خصوصیات ناحیه منشاء گوشته ای بازالت های منطقه جواهردشت (شرق گیلان)، با توجه به شواهد ژئوشیمیایی و ایزوتوپی

شهروز حق نظر (۱٬۰۰۰)، منصور وثوقي عابديني و محمديورمعافي ۳ ۱ – گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران ۲ – دانشیارگروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران ۳ – دانشیارگروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخ دریافت:۸۷/۷/۱۴ تاریخ پذیرش:۸۷/۱۲/۴

> چکیده بازالت های جواهردشت در دامنه شمالی بخش غربی زون البرز مرکزی واقع شده است. بررسی های ژئوشیمیایی عناصر اصلی و کمیاب و نیز نسبتهای ایزوتوپی 87_{Sr}/86 و 444_{Nd}/144 نشان از نشات گیری ماگمای والد این بازالتها از یک گوشته استنوسفری منبع مورب با ترکیب لرزولیت تهی شده با رخساره اسپینل دارد. این مطالعه ما نشان می دهد که این بازالتها در فشارهای بین ۲۰–۱۵ کیلو بار و از اعماق کمتر از ۶۰ کیلومتر نشات گرفته و در حین صعود نوسط سنگهای پوسته قارهای تحتانی آلوده شده و به همین دلیل خصوصیات نواحی غنی شده را به طور کاذب نشان می دهند.

واژههای کلیدی: آلودگی پوسته ای، اسپینل لرزولیت، بازالتهای جواهر دشت، گوشته منبع مورب

مقدمه

برای ژنز بازالت ها، ترکیب گوشته از بیشترین اهمیت برخوردار است. در این رابطه موقعیت یا ژرفای محیط ساخته شدن مذاب در گوشته استنوسفری و یا لیتوسفری نقش اساسی دارد. ژنـز بازالتها مـی توانـد متاثـر از منشاء های گوشته ای متفاوت باشـد . ایـن منابع شامل: منابع گوشته ای تهی شـده یعنی منبع مورب تهی شده (DMM)، منبع BORB، منبع UMIH و منابع گوشـته ای غنی شده شامل: منبع EM1 و منبع EM2 اسـت (Weaver, 1991). این منابع به خوبی توسط مقادیر ایزوتوپی Nd·SrPb از هم تفکیک می شوند.

اما در محدودههای گوشته استنوسفری یعنی منابع HIMU,EM2,EM1,MORB که برای منشاء بازالتهای قارهای و اقیانوسی مسئولند، ترکیب لیتوسفر قاره ای هتروژن (به علت تولید مذاب یا متاسوماتیسمگوشته ای) و همچنین پوسته قاره ای

(به وسیله هضم و آلایش) ترکیب ماگماها را تحت تاثیر قرار می دهند. خصوصاً آلایش پوسته ای موجب تغییر و تعدیل خصوصیات اولیه ماگماهای نشات گرفته از گوشته شده و مطالعه خصوصیات ناحیه منشاء و محاسبات مربوط به درجه ذوب بخشی که بر مبنای نمونه های اولیه و بدون آلایش بنیان گذاری شده اند را با مشکل مواجه می سازد.

در ایــن مطالعه ما به کمک شــواهد ژئوشــیمیایی و ایزوتوپی خصوصیـات ناحیه منشـاء بازالت های جواهر دشــت را مورد بررسی قرار گرفته است.

موقعیت زمین شناسی و جغرافیایی

منطقه جواهردشت در ۴۵ کیلومتری جنوب شـرق شهرسـتان رودسـر (درشرق گیلان) ودر موقعیت ۵۳،°۳۶ عرض شمالی و ۵۰°،۲۲ طول شرقی قرار گرفته است.

* نویسنده مرتبط

خصوصيات ناحيه منشاء گوشته اي بازالت هاي منطقه جواهردشت ...

این منطقه در تقسیم بندی های زون های زمین شناسی و ساختاری ایران در دامنه شـمالی بخش غربی زون البرز مرکزی واقع شـده است. رخنمون عمده سـنگهای منطقه طبق نقشه ۱۰۰۰۰۰: اجواهرده، متعلـق به دوران مزوزوئیک بوده و برونزد غالب سـنگهای ماگمایی منطقه جواهردشـت سنگهای بازالتی و گابروئیدی به سن کرتاسه می باشد (شکل ۱).

