

# بررسی رسوب شناسی، مورفوسکوپی و کانیهای سنگین رسوبات رودخانه جاجرود

فائزه بوربوری<sup>۱</sup>، فرج الله فیاضی<sup>۲</sup>، علی اکبر متکان<sup>۳</sup>

## چکیده

در این تحقیق با هدف رسوبشناسی رودخانه جاجرود در بالادست سد لتیان، ابتدا برای آشنایی کلی با وضعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه بازدید صحرایی انجام گرفت. پس از تعیین محل نمونه برداری، نمونه های برداشته شده به آزمایشگاه منتقل شد. از مطالعات مورفوسکوپی ذرات این نتیجه حاصل گردید که شکل ذرات در طول رودخانه دستخوش تغییراتی است که این تغییرات از روند خاصی تبعیت نمی کنند. علت این امر آن است که رسوبات جاجرود از لیتولوژی متنوعی برخوردارند و آبراه های فراوانی در طول محدوده به رودخانه اضافه می گردند، بنابراین طبیعی است تغییرات فرم ذرات روند خاصی نداشته باشد. زیرا ذراتی با ترکیب شیمیایی و کانی شناسی متفاوت به رودخانه اضافه می شوند که مقاومت، اندازه و شکل اولیه متفاوتی دارند. علاوه بر آن مسافتی را که ذرات مطالعه شده طی کرده اند، متفاوت بوده و نتیجتاً اثرات سایشی و خوردگی در آنها یکسان نخواهد بود. همچنین رودخانه جاجرود در محدوده مورد مطالعه با میانگین ضریب پیچش ۱/۱۰ و شیب متوسط ۰.۴٪ و وجود سدهای فراوان در بستر خود (پارامتر سدی بیشتر از ۱)، میانگین دبی سالیانه (۱۹/۷ متر مکعب بر ثانیه در شهریور ماه و حداکثر آن ۲۰۸/۶ متر مکعب بر ثانیه در اردیبهشت ماه)، نوع بار رسوبی (فاقد بار معلق)، یک رودخانه بریده بریده با بستر گراولی - ماسه ای است. مقدار نهشت کانیهای سنگین از بخش ابتدای مسیر به سمت انتهای مسیر کاهش می یابد، بنابراین چنین به نظر می رسد که کانیهای سنگین به دلیل وزن مخصوص بالا، بیشتر در بخشهای ابتدایی مسیر رسوب نموده و به طرف انتهای مسیر مقدار آنها کاهش می یابد. لازم به ذکر است که مقدار کانیهای سنگین مغناطیسی (اکسیدهای آهن) از ابتدا به سمت انتها کاهش می یابد که علت آن جرم مخصوص بالای آنها و رسوب بیشتر آنها در ابتدای مسیر می باشد.

کلمات کلیدی:

رسوبشناسی، رودخانه جاجرود، حوزه آبریز

۱- دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه سنجش از دور و GIS fborbori@gmail.com

۲- دانشگاه تربیت معلم، دانشکده علوم، دفتر ریاست دانشکده fayazi@tmu.ac.ir

۳- دانشیار، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه سنجش از دور و GIS a-matkan@sbu.ac.ir

## Study of Sedimentology, Morphoscopy and Heavy Mineral Deposits in Jajrud River

Borbori F<sup>۱</sup>, Faiyyazi F<sup>۲</sup>, Matkan A<sup>۳</sup>

### Abstract

In this research we aimed to study the sedimentology of Jajrud River, upstream from Latian Dam. Initially, a field review was conducted to ascertain complete familiarity with the geographical and geological conditions of the proposed region. After determining the sampling location, the acquired samples were taken to the laboratory. From morphoscopic studies of the sediments, we have determined that particles often undergo changes during the river course. Hence these changes do not adhere to a particular process. Since Jajrud sediments enjoy diverse lithology with plenty of channels and waterways included, therefore it is natural that particle changes do not have a particular process. This is also due to the fact that particles with chemical composition and diverse mineralogy possess different resistances, sizes and primary shapes. The distance that particles cover are diverse, hence they would not remain the same due to the effects of erosion and corrosion. Jajrud River in the proposed study limit, has a 10.1 torsion coefficient, an average incline of 4%, the presence of abundant dams in its own bed (dam parameters more than 1), an average annual discharge (119.7 cu.m/sec during September and a maximum 6.208 cu.m/sec during April) the type of sedimentation (lack of suspension), and a mutilated river with a gravel-sand bed. Congruent quantity of heavy minerals is decreased in the final stage compared to the initial stages. It seems that heavy minerals, due to their particular high weight, are sedimented more in the initial stage and their quantity is decreased in the final course. Additionally, the quantity of magnetic heavy minerals (iron oxides) are decreased towards the utmost end, most likely due to the particular rust above them as well as increased sedimentation at the initial stage.

### Keywords:

Sedimentology, Jajrud River, Waterways

۱- MA in Geology, Tarbiat Moallem University, Tehran

۲- Department of Geology, Tarbiat Moallem University, Tehran

۳- Department of Remote Sensing & GIS, Shahid Beheshti University, Tehran

## مقدمه

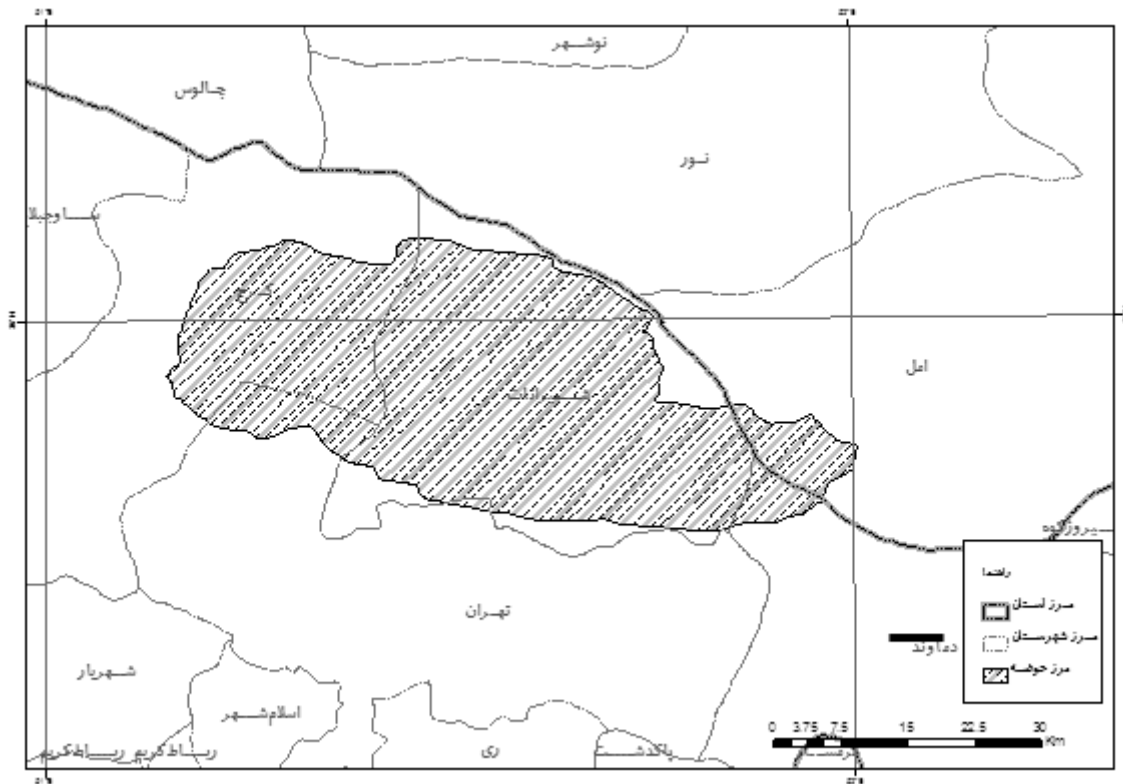
امروزه با از بین رفتن جنگلها، گسترش شهرها و احداث بزرگراهها، فرسایش خاک، رسوبدهی و رسوبشناسی بسیار مورد توجه متخصصین قرار گرفته است. به ویژه در حوزه آبریزی که دارای سازه‌های آبی است یا اینکه طرح احداث این سازه‌ها مورد نظر می‌باشد، ضرورت دارد قبل از احداث چنین سازه‌هایی مطالعات دقیقی از نظر رسوب‌شناسی، میزان رسوبدهی سازندها و آبخیزداری منطقه صورت گیرد تا با ضریب اطمینان بیشتری مبادرت به ساخت اینگونه سازه‌ها بر روی رودخانه‌ها گردد.

