

پالئولیمنولوژی دریاچه زریبار براساس ارتباط بین توزیع دانه‌های رسوبی و اجتماع گرده‌های گیاهی در هولوسن

مهران مقصودی - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

منصور جعفری‌گلو - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

قاسم عزیزی - دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

امید رحیمی* - دانشجوی دکترای جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵

چکیده

این نوشتار، ارتباط بین اجتماع گرده‌های گیاهی و اندازه رسوبی دریاچه زریبار واقع در کردستان را بررسی کرده و براساس این ارتباط، محیط دیرینه، تاریخچه گیاهی و آب و هوای دیرینه را در دوره هولوسن بازسازی می‌کند. افزایش در میزان سیلت و کاهش میزان ماسه، به همراه رسیدن گرده‌های *Quercus* به بیشترین مقدار، نبود گرده‌های *Salix* و *Fraxinus* در این دوره زمانی از هولوسن، رسیدن *Poaceae* به کمترین میزان و کاهش تدریجی در مقدار *Atriplex type* و *Artemisia herba-albat*، افزایش سطح آب دریاچه را طی ۶۸۷۰ تا ۸۹۵۰ و ۳۱۷۰۰ تا ۵۵۰۰ سال قبل، به همراه وجود شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب، افزایش بارش و افزایش در رطوبت قابل دسترس، نشان می‌دهد. مقدار بالای ذرات ماسه و کاهش در میزان سیلت همراه با درصد بالای گرده‌های گیاهی *Salix*، *Pistacia* و *Fraxinus* و کاهش مقدار گرده‌های *Quercus*، کاهش سطح آب دریاچه را طی ۵۵۰۰ تا ۶۸۷۰ و ۱۳۰۰ تا ۳۱۷۰ سال قبل، همراه با شرایط آب و هوایی گرم و خشک، کاهش در بارش‌های بهاری و رطوبت قابل دسترس نشان می‌دهد. همچنین افزایش نامنظم در میزان ماسه و کاهش نامنظم در میزان سیلت با پدیدار شدن گرده‌های *Plantago lanceolata*، وجود تغییرات نامنظم در سطح آب دریاچه زریبار در نتیجه تغییرات بارشی، سرریزهای اتفاقی دریاچه و فعالیت‌های انسانی را در اواخر هولوسن نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: آب و هوای دیرینه، اجتماع گرده‌های گیاهی، اندازه دانه‌های رسوبی، دریاچه زریبار، رسوبات دریاچه‌ای.

مقدمه

اجتماع گرده‌های گیاهی (کوتزباچ، بونان، فولی و هاریسون، ۱۹۹۶) و تعیین اندازه‌دانه‌های رسوبی (هالفمن و توماس، ۱۹۸۴؛ نورن، بیرمن، استیگ، لینی و سوتون، ۲۰۰۲)، کاربرد گسترده‌ای در مطالعات رسوبات دریاچه‌های جهان یافته است. استفاده از اجتماع گرده‌های گیاهی در رسوبات دریاچه‌ای که شاخص‌هایی از نمونه‌های پوشش گیاهی در حوضهٔ آبخیز هستند، می‌توانند پوشش گیاهی گذشته و تغییرات محیطی را بازسازی کنند. در حال حاضر بازسازی‌های کمی براساس گرده‌های گیاهی، به خوبی توسعه یافته‌اند و به روش مهمی در بازسازی کمی آب و هوای دیرینه^۱ تبدیل شده‌اند. اندازه‌دانه‌های رسوبات دریاچه‌ها، عمدتاً به‌وسیلهٔ فاصلهٔ مکان مغزه از خط ساحلی، انرژی جنبشی جریان دریاچه و منبع رسوبات کنترل می‌شود. براساس تعیین سن رسوبات دریاچه و مطالعات وان‌زیست و رایت (۱۹۶۳)، رسوبات دریاچهٔ زیربار تغییرات آب و هوایی بیشتر از ۴۰۰۰۰ سال را در خود ثبت کرده است (واسیلیکوا، ۲۰۰۶) که موضوع بررسی‌های علوم مختلف بوده و نتایج آن در چندین نشریه گزارش شده است که از میان آنها می‌توان به این موارد اشاره کرد: شیمی رسوبات (هوت چینسون و کوگ ویل، ۱۹۶۳)، ماکرو فسیل گیاهی (واسیلیکوا، ۱۹۶۷ و ۲۰۰۵؛ واسیلیکوا و والانوس، ۲۰۰۴)، دیاتومه‌ها (اسنایدر، واسیلیک، فریتز و رایت، ۲۰۰۱)، ایزوتوپ‌های پایدار (استیونس، رایت و آیتو، ۲۰۰۱)، دریاچه‌شناسی دیرینه (واسیلیکوا، ویتکوسکی، والانوس و هوتورویچ، ۲۰۰۶) و اکولوژی و تاریخ کواترنر پسین (ال. موسلیمانی، ۱۹۸۶).

لک و فیاضی (۱۳۹۰) با بررسی تغییر اقلیم هولوسن در ایران و مطالعهٔ رسوبات دریاچه‌های فوق اشباع مهارلو، ارومیه و حوض سلطان، به این نتیجه رسیده‌اند که فاز مهم خشکسالی و بیرون آمدن رسوبات دریاچهٔ مهارلو از آب، کمابیش از ۴۳۰۰ تا ۵۲۵۰ سال پیش ادامه داشته است. مدت این خشکسالی را تقریباً ۹۵۰ سال تخمین زده‌اند که پس از آن شرایط اقلیمی مرطوب بر منطقه حاکم شده است و تا ۱۸۰۰ سال پیش، که بار دیگر فاز خشکسالی آغاز شده، اما اهمیت آن به مراتب کمتر بوده است. از آن تاریخ تا کنون نیز دوره‌های خشکسالی کم‌اهمیت‌تری وجود داشته است که کل دریاچه را متأثر نکرده است. مطالعهٔ مغزه‌های دریاچهٔ حوض سلطان قم نیز حاکی از آن است که شش دورهٔ خشکسالی تا عمق دو متر مغزه‌ها، شامل اعماق ۹۶-۳۶ سانتی‌متری، ۱۲۳-۱۰۰ سانتی‌متری، ۱۳۷-۱۲۶ سانتی‌متری، ۱۶۳-۱۵۰ سانتی‌متری و ۱۸۷-۱۹۰ سانتی‌متری دیده می‌شود. همچنین مطالعهٔ مغزه‌های دریاچهٔ ارومیه نشان می‌دهد که یک دورهٔ خشکسالی عمومی در بخش انتهایی مغزه‌های بلند در عمق حدود ۶۵۰ سانتی‌متری وجود دارد که با رسوبات قاره‌ای به رنگ قرمز قهوه‌ای مشخص شده‌اند، سن تقریبی این دوره از خشکسالی حدود ۱۳۰۰۰ سال پیش است.

محمودی، یمانی، مقیمی و قربانی (۱۳۸۸) با مطالعه و بررسی نقش تغییرات اقلیمی کواترنر در تحول ژئومورفولوژیکی فروچاله‌های کارستی، ناهمواری شاهو (حد فاصل استان کردستان و کرمانشاه)، حضور فروچاله‌های کارستی از ارتفاع مشخص (۱۹۰۰ متر به بالا) و بررسی آثار و شواهد یخچالی همچون سیرک‌ها، دره‌ها و مورن‌های یخچالی و همچنین پدیده‌های مجاور یخچالی، شامل لایه‌های مختلف سولیفلکسیون در نقاط مختلف منطقه، نشان

دادند که در دوره‌های سرد پلیستوسن، از ارتفاع ۱۸۰۰ متر (مرز برف دائمی) به بالا شرایط برای توسعه انحلالی فروچاله‌های کارستی فراهم بوده است و در شرایط اقلیمی کنونی، کارست‌های منطقه تحت تأثیر تخریب شدید مکانیکی قرار دارند.

