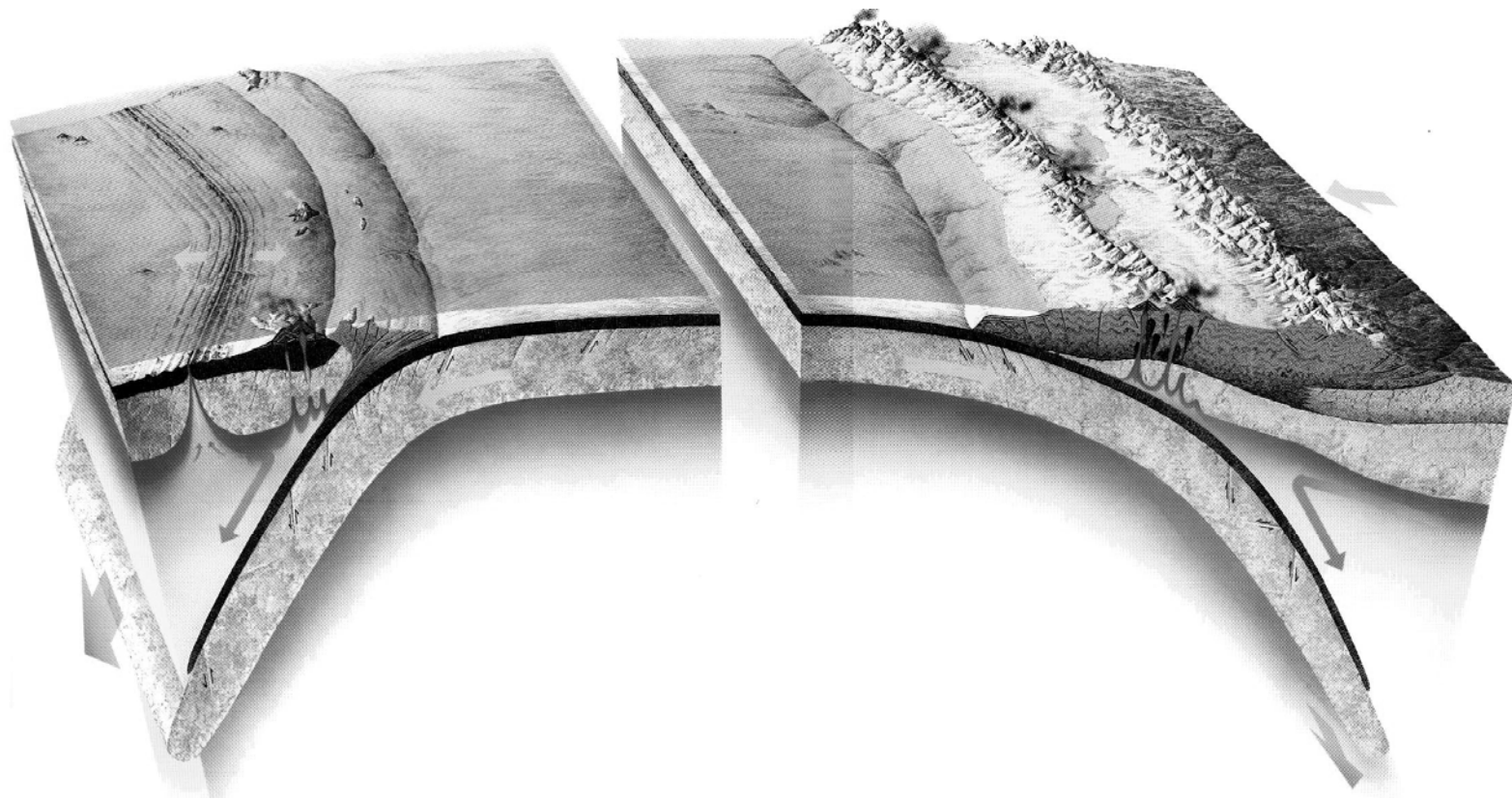
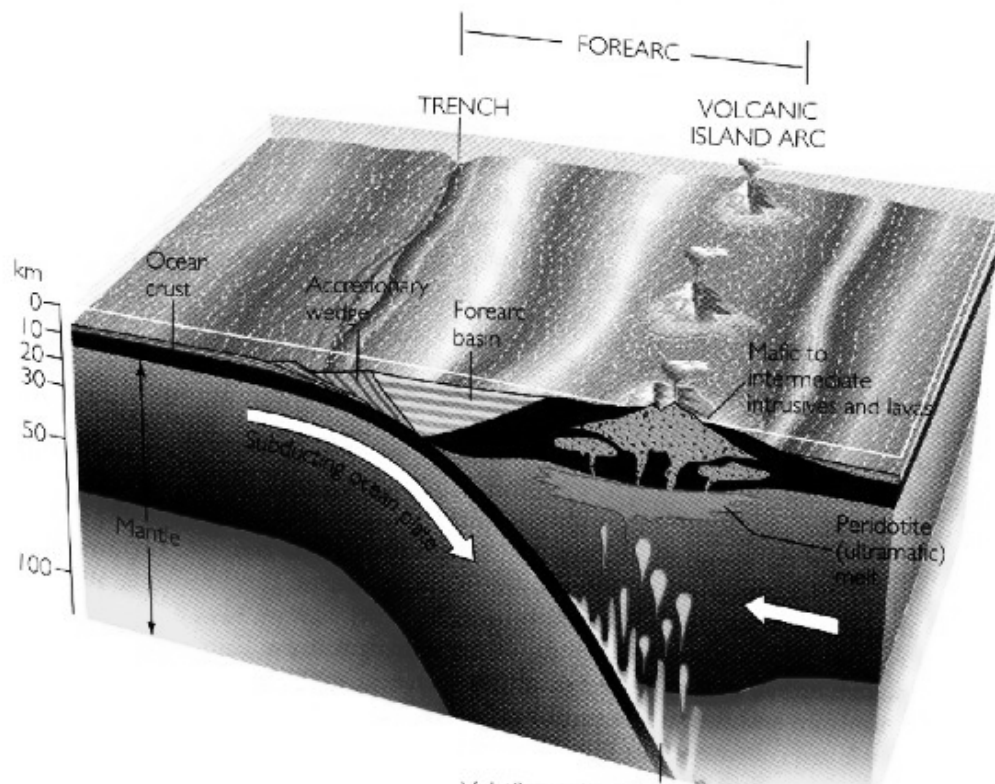


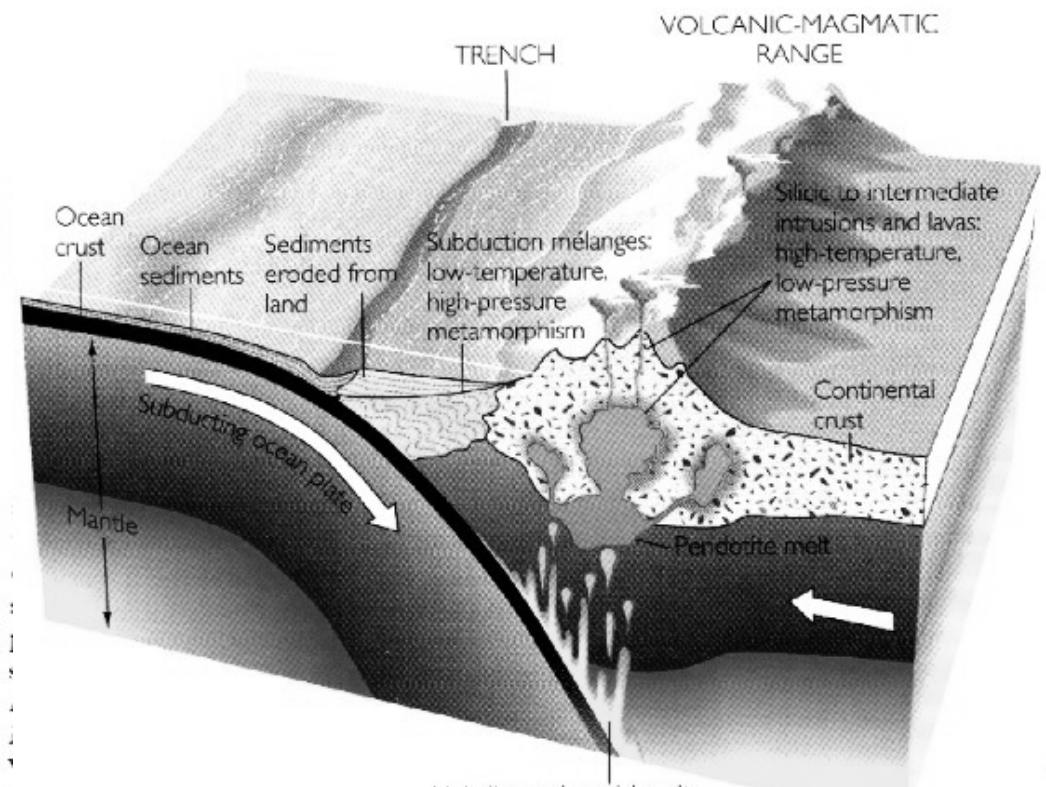
MAGMATSKÉ STIJENE KONVERGENTNIH GRANICA PLOČA



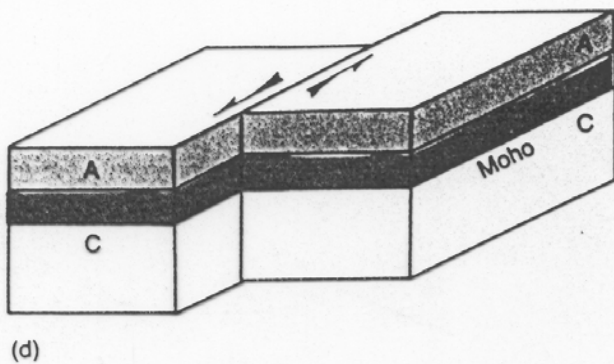
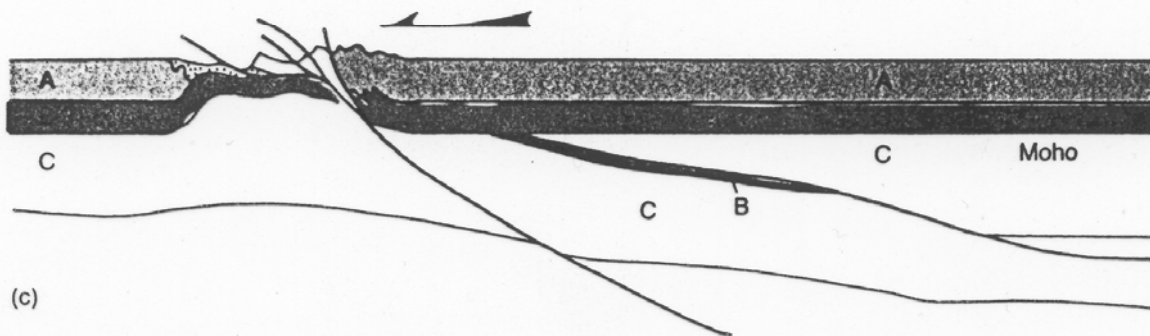
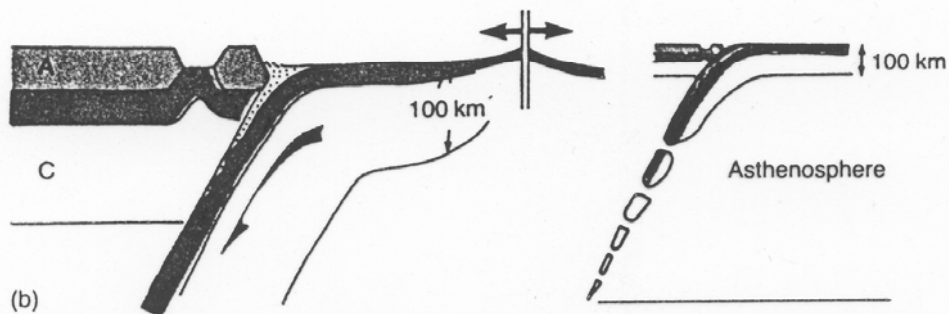
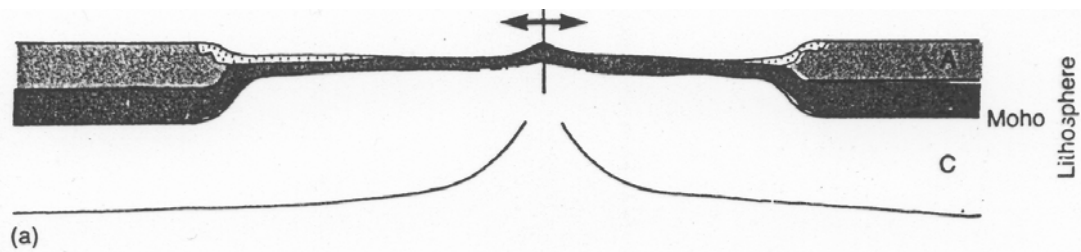
Podvlačenje oceanske ploče pod drugu oceansku ploču



Podvlačenje oceanske ploče pod kontinentalnu ploču



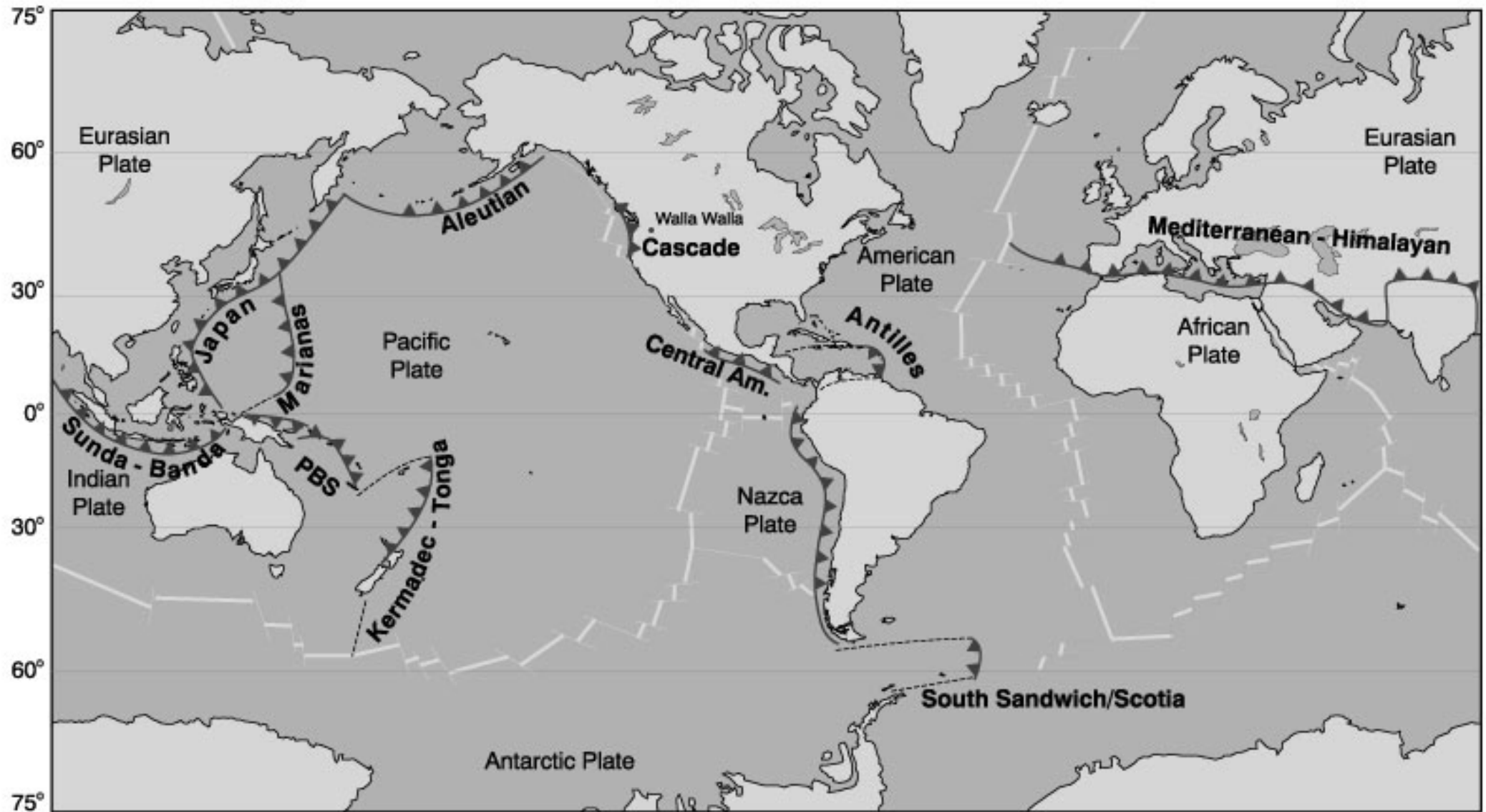
- **1. KONVERGENCIJA OCEANSKIH PLOČA**
- duboki jarak i vulkansko otočje (Aleuti)
- **2. KONVERGENCIJA OCEANSKE I KONTINENTALNE PLOČE**
- duboki oceanski jarak, metamorfni kompleksi na kontinentalnom rubu i magmatski luk (Ande)
- **3. SUČELJAVANJE DVIJE KONTINENTALNE PLOČE**
- niti jedna ploča ne subducira i nastaje kolizijski planinski lanac uz jako zadebljanje kore (Himalaja, Alpe, Ural)



