

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه ارومیه

دانشکده علوم

گروه زمین‌شناسی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در گرایش چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی

عنوان

چینه‌شناسی مولکولی و بیومارکرهای لایه‌های لیگنیت دار نئوژن منطقه تبریز،

شمالغرب ایران

اساتید راهنما

دکتر رضا سبزی

دکتر علی اصغر ثیاب قدسی

اساتید مشاور

دکتر مهدی یزدی - دکتر مجید بغدادی

پژوهشگر

رعنا شیرینی

بهمن ۱۳۹۳

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ می‌باشد

پاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را بنمونمان شد و به همنشینی رحروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از

علم و معرفت را روزی مان ساخت

و

با پاس از سه وجود مقدس

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم

مویشتان سپید شد تا ما رو سفید شویم

و عاشقانه سوختند تا که ما بخش وجود ما و رو سنگر را بهمان باشند

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

چکیده..... ۱

فصل اول: کلیات زمین شناسی منطقه و روش مطالعه

۱-۱- مقدمه..... ۳

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۳

۳-۱- مهمترین رودهای منطقه..... ۶

۴-۱- زمین شناسی منطقه..... ۶

۱-۴-۱- کلیاتی از رسوبات منطقه..... ۶

۲-۴-۱- چینه شناسی سازندهای مجاور مقطع در منطقه..... ۷

۳-۴-۱- منطقه در تقسیم‌بندی‌های زون‌ها زمین شناسی..... ۹

۴-۴-۱- گسل تبریز..... ۱۰

۵-۴-۱- رسوبات لیگنیت‌دار تبریز..... ۱۲

۵-۱- شرایط آب و هوایی منطقه..... ۱۳

۶-۱- روش کار و انجام تحقیق..... ۱۳

۱-۶-۱- گردآوری اطلاعات..... ۱۶

۲-۶-۱- مطالعات صحرایی..... ۱۳

۳-۶-۱- مطالعات آزمایشگاهی..... ۱۴

۴-۶-۱- نتیجه‌گیری و نگارش پایان‌نامه..... ۱۵

۷-۱- پیشینه مطالعاتی..... ۱۶

۸-۱- هدف از مطالعه..... ۱۸

فصل دوم: پالئوبوتانی مقطع مورد مطالعه

- ۲-۱- مقدمه ۲۰
- ۲-۲- اهمیت پالئوبوتانی ۲۰
- ۲-۳- چگونگی بررسی فسیل های گیاهی ۲۱
- ۲-۴- معرفی فسیل های گیاهی مقطع بررسی شده ۲۲
- ۲-۴-۱- سیستماتیک ماکروفسیل های گیاهی ۲۴
- ۲-۴-۲- تفسیر اکولوژی و اقلیم دیرینه فسیل های گیاهی موجود در منطقه ۳۰

فصل سوم: نشانه های زیستی (بیومارکرها)

- ۳-۱- مقدمه ۳۴
- ۳-۲- کرین ۳۴
- ۳-۳- تولید و حفظ مواد آلی ۳۴
- ۳-۳-۱- تولید اولیه مواد آلی ۳۴
- ۳-۳-۲- تولید ثانویه مواد آلی ۳۷
- ۳-۳-۳- حفظ ماده آلی ۳۷
- ۳-۴- توده های زیستی ۳۸
- ۳-۴-۱- ترکیب توده های زیستی (باکتری، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و گیاهان عالی) ۳۸
- ۳-۴-۱-۱- پروتئین ها و کربوهیدرات ها ۳۹
- ۳-۴-۱-۲- لیپیدها ۴۱
- ۳-۴-۱-۳- لیگنین (Lignin) و تانین (Tanin) ۵۰
- ۳-۵- نشانه های زیستی و کاربرد آنها ۵۳
- ۳-۶- ساختار بیومارکرها ۵۶

- ۶۰.....۱-۶-۳ استران‌ها.
- ۶۲.....۲-۶-۳ تری‌تریپان‌ها (Triterpanes).
- ۶۳.....۳-۶-۳ ایزوپروپونوئیدهای غیرحلقوی.
- ۶۳.....۷-۳ چگونگی کاربرد نشانه‌های زیستی و سایر پارامترها در ژئوشیمی آلی.

فصل چهارم: معرفی بیومارکرهای سازند لیگنیت‌دار تبریز

- ۶۸.....۱-۴ مقدمه.
- ۶۸.....۲-۴ روش استخراج بیومارکر.
- ۶۸.....۱-۲-۴ استخراج عصاره ماده آلی به روش سوکسوله (Soxhlet Bitumen Extraction).
- ۷۰.....۲-۲-۴ آسفالت‌گیری یا رسوب آسفالتن.
- ۷۰.....۳-۲-۴ کروماتوگرافی ستونی (Column Chromatography).
- ۷۱.....۴-۲-۴ کروماتوگرافی گازی (Gas chromatography).
- ۷۲.....۵-۲-۴ کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتری جرمی (Gass Chromatography- Mass spectrometry).
- ۷۳.....۳-۴ پروتوکل آزمایشگاهی برای آماده‌سازی نمونه لیگنیت برای GC_MS.
- ۷۹.....۴-۴ برنامه دمایی دستگاه GC_MS برای آشکارسازی بیومارکرها.
- ۸۱.....۵-۴ تفسیر بیومارکرهای لیگنیت‌های تبریز.
- ۸۴.....۶-۴ تفسیر محیط زیست دیرینه سازند لیگنیت‌دار تبریز با توجه به بیومارکرهای آن.
- ۸۶.....۷-۴ پیشنهادات.
- ۸۸.....منابع.