تا کنون اندازه دانه‌های رسوبی دریاچه زریبار مورد تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است و کارهای گذشته کمتر به ارتباط بین اندازه دانه‌های رسوبی و اجتماع گرده‌های گیاهی در رسوبات دریاچه‌ای پرداخته‌اند، درحالی‌که این امر می‌تواند اطلاعات مهمی را در مورد تاریخچه دریاچه و تغییرات محیطی آن آشکار کند. این نوشتار به بررسی نتایج ناشی از تغییرات میانگین اندازه ذرات و دیگر پارامترهای آماری و ارتباط آن با اجتماع گرده‌های گیاهی در مغزه‌های گرفته شده از دریاچه زریبار، به منظور پی بردن به تغییرات محیطی گذشته در دوره هولوسن پرداخته است.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

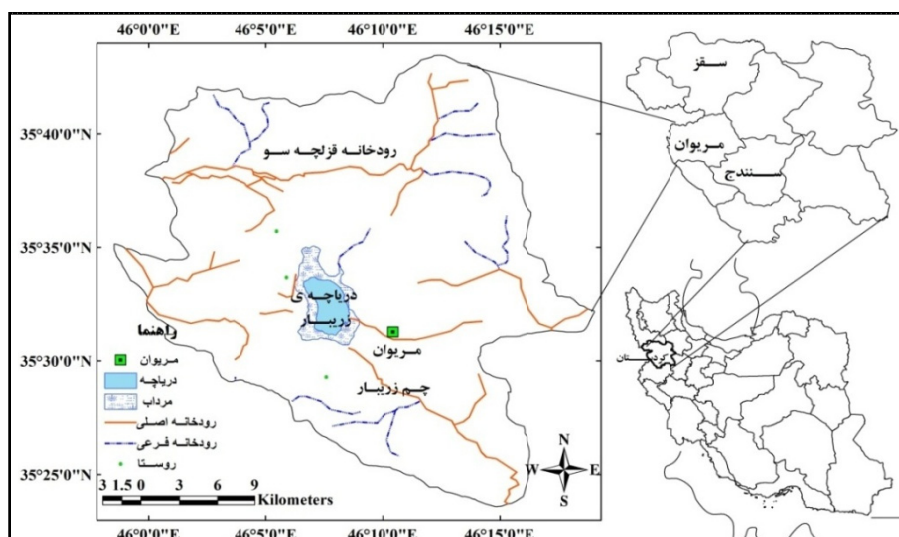
دریاچه آب شیرین زریبار (زریوار)^۱ در فاصله سه کیلومتری شمال غرب شهر مریوان، در کوه‌های زاگرس در استان کردستان واقع شده است. این دریاچه از طرف غرب به کشور عراق منتهی می‌شود و از اطراف به وسیله مخروط افکنه‌ها^۲ مسدود شده است. براساس مطالعات ترکیبات شیمیایی دریاچه (لوفلر، ۱۹۶۱) سطح الکترولیت پایین نگه داشته شده، بنابراین آب دریاچه شیرین باقی می‌ماند. اطراف دریاچه، به استثنای قسمتی از شرق را کمربندی از پوشش گیاهی باتلاقی، از جمله نی و لوئی احاطه کرده است که وسعت آن حدود ۱۲۰۰ هکتار برآورد شده است (مهندسین مشاور آسار، ۱۳۷۲) و با تعدادی چشمه کفجوش و چشمه‌های بخش غربی دریاچه و بارش، نیاز آبی این گیاهان تأمین می‌شود. این دریاچه در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۰۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۸۵ متری بالاتر از سطح دریا واقع شده است. حداکثر طول دریاچه زریوار حدود ۴/۸ کیلومتر (با رویش‌های مرتبط ۸/۷ کیلومتر) و عرض آن حدود ۲/۱ کیلومتر (با احتساب پوشش گیاهی ۴/۴ کیلومتر) است. وسعت دریاچه به دلیل تغییرات حجم آبی در فصول مختلف، متغیر و سطح دریاچه در شرایط طبیعی حدود ۸۳۰ هکتار و حداکثر ژرفای امروزی دریاچه ۵ تا ۶ متر است. براساس مطالعات وان‌زیست و رایت (۱۹۶۳)، این دریاچه بیش از ۴۰ متر رسوب دارد. بررسی‌های سن‌سنجی (وان‌زیست و بوتیما، ۱۹۷۷) به روش کربن ۱۴ و مطالعه روی ماکرو فسیل‌هایی مانند، دیاتومه‌ها (اسنایدر، واسیلیک، فریتز و رایت، ۲۰۰۱) و نرم‌تنان (واسیلیکا، ۱۹۶۷ و ۲۰۰۵ و واسیلیکا و والانوس، ۲۰۰۴) نشان داده است که این دریاچه کمابیش ۴۲۰۰۰ سال قبل در شرایط آب و هوایی سرد تشکیل شده است. از نظر ویژگی‌های آب و هوایی، تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سردی دارد. میانگین سالانه دما و بارش، به ترتیب ۸/۱۲ درجه سانتی‌گراد و ۸۸۷/۴ میلی‌متر با تعداد ۹۹ روز یخبندان در سال گزارش شده است. از نظر زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، دریاچه زریبار در بخش مرکزی یک فروافتادگی جای گرفته که این فروافتادگی را می‌توان به‌طور قطعی یک فروزمین^۳ نامید. این

۱. به کردی: Zrêbar , Zrêwar

2. Alluvial Fans

3. Graben

فرونشست محلی به نسبت باریک، در زون سندج - سیرجان تشکیل شده که دو سوی غربی و شرقی آن، به گسل طولی شمال غربی - جنوب شرقی محدود است. دو گسل یاد شده که احتمالاً در پایان کواترنر شکل گرفته و در تشکیل و تکوین این دریاچه نقش داشته‌اند، به فرازمین گسل شمالی - جنوبی محدود می‌شود (شکل ۱).

