

جغرافیا و توسعه شماره ۳۲ پاییز ۱۳۹۲

وصول مقاله : ۱۳۹۰/۴/۱۰

تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۹/۱۴

صفحات : ۱۵-۲۸

بررسی تأثیر دیاپیرها بر شور شدن منابع آب و خاک

مورد: دیاپیر حوضی رودخانه‌ی شور کاکان یاسوج

مجید خزایی^۱، محسن پادیاب^۲، دکتر سادات فیض‌نیا^۳

چکیده

گنبد‌های نمکی زاگرس یکی از مهم‌ترین مناطق معرف پدیده‌ی دیاپیرسم در ایران و جهان است. دیاپیر منطقه‌ی کاکان یکی از دیاپیرهای سری هرمز محسوب می‌شود ولی تأثیر مخربی که بر کیفیت آب و خاک منطقه دارد، از منظر منابع طبیعی معرفی نشده است. لذا به منظور محرز شدن تأثیر این دیاپیر بر منابع آبی و خاکی منطقه، اقدام به نمونه‌برداری آب و خاک گردید. برداشت نمونه آب، طی زمان‌ها و مکان‌های مختلف و به صورت کاملاً تصادفی انجام شد؛ به طوری که تراکم نمونه‌ها در نزدیکی دیاپیرها بیش تر بود. همچنین دبی جریان آب مربوط به هر نقطه نیز اندازه‌گیری گردید.

نتایج سنجش و آنالیز، خصوصیات شیمیایی نمونه‌های آب و خاک نشان داد که دیاپیر موجود در حوضی مورد مطالعه هر چند که از وسعت زیادی برخوردار نمی‌باشد و طول کمی از رودخانه از حاشیه‌ی آن می‌گذرد ولی تنها عامل شوری آب رودخانه شور می‌باشد که با توجه به شرایط هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی میزان تأثیر آن متفاوت می‌باشد.

در واقع دیاپیر منطقه از نوع فعال بوده که بسته به شرایط آب و هوایی سالانه، می‌تواند تخریب بسیار شدیدی در منطقه ایجاد کند. نتایج تحلیل‌های آماری نیز نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار بین خصوصیات کیفی آب رودخانه در قبل و بعد از بارندگی می‌باشد ($P < 0/05$). همچنین نتایج ماتریس همبستگی ارتباط معنی‌داری بین خصوصیات کیفی آب با میزان دبی در بعد از بارندگی را نشان داد ($P < 0/05$) در صورتی که قبل از بارندگی ارتباط معنی‌داری مشاهده نگردید. به دلیل کم بودن وسعت منطقه‌ی تأثیرگذار بر کیفیت آب و به سبب آن تخریب خاک، می‌توان گفت که با کنترل آب خروجی چشمه‌های نمکی و نیز ایجاد پوشش برای بستر آبراهه در محدوده‌ی دیاپیر، میزان تخریب آب و خاک تا حد زیادی در منطقه و نیز در مناطق پایین دست کاهش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: دیاپیر، خصوصیات شیمیایی، کیفیت آب، کاکان، یاسوج.

مقدمه

املاحی که در رسوبات و منابع مختلف موجود در خشکی وجود دارد به وسیله‌ی آب به صورت محلول درآمد و روانه‌ی منابع مختلف آبی از جمله رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی می‌شود (فیض‌نیا، ۱۳۷۸: ۵۷).

عوامل مهمی از جمله وجود مارن‌های تبخیری، دی‌پیرها و معادن نمک و گچ در کیفیت منابع آب و خاک مؤثرند (فیض‌نیا، ۱۳۷۸: ۵۷). از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت منابع آب، چشمه‌های شوری هستند که از سازندهای شور سرچشمه می‌گیرند (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۸: ۸۸). در این بین مهم‌ترین دلایل کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها، به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده آب شرب، کشاورزی، وجود دی‌پیرهای منفرد و مجزا و بعضاً پیوسته در طول مسیر رودخانه‌های ایران می‌باشد که به‌موجب شور شدن و کاهش کیفیت آب این منابع عظیم، خاک گران‌بهای کشاورزی نیز به سبب استفاده از آب با کیفیت پایین به‌وسیله‌ی آبیاری غلط و بعضاً اجباری، توسط زارعان و بهره‌برداران، شور شده و حاصل‌خیزی و باروری خود را از دست می‌دهد (فیض‌نیا، ۱۳۷۸: ۵۷). دی‌پیریسم به فرآیندی گفته می‌شود که مواد با وزن مخصوص کم‌تر از طبقات زیرین زمین، سطوح فوقانی زمین را شکافته و در سطح زمین ظاهر می‌شوند (حجتی، ۱۳۷۷: ۲۳). در پهنه‌ی ایران دی‌پیرهای کوچک و بزرگ زیادی وجود دارد که تاکنون به صورت جامع مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند. بسیاری از این دی‌پیرها، در عین کوچک بودن و قرار گرفتن در سطحی محدود، قدرت تأثیرگذاری زیادی در تخریب منابع آب و خاک و تخریب منابع طبیعی دارا می‌باشند (فیض‌نیا، ۱۳۷۶: ۵۸-۴۷). محدوده‌ی اصلی این دی‌پیرها مناطق فرورفته و چین‌خورده‌ی زاگرس مرکزی می‌باشد که سن آن‌ها به پرکامبرین بازمی‌گردد (Servati, 2001:100)

بررسی‌های صورت گرفته توسط محققان مهم‌ترین عامل مؤثر در شورشدن فلات ایران را وجود سازندهای زمین‌شناسی حاوی گچ، نمک و سازندهای تبخیری دانستند (ارفع‌نیا، ۱۳۷۷: ۱۰۵؛ حجتی، ۱۳۷۷: ۲۳؛ فیض‌نیا، ۱۳۷۸: ۵۷).

از طرفی رواناب‌هایی که از مناطق بالادست به سمت مناطق پایین‌دست جاری می‌شوند به‌دلیل عبور از میان سازندهای شور، کیفیت نامناسبی برای شرب و کشاورزی به‌وجود می‌آورند (خسروشاهی، ۱۳۸۶: ۲۱).

دی‌پیرها در هر اقلیمی می‌توانند وجود داشته باشند. در واقع وجود دی‌پیر در مناطق کوهستانی و بالادست به‌دلیل زیاد بودن میزان بارندگی در این مناطق، حجم بیشتر رواناب و حمل مقادیر زیاد دی‌پیرها می‌تواند خیلی بحرانی‌تر از سایر مناطق باشد که منطقه‌ی مورد مطالعه نیز با قرار گرفتن در زاگرس مرکزی به‌عنوان یکی از مناطق کوهستانی حاوی این دی‌پیرها می‌باشد (حجتی، ۱۳۷۷: ۲۱).