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه..... ۴
- شکل ۱-۲: گسترش شهرک سازی در شرق باغمیسه و از بین رفتن رخنمون لایه‌های لیگنیت‌دار (دید به سمت غرب)..... ۴
- شکل ۱-۳: بخشی از نقشه زمین‌شناسی ورقه تبریز (۱۳۷۲)..... ۵
- شکل ۱-۴: بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ورقه تبریز - پلدشت ۵
- شکل ۱-۵: تصویر ماهواره‌ای از توپوگرافی منطقه (برگرفته از Google Earth)..... ۶
- شکل ۱-۶: زون‌های ساختمانی - رسوبی ایران (اشتوکلین ۱۹۶۸)..... ۱۰
- شکل ۱-۷: واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران (م. ح. نبوی ۱۳۵۵)..... ۱۰
- شکل ۱-۸: توپوگرافی آذربایجان و موقعیت گسل تبریز در منطقه..... ۱۱
- شکل ۱-۹: Prof. Maya Stefanova..... ۱۴
- شکل ۱-۱۰: Bonnie F. Jacobs..... ۱۵
- شکل ۱-۲: ستون چینه شناسی مقطع بررسی شده در منطقه باغمیسه (ارتفاعات ساری داغ)..... ۲۳
- شکل ۲-۲: جلبک Chara..... ۲۴
- شکل ۲-۳: Salix از تیره Salicaceae..... ۲۵
- شکل ۲-۴: برگ Fraxinus از تیره Oleaceae..... ۲۶
- شکل ۲-۵: برگ Elaeagnus از تیره Elaeagnaceae..... ۲۷
- شکل ۲-۶: برگ‌های فراگمیتس (Phragmites) از تیره گندمیان..... ۲۸
- شکل ۲-۷: سنبله *Trisetaria Linearis* از تیره گندمیان..... ۲۹
- شکل ۲-۸: مدل رسوبی پیشنهادی برای محیط دیرینه رسوبات لیگنیت‌دار تبریز..... ۳۲
- شکل ۳-۱: نرخ سالانه تولید اولیه در دریا و اکوسیستم های آب شیرین (Meyers, 1997)..... ۳۶
- شکل ۳-۲: تکامل کلی ماده آلی در طول رسوبگذاری و بعد از آن..... ۳۸
- شکل ۳-۳: نمونه‌های ساختمانی طبیعی آمینواسیدهای پایه‌ای یافت شده در محیط‌های زمین‌شناسی (کمالی و قربانی ، ۱۳۸۵)..... ۳۹

- شکل ۳-۴: کربوهیدرات‌های درشت مولکول (Macromolecular) ۴۰
- شکل ۳-۵: اجزای اصلی روغن و چربی در ارگانسیم‌ها ۴۲
- شکل ۳-۶: الف) ترپینولن (Terpinolen)، مونوترپن حلقوی متشکل از دو واحد ایزوپرن (ب) واحد ایزوپرن ۴۳
- شکل ۳-۷: مونوترپن‌های تشکیل شده در روغن‌های گیاهان عالی ۴۴
- شکل ۳-۸: نمونه‌هایی از دی‌ترپن‌های غالب در گیاهان عالی. الف) غیر حلقوی (ب) دو حلقه‌ای (ج) سه حلقه‌ای ۴۵
- شکل ۳-۹: اسکوالن و انواع مهم تری‌ترپن‌های ۵ حلقه‌ای که از اسکوالن منشأ می‌گیرند ۴۶
- شکل ۳-۱۰: تری‌ترپن‌های غالب در موجودات زنده که پیش‌نیاز تری‌ترپنوئیدهای فسیل هستند ۴۷
- شکل ۳-۱۱: نمونه‌هایی از ساختمان استروئیدهای غالب ۴۹
- شکل ۳-۱۲: تجمعات طبیعی اصلی مواد آلی در رسوبات آبی طی دوران زمین‌شناسی ۵۲
- شکل ۳-۱۳: ورود مواد آلی گیاهان به حوضه و تشکیل بیومارکرها در رسوبات (Hautevelle et al., 2006) ۵۵
- شکل ۳-۱۴: ساختمان مولکولی هوپان ۵۶
- شکل ۳-۱۵: سیستم شماره‌گذاری استران‌ها و تری‌ترپان‌ها ۵۷
- شکل ۳-۱۶: دو هوپان که تفاوت آن‌ها در نبود یک گروه متیل است ۵۸
- شکل ۳-۱۷: ساختمان دو هوپان توسعه یافته که به وسیله 22R و 22S نشان داده شده است ۵۹
- شکل ۳-۱۸: ساختمان مولکولی برخی از استروئول‌های مهم در موجودات فتوسنتزکننده ۶۱
- شکل ۳-۱۹: ساختمانی تعدادی از هوپانها (Hunt, 1996) ۶۲
- شکل ۳-۲۰: شکل ساختمانی پرستان و فیتان ۶۴
- شکل ۴-۱: قسمت‌های مختلف دستگاه سوکسوله ۶۹
- شکل ۴-۲: مسیرهای حرکت حلال و آب در دستگاه سوکسوله ۶۹
- شکل ۴-۳: ستون آماده شده برای قرارگیری نمونه در قسمت فوقانی آن (orgchem.colorado.edu) ۷۱
- شکل ۴-۴: تصویر دستگاه کروماتوگرافی گازی (www.wikipedia.org) ۷۲
- شکل ۴-۵: تصویر دستگاه GC-MS (آزمایشگاه پژوهشکده زیست‌فناوری دانشگاه ارومیه - پردیس دانشگاهی) ۷۳
- شکل ۴-۶: نمونه لیگنیتی از رگه‌های لیگنیت ارتفاعات ساری داغ باغمیشه ۷۴
- شکل ۴-۷: سوکسوله ۲۰ گرم نمونه با ۵۰۰ ml حلال بنزن - اتانول (۱:۱) ۷۵