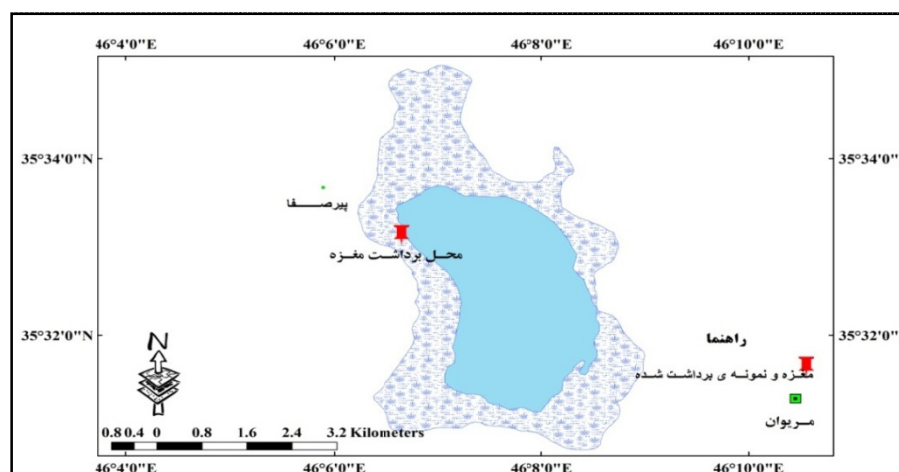


شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

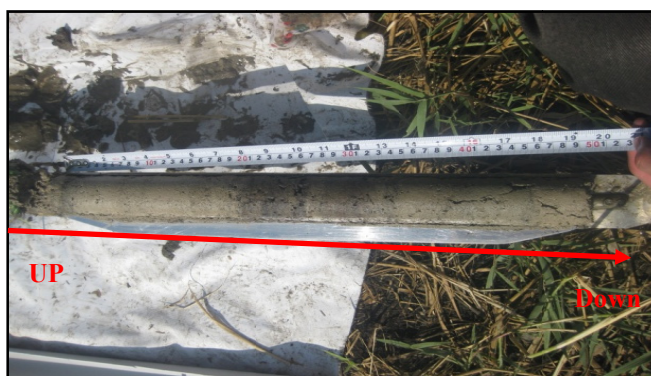
کارهای میدانی و نمونه‌برداری

پس از بررسی‌های صحرائی از بخش غربی دریاچه (شکل ۲)، مغزه‌ای به طول ۶۸۸ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار دستی پیت‌کورر با طول ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۵ سانتی‌متری (شکل ۳) به دست آمد. سپس تعداد ۴۳ نمونه انتخاب شد.

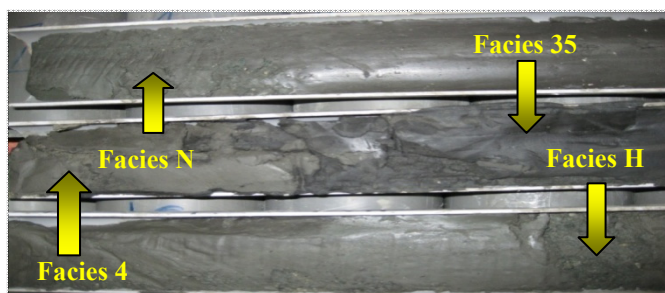


شکل ۲. محل و موقعیت برداشت مغزه رسوبی

روش تهیه نمونه‌ها به گونه‌ای بود که در طول مغزه‌ها با توجه به تغییرات در رنگ، اندازه ذرات و رخساره‌ها، نمونه‌ای انتخاب شود (شکل ۴) تا آزمایش‌های رسوب‌شناسی روی آنها انجام گیرد.



شکل ۳. مغزه ۵۰ سانتی‌متری برداشت شده با استفاده از نمونه‌برداری پیت کورر روسی از دریاچه زریبار همراه با موقعیت بالا و پایین مغزه



شکل ۴. نمونه‌ای از تفکیک رخساره‌ای و آماده‌سازی برای نمونه‌برداری به منظور دانه‌بندی و تعیین سن از رسوبات مغزه دریاچه زریبار

گرانولمتری دانه‌ها

ابتدا به کمک ۳۰ درصد آب اکسیژنه، مواد آلی از نمونه‌ها برداشت شد. سپس به منظور جداسازی کامل نمونه‌ها از یکدیگر، به مدت ۱۰ دقیقه در داخل حمام التراسونیک قرار گرفتند. عملیات دانه‌بندی نمونه‌های بالای ۶۳ میکرون به روش فولک و وارد (۱۹۵۷) و تاکر (۱۹۸۸) انجام گرفت؛ بدین صورت که نمونه‌های بالای ۶۳ میکرون با استفاده از الک شیکر مدل Analysette22- Fritsch 3 pro، از سری الک‌های استاندارد ASTM به روش مرطوب، حدود ۳۰ دقیقه در شش فراکسیون ۲ میلی‌متر، ۱ میلی‌متر، ۵۰۰ میکرون، ۲۵۰ میکرون، ۱۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون قرار گرفتند. نمونه‌های زیر ۶۳ میکرون نیز با استفاده از دستگاه لیزر دانه‌بندی ذرات مدل A-22 Micro tec (سیویتسکی، ۱۹۹۱) در آزمایشگاه مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی دانه‌بندی شدند. در این پژوهش برای تعیین دانه‌بندی رسوبات مقیاس فولک و وارد (۱۹۵۷) مد نظر قرار گرفت؛ گرانول بیشتر از ۲ میلی‌متر، ماسه ۲۰۰۰-۶۳ میکرون (۱- تا ۴ فی)، سیلت ۶۳-۳/۹ میکرون (۴ تا ۸ فی)، رس ۳/۹ - ۰/۱ میکرون (۸ تا ۱۰ فی). جورشدگی، میزان پراکندگی اندازه ذرات در اطراف میانگین، کج‌شدگی، میزان تقارن در پراکندگی اندازه ذرات و کشیدگی ذرات، با استفاده از فرمول آماری فولک و وارد (۱۹۵۷) محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱. فرمول‌های مورد استفاده در محاسبه پارامترهای تغییرات دانه‌های رسوبی براساس فرمول فولک و وارد (۱۹۵۷)

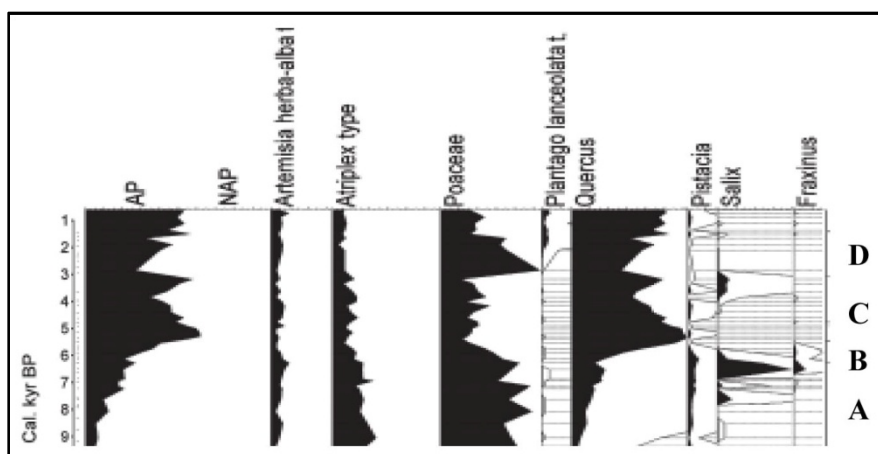
پارامترها	فرمول فولک و وارد (۱۹۵۷)
میانگین	$Mz = (\varphi16 + \varphi50 + \varphi84) / 3$
جورشدگی	$\sigma = (\varphi84 - \varphi16) / 4 + (\varphi95 - \varphi5) / 6.6$
کج‌شدگی	$SK_1 = (\varphi16 + \varphi84 - 2\varphi50) / 2(\varphi84 - \varphi16) + (\varphi5 + \varphi95 - 2\varphi50) / 2(\varphi95 - \varphi5)$
کشیدگی	$KG = (\varphi95 - \varphi5) / 2.44 (\varphi75 - \varphi25)$

تعیین سن رادیوکربن

سه نمونه از رسوبات دریاچه‌ای، شامل یک نمونه باقی‌مانده بزرگ گیاهی^۱ (مربوط به عمق ۴۱۶ سانتی‌متری) و دو توده رسوبی^۲ (اعماق ۳۷۳ و ۴۶۸ سانتی‌متری) پس از آسیاب شدن، در موسسه تحلیل شتاب‌دهنده ال. تی. دی.^۳ واقع در شیراکاوا^۴ ژاپن، به روش رادیو کربن ۱۴ و طیف‌سنج جرمی شتابنده (AMS) تعیین سن شدند. تمام سن کربن ۱۴ به‌دست آمده با فرض یک انحراف معیار خطا (احتمال ۶۸/۲٪) یا دو انحراف معیار خطا (احتمال ۹۵/۴٪) به‌کمک برنامه OxCal v.4.1 (برونک رمزی، ۲۰۰۹) و بر اساس پایگاه داده‌های IntCal09 (ریمر، ۲۰۰۹) واسنجی شدند.