در همین راستا آگاهی از محل و موقعیت این سازندها و شبکه‌ی رودخانه‌هایی که به‌وسیله‌ی این منابع، آلوده می‌شود و نیز سنجش میزان تأثیر این سازندها بر کیفیت آب و مشخص شدن مناطق بحرانی از این نظر می‌تواند سرفصل بسیاری از طرح‌های تحقیقاتی و مقالات پژوهشی مربوط به آن را تشکیل دهد. به طوری که در همین ارتباط پژوهش‌های زیادی در سراسر جهان صورت گرفته است.

طهماسبی (۱۳۷۷: ۶۷) به بررسی عوامل مؤثر در شور شدن منبع آب و خاک در حوضه‌ی رودخانه‌ی اشتهارد پرداخته و با نمونه‌برداری از آب بالادست و پایین‌دست سازندهای مختلف، گنبد‌های نمکی، سازندهای مارنی و معادن گچ و نمک را از عوامل اصلی زمین‌شناسی تخریب‌کننده کیفیت آب‌های سطحی معرفی نموده است. زائو^۱ و همکاران (2004: 1030) با

از قبیل تسلط آب و هوای نیمه خشک، تبخیر زیاد، بالا آمدن آب زیرزمینی شور و جریان آب‌های سطحی شور موجب تشدید فرآیند شوری و گسترش زمین‌های نمکی دشت سراب به طرف دشت تبریز می‌شوند.

بوستانی و همکاران (۱۳۸۱: ۹۳-۸۴) اثر گنبدهای نمکی را بر منابع آب منطقه‌ی دهرم استان فارس مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در فصول تر مقدار هدایت الکتریکی کاهش می‌یابد ولی غلظت سولفات و کلسیم در آن‌ها افزایش می‌یابد. معیری و احمدی‌نژاد (۱۳۸۵: ۴۵-۳۳) پدیده‌ی دیاپیرسیم و تأثیر آن را بر آلودگی رودخانه‌ی شور دهرم مورد بررسی قرار داده و معتقدند که چشمه‌های شوری که خود از گنبدهای نمکی سرچشمه می‌گیرند باعث غیر قابل مصرف شدن آب چه از نظر شرب و چه از نظر کشاورزی می‌شوند. بررسی وضعیت کیفی آب حوزه‌ی آبخیز قره‌چای همدان با استفاده از شاخص لائزلیر توسط بیات ورکشی و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که آب تمامی ایستگاه‌های این حوزه دارای خاصیت رسوب‌گذاری و غالب بودن تیپ کربنات کلسیم و سولفات است.

بهرامی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی تأثیر سازند شور گچساران بر کیفیت آب رودخانه‌ی زهره در کهگیلویه و بویراحمد به این نتیجه رسیدند که شوری آب رودخانه‌ی زهره در فصل خشک افزایش یافته که علت را می‌توان به کاهش دبی رودخانه و جریان چشمه‌های شور ناشی از سازند گچساران نسبت داد که اثرات کیفی این چشمه‌ها با کاهش دبی رودخانه نمایان‌تر می‌شود.

دیاپیر منطقه‌ی کاکان یکی از گنبدهای سری هرمز محسوب می‌شود که با تأثیر مخربی که بر کیفیت آب دارد هنوز از منظر منابع طبیعی به‌طور جامع معرفی نشده است. وجود این گنبد در حوضه سبب شده آب با کیفیت و مطلوب حاصل از چشمه‌ها، باران و ذوب برف

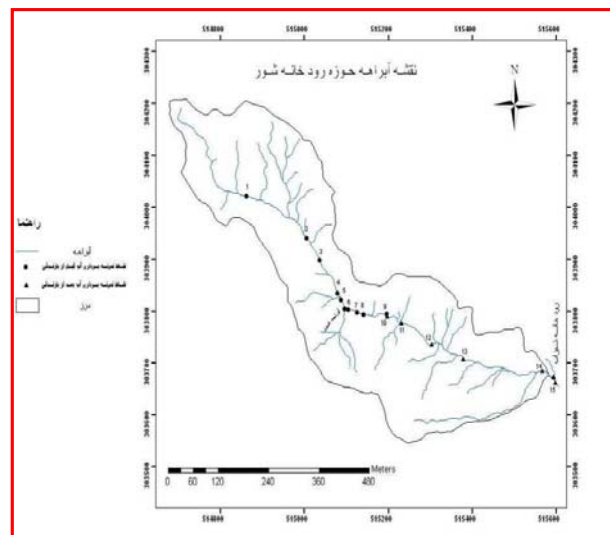
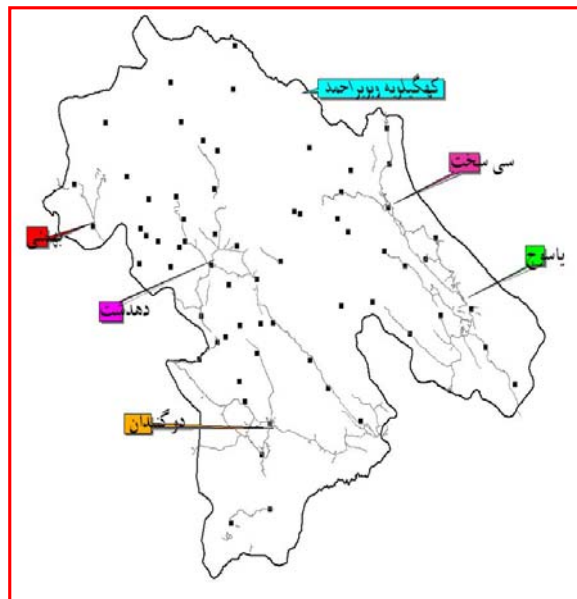
انجام آنالیز روی داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی کیفی آب رودخانه هوتان چین بدین نتیجه رسید که از روی خصوصیات کیفی آب از جمله شوری، سختی، قلیائیت و... می‌توان غلظت املاح را برآورد کرد. بررسی‌های بر روی تغییرات کیفیت آب در سرشاخه‌ها و مقاطع مختلف رودهای غرب حوضه مرکزی (قم-کاشان) و تعیین علل زمین‌شناسی مؤثر در شوری منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط فیض‌نیا (۱۳۷۸: ۵۷-۵۰) نشان داد که از مهم‌ترین عوامل مؤثر در شوری آب رودخانه‌های این حوضه مارن‌های تبخیری، گنبدهای نمکی و معادن گچ و نمک است. در مطالعه‌ی دهقان (۱۳۸۳: ۱۳-۶۲) نقش گنبد نمکی بوشهر در بیابان‌زایی را بررسی نموده است که در این مطالعه تأثیر مستقیم گنبد نمکی دشتی بر کیفیت آب و خاک منطقه مطرح گردیده است. ارفع‌نیا و صفایی (۱۳۸۴: ۲۵-۱۵) با بررسی دیاپیرهای حوضه‌ی کلوت در اردکان مشاهده کردند که در مرکز حوضه توده‌های نمک اغلب به صورت دیاپیرهای سوراخ‌کننده در لایه‌های پوششی نفوذ کرده و در سطح زمین ظاهر شده‌اند که اغلب به‌طور هم‌روند با محور تاقدیس‌ها و یا در امتداد گسل‌های موجود در لایه‌های پوششی، تشکیل شده‌اند. در بررسی انجام شده به وسیله مهندسین مشاور سدراپ فارس (۱۳۸۵) علل شوری رودخانه‌ی فیروزآباد بر اساس اندازه‌گیری دبی کیفیت آب رودخانه‌ی فیروزآباد و شعبه‌های شور آن، منشأ شوری رودخانه را اغلب چشمه‌های آب گرم معدنی عنوان نمود که در مسیر عبور از گنبدهای نمکی، غلظت آن‌ها افزایش یافته و همراه با چشمه‌های شور فصلی باعث تخریب کیفیت آب رودخانه فیروزآباد می‌گردد.