- شکل ۴-۸: صاف کردن حلال سوکسوله با کاغذ صافی واتمن برای جدا کردن نمونه از حلال. ۷۵.....
- شکل ۴-۹: حلال پرانی حلال سوکسوله با دستگاه Rotary evaporator. ۷۶.....
- شکل ۴-۱۰: بدست آمدن بیتومن در انتهای حلال پرانی حلال مربوط به سوکسوله. ۷۶.....
- شکل ۴-۱۱: قرارگیری نمونه حل شده در کلروفرم در حمام یخ برای آسفالت گیری. ۷۶.....
- شکل ۴-۱۲: جدا شدن آسفالت. ۷۷.....
- شکل ۴-۱۳: جدایش آسفالتن ها روی کاغذ صافی واتمن بعد از صاف کردن. ۷۷.....
- شکل ۴-۱۴: حلال پرانی n- هگزان بعد از صاف کردن آسفالت ها. ۷۷.....
- شکل ۴-۱۵: آماده سازی ستون سیلیکاژل برای جداسازی بخش های مختلف نمونه. ۷۸.....
- شکل ۴-۱۶: شستشوی ستون سیلیکاژل با حلال ها. ۷۸.....
- شکل ۴-۱۷: (a) بخش اول (بخش الیفاتیک و آلکان ها) ، (b) بخش دوم (بخش آروماتیک). ۷۹.....
- شکل ۴-۱۸: TIC (جریان یونی کلی) دو بخش حاوی بیومارکر. ۸۰.....
- شکل ۴-۱۹: ساختار مولکولی بیومارکرهای تشخیص داده شده در سازند لیگنیت دار تبریز. ۸۱.....
- شکل ۴-۲۰: دیاژنز پنتاسیکلیک تریترپنوئیدهای گیاهان..... ۸۴.....

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: جدول سابقه مطالعاتی (برگرفته از پایان نامه حقی فرشی (۱۳۸۹))..... ۱۶.....
- جدول ۱-۳: تعدادی از پارامترهای ژئوشیمیایی همرا با کاربرد آنها..... ۶۴.....

چکیده

سازند لیگنیت‌دار تبریز به سن میوسن در محیط دریاچه‌ای تشکیل شده است. در این پایان‌نامه برای اولین بار بیومارکرهای لیگنیت‌های این سازند گزارش می‌شوند. برای استخراج بیتومن موجود در لیگنیت از روش سوکسوله (soxhlet) با حلال‌های مناسب استفاده شده است و بعد از آماده سازی‌های لازم، آشکارسازی بیومارکرها با دستگاه کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتری جرمی (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) انجام گرفت. آلکان‌های نرمال C_{18} ، C_{20} و C_{24} در بین این بیومارکرها نشانگر رسوبات کربناته تبخیری و محلولهای شور و غیراکسیدان و نشانگر منشأ باکتریایی مواد آلی است و آلکان نرمال C_{23} دلیل بر وجود جلبک‌های دریاچه‌ای است و وجود C_{18} میتواند مربوط به جلبک کاروفیت و C_{24} مربوط به واکس گیاهان عالی آواری باشد. وجود آلکان‌های شاخه‌دار C_{11} ، C_{22} و C_{28} نشانه وجود سیانوباکتری‌ها در میوسن تبریز است. کلستان (Cholestane) مربوط به گیاهان عالی، جلبک و تا حد کمی جانداران است. الثان-۱۲-ان (Oleane-12-ene) و فریدلان (Friedelane) نشانگر گیاهان گلدار و سن ترشیری این رسوبات است. بتا کاروتن (beta carotene) در بسیاری از گیاهان عالی و پست وجود دارد و توکوفرول (Tochopherol) از گیاهان و باکتری‌ها مشتق شده است. این بیومارکرها در سازند لیگنیت‌دار نشان می‌دهد که مواد آلی لیگنیت‌های این سازند مربوط به گیاهان نهانده‌ای است و بیومارکری که نشانگر گیاهان بازدانه باشد وجود ندارد.

