

مطالعه دیاتومها و دیاتومیت‌های نواحی آذربایجان

(تبریز ، مراغه و ممقان)

نوشته : دکتر خسرو خسروتهرانی* و دکتر معصومه سهرابی ملایوسفی**

Diatomes and Diatomites Study in Azarbayjan Region (Tabriz, Maragheh and Mameghan)

By: Dr. Kh. Khosro Khosrotehrani * & Dr. M. Sohrabi Mollayoosefy**

چکیده

دیاتومیت‌های نواحی آذربایجان نهشته‌های سیلیسی حاصل از تجمع پوسته دیاتومها هستند. در این تحقیق مطالعات سیستماتیک دیاتومها بیشتر مدنظر بوده است که پس از آماده سازی نمونه‌ها ابتدا به وسیله میکروسکوپ پلاریزان و سپس به کمک میکروسکوپ الکترونی (SEM) مطالعه و بررسی گردید. در نتیجه این مطالعات ۱۷ جنس و ۳۳ گونه از دیاتومها شناسایی، نامگذاری شده و رده‌بندی آنها ارائه گردیده است. در ضمن مشخص شد که فراوانی دیاتومهای سنترال کمتر از پنال بوده و سن نهشته‌های دیاتومیتی نیز پلیوسن تا پلیستوسن تعیین شد. مطالعه نانوفاسیس دیاتومیتها نیز نشان داد که نمونه‌های مربوط به منطقه ممقان، کیفیت بهتری دارند، ولی نمونه‌های ناحیه مراغه پیش از استفاده نیاز به فرآوری دارند. مطالعه سیستماتیک دیاتومها به روش اولترامیکروسکوپی، از نظر ریخت‌شناسی و شناخت ساختار درونی، اندازه و درصد فراوانی، کمک مؤثر و شایانی به تعیین تخلخل آنها و درجه خلوص دیاتومیتها می‌کند تا به عنوان ذخیره بارزش با قابلیت‌های مصرفی فراوان در صنایع پالایش، دارویی، بهداشتی، شیمیایی، آرایشی، عایق‌کاری و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: دیاتوم، دیاتومیت، آذربایجان، ایران

Abstract

Diatomites of Azarbayjan region are siliceous sediment formed by depositeion of diatom frustules. In this research we focused on systematics of diatoms and used polarizing and scanning electron microscope (SEM) to study the samples. Finally 17 genus and 33 species of diatoms were recognized and systematic determination of them presented. We found that the population of Centrales was less than that of Pennales and the age of the deposits determined as Late Pliocene to Pleistocene. Study of nannofacies of diatomites made it clear that the samples of Mameghan region have better quality and samples of Maragheh need more processing. Systematic study of diatoms morphology by ultramicroscope, internal structure, size and percentage abundance helped us to determine nannoporosity and the degree of Purity to use for multiple purposes such as filtration, medical, health, chemistry industries and etc...

Keywords: Diatome, Diatomite, Azerbayjan, Iran

مقدمه

دیاتومیت، نهشته سیلیسی است که از تجمع پوسته جلبکهای تک سلولی به نام دیاتوم تشکیل می شود.

نهشته های دیاتومیتهای روشن رنگ، نرم، سبک و متخلخل هستند. دیاتومیت در صنایع مختلف به عنوان صافی، مصالح ساختمانی، برای صیقلی دادن و ... کاربرد دارد.

مهم ترین نهشته های دیاتومیتهای ایران در آذربایجان شناسایی شده اند. مطالعات اولیه در مورد دیاتومیتهای در سال ۱۳۵۴ توسط سازمان زمین شناسی کشور آغاز شد. در این مطالعات و نیز تحقیقات بعدی، جنبه اقتصادی و معدنی دیاتومیتهای مورد توجه بوده است. چنانچه در مناطق جنوب تبریز، مراغه، ممقان و جنوب اردبیل، ذخایر دیاتومیتهای پر عیار و اقتصادی گزارش شده (باباخانی و خان ناظر، ۱۳۵۸؛ بهروزی و افتخارنژاد، ۱۳۶۴).

از آنجا که در تحقیقات قبلی بیشتر جنبه های اقتصادی و معدنی دیاتومیت مورد نظر بوده، در اینجا تلاش شد با مطالعه توصیفی، جنس ها و گونه های موجود در نمونه های تبریز، مراغه و ممقان براساس ریخت شناسی و اندازه آنها، در درجه اول رده بندی آنها ارائه شود. در ضمن با توجه به میزان فراوانی جنس ها و گونه های مختلف دیاتومها و میزان خردشدگی آنها، درصد تخلخل در نمونه تعیین گردید. شرح و توصیف تفصیلی همه جنس ها و گونه های تشخیص داده شده، در این مقاله نمی گنجد. بنابراین تحقیقات انجام شده که ضمناً مورد تأیید پروفیسور E.F. Stoermer از دانشگاه میشیگان قرار گرفته است بطور خلاصه ارائه می گردد.

کلیاتی در باره دیاتومها و دیاتومیتهای

دیاتومها

دیاتومها گروه بزرگی از جلبکهای میکروسکوپی تک سلولی هستند که طول آنها ۲۰۰ تا ۵ میکرون ولی در بیشتر گونه ها بین ۲۰۰ - ۲۰ میکرون است. این موجودات، در جدول رده بندی در شاخه کریسوفیتا (Phylum Chrysophyta)، رده باسیلاریوفیسه ها (Class Bacillariophyceae) و راسته باسیلاریالها (Order Bacillariales) قرار می گیرند. دیاتومها به صورت انفرادی یا جمعی زندگی می کنند و دیواره کاراپاس پوششی آنها که فروستول (Frustrule) نامیده می شود، سیلیسی است و معمولاً از دو نیمه که یکی بزرگتر و دیگری کوچکتر است (شبهه جعبه) تشکیل شده اند. کفه یا نیمه بزرگتر به نام اپی تکا (Epithecca)، کفه یا نیمه کوچکتر یا هیپوتکا (Hypotheca) را مانند یک سرپوش می پوشاند.

دیاتومیت

دیاتومیت سنگ سبکی با وزن مخصوص نمونه تازه ۱ تا ۱/۲ و نمونه خشک ۰/۵ است. معمولاً ورقه ای نرم بوده و مانند گچ تحریر روی تابلو می نویسد. گاهی نیز سخت است ولی اغلب زیر انگشتان نرم است و به راحتی در فشار انگشتان پودر می شود.

تخلخل دیاتومیتها قابل توجه بوده و تا ۸۰ درصد می رسد. همچنین ترادایی آنها بالاست. رنگ دیاتومیتها معمولاً روشن بوده و به رنگهای سفید یا خاکستری و به طور کمیاب سبز یا آبی دیده می شوند. رنگ تیره آنها به علت وجود آب (دست کم ۴۰ تا ۶۰ درصد در سنگ تازه)، رس، اکسیدهای آهن و مواد آلی قیری (کروژن) است. در صورتی که این مواد آلی از ۳ درصد کمتر باشد، رنگ دیاتومیت سفید است و اگر بین ۳ تا ۱۰ درصد باشد، به رنگ خاکستری یا متمایل به سبز و چنانچه بالاتر و به ۲۰ تا ۳۰ درصد برسد، دیاتومیت قهوه ای یا سیاه رنگ شده و به یک نوع تورب دیاتوم دار تبدیل می شود.