احداث سد لتیان در سال ۱۳۴۲ آغاز شد و در سال ۱۳۴۶ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. با توجه به اینکه رودخانه جاجرود تأمین کننده بخشی از آب شرب و نیروی برق تهران است، مطالعه رسوبشناسی، هیدرولوژی و میزان تولید رسوب آن اهمیت خاصی دارد. به همین دلیل مطالعات دقیق‌تر و فشرده‌تری در کلیه زمینه‌های مرتبط به ویژه مسائل رسوب‌شناسی باید انجام گیرد. به خصوص در شرایط کنونی مسأله رسوبات در پشت دریچه‌های تحتانی سد لتیان با توجه به عمر مفید ۱۰ ساله آن نمودی هشدار دهنده دارد.

### ۱- موقعیت جغرافیایی و مشخصات محدوده مورد مطالعه

حوزه آبریز جاجرود به مختصات جغرافیایی  $22^{\circ} 51'$  تا  $51^{\circ} 51'$  طول شمالی و  $35^{\circ} 45'$  تا  $36^{\circ} 5'$  عرض شرقی دارای وسعت ۷۱۰ کیلومتر مربع (تا سد لتیان) است (نقشه موقعیت حوزه جاجرود نسبت به شهرهای اطراف). این حوزه آبریز از سمت شمال و غرب به حوزه آبریز کرج، از سمت شمال شرق به حوزه آبریز لار، از سمت جنوب به حوزه آبریز ایوانکی و از سمت جنوب غرب به حوزه آبریز سولقان محدود می‌گردد. همچنین متشکل از ۷ زیر حوزه به نامهای لواریک، افجه، کند، امامه، فشم، میگون و آهار می‌باشد. رودخانه جاجرود در شمال شرق تهران با روند شمال غرب- جنوب شرق جریان داشته و به دریاچه سد لتیان می‌ریزد. شیب متوسط آن در حدود ۰.۴٪ و حداقل دبی متوسط سالیانه آن ۱۱۹/۷ متر مکعب بر ثانیه در شهریور ماه و حداکثر آن ۲۰۸/۶ متر مکعب بر ثانیه در اردیبهشت ماه است.

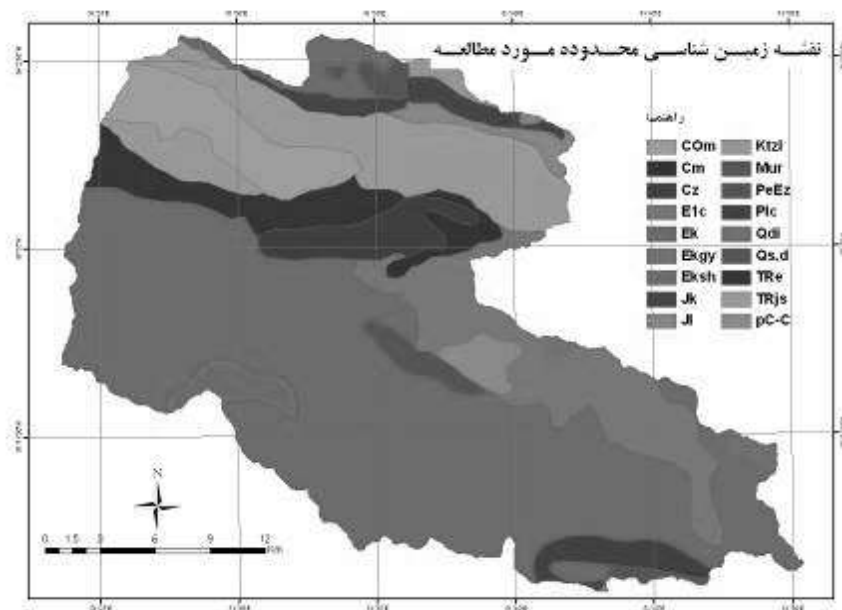
میانگین بارندگی این منطقه در حدود ۵۰۰ میلی متر بوده که در بخشهای بالادست و پائین دست حوزه بین ۴۱۸ تا ۷۰۰ میلی متر در سال متغیر است.



نقشه شماره ۱-موقعیت حوزه جاجرود نسبت به شهرهای اطراف

## ۲-زمین شناسی و تکتونیک منطقه مورد مطالعه

در منطقه مورد مطالعه بر اثر عملکرد فازهای کوهزایی لارامید، پیرنه ای و پاسادنین گسلهای متعددی پدید آمده است (درویش زاده، ۱۳۷۰). گسلها به علت متفاوت بودن نحوه عملکرد نیروها و نامتجانس بودن سازندهای مختلف (نقشه ۲-نقشه زمین شناسی منطقه) در منطقه دارای روندهای متفاوت هستند و بیشتر آنها از نوع فشاری و رانندگی هستند (مهرپویان، ۱۳۷۹). گسلهای اصلی که در امتداد شرقی- غربی و شمال غربی- جنوب شرقی کشیده شده‌اند عبارتند از: گسل مشا-فشم، گسل شمال تهران، گسل دیزین- دربندسر. بر اساس نقشه‌های تکتونیک ایران (توسط نبوی، ۱۳۵۵) منطقه مورد مطالعه در زون البرز آذربایجان قرار می‌گیرد. برای بررسی‌های رسوب شناسی، نمونه‌ها از زیر حوزه‌ها و مسیر اصلی رودخانه برداشت شده و پس از آماده سازی، مطالعات دانه سنجی، مورفوسکوپی و آنالیز اندازه ذرات بر روی آنها صورت گرفته است که نتایج آن در ادامه آمده است. هدف از نمونه‌برداری‌ها مطالعه نحوه تغییرات رسوبی در بستر جاجرود است.



نقشه شماره ۲- نقشه زمین شناسی منطقه

### ۳- روش مطالعه

در این تحقیق، ابتدا برای آشنایی کلی با وضعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه بازدید صحرایی انجام گرفت. پس از تعیین محل نمونه برداری، نمونه های برداشته شده به آزمایشگاه منتقل شد. مطالعه رسوب شناسی نمونه ها با استفاده از روشهای کار ارائه شده توسط معتمد (۱۳۷۴)، ارزانی (۱۳۷۴) و تاکر (۱۹۹۸) انجام شده و نمودارهای دانه بندی و مورفوسکوپی مربوط به آنها رسم گردید. سپس با استفاده از نمودارهای دانه بندی پارامترهای آماری کج شدگی، انحراف معیار، جورشدگی و میانگین نمونه ها بدست آمد. جهت تعیین نوع کانیهای سنگین با استفاده از دستگاه دیسکاتور و محلول بروموفورم کانیهای سنگین جدا شده و مورد بررسی قرار گرفته اند. سپس با کمک مطالعات رسوب شناسی و همچنین بازدیدهای صحرایی انجام شده از منطقه، نوع رودخانه تعیین گردید.

### ۴- رسوب شناسی

تغییرات اندازه ذرات در رودخانه هایی با بستر گراولی در طی چند سال اخیر نظرات زیادی را به خود جلب کرده است. بر اساس اظهارات رایس (۱۹۹۹) طول پیوستگی رسوبی یکی از فاکتورهای مهمی است که در آهنگ ریزشوندگی به طرف پایین دست رودخانه اثر دارد. به علاوه این پدیده متأثر از نوع بار رسوبی، زمین ساخت حوزه، تغییرات شیب کانال و هیدرولیک رودخانه می باشد (نقل از موسوی حرمی، ۱۳۸۰).

مطالعات انجام شده نشان می دهد که رسوبات بستر رودخانه جاجرود همگی دارای درصد بالایی از ذرات در حد گراول بوده و نمودارهای دانه بندی آنها به شکل پلی مدال می باشند. نمودارهای دانه بندی نمونه ها با مقیاس میلیمتری به گونه ای است که معرف حمل رسوب در کانالهای رودخانه ای و محیط پیر انرژی است (نمودارهای ۱-۱).

۳ تا ۲۱-۳) (فتحی, ۱۳۷۹). پارامترهای آماری نمونه‌ها در جدول (۱-۳) آمده است.