تحلیل و دیاگرام گرده‌های گیاهی^۵

برای بررسی و تحلیل نوع گرده‌های گیاهی، از نتایج مطالعات انجام شده وان‌زیست و بوتیما (۱۹۷۷) در دریاچه زیربار استفاده شده است (شکل ۵).



شکل ۵. دیاگرام گرده‌های گیاهی مغزه گرفته شده از دریاچه زیربار

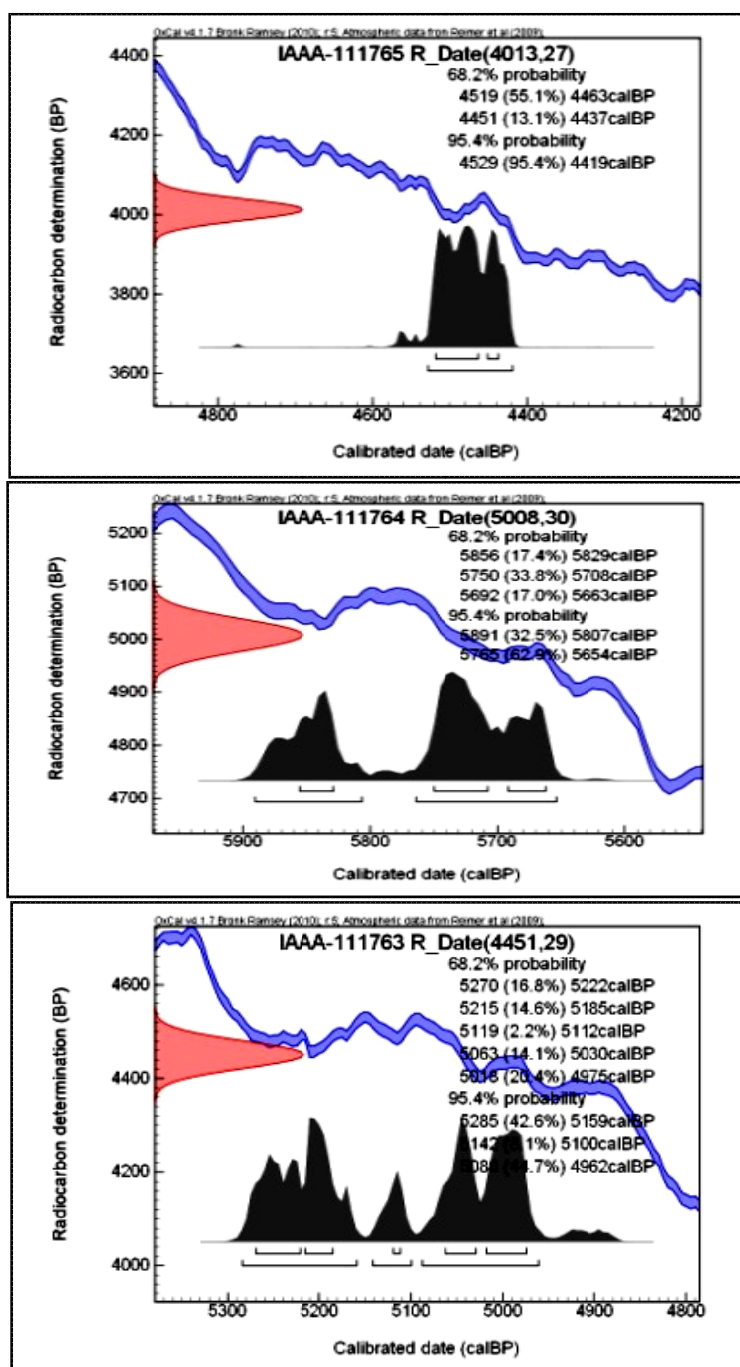
منبع: وان‌زیست و بوتیما، ۱۹۷۷

1. Plant macroremains
2. Bulk sediment
3. Institute of Accelerator Analysis Ltd
4. Shirakawa
5. Pollen assemblage

یافته‌های پژوهش

لیتولوژی و کرونولوژی مغزه

سن کربن ۱۴ مربوط به سه نمونه در اعماق ۳۷۳- سانتی‌متری، ۴۱۶- سانتی‌متری و ۴۶۸- سانتی‌متری مغزه، به ترتیب برابر با 4010 ± 30 سال، 4450 ± 30 سال و 5010 ± 30 سال قبل از زمان حال حاضر، به دست آمد. سن واسنجی شده هر سه نمونه در جدول ۲ و شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. نمودارهای مربوط به سن واسنجی شده نمونه‌های مغزه دریاچه زریبار در دوره هولوسن

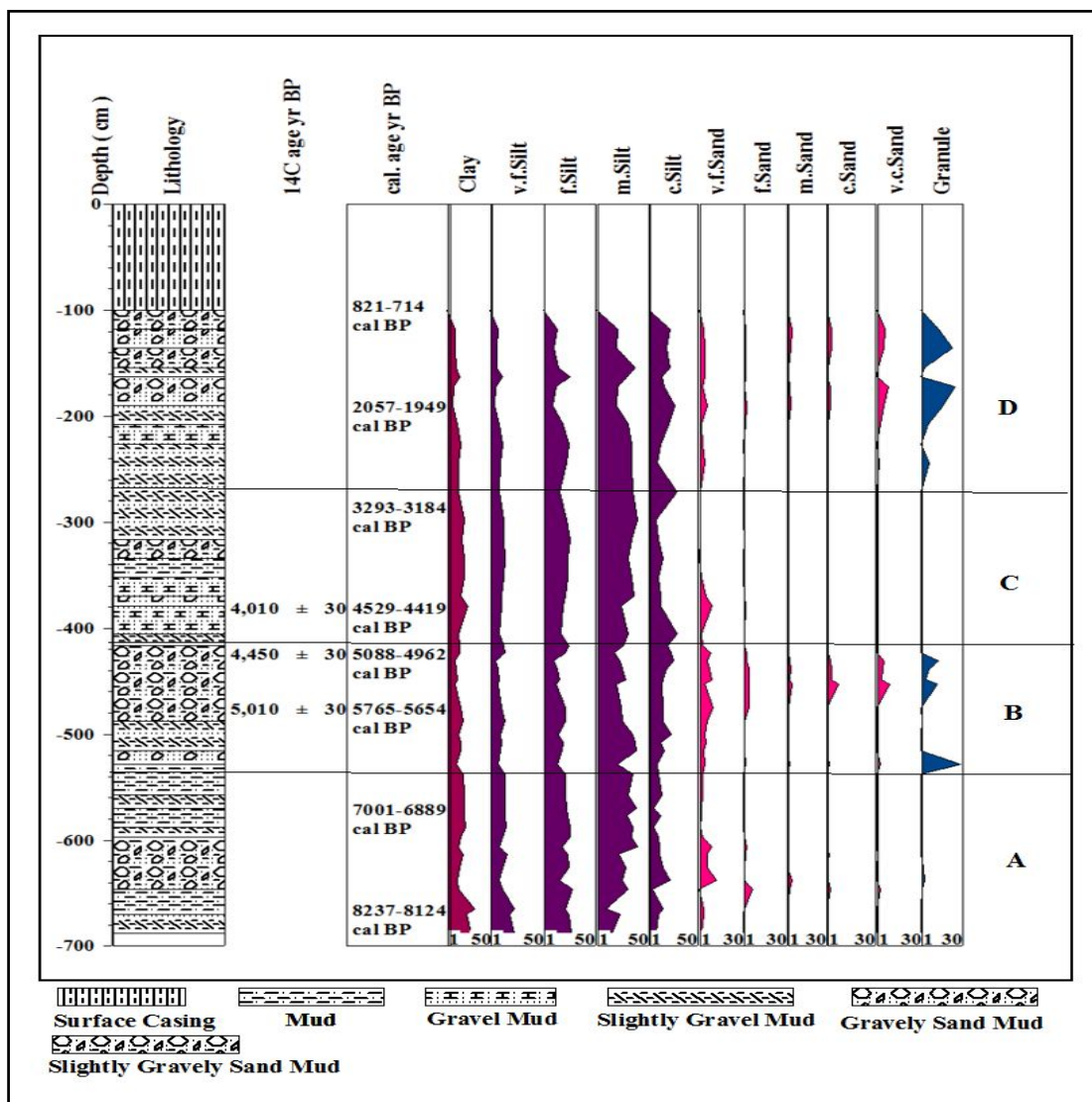
جدول ۲. نتایج سن کربن ۱۴ و سن واسنجی شده مربوط به نمونه‌های مغزه دریاچه زیربار

