

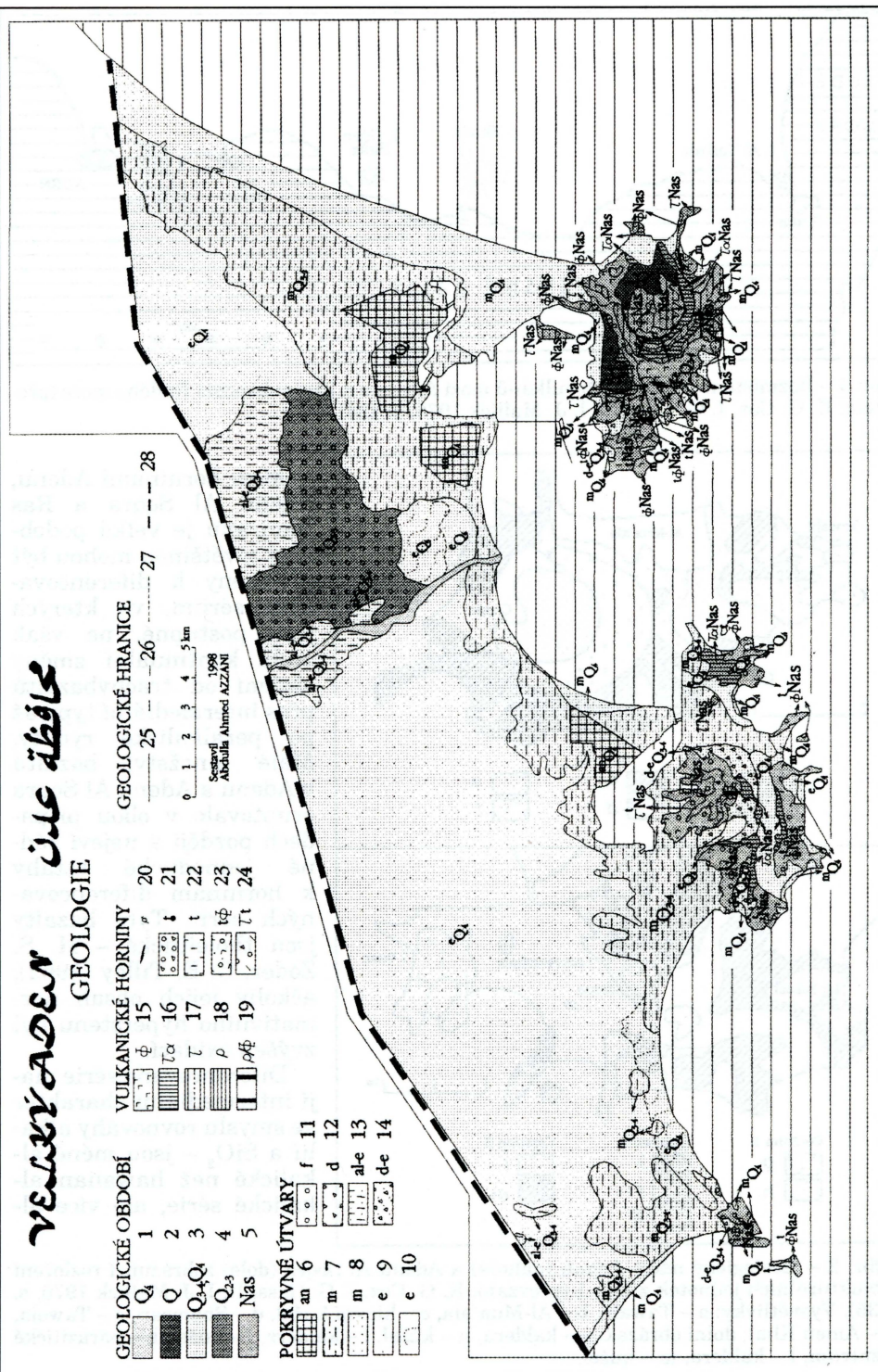
an	6	f	11
m	7	d	12
m	8	al-e	13
e	9	d-e	14
c	10		

### GEOLOGICKÉ HRANICE

25 --- 26 --- 27 --- 28

0 1 2 3 4 5 km

1998  
Serafij  
Abdulla Ahmed AZZANI



kalické než např. thingmuli soustava. Tento intermediální charakter je ještě nápadnější v důsledku toho, že výrazná oxidace byla vyloučena.