#### ۴-۱- پارامترهای آماری

پارامترهای آماری که برای رسوبات محاسبه گردیده است عبارتند از میانه (Mz)، مد (Md)، انحراف معیار ترسیمی جامع ( $\delta_1$ )، کج شدگی ترسیمی جامع (Ski) و کشیدگی یا نوک تیزی (Kg). برای تعیین پارامترهای مذکور از فرمولها و مقیاسها ارائه شده توسط فولک (۱۹۷۴) استفاده شده است.

جدول (۱): پارامترهای آماری

| H     | G <sub>2</sub> | B     | F    | M <sub>1</sub> | G <sub>1</sub> | P     | N     | D     | پارامترهای آماری |
|-------|----------------|-------|------|----------------|----------------|-------|-------|-------|------------------|
| -۰/۰۳ | -۰/۸۱          | ۰/۸۳  | -۲/۶ | -۱             | -۰/۹           | -۰/۳  | -۱/۵  | -۰/۲۶ | Mz               |
| ۱     | ۱/۱            | ۱     | ۱/۶  | ۰/۸۱           | ۰/۹            | ۱     | ۱/۳۸  | ۱     | $\delta_1$       |
| ۲/۲   | ۱/۷۱           | ۵/۲   | ۰/۸۱ | ۶/۸            | ۵/۲۳           | ۳/۳   | ۱/۵۵  | ۲/۲   | Ski              |
| ۰/۸۴  | ۰/۴۷           | -۲/۰۴ | ۰/۳۲ | -۱/۳۷          | -۱/۵۸          | -۳/۲۷ | ۰/۲۸  | ۰/۳۸  | KG               |
| -۱/۲  | -۰/۷۵          | -۳/۵  | -۴/۱ | -۳/۷۵          | ۰              | -۲    | -۱/۵۷ | -۲    | Md               |

ادامه جدول ۱-۲

| B <sub>2</sub> | A      | E     | L     | B <sub>4</sub> | K     | C <sub>2</sub> | C <sub>1</sub> | B <sub>3</sub> | پارامترهای آماری |
|----------------|--------|-------|-------|----------------|-------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| -۰/۱۶          | -۰/۰۳۳ | -۰/۳۲ | -۰/۱۶ | -۱/۲۶          | ۰/۰۰  | -۰/۱۸          | -۱/۰۱          | -۱/۰۸          | MZ               |
| ۱              | ۱/۱    | ۱/۰۷  | ۱/۱۲  | ۱/۹۱           | ۱/۵   | ۱/۰۸           | ۱              | ۲/۰۵           | $\delta_1$       |
| ۲/۰۸           | ۲/۳۷   | ۲/۹۳  | ۲/۷۳  | ۰/۷۷           | ۲/۲۵  | ۲/۶۹           | ۷/۰۵           | ۰/۸۱           | Ski              |
| ۴/۰۱           | ۰/۴۷   | ۲/۰۴  | ۴/۰۹  | ۰/۶۸           | ۰/۴۸  | ۴/۲            | -۱/۶۳          | ۰/۴۳           | KG               |
| -۱/۵           | -۱/۵   | -۲    | -۲    | -۱/۲۵          | -۱/۲۵ | -۱/۷۵          | -۳/۷۵          | -۱/۲۵          | Md               |

#### ۴-۲- مورفوسکوپی

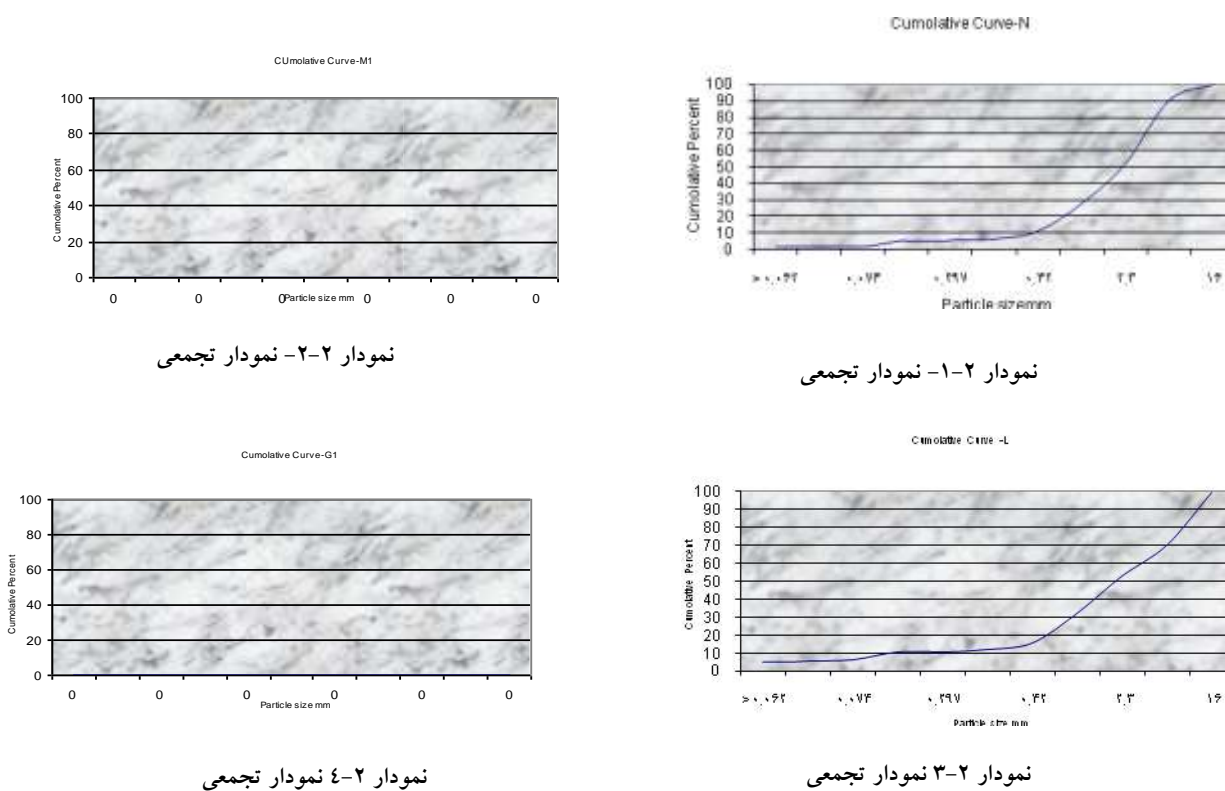
جهت بررسی شکل ذرات رسوبی در رودخانه جاجرود گراولهای کف بستر نمونه‌های D, L, E, F, H, K, N انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند. در این ذرات ابتدا اقطار بلند، متوسط و کوتاه توسط کولیس اندازه‌گیری شده و سپس با محاسبه نسبتهای قطر کوتاه به متوسط (S/I) و متوسط به بلند (I/L) فرم ذرات تعیین شده است (نمودارهای ۲-۲ تا ۲-۲۸) نتایج بدست آمده از محاسبات فوق در جدول (۲-۲) آمده است.

جدول (۲-۲): درصد ذرات در نمونه‌های انتخابی برای مورفوسکوپی

| نام نمونه | تعداد نمونه‌ها | فرم دیسکی.٪ | فرم تیغه‌ای.٪ | فرم میله‌ای.٪ | فرم هم بعد.٪ |
|-----------|----------------|-------------|---------------|---------------|--------------|
| N         | ۲۰             | ۱۵          | ۴۵            | ۱۰            | ۳۰           |
| K         | ۱۰             | ۱۰          | ۲۰            | ۲۰            | ۵۰           |
| H         | ۲۴             | ۴           | ۷۵            | ۱۶            | ۴            |
| F         | ۲۴             | ۲۱          | ۵۸            | ۱۶            | ۴            |
| E         | ۲۴             | ۲۹/۱        | ۶۲/۵          | ۴/۱           | ۰            |
| L         | ۲۴             | ۳۸          | ۴۱/۶          | ۲۰            | ۰            |
| D         | ۱۱             | ۱۸/۲        | ۴۵/۴          | ۱۸/۲          | ۱۸/۲         |

با توجه به جدول (۲-۲) به نظر می‌رسد که فرم ذرات در طول رودخانه دستخوش تغییراتی است که روند خاصی ندارند. به طور کلی فرم دانه‌ها در هنگام حمل و نقل دچار تغییراتی می‌گردد که این تغییرات به ترکیب شیمیایی، کانی‌شناسی، اندازه ذرات و شکل اولیه، مسافت حمل شده و میزان سایش و خوردگی دانه‌ها بستگی دارد (موسوی حرمی، ۱۳۶۷). با توجه به اینکه رسوبات جاجرود از لیتولوژی متنوعی برخوردار است و آبراهه‌های زیادی در محدوده مورد مطالعه به رودخانه اضافه می‌شوند، طبیعی است که تغییرات موجود در فرم ذرات روند خاصی نداشته باشد. چرا که با وجود آبراهه‌های متعدد، ذراتی با ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی متفاوت به رودخانه اضافه می‌گردند که مقاومت، اندازه و شکل اولیه متفاوتی دارند. علاوه بر آن مسافتی را که ذرات مطالعه شده طی کرده‌اند متفاوت بوده و نتیجتاً اثرات سایشی و خوردگی در آنها یکسان نخواهد بود.