علت دیگر تغییر رنگ دیاتومیت، می تواند در اثر وجود فسفات آهن آبدار (ویویانیت) باشد.

دیاتومیت در اثر تماس طولانی با هوا سفید می شود زیرا کروژن یا مواد آلی آنها متصاعد و خارج می شود. دیاتومیت در طبیعت چندان فراوان نبوده و در برخی نقاط کره زمین و منحصراً در سری های متعلق به دوره نوژن یا کوآترن وجود دارد. به همین علت، مطالعات کلاسیک و پژوهش زیادی در مورد آنها به عمل نیامده است و در کتابهای زمین شناسی و حتی کتابهای سنگ شناسی، چندان به مطالعه و توصیف آنها پرداخته نشده است.

تاریخچه مطالعه دیاتومیتها و کاربرد آنها

نخستین کاربرد دیاتومیت به حدود سال ۵۳۲ میلادی در دوره امپراتوری روم قدیم باز می گردد که در ساختمان منار کلیسای سنت صوفی در قسطنطنیه وجود دارد. به گونه ای که آجرهای آن از خاک دیاتوم دار ساخته شده است. در سده نوزدهم، آلفرد نوبل نخستین مورد استفاده مهم از دیاتومیت را در صنعت مطرح کرد و برای اولین بار خاصیت جذب نیترو گلیسرین توسط خاک دیاتوم دار را برای ساختن دینامیت مورد استفاده قرار داد.

در اواخر سده نوزدهم، در آمریکا از دیاتومیت به عنوان عایق لوله ها استفاده شد. در سال ۱۸۹۹ برای اولین بار در صنعت دیاتومیت برای پالایش مایع شکر خام به کار گرفته شد.

پژوهشهای مربوط به تهیه دیاتومیت برای کارهای صنعتی، نخستین بار در سال ۱۹۱۲ در ایالات متحده آغاز شد که بعداً مصرف صنعتی دیاتومیت تقریباً در تمام کشورهای جهان متداول شد. در جنگ جهانی دوم، از

عنوان عایق در اجاق گاز، کوره‌ها و لوله‌های صنعتی و دیگر موارد مشابه نیز مصرف می‌شود.

دیاتومیت در ساخت انواع حشره‌کشها و در کودهای شیمیایی و نیز به‌عنوان یکی از اجزای مخلوط سیمان پوزولان مصرف می‌شود. همچنین در ساختن سقف‌های پیش ساخته و به‌عنوان یک ماده ساینده و نیز به کار برده می‌شود. از موارد مصرف جدید دیاتومیت در تهیه سیلیکات کلسیم مصنوعی است که با استفاده از دیاتومیت باطله و آهنک پخته به دست می‌آید. این سیلیکات‌ها دارای خواصی مشابه دیاتومیت بوده، ولی قدرت جذب بیشتری شبیه برخی از کانیهای رسی دارند (Bignot, 1981).

نهشته‌های دیاتومیتی ایران

مطالعات مقدماتی دیاتومیت‌های ایران از سال ۱۳۵۴ توسط سازمان زمین‌شناسی کشور در آذربایجان آغاز شد. براساس گزارشهای موجود، مهم‌ترین نهشته‌های دیاتومیتی نواحی آذربایجان به شرح زیر خلاصه می‌شود:

دیاتومیت‌های شمال و باختر کوه سهند

نهشته‌های دیاتومیتی این ناحیه در حوضه رسوبی میوپلیوسن نهشته شده‌اند. در این رابطه، به نظر می‌رسد که در اواخر میوسن و در ارتباط با فازهای کوهزایی جوان آلپی، پسروی دریا در این بخش از آذربایجان صورت گرفته و پس از یک دوره کوتاه فرسایشی، در اواخر میوسن در منطقه‌ای که در حال حاضر کوه سهند قرار دارد، به علت یک فروافتادگی حوضه رسوبی بسته‌ای در میوپلیوسن ایجاد شد که نواحی اطراف تبریز، شرق دریاچه ارومیه و بخشی از میانه را در برداشته است.

در شمال تبریز، رسوبات میوپلیوسن بر روی رسوبات الیگومیوسن (سازندهای قم و قرمز بالایی) قرار گرفته‌اند. اگرچه در این ناحیه همبری آنها زمین ساختی است، اما در نقاط دیگر، همبری پیش رونده رسوبات میوپلیوسن را می‌توان بر روی رسوبات الیگومیوسن مشاهده کرد.

در نخستین مطالعاتی که توسط Abich (1858) (1908), Priem (1905), de Mequenem بر روی این رسوبات انجام شده است. با جمع‌آوری فسیلهای ماهی (گونه *Brachylebias persicus*) در آنها، سن پونسین و پلیوسن زیرین به آنها داده شده است.

همین رسوبات در ناحیه ساری داغ در شمال تبریز، توسط Stehlin (1931) مطالعه شده و دو کفه‌ای‌های موجود در این ناحیه نیز سن پونسین و پلیوسن زیرین را مشخص کرده‌اند.

Riben (1936) این رسوبات را در روستای آق‌یوقوش مطالعه کرده و ضمن جمع‌آوری انواع فسیلهای ماهی سن پونسین را برای این رسوبات

خاصیت رطوبت‌پذیری دیاتومیت برای جلوگیری از زنگ زدن ماشین‌آلات جنگی استفاده شد.

در حال حاضر، ایالات متحده در تولید و مصرف دیاتومیت، دارای مقام اول و کشورهای رومانی، فرانسه و شوروی سابق در اولویت‌های بعدی قرار دارند (Bignot, 1981).

کاربردهای امروزی دیاتومیت

نیمی از پودر دیاتومیت تولید شده سالانه، به‌عنوان صافی مصرف می‌شود. بسیاری از مایعات را به دشواری می‌توان صاف کرد زیرا ذرات جامد ریز با محلول از صافی عبور کرده و ذرات درشت‌تر روی آن باقی می‌ماند و به تدریج منافذ صافی را مسدود می‌بندند. برای جلوگیری از این مشکل، پودر دیاتومیت در دو مرحله در سیستم تصفیه دارد:

در مرحله اول، محلول تمیز محتوی ذرات بسیار ریز دیاتومیت از صافی عبور داده می‌شود تا یک پوشش اولیه از پودر دیاتومیت روی صافی قرار گیرد. این پوشش ۱/۱۶ تا ۱/۸ اینچ ضخامت داشته و در هر اینچ مربع از سطح آن حدود ۲/۵۰۰/۰۰۰ مجرای مویی وجود دارد.