Ačkoli bazické horniny, které by mohly reprezentovat původní magmy diferencovaných sérií, se v Adenu a Adenu Al Soqra příliš nevyskytují, jsou jasně korelovatelné s oblastmi uvedenými výše. Vzácnost možného původního bazického materiálu v Adenu nemá velký význam. Zřejmě byl přítomen, ale neeruptoval jako v sousedním Jebel Kharizu – v governátu Laheg, který má velké množství diferencovaných hornin podobných Adenu a Adenu Al Soqra, kde jsou také hojně zastoupeny bazalty intermediálního typu (Gass, Mallick 1968).

### 2.3. Petrogeneze Adenské vulkanické série

Všech 6 stratovulkánů má podobné petrochemické charakteristiky, jsou strukturálně srovnatelné a leží podél stejného lineamentu. Horniny těchto vulkánů poukazují na to, že Adenské vulkanické série a jejich vulkány formují Adenskou vulkanickou linii. Každý výklad s ohledem na původ těchto sérií je třeba posuzovat podle následujících faktů a databázově zpracovaných analýz:

Vulkány Adenské linie byly aktivní před 5 až 10 mil. let a vykazovaly aktivitu po dobu 1 – 1,5 mil. let. Toto tvrzení se shoduje i s erozním stavem vulkanických kuželů, který je vyjádřen sklonovou rozrůzněností jejich svahů.

Magmatický krb existoval buď uvnitř a nebo bezprostředně pod každým vulkanickým centrem (Gass, Mallick 1968; Cox, Gass, Mallick, 1969). Při vzniku těchto centrálních kalder, které se vyvinuly v závěrečné fázi vulkanické aktivity každého vulkánů, byly přítomny také výchozy granofyritického a miarolitického křemenného syenitu v oblasti Jebel Khariz a ferrogabra v Adenu.

Iniciální poměr  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ukazuje, že magma pochází ze svrchního pláště a poměry  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  a  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  shodně ukazují na vztah k termické události před 30 – 40 mil. lety (Dickinson a kol. 1969), které právě byly příčinou vulkanické aktivity Jemenských bazaltových sérií během eocénu.

Petrograficky tvoří magmatické série sled od mírně alkalických olivínových bazaltů a trachybazaltů přes trachyandezity a trachyty k peralkalickým ryolitům komendetického charakteru. Nejpravděpodobnějším původním magmatem je tedy bazalt, který je průměrného složení mezi pravým alkalickým a pravým tholeitickým bazaltem.

Vulkány Adenské linie, oddělené aluviem pobřežní oblasti, leží podél východo-západního lineamentu paralelního se severním okrajem Adenského zá-

---

Obr. 3 – Geologie Velkého Adenu (upraveno podle: Geological Map 1:100 000, list D-38-114 a D-38-115). Legenda: Geologické období: 1 – novověké vádí, 2 – čtvrtohorní sedimenty nerozlišené, 3 – svrchní až nové čtvrtohory, nové čtvrtohory, 4 – střední až svrchní čtvrtohory, 5 – třetihory (miocén až pliocén). Pokryvné útvary: 6 – sedimenty pobřežních solných pánví (písek, sůl), 7 – lagunální a sabkha sedimenty (bahenní písek), 8 – pobřežní sedimenty (písek, mořské horniny, šterk), 9 – písečný pokryv (eolický), 10 – vysoké duny (eolické), 11 – fluvialní sedimenty (šterk, písečný šterk, konglomerát), 12 – deluviální sedimenty (talus, balvany), 13 – aluviálně-eolické sedimenty (písek, bahenní písek), 14 – deluviálně-eolické sedimenty (bahenní písek+klastika). Vulkanické horniny: 15 – čedič s polohami pyroklastických hornin, 16 – latity až latitodensity, 17 – trachyty, křemenité trachyty, 18 – ryolity, 19 – vulkanická skla (kyselá, zásaditá), 20 – ryolity, 21 – pyroklastické šterky, pumové tufity, tufy, 22 – psamitické a pelitické tufy, resedimentované tufy a tufity, 23 – střídání tufů a lapili-tufů, 24 – střídání trachytů a lapili-tufů. Geologické hranice: 25 – stabilní, 26 – pravděpodobná, 27 – pohyblivá, 28 – hranice kaldery.