کرمی و رستم‌زاده (۱۳۸۵: ۳۳۱-۳۱۵) با مطالعه‌ی علل شور شدن اراضی دشت سراب گزارش نمودند که با وجودی که شور شدن اراضی دشت سراب منشأ زمین‌شناسی دارد، ولی مشارکت و دخالت عوامل دیگر

مواد و روش‌ها منطقه‌ی مطالعاتی

حوضه‌ی مورد مطالعه در زیر زون زاگرس مرتفع و شمال غربی شهر یاسوج واقع شده است (شکل ۱). به طوری که موقعیت جغرافیایی "۵۳° ۴۶' ۵۱" تا "۱۷° ۵۶' ۵۱" طول شرقی و "۳۰° ۴۲' ۱۲" تا "۳۰° ۴۲' ۱۲" عرض شمالی را به خود اختصاص داده است.

با گذشتن از این دیپایر شور شده و کیفیت خود را از دست بدهد (مخصوصاً در فصول خشک). رودخانه‌ی شور که یکی از سرشاخه‌های اصلی رود کر است از این حوضه سرچشمه می‌گیرد. تحقیق حاضر سعی بر آن دارد تا با معرفی این پدیده‌ی طبیعی، تأثیر آن بر کیفیت آب منطقه به صورت علمی کاملاً آشکار کند.



شکل ۱: نمایی از محدوده‌ی مورد مطالعه در ایران و استان

ماخذ: نگارندگان

اقتصادی استفاده می‌شود، به طوری که در مواقع مساعد برای نمک‌گیری، آب چشمه را به سمت کرت‌های استحصال منحرف کرده و پس از آبیاری کرت‌ها، آب چشمه دوباره به سمت رودخانه منحرف می‌شود (شکل ۱). نمک به دست آمده دارای مقدار زیادی گوگرد می‌باشد (سازمان صنایع و معادن کهگیلویه و بویراحمد، ۱۳۸۱). اهالی منطقه و نیز اداره‌ی راه و ترابری (به منظور جلوگیری از یخ‌زدن جاده‌ها) از این نمک استفاده می‌کنند. به نظر می‌رسد که با وجود توصیه‌های بهداشتی برای عدم مصرف خوراکی این نمک، اهالی منطقه توجهی به این موضوع ندارند.

روش تحقیق

با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی یاسوج با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه تهیه شد (شکل ۲) و محدوده‌ی حوضه روی آن مشخص گردید. با تفسیر نقشه‌ی زمین‌شناسی و بازدیدهای صحرائی هفت واحد زمین‌شناسی از قدیم به جدید به شرح زیر تشخیص داده شد:

الف: مجموعه هرمز (Hormoz complex) (S_1) P \in h

ب: سازند گورپی (Gurpi formation) (S_2)

ج: سازند تاربور (Tarbur formation) (S_3)

د: سازند پابده- گورپی (Pabdehgurpi formation) (S_4)

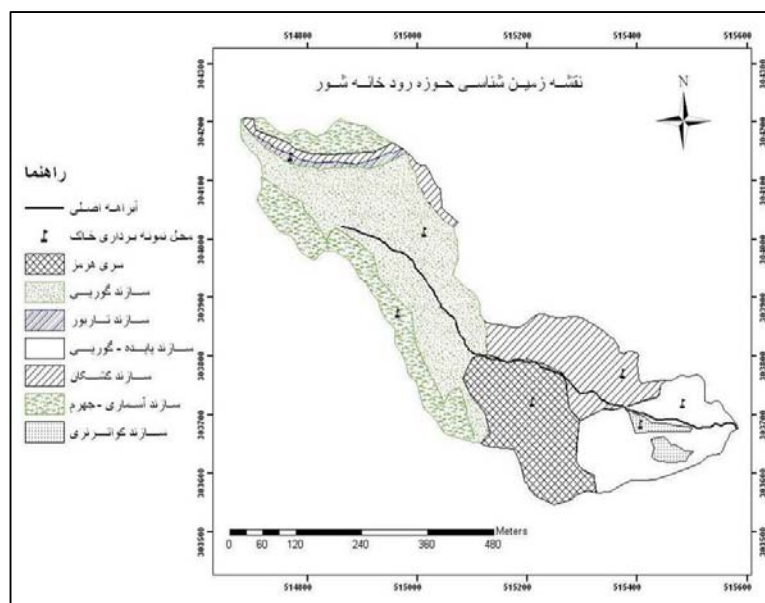
ه: سازند کشکان (Kashkan formation) (S_5)

و: سازند آسماری- چهارم (Asmari-jahrum formation) (S_6)

ز: سازند کوتاه‌تر (S₇)

اقلیم منطقه‌ی مرطوب سرد می‌باشد و از مناطق برفگیر زاگرس محسوب می‌شود که در فصول مرطوب از آبدهی بالایی برخوردار است. چندین چشمه‌ی آب شور در دامنه‌ها و ارتفاعات قسمت میانی حوضه وجود دارد که مستقیماً وارد آبراهه‌ی اصلی می‌شوند. در واقع آب‌های با کیفیت خوب حاصل ذوب برف یا باران و یا چشمه‌ها در حین حرکت به سمت خروجی حوضه از سازند نمکی و چشمه‌های شور عبور کرده و کیفیت کاملاً نامطلوبی را، مخصوصاً در فصول خشک که میزان آب کمی در جریان است به خود می‌گیرد و به خروجی حوضه که رودخانه‌ی تیزاب نیز به آن می‌پیوندد، می‌رسد (شکل‌های ۳ و ۴).