کلیدواژه‌ها: بیومارکر، لیگنیت، منطقه تبریز، چینه شناسی مولکولی

فصل اول

کلیات زمین شناسی منطقه و روش مطالعه

۱-۱- مقدمه

حوضه تبریز در شمال غرب ایران و در زون تصادمی پلیت‌های اوراسیا و عربستان واقع شده است. پرشدگی میوسن فوقانی و پلیوسن این حوضه لایه‌های لیگنیت و لایه‌های ماهی‌دار نامیده می‌شود که می‌تواند در مورد محیط‌های نئوژن و فرآیندهایی که در زمان تکتونیک‌ها و ولکانیسم‌های شدید وجود داشته است، مفاهیم دقیقی بوجود آورد (Reichenbacher et al., 2011). حوضه نئوژن تبریز بخشی از سیستم گسل امتدادلغز است که طی میوسن فوقانی بین پلیت‌های در حال تصادم عربی و اوراسیا توسعه یافته است (Mckenzie, 1972; Axen et al., 2001; Allen, 2004). امروزه حوضه تبریز یک حوضه بین‌کوهی^۱ است که از طرف شمال و شمال غرب با رسوبات آواری قاره‌ای سازند قرمز فوقانی^۲، در حال حاضر به سن میوسن میانی و فوقانی، و از طرف جنوب به آتشفشان سهند (12 Ma -140.000a) محدود می‌شود (Gansser, 1995; Fisher, 1968; Moein Vaziri and Amin Sobhani, 1977; Moein Vaziri, 1999). این حوضه از سمت غرب به زمین‌های پست دریاچه ارومیه، یک دریاچه بسیار شور با منشأ محلول‌های نمکی تبخیری‌های میوسن، باز می‌شود (Schweizer, 1975). ریشناخر و همکارانش در سال ۲۰۱۱ بررسی‌های اثر شکافت اتمی^۳ را روی لایه‌های ماهی‌دار و بخش شمالی پسرانه^۴ حوضه تبریز (سازند قرمز فوقانی) انجام دادند و برای اولین بار مجموعه‌های فسیلی ماهی، استراکود و دیاتومه را از لایه‌های لیگنیت‌دار و لایه‌های ماهی‌دار ثبت کردند و مروری بر گاستروپودها و دوکفه‌ای‌های این لایه‌ها داشتند (Reichenbacher et al., 2011).

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

مقطع بررسی شده در ارتفاعات ساری داغ در نزدیکی شهرک باغمیشه تبریز و پشت شهرک مرزداران و نمایشگاه بین‌المللی با مختصات جغرافیایی $38^{\circ}02' N$ و $46^{\circ}24' E$ واقع شده است (شکل ۱-۱). گسترش شهرک باغمیشه از سمت شرق شهر تبریز و ساخت ساختمان‌ها و خیابان‌ها و شهرک‌سازی‌های صورت گرفته باعث شده است که رخنمون^۵ لایه‌های لیگنیت‌دار از بین بروند (شکل ۱-۲).

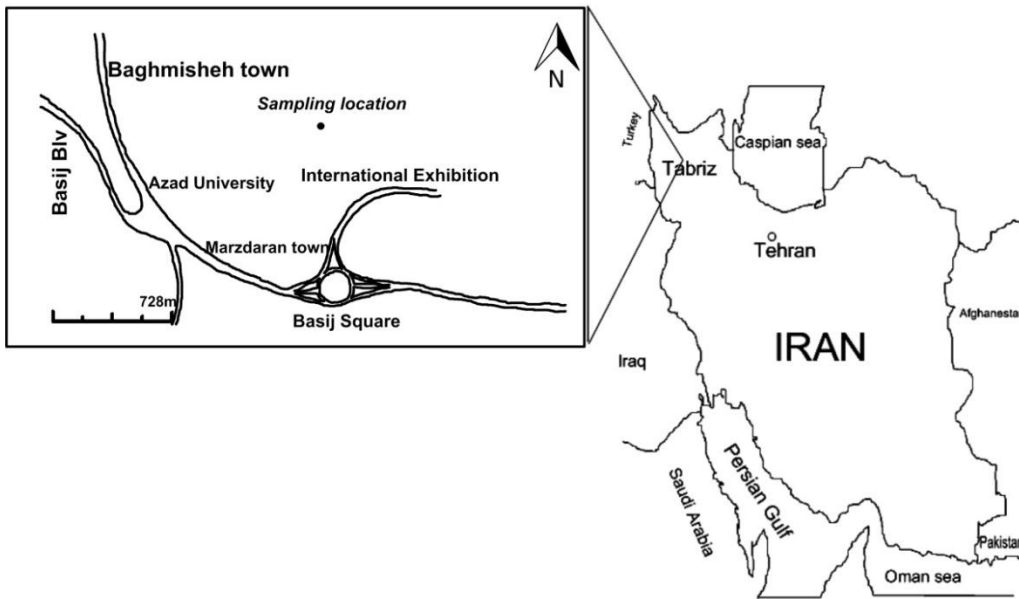
¹ Basin intramontane

² Upper Red Formation

³ Fission-track

⁴ Hinterland

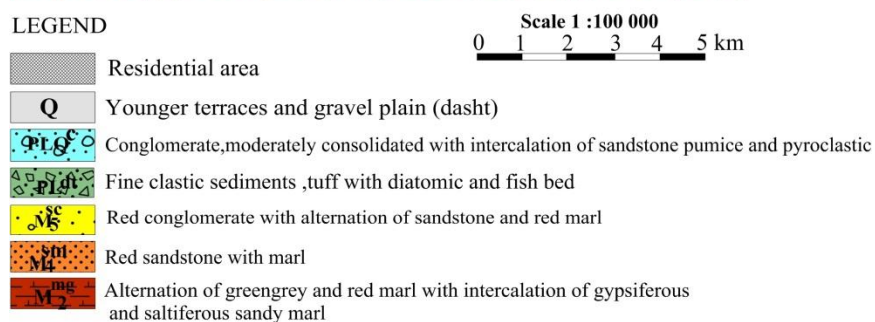
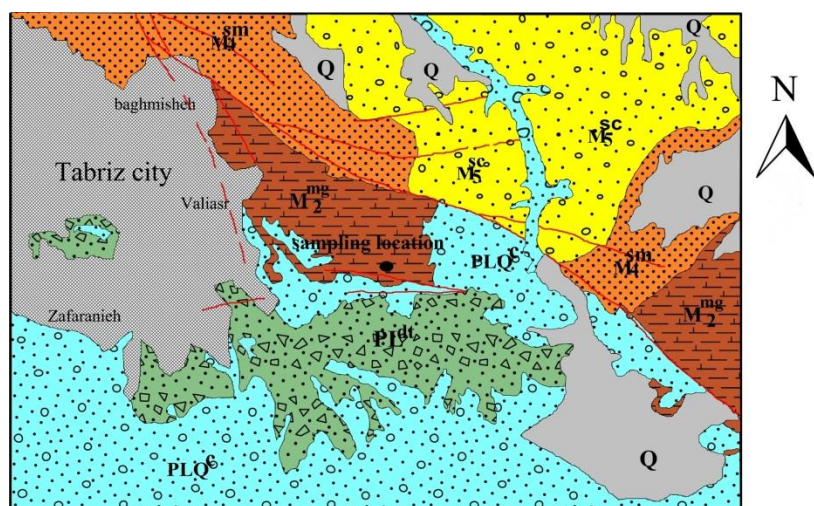
⁵ Outcrop