Tab. 1 – Souhrn strukturálních jednotek Adenu a Adenu Al Soqra (převzato: K. G. Cox, I. G. Gass, D. I. J. Mallick 1970, s. 434)

Jméno jednotky	Typ struktury
ADEN	
Amen Khal	Parazitické centrum erupce strusky a lávových proudů.
Tawela kalderové série	Lávou a pyroklastiky vyplněná kaldera.
Shamsan kalderové série	Lávami vyplněná kaldera v podobě horizontálních proudů, v následujících etapách tvořící pokryv starších hornin v podobě kuželové pláště.
Hlavní kuželové série	Kužel sestávající hlavně z láv a podřízeně z pyroklastik.
Al-Mua'alla série	Lávy s nadložními aglomeráty. Strukturální postavení nejisté, ale pravděpodobně analogické se sérií Shamsan kalderovou.
Tawahi série	Aglomerátový kužel, podřízeně s lávou.
ADEN AL SOQRA	
Bir Fukum	Parazitické centrum výbuchu lávy se struskou.
Centrum 3 kalderové série	Kaldera vyplněná lávou.
Centrum 3 kuželové série	Kuželový sled skládající se téměř výhradně z láv.
Centrum 2 kalderové série	Kaldera vyplněná lávou, zůstal zachován pouze malý zbytek.
Centrum 2 kuželové série	Kuželový sled tvořený většinou aglomeráty, podřízeně s lávami.
Centrum 1 kalderové série	Pevné husté horizontálně uložené lávy vyplňující kalderu.
Centrum 1 kuželové série	Kužel budovaný sledem láv a aglomerátů, pouze relativně malé zbytky.

livu a asociují též s jižním okrajem Arabské kontinentální desky. Jsou doplněny sérií žil v každém centru a i když je zřejmé jejich radiální uspořádání, nejfrekventovanější směr je východo-západní, tj. paralelní s Adenskou vulkanickou linií.

Západně od Adenu v oblasti Adenu Al Soqra recentní bazalty eruptovaly na výraznou monoklinální posvrchnojurskou flexuru. Na hoře Jebel Khariz v gubernátu Lahag se lávy hlavní kuželové série uklánějí k jihu pod úhlem 5°, což naznačuje, že toto ohýbání zřejmě pokračovalo až do svrchního miocénu. V Adenském komplexu je málo příznaků, že by magma bylo kontaminováno při průchodu přes ztenčený jižní okraj Arabské desky nebo přes 2 000 m mocné alkalické bazaltové série, které jsou nesořodě uloženy na krystalickém základu. Je evidentní, že Adenská geostuktura byla oslabenou zónou, kterou magma Adenských vulkanických sérií vystupovalo přes ztenčenou kůru okraje Arabské desky v době, kdy Adenský záliv byl oceánickou plochou (Laughton 1966).

Adenská linie je nejseverovýchodnější částí rozsáhlé peralkalické provincie, která se táhne ze severní Keni podél východoafrického riftového systému přes

Etiopii a Somálsko (Gass 1970). Vulkanická aktivita probíhající v námi sledované oblasti tedy přímo souvisí s formováním Afro-arabského dómu, jemuž předcházela, a později tyto procesy probíhaly současně.

V prostoru a čase Adenské vulkanické série reprezentují relativně krátké období mezi alkalickým vulkanismem spodního terciéru Jemenské bazaltové série a stejně starou tholeitickou aktivitou v centru Adenského zálivu.

Ve spodním terciéru po období magmatického klidu, který nastal ve svrchním prekambriu, začala vulkanická aktivita doprovázená výlevy velkého množství bazických alkalických láv, které tvoří Jemenskou bazaltovou sérii. Jak magmatismus, tak výzdvih jsou považovány za výsledek již zmíněných lokálních termálních disturbancí ve svrchním plášti, což je důležité k pochopení původu alkalického bazaltové série.

### 3. Geomorfologická charakteristika

#### 3.1. Geomorfologie Arabského poloostrova

Střední Východ se z geomorfologického hlediska člení na tyto hlavní geomorfologické jednotky: Arabský štít, Mezopotámská nížina, Horské hřbety a náhorní plošiny Iránu, Turecký poloostrov.