روش مطالعه

پس از مطالعه و نمونه برداری صحرایی تعداد ۱۵۰ نمونه برای مطالعات میکروسکوپیک برداشت گردید. پس از مطالعات پتروگرافی و تفکیک دقیق سنگهای بازالتی منطقه، تعداد ۱۲ نمونه برای تجزیه شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب انتخاب شد و به وسیله دستگاه (XRF(MAGIX-PRO سازمان زمین شناسی مورد تجزیه عنصری قرار گرفت (جدول ۱). از بین نمونه های فوق پنج نمونه برای مطالعه ایزوتوپی و تعیین نسبتهای ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr و کایشگاه ایزوتوپی دانشگاه یزوتوپی قرار گرفتار دامایشگاه ایزوتوپی قرار گرفتار رجدول ۲).

سنگ نگاری

بر اســاس مطالعــات میکروسـکوپی صورت گرفتــه بر روی نمونههای برداشــت شده، واحدهای سنگی ذیل از یکدیگر قاپل

تفکیک هستند: ۱- اولیوین بازالت ها ۲- اولیوین بازالت های آندزیتی ۳- آندزیت های بازالتی و ترم های تفکیک یافته ۴- دلریت ها و اولیوین دلریت ها که بیشتر به صورت دایک دیده می شوند ۵- برش های آتشفشانی و توفهای برشی شده و بخش های جوش خورده

بافت غالب بازالتهای منطقه، پورفیریک با خمیرهٔ میکرولیتی و گلومروپورفیریک می باشد. از ویژگی های کانی شناسی بازالت های جواهر دشت وجود فنوکریستهای تیتان اوژیت بوده که دارای ساختمان منطقه ای متحد المرکز و حاشیهٔ قهوه ای متمایل به بنفش می باشند.

بررسی خاستگاه ماگمایی با توجه به شواهد ژئوشیمیایی عناصر اصلی و کمیاب

امروزه از مقدار نسبتهای عناصر کمیاب ناسازگار شاخص، برای تشریح و شناسایی منابع مختلف گوشته ای و همچنین تحولات ماگمایی نظیر آلایش پوسته ای ، هضم و تفریق بلوری استفاده می شود (Jung 2003, Krienitz et al 2006, 1989).



شکل ۱– نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه که بخشی از ورقه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ جواهر ده می باشد.