- Slika VI-1.
Kretanja ploča
na kontaktu
- a) Atlantski tip
- b) Pacifički tip
- c) Alpski tip
- d) Kalifornijski
tip

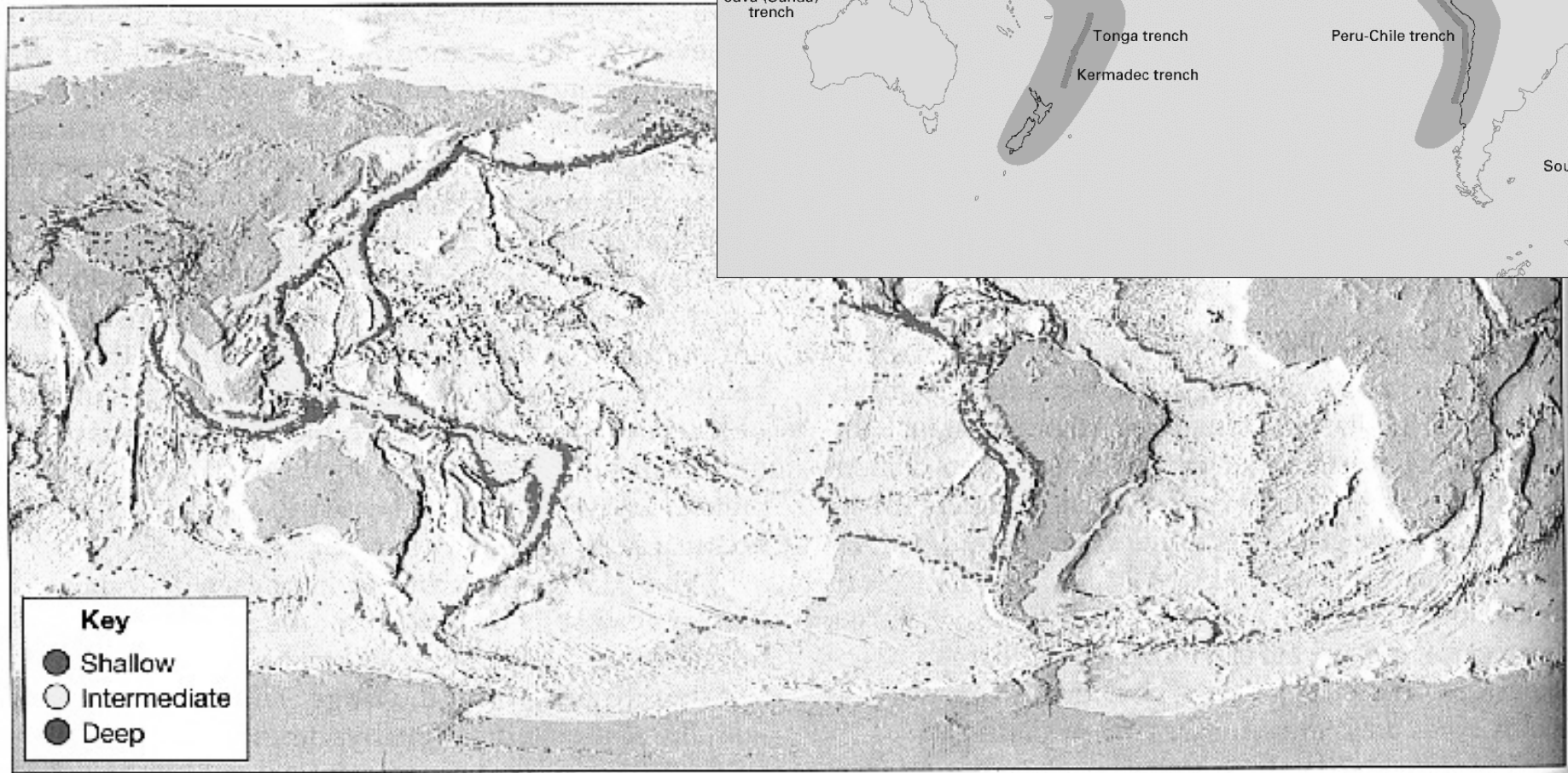
- tektonski najaktivnija područja na Zemlji
- svako od ta tri područja ima svoj karakterističan način nastanka magme, plutonizam i vulkanizam
- za područje 1. i 2. tipično je generiranje velikog volumena **andezitne** magme
- koliziji prethode jedan ili oba tipa sučeljavanja ploča stoga je to područje izuzetno kompleksno i obuhvaća širok spektar magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena

1. Konvergencija oceanske i oceanske ploče



Slika VI-2. Glavne zone subdukcije, vulkanizma i plutonizma. Trokuti su na navučenoj ploči. PBS = Papuan-Bismarck-Solomon-New Hebrides luk. Preneseno iz Wilson (1989) *Igneous Petrogenesis*, Allen Unwin/Kluwer.

Pacifički “Ring of Fire”

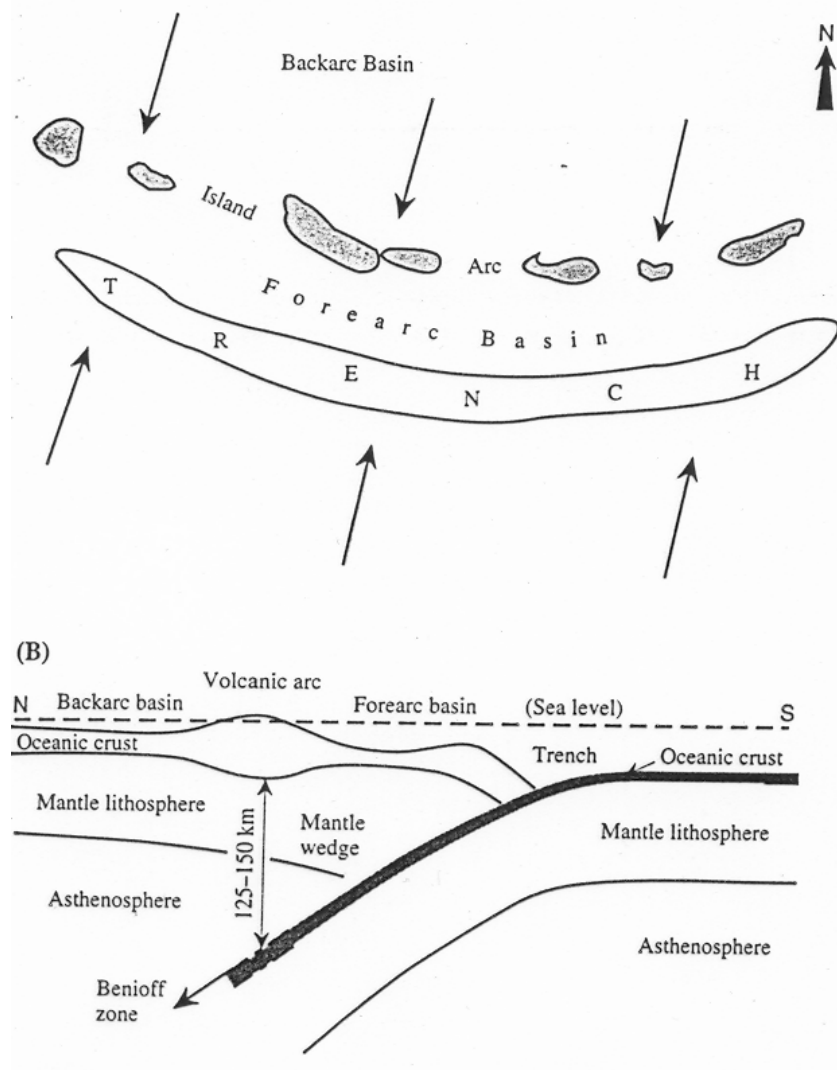


- vulkanska aktivnost se odvija duž zakrivljenog (luk) otočnog niza koji prati subdukcijsku zonu

Ocean-ocean → Island Arc (IA)

Ocean-kontinent → Continental Arc ili Active Continental Margin (ACM)

- nastanak vulkanskih otočnih lukova
- W i SW Pacifik, ring of fire, andezitni lukovi
- luk-jarak asocijacija - nekoliko 1000 km dug, 200-300 km širok
- jarak predstavlja najdublji dio oceana Marjanska brazda ~10 km
- izvor magmatizma je u plaštu
- kut subdukcije varira, na njega ukazuje raspored potresa unutar Benioff-Wadati zone (i do 700 km)
- o kutu ovisi udaljenost jarka od luka



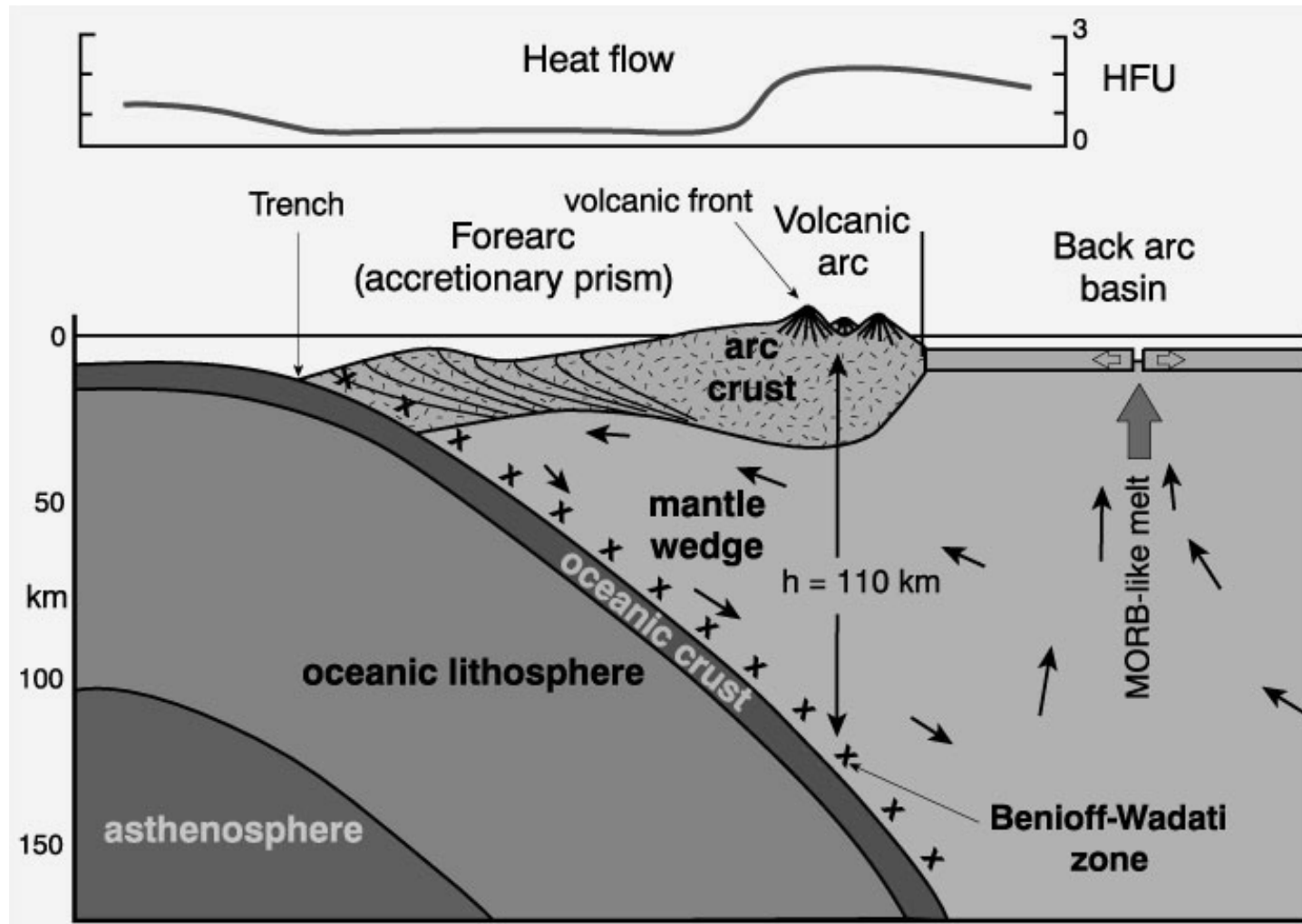
Slika VI-3. Shematski prikaz otočnog luka

Forearc basin, prednji bazen -> vulkanske stijene i sedimenti nastali erozijom luka

Backarc basin, stražnji bazen -> bazalti, moguć razvoj sekundarnog centra širenja, ekstenzija

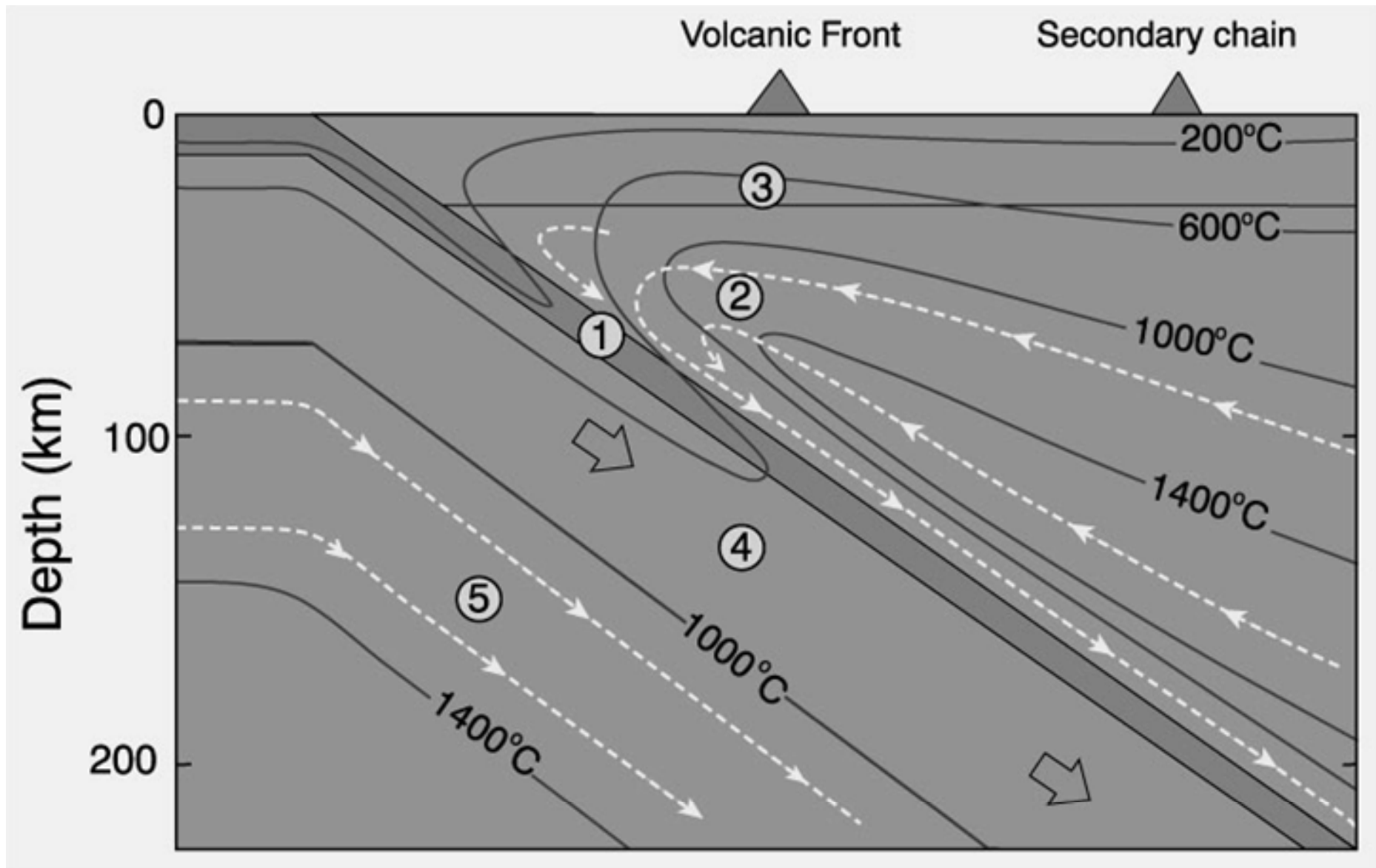
Struktura otočnog luka

- jarak i forearc imaju anomalno nizak tok topline zbog toga što hladna tonuća ploča upija svu toplinsku energiju
- luk i backarc imaju visok toplinski tok zbog uzdizanja u omotaču



Slika VI-4. Shematski prikaz presjeka kroz tipičan otočni luk, prikaz prema Gill (1981), *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Springer-Verlag. HFU= heat flow unit (4.2×10^{-6} joules/cm²/sec)

Tipičan termalni model subdukcijske zone



Slika VI-5. Presjek kroz subdukcijsku zonu pokazuje izoterme (crveno prema Furukawa, 1993, *J. Geophys. Res.*, 98, 8309-8319) i strujnice kretanja u plaštu (žuto prema Tatsumi i Eggins, 1995, *Subduction Zone Magmatism*. Blackwell. Oxford).