شماره آزمایشگاه	عمق مغزه (cm)	سن لیبی (yrBP)	سن واسنجی شده (1σ)	سن واسنجی شده (2σ)
IAAA-111765	-373	4010±30	4519calBP - 4463calBP	4529calBP - 4419calBP
IAAA-111763	-416	4450±30	5018calBP - 4975calBP	5088calBP - 4962calBP
IAAA-111764	-468	5010±30	5750calBP - 5708calBP	5765calBP - 5654calBP

نیمه عمر^۱ لیبی ۵۵۶۸ سال برای محاسبه سن کربن ۱۴ مورد استفاده قرار گرفته شده است.

پس از حصول نتایج ناشی از تعیین سن و دانه‌بندی، اعداد به‌دست‌آمده در نرم‌افزار لاگ‌پلات هفت^۲ وارد شد. ستون

چینه‌شناسی لایه‌ها، به‌همراه سن کربن ۱۴ و سن واسنجی شده با توجه به عمق لایه‌ها ترسیم شد (شکل ۷).



شکل ۷. ستون چینه‌شناسی لایه‌ها و درصد دانه‌های رسوبی به همراه سن کربن ۱۴ و سن واسنجی شده مغزه‌ها

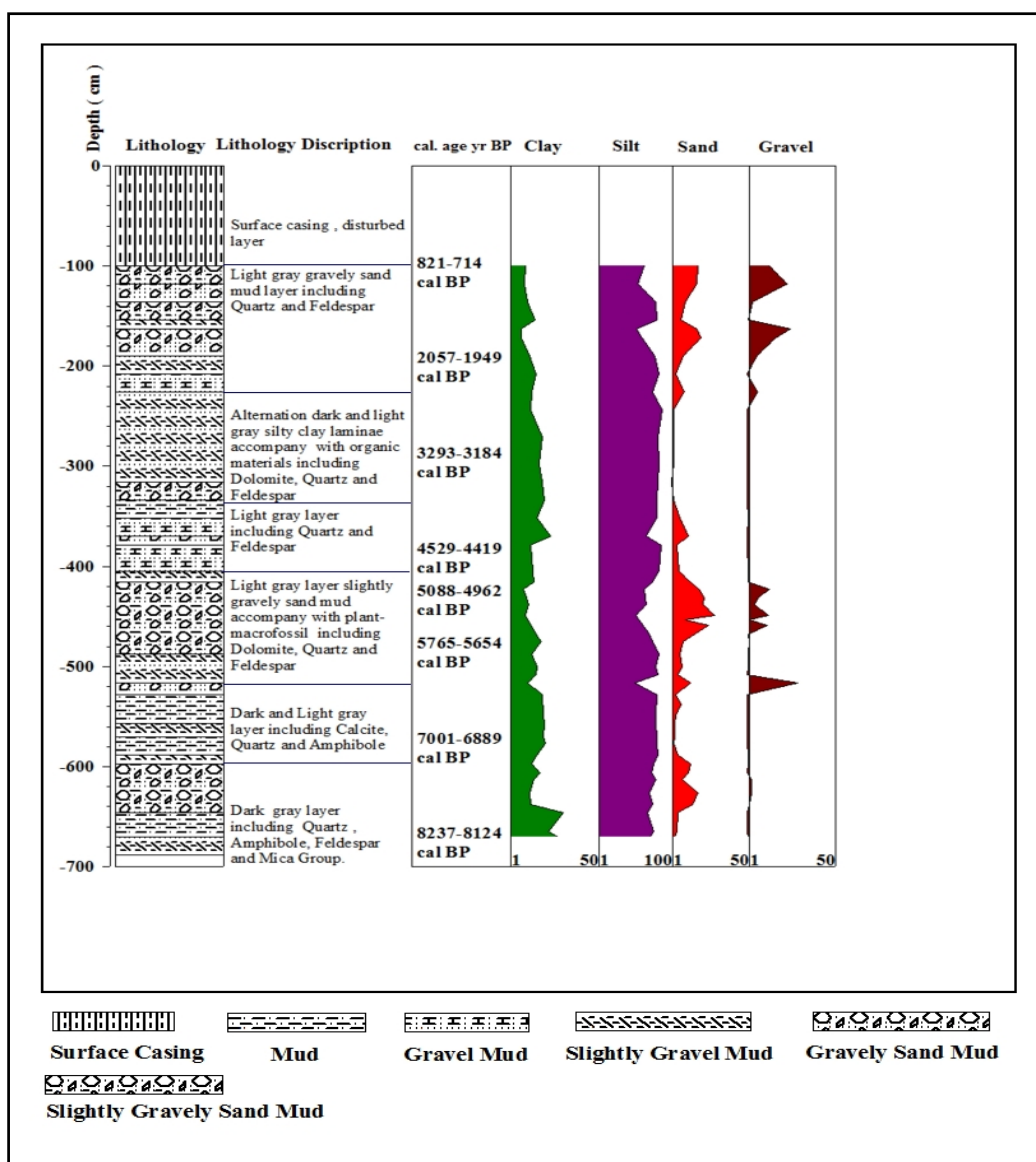
1. Half-life
2. Log Plot7

متوسط رسوبگذاری در دریاچه زریبار با توجه به نتایج ناشی از تعیین سن لایه‌ها برابر با 0.95 میلی‌متر در هر سال؛ یعنی 95 سانتی‌متر در هر یک هزار سال بوده که رسوبگذاری ملایم در طول دوره هولوسن را نشان می‌دهد.

$$950 \div 1000 = 0.95 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$$

میزان متوسط رسوبگذاری

با توجه به دیاگرام مثلثی^۱ و ارتباط بین سه ترکیب اصلی رسوب، چه از نظر اندازه و چه از نظر جنس و درصد هر یک از عناصر اصلی بر اساس روش فولک (۱۹۷۴) رسوبات مربوط به هر لایه نامگذاری شدند. مغزه به‌دست آمده از دریاچه، شامل پنج نوع رسوب گل، گل گراولی، گل با کمی گراول، گل ماسه گراولی و گل ماسه‌ای با کمی گراول است (شکل‌های ۷ و ۸).