در مرحله دوم، کمی پودر دیاتومیت به محلولی که باید تصفیه شود افزوده می‌گردد. به محض تماس این محلول غلیظ با صافی، همه پودرها و ناخالصیهای آن گرفته می‌شود. ادامه افزایش کمی پودر به محلول صاف شونده، لایه جدیدی ایجاد می‌کند که به طور مرتب یک سطح تازه برای صافی را فراهم می‌نماید.

از دیاتومیت در صاف کردن مایعات غلیظ و گل‌آلود و مایعات با اجزای کلوئیدی نیز استفاده می‌شود. محلولهایی که به این روش توسط دیاتومیت تصفیه می‌شوند عبارتند از: آب، گلوکز، شربت‌ها، الکل، آمیوه، آب شکردار، آنتی‌بیوتیک‌ها، انواع روغن‌ها و دیگر مایعات.

دیاتومیت الک شده ریز، به‌طور وسیعی به‌عنوان روکش در مواردی مانند کاغذسازی، پلاستیک قالب‌گیری و لاستیک مصنوعی و همچنین به مقدار زیاد در رنگ‌سازی مصرف می‌شود. پودر دیاتومیت نه تنها به‌عنوان عامل تولید کشش در رنگ، به کار می‌رود، بلکه به خاطر تخلخل زیاد و وزن مخصوص کم، قدرت جذب روغن‌ها را دارد.

رسانایی ضعیف دیاتومیت، آن را به یک عایق حرارتی خوب نیز تبدیل کرده است، به گونه‌ای که آجرهای دیاتومیت را می‌توان پس از خروج از کارگاه، خشک و مصرف کرد ولی عموماً دیاتومیت را ابتدا خرد و قالب‌گیری و پس از پختن، به صورت آجر مصرف می‌کنند و یا پودر آن را با چسب‌هایی از مواد غیرآلی و رشته‌های آزیست مخلوط و از آن بلوک تهیه می‌کنند. همچنین به‌عنوان پوشش‌های عایق دور لوله‌ها و به

صنعتی (مانند صنایع کاغذسازی)، محصولات آرایشی (شامپوها و لوسیون‌ها)، روغن‌های صنعتی (وازلین، پارافین و غیره)، چسب‌ها و ژلاتین‌ها.

- از چند سال پیش نیز از دیاتومیت در کروماتوگرافی استفاده می‌شود. در ضمن علاوه بر مصرف آن در تمیز کردن و خشکشویی لباسها، در بالا بردن کیفیت مواد صنعتی مانند مرکب چاپ، رنگ سیاه سیلیس (آمیخته با کربن)، کاغذ و مقوا (با حداکثر ۱۰ درصد دیاتومیت که به ترکیب آنها اضافه می‌کنند) وضعیت چاپ بر روی آنها بهتر می‌شود.

- از دیاتومیت در مواد گندزدا، حشره کش (قرص‌های ضد حشرات) و به عنوان کاتالیزور استفاده می‌شود. در ساخت مواد پلاستیک، لینولوم و لباسهای غیر قابل نفوذ، کائوچو (که با افزایش ۲/۵ درصد دیاتومیت مقاوم تر می‌گردد)، در گل حفاری، آسفالت (پوشش جاده‌ها) در باتری سازی (جعبه و جلد باتریها)، در رنگ سازی و جلا (با افزودن حداکثر ۲۵ درصد دیاتومیت)، در مواد آرایشی (پودر، روژ لب)، در تهیه واکس، مداد پاک کن، کبریت سازی (افزودن به فسفات سرخ نوک کبریت)، در مصالح ساختمانی (آجر، سنگ فرش‌های سرامیکی)، استفاده به صورت بلوک در کوره‌های ذوب، به حالت پودر و ملات برای عایق بندی کوره‌ها، شومینه‌ها و مخازن گرم شوفاژ.

- بالاخره از دیاتومیت برای سیمان سازی و بتن نیز به میزان ۲ تا ۵ درصد استفاده می‌شود. همچنین جهت سفت و سخت و همگن شدن، الاستیسیته و چسبندگی سیمان به فلز، در بتن آرمه مصرف دارد و مقاومت شیمیایی بتن آرمه را نسبت به آب دریا و آبهای معدنی افزایش می‌دهد (Bignot, 1981).

روش مطالعه نهشته‌های دیاتومیتی

مطالعه یک نهشته دیاتومیتی را می‌توان در دو مرحله انجام داد:

۱- **مطالعه اولیه:** که شامل بررسی‌ها و مطالعات روی زمین، از جمله رنگ، وزن مخصوص، سخت شدگی، گسترش لایه‌ها، تشخیص عناصر تشکیل دهنده و نیز ناخالصیهای رسوبات دیاتومیتی است.

۲- **مطالعات تکمیلی:** که در آزمایشگاه صورت می‌گیرد و خود شامل

مراحل زیر است:

الف) مطالعه دانه‌بندی و تشخیص نسبت وزنی دانه‌ها در اندازه‌های مختلف.

تعیین نموده است. وی این ماهیها را متعلق به آب شیرین می‌داند. به نظر می‌رسد که فراوانی ماهیها در نتیجه مرگ دسته جمعی آنها در اثر فعالیتهای انفجاری سهند صورت گرفته باشد.

ارزش اقتصادی دیاتومیت‌ها

به طور کلی موارد استفاده از دیاتومیت‌ها را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

الف) کاربردها و موارد استفاده قدیمی

۱- **مصالح ساختمانی:** که به صورت آجر از برش سنگ دیاتومیت استفاده می‌شده و یا مخلوط آن با مواد دیگر به صورت مصالح ساختمانی کاربرد داشته است.

۲- **استفاده از پودر دیاتومیت:** برای صیقل دادن و تمیز و سفید کردن فلزها و سنگهای قیمتی، مرمرها و شیشه و ظروف شیشه‌ای.

۳- استفاده از پودر دیاتوم برای جذب چربیها (حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد وزن خود) و لکه گیری لباس‌ها و پارکت‌ها.

۴- **استفاده برای پانسمان:** زخمهای پوستی (آمیخته با اکسید روی)

۵- **استفاده در دینامیت سازی:** (به صورت پودر دینامیت) برای جذب نیتروگلیسرین، مایع و بی‌ثبات با نسبت ۱ (دیاتومیت) به ۳ (نیتروگلیسرین) مصرف می‌شود. این روش در سال ۱۸۶۶ توسط آلفرد نوبل کشف و در سال ۱۹۱۰ میلادی کنار گذاشته شد و از سال ۱۸۷۵ نیتروسولوز جانشین دیاتومیت گردید.

ب- کاربردهای جدیدتر دیاتومیت‌ها (Vanden Broeck 1960)

دیاتومیت‌ها پس از پردازش (کلسینه کردن)، به شکلهای زیر استفاده می‌شوند:

- مصرف صنعتی به صورت پودر و خمیر برای صیقل دادن.

- در صنایع صابون سازی و خمیر دندان.