Osnovne komponente za IA magme

1. Dijelovi kore subducirane ploče

1a alterirana oceanska kora (cirkulacija morske vode, metamorfozirana do facijesa zelenih škriljavaca)

1b subducirani oceanski i forearc sedimenti

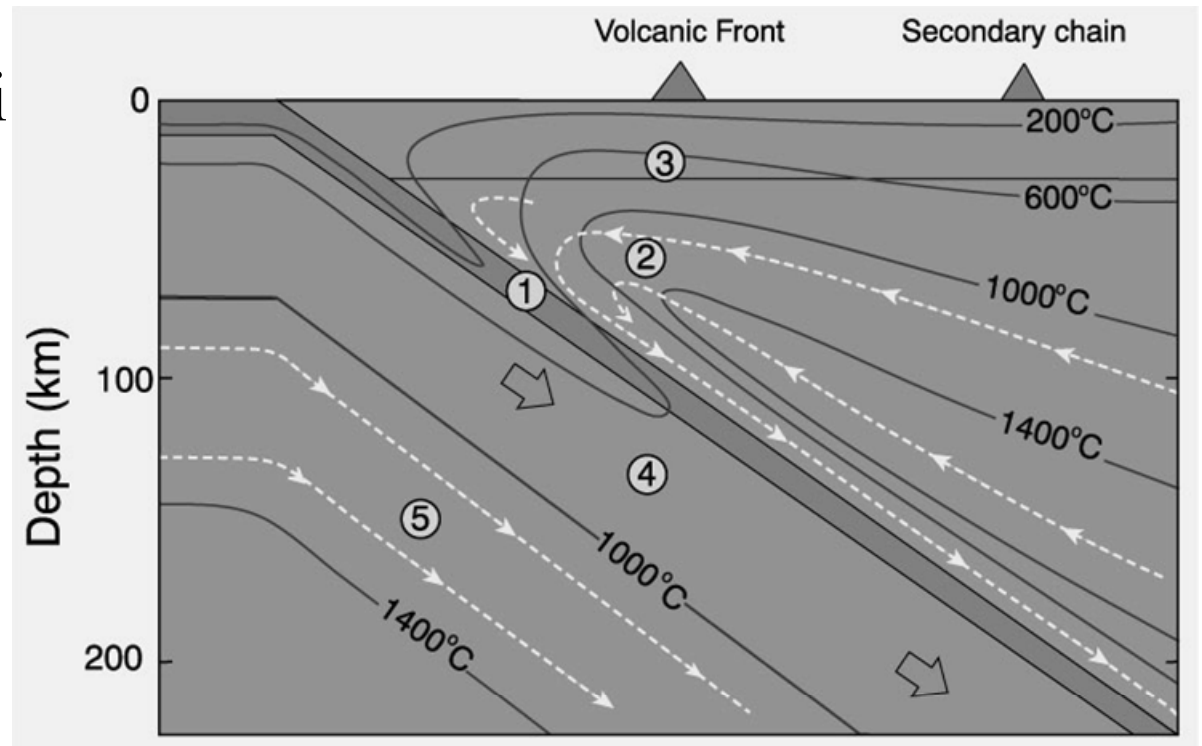
1c morska voda zarobljena u porama

2. Plašni klin između ploče i kore luka

3. Kora luka

4. Litosferski plašt subducirane ploče

5. Astenosfera ispod ploče



- magmatska aktivnost je povezana s konvergencijom ploča koja rezultira podvlačenjem jedne ploče ispod druge
- inicijalni petrološki model pretpostavlja slijedeće:
 - oceanska kora je dijelom istaljena
 - taljevina se uzdiže kroz najahujuću ploču i formira vulkanski niz neposredno iza ruba
 - “neograničena” je količina oceanske kore za nastanak taljevine

Od puno varijabli koje mogu utjecati na izoterme u subdukcijskim zonama glavne su:

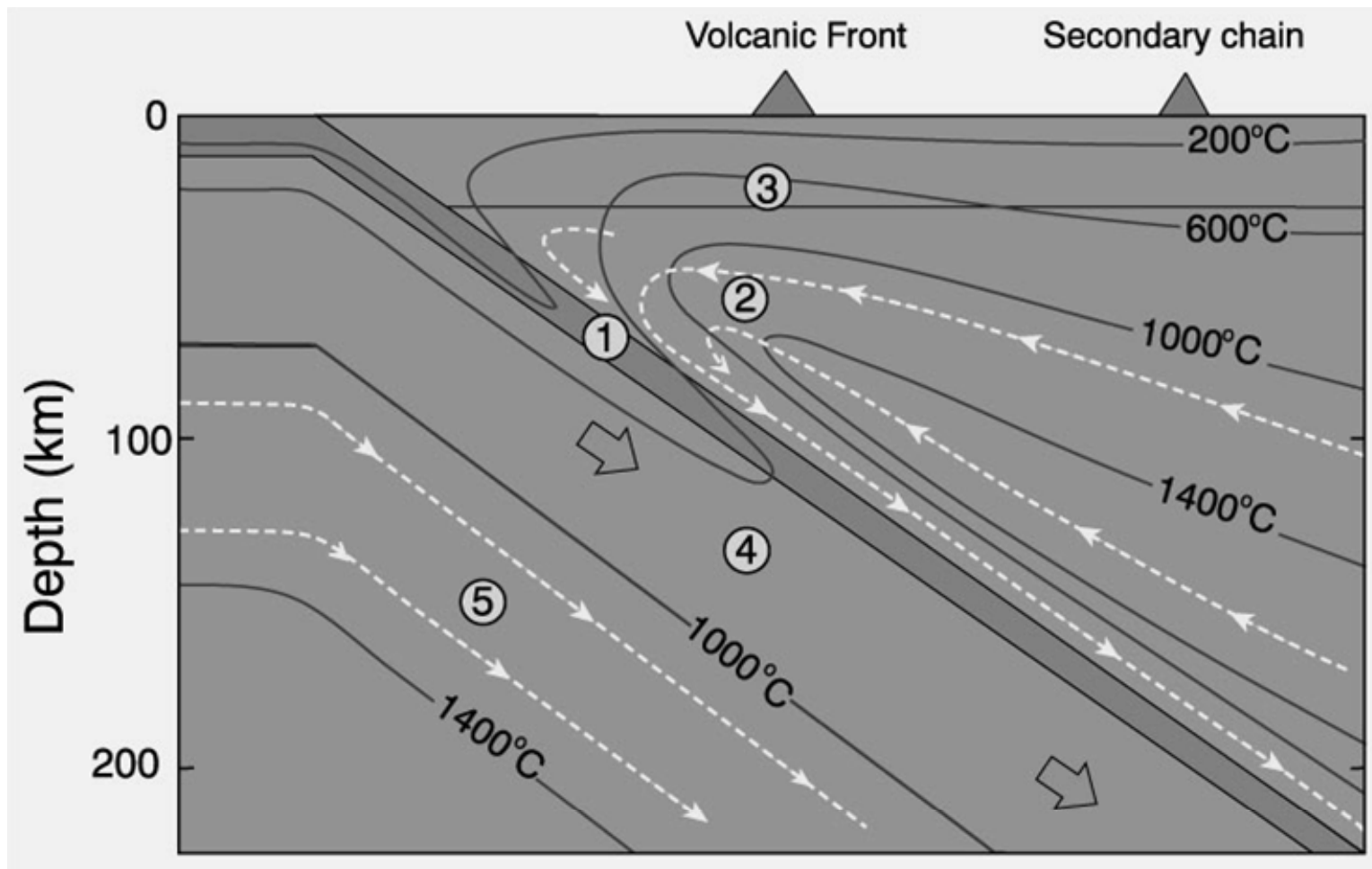
- 1) brzina subdukcije
- 2) starost subdukcijske zone
- 3) starost subducirane ploče
- 4) razmjer do kojeg subducirana ploča usmjerava tok topline u plaštni klin (mantle wedge)

Zatim su tu i ostali faktori poput:

- nagiba ploče
- frikcijskog zagrijavanja
- endotermičkih metamorfnih reakcija
- kretanja metamorfnih fluida

za koje se danas misli da imaju sporednu ulogu.

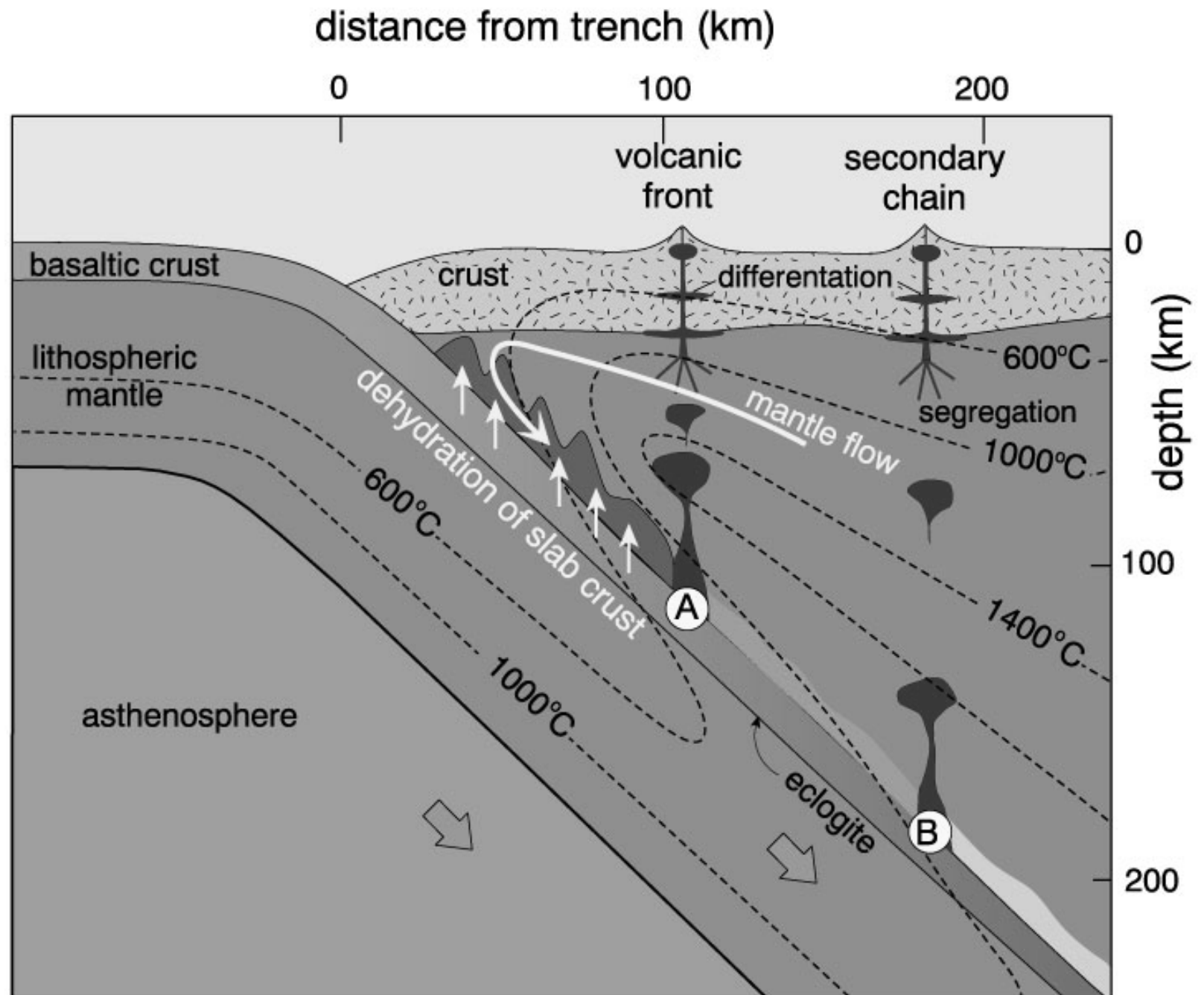
- Izoterme će biti više (pliće) tj. sustav će biti topliji ako je
 - a) brzina subdukcije manja
 - b) subducirana ploča mlada i blizu hrpta (topla)
 - c) luk mlad (<50 - 100 Ma prema Peacock, 1991)



Petrogeneza otočnog luka

Frakcijska
kristalizacija
se odvija na
više nivoa!

Figure VI-6. Predloženi model za magmatizam subdukcijske zone otočnih lukova. Dehidratizacija ploče uzrokuje dovod volatila u plašt što omogućuje parcijalno taljenje plašta (plašnog klina) kako amfibol (A) i flogopit (B) gube vodu. Prema Tatsumi (1989), *J. Geophys. Res.*, 94, 4697-4707 i Tatsumi and Eggins (1995). *Subduction Zone Magmatism*. Blackwell. Oxford.



Produkti subdukcijske aktivnosti

Table 16-1. Relative proportions of Quaternary volcanic island arc rock types.

Locality	B	B-A	A	D	R
Talasea, Papua	9	23	55	9	4
Little Sitkin, Aleutians	0	78	4	18	0
Mt. Misery, Antilles (lavas)	17	22	49	0	0
Ave. Antilles	17	42		39	2
Ave. Japan (lava, ash falls)	14	85		2	0

after Gill (1981, Table 4.4) B = basalt B-A = basaltic andesite

A = andesite, D = dacite, R = rhyolite

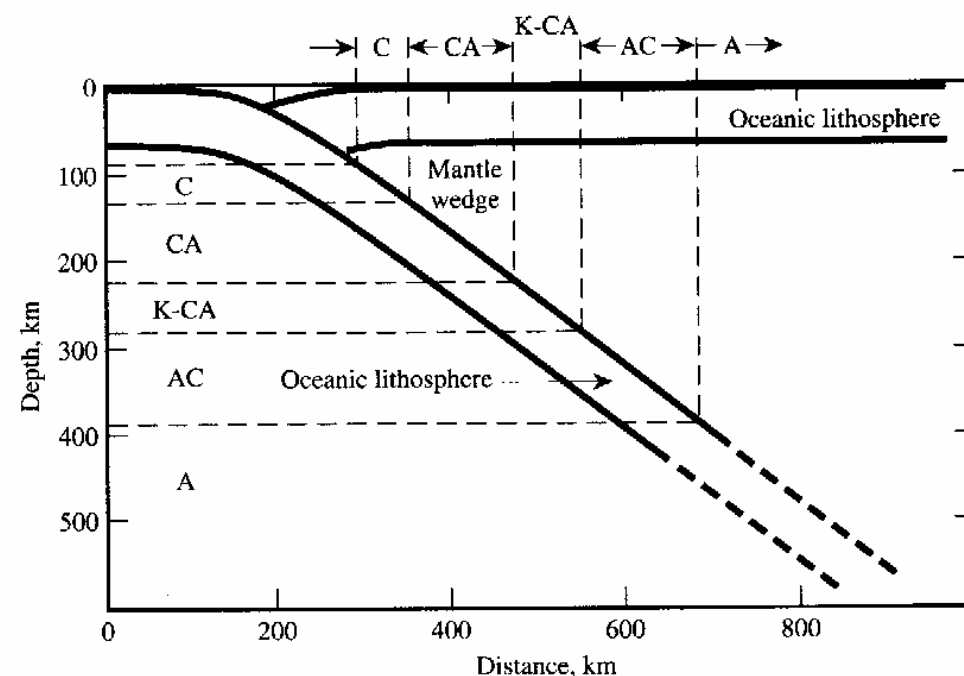
- visokoaluminijski bazalti (high alumina basalt), tip bazalta koji je uglavnom ograničen na subdukcijske zone

- magmatske stijene vulkanskih lukova su raznolike i zajedničkim imenom se nazivaju **BAR** asocijacija
- bazalti
- andeziti su tipične stijene
- rioliti

- izraženi su metasomatski procesi uslijed infiltracije fluida u dio plašta (mantle wedge)

Sa starenjem luka smanjuje se stupanj parcijalnog taljenja i zbog toga magma postaje bogatija na H_2O , alkalijama i inkompatibilnim elementima.