V širším slova smyslu mají Arabský a Indický štít mnoho podobného. Oba jsou zbytkem Gondwany, od které byly separovány trhlinou a oba potom ustupovaly k severu jako nově vzniklé části kontinentální kůry ponořené pod mořem šelfových hloubek. Oba také mají vyvýšený jihozápadní okraj a jejich povrch se celkově uklání k východu či severovýchodu. Tento povrch se formoval v mesozoiku i pozdějších obdobích. Rozsáhlé náhorní plošiny, které se rozkládají na obou územích, jsou tvořeny proudy čedičů a tyto rozsáhlé oblasti mají pro toto území příznačné suché podnebí.

#### 3.2. Geomorfologie Velkého Adenu

Morfostrukturní jednotky jsou úzce vázané na geologickou stavbu Velkého Adenu (obr. 4). Na území Adenu, Adenu Al Soqra a Ras Imranu jsou genetické typy uloženin tvořené bazaltovými lávovými proudy a strukturou na líci kaldery Adenu, event. kráteru Adenu a Adenu Al Soqra. Členitý povrch je na bazaltu Harra. Výškové rozdíly mezi Shamsanem, který je nejvyšším východním bodem a má 530,4 m n. m., Signal Station jako severní částí Shamsanu a má 501,1 m n. m., Amen Khal v Tawahi, který má 304,3 m n. m. a Muzalkam v Adenu Al Soqra, který má 342,6 m n. m., nejsou velké, ale jejich sklon je 40 – 45° v pobřežních částech, uvnitř kaldery je sklon přibližně 70°.

V horských oblastech Adenu a Adenu Al Soqra vznikají při monzunových deštích na svazích kaldery přívalové proudy, které vytvářejí erozní rýhy a dochází ke splavování horninového materiálu do moře. Unášený materiál bývá od nejmenších částeczek až po bloky o průměru 50 až 60 cm.

Celá oblast je ovlivňována exogenními činiteli. Na severozápadě se vyskytují paralelní duny, které jsou místně nazývány „koud“. Hřbety dun jsou přibližně ve směru JZ – SV (V) a dosahují výšky až 3 m. Vznikly nanášením písečných sedimentů unášených větrem. Severozápadní svahy jsou mírnější a přepadají k jihovýchodu. Hřbety dun, dlouhé zpravidla 20 až 35 m, se táhnou za sebou ve vzdálenosti 7 – 10 m a vytvářejí písečné valy. Mezi nimi se