شکل ۸. ستون چینه‌شناسی لایه‌ها و درصد دانه‌های رسوبی، به همراه سن کربن ۱۴ و سن واسنجی شده در مغزه‌ها

آنالیزهای آماری پراکندگی ذرات

اندازه میانگین: میانگین ذرات در رسوبات به نوع منبع رسوب، نوع عامل حمل و شرایط رسوبگذاری بستگی دارد. میانگین ذرات، متوسط دانه‌های رسوبی و شاخص شرایط انرژی را نشان می‌دهد. حداکثر میزان میانگین اندازه ذرات در مغزه‌های مورد مطالعه در دریاچه زریبار برابر با ۲/۸۱۷ فی، مربوط به عمق ۱۶۳ تا ۱۷۲ سانتی‌متری و کمترین آن، برابر با ۶/۴۵۸ فی مربوط به عمق ۶۷۰ تا ۶۸۸ سانتی‌متری است.

انحراف معیار: انحراف معیار میزان جورشدگی رسوبات، نوسانات در انرژی جنبشی، یا شرایط سرعت عامل‌های رسوبگذاری را نشان می‌دهد (ساهو، ۱۹۶۴). همچنین میزان جورشدگی، رابطه معکوسی با انحراف معیار دارد. در منطقه مورد مطالعه حداقل و حداکثر میزان انحراف معیار به ترتیب برابر با ۳/۷۴۳ فی و ۱/۳۱۳ فی بوده است. این مقدار جورشدگی وقتی با درجات گوناگون جورشدگی پیشنهادی فریدمن (۱۹۶۲) مقایسه شود، نشان می‌دهد که این رسوبات دارای درجه جورشدگی بد^۱ و جورشدگی خیلی بد^۲ هستند.

کشیدگی: کشیدگی عدم تقارن توزیع فراوانی را اندازه‌گیری کرده و موقعیت میانگین را نسبت به میانه نشان می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه حداقل و حداکثر میزان کج‌شدگی، به ترتیب برابر با ۰/۳۲ فی و ۰/۴۱۱- فی به دست آمد که غلبه کج‌شدگی مثبت تا منفی در منطقه را نشان می‌دهد. از مقایسه مقدار کج‌شدگی این پژوهش با درجات گوناگون کج‌شدگی پیشنهاد شده فولک و وارد (۱۹۵۷) و کادیگن (۱۹۶۱)، درمی‌یابیم که در این رسوبات کج‌شدگی منفی^۳ تا کج‌شدگی مثبت^۴ بیشتر است. نمونه‌هایی که کج‌شدگی منفی دارند، غلبه بر شرایط پر انرژی را نشان می‌دهند.

کشیدگی: میزان کشیدگی بیان‌کننده میزان غیر عادی بودن منحنی توزیع ذرات خواهد بود. حداکثر میزان کشیدگی^۵ برابر با ۲/۲۰۱ فی و حداقل میزان کشیدگی ۰/۵۵۷ فی است که به ترتیب منحنی بسیار کشیده و بسیار پهن را نشان می‌دهند. مقدارهای بسیار پایین کشیدگی گویای آن است که قسمتی از رسوبات در جای دیگر در محیط‌های پرانرژی جور شده‌اند (فولک و وارد، ۱۹۵۷). میزان کشیدگی پارامتر حساس محیطی است و مقدار کم آن در واحدهای مورد بررسی، احتمالاً عدم عامل‌های جورشدگی قبلی را نشان می‌دهد.

تغییرات آب و هوایی و تغییرات سطح دریاچه زریبار استنباط شده از رابطه بین گرده‌های گیاهی و دانه‌بندی رسوبات

همه رسوبات ثبت شده از مغزه ۶۸۸ سانتی‌متری به دست آمده از دریاچه زریبار، براساس درصد میزان رس کمتر از ۲ میکرون، سیلت بین ۲-۶۳ میکرون و ماسه بزرگتر از ۶۳ میکرون، به چهار فاز A (اوایل هولوسن ۸۹۵۰ سال تا ۶۸۷۰

1. Bad Sorting
2. Very Bad Sorting
3. Negative Skewness
4. Positive Skewness
5. Kurtosis

سال قبل)، B (۶۸۷۰ سال تا ۵۵۰۰ سال قبل)، C (۵۵۰۰ سال تا ۳۱۷۰ سال قبل)، D (۳۱۷۰ سال تا ۱۳۰۰ سال قبل) تقسیم شدند. ارتباط بین اجتماع گرده‌های گیاهی و اندازه دانه‌های رسوبی در هر مرحله به‌طور جداگانه در زیر توضیح داده شده است (شکل‌های ۶ و ۷).

واحد A: اوایل هولوسن ۸۹۵۰ سال تا ۶۸۷۰ سال قبل

رسوبات بین ۶۸۸ و ۵۲۸ سانتی‌متری عمدتاً گل، گلی ماسه همراه با کمی گراول و گلی کمی گراول را شامل می‌شود. لایه خاکستری تیره از کانی‌های سیلیکاته کوارتز، آمفیبول، فلدسپار و گروه میکا تشکیل شده و میانگین ذرات، سیلت متوسط تا سیلت ریز ۶/۴ - ۵ فی را شامل می‌شود. در این واحد غلبه بیشتر با ذرات سیلت ریز است. میزان رس در این واحد برابر با ۱۸/۴۴ درصد، سیلت ۷۴/۸ درصد، ماسه ۶/۳۳ درصد و گراول ۰/۴۲ درصد است. گرده‌های گیاهی این دوره، کاهش در میزان *Atriplex type* و *Artemisia herba-albat* و افزایش *Poaceae* و گرده‌های درختی را نشان می‌دهد (شکل‌های ۶ و ۷).

واحد B: ۶۸۷۰ سال تا ۵۵۰۰ سال قبل

رسوبات بین ۵۲۸ و ۴۲۳ سانتی‌متری عمدتاً گلی ماسه‌ای با کمی گراول و گلی با کمی گراول را شامل می‌شود. لایه خاکستری سفید و تاریک با کانی‌های سیلیکاته کوارتز و آمفیبول و کانی کربناته کلسیت همراه است. میانگین ذرات، ماسه خیلی ریز و سیلت متوسط (۳/۱-۵/۷ فی) را شامل می‌شود و غلبه بیشتر با ذرات ماسه خیلی ریز است. میزان رس در این واحد برابر با ۱۲/۴۴ درصد، سیلت ۶۷/۱۸ درصد، ماسه ۱۴ درصد و گراول ۶/۴ درصد بوده است. این دوره کمترین میزان رس و سیلت و بیشترین میزان ماسه و گراول در بین واحدهای دیگر را داشته است. از نظر گرده‌های گیاهی، افزایش گرده‌های *Fraxinus* (۵ درصد)، *Salix* (۳۵ درصد) و *Pistacia* (۵ درصد) بیشترین مقدار طی هولوسن را داشته و گرده‌های *Quercus* (کمتر از ۱۰ درصد) به کمترین میزان خود در دوره هولوسن رسیده است. همچنین میزان *Poaceae* در این دوره زمانی به ۴۰ درصد رسیده است (شکل‌های ۶ و ۷).

واحد C: ۵۵۰۰ سال تا ۳۱۷۰ سال قبل

رسوبات بین ۴۲۳ و ۲۴۴ سانتی‌متری عمدتاً گل همراه با کمی گراول، گل ماسه‌ای همراه با کمی گراول و گل گراولی را شامل می‌شود که با لایه‌های متناوب رسی سیلتی خاکستری روشن و تاریک همراه است. کانی‌های تشکیل‌دهنده آن، کانی‌های سیلیکاته کوارتز و فلدسپار و کربناته دولومیت هستند. میانگین ذرات را سیلت متوسط (۵/۵ فی) تشکیل می‌دهد. در این واحد غلبه بیشتر با ذرات سیلت متوسط (۵/۵ فی) است. میزان رس در این واحد برابر با ۱۵/۶۴ درصد، سیلت ۷۷/۴ درصد، ماسه ۵/۷ درصد و گراول ۱/۲ درصد بوده و مقدار میانگین و میانه به پایین‌ترین میزان رسیده است. در مورد گرده‌های گیاهی می‌توان گفت، گرده‌های *Quercus* به بیشترین مقدار خود رسیده (بیش از ۵۰ درصد)، گرده‌های *Salix* و *Fraxinus* دیده نشده و *Poaceae* کمترین مقدار (کمتر از ۲۰ درصد) را طی هولوسن داشته، همچنین مقدار *Atriplex type* و *Artemisia herba-albat* کاهش تدریجی نشان داده است (شکل‌های ۶ و ۷).