- در تصفیه محصولات دارویی و صنعتی مانند شربت‌های قند و گلوکز، نوشابه، آب آشامیدنی و آب استخرها و دیگر نوشیدنی‌ها، داروها (آنتی بیوتیک‌ها، آنتی توکسین‌ها و سرم‌ها)، آبهای مورد مصرف کارخانجات

تجزیه شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه

نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های دیاتومیت به شرح زیر است:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
ایستگاه مراغه	59.25	0.84	0.18	—	0.13	1.26	0.54	1.05	0.22
ایستگاه ممقان	82.52	3.52	1.2	0.18	0.04	1.30	0.39	1.19	0.91

دیاتومیت مصرفی برای صافی، در ابتدا به وسیله عمل کلسینه و یا فلاکس کلسیناسیون خالص می‌شود، که برای این کار باید مقدار $Al_2O_3 + TiO_2$ کمتر از ۴ و میزان Fe_2O_3 نیز از ۴ درصد بیشتر نباشد. وزن مخصوص نمونه‌های دیاتومیتی آذربایجان بین ۲/۰۶-۲/۳۸ متغیر است.

تخلخل نمونه‌های مورد مطالعه

دیاتومیت، با توجه به درجه خلوص و میزان تخلخل مفید مصارف صنعتی مختلفی دارد. بررسی تخلخل در لایه‌های دیاتومیتی نیز همچون دیگر سنگها شامل دو بخش تخلخل بین دانه‌ای (Intergranular Porosity) و تخلخل درون دانه‌ای (Innergranular Porosity) است که برای تفکیک آنها به شرح زیر عمل شده است: ابتدا سطح طبیعی و دست نخورده‌ای از نمونه آماده شده و تصویر میکروسکوپ الکترونی آن شامل توپوگرافی سطح نانوفاسیس با توجه به تخلخل بین دانه‌ای و درون دانه‌ای با بزرگنمایی 250, 400, 500 برابر، تهیه و تصاویر مذکور با استفاده از نرم افزار QWIN 550 (آنالیز تصویری) به رایانه معرفی شد.

قابلیت این نرم افزار تفکیک رنگها و شمارش نقاط به ترتیب از کاملاً تیره، تیره - خاکستری و روشن است. از هر نمونه، دست کم ۸ سطح نانوفاسیس متفاوت اندازه گیری و تحلیل شده است. شمارش نقاط کاملاً تیره تخلخل بین دانه‌ای و شمارش نقاط خاکستری تخلخل کل (تخلخل درون دانه‌ای + تخلخل بین دانه‌ای) را نشان می‌دهد که با تفریق آنها تخلخل درون دانه‌ای نیز محاسبه می‌شود.

میانگین نتایج محاسبات به شرح زیر می‌باشد:

(ب) تعیین ترکیب شیمیایی دیاتومیت و بویژه درصد سیلیس آن.

(ج) تعیین وزن مخصوص ظاهری نمونه که با آن می‌توان مقدار ناخالصیها و همچنین نوع دیاتومیت از نظر درجه سخت شدگی را مشخص کرد. از آنجا که دیاتومیت‌های بسیار سخت به دشواری آسیاب شده و در حین آسیاب شدن ساختار اسکلت دیاتوم از بین می‌رود، لذا هر چه دیاتومیت نرم‌تر باشد، برای این منظور مطلوب‌تر است.

(د) تعیین وزن و وزن مخصوص مرطوب، این عامل نشان دهنده قابلیت جذب آب توسط نمونه نیز هست. بدیهی است هرچه ساختار صدف دیاتومها تخلخل بیشتری داشته باشد، آب بیشتری جذب می‌کند.

(ه) تعیین قابلیت تصفیه (فیلتر کردن) و رنگ مایع تصفیه شده پس از عبور از صافی دیاتومیتی.

(و) تعیین میزان pH نمونه (Kamei et al, 1977).

در اطراف مراغه این رسوبات رخساره متفاوتی دارند. (Rodler (1885) این رسوبات را مطالعه کرده و نام Bone beds مراغه را به آنها داده است. در این ناحیه، فسیلهای مهره داران (Vertebrate) فراوانی در رسوبات دیده می‌شود که سن پونسین (۹ تا ۸ میلیون سال) را به آنها داده‌اند.

وجود دیاتومیت در این رسوبات، برای اولین بار در سال ۱۳۴۸ توسط افتخارنژاد گزارش شده است.

با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی و مطالعات میکروسکوپ الکترونی که حاکی از درصد بالای SiO₂ در دیاتومیت‌های ممقان (حدود ۸۵ درصد) و همچنین تنوع گونه‌های دیاتوم است، و نیز دور ماندن از عوامل کاهنده انرژی مانند پرشدگی حفره‌ها، فشار و دگرگونی، این دیاتومیت‌ها مرغوبیت ویژه‌ای دارند. این نوع دیاتومیت می‌تواند در صنایع غذایی مانند نوشابه سازی و تصفیه روغنهای خوراکی و در کشاورزی به عنوان حامل سموم دفع آفات نباتی و در صنعت ساختمان در تهیه آجرهای دیاتومیتی سبک به خوبی مورد استفاده شود.

متخصصین چک و اسکواکی، این دیاتومیت‌ها را از بهترین نوع معرفی کرده‌اند (Research institute for ceramics, perfractories and (Non-metallic raw materiales pilsen-Czecholovakia). تجزیه شیمیایی نشان می‌دهد که دیاتومیت ممقان دارای درصد بالایی SiO₂ بوده و از دیگر اکسیدها میزان کمتری دارد (افتخار نژاد و بهروزی، ۱۳۶۴).

Division BACILLARIOPHYTA

A- Class Coscinodiscophyceae Round & Crawford in Round et al, 1990

- Order Thalassiosirales Glezer & Makarova, 1986
- Family Stephanodiscaceae Glezer & Makarova, 1986
- Genus *Cyclotella* (Kutzing) Brebisson, 1838
- Cyclotella atomus* Hustedt, 1938

- Order Melosirales Crawford, 1988
- Family Melosiraceae Kutzing, 1844
- Genus *Melosira* Agardh, 1824
- Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs, 1843

- Order Paraliales Crawford in Round et al, 1990
- Family paraliaceae Crawford, 1988
- Genus *Ellerbachia* Crawford, 1988
- Ellerbachia arenaria* (Ralfs ex Moore) Crawford, 1988

B-Class Bacillariophyceae Haeckel, 1878 emend Mann in Round et al, 1990

- Order Achnanthes Silva, 1962
- Family Achnanthesaceae Kutzing, 1844
- Genus *Achnanthes* (Bory) Ehrenberg, 1835

-*Planothidium* (*Achnanthes*) *lanceolatum* (Brebisson) Round & Bukhtiyarova, 1996

- Order Thalassiosiphysales Glezer & Makrova, 1986
- Family Catenulaceae Mereschkowsky, 1902
- Genus *Amphora* Ehrenberg, 1831
- Amphora cf. commutata* Grun, 1880
- A. ovalis* Kutzing, 1
- A. sp.* Ehrenberg, 1831