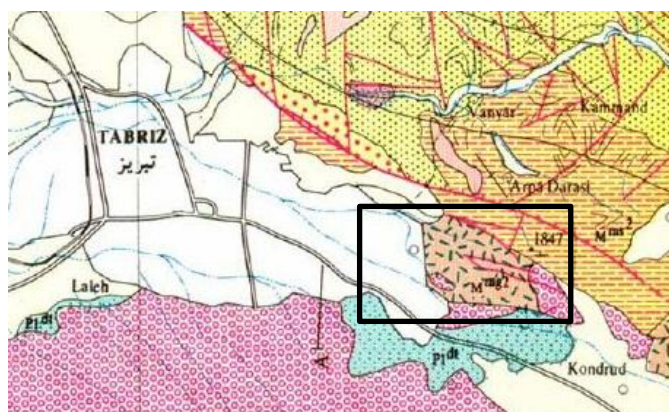
شکل ۱-۱: نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه



شکل ۱-۲: گسترش شهرک سازی در شرق باغمیشه و از بین رفتن رخنمون لایه‌های لیگنیت‌دار (دید به سمت غرب)



شکل ۱-۳: بخشی از نقشه زمین‌شناسی ورقه تبریز (۱۳۷۲) که رسوبات لیگنیت‌دار در آن با علامت M_2^{mg} مشخص شده است. این نقشه برای وضوح بیشتر با نرم‌افزار سورفر از روی نقشه اصلی رسم شده است.



شکل ۱-۴: بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ورقه تبریز-پلدشت (۱۳۷۰) که رسوبات لیگنیت‌دار تبریز در آن با علامت M_2^{mg} مشخص شده است.

۱-۳- مهم‌ترین رودهای منطقه

ارتفاعات عینالی در شمال و شمالغرب منطقه با حداکثر ارتفاع ۱۹۰۲ متر قرار دارد. بارش چای (رود بارنج) در نزدیکی مقطع قرار دارد که به میدان چای (مهران رود) در داخل شهر تبریز متصل شده که آن هم به آجی چای در شمال شهر تبریز می‌پیوندد. رودخانه آجی چای بعد از پیمودن مسافتی و گذشتن از دشت تبریز، در نهایت به دریاچه ارومیه می‌رسد که متأسفانه در حال حاضر خشک شده‌اند (حق‌فرشی، ۱۳۸۹).



شکل ۱-۵: تصویر ماهواره‌ای از توپوگرافی منطقه (برگرفته از Google Earth)

۱-۴- زمین‌شناسی منطقه

۱-۴-۱- کلیاتی از رسوبات منطقه

سنگ آهک‌ها و مارن‌های میوسن زیرین تتیسی سازند قم در شمال‌غرب و شرق شهر تبریز و در جزایر دریاچه ارومیه دیده می‌شوند که نشان می‌دهد که منطقه کنونی حوضه تبریز بعد از میوسن زیرین بخشی از تتیس بوده است (Rieben, 1935; Stöcklin, 1977; Davoudzadeh et al., 1977). به دنبال پسروی دریای قم، یک دوره رسوبگذاری قاره‌ای در شمال‌غرب، ایران مرکزی و آذربایجان وجود داشته است، که این رسوبات توسط ریبن (۱۹۳۵)، سازند gypso-salifère و توسط مولفان بعدی، سازند قرمز فوقانی نام گرفت. در شمال‌غرب ایران، سازند قرمز فوقانی بیش از ۲۰۰۰ متر ضخامت دارد و سن آن میوسن