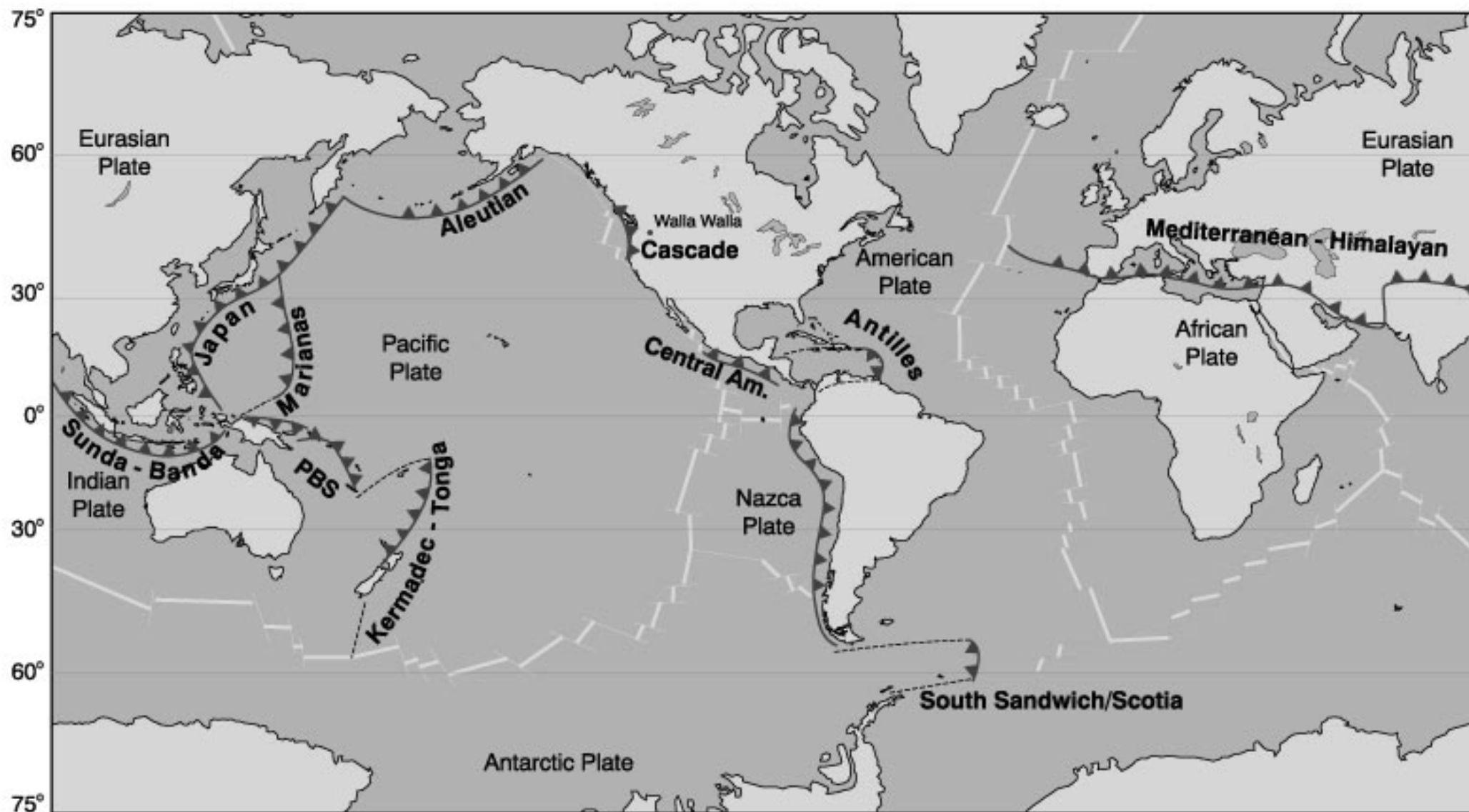
Unutar luka uočava se i zonalnost u rasporedu stijena koja je u vezi s dubinom subdukcijske zone (udaljenost) i sa starosti (zrelosti) luka bazalt $\Rightarrow$ andezit $\Rightarrow$ riolit



Boninit - vrlo primitivan andezit, magnezijem bogata stijena koja sadrži ortopiroksene

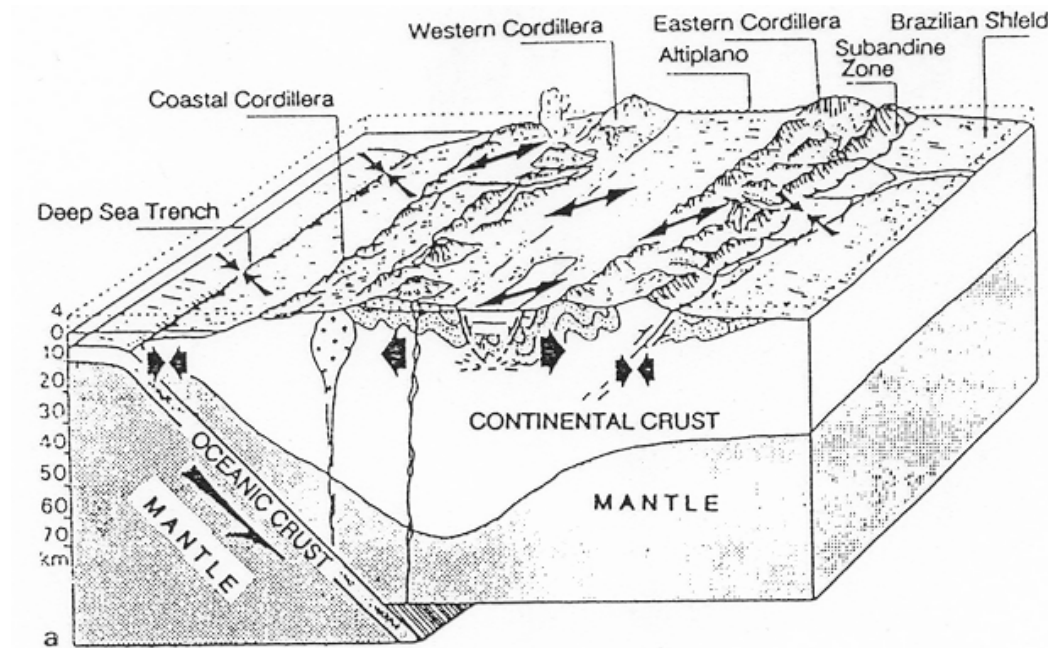
2. Konvergencija oceanske i kontinentalne ploče

- područje akumulacije velike količine sedimenata
- pasivne granice (E Atlantik)
- aktivne granice $\Rightarrow$ jarak (Pacifik)
 - $\Rightarrow$ transformni rasjedi (Kalifornija)
- vrlo značajna magmatska aktivnost
- metamorfizam



Slika VI-2. Glavne zone subdukcije, vulkanizma i plutonizma. Trokuti su na navučenoj ploči. PBS = Papuan-Bismarck-Solomon-New Hebrides luk. Preneseno iz Wilson (1989) *Igneous Petrogenesis*, Allen Unwin/Kluwer.

Kontinentalni magmatski lukovi



Slika VI-7. Sučeljavanje oceanske i kontinentalne ploče

- velike batolitne provincije $\Rightarrow$ **granitoidi**

- procesi slični otočnim vulkanskim lukovima
- bitna razlika uslijed interakcije s debelom kontinentalnom korom (tanji plaštni klin - mantle wedge)
- ploča koja subducira nije ravna tj. ponekad nema konstantan nagib, ispočetka je nagib blag a zatim ploča naglo subducira
- direktan rezultat interakcije magme s kontinentalnom korom ->
bimodalni magmatizam

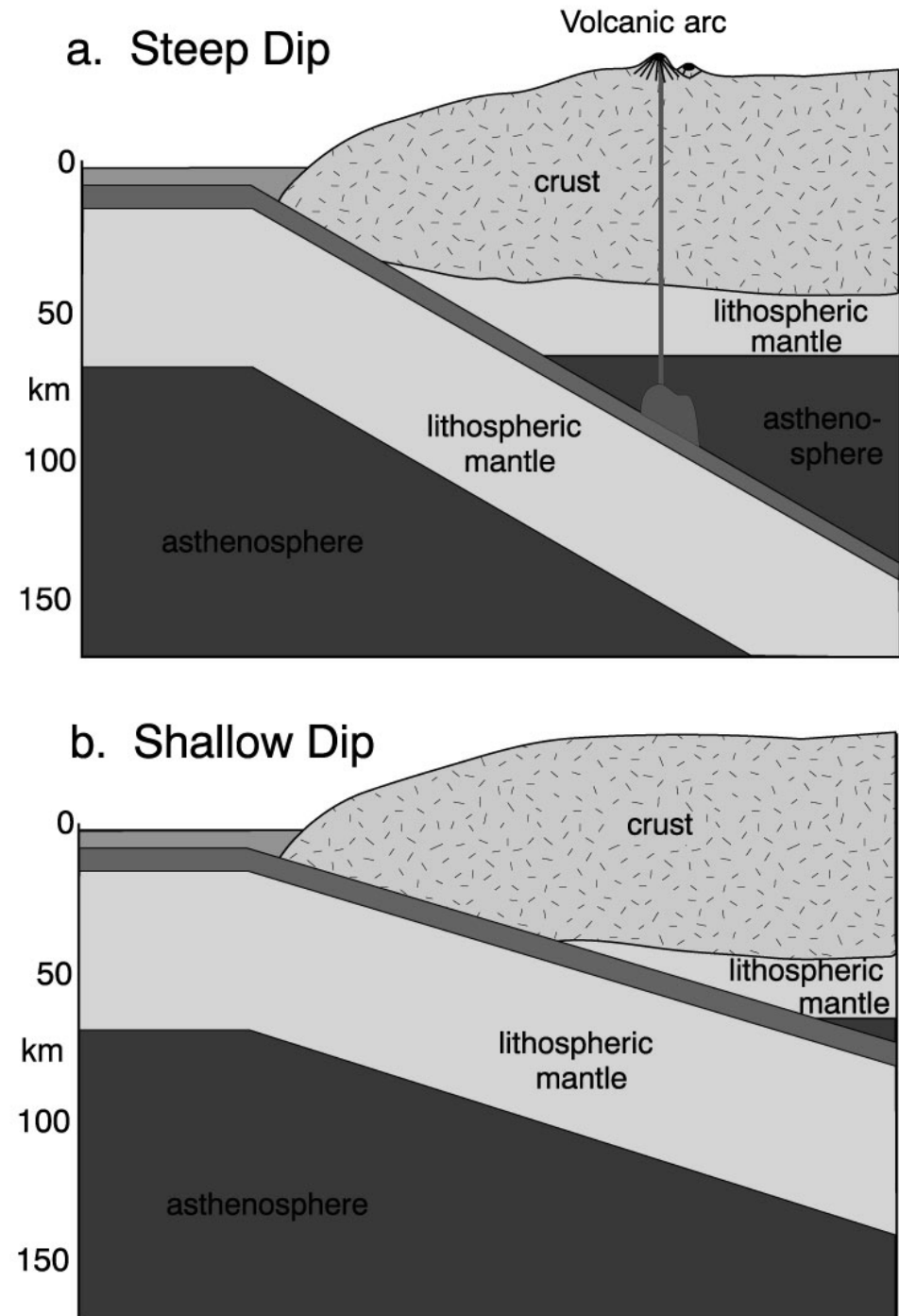
Potencijalne razlike u odnosu na otočni luk (Island Arc):

- Debela sial kora se bitno razlikuje od plaštnih parcijalnih taljevina → značajniji su efekti kontaminacije
- Manja gustoća kore može usporiti uzdizanje → mirovanje magme što ju čini podložnijom diferencijaciji
- Niža točka taljenja kore omogućava nastanak parcijalnih taljevina i taljevina nastalih iz kore

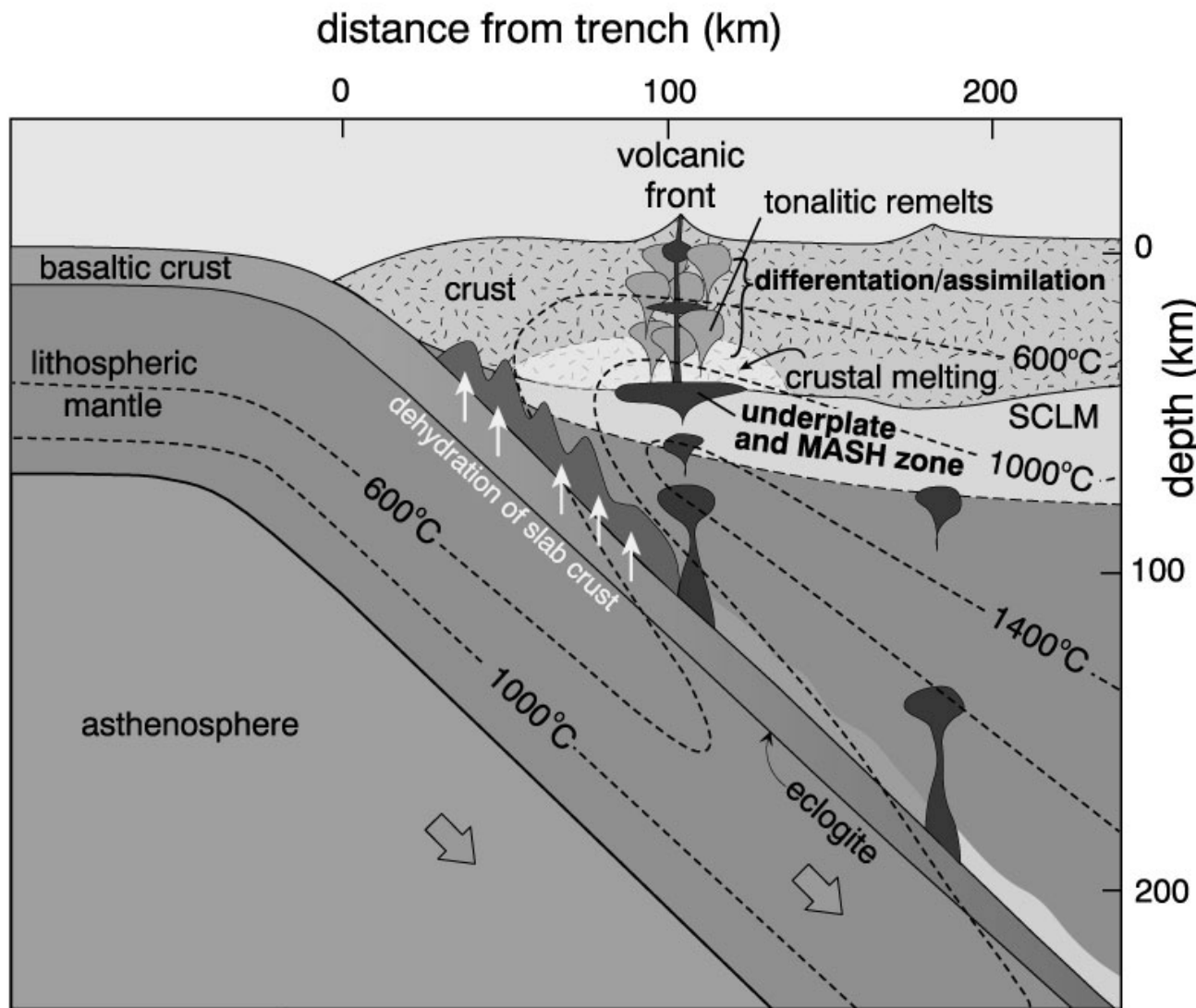
Kut subdukcije

Andeziti, bazalti su razmjerno rijetki

Slika VI-10. Shematski dijagram pokazuje kako mali nagib subducirane ploče može zahvatiti astenosferu iz naližećeg plašnog klina. Prema: Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.

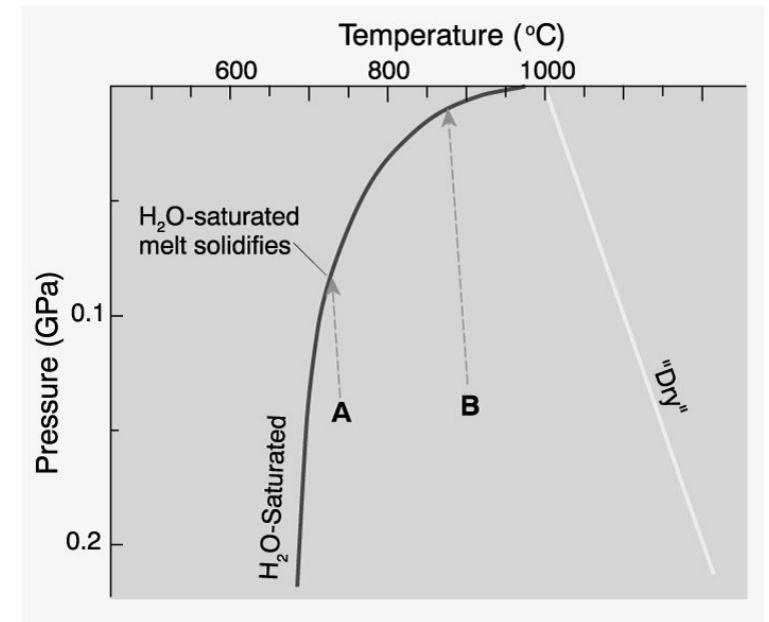


Petrogeneza



Slika VI-13. Shematski presjek aktivnog kontinentalnog ruba subdukcijske zone, pokazuje dehidratizaciju subducirajuće ploče, hidratizaciju i taljenje heterogenog plašnog klina (uključujući obogaćeni sub-kontinentalni litosferski plašt), što omogućuje djelovanje procesa diferencijacije magme (MASH) i kristalizacije. Ponovo taljenje donje ploče daje tonalitne magme i parcijalno taljenje kore (anateksis). Kako magma ide kroz kontinentalnu koru može se dalje diferencirati i asimilirati kontinentalnu koru. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.