رودخانه‌ی شور یکی از سرشاخه‌های اصلی رود کر محسوب می‌شود که در نهایت به دریاچه‌ی شور بختگان می‌ریزد. به طور کلی پوشش گیاهی منطقه از نوع بوته‌ای و درختچه‌ای است و در مسیر رودخانه‌ی مورد مطالعه چند روستا به نام پهنه بهی، خارستان علیا و سفلی و جمال بیگ وجود دارد که فعالیت اصلی آن‌ها باغداری و زراعت غلات است. بعد از گذشت آب حوضه از دیاپیر، تقریباً هیچ گونه استفاده‌ای از آب آن نمی‌شود (مخصوصاً در فصول کم‌آبی) حتی دام مجاز به استفاده از آب آن نیست. در حواشی رودخانه وسعت زیادی از باغ‌های میوه (مخصوصاً سیب) موجود است که به علت زیاد بودن بارندگی در فصول مرطوب محدودیت آشکاری برای ایجاد آن‌ها وجود ندارد. مهم‌ترین چشمه‌ی شور در ارتفاعات میانی واقع شده است که از آن برای استحصال نمک و بهره‌برداری



شکل ۲: نقشه زمین شناسی همراه با نقاط نمونه برداری خاک حوزه رودخانه شور
مأخذ: نگارندگان

حوضه‌ی مورد مطالعه به آب خروجی می‌پیوندد، برداشت شد. نمونه‌های برداشت شده برای اندازه‌گیری و آنالیز متغیرهای شیمیایی (ذکر شده برای نمونه‌های خاک) به آزمایشگاه منتقل شدند. شکل‌های (۱) و (۲) موقعیت محل‌های نمونه برداری آب و خاک را بر روی نقشه‌ی زمین شناسی و آبراهه حوضه نشان می‌دهد. آنالیز آزمایشگاهی خصوصیات شیمیایی نمونه‌های آب و خاک برداشته شده در حوزه‌ی آبخیز شور نیز به روش‌های مرسوم آزمایشگاهی به دست آمده‌اند.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی نقش گنبد‌های نمکی بروی خصوصیات شیمیایی آب حوزه‌ی رودخانه‌ی شور در قبل و بعد از بارندگی با استفاده از آزمون مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش تی‌جفتی در نرم‌افزار SPSS18 تجزیه و تحلیل‌ها صورت گرفت. همچنین به منظور بررسی همبستگی بین خصوصیات شیمیایی اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون همبستگی بین داده‌ها در نرم‌افزار SPSS18 نتایج استخراج شد.

به منظور بررسی تأثیر سازند بر آب و برعکس، از میانه‌ی هر کدام از واحدهای مذکور در عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متری خاک اقدام به نمونه برداری گردید که پس از تهیه‌ی عصاره‌ی اشباع از نمونه‌ها با انجام آزمایش‌های مربوطه، متغیرهایی مانند EC، PH، نسبت جذب سدیم (sodium adsorption ration, SAR)، آنیون‌های سولفات (SO₄)، کلر (Cl)، کربنات (CO₃)، بیکربنات (HCO₃) و کاتیون‌های کلسیم و منیزیم (Ca+Mg)، سدیم (Na) و پتاسیم (K) اندازه‌گیری شد و نیز به منظور بررسی تغییرات کیفیت آب از بالا دست حوضه تا خروجی آن اقدام به نمونه برداری آب رودخانه گردید. انتخاب محل نمونه‌های آب کاملاً تصادفی بود و در محدوده‌ی دیاپیر تعداد نمونه برداری بیش‌تر شد.

برای اندازه‌گیری دبی هر نقطه در بعضی نقاط از روش حجمی و در بعضی نقاط از روش سطح مقطع استفاده شد (مهدوی، ۱۳۹۰: ۱۷۲). برداشت نمونه‌های آب طی چندین روز صورت گرفت. همچنین چند نمونه از آب آبراهه‌ی شور دیاپیر که به رودخانه می‌پیوندد و چند نمونه نیز از آب رودخانه تیزاب که در انتهای

نتایج

رودخانه‌ی حوزه‌ی آبخیز شور در جدول (۱) تا (۴) ارائه شده است.

نتایج آنالیز خصوصیات شیمیایی نمونه‌های آب و خاک برداشت شده از سازندهای زمین‌شناسی و

جدول ۱: نتایج آنالیز نمونه‌های آب قبل از بارندگی

Discharge	Ph	Ec	Cco3	Hco3	Ca Mg	Cl	So4
لیتر در ثانیه		میکروموس در لیتر	میلی اکی والان در لیتر				
۴/۰۰	۷/۵۰	۵۰۰/۰۰	۱/۰۰	۴/۱۴	۷/۲۰	۲/۰۰	۴۳/۲۲
۲/۵۰	۷/۳۰	۴۰۰/۰۰	۰/۹۰	۵/۱۶	۸/۲۰	۴/۰۰	۴۸/۰۰
۳۰/۰۰	۷/۶۰	۳۰۰/۰۰	۰/۸۰	۲/۷۰	۵/۶۰	۴/۰۰	۴۸/۰۰
۵/۰۰	۷/۵۰	۴۰۰/۰۰	۰/۵۰	۴/۵۰	۶/۴۰	۶/۰۰	۴۷/۲۰
۲/۰۰	۷/۲۰	۱۰۰۰۰/۰۰	۰/۸۰	۴/۶۰	۶/۴۰	۱۶۰/۰۰	۴۰/۸۰
۷/۰۰	۷/۰۰	۶۲۰۰۰/۰۰	۱/۱۰	۴/۳۰	۲۰/۸۰	۱۳۶۰/۰۰	۳۹/۲۰
۱۳/۰۰	۷/۱۰	۶۳۰۰۰/۰۰	۱/۸۰	۴/۳۰	۲۰/۸۰	۱۳۷۰/۰۰	۴۱/۶۰
۱۶/۰۰	۷/۲۰	۶۶۰۰۰/۰۰	۲/۲۰	۳/۹۰	۲۰/۸۰	۱۴۴۰/۰۰	۴۰/۸۰
۱۶/۰۰	۷/۲۰	۶۶۰۰۰/۰۰	۱/۳۰	۴/۷۰	۲۰/۰۰	۱۴۰۰/۰۰	۳۶/۸۰