میانی یا میوسن میانی تا فوقانی است (Davoudzadeh et al., 1997; Allen, 2004; Sen and Purabrishemi, 2010;)
 Kelts and (Mirzaie Ataabadi et al., in press). گسل تبریز باعث تشکیل حوضه تبریز در میوسن فوقانی شده است
 (Shahrabi, 1986). پرشدگی حوضه نئوژن از پایین به بالا از لایه‌های لیگنیت و لایه‌های ماهی تشکیل شده است که لایه‌های
 ماهی با کنگلومراهای آبرفتی کواترنری پوشیده شده است (Rieben, 1935). لایه‌های لیگنیت و لایه‌های ماهی دار نشانگر محیط
 دریایچه‌ای و باتلاقی با میان‌لایه‌های خاکسترها و توف‌های ولکانیکی هستند و لایه‌های لیگنیت بیشتر از ۴۰۰ متر ضخامت دارد و
 می‌تواند به یک ممبر^۱ زیرین متشکل از رس، گل‌سنگ، ماسه‌سنگ درشت دانه و کنگلومرا و یک ممبر فوقانی متشکل از گل‌سنگ،
 ماسه‌سنگ دانه‌ریز، لایه‌های کربناته نازک و لیگنیت تقسیم شود. لایه‌های ماهی‌دار بالایی ممکن است به ضخامت بیش از ۱۵۰ متر
 برسد و معمولاً از گل‌سنگ‌های توف‌دار، ماسه‌سنگ، توف و دیاتومیت تشکیل شده است. مرز بین لایه‌های لیگنیت دار و لایه-
 های ماهی‌دار با یک ناپیوستگی واضح مشخص می‌شود (Riechenbacher et al., 2011). ریین (۱۹۳۵) بیان کرد که از نظر
 سنی، لایه‌های لیگنیت‌دار متعلق به انتهای میوسن فوقانی و لایه‌های ماهی‌دار متعلق به پلیوسن است. زمانیکه به رسوبات حوضه
 تبریز توجه می‌کنیم، ضروری است که به سازند معروف میوسن فوقانی مراغه در حوضه مراغه، نزدیکی مراغه در دامنه جنوبی و
 شرقی آتشفشان سهند، تقریباً در ۷۰ کیلومتری جنوب حوضه تبریز اشاره کنیم. سازند مراغه از رسوبات زمینی^۲ آتشفشانی -
 آواری تشکیل شده است و دارای تعداد زیادی تاکسای پستانداران، پرندگان و خزندگان و محل تیپ^۳ Hipparion است. داده-
 های مربوط به سن مطلق نشان می‌دهد که رسوبات بین ۷/۰ و ۹/۵ میلیون سال تشکیل شده‌اند (Bernor, 1986). بر اساس
 ظهور دندان Hipparion در لایه‌های لیگنیت‌دار باغ‌میشه حوضه تبریز نشان می‌دهد که لایه‌های لیگنیت‌دار هم‌ارز زمانی سازند
 مراغه هستند (Rieben, 1935; Davoudzadeh et al., 1997).

۱-۴-۲- چینه‌شناسی سازندهای مجاور مقطع در منطقه

از مهمترین رسوباتی که در منطقه وجود دارند، میتوان به موارد زیر اشاره کرد که در پشت‌نویس نقشه زمین‌شناسی تبریز (۱۳۷۲)
 به طور کامل آورده شده است :

- Q (به سن کواترنری): رسوبات آبرفتی جوانی که در محل‌های پست وجود دارند و بیشتر رسی هستند و اجزای کوچکی از سنگ‌های دیگر نیز در میان این رسوبات وجود دارد. این رسوبات به دلیل داشتن کیفیت مناسب و موقعیت بهتر،

¹ Member

² Terrestrial

³ Type locality

مناطق کشاورزی را تشکیل می‌دهند.

- **PLQ^C** (به سن پلیوسن): یک سری رسوبات سیلابی هستند که به طور افقی روی واحدهای قدیمی تر قرار گرفته‌اند. شامل تناوبی از کنگلومرا با اجزای آتشفشانی، ماسه، توف و پومیس می‌باشند. این واحد در جنوب شهر تبریز و بخش میانی و شمالی گسترش دارد. اجزای سازنده کنگلومرا درهم است که با قطر چند سانتیمتر تا ۸۰ سانتیمتر در کنار هم قرار گرفته‌اند. قطعات کنگلومرا گردشگی کاملی ندارند و این امر نشان می‌دهد که فاصله زیادی از خاستگاه خود طی نکرده‌اند. ضخامت این واحد در جنوب شهر تبریز به ۷۵ متر می‌رسد.

- **PL^{dt}** (به سن پلیوسن): شامل یک سری رسوبات جوان با تناوبی از فرش سنگ، گل‌سنگ، توف، توف ماسه‌ای و لایه‌های کوارتز دیاتومیت دار می‌باشد. آثار فسیل‌های ماهی و حشرات و دوکفه‌ای‌ها در میان این رسوبات به فراوانی یافت می‌شوند. در رسوبات این واحد آثار دیاتومیت که در منطقه آق یوقوش که در جنوب شرق تبریز جای دارد، برای نخستین بار توسط آقای دکتر افتخارنژاد گزارش شده است. این رسوبات بیشتر به نام لایه‌های ماهی‌دار^۱ شهرت دارد. در برخی نقاط میان‌لایه‌های نازک آهک آب شیرین، در میان این سری رسوبات یافت می‌شود. در جنوب شرق بخش سردرود آثار فسیل‌های دو کفه‌ای بزرگ، درختان سیلیسی شده و گاستروپوهای جوان به فراوانی یافت می‌شود. رنگ عمومی رسوبات در صورت خشک بودن سفید است، ولی در حالت نمک‌دار به رنگ سبز خاکستری تبدیل می‌شود. گاهی در میان این واحد لایه‌هایی از لیگنیت و کریستوبالیت بچشم می‌خورد. گسترش این رسوبات در اطراف سهند است و در منطقه مراغه این رسوبات را سازند مراغه یا رسوبات استخوان‌دار^۲ نامیده‌اند. لایه‌های این واحد تقریباً افقی است و در برخی موارد ۵-۱۵ درجه شیب نشان می‌دهد. نمونه‌های بسیاری از این واحد گرفته شده و در بخش آزمایشگاه فسیل‌شناسی سازمان زمین‌شناسی بررسی شده‌اند که همگی سن میوسن پسین و پلیوسن را مشخص کرده‌اند. این رسوبات برابر رسوبات استخوان‌دار مراغه است و با توجه به بررسی‌های مشترک گروه ژاپنی و کارشناسان سازمان زمین‌شناسی کشور سن این رسوبات را به پونتین (pontian) نسبت داده‌اند. ضخامت این واحد در ناحیه خلعت‌پوشان به ۶۰ متر می‌رسد.