در زیر نمودارهای دانه‌بندی نمونه‌ها با مقیاس میلیمتری آورده شده است (شکل آنها معرف حمل رسوب در کانالهای رودخانه‌ای و محیط پرنرزی است).

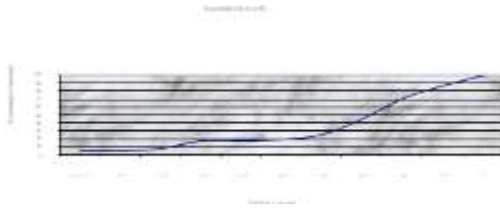


نمودار ۲-۲ - نمودار تجمعی

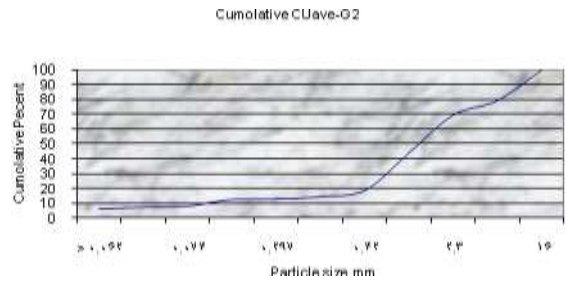
نمودار ۱-۲ - نمودار تجمعی

نمودار ۲-۴ - نمودار تجمعی

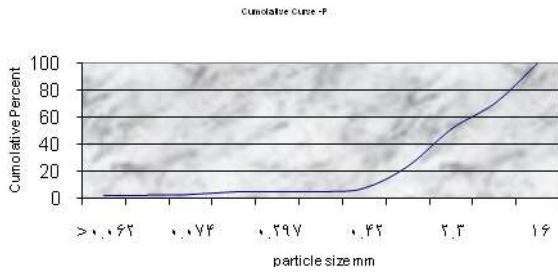
نمودار ۳-۲ - نمودار تجمعی



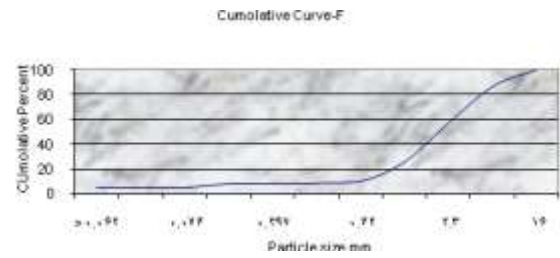
نمودار ۲-۶- نمودار تجمعی



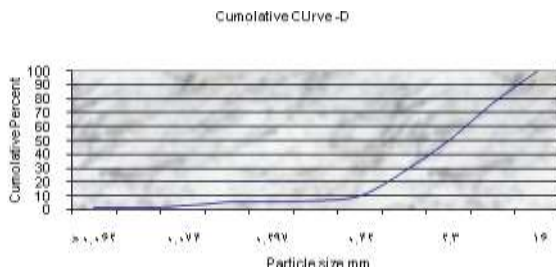
نمودار ۲-۵- نمودار تجمعی



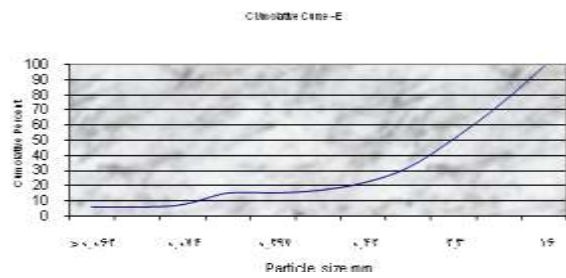
نمودار ۲-۸- نمودار تجمعی



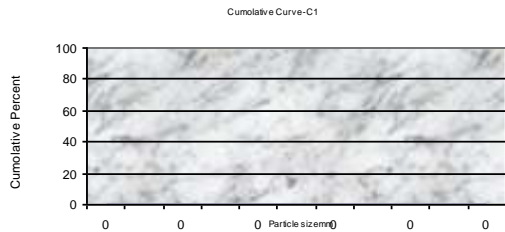
نمودار ۲-۷- نمودار تجمعی



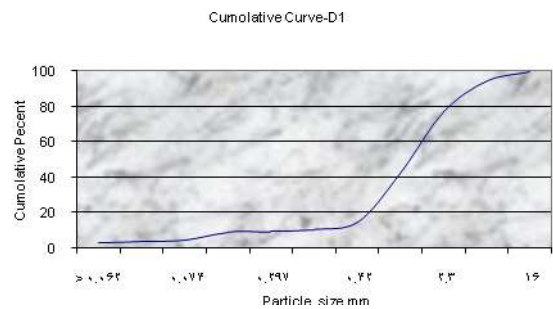
نمودار ۲-۱۰- نمودار تجمعی



نمودار ۲-۹- نمودار تجمعی

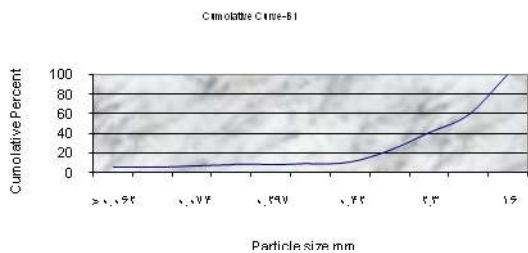


نمودار ۲-۱۲- نمودار تجمعی

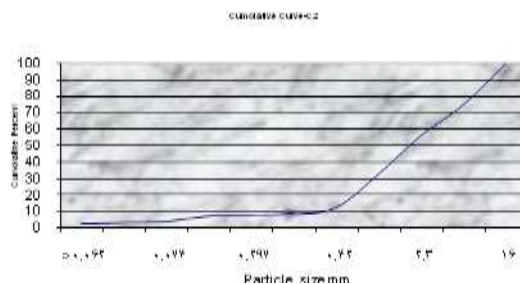


نمودار ۲-۱۱- نمودار تجمعی

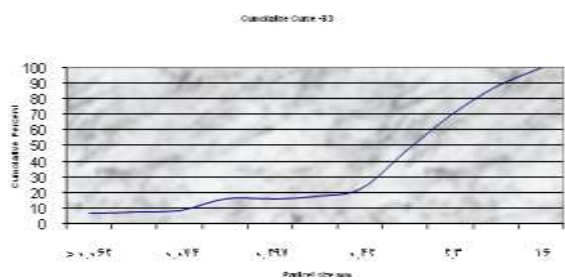




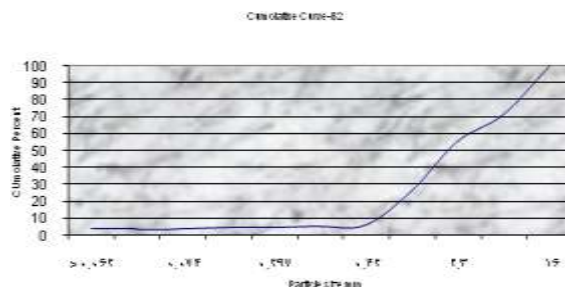
نمودار ۲-۱۴ - نمودار تجمعی



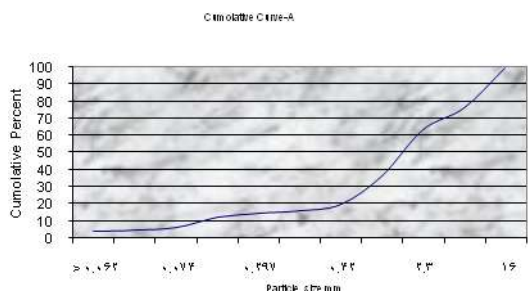
نمودار ۲-۱۳ - نمودار تجمعی



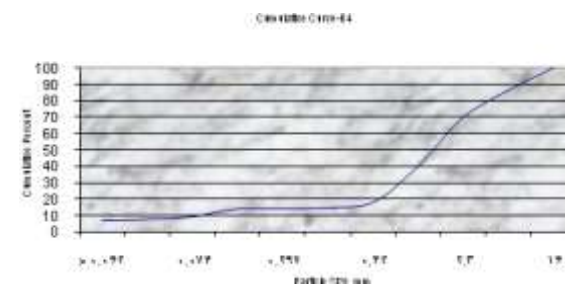
نمودار ۲-۱۶ - نمودار تجمعی



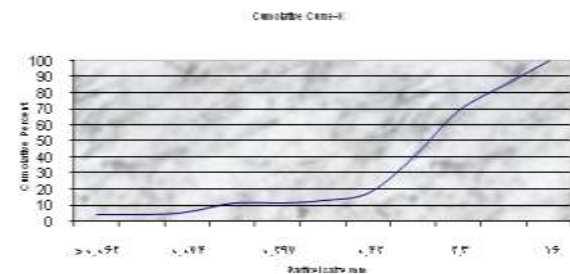
نمودار ۲-۱۵ - نمودار تجمعی



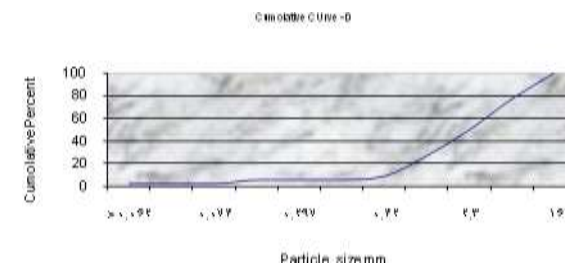
نمودار ۲-۱۸ - نمودار تجمعی



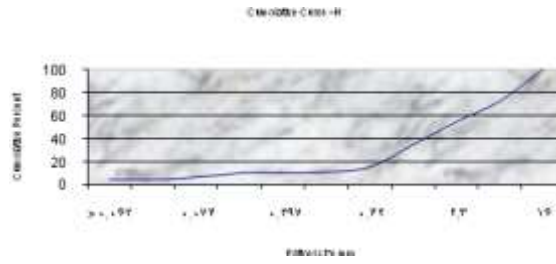
نمودار ۲-۱۷ - نمودار تجمعی



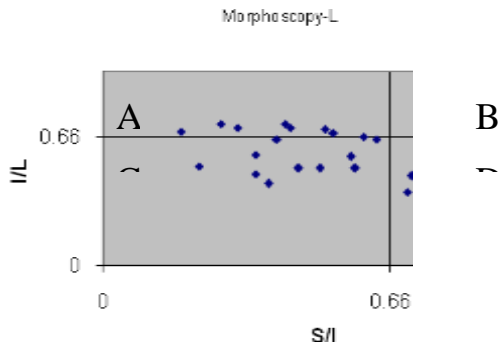
نمودار ۲-۲۰ - نمودار تجمعی



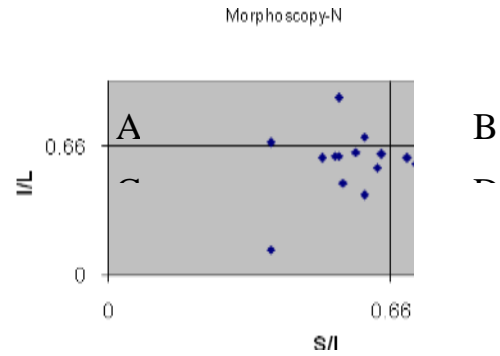
نمودار ۲-۱۹ - نمودار تجمعی



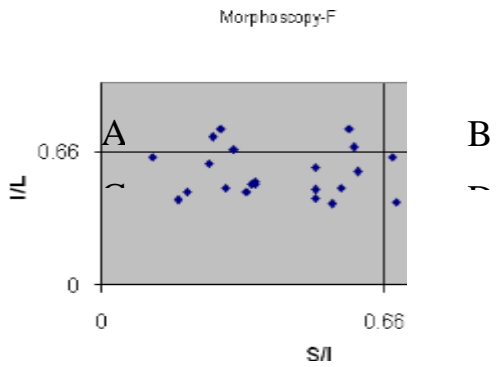
نمودار ۲-۲۱- نمودار تجمعی



