مجله علوم دانشگاه تهران
جلد بیست و هفتم (۱۳۸۰) شماره ۱ (۳۸-۲۷)

کاربرد اثر فسیلی افیومورفا (*Ophiomorpha*) در تحلیل حوضهٔ رسوبی واحد رکشا (میوسن)، مکران، جنوب شرق ایران

نصرا له عباسی
گروه زمین شناسی، دانشکده علوم،دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
ایرج مؤمنی
گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
(دریافت: ۷۹/۲/۱۳ ؛ پذیرش: ۷۹/۵/۳۰)

چکیـده

لایه های ماسه سنگی زیر واحدهای دوم وسوم واحدرکشا (میوسن زیرین- میانی) در شرق نیک‌شهر (مکران) دارای اثرهای فسیلی *Ophiomorpha annulata* و *Ophiomorpha nodosa* بی‌شماری اند. مطالعه فراوانی تونلهای قائم (V)، مایل (I) و افقی (H) این آثار در برش های عمود بر سطوح لایه بندی و نمایش آن در مثلث VIH نشان می‌دهد که افیومورفاهای موجود عمدتاً از تونلهای افقی و قائم ترکیب یافته اند. به نظر می رسد رسوبگذاری این لایه هابصورت دوره ای بوده به نحوی که در دوره های رسوبگذاری پر انرژی تونلهای قائم ومایل در دوره های کم انرژی عمدتاً تونلهای افقی گسترش یافته اند. ماسه سنگهای زیر واحد دوم وسوم واحد رکشا که امکان درصدگیری نوع تونلها را می دادند، ده چرخهٔ تغییرات انرژی را می دهند.

واژه‌های کلیدی: *افیومورفا ، میوسن، واحد رکشا، مکران، ایران.*

مقدمه

مطالعه پیکربندی اثر فسیلی (Trace fossil)، افیومورفا (*Ophiomorpha*) در شناخت شرایط محیط رسوبگذاری حوضه‌های رسوبی دیرینه مهم و اساسی است به نحوی که این شرایط در معماری تونلهای افیومورفا مؤثرند. در مقایسه با نمونه های عهد حاضر خرچنگهای کالیاناسا (Callianassa) سازنده اصلی این اثر تلقی می‌شوند (Curran, 1994) و قدیمی‌ترین افیومورفا به سن پنسلوانین میانی از سازند مورگان (Morgan) در شمال ایالات یوتا و کلرادو گزارش شده است (Driese & Dott, 1984). در مقاله حاضر سعی بر آن است که با استفاده از ساختار اصلی افیومورفای موجود در زیر واحدهای دوم و سوم واحد رکشا، حوضهٔ رسوبگذاری آنها مورد تحلیل و تفسیر قرار گیرد. واحد رکشا به سن میوسن آغازی- میانی متعلق به کمربند رسوبات نریتیک مکران (McCall, 1985) می‌باشد و از چهار زیر واحد کم عمق شونده به طرف بالا تشکیل شده است (McCall & Eftekhar-Nezhad, 1993):

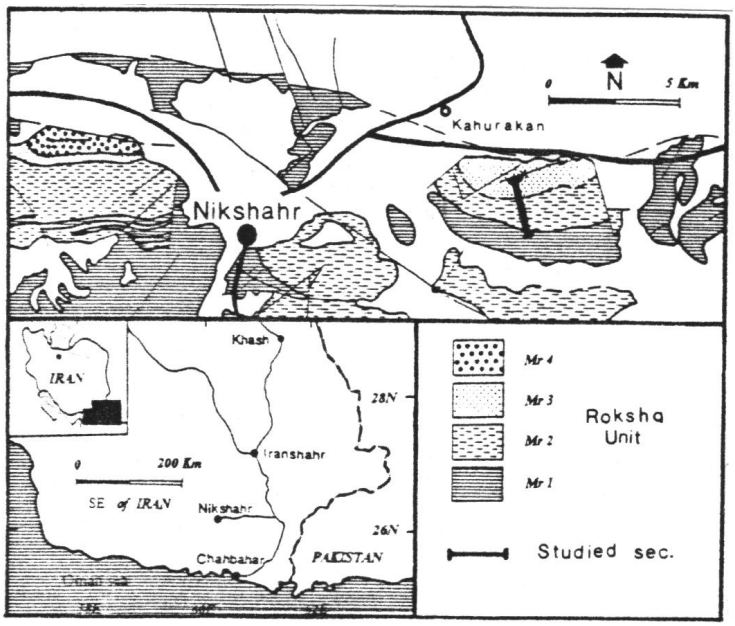
الف- رسوبات تور بیدایتی دریای عمیق (با علامت Mr1 در نقشه شکل ۱ مشخص شده است)، عمدتاً از شیل با میان لایه های نازک ماسه سنگی- سیلتستونی است.