- **M₅**: این رسوبات که بخش بالایی میوسن را تشکیل می‌دهند، تناوبی از مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا برنگ قرمز است. لایه‌های کنگلومرا و ماسه‌سنگ از متوسط تا ضخیم هستند و در طول گسترش خود از غرب به شرق تغییراتی را نشان می‌دهند

¹ Fish -bed

² Bone- bed

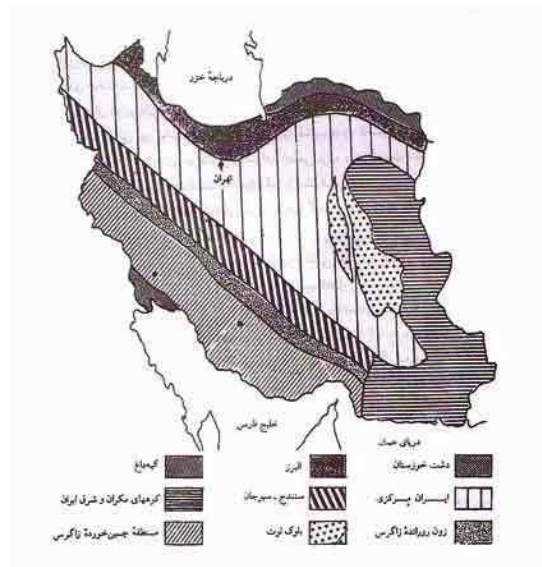
چنانکه در شمال فرودگاه تبریز و بابا باغی مقدار مارن زیاد است و لایه‌های کنگلومرایی بیشتر دارای سیمان سست از نوع ماسه و مارن می‌باشند. ولی به سوی شرق محدوده به مقدار کنگلومرا و ماسه‌سنگ افزوده شده و مقدار مارن کاهش می‌یابد، خمیر لایه-های کنگلومرایی و ماسه‌سنگی نیز آهکی می‌شود. در بخش‌های مارنی برگه‌های نازک گچ دیده می‌شود. ضخامت این واحد متغیر است و حداکثر تا ۸۵۰ متر می‌رسد.

- M_4^{sm} : این واحد شامل تناوبی از ماسه‌سنگ، شیل و مارن است و در برخی موارد لایه‌های میکروکنگلومرایی نیز در آن دیده می‌شود. آثار جورشدگی دانه‌ها و چینه‌بندی متقاطع در ابعاد بزرگ در رسوبات ماسه‌سنگی این واحد دیده می‌شود. در غرب سهند، در میان مارن‌های این واحد لایه‌هایی از آهک ماسه‌ای وجود دارد که دارای ماکروفسیل‌های دوکفه‌ای و احتمالاً "خرچنگ می‌باشد. در برخی قسمت‌ها نیز سنگ‌هایی به صورت شیل، توف و گدازه‌های خروجی از نوع تراکی آندزیت در میان‌سنگ‌های رسوبی دیده می‌شود.

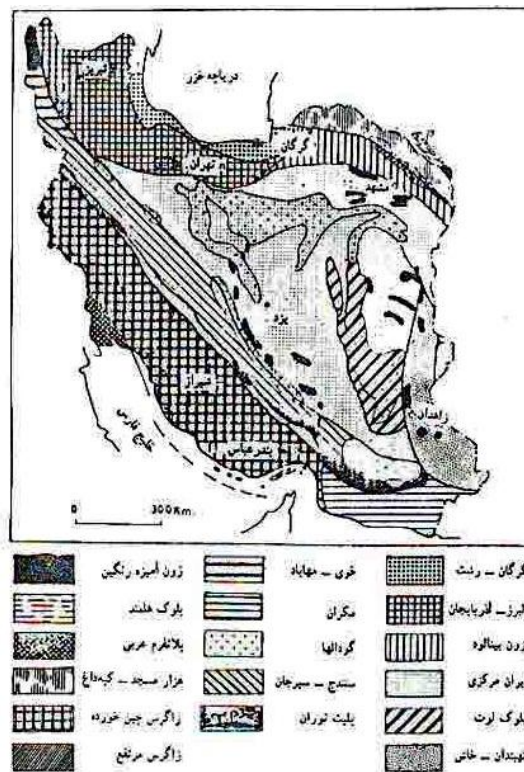
- M_2^{mg} : رسوبات شیلی مارنی به رنگ خاکستری و قرمز یا زرد با میان‌لایه‌های ماسه سنگی نازک لایه، بر روی واحد کنگلومرایی و سنگ‌آهکی جای می‌گیرد. با نگرشی بر کف حوضه میوسن، در برخی نقاط نوارهای سنگ‌آهکی ریفی و عدسی-هایی از سنگریزه را در میان این رسوبات می‌توان دید. این واحد مقادیر قابل توجهی رسوبات تبخیری بصورت گچ و نمک دارد. گنبد‌های نمکی وابسته به میوسن در حوضه تبریز همگی به این واحد وابسته‌اند. ضخامت این واحد به ۱۲۰ متر می‌رسد و بدلیل داشتن رسوبات نرم و همچنین رسوبات تبخیری گچ و نمک در حین چین خوردگی افزون بر چینهای بزرگ و مشخص، چین-خوردگی‌های کوچکی را هم در میان خود نشان می‌دهد.