مأخذ: نگارندگان

جدول ۲: نتایج آنالیز نمونه‌های آب بعد از بارندگی

Discharge	Ph	Ec	Co3	Hco3	Ca Mg	Cl	So4
لیتر در ثانیه		میکروموس در لیتر	میلی اکی والان در لیتر				
۵۰/۰۰	۷/۰۰	۴۵۰۰۰/۰۰	۱/۱۰	۳/۷۰	۱۶/۰۰	۶۸۰/۰۰	۳۲/۸۰
۵۰/۰۰	۷/۰۰	۴۰۰۰۰/۰۰	۰/۹۰	۳/۷۰	۱۶/۰۰	۷۱۰/۰۰	۳۲/۰۰
۶۰/۰۰	۶/۹۰	۴۳۰۰۰/۰۰	۰/۷۰	۳/۷۰	۲۰/۰۰	۸۱۰/۰۰	۱۸/۴۰
۷۰/۰۰	۶/۸۰	۵۹۰۰۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۹۰	۳۰/۴۰	۱۳۴۰/۰۰	۱۶/۸۰
۸۰/۰۰	۶/۸۰	۷۶۰۰۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۵۰	۴۴/۸۰	۱۸۱۰/۰۰	۱۵/۲۰
۸۵/۰۰	۶/۸۰	۷۶۰۰۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۵۰	۴۰/۰۰	۲۰۴۰/۰۰	۱۰/۴۰

مأخذ: نگارندگان

جدول ۳: نتایج آنالیز نمونه‌های آب آبراهه‌ی شور (قبل از بارندگی) و رودخانه‌ی تیزاب (بعد از بارندگی)

Discharge	So4	Cl	Ca Mg	Hco3	Co3	Ec	Ph	نام محل نمونه‌برداری
لیتر در ثانیه	میلی اکی والان در لیتر					میکروموس در لیتر		
۵/۰۰	۴۰/۰۰	۲۲۵۰/۰۰	۳۰/۴۰	۴/۵۰	۰/۰۰	۶۳۰۰۰/۰۰	۶/۹۰	آبراهه شور
۶/۰۰	۴۵/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۹۰	۰/۶۰	۱۴۰۰/۰۰	۷/۳۰	رودخانه تیزاب

مأخذ: نگارندگان

جدول ۴: نتایج آنالیز نمونه‌های خاک بر اساس واحدهای زمین‌شناسی

So4	Sar	Ca Mg	Hco3	Co3	Ec	Ph	شماره سازند زمین‌شناسی
میلی اکی والان در لیتر					میکروموس در لیتر		
۶۵/۶۰	۷/۵۰	۲/۴۰	۲/۶۰	۰/۰۰	۲۵۰/۰۰	۷/۲۰	S1
۶۵/۶۰	۳/۲۰	۲/۴۰	۲/۲۲	۰/۰۰	۲۰۰/۰۰	۷/۳۰	S2
۶۶/۴۰	۰/۲۱	۵/۶۰	۱/۹۴	۰/۰۰	۳۷۰/۰۰	۷/۲۰	S3
۶۳/۲۰	۰/۳۳	۲/۴۰	۲/۱۶	۰/۰۰	۲۲۰/۰۰	۷/۲۰	S4
۶۵/۴۰	۳/۶۵	۲/۴۰	۱/۶۲	۰/۵۲	۲۴۰/۰۰	۷/۱۰	S5
۶۶/۴۰	۵/۸۰	۴/۰۰	۲/۳۲	۰/۰۰	۳۳۰/۰۰	۷/۲۰	S6
۶۰/۸۰	۱۰/۳۰	۴/۰۰	۲/۶۰	۰/۰۰	۳۳۰/۰۰	۷/۴۰	S7

مأخذ: نگارندگان

طی بارندگی رخ داده می‌باشد که این تغییر در کلیه‌ی نمونه‌های دیگر تا انتهای حوضه مشاهده می‌شود به همین دلیل به منظور مقایسه‌ی نسبت میزان تغییرات برای قبل و بعد از بارندگی از نقطه W₉ مجدداً برداشت آب (W₁₀) انجام شد. در واقع از نقطه W₁₂ تا خروجی حوضه نمونه‌های برداشتی خارج از محدوده‌ی دیاپیر می‌باشد که با توجه به نتایج به دست آمده و در نظر گرفتن میزان دبی میزان متغی‌های EC، CL و Ca²⁺ + Mg²⁺ در طی مسیر به سمت خروجی حوضه افزایش نسبی مشاهده می‌شود که این حالت را می‌توان به دلیل افزایش ناگهانی دبی و به سبب آن شسته شدن نمک‌های تجمع یافته در اطراف آبراهه‌ی اصلی و ورود این نمک‌ها به رودخانه و نیز سرعت کم آب و ایجاد حالت ماندابی در بستر آبراهه به سمت پایین دست دانست (جدول ۲). به منظور دستیابی به تأثیر رودخانه‌ی تیزاب در خروجی حوضه بر کیفیت آب رودخانه‌ی شور، یک نمونه آب از آن برداشت شد که نتیجه‌ی آنالیز آن در جدول (۳) درج شده است. در واقع نمونه‌ی آب W₁₅ بعد از اختلاط با رودخانه‌ی تیزاب برداشت شده است (جدول ۲). به دلیل کم بودن دبی رودخانه‌ی تیزاب (در مواقع کم‌آبی) تأثیر زیادی بر کاهش شوری آب رودخانه شور

نمونه‌های آب W₁، W₂، W₃ و W₄ موجود در جدول (۱) قبل از رسیدن به محدوده‌ی دیاپیر برداشت شده است که به طور کلی کیفیت مطلوبی داشته و تغییرات محسوسی را نشان نمی‌دهد ولی میزان سولفات SO₄ این نمونه‌ها نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر می‌باشد. با رسیدن به موقعیت نمونه W₅ محدوده‌ی دیاپیر مشخص می‌شود، علت پایین بودن دبی در این نقطه انحراف آب بالادست توسط اهالی منطقه برای استفاده از آن، قبل از اینکه به محدوده‌ی دیاپیر برسد، می‌باشد. تأثیر کاملاً مخرب دیاپیر بر کیفیت آب مخصوصاً از نظر تغییرات EC کاملاً آشکار است به طوری که میزان کربنات CO₃، EC، Cl و Ca²⁺ + Mg²⁺ از بالادست به پایین دست کاهش می‌یابد. در واقع با نزدیکی به دیاپیر بر میزان متغی‌های CO₃، EC، Cl و Ca²⁺ + Mg²⁺ به میزان زیادی افزوده می‌شود که این روند را جدول (۱) به خوبی نشان می‌دهد. در فاصله‌ی بین W₅ و W₆ آب، آبراهه‌ی شور منشا گرفته از ارتفاعات دیاپیر، وارد رودخانه می‌شود که نتیجه‌ی آنالیز نمونه‌ی آب آن در جدول (۳) درج شده است. نمونه‌های W₉ و W₁₀ از یک نقطه و با فاصله‌ی زمانی یک روز برداشت شد که اختلاف در مقدار متغی‌ها مربوط به افزایش دبی آن