شهروز حق نظر و همکاران

نمونه	J-B-16	J-B-25	J-B-13	J-B-8	J-B-10	J-B-3	J-B-5	J-B-22	J-B-17	J-B-2	J-B-4	J-B-27
SiO2	48.29	48.30	48.77	52.28	48.24	49.02	45.98	49.69	48.23	50.22	46.17	48.63
A12O3	15.42	13.34	17.69	15.39	15.87	16.11	12.54	15.34	12.67	14.16	13.13	15.05
Fe2O3	11.92	12.21	11.02	11.28	11.69	12.15	12.27	11.49	11.63	11.43	11.78	13.54
MgO	4.89	7.73	4.61	4.76	6.44	3.75	9.42	4.79	8.94	6.57	8.76	4.25
CaO	8.91	8.57	9.37	6.49	9.51	8.56	10.27	8.13	9.30	9.67	11.08	8.72
Na2O	2.25	2.25	2.35	2.39	2.64	2.33	1.70	1.94	2.20	2.10	1.82	2.84
K2O	2.43	1.87	1.70	2.29	0.82	3.27	1.70	3.39	1.73	2.47	1.59	2.16
MnO	0.13	0.13	0.11	0.13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.12	0.13	0.15
TiO2	1.10	1.18	0.97	0.97	0.94	1.17	0.78	0.98	1.03	0.95	0.84	1.19
P2O5	0.35	0.22	0.24	0.22	0.22	0.36	0.28	0.29	0.38	0.21	0.23	0.28
Mg#	46.1	55.8	45.8	44	51.7	37.5	60.5	44	61.1	53.3	60	38.4
L.O.1.	3.34	3.69	2.68	3.3	3.05	2.58	4.23	3.45	3.11	1.77	3.94	2.87
Sn	2.4	2.4	2.3	2.7	2.3	2.2	2.5	2.2	2.0	2.5	2.1	2.2
Th	2.2	<2	3.9	<2	2.9	<2	2.1	<2	4.0	<2	<2	<2
V	259.2	232.8	221.9	205.8	203.2	242.1	226.3	236.6	200.5	245.0	248.8	268.2
Nb	12.9	11.1	10.2	13.5	12.5	13.5	7.6	11.7	12.1	8.5	6.0	13.3
Ва	357.1	540.0	391.7	499.3	253.5	375.8	269.0	398.8	298.3	388.4	290.5	380.1
Ce	40.2	48.4	37.5	51.0	31.9	35.9	35.1	38.3	33.0	39.3	32.0	35.0
Hf	7.2	5.5	4.6	8.8	4.4	<4	4.6	7.2	8.1	11.3	8.5	5.8
Pb	8.4	9.2	8.1	17.7	7.8	8.2	8.1	10.1	7.8	7.8	8.2	8.6
Nd	37.0	43.7	7.3	18.2	15.0	31.2	28.0	11.4	22.1	18.2	12.6	38.9
Ni	<5	8.0	<5	6.9	<5	<5	129.4	12.9	118.2	35.5	115.5	<5
Rb	39.8	59.2	51.1	71.8	28.9	71.4	39.3	69.1	48.7	50.9	43.8	39.3
Sr	600.2	579.2	817.2	594.1	715.9	687.9	509.7	642.6	513.3	639.5	568.3	612.1
Y	31.0	31.7	29.5	37.9	24.7	34.3	27.0	34.2	31.4	30.2	27.6	30.3
Cr	28.8	92.3	15.7	<10	41.5	<10	307.8	46.9	221.3	141.0	328.7	19.5
Zr	140.9	131.8	153.6	158.3	151.8	154.3	114.0	153.3	135.6	137.4	117.5	148.1
Tb	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
Та	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Eu	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Sc	27.5	30.5	26.5	25.1	29.3	27.6	29.1	27.0	26.5	31.2	32.3	26.6
Cu	123.4	83.1	112.5	54.9	47.6	134.8*	120.8	125.8	97.1	141.1*	124.9	148.7*
Co	37.7	41.1	35.0	30.4	38.0	38.9	42.2	33.9	37.0	38.0	39.7	43.9
Zn	86.1	117.6	97.9	247.5*	80.0	99.1	88.1	104.0	94.5	97.9	83.5	114.8
Cs	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ga	19.9	19.8	21.9	23.0	20.8	21.1	19.2	21.6	21.9	20.7	18.3	19.9
Mo	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

جدول ۱-نتایج تجزیه شیمیایی (XRF) بازالت های جواهردشت

* : بیشتر از بالاترین حد قابل اندازه گیری

خصوصيات ناحيه منشاء گوشته اي بازالت هاي منطقه جواهردشت ...

در این راستا در شکل (۲) تغییرات Y/Nb در برابر Zr/Nb برای بازالت های جواهردشت ارائه داده شده است. از این نمودار به منظور تاثیر پلوم های OIB بر ژئوشیمی MORB استفاده می شود (Wilson, 1989). همانطور که ملاحظه می شود بازالت های جواهردشت آشکارا محدوده ای را بر روی یک روند که آمیزه ای از منابع MORB تهی شده منابع غنی شده (مشخصه ریفت کنیا و یا منبع غنی شده OIB تریستن داکونها از نوع EM1) است، اشغال می کنند. همانطور که ملاحظه می شود این بازالتها روندی به سمت منابع غنی شده نشان می دهند. اما مطابق شکل(۳) بازالت های جواهردشت شواهد آلایش پوسته ای را نشان داده و روند بازالت های تحولی ریفت ریو گراند را تعقیب می نمایند (Zr/Nb کاهش یابد و در نتیجه نمونه ها به سمت منابع غنی شده سوق پیدا نمایند.

در شکل (۴) در نمودار تغییرات Zr/Nb در برابر V/Nb مقادیر میانگین OIB (Sun & McDonough, 1989 و E-MORB و N-MORB) و پوسته بالایی پوسته زیرین و میانی (Rudnick & Fountain, 1995) و پوسته بالایی (Taylor & Mclenna, 1985) به منظور مقایسه با بازالت های جواهردشت نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود نمونه ها روندی از N-MORB به سمت منابع OIB داشته و آلایش یافتگی با پوسته زیرین و میانی را نشان می دهند. این نمودارها به وضوح دخالت یک منبع مورب تهی شده را در پتروژنز بازالت های جواهردشت نشان می دهد.