واحد D: اواخر هولوسن (۱۳۰۰ تا ۳۱۷۰ سال قبل)

رسوبات ۲۴۴-۱۰۰ سانتی‌متری را شامل می‌شود. لایه گلی ماسه‌ای گراولی خاکستری سفید، شامل کانی‌های سیلیکاته کوارتز و فلدسپار است. در این دوره زمانی ذرات درشت‌دانه ماسه به میزان ۱۰/۵ درصد و گراول به میزان ۸/۹ درصد افزایش داشته و ذرات ریزدانه رس به میزان ۱۰/۷ درصد و سیلت به میزان ۶۹/۸۶ درصد کاهش نشان داده است. روند افزایش و کاهش گرده‌های گیاهی نیز بدین شرح است: افزایش گرده Salix و Fraxinus (۵ درصد)، افزایش Pistacia، ظاهر شدن Plantago lanceolata، افزایش Poaceae (۵۰ درصد)، کاهش در گرده‌های Quercus و کاهش تدریجی در میزان Artemisia herba-albat و Atriplex type (شکل‌های ۶، ۷ و ۸).

نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات دریاچه زریبار نشان می‌دهد که در ۵۵۰۰ تا ۶۸۷۰ سال قبل (واحد B) و اواخر هولوسن ۱۳۰۰ تا ۳۱۷۰ سال قبل (واحد D)، افزایش ذرات درشت‌دانه (کشیدگی منفی)، از جمله ذرات ماسه و گرانول و کاهش میزان سیلت و ذرات ریزدانه، همراه با افزایش گرده‌های Salix، Fraxinus و Pistacia و کاهش در گرده‌های Quercus در این دوره زمانی، حاکمیت شرایط انرژی زیاد تولید رسوب یا حمل رسوبات و غلبه فرایندهای فرسایشی بالا همراه با عملکرد سرعت زیاد عامل‌های رسوبگذاری را نشان می‌دهد. به‌طور کلی در این محدوده زمانی، شرایط نسبتاً بالای تغییرات جزر و مدی و ورود مواد تخریبی، افزایش قدرت جریان‌های ورودی، حاکمیت شرایط انرژی زیاد تولید رسوب یا حمل رسوبات و غلبه فرایندهای فرسایشی بالا، حاکم بوده است. این امر ناشی از کاهش بارش‌های بهاری و رطوبت قابل دسترس و وجود شرایط آب و هوایی گرم و خشک است که به کاهش سطح آب و کاهش عمق دریاچه زریبار منجر شده است.

در واحد A (۶۸۷۰ تا ۸۹۵۰ سال قبل) و واحد C (۳۱۷۰ تا ۵۵۰۰ سال قبل)، افزایش در میزان سیلت و ذرات ریزدانه (کشیدگی مثبت) و کاهش ذرات درشت‌دانه از جمله ذرات ماسه و گرانول (تا یک درصد)، همراه با رسیدن گرده‌های Quercus به بیشترین مقدار (بیش از ۵۰ درصد)، نبود گرده‌های Salix و Fraxinus، رسیدن Poaceae به کمترین میزان طی هولوسن (کمتر از ۲۰ درصد) و کاهش تدریجی در میزان Artemisia herba- و Atriplex type و albat طی دوره‌های زمانی، حاکمیت شرایط انرژی کم تولید رسوب یا حمل رسوبات و غلبه اندک فرایندهای فرسایشی در رابطه با عملکرد سرعت بسیار کم عامل‌های رسوبگذاری را نشان می‌دهد. به‌طور کلی در این محدوده‌های زمانی شرایط نسبتاً پایین تغییرات جزر و مدی و عرضه نسبتاً کم مواد تخریبی وجود دارد. این امر ناشی از شرایط آب و هوایی نسبتاً گرم و مرطوب بعد از دوره سرد و خشک پلیستوسن و افزایش در میزان بارش‌های بهاری، رطوبت قابل دسترس و شروع فراوانی نوسانات در سطح آب دریاچه زریبار، همراه با افزایش میزان رطوبت، افزایش سطح دریاچه زریبار و بالا آمدن سطح آب و افزایش عمق آن است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعات نشان می‌دهد که دریاچه زریبار از پنج نوع رسوب، شامل رسوب گل، گل گراولی، گل با کمی گراول، گل ماسه گراولی و گل ماسه‌ای با کمی گراول تشکیل شده است. میزان متوسط رسوبگذاری در دریاچه زریبار

برابر با ۰/۹۵ میلی‌متر در هر سال، یعنی ۹۵ سانتی‌متر در هر یک هزار سال بوده است که مقدار رسوبگذاری ملایم در طول هولوسن را نشان می‌دهد. مقدار بالای ذرات ماسه و کاهش در میزان سیلت، به‌همراه درصد بالای گرده‌های گیاهی *Salix*، *Fraxinus* و *Pistacia* و کاهش در میزان گرده‌های *Quercus*، کاهش سطح آب دریاچه را در ۵۵۰۰ تا ۶۸۷۰ و ۱۳۰۰ تا ۳۱۷۰ سال قبل، همراه با شرایط آب و هوایی گرم و خشک، فرسایش سطحی زیاد، کاهش در بارش‌های بهاری و رطوبت قابل دسترس، افزایش قدرت جریان‌های ورودی، حاکمیت شرایط انرژی زیاد تولید و حمل رسوبات و غلبه فرایندهای فرسایشی بالا و کاهش میزان هوازدگی را نشان می‌دهد.

از سوی دیگر، افزایش در میزان سیلت و کاهش میزان ماسه، به‌همراه رسیدن گرده‌های *Quercus* به بیشترین مقدار (بیش از ۵۰ درصد)، نبود گرده‌های *Salix* و *Fraxinus*، رسیدن *Poaceae* به کمترین میزان طی هولوسن (کمتر از ۲۰ درصد) و کاهش تدریجی *Atriplex type* و *Artemisia herba-albat*، افزایش سطح آب دریاچه طی ۶۸۷۰ تا ۸۹۵۰ و ۳۱۷۰ تا ۵۵۰۰ سال قبل، وجود شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب، افزایش بارش، افزایش رطوبت قابل دسترس، حاکمیت شرایط انرژی کم تولید و حمل رسوبات، غلبه اندک فرایندهای فرسایشی، شرایط پایین تغییرات جزر و مدی و عرضه نسبتاً کم مواد تخریبی و غلبه هوازدگی شیمیایی را نشان می‌دهد.

افزایش نامنظم مقدار ماسه و کاهش نامنظم سیلت همراه با پدیدار شدن گرده‌های *Plantago lanceolata* به‌منزله گونه‌های چراگاهی و مرتعی، وجود تغییرات نامنظم در سطح آب دریاچه زریبار در اواخر هولوسن (۱۳۰۰ تا ۳۱۵۰ سال قبل) در نتیجه تغییرات بارشی، سرریزهای اتفاقی دریاچه و فعالیت‌های انسانی را نشان می‌دهد.