ب- ترکیبی‌از رسوبات دریایی عمیق و کم‌عمق (Mr2) شامل تناوب ماسه سنگ و شیل می‌باشد.

ج- رسوبات دریایی کاملاً کم‌عمق (Mr3) عمدتاً ماسه سنگی با معدودی لایه‌های شیلی یا کنگلومرایی است.

د-رسوبات دریایی- رودخانه‌ای کاملاً کم‌عمق (Mr4) عمدتاً کنگلومرایی با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی‌است.

زیر واحدهای دوم وسوم واحد رکشا در دو برش چینه‌شناسی جداگانه دریال جنوبی ناودیس کهورکان (۷ کیلومتری شرق نیک‌شهر) مورد مطالعه قرار گرفتند. توالی رسوبی آنها شامل ماسه‌سنگهای سبز- خاکستری و شیل به ضخامت ۲۷۶/۲ متر (Mr2) و لایه‌های ماسه‌سنگی سبز- خاکستری ضخیم لایه به ضخامت ۴۲/۵ متر (Mr3) می‌باشد (ستون چینه‌شناسی در شکل ۷ نشان داده شده‌است).



شکل ۱- رخنمون واحد رکشا در منطقهٔ نیک‌شهر و محل برش چینه‌شناسی مطالعه شده در جنوب روستای کهورکان (برای توضیح سنگ شناسی Mr1-4 به متن مراجعه شود).

ساختمان افیومورفا

چهار چوب و ساختمان افیومورفا دارای آرایش‌های زیر می‌باشد (Frey *et. al.*, 1978) (شکل۲):

الف- تونلهای پر پیچ و خم (Maze).

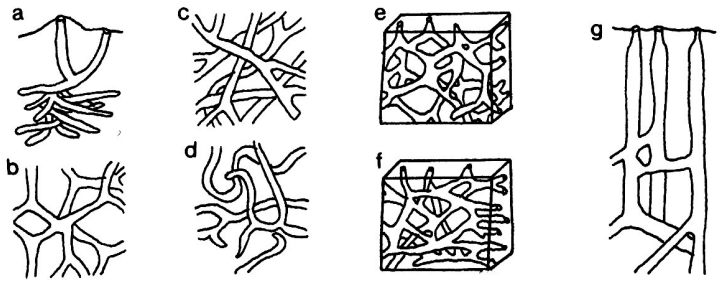
ب- تونلهای قائم و استوانه‌ای (Shaft).

ج- تونلهای به هم پیوسته و داربستی (Boxwork).

تونلهای پر پیچ و خم به دو صورت سه بعدی و دو بعدی مشاهده می‌شوند. در حالت سه بعدی دهلیز اصلی دارای تونلهای متعددی است که از طریق تونلهای قائم یا مورب (Shafts) با سطح آب- رسوب ارتباط برقرار می‌کنند که به آن تونلهای پر پیچ و خم مرتب‌شده (Tierd Maze) می‌گویند(شکل ۲a). در حالت دو بعدی تمام تونلهای پر پیچ و خم افقی بوده و به موازات سطح لایه‌بندی هستند. در این حالت بسته به میزان و نحوه آرایش تونلها، تونلها بصورت پر پیچ و خم منظم(Regular Maze)، نامنظم (Irregular Maze) و مآندری (Meander Maze) مشاهده می‌شوند (شکل ۲b, c, d). در افیومورفاهایی که آرایش داربستی دارند، همانند تونلهای پر پیچ و خم مرتب شده از طریق تونلهای قائم یا مایل با سطح

آب- رسوب ارتباط برقرار می‌کنند. با این تفاوت‌که فاقد دهلیز اصلی‌اند. دراینجا نیز افیومورفای داربستی منظم (Regular Boxwork) و نامنظم(Irregualer Boxwork) قابل تفکیک‌اند (شکل ۲e,f)، در هر دو حالت ممکن است اجزاء قائم غالب و یا نسبت مساوی شامل اجزاء افقی و قائم باشند. افیومورفاهایی که آرایش قایم دارند(Shafts) تونلهای عمودی غالب بوده که توسط تونلهای مایل یا افقی به همدیگر متصل هستند(شکل ۲g).