# صفاقس

## GEOMORFOLOGIE

### MORFOSTRUKTURNÍ JEDNOTKY

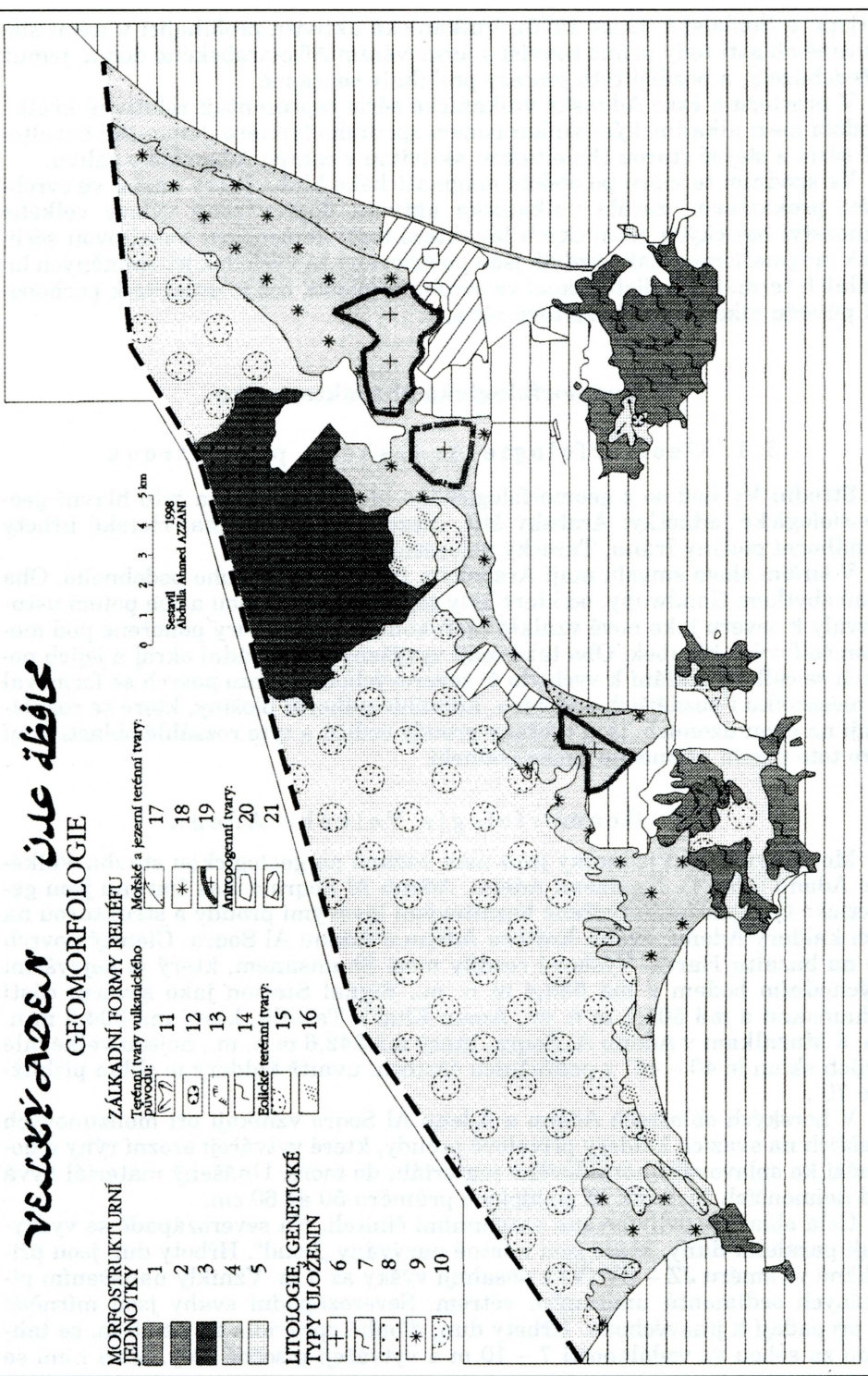
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

### LITOLOGIE, GENETICKÉ TYPY ULOŽENIN

### ZÁKLADNÍ FORMY RELIEFU

- Těrné vavy vulkanického  
původu:
- 11
  - 12
  - 13
  - 14
  - 15
  - 16
- Mořské a jezerní těrné vavy:
- 17
  - 18
  - 19
  - 20
  - 21
- Antropogenní vavy:
- 20
  - 21

0 1 2 3 4 5 km  
Severní  
Albuhla, Ahmed AZZANI  
1998





v době dešťů často hromadí voda a vznikají zde tůňky a močály, které zarůstají vodními a mokřadními rostlinami.

Akumulační eolické plošiny s písčným pokryvem, případně pohyblivými podélnými dunami jsou vázány na středo až svrchnokvartérní akumulaci pobřežní plošiny mořského původu s uloženinami lagunárních slaných a sádrovcových hlín a písku, v nichž jsou vytvořené i 3 výrazné solné pánve typu sebkha.

Solné pánve nacházející se jižně od městské části Shaykh ʿUthman byly do začátku devadesátých let 20. století využívány k těžbě a zpracování mořské soli. Další solné pánve jižně od městských částí Al Mansoor a Ash Shaʿb byly vymezeny pouze jako plánované rezervy zásobárny pro těžbu mořské soli po roce 2000.

Východní část území Velkého Adenu je tvořena plochým písčným pobřežím v šířce 1 až 1,5 km. Akumulační údolní niva tvořená aluviálními až aluviálně-proluviálními štěrkopísky se rozkládá podél vádí Al Kabír a na východ až do vzdálenosti cca 9 km od vádí.

Vádí Al Kabír jsou zemědělsky využívány, především k pěstování zeleniny, brambor nebo k pastevectví. Ostatní rozlehlé území Velkého Adenu zejména na severních, severozápadních a západních akumulacích eolických plošinách směrem do vnitrozemí Arabského poloostrova nejsou pro nevhodné přírodní podmínky obydlené ani jinak hospodářsky využívány.