در شکل (۵) تغییرات Rb/Y دربرابر Nb/Y برای بازالت های جواهردشت از (2007 Zhao & Zhou) نشان داده شده است. مقادیر OIB از (2007 Sun & McDonough, 1985) و مقادیر پوسته زیرین

از	بالايــى	Rudı) وپوسته	وميانـــى از (Fountain,1995 & Nick
		شده است.	(Taylor & Mclennan,1985) اقتباس

نمونه ها به وضوح مذابهای در ارتباط با منابع تهی شده MORB را به همراه آلایش پوسته ای با پوسته زیرین و میانی نشان می دهند. در شکل (۶) تغییرات درصد مولی کاتیونی (Mg) در برابر تغییرات درصد مولی کاتیونی (Fe_{total}) از (Furman, 1995) نشان داده شده است. دایره های توخالی ترکیب مذابهای آزمایشگاهی برای یک گوشته



شکل ۶- نمودار تغییرات درصد مولی کاتیونی (Mg) در برابر درصد مولی کاتیونی (Fe_{total}) برای بازالت های جواهردشت (اقتباس از (Furman, 1995 (اعداد، فشار را بر حسب کیلوبار نشان می دهند)

Sample	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	2-sigma	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	2-sigma
J-B-2	0.704482	0.000010	0.512660	0.000009
J-B-3	0.704648	0.000010	0.512692	0.000009
J-B-4	0.704225	0.000010	0.512727	0.000008
J-B-8	0.705387	0.000011	0.512517	0.000008
J-B-25	0.704856	0.000012	0.512688	0.000008
NBS987	0.710254	0.000011		
La Jolla			0.511848	0.000006

جدول ۲- نتایج تجزیه ایزوتوپی Nd و Sr بازالت های جواهردشت

شهروز حق نظر و همکاران





جواهردشت .مقادير مورب N و P و OIB از (,Sun & McDonough

خصوصیات ناحیه منشاء گوشته ای بازالت های منطقه جواهردشت ...

غنی و مربع های توخالی ترکیبات مذابهای آزمایشگاهی بدست آورده شده برای گوشته فقیر مابین فشارهای ۱۰ تا ۳۰ کیلو باری، نشان داده شده است (اقتباس از Hirose & Kushiro, 1993). دوایر توپرموقعیت بازالت های جواهردشت را در نمودار نشان می دهند. گرچه مطالعات آزمایشگاهی بر روی سنگهای گوشتهای خشک و بدون فازهای آبدار (حاوی OH) عمل و اجرا می شود. اما چون بخش اصلی فازهای کنترل کننده Fe و Mg به وسیله اولیوین و کلینوپیروکسن کنترل می شوند، لذا از این نتایج می توان در اینجا بر روی سنگهای منطقه هم استفاده نمود(2003).

همانطور که مشخص است نمونه ها روند گوشته فقیر را نشان می دهند. شش نمونه اولیه تر که عدد منیزیم مابین ۵۲ تا ۶۱ دارند، درمحدوده زیر ۲۰ کیلو بار و عمدتاً ۱۵ تا ۲۰ کیلو باری قرار گرفتهاند. با توجه به اینکه منطقه عبور و تحول بین دو کانی اسپینل و گارنت مابین فشارهای ۲۰ تا ۲۵ کیلو باری که مطابق یک عمق ۶۰تا ۷۵ کیلومتری قرار دارد، می باشد (Jung, 2003). لذا محدوده فشار ۱۵ تا ۲۰ کیلو باری، با توجه به دیاگرام های لذا محدوده فشار ۱۵ تا ۲۰ کیلو باری، با توجه به دیاگرام های مطابق یک عمق تقریبی ۴۵ تا ۶۰ کیلومتری بوده و در محدوده بیایداری رخساره اسپینل قرار می گیرند.

بنابراین از مطالب فوق این مطلب واضح می شـود که ناحیه منشـاء این بازالتها، گوشــته منبـع MORB با ترکیــب لرزولیت تهی شــده با رخساره اســپینل بوده که در فشارهای زیر ۲۰ کیلو

باری (احتمالاً بین ۱۵ تا ۲۰ کیلو باری) و از اعماق کمتر از ۶۰ کیلومتری نشات گرفته اند .

بررسی خصوصیات ناحیه منشاء با توجه به شواهد ایزوتوپی

اهمیت مطالعه نسبت های ایزوتوپی در آن است که این نسبتها در یک ماگما مشخص کننده ناحیه منشایی هستند که ماگماها از آنجا نشات گرفته اند. البته این موضوع مشروط به دو عامل است.