ساختمان افیومورفا تحت تأثیر انرژی محیط و همچنین به نرخ و ماهیت رسوبگذاری بستگی دارد (Anderson & Droser 1993, Frey *et. al.,* 1978). در محیط‌های پرانرژی اجزاء قائم و مایل فراوان‌ترند و در محیط‌های آرام تونلهای افقی غالبند. در محیط‌های پرانرژی با رسوبگذاری سریع و مداوم انتظار می‌رود که افیومورفا ساختمان داربستی داشته باشد. تونلهای دو بعدی یا مرتب شده (Tierd Maze) نشان دهندهٔ شرایط رسوبگذاری آرام و ممتد یا منقطع می‌باشند. بعلاوه در شرایط رسوبگذاری غیرعادی و ناگهانی (Episodic)، مانند رسوبگذاریهای طوفانی، تونلهای قائم منفرد، تونلهای قائم مرتبط با همدیگر و همینطور شبکه‌ای از تونلهای داربستی مشاهده می‌شوند که در تمام حالات تونلهای قائم و مورب به نسبت فراوان‌تراند

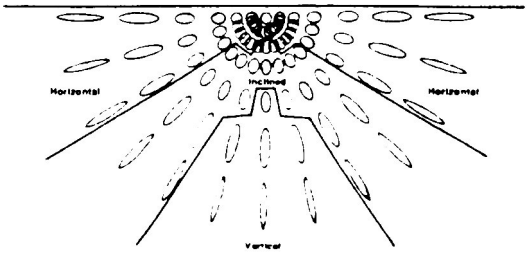


شکل۲- طبقه بندی غیر رسمی ساختار تونلهای افیومورفا (توسط Frey *et al.*, 1978 ،برای توضیحات بیشتر به متن مراجعه فرمائید).

با این وجود در مطالعات صحرایی تشخیص سه بعدی تونلهای افیومورفا کار آسانی نیست ولی در سطح عمود برسطوح لایه‌بندی، برش‌های مختلفی از باروهای قائم، مایل و یا افقی مشاهده می‌شود واز روی مقایسه برش هر تونل با نمودار راهنما می‌توان قائم بودن، مایل‌بودن و یا افقی‌بودن یک تونل را تشخیص داد (شکل۳) (Berger *et al.,* 1979).

برای اینکه بتوان فراوانی و یا گسترش تونلهای قائم (Vertical)، مایل (Inclined) و افقی (Horizontal) را نشان‌داد، می‌توان از نمودارهای مثلثی VIH استفاده نمود (Anderson, 1994). در هر دسته (Set) رسوبی با استفاده از نمودار راهنما (شکل۳) تعداد اجزاء قائم، مایل وافقی را

بدست آورده و درصد هر یک را محاسبه و در این نمودار مثلثی نمایش می‌دهند. یک دسته رسوبی می‌تواند یک لایه رسوبی یا مجموعه‌ای از لایه های رسوبی با ویژگی های مشترک (یک برش چینه شناسی، بین دو مرز رسوبگذاری مهم و...) باشد.



شکل۳- نمودار برش تونلهای قائم، مایل وافقی. شیب خط بین افقی ومایل ۳۰ درجه و بین مایل و قائم ۶۰ درجه است (Berger, *et. al.*, 1979).

افیومورفای واحدرکشا و روش مطالعه

افیومورفا یکی از آثار فسیلی مهم واحد رکشاست (Crimes & McCall, 1995). در مطالعات اخیر گونه‌های *Ophiomorpha annulata* و *Ophiomorpha nodosa* تشخیص داده شدند (عباسی، در دست تهیه). شناسایی گونه‌های افیومورفا بر اساس شکل و آرایش پلت‌های چیده شده در دیواره تونلها بعمل می‌آید . گونه *O. nodosa* دارای پلت های متراکم دیسکی شکل، تخم مرغی یا چند گوشه که بطور منظم تا بی‌نظم در دیواره تونلها چیده شده‌اند شناخته می‌شود و گونه *O. annulata* با ردیف‌هایی از پلت‌های کشیده و بیضوی شکل که بصورت حلقوی در دیواره تونلها می‌باشد (Frey *et. al.*, 1978). در مطالعات صحرایی نکات زیر در نظر گرفته شدند:

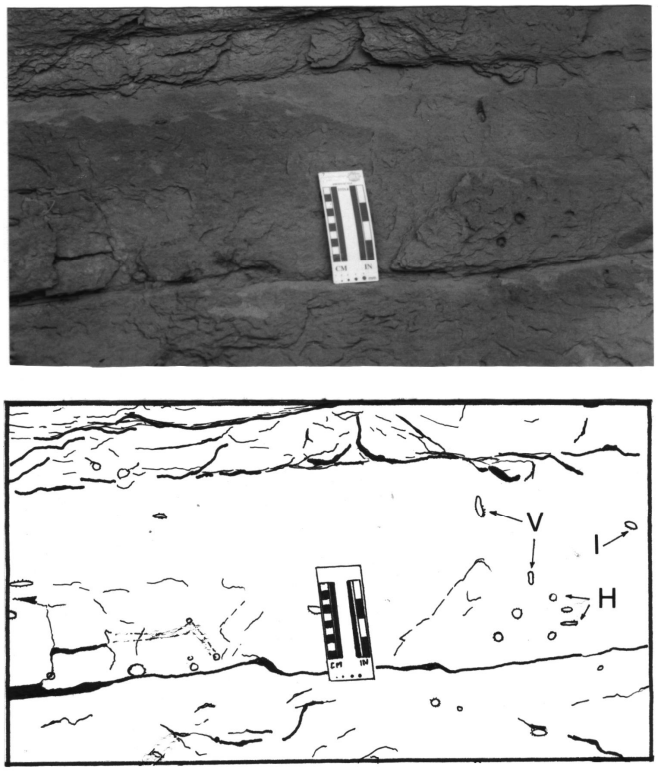
الف- رخنمونهای کاملی ازلایه ها در برش‌های عمود بر سطح لایه بندی انتخاب شدند.

ب- در اینجا هر دسته (Set) رسوبی شامل یک لایه رسوبی است که توسط سطوح لایه بندی از طبقات بالا و پائین مجزا می‌گردند.

ج- برداشتها در یک میدان دید یک متری و در ضخامت دستهٔ رسوبی (یک لایه) بعمل آمد، به عبارتی یک میدان دید برای شمارش تونلها به صورت زیر تعریف شد:

یک میدان دید = *یک متر میدان دید افقی* × *ضخامت دسته رسوبی*

د- از روی نمودار راهنمای شکل۳ اولاً قائم، مایل یا افقی بودن هر تونل تشخیص داده شد و سپس تعدا آنها در میدان دید (بند ج) شمارش و مانند شکل۴ یادداشت گردید.



شکل۴- رخنمون یک لایهٔ رسوبی دارای برش قائم از تونلهای افیومورفا، ماسه سنگهای سبزخاکستری زیر واحدسوم (Mr3)واحد رکشا.

ه- تونلهای لایه ها،در صورت وجود رخنمون کامل، لایه به لایه و بطور درجا مطالعه شدند.

و- برای نمایش تغییرات درصد تونلها بر اساس مقیاس مورد مطالعه، میانگین داده‌ها در فواصل ۵ متری محاسبه وبه همراه ستون چینه‌شناسی نمایش داده‌شدند (شکل۷).

در برخی از رخنمونهای کامل‌تر و یا در تخته سنگهای واریزه‌ای یکی از مؤلفین (عباسی، پایان نامهٔ دورهٔ دکترای) توانست ساختار سه بعدی یا دو بعدی زیر را تشخیص دهد (شکل۵):