۱-۴-۳- منطقه در تقسیم بندی‌های زون‌های زمین‌شناسی

اشتوکلین و روتنر (۱۹۶۸) اولین بار نقشه تکتونیک ایران را طراحی کردند و بر اساس زمین‌شناسی ساختمانی و رسوبی ایران را به نه زون تقسیم کردند. در این تقسیم‌بندی منطقه بررسی شده جزئی از ایران مرکزی است (شکل ۱-۶). م.ح. نبوی (۱۳۵۵) بر اساس مشخصات ساختمانی - رسوبی، ایران را به ۱۷ زون تقسیم کرده است که در این تقسیم‌بندی ناحیه مورد مطالعه در زون البرز- آذربایجان قرار می‌گیرد (شکل ۱-۷).



شکل ۱-۶: زون‌های ساختمانی - رسوبی ایران (اشتوکلین ۱۹۶۸)



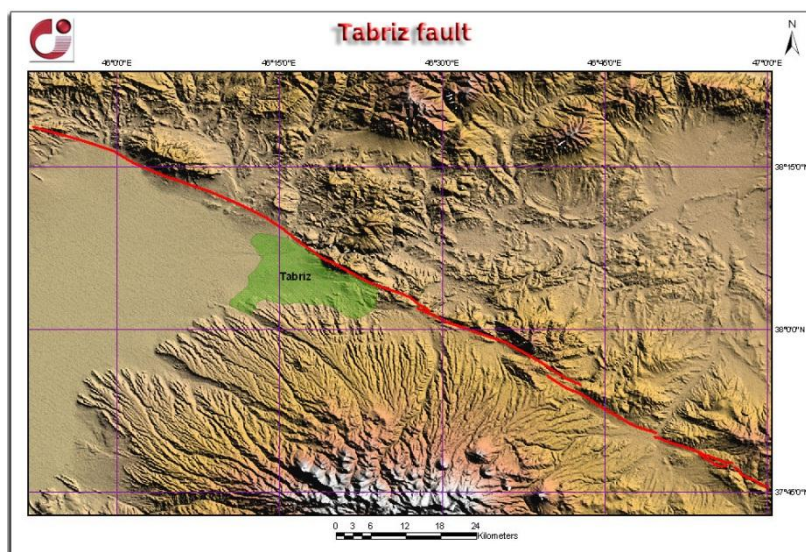
شکل ۱-۷: واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران (م. ح. نبوی ۱۳۵۵)

۱-۴-۴ - گسل تبریز

گسل تبریز مهمترین گسل منطقه است. این گسل یکی از ساختارهای خطی ایران است که در یک طول صد کیلومتری از کوههای میشو (در غرب) تا بستان‌آباد (در شرق) قابل ردیابی است. بهترین اثر آن در بلا فصل شمال تبریز دیده می‌شود به همین دلیل

گسل تبریز نام گرفته است. روند عمومی آن شمال ۱۱۵ درجه شرق و شیب آن قائم است (شکل ۱-۸). به نظر بربریان (۱۹۷۷) بخش جنوبی این گسل (دشت تبریز- صوفیان) حدود ۴۰ متر فرو افتاده است، ولی نبوی (۱۳۵۵) از مقایسه کوههای مورو و میشو به یک جابجایی راستگرد اعتقاد دارد (آقانباتی ۱۳۸۵). از صوفیان به سمت غرب این گسل پس از گذشتن از شهرستان خوی به طرف ماکو و بعد از آن به کوههای آراوات ترکیه می‌رسد. ادامه جنوب شرق آن کوههای سلطانیه در جنوب شرق زنجان است که ممکن است به گسل قم- زفره برسد (نبوی ۱۳۵۵).

افتخارنژاد (۱۹۷۵)، گسل شمال تبریز را یکی از گسل‌های قدیمی ایران می‌دارند که از فروافتادگی زنجان- ابهر، شمال تبریز، شمال غرب آذربایجان گذشته و تا قفقاز ادامه می‌یابد. در زمان دونین زیرین این گسل منطقه آذربایجان را به دو بلوک تقسیم می‌کرده است. بلوک شمال شرق فروافتاده و بلوک جنوب غرب تا پایان کربونيفر هورست بوده است. بنابراین ممکن است فعالیت این گسل از دوره دونین آغاز شده باشد، هر چند سن قدیمی تر آن محتمل می‌باشد (آقانباتی ۱۳۸۵). آخرین حرکت این گسل از نوع راستگرد می‌باشد (درویش‌زاده ۱۳۸۳).



شکل ۱-۸: توپوگرافی آذربایجان و موقعیت گسل تبریز در منطقه

حرکات گسل تبریز باعث پایین‌افتادگی بخش جنوبی و و بالاآمدگی بخش شمالی آن شده است. بیشتر گسل‌های اصلی و بزرگ منطقه راستای شمال غربی- جنوب شرقی دارند و از راستای گسل تبریز پیروی می‌کنند. در امتداد گسل تبریز گسل‌های دیگری از آن منشعب می‌شوند که حالت پرممانند دارند. گسل‌های کوچک و فرعی با امتداد مغایر با گسل‌های اصلی نیز در منطقه دیده می‌شوند، که از نظر ساختاری اهمیت چندانی ندارند. گسل‌های فرعی منشعب از گسل تبریز حتی در رسوبات جوان کواترنری