Antropogenní reliéf, silně přemodelovaný člověkem, zde vznikl především plánovitým vytvářením nových tvarů (povrchovým dolováním skalních vyvýšenin) či úmyslným transportem přirozeného materiálu (zarovnáváním povrchu). Takto přetvořený povrch se v oblasti Velkého Adenu nachází zejména na území radiokomunikační stanice v městské čtvrti Ash Shaʿb, v severní části městské čtvrti Khormaksar a v horských oblastech Adenského poloostrova.

Kromě mořské soli další průmyslovou surovinou je sopečný materiál z kráteru Adenského poloostrova a z oblasti Chusaf, který slouží jako stavební kámen.

Plochosť terénu v severní části Adenského poloostrova v městské části Khormaksar vytvořila vhodné přírodní podmínky pro vybudování mezinárodního letiště s přistávacími a startovacími koridory ve směru východ – západ. Toto letiště bylo původně využíváno výhradně pro vojenské účely, později byly služby rozšířeny i pro civilní účely.

Adenský záliv svým tvarem, okolním reliéfem, zeměpisnou polohou a dalšími přírodními podmínkami předurčily Aden jako významný a strategicky důležitý přístav.

---

Obr. 4 – Geomorfologie Velkého Adenu (upraveno podle: Geomorphological Map of P.D.R.Y. 1:200 000, list 4). Legenda: Morfostrukturní jednotky: 1 – stratovulkány, 2 – bazaltové plošiny, 3 – akumulaci údolní nivy, 4 – akumulaci pobřežní plošiny mořského původu, 5 – akumulaci eolické plošiny. Litologie, genetické typy uloženin: 6 – intruzivní hornina, granit (PR–PZ), 7 – bazaltový lávový proud, struska (N–Q), 8 – aluviální až aluviálně-proluviální štěrkopísek ( $Q_{3,4}$ ), 9 – lagunální slané a sádrovcové hlíny a písky (sabkha) ( $Q_4$ ), 10 – jemný eolický písek ( $Q_{3,4}$ ). Základní formy reliéfu: terénní tvary vulkanického původu: 11 – lávové proudy, směr proudu, 12 – okraj kráteru – iniciální, 13 – líc kalderového iniciálního svahu, 14 – členitý povrch na bazaltu-harra; eolické terénní tvary: 15 – eolický pískový pokryv, 16 – podélné duny – pohyblivé; mořské a jezerní terénní tvary: 17 – ploché písčité pobřeží, 18 – lagunální plošina – sabkha, 19 – pobřežní solná pánve; antropogenní tvary: 20 – sídlo, městské části, 21 – povrch silně přemodelovaný člověkem.

#### 4. Závěr

Geologickou stavbu Velkého Adenu charakterizují třetihorní až čtvrtohorní pokryvné útvary. Ze šesti stratovulkánů miocenního až pliocenního stáří na jižním pobřeží Arabského poloostrova mezi městem Aden a jižním vstupem do Rudého moře na studovaném území leží tři. Jsou tvořeny sériemi od trachybazaltů přes intermediální typy až po peralkalické ryolity. Na Adenském poloostrově dosahuje kaldera na vrcholu Shamsan výšky 530,4 m n. m.. Morfostrukturní jednotky jsou úzce vázané na geologickou stavbu. Členitý povrch je na bazaltu harra a genetické typy uloženin jsou tvořené bazaltovými lávovými proudy. Celá oblast je ovlivňována exogenními činiteli. Na severozápadě Velkého Adenu se vyskytují paralelní duny „koud“. Jsou zpravidla 20 až 35 m dlouhé, táhnou se za sebou ve vzdálenostech 7 – 10 m a dosahují výšky až 3 m. Pobřežní plošiny jsou mořského původu s uloženinami lagunárních slaných a sádrovcových hlín a písku. V nich jsou vytvořené i tři výrazné solné pánve typu sebcha. Antropogenní reliéf je v zastavěné části Adenu, především na území Ash Sha b, v severní části městské čtvrti Khormaksar a v horských oblastech Adenského poloostrova. Přírodní podmínky, a to geologická stavba a s ní spjatý morfostrukturní ráz i zeměpisná poloha, předurčily Aden jako významný přístav a strategicky důležité město na křižovatce kontinentů Evropy, Asie a Afriky.