خاک در این قسمت از حوضه، آبیاری غلط است که از عوامل ایجادکننده‌ی شوری ثانویه در خاک محسوب می‌شود. البته می‌توان گفت که این حالت کاملاً موقتی می‌باشد چرا که به علت اقلیم منطقه و برف‌گیر بودن اراضی، هر ساله در نتیجه‌ی ذوب برف و بارش باران آبشویی کامل در خاک صورت می‌گیرد ولی به طور کلی تأثیر منفی شور شدن محرز خواهد بود. با توجه به نتایج دیگر نمونه‌های خاک که از نظر کیفیت از حد مطلوبی برخوردارند، می‌توان گفت که شور شدن آب رودخانه‌ی شور به‌طور کامل تحت تأثیر عوامل تکتونیکی و پدیده دی‌اپیریسم است که خود را به شکل چشمه آب شور نشان داده است. نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها بین نمونه‌های آب در قبل و بعد از بارندگی به روش جفتی و ماتریس همبستگی بین نمونه‌های خاک برداشت شده از نقاط مختلف حوزه و همچنین ماتریس همبستگی بین نمونه‌های آب در قبل و بعد از بارندگی در جداول ۵ تا ۸ ارائه شده‌اند.

ندارد. به طور کلی از نتایج جداول (۱) و (۲) می‌توان برداشت کرد که افزایش شوری آب رودخانه در محدوده‌ی دی‌اپیر تنها مربوط به ورود آبراهه‌ی شور و سایرچشمه‌های کوچک نمایان نمی‌باشد و عوامل دیگری از جمله وجود چشمه‌های پنهانی در بستر رودخانه و نیز وجود پدیده‌ی دی‌اپیریسم در دامنه‌های منتهی به رودخانه (شکل ۲)، در میزان شوری آب و کاهش کیفیت آن مؤثر است. جدول (۴) آنالیز نمونه‌های خاک را بر اساس واحد زمین‌شناسی نشان می‌دهد. به طور کلی، تغییرات متغیرهای SO_4 ، HCO_3 و $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ سنجیده شده بین نمونه‌ها زیاد نمی‌باشد ولی میزان EC و SAR در نمونه خاک S_7 نسبت به سایر نمونه‌ها خیلی زیاد می‌باشد. این حالت نشان‌دهنده‌ی شوری زیاد خاک منطقه است. کاربری این منطقه باغ‌های سیب و زراعت غلات است که با توجه به خشکسالی‌های اخیر در منطقه و مجبور شدن باغداران به استفاده از آب رودخانه‌ی شور به منظور آبیاری اراضی خود، می‌توان گفت که علت شور شدن

جدول ۵: نتایج مقایسه میانگین‌ها بین نمونه‌های آب در قبل و بعد از بارندگی به روش جفتی

آماره تی	سطح معنی‌داری	
۶/۰۲	۰/۰۰۲	قبل و بعد از بارندگی

مأخذ: نگارندگان

جدول ۶: نتایج ماتریس همبستگی بین نمونه‌های آب برداشت شده از رودخانه‌ی شور در قبل از بارندگی

Discharge	Ph	Ec	Co3	Hco3	Ca mg	CL	So4	
							۱	So4
						۱	-۰/۷۸۶*	CL
					۱	۰/۹۹۱**	-۰/۷۴۴*	Ca mg
				۱	۰/۱۱۹	۰/۰۷۳	-۰/۲۳۴	Hco3
			۱	-۰/۰۷۶	۰/۸۰۰**	۰/۷۹۶*	-۰/۵۱۳	Co3
		۱	۰/۷۹۲*	۰/۰۸۲	۰/۹۸۸**	۱/۰۰**	-۰/۸۰۰**	Ec
	۱	-۰/۷۹۲	-۰/۵۳۴	-۰/۴۵۶	-۰/۷۹۱*	-۰/۷۸۷*	۰/۷۳۵*	Ph
۱	۰/۲۵۴	۰/۲۲۹	۰/۲۸۳	-۰/۸۱۱*	۰/۱۸۵	۰/۲۳۴	۰/۰۵۲	Discharge

مأخذ: نگارندگان

جدول ۷: نتایج ماتریس همبستگی بین نمونه‌های آب برداشت شده از رودخانه‌ی شور در بعد از بارندگی

Discharge	Ph	Ec	Co3	Hco3	Ca mg	CL	So4	
							۱	So4
						۱	-۰/۸۵۶*	CL
					۱	۰/۹۸۹**	-۰/۸۵۴*	Ca mg
				۱	-۰/۵۹۳	-۰/۵۷۳	۰/۳۴۷	Hco3
			۱	۰/۲۳۵	-۰/۹۱۲*	-۰/۹۱۰*	۰/۸۹۹*	Co3
		۱	-۰/۸۸۳*	-۰/۵۸۹	۰/۹۹۰**	۰/۹۸۴**	*-۰/۸۰۲	Ec
	۱	-۰/۸۵۹*	۰/۹۷۹**	۰/۲۲۵	-۰/۸۹۲*	-۰/۸۸۲*	۰/۹۵۰**	Ph
۱	-۰/۹۴۰**	۰/۹۶۰**	-۰/۹۳۸**	-۰/۵۱۸	۰/۹۸۰**	۰/۹۸۳**	-۰/۹۳۴۵**	Discharge

مأخذ: نگارندگان

جدول ۸: نتایج ماتریس همبستگی بین نمونه‌های خاک برداشت شده از نقاط مختلف در حوزه‌ی آبخیز

Ph	Ec	Co3	Hco3	Ca mg	Sar	So4		
						۱	So4	
						۱	۰/۴۴۸	Sar
				۱	-۰/۰۶۸	۰/۰۹۴	۰/۰۹۴	Ca mg
			۱	-۰/۰۲۱	۰/۶۹۵	۰/۴۰۹	۰/۴۰۹	Hco3
		۱	-۰/۷۳۹	-۰/۳۲	۰/۰۹۲	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵	Co3
	۱	-۰/۱۷۸	۰/۴۸۷	۰/۲۹	۰/۶۹۳	-۰/۸۳۳*	-۰/۸۳۳*	Ec
۱	۰/۷۸۷*	-۰/۵۹۶	۰/۶۹	۰/۱۹۱	۰/۵۳۴	-۰/۶۶۱	-۰/۶۶۱	Ph

مأخذ: نگارندگان

در همین ارتباط لشتی‌زند و همکاران (۱۳۹۰) و زارع‌ایبانه و نوری (۱۳۸۷) به ارتباط معنی‌دار بین بارش با دبی و سایر پارامترهای کیفی آب پی بردند که همسو با نتایج تحقیق حاضر است.