- Order Achnanthes Silva, 1962
- Family Cocconeidaceae Kutzing, 1844
- Genus *Cocconeis* (Ehr.) Grunow, 1868
- Cocconeis pediculus* Ehrenberg, 1835

- Order Cymbellales D.G. Mann, 1982
- Family Cymbellales Graville, 1833
- Genus *Cymbella* Agardh, 1830

- Order Naviculales Bessey, 1907
- Family Diploneidiaceae D.G. Mann, 1982
- Genus *Diploneis* Ehrenberg ex Cleve, 1894
- Diploneis cf. oblongella* (Naegli ex. Kutz) R. Ross, 1947
- D. sp.* Ehrenberg ex Cleve, 1894

- Order Rhopalodiales D.G. Mann, 1982
- Family Rhopalodiaceae (Karsten) Topachevskyj & Oksiyuk, 1960
- Genus *Epithemia* Brebisson 1838
- Epithemia turgide* (Ehrenberg) Kutzing, 1844
- E. sorex* Kutzing, 1844
- E. gibba* var. *ventricosa* (Kutz.) Grunow, 1880

میانگین	1	2	3	4	5	6
نمونه های مربوط به ایستگاه ممقان						
تخلخل کل	49.12	70.31	77.84	35.13	54.50	68.61
تخلخل درون دانه ای	38.19	61.85	71.22	25.82	46.64	60.84
تخلخل بین دانه ای	10.29	8.49	6.02	9.33	7.86	7.82

میانگین	1	2	3	4
نمونه های مربوط به ایستگاه مراغه				
تخلخل کل	65.05	88.16	50.46	74.26
تخلخل درون دانه ای	50.20	65.13	40.21	57.71
تخلخل بین دانه ای	14.85	23.03	10.25	16.55

مقایسه نانوفاسیس های مربوط به ایستگاههای مراغه و ممقان نشان می دهد که میزان تخلخل در نمونه های مراغه بیشتر است ولی خردشدگی نیز در آن بیشتر است. در صورتی که نمونه های مربوط به ایستگاه ممقان تخلخل کمتری داشته و فراوانی دیاتومها در آن کمتر است، ولی باید توجه کرد که نمونه های مذکور سالم بوده و خرد شدگی ناچیزی دارند که از این رو سطح تماس بیشتری ایجاد کرده و تخلخل مفید بیشتر آن برای مصارف صنعتی مناسب تر است. خردشدگی نمونه های مراغه و اطراف تبریز موجب مسدود شدن تخلخل می گردد که جهت مصارف صنعتی بایستی فرآوری و جدایش مکانیکی نیز در آنها انجام شود.

رده بندی دیاتومیتهای مورد مطالعه

دیاتومها، جلبک های تک سلولی هستند که به صورت انفرادی و یا جمعی زندگی می کنند. پوسته دیاتوم که فروستول نامیده می شود، از جنس سیلیس نا بلورین اوپال است. دیاتومها براساس شکل فروستول به دو گروه اصلی سنترالها (Centrales) و پنالها (Pennales) تقسیم می شوند. سنترالها، شکل دایره ای، مثلثی و یا مستطیلی داشته و عموماً دریایی و پلاژیک هستند. پنالها دارای شیار طولی V شکلی به نام راف بوده و عموماً کفزی می باشند. در پنالها سه محور تقارن axial محوری Prevalvar و Transaxial قابل تشخیص است.

فروستول دیاتوم دارای تزیینات ظریف و منافذ فراوانی است که تخلخل درون دانه ای را افزایش داده و سطح تماس وسیعی را ایجاد می کند.

با مطالعه سیستماتیک دیاتومها می توان گونه هایی با تخلخل بیشتر را مشخص کرد تا براساس فراوانی گونه های مورد نظر مصارف صنعتی پیشرفته دیاتومیت مورد توجه واقع شود. مطالعه سیستماتیک دیاتومها، زمینه بسیار مهمی برای شناخت و کاربرد آنهاست. با توجه به اینکه در زمان حاضر تاکسونهای جدیدی از دیاتومها در رده بندی قرار گرفته اند و از طرفی تا کنون مطالعه سیستماتیک آنها هنوز در ایران انجام پذیرفته است. در این تحقیق تعدادی جنس و گونه از دیاتومها شناسایی و براساس رده بندی (Round et al (1990) به شرح زیر نامگذاری شده اند.

این گونه دارای سلولهای بزرگ و سیلندری شکل است. کلنی این گونه، به صورت رشته‌های خمیده‌ای است که می‌تواند شامل ۳۰ سلول و یا بیشتر نیز باشد. کفه‌ها گرد و دایره‌ای شکل بوده و دارای علائم شعاعی هستند. سطح کفه و بخش حاشیه‌ای آن از یکدیگر کاملاً قابل تشخیص است. بخش حاشیه‌ای کفه، دارای تزیینات خطی است که با میکروسکوپ نوری نیز دیده می‌شوند. هر کدام از تزیینات در واقع مجرای هستند که از حاشیه آغاز شده و توسط منفذی به درون سلول راه می‌یابند. پهنای کفه در این گونه، ۱۳۵-۳۸ میکرون و عمق آن ۱۵-۱۰ میکرون است (محل نمونه : مراغه، زمان : پلیوسن).

- Family Achnanthaceae Kutzing, 1844
- Genus *Achnanthes* (Bory) Ehrenberg, 1835
- Planothidium* (*Achnanthes*) *lanceolatum* (Brebisson) Round & Bukhtiyarova, 1996
Pl.2 Fig.12

در این گونه، سلولها کوچک بوده و دو کفه نابرابر دارد، به گونه‌ای که منحصراً یکی از کفه‌ها دارای راف می‌باشد و کفه دیگر فاقد راف است. این گونه، معمولاً به‌طور منفرد یافت می‌شود ولی در صورت تشکیل کلنی نیز، زنجیره کوچک و کوتاهی را ایجاد می‌کند. شکل کلی کفه‌ها خطی تا سر نیزه‌ای است. فروستول در نزدیکی محور، عمود بر رأس خمیده است که به‌علت همین خمیدگی، کفه حاوی راف محدب و دیگری مقعر است. طول کفه ها ۲۰-۴ میکرون و پهنای آن ۱۵-۵ میکرون است. (محل نمونه : ممقان، زمان : پلیستوسن)

- Family Catenulaceae Mereschkowsky, 1902
- Genus *Amphora* Ehrenberg, 1831
- Amphora ovalis* Kutzing, 1844
Pl.1 Fig.5

این گونه، به صورت سلولهای منفردی است با شکل کلی بیضوی با رئوس بریده شده است. سلولها اغلب در وضعیت *Girdle view* قرار می‌گیرند. فروستول کامل این گونه را مشابه یک بخش سه تایی پره‌های پرتقال توصیف کرده‌اند (Hendey, 1964). کفه‌ها نسبت به محور رأسی نامتقارن می‌باشند به طوری که کفه در در حاشیه پشتی خمیده است. سیستم راف مرکزی نبوده و موقعیت نزدیک به مرکز دارد. منافذ نیز به صورت یک ردیفی و یا دو ردیفی هستند. از دیگر مشخصات مهم این گونه، می‌توان به تفاوت سطح کفه‌ها و حاشیه آن اشاره کرد.