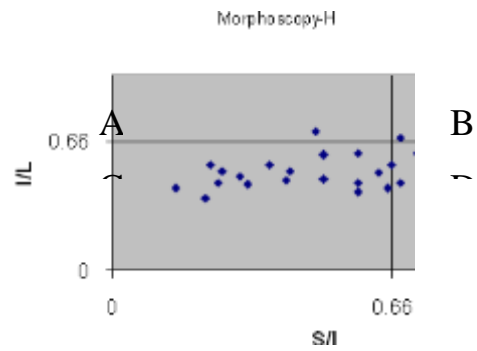
نمودار ۲-۲۳- تغییرات مورفوسکوپی ذرات رسوبی



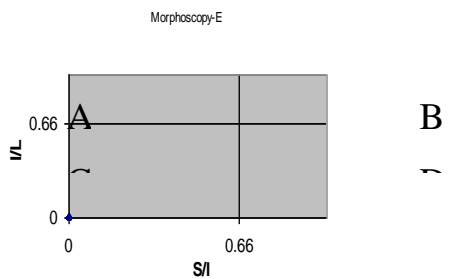
نمودار ۲-۲۲- تغییرات مورفوسکوپی ذرات رسوبی



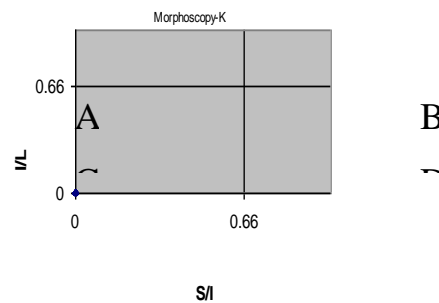
نمودار ۲-۲۵- تغییرات مورفوسکوپی ذرات رسوبی



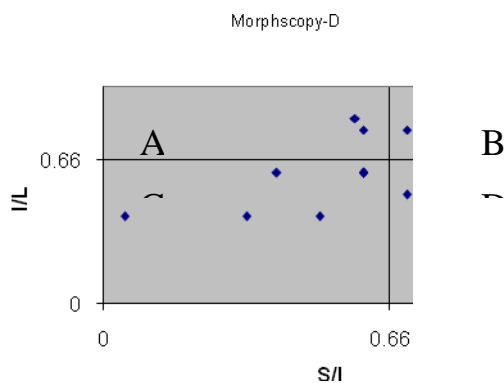
نمودار ۲-۲۴- تغییرات مورفوسکوپی ذرات رسوبی



نمودار ۲-۲۷- تغییرات مورفوسکوپی ذرات رسوبی



نمودار ۲-۲۶- تغییرات مورفوسکوپی ذرات رسوبی



نمودار ۲-۲۸ - تغییرات مورفوسکوپی ذرات رسوبی

D = میله‌ای

C = تیغه‌ای

B = هم بعد

A = دیسکی

نمودارهای تغییرات مورفوسکوپی ذرات

#### ۳-۴ - مطالعه کانی‌های سنگین

رسوبات رودخانه‌ای اغلب دارای ارزش اقتصادی می‌باشند و عموماً حاوی کانیهای سنگین و با ارزش هستند (کانی‌های سنگین به کانی‌هایی گفته می‌شود که جرم مخصوص آنها بیشتر از ۲/۸۹ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد (ارزانی، ۱۳۸۱). هدف از مشخص کردن کانیهای سنگین رسوبات جاجرود نیز پی بردن به کانیهای سنگین اقتصادی در این رسوبات و منشأ آنها است. جهت بررسی کانیهای سنگین، رسوبات دانه ریز (زیر مش ۶۰) از نمونه‌های K (ابتدای مسیر)، L (وسط مسیر) و D (انتهای مسیر) انتخاب شده است. مکانیسم عمل بدین صورت است که محلول بروموفورم سبب می‌شود که کانیهای سنگین (با وزن مخصوص بیشتر از ۲/۹۵ g/cm<sup>3</sup>) ته‌نشین شده و کانیهای سبک به صورت شناور در سطح بروموفورم قرار بگیرند. پس از جداسازی، ذرات توسط استن شست‌وشو داده شده و کانیهای مغناطیسی (مگنتیت) توسط آهن‌ربا از کانیهای غیر مغناطیسی جدا شده است. کانیهای غیر مغناطیسی نیز توسط بینوکولار مطالعه شده و انواع آنها مشخص شده است. درصد کانیهای سنگین و نوع آنها در جداول (۳-۱) و (۳-۲) آمده است.