Slika VI-14. P-T fazni dijagram pokazuje solidusne linije za “mokri” i “suhi” granit. “Mokri” granit (-oid) iznad točke A će presijeći solidus i litificirati će se. Vrući “suhi” granit (-oid) će se dalje uzdizati prije nego li očvrсне. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.



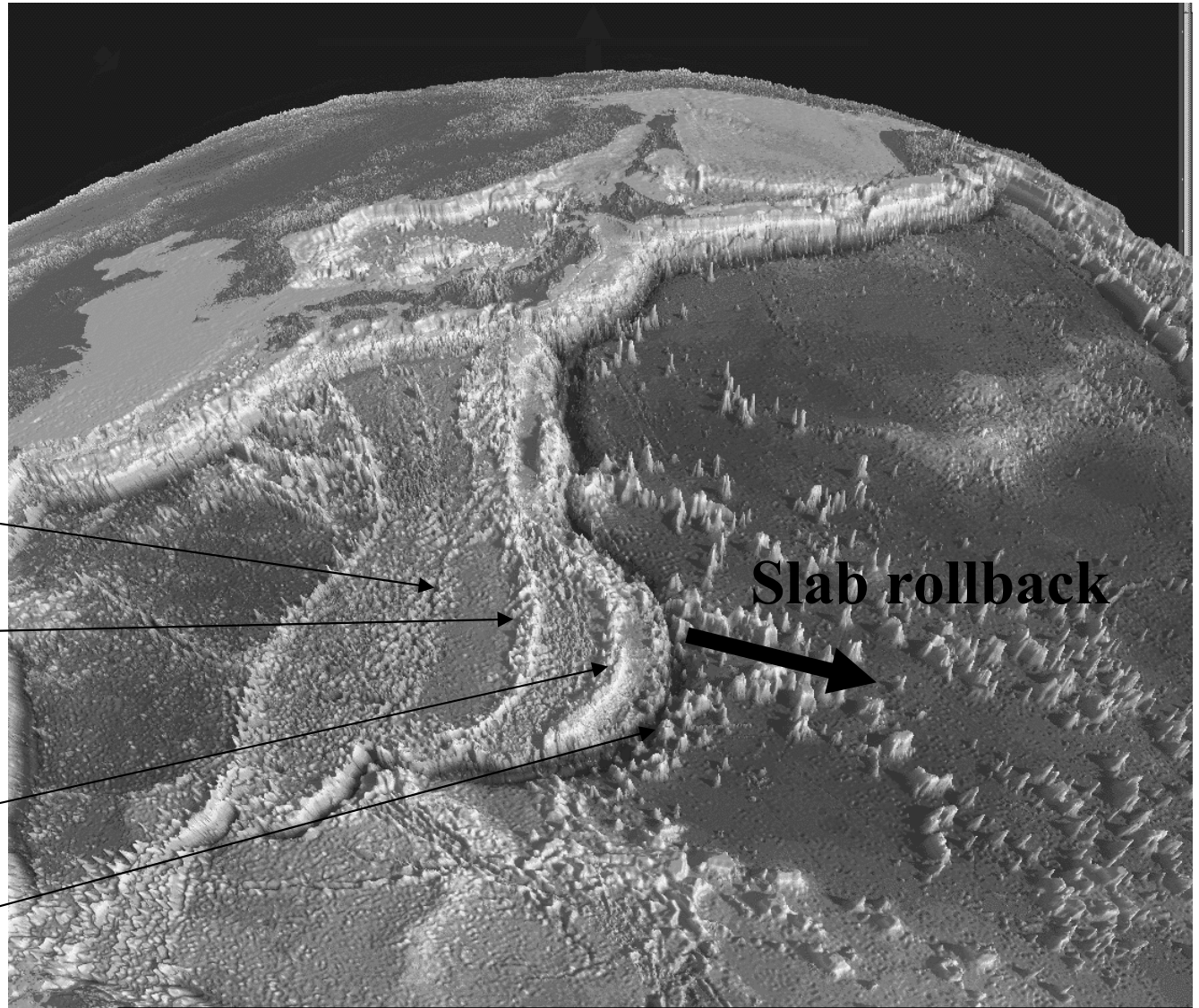
Slab Rollback

Backarc centar
širenja

Stari vulkanski luk

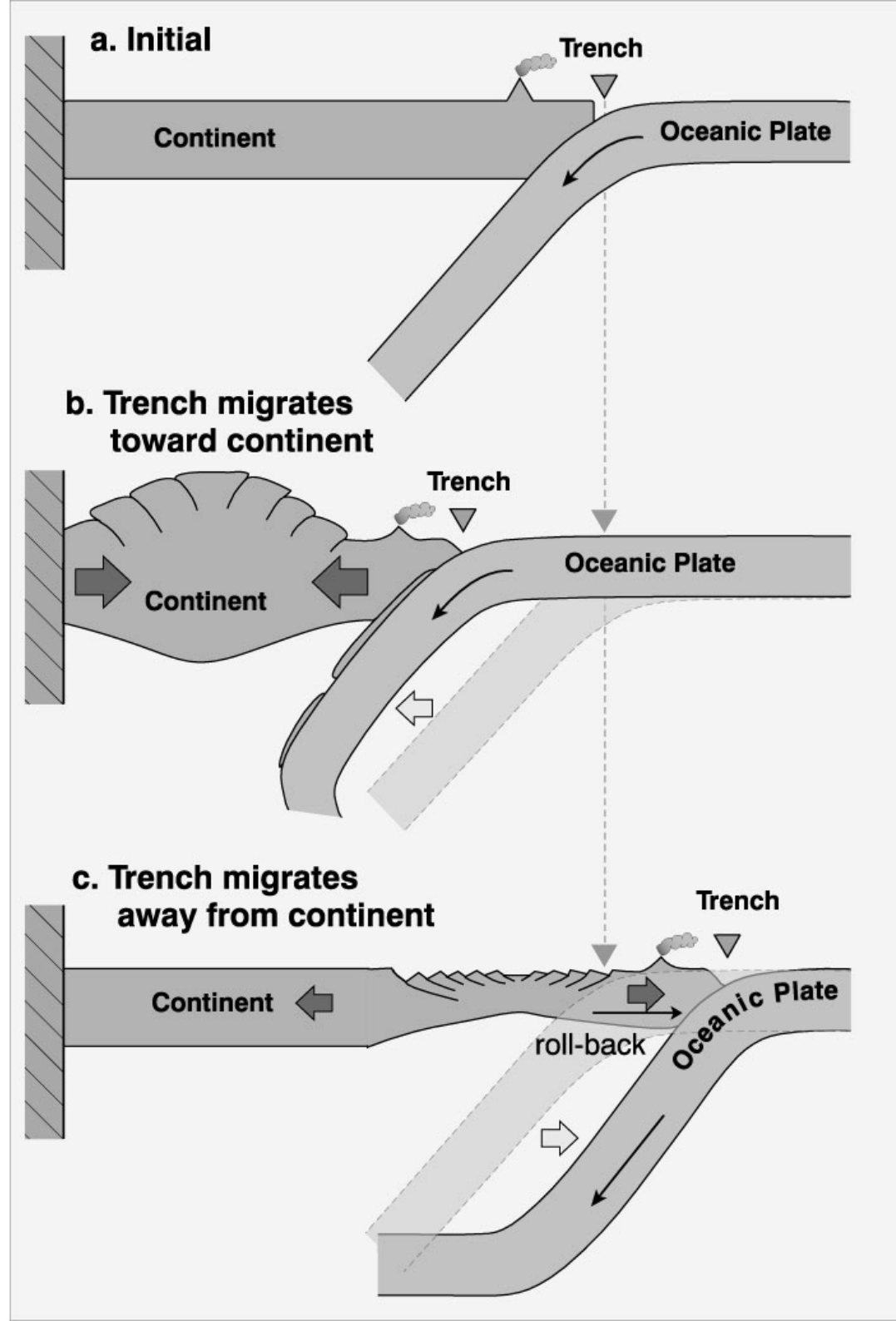
Aktivan vulkanski luk

Jarak

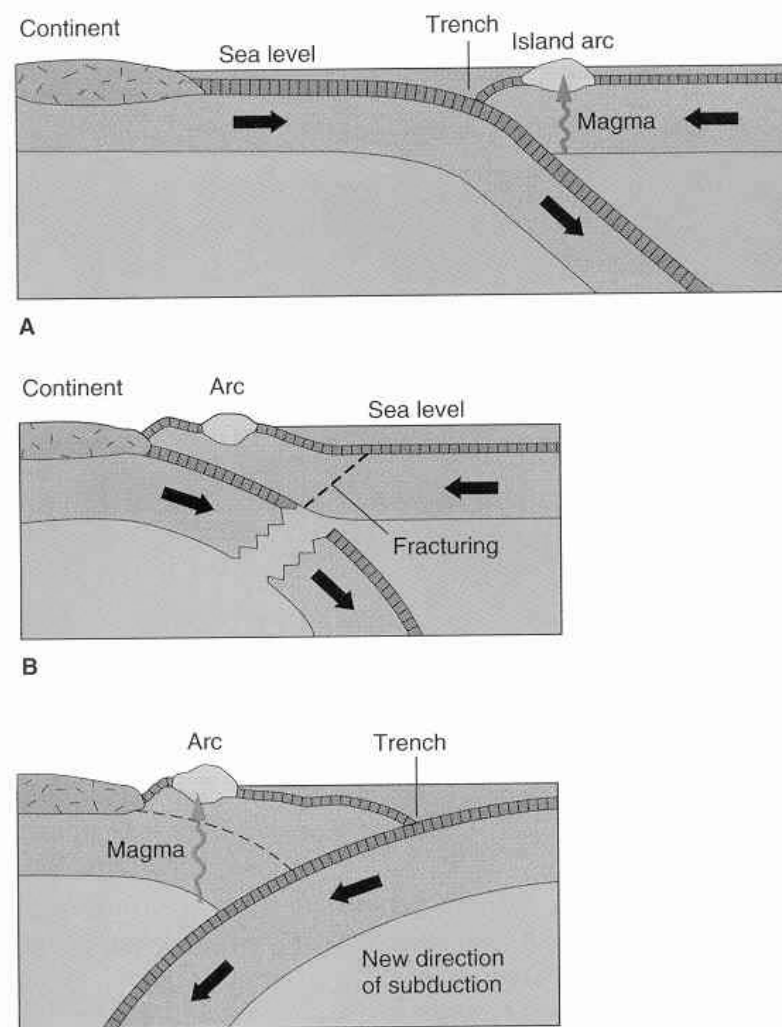


Slika VI-11. Shematski presjek kroz vulkanski luk pokazuje početno stanje (a) koje slijedi migracija jarka prema kontinentu (b), što rezultira destruktivnom granicom i subdukcijskom erozijom naležće kore. Jarak može migrirati od kontinenta (c) što ima za posljedicu ekstenziju i nastanak konstruktivne granice. U tom slučaju ekstenzija je postignuta (c) “roll-back” -om subducirane ploče.

Alternativni put uključuje odvajanje subdukcijske zone od kontinenta ostavljajući segment oceanske kore s lijeve strane novonastalog jarka. Winter (2001) *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall.



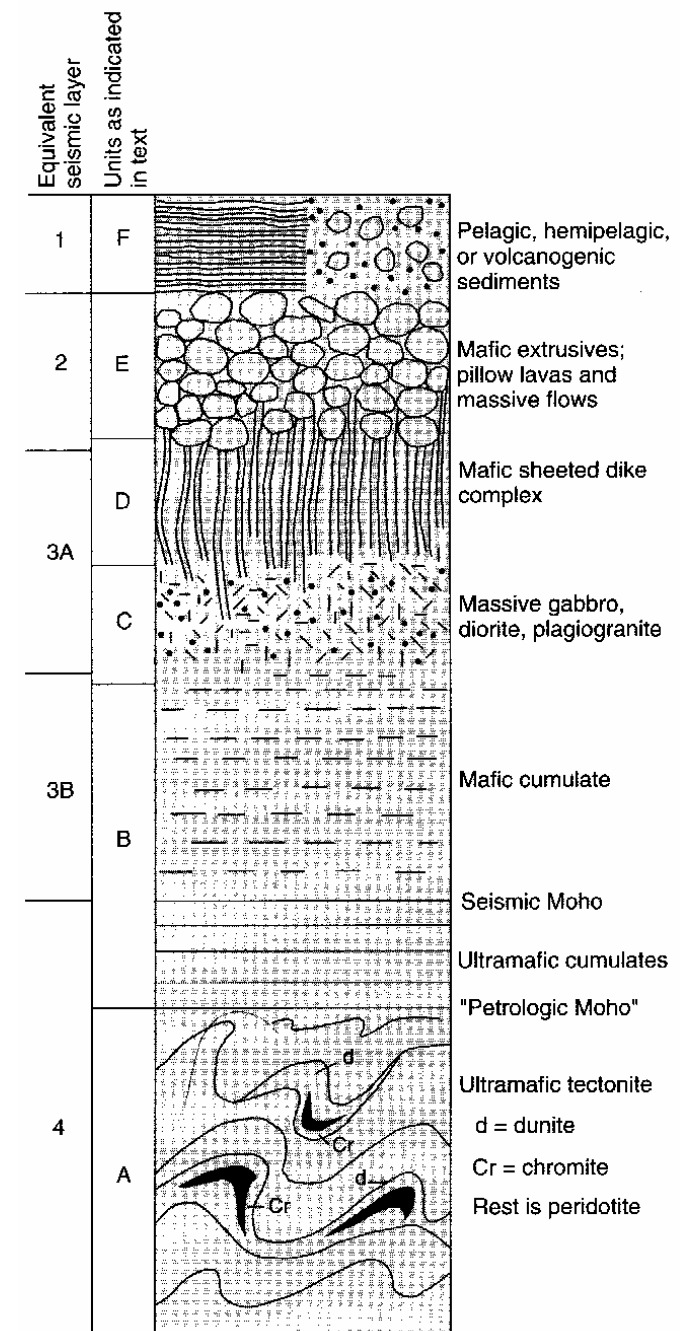
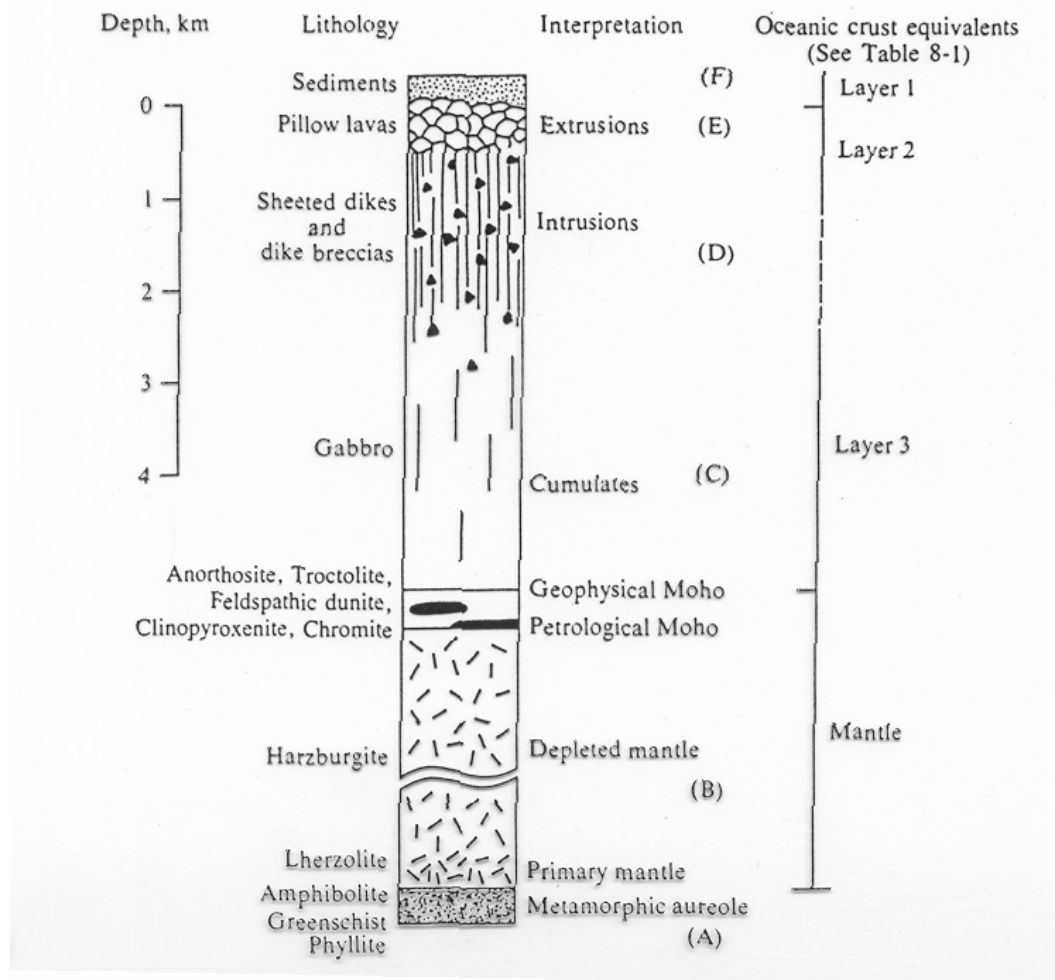
Promjena smjera subdukcije



Sučeljavanje luka i kontinenta može “stopiti” otočni luk s kontinentom. Tada se otvara mogućnost za promjenu smjera subdukcije. Prema: Plummer i dr. (2003): Physical geology, McGraw-Hill, 574 str.