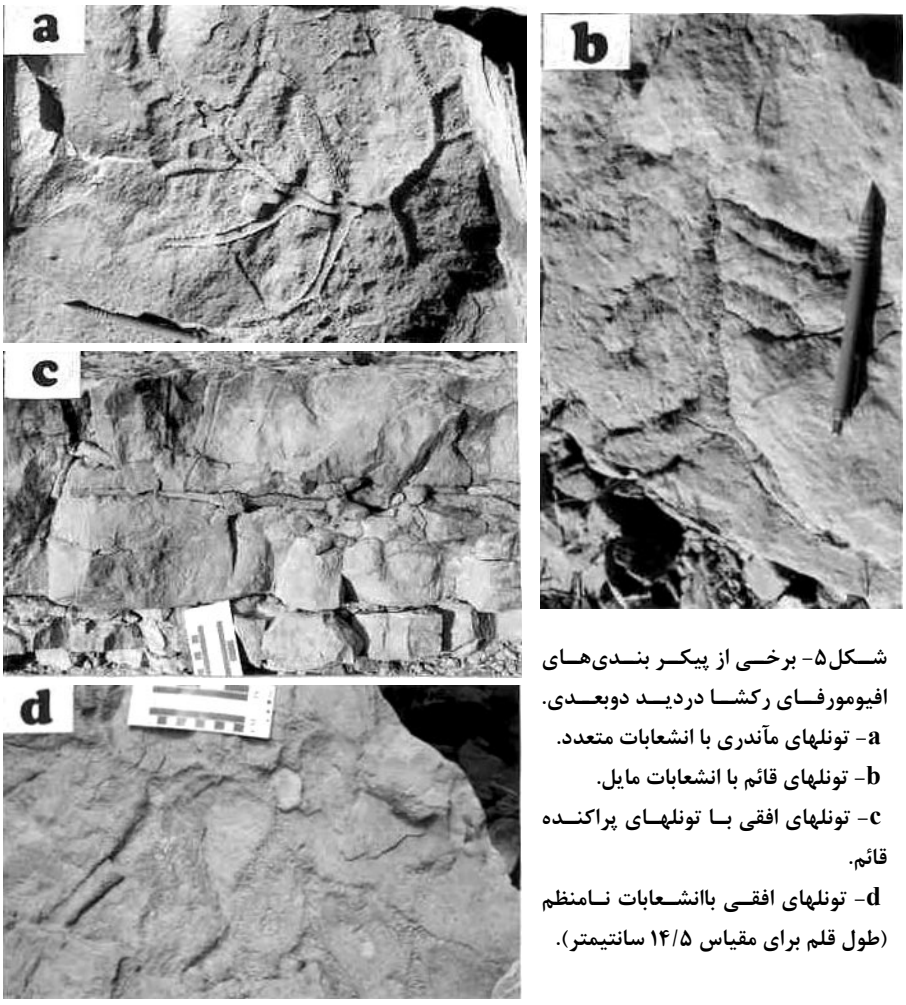
- تونلهای پر پیچ و خم مآندری با انشعابات متعدد (Meander Maze، شکل ۵a).
- تونلهای قائم با انشعابات مایل (Shaft، شکل ۵b).
-شبکه‌ای از تونلهای افقی که با فاصله دارای تونلهای قائم‌اند (مشابه Tierd Maze، شکل ۵c).
- تونلهای افقی پر پیچ و خم با انشعابات نامنظم (Irregular Maze، شکل ۵d).

با این وجود مسایلی در تشخیص دقیق برش قائم-مایل- افقی تونلها مؤثربودند:

الف- برخی از لایه ها دارای لامیناسیون بوده و با فرسایش شدید رخنمون رضایت بخشی را در برش قائم عرضه نمی‌کردند.

ب- برخی از تونلها با دیوارهٔ ناواضح با رسوبات هم رنگ و هم جنس با سنگ میزبان‌اند که تشخیص آنها را دشوار می‌نمود و ممکن بود با سایر آثار فسیلی اشتباه شودکه از شمارش آنها صرف نظر گردید.

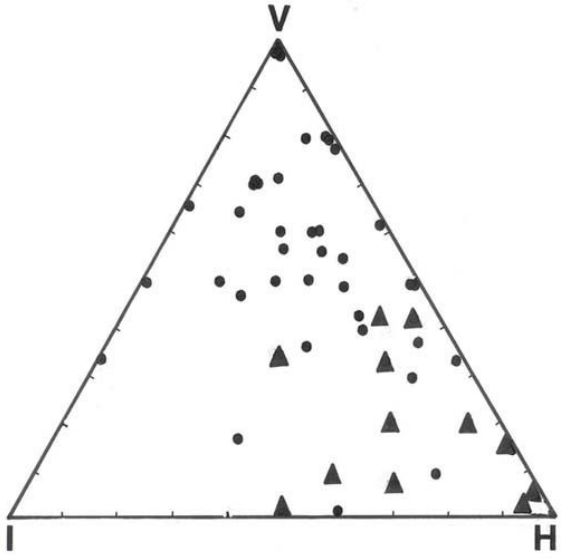
ج- ممکن بود در برخی از لایه ها تونلهایی از چشم بیافتند و شمارش نگردند فرض بر این شد که چنین اتفاقی برای تونلهای قائم، مایل وافقی بطور یکسان اتفاق افتاده است.