جدول ۳-۱ - درصد کانیهای مغناطیسی و غیر مغناطیسی

| Sample No. | وزن کل رسوب جهت آزمایش (gr) | وزن کانیهای سنگین (gr) | درصد کانیهای سنگین غیر مغناطیسی به وزن کل نمونه | درصد کانیهای سنگین مغناطیسی به وزن کل نمونه | درصد کانیهای سنگین غیر مغناطیسی به کل کانیهای سنگین | درصد کانیهای غیر مغناطیسی به کل کانیهای سنگین |
|------------|-----------------------------|------------------------|---|---|---|---|
| L          | ۱۴/۱                        | ۰/۶۸                   | ۴/۶   | ۰/۲۲  | ۹۵/۵  | ۴/۵   |
| K          | ۱۴/۳                        | ۰/۶                    | ۴/۲   | $۴/۲ \times 10^{-۴}$                        | ۹۹/۹۹   | ۰/۰۱  |
| D          | ۱۴/۱۷                       | ۰/۱۸                   | ۱/۲۷  | $۱/۲۷ \times 10^{-۴}$                       | ۹۹/۹۹   | ۰/۰۱  |

جدول ۳-۲- درصد کانیهای سنگین غیر مغناطیسی

| Sample No.    | K     | D     | L     |   |
|---------------|-------|-------|-------|---|
| Hematite      | ۰/۱۰  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  |   |
| Ilmenite      | ۰/۰۱  | -     | ۰/۰۱  | مغناطیسی - مربوط به رسوبات آبرفتی در نزدیکی سنگهای منشأ یافت می‌شود.                      |
| Pyroxite      | ۰/۰۱  | ۰/۰۲۵ | ۲/۸۵  | سنگهای آذرین قلیایی، دگرگونی  |
| Biotite       | ۰/۰۱  | -     | ۰/۰۱  | سنگهای آذرین (بخش دگرگونی)  |
| Chlorite      | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | -     | محصول هوازدگی در شکافها   |
| Limonite      | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۱۳/۵  | محصول هوازدگی درجا  |
| Pyrite(Oxide) | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  |   |
| Epidote       | ۰/۰۱  | -     | -     | تمامی سنگ‌های آذرین و نیز به صورت پنوماتولیتی تا هیدروترمال درجا                          |
| Zircon        | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | سنگهای آذرین اسیدی و حد واسط  |
| Apatite       | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۲۵ | آذرین مافیک، اولترامافیک  |
| Rutile        | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | سنگهای دگرگونی  |
| Pyrite        | ۰/۰۱  | -     | ۰/۰۱  |   |
| Barite        | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۱  | ۰/۰۲۵ | در نزدیکی سنگهای منشأ، به عنوان سیمان در ماسه سنگها، سنگهای کربناته                       |
| Andalosite    | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | سنگهای دگرگونی منطقه‌ای و مجاورتی   |
| Malachite     | ۰/۰۱  | -     | ۰/۰۱  |   |
| Luecoxene     | ۰/۰۱  | ۰/۰۱  | -     | تجمع بلورین دانه ریز و محصول هوازدگی کانیهای در بردارنده تیتانیوم، رتیل، تیتانیت و آناتاس |
| Aragonite     | ۰/۰۱  | -     | ۰/۰۱  | بیشتر منشأ آلی دارند به ندرت به صورت در جازا در آبهای گرم.                                |
| NativeCopper  | ۰/۰۱  | -     | ۰/۰۱  |   |
| Light Min.    | -     | -     | -     |   |
| Altered Min.  | ۰/۰۵  | ۰/۰۲۵ | ۵۰    |   |

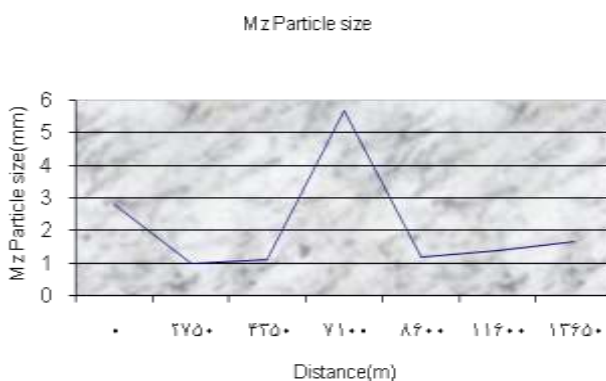
#### ۴-۴- نتایج حاصل از مطالعه کانیهای سنگین

- مقدار کانیهای سنگین از بخش ابتدای مسیر (در نمونه L) به سمت انتهای مسیر (در نمونه D) کاهش می‌یابد، بطوریکه این مقدار در ابتدای مسیر ۰/۶۸٪ و در انتهای مسیر ۰/۱۸٪ می‌باشد (جدول ۳-۱). بنابراین چنین به نظر می‌رسد که کانیهای سنگین به دلیل وزن مخصوص بالا، بیشتر در بخشهای ابتدایی مسیر رسوب می‌کنند و به طرف انتهای مسیر مقدار آنها کاهش می‌یابد. مقدار کانیهای سنگین مغناطیسی (اکسیدهای آهن) از ابتدا به سمت انتها کاهش می‌یابد که علت آن جرم مخصوص بالای آنها و رسوب بیشتر شان در ابتدای مسیر می‌باشد (جدول ۳-۲).
- با توجه به نوع کانیهای سنگین منطقه می‌توان منشأ رسوبات بستر را سازند کرج دانست.

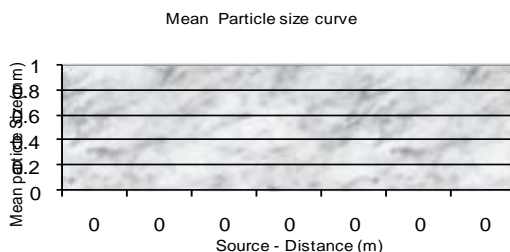
### ۵- بررسی تغییرات اندازه ذرات رودخانه جاجرود

بطوریکه نمودارهای (۱-۵, ۲-۵ و ۳-۵) نشان می‌دهد اندازه دانه‌ها از بالا دست و از سر شاخه‌های تغذیه‌کننده به طرف پایین کاهش می‌یابد و سپس به دلیل وضعیت و شرایط خاص زمین‌شناسی مجدداً اندازه ذرات افزایش می‌یابد. این تغییر اندازه ذرات می‌تواند بیانگر تغییرات شیب آبراهه و شرایط خاص مانند فعالیت تکتونیکی و ورود آبراهه‌های جدید به داخل رودخانه باشد (موسوی حرمی, ۱۳۷۹). همچنین جورشدگی ذرات نیز بر خلاف انتظار با افزایش مسافت وضعیت بهتری پیدا نمی‌کند و تغییرات آن از روند خاصی تبعیت نمی‌کند.

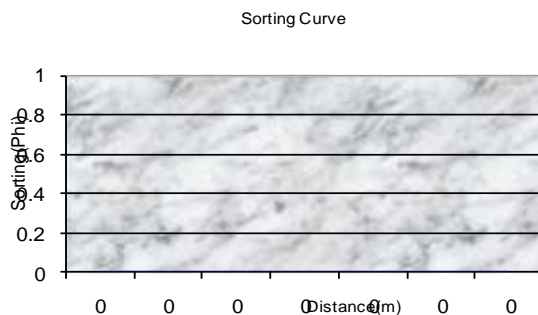
#### نحوه تغییرات مد



#### نمودار ۱-۵- نحوه تغییرات میانه رسوبات بستر



#### نمودار ۲-۵- نحوه تغییرات جورشدگی در طول محدوده مورد مطالعه



#### نمودار ۳-۵

## ۶- نوع رسوبات رودخانه جاجرود

ذرات غالب در رسوبات کف کانال در حد گراول هستند. جورشدگی، مورفوسکوپی و تغییرات اندازه ذرات نیز در طول مسیر روند خاصی ندارند. دلیل این تغییرات را می‌توان به عواملی چون فعال بودن منطقه از لحاظ تکتونیکی، نزدیک بودن رودخانه به منشأ، ورود آبراهه‌های فراوان با رتبه‌های متفاوت به رودخانه، ورود ذرات رسوبی به صورت واریزه به داخل رودخانه، تغییرات شیب طولی رودخانه. (عکسهای ۶-۱، ۶-۲ و ۶-۳ به خوبی ورود رسوبات حاصل از فرسایش و واریزه‌ها به درون رودخانه را نشان می‌دهد).