Ofioliti

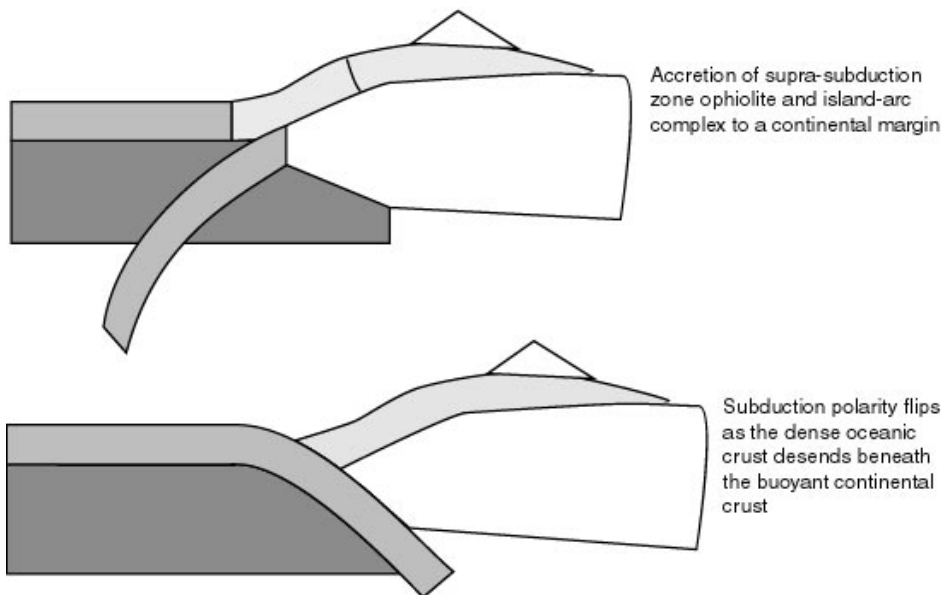
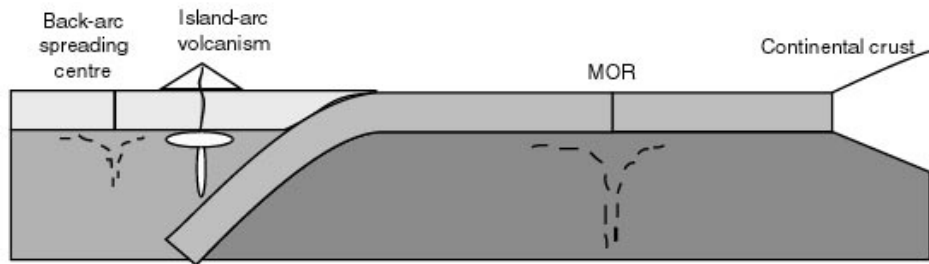
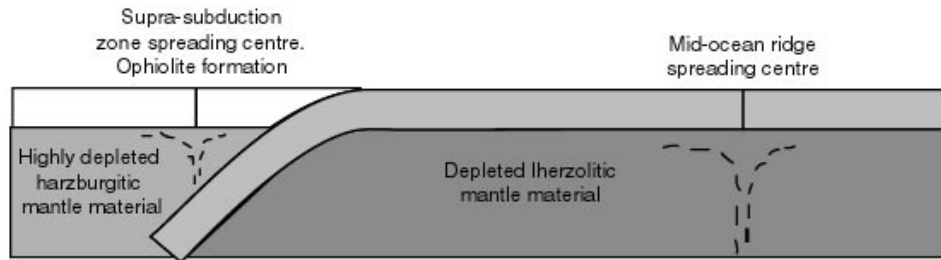
- zajednica ultramafitnih, gabroidnih i bazaltnih stijena uz tanak sloj dubokomorskih pelagičkih sedimenata
- odgovara oceanskoj kori i gornjem dijelu plašta
- “obducirani” na kontinentalan rub (ekshumirani)



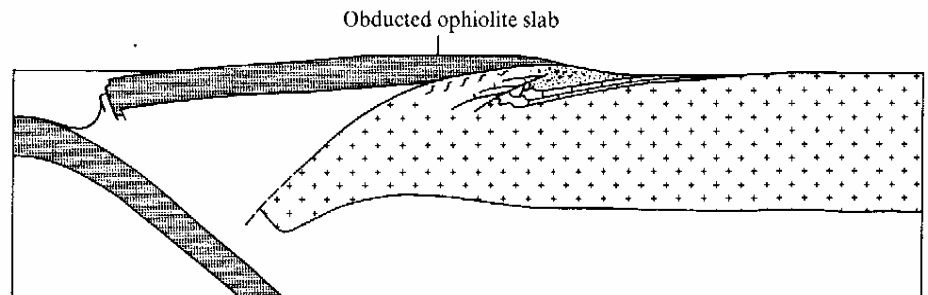
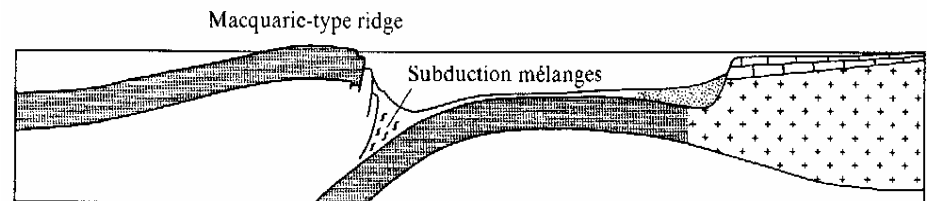
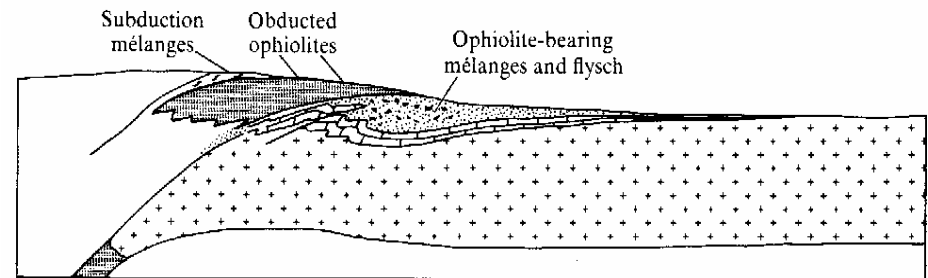
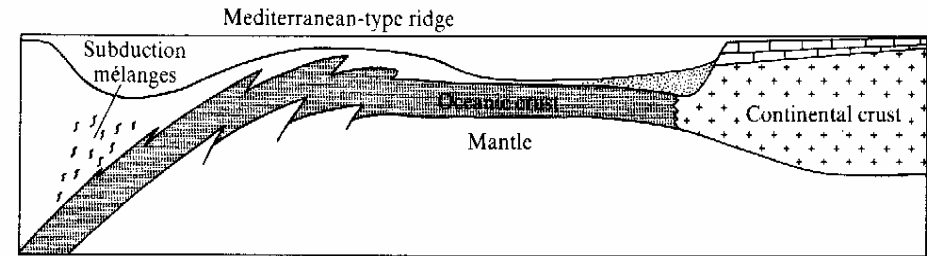
- tektonski melanž (mélange) - kontakt između kontinentalne litosfere i blokova oceanske kore
- Dinaridi, Newfoundland, Troodos (Cipar), Semail (Oman)

Slika VI-15: Profil kroz ofiolit

Ofioliti



Priraščanje zalučne ili predlučne litosfere procesima vezanim za subdukciju

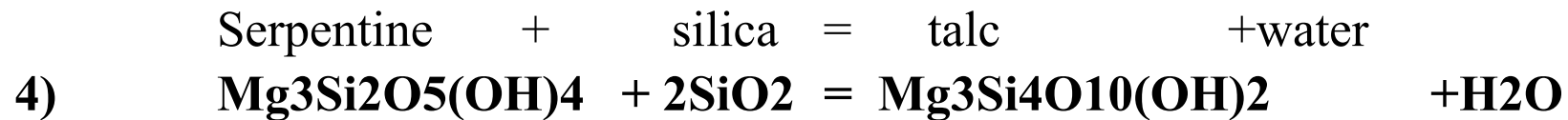


Obdukcija MOR litosfere

Serpentinizacija

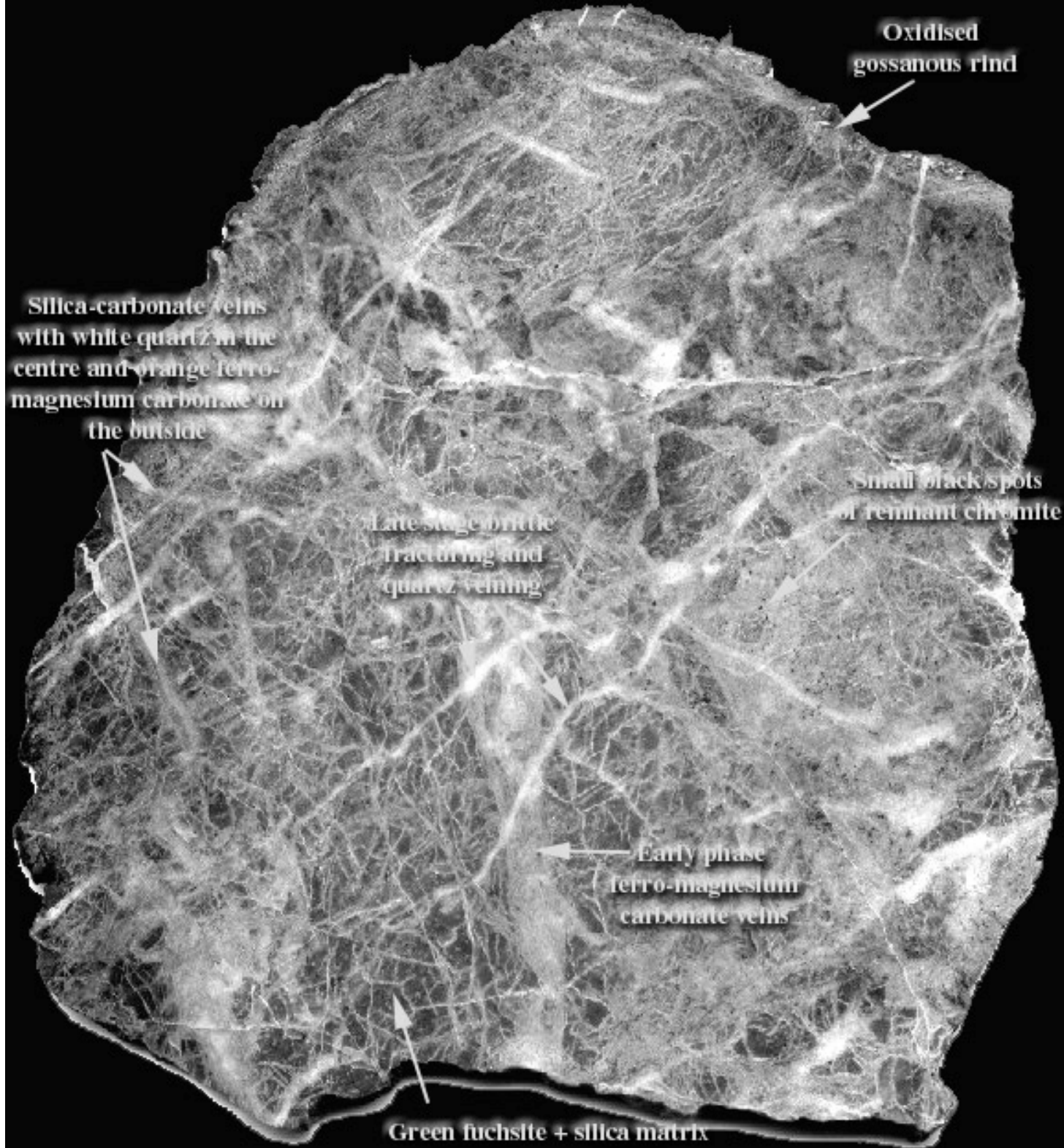
Tablica 1.1 Kemijske reakcije uključene u proces serpentinizacije

	<i>olivine</i>		<i>water</i>		<i>serpentine</i>		<i>brucite</i>
1)	$2\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	+	$3\text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	+	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
2)	$3\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	+	$4\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	$\rightarrow$	$2\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$		
3)	<i>olivine</i> $3\text{Mg}_2\text{SiO}_4$	+	<i>orthopyroxene</i> $\text{MgSiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	<i>serpentine</i> $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$		

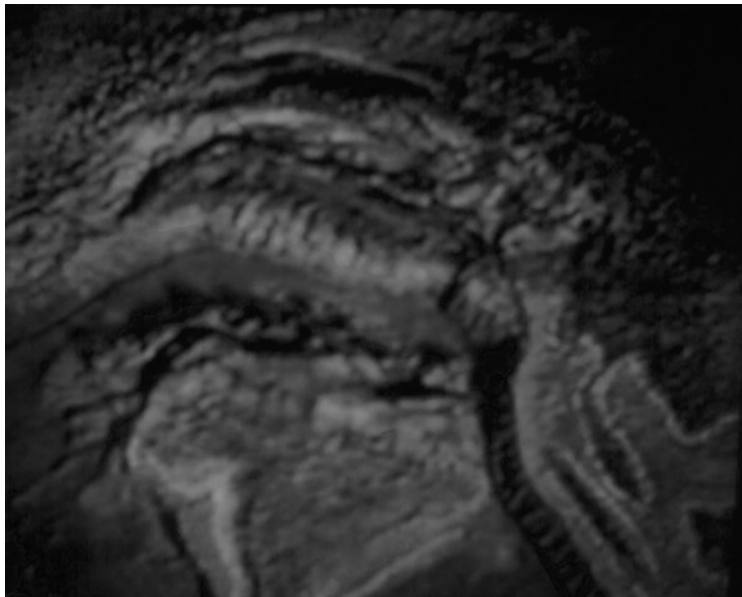


Nastanak listvenita

Silicijsko-
karbonatna
stijena nastala u
zonama loma
bogata žilicama
i produktima
alteracija