- Order Eunotiales Silva, 1962
- Family Eunotiaceae Kutzing, 1844
- Genus *Eunotia* Ehrenberg, 1837
- Eunotia* cf. *minor* (Kutzing) Grunow, 1880
- E. exigua* (Brebisson) Rabenhorst, 1864

- Order Bacillariales Hendey, 1937
- Family Bacillariales Ehrenberg, 1831
- Genus *Hantzchia* Grunow, 1880
- Hantzchia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow, 1880

- Order Naviculales Bessey, 1907
- Family Naviculaceae Kutzing, 1844
- Genus *Navicula* Bory de St. Vincent, 1822
- Navicula* cf. *accomada* Hustedt, 1950
- N. bicapitata* (Lagerstedt) Grunow, 1880
- N. major* Kutzing, 1844
- N. lagerstedt* Cleve, 1894
- N. tripunctata* var. *Schizonemoides* (O.F. Muller) Bory, 1822
- N. halophila* (Grun) Harris & Eberle, 2001
- N. cincta* (Ehr.) Ralfs, 1843
- N. directata* (W. Smith) Ralfs, 1843
- N. amphibola* Cleve, 1894

- Order Bacillariales Hendy, 1937
- Family Bacillariaceae Ehrenberg, 1937
- Genus *Nitzschia* Hassall, 1845
- Nitzschia* cf. *amphibia* Grunow, 1880
- N. sp.* Hassall, 1845

- Order Naviculales Bessey, 1907
- Family Pinnulariaceae Pinnularia ceae D.G. Mann, 1982
- Genus *Pinnularia* Ehrenberg, 1840
- Pinnularia sp.* Ehrenberg, 1840

- Order Rhopalodiales D.G. Mann
- Family Rhopalodiaceae (Karsten) Topachev'kyj & Oksiyuk, 1960
- Genus *Rhopalodia* Muller, 1895
- Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Muller, 1895
- R. minuscula* O. Muller, 1895

- C-Class Fragilariophyceae Round in Round et al, 1990
- Order Fragilariales silva, 1962
- Family Fragilariaceae (Graville) C.A. Agardh, 1830
- Genus *Meridion* Agardh, 1824
- Genus *Synedra* Ehrenberg, 1830

این جنس‌ها و گونه‌های که در رسوبات و لایه‌های با فسیل مهره‌داران به سن پلیوپیلتستوسن در نواحی تبریز، مراغه و ممقان یافت شده‌اند، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که توصیف مهم‌ترین آنها به شرح زیر می‌باشد:

- Family paraliaceae Crawford, 1988
- Genus *Ellerbachia* Crawford, 1988
- Ellerbachia arenaria* (Ralfs ex Moore) Crawford, 1988
Pl.1 Fig.1

این جنس عموماً بزرگ و منفرد و به ندرت به صورت کلنی یافت می‌شود. جنس *Pinnularia* sp. را ممکن است در وضعیتهای *Girdle View* و یا *Valve* مشاهده کرد. شکل کلی فروستول خطی تا بیضوی است که در قطبها کمی برآمدگی دارد. سطح کفه صاف بوده و نسبت به ناحیه حاشیه‌ای پایین‌تر است. تخطط منافذ چند ردیفی که معمولاً شکل حجره‌ای پیدا می‌کند. *Girdle* نیز دارای چند ردیف منفذ است. در این جنس سیستم راف مرکزی است. طول کفه‌ها بزرگتر از ۲۵۰ میکرون و پهناى آن از ۷ تا ۱۶ میکرون متغیر است.
(محل نمونه: ممقان، زمان: پلیستوسن)

-Family Rhopalodiaceae (Karsten) Topachev'kyj & Oksiyuk, 1960
-Genus *Rhopalodia* Muller, 1895
-*Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O.Muller, 1895
Pl.2 Fig.10

سلولها در این گونه منفرد بوده معمولاً در وضعیت *Girdle View* قرار می‌گیرند. شکل کلی فروستول خطی، سرنیزه‌ای و کم و بیش بیضوی است. فروستول نسبت به محور رأسی کاملاً نامتقارن است. تزینات عرضی (*Costae*) کاملاً مشخص و برجسته بوده و از یک حاشیه تا حاشیه دیگر امتداد دارد. منافذ ممکن است تک ردیفی و یا چند ردیفی باشند. موقعیت سیستم راف نیز نزدیک به مرکز است که در حاشیه به صورت یک زوار (*Keel*) برجسته می‌باشد. در این گونه *Girdle* پهن و توسعه یافته و دارای منافذ زیادی است. طول این گونه ۸۰-۱۵۰ میکرون و پهناى آن ۷-۱۰ میکرون است.
(محل نمونه: مراغه، زمان: پلیوسن)

نتیجه‌گیری

با مطالعه دیاتومیتهای جنوب تبریز، مراغه و ممقان ۱۷ جنس و ۳۳ گونه از دیاتومها شناسایی و نامگذاری شده اند که رده بندی آنها به تفصیل در متن مقاله آمده است. براساس این مطالعات از گروه سنترالها فقط ۳ خانواده مشاهده شده است. همان گونه می‌دانیم سنترالها دیاتومهای عموماً پلاژیک هستند. از گروه پناله‌ها نیز ۱۳ خانواده شناسایی شد. این گروه نیز عموماً کفزی هستند. به‌طور کلی بر اساس مقایسه فراوانی گونه‌های پنال و سنترال و حضور فراوان گونه‌های:

-*Eller bachia arenaria* (Ralfs ex Moore) Crawford, 1988
-*Planothidium* (*Achnanthes*) *lanceolatum* (Brebisson) Round & Bukhtiyarova, 1996
-*Diploneis oblongella* (Naegli ex.Kutz) R.Ross, 1947
-*Pinnularia* sp. Ehrenberg, 1840
-*Ropalodia gibba* (Ehr.) O.Muller, 1895
-*Ropalodia minuscula* O.Muller, 1895

همچنین ساختمان *Girdle* نیز اهمیت زیادی در تشخیص این گونه دارد. طول کفه‌ها در این گونه ۲۰-۴۰ میکرون و پهناى آن ۸-۱۰ میکرون می‌باشد. (محل نمونه: مراغه، زمان: پلیوسن)

-Family Diploneidiaceae D.G. Mann, 1982
-Genus *Diploneis* Ehrenberg ex Cleve, 1894
-*Diploneis cf. oblongella* (Naegli ex.Kutz) R.Ross, 1947
-*D. sp.* Ehrenberg ex Cleve, 1894
Pl.1 Fig.6