اول: ماگما های اولیه نشات گرفته از ناحیه منشاء با بخشهایی از ماگماهای دیگر با ویژگی های ژئو شمیمیایی و ایزوتوپی متفاوت اختلاط نیافته باشند.

دوم: ماگماهای اولیه به وسیله تاثیر متقابل با سنگ دیواره به عنوان مثال لیتوسفر قاره ای یا سنگهای پوسته قاره ای آلایش نیافته باشند(Wilson 1989, Rollinson 1993).

بنابراین بررسی علائم ایزوتوپی سنگهای هر منطقه اجازه شناسایی ترکیب گوشته و همچنین فرآیندهای ماگمایی چون اختلاط، آلایش و هضم را می دهـد. به خصوص پذیرش اجزاء غنی شـده مثل پوسته قاره ای توسط مواد گوشته ای، پیش از هر چیز با مشخصات ایزوتوپی احراز هویت می شود (Jung, 2003).

در نمودار همبستگی ایزوتوپی Nd/۱۳۴Nd در برابر Sr/۸۰۶r در (شکل ۷) چهار نمونه در محدوده گوشته ای که بر اساس بازالت های اقیانوسی غیر آلوده (OIB) تعریف گردیده، قرار می گیرند.



شکل ۷- موقعیت بازالت های جواهردشت در نمودار همبستگی ایزوتوپی Nd-Sr محدوده های OIB,EM1,EM2,HIMU از (Jung, 2003) از (Zindler & Hart, 1986) و روند پوسته تحتانی و فوقانی از (Jung, 2003) محدوده مورب از(Wilson, 1989) و محدوده است.



شکل۸- موقعیت قرارگیری نمونه های بازالت های جواهردشت در محدوده های بازالت های مناطق ریفتی درون قاره ای در نمودار همبستگی (Wilson, 1989).

در حالیکه یک نمونه در خارج از محدوده های نشان داده شده واقع شده و روند يوسته تحتاني را نشان مي دهد. اين موضوع در بسیاری از بازالت های ریفتی درون قاره ای (CRZ) و بازالت های طغیانی قاره ای (CFB) هم دیده می شود. در نمودارهای همبســتگی ایزوتویی Sr-Nd بازالت هـای طغیانی قاره ای و بازالت های ریفتی درون قاره ای عمدتاً در محدوده گوشته ای که با توجه به ترکیب ایزوتوپی، بازالت های اقیانوسی غیر آلوده شده (MORB + OIB) مشخص گردیده اند، قرار می گیرند. در حالمي كمه بعضمي خمارج از محمدوده هماي فموق الذكر واقع مي شوند. اين موضوع در ارتباط با الايش پوسته ای و یا مذابهای بخشی نشات گرفته از لیتوسفر زیر قاره ای تفسیر شده است (Wilson, 1989). در نتیجه باید خاطر نشان نمود که قرار گیری نمونه ها در داخل محدوده های نشان داده شــده لزوماً دلالت بر آن ندارد که این ماگماها در ارتباط با منابع مربوط به أن محدوده ها باشـند. چرا كه اختلاط و ألايش پوسته ای سبب جابجایی نمونه ها در طول محدوده های بازالت های اقیانوسی می شود.

در شـکل(۸) داده هـای ایزوتوپـی Nd-Sr بازالتهای مناطق ریفتی درون قاره ای در محدوده ایالت «باسـین اند رنج» و ریفت ریوگراند به منظور مقایسـه با بازالت های جواهردشـت نشان

داده شده است.

نمونه ها به وضوح به صورت یک روند خطی در محدوده تولائیت های «باسین اند رنج» قرار می گیرند. همچنین یک نمونه هم در مرز محدوده دشت آتشفشانی تائوس در محدوده ریفت ریوگراند واقع شده است. بازالت های «باسین اند رنج» محدوده ای را که بر حسب آمیزش یک منبع مورب با یک لیتوسفر زیر قاره ای غنی شده و یا آلودگی پوسته ای ماگماهای نشات گرفته از گوشته منبع مورب با سنگهای پوسته قاره ای را نشان می دهند (Wilson, 1989). روند منفی قرارگیری ایزوتوپهای Nd-Sr معمولاً به هضم رخساره گرانولیتی پوسته استناد می شود(Bernstein et al., 1998).