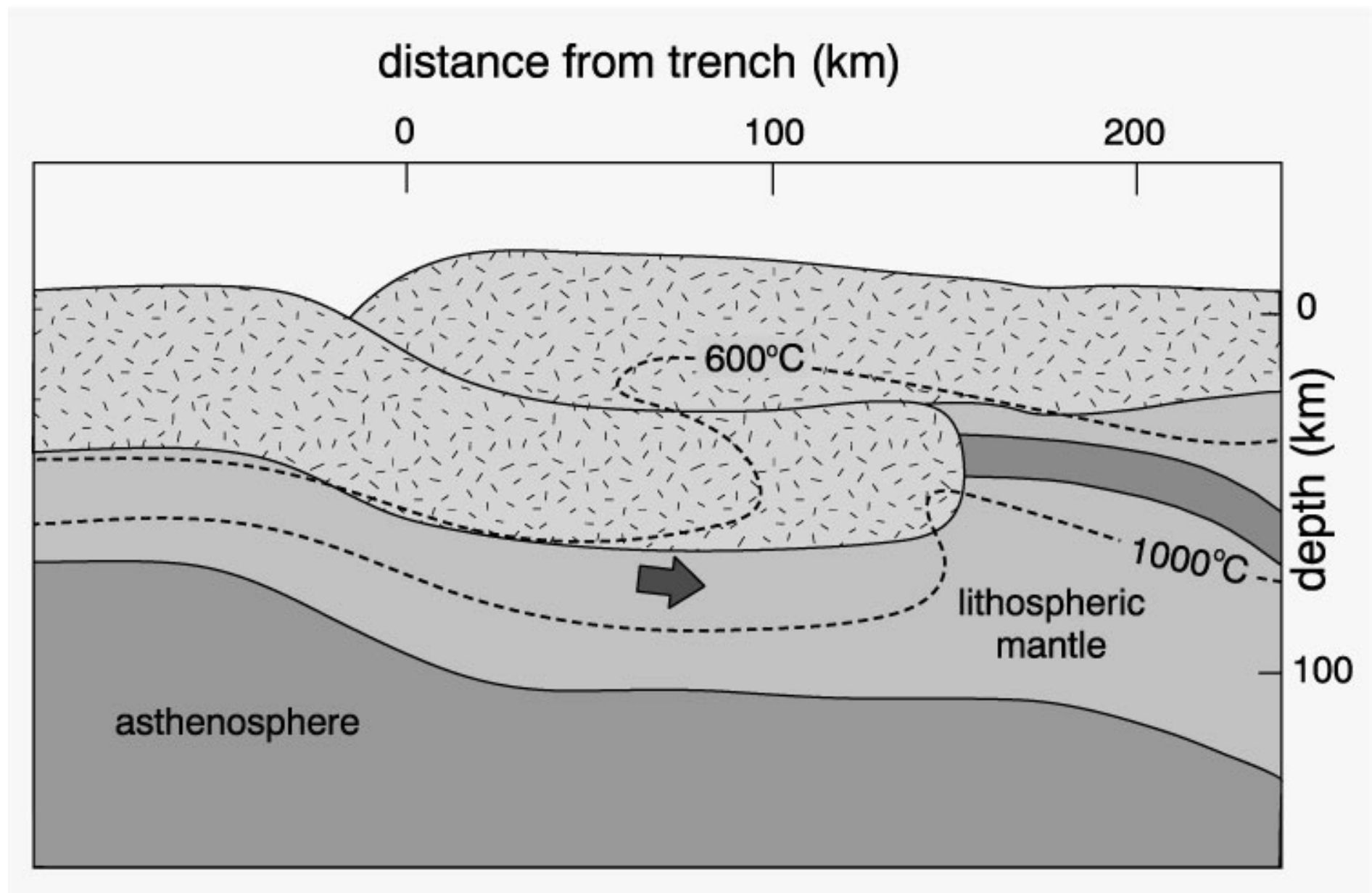


3. Kolizija kontinentalnih ploča

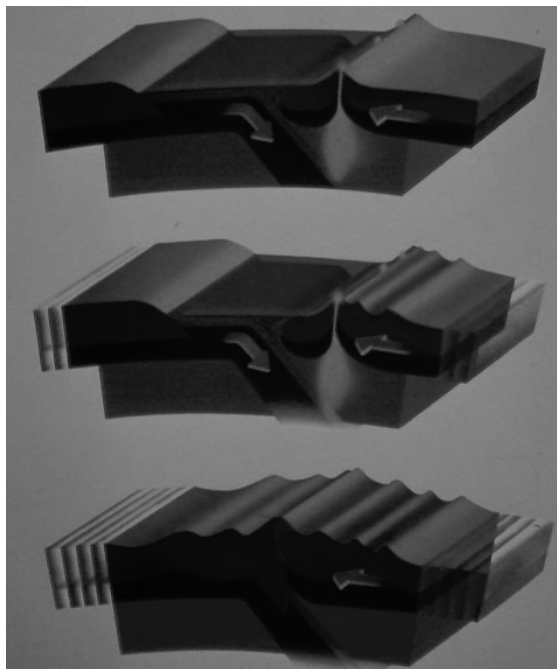


Slika VI-16. Kolizija Indije i Azije

- miješane magmatske stijene iz drugih područja



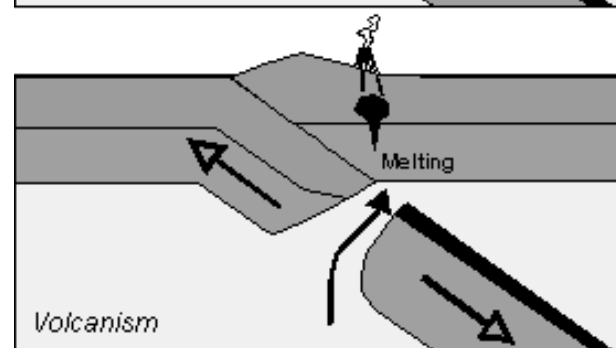
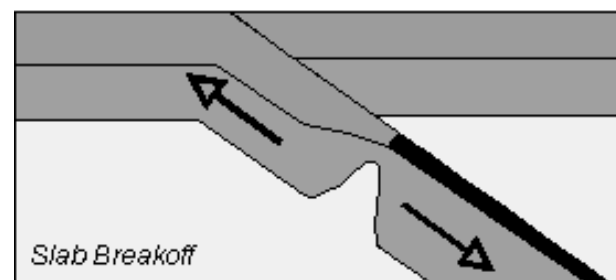
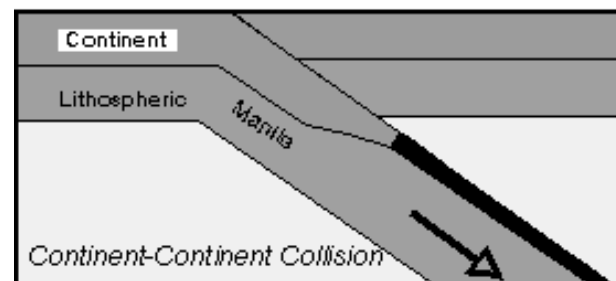
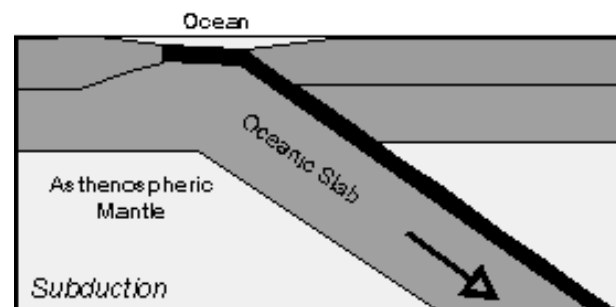
Slika VI-17. Subdukcija kontinentalne kore uzrokuje zadebljanje i dovodi Sial koru na dubinu i temperaturu dovoljnu za uzrokovanje parcijalnog taljenja. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.



- zadebljanje kore u velikim razmjerima
- nastanak planinskog lanca i debelog “kontinentalnog korijena”
- S-tip granita, kvarc dioriti, kvarc monzoniti

Slab breakoff

Model “slab breakoff” se pojavio sredinom 90-ih i objašnjava nastanak magmi u post-kolizijskim sredinama (Alpe). Magmatizam se objašnjava pucanjem subducirane ploče (koje više nema na površini) i uzdizanjem dijelova plašta kroz nastalu pukotinu. Na magmatizam ima utjecaj i kretanje ostatka nerastaljene ploče (Vrancea).



Slika VI-18

GRANITI

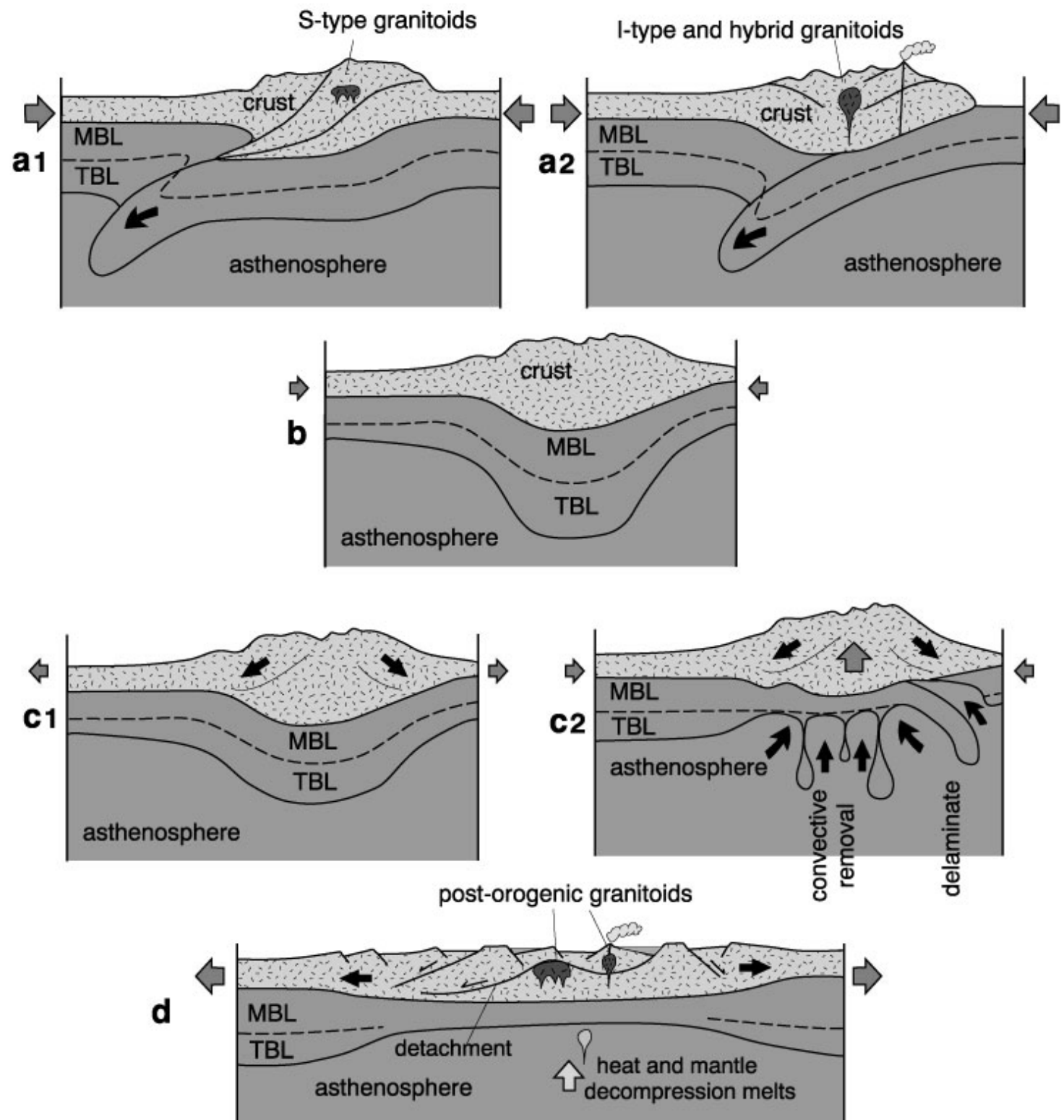
- preklapanje magmatskih i metamorfnih procesa

GENEZA

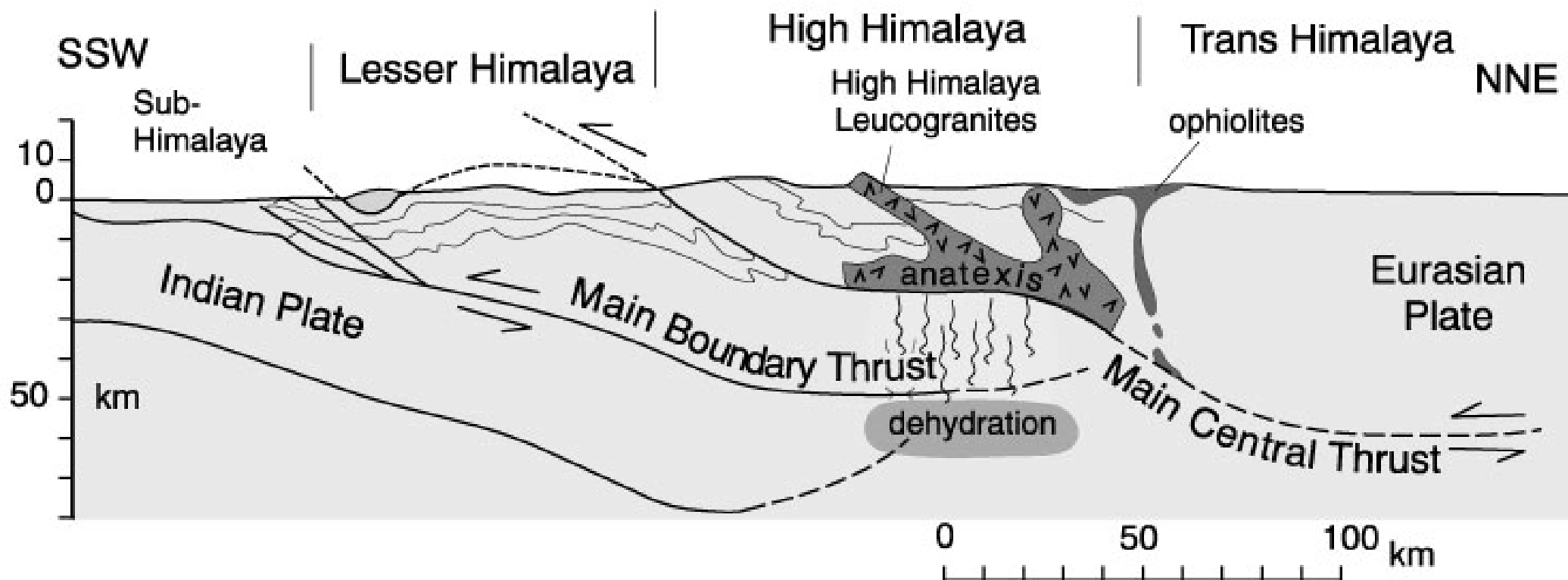
- **anateksis**, parcijalno taljenje sedimentnih i vulkanskih stijena, ovisno o P_{H_2O}
- **diferencijacija** iz bazične magme
- **granitizacija**, metasomatizam, difuzija fluida

Granitoidne stijene

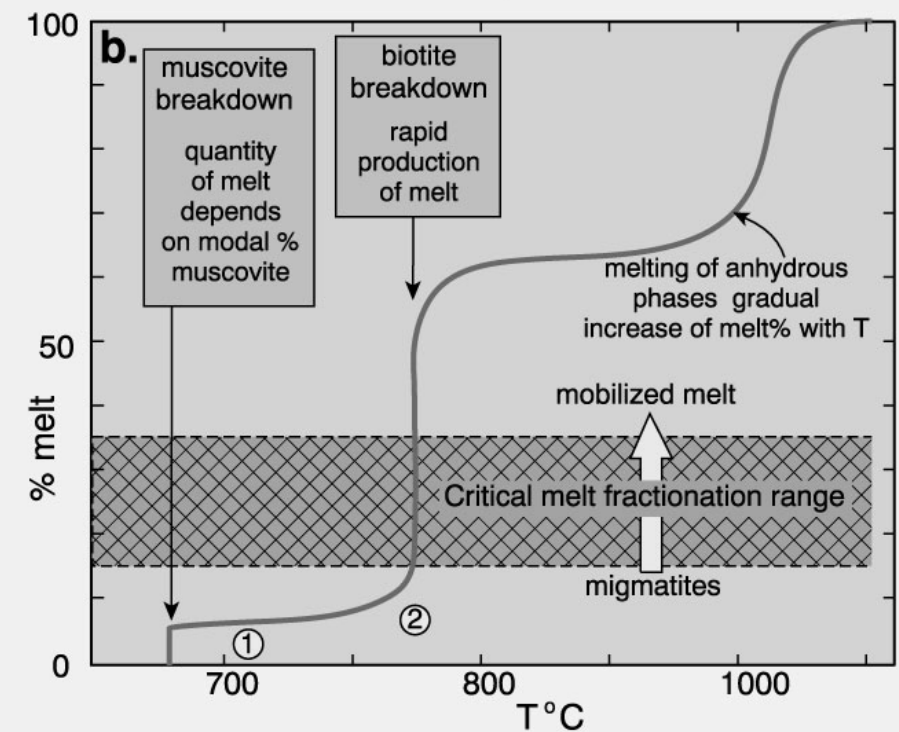
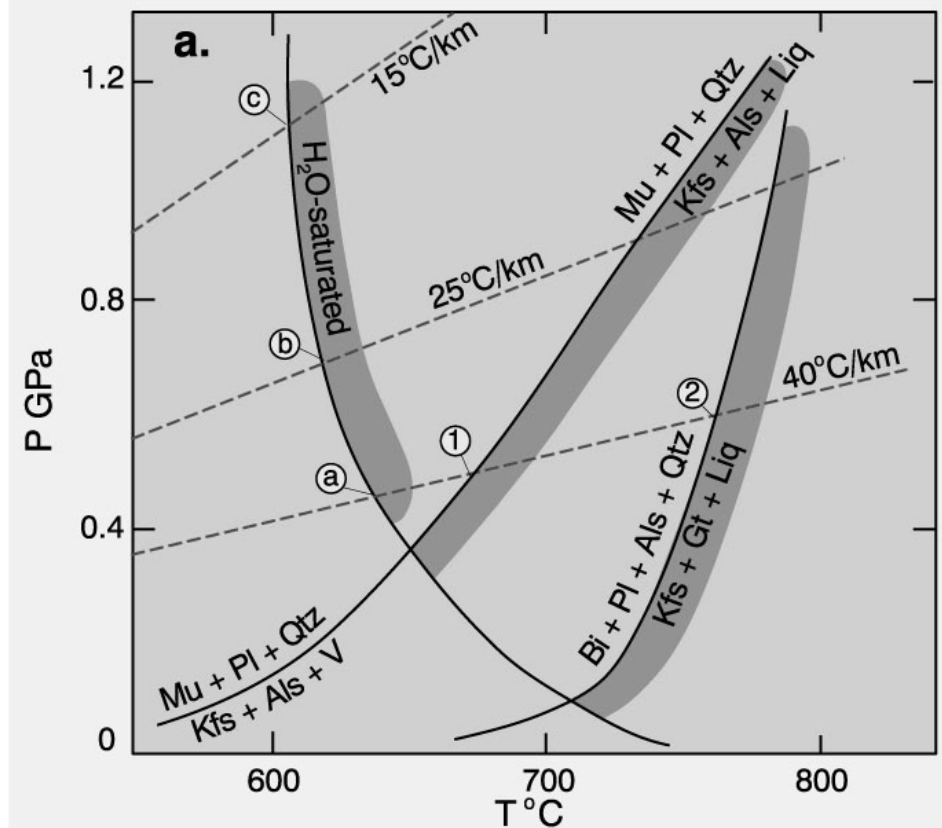
- 1) Većina granitoida se javlja područjima gdje je kontinentalna kora zadebljana orogenezom, subdukcijom (kontinentalni luk) ili kolizijom Sial masa. Mnogi graniti ipak mogu post-datirati događaj zadebljanja i do 10-ak Ma.
- 2) Zbog toga što je kora kruta u svom normalnom stanju, za formiranje granitoida potreban je termalni poremećaj (thermal disturbance)
- 3) Veliki broj istraživača smatra da glavina granitoida nastaje anateksisom kore, ali i da plašt također može biti uključen. Doprinos plašta može biti kao izvor topline za parcijalno taljenje kore ali također može biti i izvor materijala.