سلولها در این جنس منفرد بوده و معمولاً در وضعیت *Valve view* قرار می‌گیرند. شکل کلی سلولها خطی تا بیضوی است که در قطبها گرد شده‌اند. سطح کفه ممکن است صاف و یا دارای تزیناتی به موازات محور رأس باشد، ولی به‌طور کلی نمی‌توان سطح کفه را از بخش حاشیه‌ای آن مشخص کرد. در این جنس ردیف منافذ دارای شبکه پیچیده‌ای است. سیستم راف مرکزی بوده و به آسانی نیز می‌توان به وسیله میکروسکوپ نوری آن را مشخص کرد.
این جنس دارای گونه‌های زیادی است. طول کفه‌ها نیز از ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون و پهناى آن از ۶ تا ۳۵ میکرون متغیر است.
(محل نمونه: مراغه، زمان: پلیوسن)

-Family Naviculaceae Kutzing, 1844
-Genus *Navicula* Bory de St. Vincent, 1822
-*N. amphibola* Cleve, 1894
Pl.2 Fig.8

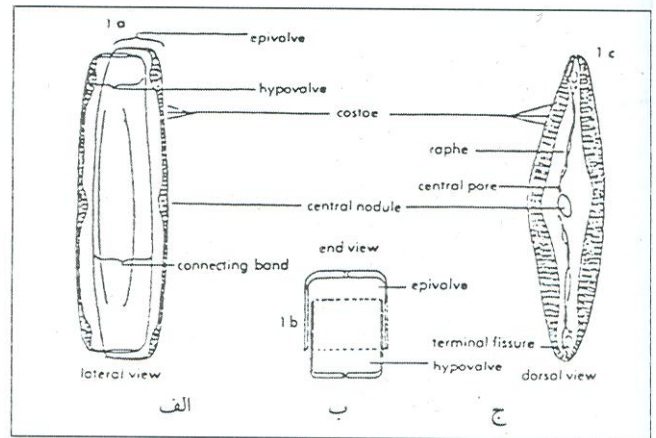
در این گونه سلولها منفرد بوده و معمولاً در وضعیت *Valve view* قرار می‌گیرند. شکل کلی فروستول بیضوی، خطی تا سرنیزه‌ای است که در قطبین C شکل و گرد شده‌ای نیز دارد. سطح کفه در این گونه صاف است ولی به سمت حاشیه کمی خم می‌شود. شکاف راف ضخیم و کاملاً مشخص است. منافذ نیز به صورت تک ردیفی و به ندرت ممکن است دو ردیفی نیز باشد. *Girdle* نیز دارای یک ردیف از منافذ بسیار ریز است. طول کفه‌ها در این گونه ۷۵-۹۰ میکرون و پهناى آن ۱۵-۱۰ میکرون است. قابل ذکر است که به‌طور کلی خانواده Naviculaceae یکی از خانواده‌های اجدادی و جامعی است که شامل گروه‌های متنوع می‌باشد، به گونه‌ای که گونه‌های نامشخص نیز در این خانواده جای می‌گیرند. (محل نمونه: مراغه، زمان: پلیوسن)

-Family Pinnulariaceae *Pinnularia* ceae D.G. Mann, 1982
-Genus *Pinnularia* Ehrenberg, 1840
-*Pinnularia sp.* Ehrenberg, 1840
Pl.2 Fig.7

دارند که علت آن فراوانی کمتر دیاتومها نسبت به نمونه‌های مراغه است. نکته قابل توجه اینکه نمونه‌های دیاتوم در دیاتومیت‌های ممقان سالم بوده و خردشدگی ناچیزی دارند. از این رو سطح تماس بیشتری ایجاد کرده و تخلخل موجود از نوع مفید است. در صورتی که در نمونه‌های دیاتومیتی مراغه، فراوانی دیاتومها بیشتر است ولی شکستگی و خرد شدگی دیاتومها موجب مسدود شدن تخلخل گردیده و در نتیجه تخلخل مفید کاهش یافته است. دیاتومیت‌های مراغه برای مصارف صنعتی باید فرآوری شوند و چنانچه ذرات کاملاً ریز از نمونه جدا شوند تخلخل مفید آن نیز افزایش می‌یابد.

که مشخصات بوم شناختی خاص و منحصری دارند می‌توان محیط تشکیل دیاتومیتها را از نوع آب شیرین، آرام و نسبتاً پایدار با جریان ملایم و ورودی تخریبی کمی دانست که دمای بالایی داشته و شرایط اندکی قلیایی نیز حاکم بوده است. عمق آب نیز با توجه به نفوذ نور برای زندگی دیاتومهای کفزی مناسب بوده است.

به‌طور کلی، اکثریت گونه‌های شناسایی شده، به جز *Amorpha* sp. همگی با شوری کم سازگاری بیشتری داشته و فراوان هستند. محاسبه تخلخل در دو بخش بین دانه‌ای و درون دانه‌ای و نیز مجموعه آنها نشان می‌دهد که نمونه‌های مربوط به ایستگاه ممقان تخلخل کمتری



شکل (۱): دیاگرام شماتیک مرفولوژی فرستول (Frustule)