شکل۵- برخی از پیکر بندی‌های افیومورفای رکشا دردید دوبعدی.
a- تونلهای مآندری با انشعابات متعدد.
b- تونلهای قائم با انشعابات مایل.
c- تونلهای افقی با تونلهای پراکنده قائم.
d- تونلهای افقی باانشعابات نامنظم (طول قلم برای مقیاس ۱۴/۵ سانتیمتر).

تحلیل حوضهٔ رسوبی

بعد از شمارش و تعیین درصد تونلهای قائم، مایل وافقی هرمیدان دید، داده‌ها بر روی مثلث VIH نشان داده شدند (شکل۶). با توجه به شکل۶ متوجه می‌شویم که تونلهای افیومورفای زیرواحد دوم، اساساً به خط V-H و به رأسV متمایل‌ترند، درحالی‌که افیومورفای زیرواحد سوم عمدتاً از تونهای افقی تشکیل شده‌اند. همانطور که اشاره شد تونلهای قائم ومایل خاص محیطهای پر انرژی وتونلهای افقی مربوط به محیطهای آرام هستند (Anderson, 1994)، لذا می‌توان گفت زیرواحد دوم در یک محیط پر آشفته تر ونا آرام تر از زیرواحد سوم نهشته شده است. در هر حال بر اساس تغییرات درصد نوع تونلهای افیومورفا چرخه های (Sequences) تغییرات انرژی حوضهٔ رسوبی‌را در مقیاس مورد مطالعه به‌شرح زیر می‌توان بیان‌داشت (شکل ۷).



شکل۶- پراکندگی درصد تونلهای قائم(V)، مایل(I) و افقی(H) در مثلث VIH. هر نقطه برای یک میدان دیداست، σ برای زیر واحد سوم و ● برای زیر واحد دوم می‌باشد.

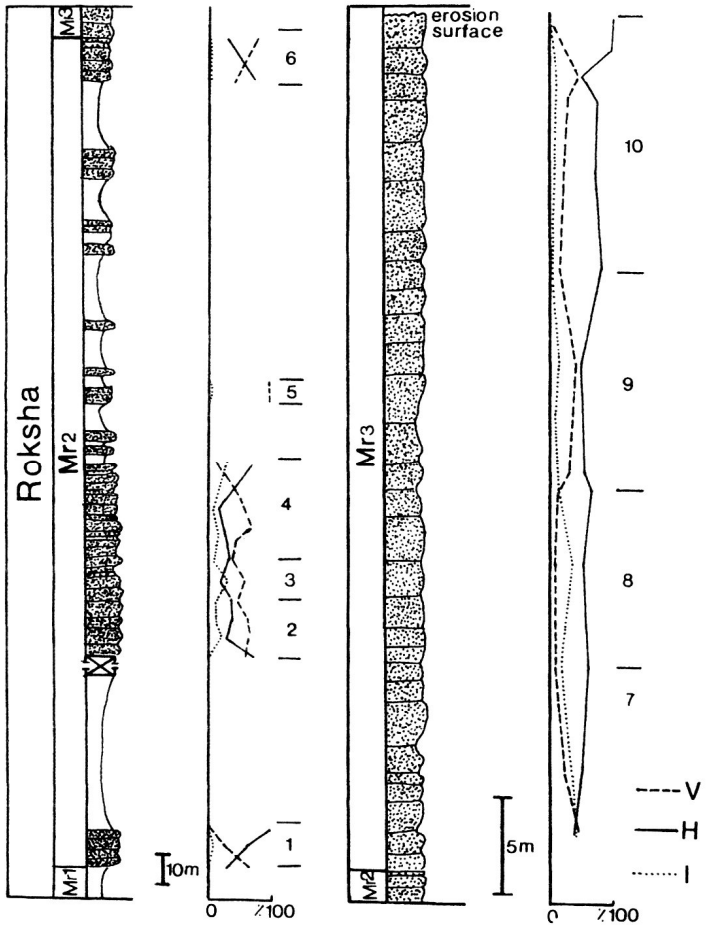
زیرواحد دوم ابتدا با لایه های ماسه سنگی ضخیم لایه به رنگ کرمی شروع می‌شود، در این لایه ها کاهش انرژی رخ داده بطوری که به تدریج از در صد تونلهای قائم ومایل کاسته شده و بر میزان تونلهای افقی افزوده می‌شود. بعد از رسوبگذاری حدود ۶۰ متر شیلهای تیره با میان لایه‌های نازک ماسه سنگی و سیلتستونی فاقد افیومورفا و به واسطهٔ حدود ۵۸ متر ماسه