#### Literatura:

- BEYDOUN, Z. R. (1960): Synopsis of the geology of East Aden Protectorate. Int. Geol. Congr. 21st Copenhagen Rept., pt.21, s. 131-149.
- BLANFORD, W. T. (1869): On the geology of a portion of Abyssinia. Q. Jl geol. Soc. Lond. 25, s. 401-406.
- BRIDGES, E. M. (1990): World geomorphology, Cambridge, s. 145-149.
- COX, K. G., GASS, I. G., MALLICK, D. I. J. (1969): The evolution of the volcanoes of Aden and Little Aden, South Arabia. Q.Jl geol. Soc.Lond. 124, s. 283-308.
- COX, K. G., GASS, I. G., MALLICK, D. I.J. (1970): The peralkaline volcanic suite of Aden and Little Aden, South Arabia. Journal of Petrology, 11, část 3, s. 433-462.
- DICKINSON, D. R. a kol. (1969): Correlations of initial  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  with Rb Sr in some late tertiary volcanic rocks of South Arabia. Eastn. Planet. Sci. Lett. 6, s. 82-93.
- ELDER, J. W. (1965): Penetrative convection: its role in volcanism. Bull. Volcan. 29, 327 s.
- GASS, I. G. (1970) : Tectonic and magmatic evolution of the Afro-Arabian dome. Clifford, T. N., Gass, I. G. (eds.), African magmatism and tectonics. Oliver & Boyd, Edinburgh and London.
- GASS, I. G., MALLICK, D. I. J. (1968): Jebel Khariz: an Upper Miocene strato-volcano of comenditic affinity on the South Arabian coast. Bull. Volcan. 32, s. 33-88.
- GREEN, D. H., RINGWOOD, A. E. (1967): The genesis of basaltic magmas. Contr. Miner. Petrol. 15, s. 103-190.
- GREENWOOD, J. E. G. W., BLEACKLEY, D. (1967): Geology of the Arabian Peninsula; Aden Protectorate. Prof. Pap. U.S. geol. Surv. 560 C, 96 s.
- HARRIS, P. G. (1957): Zone refining and the origin of potassic basalts. Geochim. Cosmochim. Acta, 12, s. 195-208,
- HILL, P. G. (1974): The petrology of the Aden volcano, People's Democratic Republic of Yemen. (Disertační práce) University of Edinburgh, 295 s.
- LAUGHTON, A. S. (1966): The Gulf of Aden. Phil.Trans. R. Soc. A. 259, s. 150-171.
- LIPPARINI, T.(1954):Contributi alla consulenza geologia del Yemen. Bull. Serv. Ital. 76, 95 s.
- MANASSE, E. (1908): Rocce eritree e di Aden della collezione Issel. Mem. Soc. Tosc. Sci. Nat. 24, s. 153-207.
- SHUKRI, N. M., BASTA, E. Z. (1960): Petrography of the volcanic rocks of Aden. Bull. Fac. Sci. Cairo Univ. 35, s. 87-107.
- YODER, H. S., TILLEY, C. E. (1962): Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. J. Petrology, 3, s. 342-532.
- WISSMAN, H. V., RATHJENS, C., KOSSMAT, F. (1942): Beitrge zur Tektonik Arabiens. Geol. Rdsch. 33, s. 221-353.

## GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GREAT ADEN

The geological structure of Great Aden is characterized by Tertiary and Quaternary overlain formations. On the studied territory there lie three stratovolcanoes out of the six stratovolcanoes of Miocene to Pliocene age situated on the southern coast of the Arabian peninsula between the town of Aden and the southern entrance to the Red Sea. They are formed of series ranging from trachybasalts via intermediate types to peralkali rhyolites. On the peninsula of Aden, the caldera on the top of the Shamsan reaches an altitude of 530.4. Morphostructural units are narrowly bound to the geological structure. The articulated surface is on Harra basalt and genetic types of deposits are formed of basaltic lava flows. Exogenous factors affect the whole area. Parallel dunes "koud" occur in the northwestern part of Great Aden. They are generally 20 to 35 m long, run out in a distance of 7 to 10 m and reach up to 3 m of height. Coastal plains are of marine origin with deposits of lagoon salt and gypsum clays and sands and include three pronounced saline basins of sabkha type. Man-made forms of relief are located in the built-up parts of Aden, especially in the territory of Ash Sha b, in the northern part of the urban quarter of Khormaksar and in the mountain areas of the Peninsula of Aden. Natural conditions, namely the geological structure, the morphostructural character and the geographical position, have predetermined Aden to become an important harbour and strategically significant town on the crossing of three continents - Europe, Asia and Africa.