دیاتومه و نمایش اجزاء آن

الف - نمای جانبی

ب - نمای انتهایی

ج - نمای پشتی

شکل ۲- نمونه هایی از نانوفاسیس مربوط به ایستگاه ممقان

شکل ۳- نمونه های نانوفاسیس مربوط به ایستگاه مراغه

Plate 1

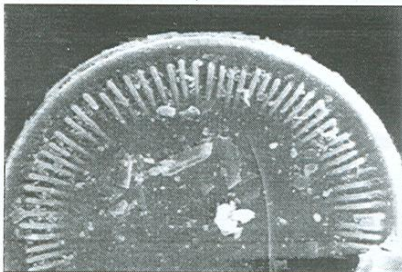


Fig. 1

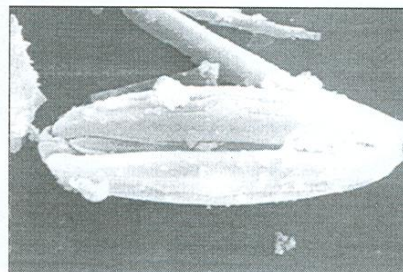


Fig. 2, 3

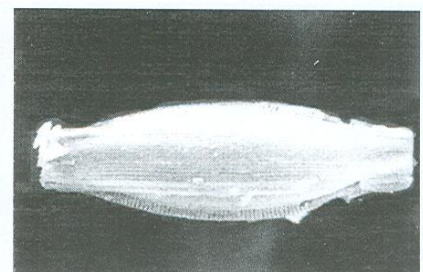


Fig. 3

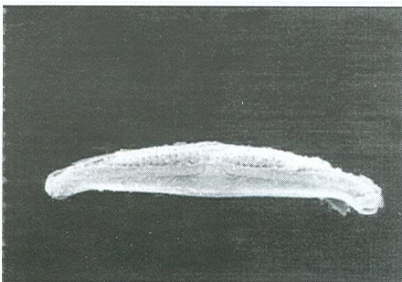


Fig. 4

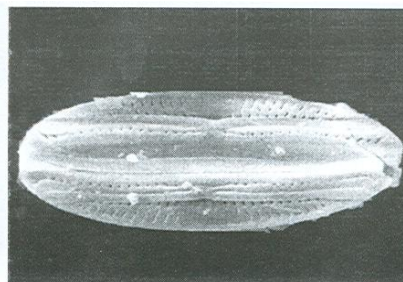


Fig. 5

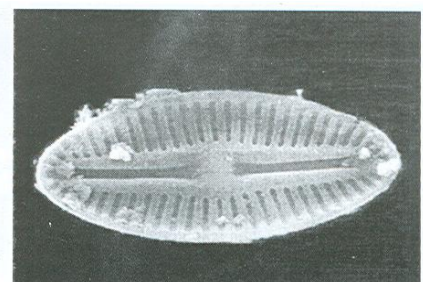


Fig. 6

- | | |
|---|-------|
| Fig. 1- <i>Ellerbachia arenaria</i> (Ralfs ex Moore) Crawford | X2000 |
| Fig. 2, 3- <i>Amphora</i> sp. Ehrenberg | X3000 |
| Fig. 4- <i>Amphora</i> sp. Ehrenberg girdle view | X3000 |
| Fig. 5- <i>Amphora ovalis</i> Ehrenberg ex Kutzling | X3000 |
| Fig. 6- <i>Diplonies</i> sp. Ehrenberg ex Cleve | X3000 |

جدول ۱- ترکیب شیمیایی دیاتومیت ممقان (اقتباس از افتخارنژاد و بهروزی ۱۳۶۴)

اکسیدها	درصد
SiO ₂	82.13
TiO ₂	0.16
Al ₂ O ₃	1.62
Fe ₂ O ₃	0.25
MgO	0.47
CaO	0.72
Na ₂ O	1.77
K ₂ O	0.43
H ₂ O ⁺	9.85
H ₂ O ⁻	2.49
جمع کل	99.89

Plate 2

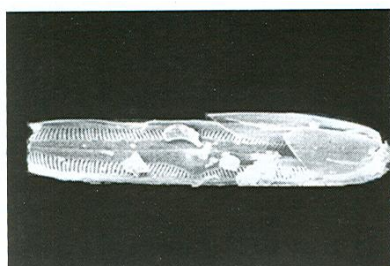


Fig.7



Fig.8

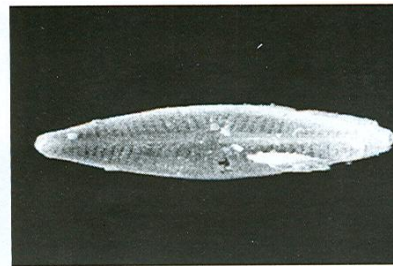


Fig.9

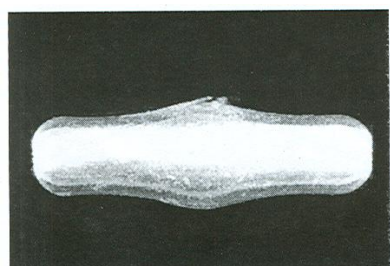


Fig.10

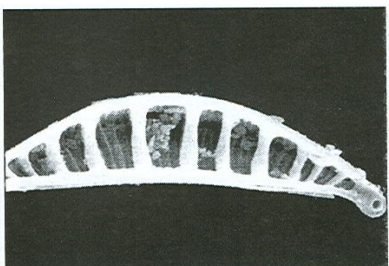


Fig.11

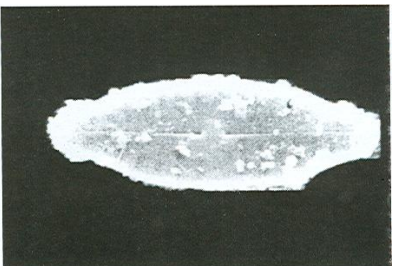


Fig.12

- Fig 7- *Pinnulteria* sp. Ehrenberg X500
 Fig 8- *Navicula amphibola* Husted X1000
 Fig 9- *Navicula* sp. Bory de St. Vincent X3000
 Fig 10- *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Muller X1000
 Fig 11- *Rhopalodia minuscula* O. Muller inter view X1000
 Fig 12- *Planthidium* (*Achnanthes*) *lanceolatum* Round & Bukhtiyarova
 exterior of raphe valve X6000

کتابنگاری

- باباخانی.ع.، حسین خان ناظر.ن.، ۱۳۵۸ - مطالعه دیاتومیت‌های جنوب اردبیل، سازمان زمین‌شناسی کشور
بهریزی.ا.، افتخار نژاد.ج.، ۱۳۶۴ - گزارش مقدماتی اکتشاف دیاتومیت در آذربایجان شرقی - تبریز، سازمان زمین‌شناسی منطقه شمال باختری کشور - مرکز
تبریز
- خسرو تهرانی.خ.، ۱۳۷۷ - میکروپالئوتولوژی کاربردی - جلد دوم، غیرفرامینیفرها، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۳۳۴
- رحمانی.ف.، ۱۳۶۴ - پروژه تحقیقاتی راجع به دیاتومیت، دانشکده علوم، دانشگاه تهران
- سجادی.ف.، ۱۳۶۷ - دیاتومه - دیاتومیت و دیاتومیت‌های ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور
- صمیمی‌نمین.م.، امینی فضل.ع.، ۱۳۶۶ - گزارش بازدید از معادن و کارخانه فرآوری دیاتومیت و آشنایی با سیستم مطالعه کیفی در کشور جمهوری ترکیه،
سازمان زمین‌شناسی منطقه شمال باختری کشور - مرکز تبریز
- وثوقی.م.، ۱۳۶۵ - دیاتومیت‌های جنوب اردبیل، پایان‌نامه فوق‌لیسانس دانشکده علوم، دانشگاه تهران

References

- Bignot, G., 1981- Les Diatomites et leurs Nannofacies. Bull. Soc. geol. Normandie et Amis Museum du Havre, t.LXVIII, fasc. 1.
- Cox, E.J., 1996- Identification of Freshwater Diatoms from live Material. Chapman & Hall, Boundary Row, London SE1 8 HN, U.K. 158 PP.
- Kamei - T. et al., 1977- A General Report of the Geological & paleontological Survey in Maraghe Arae, North West Iran, 1973. Series of Geology and mineralogy Vol.XLIII, No. ½ KYOTO.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann D.G., 1992- The Diatoms, Biology and Morphology of genera. Cambridge university Press. 747 pp.
- Van Landingham, S.L., 1967-79- Catalogue of the Fossil and Recent Genera and Species of Diatoms and their synonyms. 8 vols. Vadus: J. Cramer 4654 pp.
- Van Heurck, 1896- A Treatise on the diatoms. Reprint 1962 By WHELDON & WESLEY, LTD. And VERLAG J. CRAMER 558 PP. 35 PL.

* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

** دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر

* Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.

** Islamic Azad University, Eslam shahr Branch