سنگهای ستیغ‌ساز غیر قابل دسترس، لایه‌های ماسه‌سنگی خاکستری- سبز روشن در برگیرنده سه چرخهٔ تغییرات انرژی‌اند (چرخه‌های ۲ تا ۴، شکل۷) به نحوی که در هر یک از آنها بتدریج بر درصد تونلهای قائم یا مایل افزوده شده که حاکی از افزایش انرژی حوضه می‌باشد، سپس با کاهش انرژی حوضه بر میزان درصد تونلهای افقی افزوده می‌شود، تنها در چرخه چهارم افزایش انرژی حوضه صرفاً به صورت افزایش درصد تونلهای قائم است و تونلهای مایل همانند تونلهای افقی روند کاهش را نشان می‌دهند. میانه‌های زیر واحد دوم فاقد تونلهای افقی بوده و فقط شامل تونلهای قائم یا مایل است (چرخه۵). بالاخره افقهای رأسی زیرواحد دوم که امکان درصدگیری تونلها را می‌دهند چرخه نامتقارن ششم را بصورت افزایش انرژی حوضه نمایش می‌دهد.

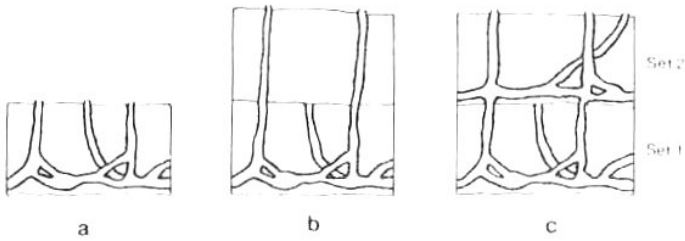
زیر واحد سوم از ماسه سنگهای ضخیم لایه به رنگ سبز- خاکستری تشکیل شده است. ابتدا با چرخه نا متقارن کاهش انرژی شروع می‌شود (چرخه۷)، سپس رسوبگذاری این زیر واحد با سه چرخه ادامه پیدا می‌کند، در چرخه هشتم انرژی حوضه با افزایش درصد تونلهای مایل همراه است.

تغییرات انرژی حوضه در چرخه نهم به آرامی صورت گرفته و بالاخره در افقهای انتهائی زیر واحد سوم افزایش انرژی حوضه بصورت چرخه دهم کاملاً مشهود است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل رسوبگذاری لایه‌های ماسه سنگی زیر واحدهای اول و دوم واحد رکشا به گونه‌ای بوده که انرژی محیط رسوبگذاری بصورت دوره‌ای بالا می‌رفته و مجدداً از انرژی آن کاسته شده‌است، به نحوی‌که در هنگام رسوبگذاری یک لایه رسوبی جدید، جانور سازنده افیومورفا ابتدا دهلیزهای قائم را تا حد اتمام رسوبگذاری ایجاد نموده تا از طرفی عمق زیستی خود را به طور ثابت حفظ نماید و از طرفی دیگر ارتباط تونلهای تحتانی با سطح آب- رسوب قطع نگردد (به بحث‌های ارائه شده توسط Tedesco & Wanless, 1991 ; Chamberlain, 1975) در Curran, 1994 مراجعه شود)، چه بسا در لایه های مورد مطالعه به مواردی برخورد می‌شد که تونلهای قائم سطوح لایه‌بندی را قطع نموده و همچنان در داخل لایه بالاتر ادامه می‌یافتند. پس از آرامش نسبی حوضه، جانور شروع به ایجاد شبکه باروهای تحتانی بصورت مایل یا افقی می‌کرده است (شکل۸). البته چنین تحلیلی حمل بر رسوبگذاری طوفانی لایه های مورد بحث نباشد چرا که هیچ مدرک رسوب شناسی دال بر طوفانی بودن آنها باشد مشاهده نشد، شاید چنین رسوبگذاری ادامه روند رسوبگذاری توربیدایتی بخشهای زیرین واحد رکشا را در لایه های ماسه سنگی زیرواحدهای دوم و سوم در یک حوضه رسوبی کاملاً کم عمق نشان می‌دهد.