نتيجه گيرى

مطالعه ژئوشیمیایی و ایزوتوپی دخالت یک گوشته استنوسفری منبع مورب را در پتروژنز بازالت های جواهردشت نشان می دهد. نتیجه مطالعه حاکی از آن است که ماگمای این بازالت ها از منابع گوشته ای استنوسفری تهی شده منبع مورب با رخساره اسپینل از اعماق کمتر از ۶۰ کیلومتری و فشارهای بین ۱۵ تا ۲۰ کیلو باری نشات گرفته و در حین صعود به درجاتی با سنگهای پوسته قاره ای تحتانی و میانی آلوده شده و به همین دلیل از نظر

خصوصيات ناحيه منشاء گوشته اي بازالت هاي منطقه جواهردشت ...

- Krienitz, M.-S., Haase, K.M., Mezger ,K.,Eckardt ,V.& Shaikh-Mashail, M.A.,2006 .Magma

genesis and Crustal contamination of continental interaplate lavas in northwestern Syria. Contrib. Mineral. Petrol. 151,698-716.

- Rollinson,H.R., 1993.using Geochemical Data: Evaluation, presentation, Interpretation. Longman Scientific and Technical,England,352p.

- Rudnick, R.L., & Fountain, D.M., 1995. Nature and composition of the continental crust: A lower crustal perspective. Rev. Geophys, 33, 267-309.

- Sun, S.S. &McDonough, W.F., 1989. Magmatism in the Oceanic Basalts[A.D.Saunders & M.J.

Norry, Herausgeber], Geol. Soc. Special Publ, 42, 313-345.

- Takahashi, E., & Kushiro, I., 1983. Melting of a dry Peridotite at high pressures and Basalt magma genesis, Amer . min. 68, 859-879.

- Taylor, S.R., & McLennan, S.M., 1985. The continental crust: its composition and evolution, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 312p.

- Weaver, B.L., 1991.Trace element evidence for the origin of ocean- island basalts Geology. 19, 123-126.

- Wilson, M., 1989. Igneous petrogensis – A global tectonic approach, Unwin Hyman London, 466p.

-Zhao, J.H. & Zhou, M.F, 2007. Geochemistry of Neoproterozoic mafic intrusions in the panzhihua district (Sichuan province, SWChina): Implication for Subduction related metasomatism in the upper mantle . precam. Res., 152, 27-47.

ژئو شیمیایی و ایزوتوپی از خصوصیات منابع منشاء خود فاصله گرفته است .

منابع – نقشه زمین شناسی برگه ۱:۱۰۰۰۰ جواهرده، ۱۳۸۱. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- Bernstein, S., Kelemen, P.B., Tegner, C., kurz, M.D., Blusztajn, J., & KentBrooks, C., 1998.

Post- breakup basaltic magmatism along the East greenland tertiary rifted margin. Earth and Planetary Science Letters, 160, 845-862.

- Dungan , M.A., Lindstrom, M.M., McMilan,N.J., Moorbath,S., Hoefs ,J. and Haskin, L.A., 1986.Open system magmatic evolution of the Taos plateau volcanic field , northern new mexico I:the petrology and geochemistry of Servilleta basalt,J.Geophys.Res.91, 5999-6028

- Furman, T., 1995. Melting of metasomatized subcontinetal lithosphere: undersaturated mafic

Lavas from Rungwe , Tanzania.Contrib.Mineral.Petrol, 122,97-115.

- Green, D.H.&Ringwood, A.E, 1967. The genesis of basaltic magmas. Contrib. Mineral.

Petrol. 15, 103-190.

- Hirose, K. & Kushiro, I.,1993. Partial melting of dry Peridotites at high pressures:determination

of compositions of melts segregated from peridotite using aggregates of diamond,Earth planet.Sci.Lett. 114, 477-489.

- Hofmann, A.W., Jochum, K.P., Seufert, M. and White, W.M.,1986.Nd and Pb in Oceanic basalts, New constraints on mantle evolution Earth Planet.Sci. Lett. 90,297-317.

- Jung,c., 2003. Geochemische und Isotopen - geoschemische untersuchungen an tertiaeren

Vulkaiten der Hocheifel ein Beitrag zur Identifizierung der mantelquellen Von rift-bezogenen Vulkaniten,Dissertaion zur Erlangung des Doktorgrades Naturwissenchaften, vorgelegt dem fachbereich Geowissenschaften der philipps- universitaet Marburg.