همچنین ریبرو و اراجو^۱ (2002: 229-237) دبی را به عنوان مهم‌ترین پارامتر تعیین‌کننده کیفیت آب رودخانه بربیب برزیل عنوان کردند. در بین فاکتورهای مورد بررسی میزان HCO₃ با هیچ‌کدام از فاکتورها چه در قبل و چه در بعد از بارندگی رابطه‌ی معنی‌داری را نشان نداده است. نکته جالب آن است که HCO₃ در قبل از بارندگی ارتباط معنی‌دار منفی ولی بعد از بارندگی ارتباط معنی‌داری با دبی را نشان نداده است.

به‌طوری که از نتایج ماتریس همبستگی (جدول ۸) مشاهده گردید بین نمونه‌های خاک در اکثر موارد رابطه‌ی معنی‌داری (P<۰,۰۵) مشاهده نگردید. در صورتی که بین نمونه‌های آب همبستگی معنی‌داری بین اکثر نمونه‌ها پیدا شد.

همانطوری که مشاهده می‌گردد بین نمونه‌های آب و میزان دبی مشاهداتی در قبل از بارندگی هیچ‌گونه (جدول ۶) رابطه‌ی معنی‌داری مشاهده نگردید اما بین نمونه‌های آب و میزان دبی در بعد از بارندگی رابطه‌ی معنی‌داری در اکثر نمونه‌ها مشاهده گردید (جدول ۷) که بدین علت است که در اثر بارندگی بر سطح حوزه آبخیز رودخانه شور گنبد‌های نمکی از هم پاشیده شده و به همراه ذرات خاک به وسیله‌ی رواناب سطحی حمل شده و به رودخانه می‌ریزد.

بحث

عوامل زیادی از جمله عوامل زمین‌شناسی، آب و هوایی، هیدرولوژیکی، آب دریاها و دریاچه‌های شور و اختلاط آن‌ها با آب‌های شیرین و غیره در کاهش کیفیت آب مؤثر می‌باشند. در مناطق کوهستانی به دلیل بالا بودن میزان بارندگی، وجود شیب تند و بافت مناسب خاک اغلب حتی در صورت وجود دی‌اپیرها و چشمه‌های شور، خاک‌ها شور نمی‌شوند، هدایت الکتریکی آب‌ها در حد پایین می‌باشد.

در حوضه‌ی مورد مطالعه نیز چنین وضعیتی وجود دارد ولی با حرکت از این مناطق به سمت اراضی پایین دست به دلایل مختلفی از جمله کاهش بارندگی و شیب، افزایش میزان تبخیر، تغییر در نوع خاک و غیره میزان شوری آب و خاک افزایش می‌یابد. به‌طور کلی دی‌اپیرها منابع نقطه‌ای آلودگی آب محسوب می‌شوند که در بسیاری از موارد به عنوان عامل عمده‌ی آلوده‌کننده محسوب می‌شوند، دی‌اپیر موجود در حوضه‌ی مورد مطالعه هر چند که از وسعت زیادی برخوردار نمی‌باشد و طول کمی از رودخانه از حاشیه آن می‌گذرد ولی تنها عامل شوری آب رودخانه‌ی شور می‌باشد که با توجه به شرایط هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی میزان تأثیر آن متفاوت می‌باشد. در واقع دی‌اپیر منطقه از نوع فعال بوده که بسته به شرایط آب‌وهوایی سال، می‌تواند تخریب بسیار شدیدی در منطقه ایجاد کند، البته میزان فعالیت یک دی‌اپیر (مخصوصاً از نوع آشکار) به میزان غلظت و رسوب‌گذاری نمک توسط عوامل تکتونیکی در داخل گنبد و نیز به گرانروی نمک‌بستگی دارد (Zurab & Koyi, 2008: 1195).

این رودخانه یکی از سرشاخه‌های اصلی رود کر محسوب می‌شود که همراه با دیگر شعبات رود در تعیین کیفیت آب رود کر مهم‌ترین نقش را دارا می‌باشند. تحقیقات زیادی در زمینه تأثیر دی‌اپیرها در تخریب اراضی پایین‌دست صورت گرفته است که با تحقیق فوق نتایج

مشابهی دارند (طهماسبی، ۱۳۷۷؛ بوستانی، ۱۳۷۸: ۹۳-۸۴؛ فیض‌نیا، ۱۳۷۸: ۵۷-۵۰؛ مهدوی، ۱۳۹۰: ۲۱۰؛ کرمی و رستم‌زاده، ۱۳۸۵: ۳۳۱-۳۱۵؛ طلایی و پیروان، ۱۳۸۵ و عباسی و امیری‌فر، ۱۳۸۸).

شاید بتوان گفت که گذشته از عوامل زمین‌شناسی و وجود دی‌اپیر در حوضه‌ی مطالعاتی، آب‌وهوا (بارندگی) اهمیت بیشتری در اثر تخریب دی‌اپیر مذکور، مخصوصاً در خود منطقه دارد، چرا که در صورت کمبود بارش طی دوره‌ای مشخص، با کاهش میزان دبی، کیفیت آب نیز کاهش می‌یابد و چون علت اصلی شوری آب رودخانه‌ی شور وجود چشمه‌های شور در حواشی دی‌اپیر است و میزان آب‌دهی آن‌ها نسبت به آب‌های سطحی ناشی از بارندگی با ذوب برف، تداوم بیشتری دارد، می‌توان صحت گفته‌ی فوق را اثبات کرد. با توجه به این‌که وسعت زیادی از اراضی اطراف رودخانه را باغ‌های میوه و اراضی زراعی تشکیل داده است، در صورت بروز خشکسالی و به‌طور کلی کمبود آب شیرین اهالی اجباراً جهت آبیاری اراضی، از آب شور رودخانه استفاده می‌کنند که باعث شور شدن خاک منطقه و کاهش حاصل‌خیزی آن می‌شود. اثبات این گفته را نتایج آنالیز خاک اراضی کشاورزی منطقه (S7) نشان می‌دهد، هر چند که شور شدن خاک چند برابر میزان شوری آب تحت تأثیر قرار می‌گیرد ولی به دلیل ساختار اقلیمی خاص منطقه و میزان بارش زیاد، مخصوصاً برف‌های سنگین به صورت تقریباً هر ساله، املاح از خاک شسته می‌شود. البته شست و شوی املاح خاک منطقه توسط بارندگی می‌تواند دو حالت را پدید آورد: یا از اراضی، شسته شده و باعث افزایش شوری در آب خروجی حوضه شود و یا این املاح به طبقات زیرین خاک نفوذ و به آب‌های زیرزمینی بپیوندند و باعث کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی مخصوصاً در مناطق پایین‌دست شود. پس به‌طور کلی، مناطقی که دارای دی‌اپیر می‌باشند، اعمال مدیریت خاصی را طلب می‌کنند چرا که با توجه

اراضی پایین‌دست، لازم است تا تدابیر مدیریتی ویژه برای کنترل پدیده دی‌پایریسم در منطقه اعمال شود، به دلیل کم بودن وسعت منطقه تأثیرگذار بر کیفیت آب و به سبب آن تخریب خاک، می‌توان گفت که با کنترل آب خروجی چشمه‌های نمکی و نیز ایجاد پوشش برای بستر آبراهه در محدوده‌ی دی‌پایر، میزان تخریب آب و خاک تا حد زیادی (احتمالاً به‌طور کامل) در منطقه و نیز در مناطق پایین‌دست کاهش می‌یابد.