تشکر و قدردانی

از مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی کشور، مرکز زمین‌شناسی تبریز و دکتر شو یامادا از موسسه تعیین سن تحلیل شتاب‌دهنده ال. تی. دی. شیراکاواای کشور ژاپن برای انجام همکاری‌های لازم در انجام پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- El-Moslimany, A., 1986, **Ecology and Late Quaternary History of the Kurdo-Zagrosian Oak Forest near Lake Zeribar, Kurdistan (Western Iran)**. Vegetatio, Vol. 68, No.1, PP. 55-63.
- El-Moslimany, A.P., 1987, **The Late Pleistocene Climates of the Lake Zeribar Region (Kurdistan, Western Iran) Deduced from the Ecology and Pollen Production of Non-arboreal Vegetation**, Vegetatio, Vol. 72, No. 72, PP. 131-139.
- Folk, R. L., 1980, **Petrology of Sedimentary Rocks**, Austin, Hemphill, Texas.
- Folk, R. L., Ward, M.C., 1957, **Brazos River Bar (Texas): A Study in the Significance of Grain Size Parameters**, Journal of Sedimentary petrology, Vol. 27, No. 1, PP. 3-26.

- Friedman, G.M., 1961, **Distinction between Dune, Beach and River Sands from Their Textural Characteristics**, Journal of Sedimentary petrology, Vol. 31, No. 4, PP. 514-529.
- Ghorbani, M., Mahmodi, F., Yamani, M., Mogimi, E., 2010, **The Role of Quaternary Climate Change in Karstic Landforms**, Geographical Research, Vol. 42, No. 74, PP.1-16.
- Halfman, D., Thomas, C., 1984, **Enhanced Atmospheric Circulation over North America during the Early Holocene: Evidence from Lake Superior**. Science, Vol. 224, No. 4644, PP. 61-63.
- Hutchinson, G.E. and Cowgill, U.M., 1963, **Chemical Examination of a Core from Lake Zeribar, Iran**. Science, Vol. 140, No. 3562, PP. 67-69.
- Jowsey, P.C., 1966, **An Improved Peat Sampler**. New Phytologist, Vol. 65, No. 2, PP. 245-248.
- Kutzbach, J., Bonan, G., Foley, J., Harrison, S.P., 1996. **Vegetation and Soil Feedbacks on the Response of the African Monsoon to Orbital Forcing in the Early to Middle Holocene**, Nature, Vol. 384, No. 6610, PP. 623–626.
- Lak, R. and Fayazi, F., 2007, **Sedimentological Evidences of a Major Drought in the Mid – Late Holocene of the Lake Maharlou, SW Iran**, Submitted to 4th International Limnogeology Congress. <http://www.ohio.edu/geology/ial/pdfs/ILIC-4-Abstracts.pdf>.
- Loffler, H., 1961, **Beitrag zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer II**. International Review of Hydrobiology, Vol. 46, No. 3, PP. 309-406.
- McManus, J., Duck, R.W., 1993, **Geomorphology and Sedimentology of Lake and Reservoirs**. John Wiley & Sons UK.
- Megard, R.O, 1967, **Late-Quaternary Cladocera of Lake zeribar Western Iran**. Ecology, Vol. 48, No. 2, PP. 179-189 .
- Noren, A.J., Bierman, P.R., Steig, E.J., Lini, A., Southon, J., 2002. **Millennial-scale storminess Variability in the Northeastern United States during the Holocene Epoch**. Nature, Vol. 419, No. 6909, PP. 821–824.
- Ramsey, C.B., 2009, **Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates**. Radiocarbon, Vol. 51, No. 1, PP. 337-360.
- Reading, H.G., 1996, **Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy**. Blackwell Science UK.
- Reimer, P.J., 2009, **IntCal09 and Marine 09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years Cal BP**, Radiocarbon, Vol. 51, No. 4, PP. 1111-1150.
- Reinhardt, C., Wunnemann, B., Krivonogov, S.K., 2008, **Geomorphological Evidence for the Late Holocene Evolution and the Holocene lake-level Maximum of the Aral Sea**. Geomorphology, Vol. 93, No. 3-4, PP. 302-315.
- Riehl, S., Pustovoytov, K.E., Hotchkiss, S., Bryson, R.A., 2009, **Local Holocene Environmental Indicators in Upper Mesopotamia: Pedogenic Carbonate Record VS. Archaeobotanical Data and Archaeoclimatological Models**. Quaternary International, Vol. 209, No. 1-2, PP. 154-162

- Sahu, B. K., 1964, **Depositional Mechanism from the Size Analysis of Clastic Sediments**, Journal of Sedimentary Research, Vol. 34, No. 1, PP.73-83.
- Snyder, J.A., Wasylik, K., Fritz, S.C., Wright Jr, H.E., 2001, **Diatom-based Conductivity Reconstruction and Palaeoclimatic Interpretation of a 40-ka Record from Lake Zeribar, Iran**, The Holocene, Vol. 11, No. 6, PP. 737-745.
- Stevens, L.R., Ito, E., Schwalb, A., Wright, H. E., 2006, **Timing of Atmospheric Precipitation in the Zagros Mountains Inferred from a Multi-proxy Record from Lake Mirabad, Iran**. Quaternary Research, Vol. 66, No. 3, PP. 494-500.
- Stevens, L.R., Wright Jr. H.E, Ito, E., 2001, **Proposed Changes in Seasonality of Climate during the Late-glacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran**, The Holocene, Vol. 11, No. 6, PP. 747-755.
- Stuiver, M. and Polach, H.A., 1977, **Discussion: Reporting of ^{14}C data**, Radiocarbon Vol. 19, No. 3, PP. 355-363.
- Stuiver, M., 1969, **Yale Radiocarbon Measurements IX**. Radiocarbon, Vol. 4, PP. 545-658.
- Tucker, M. E., 1988, **Techniques in Sedimentology**. Blackwells, Oxford.
- Van Zeist, W. and Bottema, S., 1977, **Palynological Investigations in Western Iran**. Palaeohistoria , Vol. 19, PP. 19-85.
- Van Zeist, W., 1967, **Late Quaternary Vegetation History of Western Iran**. Review of Palaeobotany and Palynology, Vol. 2, No. 1-6, PP. 301-311.
- Van Zeist, W., Wright Jr., H. E., 1963, **Preliminary Pollen Studies at Lake Zeribar, Zagros Mountains, Southwestern Iran**. Science, Vol. 140, No. 3562, PP. 65-67.
- Wasylikowa, K., 1967, **Late Quaternary Plant Macrofossils from Lake Zeribar, Western Iran**. Review of Palaeobotany and Palynology, Vol. 2, No. 1-4, PP. 313-318.
- Wasylikowa, K., 2005, **Paleoecology of Lake Zeribar, Iran, in the Pleniglacial, Lateglacial and Holocene, Reconstructed from Plant Macrofossils**. The Holocene, Vol. 15, No. 5, PP. 720-735.
- Wasylikowa, K., Walanus, A., 2004, **Timing of Aquatic and Marsh-plant Successions in Different Parts of Lake Zeribar, Iran, during the Late Glacial and Holocene**. Acta Palaeobotanica, Vol. 44, No. 2, PP. 129-140.
- Wasylikowa, K., Witkowski, A., Walanus, A., Hutorowicz, A., 2006, **Palaeolimnology of Lake Zeribar, Iran, and Its Climatic Implications**. Quaternary Research, Vol. 66, No. 3, PP. 477-493.
- Wright, H.E., jr., 1963, **Pleistocene Glaciations in Kurdistan**. Eiszeitalter und Gegenwart, Vol. 12, No. 1, PP. 131-164.