عکس ۶-۱- فرسایش شیاری نزدیک روستای گلوگان (دید به سمت غرب)



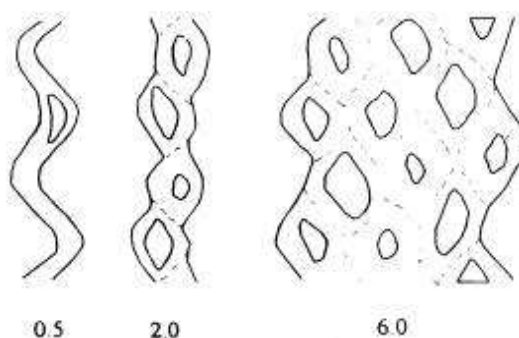
عکس ۶-۲- فرسایش ورقه‌ای نزدیک روستای گلوگان (دید به سمت غرب)



عکس ۶-۳- ساخت و ساز در حریم رودخانه گلوگان (روستای گرگ دره)

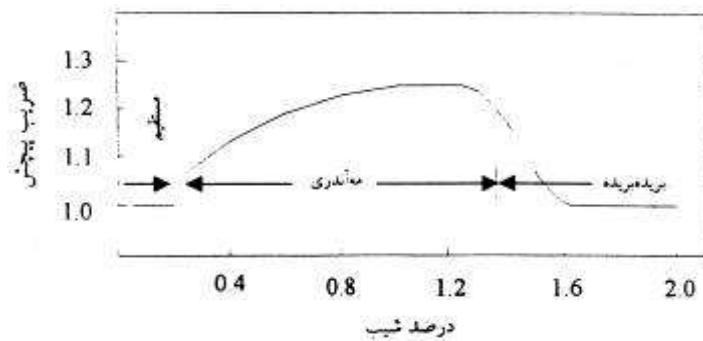
### ۷- مورفولوژی رودخانه‌های عهد حاضر و تعیین نوع رودخانه جاجرود

انواع رودخانه‌های عهد حاضر به ۴ شکل مختلف دیده می‌شوند که توسط (Miall, 1977) طبقه‌بندی شده‌اند شکل (۱-۷). این ۴ نوع رودخانه عبارتند از: رودخانه‌های مستقیم، رودخانه آناستوموسینک، رودخانه‌های بریده بریده، رودخانه‌های مئاندر. پس از آن پارامترها سدی و ضریب پیچش. جهت تعیین و تشخیص این ۴ نوع رودخانه توسط (Rust, 1978) ارائه شد (جدول ۱-۷). که این پارامترها عبارتند از: پارامتر سدی و ضریب پیچش. بر اساس میزان ضریب پیچش که از نسبت طول کانال به طول مستقیم دره بدست می‌آید. دو نوع رودخانه با پیچش کم ( $P < 1/5$ ) و با پیچش زیاد ( $P > 1/5$ ) تشخیص داده شده است. پارامتر سدی نیز عبارت است از تعداد سدها یا جزایر که در طول موج هر مئاندر قرار دارد (Rust, 1978, (شکل ۲-۷).



شکل ۱-۷- پارامتر سدی کانال منفرد ۰/۵، مولتی کانالها با پارامتر سدی

معمولی ۲ پارامتر سدی بالا ۶ (Rust, 1978) نقل از (Mial, 1996)



نمودار ۷-۲- ارتباط بین ضریب پیچش و درصد شیب (شام و خان ۱۹۷۲،

اقتباس از خوئی ۱۳۸۱)

بطور تجربی ثابت شده است که ارتباط مستقیمی بین شیب رودخانه و میزان ضریب پیچش در رودخانه‌ها وجود دارد. این ارتباط به صورت نموداری توسط (شام و خان، ۱۹۷۲، نقل از خوئی، ۱۳۸۱) ارائه شده است (نمودار ۷-۲).

جدول ۷-۱- مشخصات انواع رودخانه‌های عهد حاضر (Rust, 1978، نقل از موسوی حرمی، ۱۳۶۷)

| پیچش                | کانال منفرد (پارامترهای سدی کمتر از ۱) | کانال منفرد (پارامتر سدی بیشتر از ۱) |
|---------------------|--|--------------------------------------|
| کم (کمتر از ۱/۵)    | مستقیم                                 | بریده بریده                          |
| زیاد (بیشتر از ۱/۵) | مماندری                                | آناستوموسینگ                         |

همچنین مورفولوژی رودخانه‌ها عموماً با سرعت، قدرت و بار رسوبی رودخانه و شیب و جنس بستر رودخانه ارتباط دارد (شکل‌های ۷-۱-۱ و ۷-۱-۲).

رودخانه‌های بریده بریده رودخانه‌هایی هستند که در آنها جریان آب در بستر رودخانه توسط جزایر یا موانع کوچکتر جدا شده و دوباره به هم متصل می‌شود. الگوی شریانی (بریده بریده) در نتیجه تشکیل سدها یا موانعی است که جریان آب رودخانه را تقسیم می‌کند. عرض این رودخانه نسبت به عمق آنها زیادتر است. بار بستر قسمت اعظم بار رسوبی را تشکیل می‌دهد و متشکل از شن و ماسه است (فیض‌نیا و احمدی، ۱۳۷۸). معمولاً سواحل اینگونه رودخانه‌ها مرتب در حال فرسایش است. شیب منطقه این نوع رودخانه نسبتاً تند بوده و غالباً پلان آنها بصورت کانالهای متعددی دیده می‌شود که بین آنها را جزایر کوچک و بزرگ آبرفتی تشکیل می‌دهند.

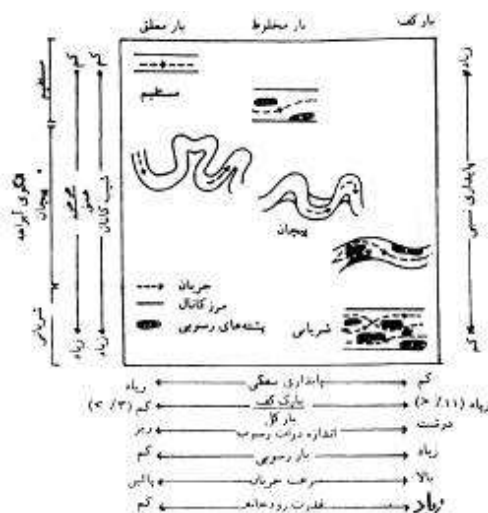
دلایل بوجود آمدن این نوع رودخانه‌ها مربوط به ورود رسوبات بیش از ظرفیت حمل رودخانه و شیب تند رودخانه می‌باشد (لئوپالد و ولمن، ۱۳۷۵، به نقل از خواجه ساهوتی، ۱۳۷۴).

#### ۷-۱ - عوارض موجود در بستر رودخانه جاجرود

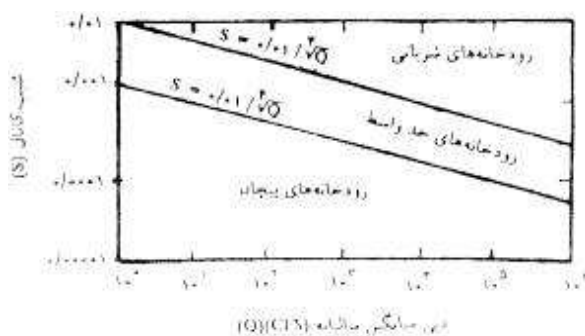
از اشکالی که در بستر رودخانه به چشم می‌خورد، سدهای داخل کانال رودخانه است. این سدها از اختصاصات



رودخانه‌های بریده بریده می‌باشد و بصورت زیر تقسیم‌بندی شده‌اند (Reineck, 1980).



شکل ۷-۱-۱ تقسیم‌بندی رودخانه‌ها بر اساس ویژگی‌های جریان بستررودخانه (احمدی، فیض‌نیا، ۱۳۷۸).