به کمبود آب و ارزش آن مخصوصاً در ایران و نیز مسائل اقتصادی و اجتماعی هر منطقه باید مدیریت انعطاف‌پذیری را لحاظ نمود. در واقع برنامه‌ریزی برای مدیریت دی‌پایرها باید خصوصیات جزئی ساختار و چینه‌شناسی درونی و بیرونی آن، مدل‌سازی زمینی، مکانیک‌سنگ و خاک و فرایندهای هیدرولوژیکی را دارا باشد (Whitney, 2002:1400; Zurab & Koyi, 2008: 1192-1200) بنابراین به‌منظور جلوگیری از تخریب هرچه بیشتر آب و خاک منطقه و به‌سبب آن تخریب



شکل ۳: کرت‌های استحصال نمک در جوار چشمه آب شور
مأخذ: نگارندگان



شکل ۴: خروج آب شور (نمک) تحت تأثیر پدیده دی‌پایریسم
مأخذ: نگارندگان

منابع

۱۰. سازمان صنایع و معادن استان کهگیلویه و بویراحمد (۱۳۸۱). گزارش مطالعات گران‌سنجی و مغناطیس‌سنجی در معدن نمک کاکان.
۱۱. طلایی، رحیم؛ روپیران، حمیدرضا (۱۳۸۵). تأثیر مناطق الیزه بر کیفیت آب از لحاظ شرب و کشاورزی، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
۱۲. طهماسبی، اصغر (۱۳۷۷). بررسی عوامل مؤثر در شور شدن آب و خاک و گسترش بیابان در حوضه رودخانه‌ی شور اشتهارد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بیابان‌زدایی. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
۱۳. عباسی، اسماعیل؛ امیری‌فر، عاطفه (۱۳۸۸). بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب حوزه دولا ب ابراهیم‌آباد یزد، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
۱۴. فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۶). بیابان‌زایی ناشی از ویژگی‌های زمین‌شناسی ایران، مطالعه موردی: گنبد‌های نمکی، مجله بیابان، بیابان، جلد دوم، (۱).
۱۵. فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۸). بررسی علل زمین‌شناسی بیابانی شدن غرب حوضه مرکزی قم، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. بخش تحقیقات بیابان.
۱۶. کرمی، فریبا؛ رستم‌زاده، هاشم (۱۳۸۵). بررسی عوامل مؤثر در شور شدن دشت سراب، سال پنجاه و نهم. شماره ۲. مجله منابع طبیعی ایران.
۱۷. لشتی‌زند، مهران؛ بهروز پروانه؛ مهین مرادی‌راد (۱۳۹۰). بررسی اثرات تغییرات بارش بر وضعیت کمی و کیفی رودخانه سزار جهت شرب و کشاورزی، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری.
۱. ارفع‌نیا، رامین؛ صفایی، همایون (۱۳۸۴). دی‌اپیرسیم نمک در حوضه کلوت (شمال خاور اردکان). مجله علوم زمین. ۱۴ (۵۶).
۲. ارفع‌نیا، رامین (۱۳۷۷). تحلیل دی‌اپیرسیم در منطقه اردکان، رساله کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
۳. بهرامی، مهدی؛ هادی معاضد؛ حیدر زارعی و عدنان صادقی لاری (۱۳۸۸). بررسی تأثیر سازند گچساران بر کیفیت آب رودخانه زهره در کهگیلویه و بویراحمد، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.
۴. بوستانی، سعید؛ کمپانی‌زارع، میرزا؛ نوشادی، مسعود (۱۳۸۷). بررسی اثر گنبد‌های نمکی بر روی منابع آب در منطقه دهرم استان فارس، مجله جنگل و مرتع، ۷۸.
۵. بیات‌ورکشی، مریم؛ معروفی، صفر؛ زارع‌ابیان، حمید؛ قاسمی، عادل (۱۳۸۸). بررسی وضعیت کیفی آب حوزه آبخیز قره چای همدان، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان. ۸ ص.
۶. حجتی، حسین (۱۳۷۷). پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین دی‌اپیرهای دشتک، رساله کارشناسی ارشد. گروه زمین‌شناسی. دانشگاه اصفهان.
۷. خسروشاهی، محمد (۱۳۸۶). شاخص‌های مهم بیابان‌زایی از منظر آب، مجله جنگل و مرتع. ۷۴.
۸. دهقان، علی حسین (۱۳۸۳). نقش گنبد‌های نمکی در بیابان‌زایی، مجله جنگل و مرتع. (۶۲).
۹. زارع‌ابیان، حمید؛ نوری حمیده (۱۳۸۷). تعیین رابطه باقیمانده املاح با دبی در رودخانه زاینده‌رود، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشکده مهندسی عمران تبریز.

22. Whitney, J. A (2002). Landscape evolution of the Five Islands of south Louisiana: scientific policy and salt dome utilization and management, Department of the Earth Sciences, State University of New York, College at Brockport, Brockport, NY 14420, USA.
23. Zhao, C., Shen, B., Guan, D. and Wang, X (2004). Groundwater chemical test in Hotan subproject area and counter measures for exploitation. Proceedings 7th international Regional conference on Environment and water, china, 2: 1028-1032.
24. Zurab, C. and Koyi, H (2008). The control of salt supply on entriament of an anhydrite layer within a salt diapir, Journal of Structural Geology, 30:1192-1200.
۱۸. مهدوی، محمد (۱۳۹۰). هیدرولوژی کاربردی، جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران
۱۹. مهندسین مشاور صدرآب فارس (۱۳۸۵). پروژه پژوهشی بررسی علل شوری رودخانهی فیروزآباد، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران.
20. Ribeiro, C.H.A., and Araujo M (2002). Mathematical modeling as a management Tool for water quality control of the tropical Beberibe Estuary, Ne Brazil, Hydrobiologia 475/476, 229-237.
21. Servati, M. R (2001). Salt diapirs of Iran as a geomorphological unit Journal of Desert (biaban), 6(1): 87-106.