Slika IV-101. Shematski modeli za uzdizanje i ekstenzijski kolaps orogenezom zadebljale kore. Subdukcija vodi do zadebljanja kore kontinentalnom kolizijom (a1) ili kompresijom kontinentalnog luka (a2), svaki od tih modela daje karakterističan orogeni magmatizam. Oba modela vode do zadebljale kore ("MBL" and "TBL" - mechanical and thermal boundary layers) kao u (b). Nakon stabilne situacije u (b), ili se kompresija smanjuje (c1) ili se gusti debeli termalni sloj odstranjuje delaminacijom ili konvektivnom erozijom (c2). Rezultat je ekstenzija i kolaps kore, istanjenje litosfere i uzdizanje vruće astenosfere. (d). Rastući fluks topline (d), plus dekompresijsko taljenje uzdižuće astenosfere rezultira u bimodalnom post-orogenom magmatizmu s bazičnim plašnim magmatizmom i silicijskim magmatizmom iz kore. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.



Slika VI-19. Shematski presjek kroz Himalaje pokazuje zone dehidratizacije i parcijalnog taljenja koje produciraju leukogranite. Prema France-Lanord and Le Fort (1988) *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 79, 183-195. Winter (2001) *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall.



Slika VI-20. a. Pojednostavljeni P-T fazni dijagram i b. količina taljevine nastala tijekom taljenja muskovit-biotitne ishodišne stijene, prema Clarke (1992) *Granitoid Rocks*. Chapman Hall, London; and Vielzeuf and Holloway (1988) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 98, 257-276. Osjenčana polja (a) ukazuju na nastanak magme. Winter (2001) *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall.

- Klasifikacija granita na temelju makroelemenata

peralkalni



peraluminozni $\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$

metaluminozni $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

subaluminozni $\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

ASI parametar

- Tektonska klasifikacija

A/CNK

sintektonski

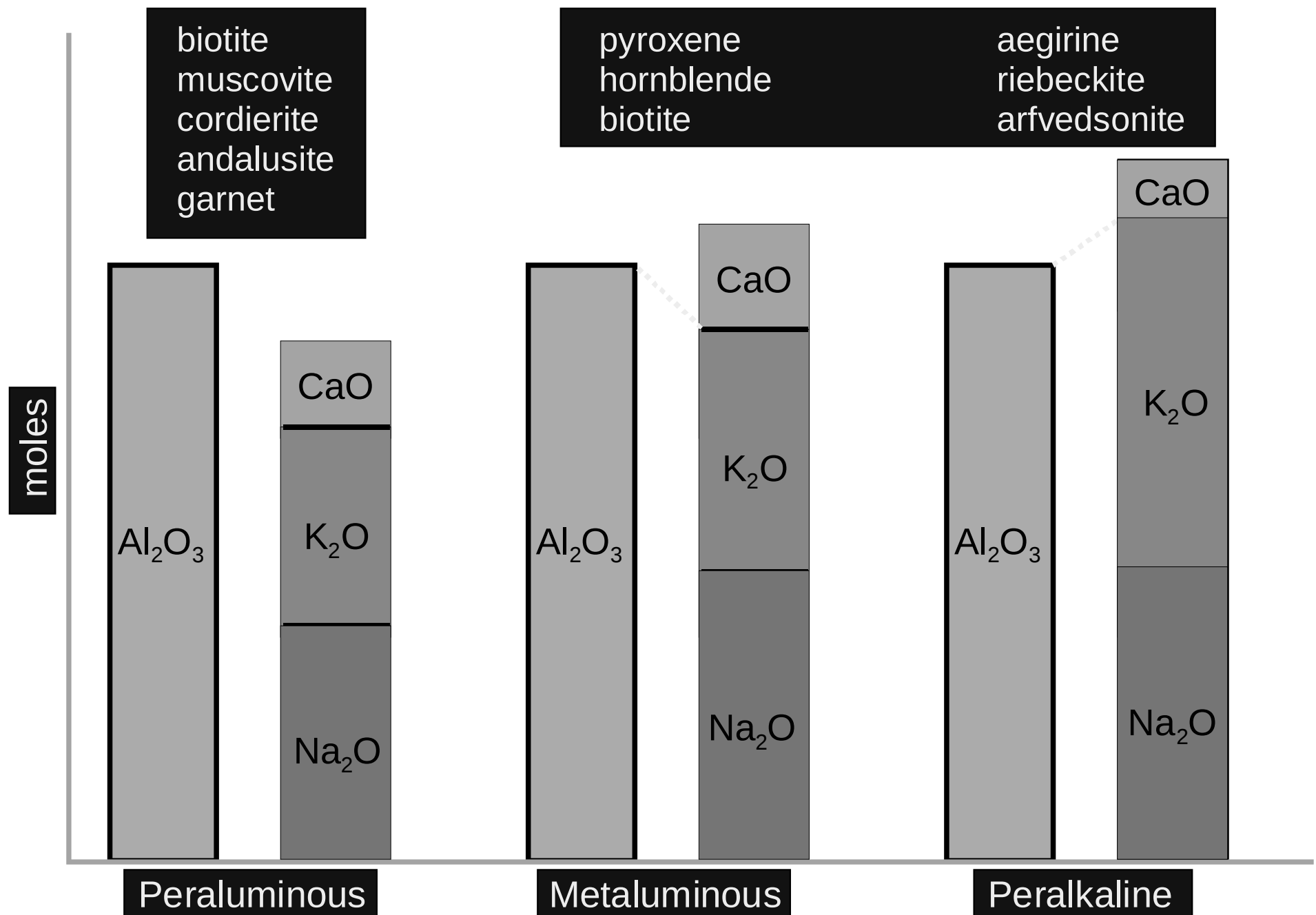
$= \text{mol. Al}_2\text{O}_3 / \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

kasnotektonski

posttektonski

- Prema dubini utiskivanja

epizona (10 km), mezozona (20 km), katazona (30 km)



Slika VI-21. Zasićenje aluminijem temelji se na *molar*nim proporcijama $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ (“A/CNK”) prema Shand (1927). Za svaki tip su navedeni česti minerali. After Clarke (1992). *Granitoid Rocks*. Chapman Hall.

- Genetska klasifikacija

S graniti - nastali iz sedimentnih stijena parcijalnim taljenjem (anateksis)

I graniti - pretaljivanje magmatskih stijena, ultrametamorfizam

A graniti - anorogeni graniti tipični za riftne zone, pretaljivanje materijala koji su ostatak

TABLE 9-2 Characteristics of S-type, I-type, and A-type granites

Granite type	Tectonic environment	Chemical signature	Typical accessory minerals
S-type	Orogenic	Metaluminous to strongly peraluminous, high $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Muscovite, garnet, cordierite, tourmaline
I-type	Orogenic	Metaluminous	Biotite, hornblende
A-type	Anorogenic, rift-related	Metaluminous to mildly peralkaline, Fe-enriched	Fe-biotite, Na-amphibole, Na-pyroxene, hedenbergite, fayalite, titanite



Table 18-3. The S-I-A-M Classification of Granitoids

Type	SiO ₂	K ₂ O/Na ₂ O	Ca, Sr	A/(C+N+K)*	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	Cr, Ni	δ ¹⁸ O	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Misc	Petrogenesis
M	46-70%	low	high	low	low	low	< 9‰	< 0.705	Low Rb, Th, U Low LIL and HFS	Subduction zone or ocean-intraplate Mantle-derived
I	53-76%	low	high in mafic rocks	low: metal- uminous to peraluminous	moderate	low	< 9‰	< 0.705	high LIL/HFS med. Rb, Th, U hornblende magnetite	Subduction zone Intracrustal Mafic to intermed. igneous source
S	65-74%	high	low	high metaluminous	low	high	> 9‰	> 0.707	variable LIL/HFS high Rb, Th, U biotite, cordierite Als, Grt, Ilmenite	Subduction zone Supracrustal sedimentary source
A	high → 77%	Na ₂ O high	low	var peralkaline	var	low	var	var	low LIL/HFS high Fe/Mg high Ga/Al High REE, Zr High F, Cl	Anorogenic Stable craton Rift zone

* molar Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)

Data from White and Chappell (1983), Clarke (1992), Whalen (1985)

Enklave u granitima

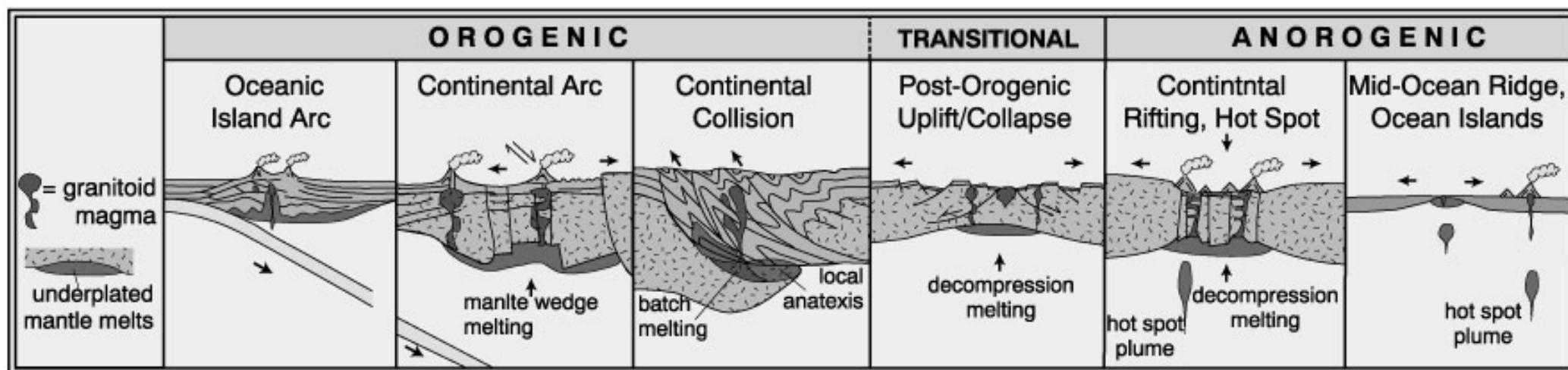
Table 18-1. The Various Types of Enclaves

Name	Nature	Margin	Shape	Features
Xenolith	piece of country rocks	sharp to gradual	angular to ovoid	contact metamorphic texture and minerals
Xenocryst	isolated foreign crystal	sharp	angular	corroded reaction rim
Surmicaceous Enclave	residue of melting (restite)	sharp, biotite rim	lenticular	metamorphic texture micas, Al-rich minerals
Schlieren	disrupted enclave	gradual	oblate	coplanar orientation
Felsic Micro-granular Enclave	disrupted fine-grained margin	sharp to gradual	ovoid	fine-grained igneous texture
Mafic Micro-granular Enclave	Blob of coeval mafic magma	mostly sharp	ovoid	fine-grained igneous texture
Cumulate Enclave (Autolith)	disrupted cumulate	mostly gradual	ovoid	coarse-grained cumulate texture

After Didier and Barbarin (1991, p. 20).

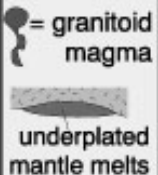
Tablica 18-1. Didier, J. i Barbarin (1991) The different type of enclaves in granites: Nomenclature. In J. Didier and B. Barbarin (1991) (eds.), *Enclaves in Granite Petrology*. Elsevier. Amsterdam, pp. 19-23.

Table 18-4. A classification of granitoid rocks based on tectonic setting



Tablica VI-3. Klasifikacija granitoidnih stijena temeljena na tektonskom smještaju. Prema Pitcher (1983) in K. J. Hsü (ed.), *Mountain Building Processes*, Academic Press, London; Pitcher (1993), *The Nature and Origin of Granite*, Blackie, London; and Barbarin (1990) *Geol. Journal*, 25, 227-238. Winter (2001) *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall.

Table 18-4. A classification of granitoid rocks based on tectonic setting

	OROGENIC			TRANSITIONAL	ANOROGENIC	
	Oceanic Island Arc	Continental Arc	Continental Collision	Post-Orogenic Uplift/Collapse	Continental Rifting, Hot Spot	Mid-Ocean Ridge, Ocean Islands
						
Examples	Bougainville, Solomon Islands, Papua New Guinea	Mesozoic Cordilleran batholiths of west Americas Gander Terrane	Manaslu and Lhotse of Nepal, American Massif of Brittany	Late Caledonian Plutons of Britain, Basin and Range, late Variscan, early Northern Proterozoic	Nigerian ring complexes, Oslo rift, British Tertiary Igneous Province, Yellowstone hotspot	Oman and Troodos ophiolites; Iceland, Ascension, and Reunion Island intrusives
Geo-chemistry	Calc-alkaline > thol. M-type & I-M hybrid Metaluminous	Calc-alkaline I-type > S-type Met-Al to sl. Per-Al	Calc-alkaline S-type Peraluminous	Calc-alkaline I-type S-type (A-type) Metalum. to Peralum	Alkaline A-type Peralkaline	Tholeiitic M-type Metaluminous
Rock types	qtz-diorite in mature arcs	tonalite & granodior. > granite or gabbro	migmatites & leucogranite	bimodal granodiorite + diorite-gabbro	Granite, syenite + diorite-gabbro.	Plagiogranite
Associated Minerals	Hbl > Bt	Hbl, Bt	Bt, Ms, Hbl, Grt, Als, Crd	Hbl > Bt	Hbl, Bt, aegirine fayalite, Rbk, arfved.	Hbl
Associated Volcanism	Island-arc basalt to andesite	Andesite and dacite in great volume	often lacking	basalt and rhyolite	alkali lavas, tuffs, and caldera infill	MORB and ocean island basalt
Classification	T_{IA} tholeiite island arc	H_{CA} hybrid calc-alkaline	C_{ST} C_{CA} C_{CI} continental types	H_{LO} hybrid late orogenic	A alkaline	T_{OR} tholeiite ocean ridge
Pearce et al. (1984)	VAG (volcanic arc granites)		COLG (collision granites)		WPG and ORG (within plate and ocean ridge granites)	
Maniar & Piccoli (1989)	IAG island arc granite	CAG contin. arc granite	CCG cont. collision gran.	POG post-orogenic gran.	RRG CEUG rift & aborted/hotspot	OP ocean plagiogranite
Origin	Partial melting of mantle-derived mafic underplate	PM of mantle-derived mafic underplate + crustal contribution	Partial melting of recycled crustal material	Partial melting of lower crust+ mantle and mid-crust contrib	Partial melting of mantle and/or lower crust (anhydrous)	Partial melting of mantle and fractional crystallization
Melting Mechanism	Subduction energy: transfer of fluids and dissolved species from slab to wedge. Melting of wedge, transfer of heat upward		Tectonic thickening plus radiogenic crustal heat	Crustal heat plus mantle heat (rising asthen. + magmas)	Hot spot and/or adiabatic mantle rise	

After Pitcher (1983, 1993), Barbarin (1990)

Table VI-3 nastavak.
Klasifikacija granitoidnih stijena temeljena na tektonskom smještaju. Prema Pitcher (1983) in K. J. Hsü (ed.), *Mountain Building Processes*, Academic Press, London; Pitcher (1993), *The Nature and Origin of Granite*, Blackie, London; and Barbarin (1990) *Geol. Journal*, 25, 227-238. Winter (2001) *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall.

Dodatni link-ovi

- Blatt & Tracey. 1996. Petrology Igneous Sedimentary and Metamorphic 2nd Edition. W. H. Freeman and Company, New York.
- Athena Mineralogy <http://un2sg4.unige.ch/athena/mineral/mineral.html>
- Bowens Reaction Series <http://www.geog.ouc.bc.ca/physgeog/contents/10e.html>
- Geology Web Links <http://www.earthsci.org/geologylinks.htm#igneous>
- Igneous Rocks <http://www.science.ubc.ca/~geol202/igneous/igneous.html>
- Petrology <http://www.brocku.ca/earthsciences/people/gfinn/petrology/321lect.htm>
- Petrographic concepts <http://plymouth.ces.state.nc.us/programs/drees2.html>
- Geokem <http://www.geokem.com/>
- **The lava hunters** <http://www.abc.net.au/tvpub/highlite/h0210theb.htm>