شکل ۷-۱-۲ طبقه‌بندی رودخانه‌ها بر اساس دبی آب و آبراهه (احمدی، فیض‌نیا، ۱۳۷۸).

سدهای طولی: این سدها به صورت طولی در جهت جریان آب تشکیل می‌شوند. جریانهای بوجود آورنده آنها یک طرف بوده و معمولا در مناطق کم عمق و آرام تشکیل می‌شوند. سدهای غالب در جاجرود از این نوع اند و در محدوده مورد مطالعه به تعداد زیاد قابل مشاهده هستند (عکس ۷-۱).



عکس ۷-۱- سد طولی در نزدیکی روستای اوشان

سدهای عرضی: این سدها در اثر انباشتگی رسوبات بصورت مداوم و آرام تشکیل می‌شوند. قسمت جلویی آنها حالتی زبانی داشته و انتهای آنها حالت تخت به خود می‌گیرد. این سدها در جاجرود به ندرت دیده می‌شود فقط چندین مورد در پائین دست محدوده قابل مشاهده است (عکس ۷-۲).

سدهای قطری: این سدها در جریانهای نامتقارن تشکیل می‌شوند و محور طولی آنها با جهت اصلی جریان رودخانه به حالت موازی نمی‌باشند (عکس ۷-۲) این نوع سدها نیز در جاجرود به ندرت در نزدیکی پل لشکرک دیده می‌شود.

سدهای حاشیه‌ای: همچنان که از اسم این سدها پیدا است، در قسمتهای کناری رودخانه تشکیل می‌شوند که ممکن است به دیواره رودخانه چسبیده باشد یا کانالی ما بین دیواره و سد وجود داشته باشد. از این سدها در پائین دست و بالا دست محدوده مورد مطالعه دیده می‌شود (عکس ۷-۳).

سدها در داخل رودخانه جاجرود به جز در برخی مناطق ثابت نبوده و بطور فصلی و با کم و زیاد شدن دبی رودخانه تغییر مکان می‌دهند. علت بوجود آمدن این نوع رودخانه‌ها ورود رسوبات بیش از ظرفیت حمل رودخانه و شیب تند رودخانه می‌باشد



عکس ۷-۳- سد عرضی و قطری نزدیک پل لشکرک



عکس ۷-۳- سد حاشیه‌ای قبل از سد لتیان



عکس ۷-۴- نمایشی از رودخانه جاجرود (دید به سمت غرب)

### از مطالعاتی که در منطقه انجام شد نتایج زیر بدست آمد:

- از مطالعات مورفوسکوپی ذرات این نتیجه حاصل گردید که شکل ذرات در طول رودخانه دستخوش تغییراتی است که این تغییرات از روند خاصی تبعیت نمی کنند. این امر دلایل گوناگونی دارد که می توان به موارد زیر اشاره کرد. با توجه به اینکه رسوبات جاجرود از لیتولوژی های متنوعی بوجود آمده اند و آبراهه های فراوانی در طول محدوده مورد مطالعه به رودخانه اضافه می گردد، طبیعی است تغییرات فرم ذرات روند خاصی نداشته باشد. چرا که با وجود اضافه شدن شاخه های متعدد، ذراتی با ترکیب شیمیایی و کانی شناسی متفاوت به رودخانه اضافه می شود که مقاومت، اندازه و شکل اولیه متفاوتی دارند. علاوه بر آن مسافتی را که ذرات مطالعه شده طی کرده اند، متفاوت بوده و نتیجتاً اثرات سایشی و خوردگی در آنها یکسان نخواهد بود.

- از آنچه که تاکنون در مورد ژئومورفولوژی رودخانه جاجرود گفته شد چنین بر می آید که، این رودخانه در محدوده مورد مطالعه با میانگین ضریب پیچش  $1/10$  و شیب متوسط  $4\%$  و وجود سدهای فراوان در بستر خود (پارامتر سدی بیشتر از ۱)، میانگین دبی سالیانه  $119/7$  متر مکعب بر ثانیه در شهریور ماه و حداکثر آن  $208/6$  متر مکعب بر ثانیه در اردیبهشت ماه، نوع بار رسوبی (فاقد بار معلق)، یک رودخانه بریده بریده با بستر گراولی - ماسه ای است (عکس ۱۰-۳).

- مقدار کانیهای سنگین از بخش ابتدای مسیر (نمونه L) به سمت انتهای مسیر (نمونه D) کاهش می یابد، بطوریکه این مقدار در ابتدای مسیر  $68/0\%$  و در انتهای مسیر  $18/0\%$  می باشد. بنابراین چنین به نظر می رسد که کانیهای سنگین به دلیل وزن مخصوص بالا، بیشتر در بخشهای ابتدایی مسیر رسوب می کنند و به طرف انتهای مسیر مقدار آنها کاهش می یابد. همچنین مقدار کانیهای سنگین مغناطیسی (اکسیدهای آهن) از ابتدا به سمت انتها

کاهش می‌یابد که علت آن جرم مخصوص بالای آنها و رسوب بیشتر آنها در ابتدای مسیر می‌باشد.

- با توجه به نوع کانیهای سنگین که در نمونه‌های رسوبی یافت شده است (جداول ۳-۱ و ۳-۲) می‌توان نتیجه گرفت منشأ رسوبات بستر رودخانه جاجرود سازند کرج است.

### منابع و مآخذ:

- ۱- ارزانی، ن، ۱۳۷۴، آزمایشگاه رسوبشناسی، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۴۰ صفحه.
- ۲- احمدی، ح، فیض‌نیا، س، ۱۳۷۸، سازندهای دوره کواترنر (مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی)، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۷ صفحه.
- ۳- تاکر موریس ای، ۱۳۷۳، سنگ‌شناسی رسوبی (مقدمه‌ای بر منشأ سنگهای رسوبی)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۳، ۴۹۳ صفحه.
- ۴- خواجه ساهوتی، ع، ۱۳۷۴، بررسی پدیده پیچانه‌رود در رودخانه کرخه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم ۱۴۲ صفحه.
- ۵- خوبی، م، ۱۳۸۱، بررسی رسوب‌شناسی و ژئومورفولوژی و محیط رسوبی رودخانه آقچای (از روستای علی شیخ تا سد مخزن آقچای)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم ۱۳۱ صفحه.
- ۶- درویش‌زاده، ع، ۱۳۷۰، زمین‌شناسی ایران؛ نشر دانش ۹۰۱ صفحه.
- ۷- فتحی اسپوند، ر، ۱۳۷۹، بررسی رسوب‌شناسی و منشأ رسوبات و محیط رسوبی، نهشته‌های کواترنری دشت کرج - شهریار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۵۷ صفحه.
- ۸- موسوی حرمی، ر، ۱۳۶۷، رسوب‌شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی ۴۷۶ صفحه.
- ۹- معتمد، ا، ۱۳۷۴، رسوب‌شناسی، انتشارات دانشگاه تهران ۳۲۴ صفحه.
- ۱۰- نبوی، م. ح.، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، ۱۳۵۵، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ صفحه.
- ۱۱- موسوی حرمی، ر، ۱۳۷۹، آیا امکان دارد دانه‌بندی به سمت پائین‌دست رودخانه درشت شود؟، چهارمین گردهمایی انجمن زمین‌شناسی ایران - تبریز.
- ۱۲- بوربوری، ف، ۱۳۸۲، رسوبشناسی و رسوبدهی رودخانه جاجرود (در بالا دست سد لتیان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم ۱۱۹، صفحه.

13- Rust, B. R., 1978, Depositional Models for Sedimentology, Can Soc Petrol Geol Men 5: 605-625.

14-Reineck, H. E. and Singh, I. B., 1986, Depositional Sedimentary environmenta, Springer Verlaye, 551 P(1980).

15-Schumm, S. A., 1980, Plan form of Alluvial rivers, In: S., Prakshan (ed), Proceeding of

alluvial river problems, held at roovkee, New Delhi, India, 4: 1-21.

16-Tucker, M. E., 1981, Sedimentary petrology: An introduction Blackwell scientific pub. London. 252 p.

17-Tucker, M. E., 1988, Techniques in Sedimentology: Blackwell scientific pub.

18-Miall, A. O., 1996, The Geology of Fluvial Deposits, Springer Verley Pub, 582 P.

19-Leopold, L.B. & Wolman, M.G., 1960, River meanders. Geol. Soc. Of Am. Bull., 71: 769-794.