شکل ۷- ستون چینه شناسی زیر واحدهای دوم و سوم واحد رکشا در برش مورد مطالعــه و تغییــرات درصد تونلهای قائم (V)، افقی (H)و مایل (I).



شکل۸- مراحل ایجاد و گسترش تونلهای قائم به همراه افقی و مایل.a- یک لایه رسوبی دارای تونلهای قائم، مایل و افقی، b- رسوبگذاری لایه جدید وادامه حفاری به سمت بالا و ایجاد تونلهای قائم جدید، c- اتمام رسوبگذاری و مرحله گسترش تونلهای تحتانی بصورت مایل یا افقی .

نتیجه گیری

برخی‌از (نه تمام) لایه‌های ماسه‌سنگی واحد رکشا امکان شمارش و درصدگیری تونلهای قائم، مایل و افقی افیومورفا را داده‌که بتوان از روی مثلث VIH به شرایط محیطی پی‌برد. به نظر می‌رسد افیومورفای واحد رکشا عمدتاً از تونلهای قائم و افقی ترکیب یافته‌اند به‌نحوی‌که در مواقع رسوبگذاری سریع و پرانرژی تونلهای قائم و مایل درمواقع آرامش تونلهای افقی گسترش یافته‌اند و این شامل ده‌چرخه رسوبی‌است.

سپاسگزاری

نگارندگان از دکتر کرایمز (Crimes) از اساتید دانشگاه لیورپول به‌خاطر همکاری صمیمانه ایشان سپاسگزارند. از داوران علمی این مقاله به خاطر تذکر نکات ارزنده متشکریم. از همکاری آقایان مهندس موسی اونق، بهروزمظاهری و هوشنگ اربابی درمطالعات صحرایی صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. از آقای علی پوریان بخاطر ماشین‌نویسی این مقاله متشکریم.

Refernces

Anderson, B.G., (1994) *A new approach to utilizing geometric configurations of* Ophiomorpha nodosa *in facies analyses: An example from the Eocene Torrey Sandstone, southern California*. G.S.A. Cordilleran Section Guidebook , TRIP 3: 60 - 63.

--- & Droser, M. L., (1993) *Variation in the geometric configurations of* Ophiomorpha nodosa *: an indicator of physical energy levels*. G.S.A. Abs. with Programs, **25**(6), 269.

Berger, W.H., Ekdale, A.A., & Bryant, P.F., (1979) *Selective preservation of burrows in deep-sea carbonates.* Marine Geol. **32**, 205 - 230.

Chamberlain, C.K., (1975) *Recent lebensspuren in nonmarine aquatic environments.* In Frey, R.W., (ed.) The Study of Trace Fossils , Springer - Verlag: 431 - 458.

Crimes,T.P. & McCall, G.J.H., (1995) *A diverse ichnofauna from Eocene-Miocene rocks of the Makran Range (S.E. Iran).* Ichnos,**3,** 231-258.

Curran, H.A., (1994) *The palaeobiology of ichnocoenoses in Quaternary , Bahamian- Style carbonate environments : the modern to fossil transition.* In Donovan, S.K., (ed.) The Palaeobiology of Trace Fossils, John Wily & Sons: 83 - 104.

Driese, S.G. & Dott, R.H. Jr., (1984) *Model for sandstone-carbonate `cyclothems` based on upper member of Morgan Formation (Middle Pennsylvanian) of northern Utah and Colorado*. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. **68**: 574 - 597.

Frey, R.W., Howard, J. D. & Pryor, W. A., (1978) Ophiomorpha *: its morphologic taxonomic and environmental significance*. Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol. **23** : 199- 229.

McCall, G.J.H., (1985) *Area report , east Iran project - area No.1 (north Makran and south Baluchestan)*. Geol. Sur. of Iran, Report, **57**: 637 (with two 1: 500000 maps).

--- & Eftekhar-Nezhad, J., (1993) *Expalanatory text of the Nikshahr quadrangle map 1:250000* . Geol. Sur. of Iran , Geol. Quad. **L14** : 301 .

عباسی، ن. (در دست تهیه) پالئو ایکنولوژی، لیتواستراتیگرافی و تفسیر حوضهٔ رسوبگذاری واحدهای رکشا و "وزیری" (میوسن) در منطقهٔ نیک شهر- قصر قند، مکران، پایان نامهٔ دورهٔ دکترای چینه شناسی و فسیل شناسی، دانشگاه شهید بهشتی.