Fig. 1 – Distribution of Tertiary volcanoes between Aden and the southern extremity of the Red Sea (after K. G. Cox, I. G. Gass, D. I. J. Mallick 1970, p. 434)

Fig. 2 – Geological structure of Aden (above) and Aden Al Soqra (down) showing the distribution of structural units of Tab. 1 (after K. G. Cox, I. G. Gass, D. I. J. Mallick 1970, p. 435). Key: a – Tawahi, b – Al-Mua'ala, c – main cone, d – Shamsan, e – Tawela, f – Amen Khal; down: g – caldera, h – cone, i – caldera, j – cone, k – parasitic centre, l – caldera, m – cone.

Fig. 3 – Geology of Great Aden (modified after Geological Map 1:100 000, sheet D-38-114 and D-38-115). Key: Geological period: 1 – recent wadi, 2 – Quaternary non-sorted sediments, 3 – Upper to recent Quaternary, recent Quaternary, 4 – Medium to Upper Quaternary, 5 – Tertiary (Miocene to Pliocene). Covering relief forms: 6 – sediments of coastal salt basins (sand, salt), 7 – lagoon and sabkha sediments (mud sand), 8 – coastal sediments (sand, sea rocks, gravel), 9 – sand covering (Aeolian), 10 – high dunes (Aeolian), 11 – fluvial sediments (gravel, sandy gravel, conglomerate), 12 – deluvial sediments (talus, boulders), 13 – alluvial-Aeolian sediments (sand, mud sand), 14 – deluvial-Aeolian sediments (mud sand and clastic). Volcanic rocks: 15 – basalt with positions of pyroclastic rocks, 16 – latites to latitodensites, 17 – trachytes, quartz trachytes, 18 – rhyolites, 19 – volcanic glass (acid, alkali), 20 – rhyolites, 21 – pyroclastic gravels, lappili tuffites, tuffs, 22 – psammitic and a pellicite tuffs, resedimented tuffs and tuffites, 23 – alternation of tuffs and lappili-tuffs, 24 – alternation of trachytes and lappili-tuffs. Geological limits: 25 – stable, 26 – probable, 27 – moving, 28 – limit of caldera.

Fig. 4 – Geomorphology of Great Aden (modified after Geomorphological Map of P.D.R.Y. 1:200 000, sheet 4). Key: morphostructural units: 1 – stratovolcanoes, 2 – basaltic plateaux, 3 – accumulation fluvial plains, 4 – accumulation coastal plateaux of maritime origin, 5 – accumulation Aeolian plateaux. Lithology, genetic types of deposits: 6 – intrusive rock granite (PR-PZ), 7 – basaltic lava stream, slag (N-Q), 8 – alluvial to alluvial-proluvial gravel ( $Q_{3,4}$ ), 9 – lagoon salt and gypsum loams and sands (sabkha) ( $Q_4$ ), 10 – fine Aeolian sand ( $Q_{3,4}$ ). Basic relief forms: relief forms of volcanic origin: 11 – lava streams, direction of the stream, 12 – margin of the crater – initial, 13 – front of the caldera initial slope, 14 – articulated surface on harra basalt; Aeolian relief forms: 15 – Aeolian sand covering, 16 – longitudinal dunes – moving; sea and lake relief forms: 17 – flat sandy coast, 18 – lagoon plateau – sabkha, 19 – coastal salt basin; anthropogenous forms: 20 – settlements, town quarters, 21 – surface strongly remodelled by anthropogenous activities

(Pracoviště autora: katedra geografie Přírodovědecké fakulty Masarykovy Univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno.)

Do redakce došlo 4. 12. 1998

Lektorovali Alois Hynek a Vít Voženílek