

بررسی میزان پایداری خاکهای موجود بین چاه نیمه های سیستان

برای احداث کانال انتقال آب

مهناز اربابی^۱، جعفر رهنما راد^{۲*}، محمد الیاس مسلم پور^۳

۱- کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

۳- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

jrahnama@appliedgeology.ir

چکیده

مخازن چاه نیمه از چهار فرو رفتگی بزرگ در شرق سیستان تشکیل شده است. جهت بررسی رفتارسنجی خاک بین چاه نیمه ها باید شرایط حکمفرما بر ناپایداری، خصوصیات و رفتار خاک در احتمال وقوع گسیختگی و نشست مشخص شود. هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان پایداری خاکهای موجود بین چاه نیمه های سیستان برای احداث کانال انتقال آب می باشد. با نمونه برداری از خاک بین چاه نیمه های و انجام آزمایش های ژئوتکنیکی، وضعیت پایداری خاکهای موجود بررسی گردید. خاک منطقه فاقد حد خمیری و روانی می باشند و رفتار غیرپلاستیک، چسبندگی کم و مقاومت برشی پایینی دارند. با توجه به اهمیت مخازن چاه نیمه به عنوان مهمترین منبع تأمین کننده آب شرب و کشاورزی منطقه، ضروری است، با اجرای طرح های مهندسی برای احداث کانال انتقال آب، راهکارهای اساسی ارائه گردد.

کلید واژه ها: چاه نیمه، سیستان، فرسایش، گسیختگی، مقاومت برشی، رفتار خاک.

۱- مقدمه

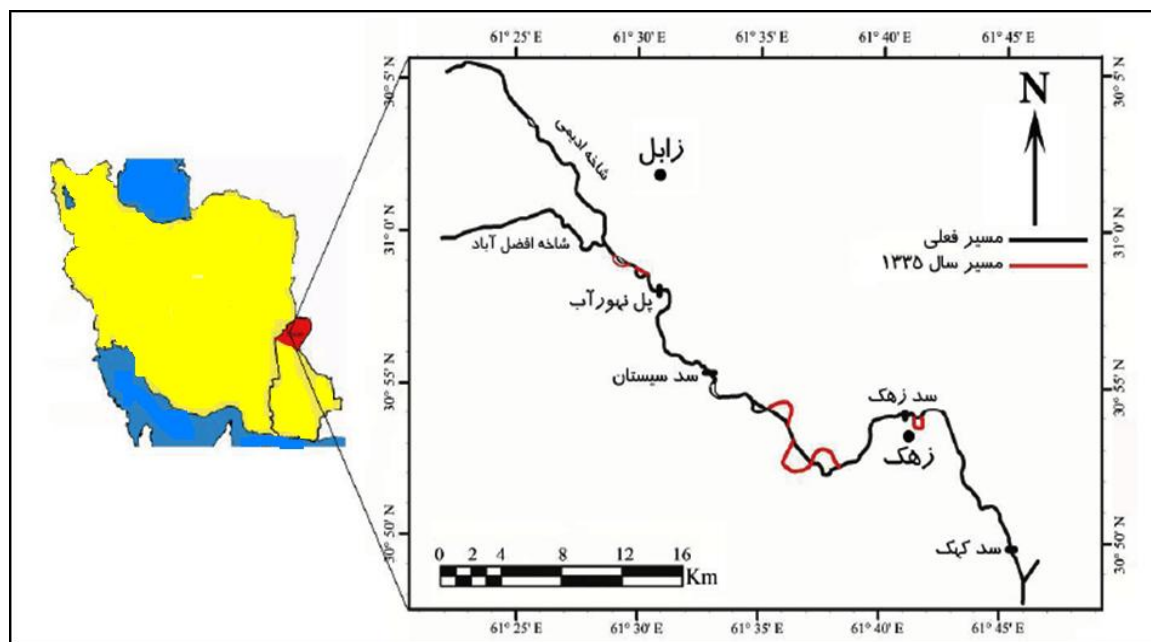
مخازن چاه نیمه که منطقه مورد مطالعه این تحقیق می باشند از چهار فرو رفتگی بزرگ در شرق سیستان تشکیل شده است و در محدوده جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه تا دقیقه ۵۰ عرض شمالی و ۶۱ درجه و ۲۵ دقیقه الی ۶۱ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است، می باشد (تصویر ۱). استفاده از مخازن چاه نیمه راهکاری برای رفع اثرات خشکسالی، استفاده مناسب تر از سیلاب ها و همچنین جهت تامین آب شرب شهرها و روستاهای سیستان و شهرستان زاهدان می باشد (ابراهیم زاده و لشکری پور ۱۳۸۰). در بررسی رفتارسنجی خاک بین چاه نیمه ها برای احداث کانال انتقال آب باید شرایط حکمفرما بر ناپایداری و خصوصیات و رفتار خاک در احتمال وقوع گسیختگی و نشست مشخص شود. شرایط اقلیمی فراخشک منطقه و تبخیر بسیار ناشی از گرما و بادهای شدید ۱۲۰ روزه و وجود شن های روان، در بررسی خاک بین چاه نیمه ها برای احداث کانال انتقال آب باید در نظر گرفته شود. تا قبل از این مطالعه حاضر، مطالعات اساسی به روی خاک بین چاه نیمه ها از لحاظ خصوصیات مکانیک خاک و پایداری آن انجام نشده است.

برفروشان (۱۳۸۸)، با مطالعه ی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه سیستان با استفاده از بررسی های صحرایی و سامانه

اطلاعات جغرافیایی جی آی اس (Geographic Information System, GIS) رودخانه سیستان مشاهده کرد، سازه های

هیدرولیکی احداث شده بر رودخانه، بر مورفولوژی آن تاثیر و در بخشی باعث افزایش در شدت سایش و در بخش دیگر در افزایش رسوب رودخانه تاثیر گذار است. وی به این نتیجه رسید که سهولت فرسایش پذیری، پدیده واگرایی خاک در سیستان، وزش بادهای شدید و عوامل تکتونیک و انسانی در این فرایند کاملا واضح می باشد. از این طریق می توان رفتار طبیعی رودخانه را نسبت به تغییرات طبیعی و یا اقدامات ناشی از اجرای طرح های مختلف مهندسی رودخانه پیش بینی

نمود. بزی (۱۳۸۸)، با مشاهدات صحرايي دشت سيستان بخصوص اطراف درياچه هامون و چاه نيمه هاي سيستان مشاهده کردند که منطقه گسل خيز بوده و آناليز منحنی های تراز در اطراف رودخانه سيستان حاکی از سيل خيز بودن منطقه دارد . حسینی (۱۳۸۹)، با انجام آزمایشات و تحليل داده ها به مطالعه ژئوتکنیکی مصالح دشت سيستان پرداختند و مشاهده کرد که طبق نتایج بدست آمده از مصالح درشت دانه از منبع قرصه جنوب شهرستان سيستان (چاه نيمه) طبق طبقه بندی متحد از نوع GW می باشد و به بررسی دانسیته خشک، درصد رطوبت، تورق، ارزش ماسه ای و ... در دشت سيستان پرداخته اند. شه بخش (۱۳۹۰)، با انجام آزمایشات مکانیک خاک و آناليزهای متعدد بر روی سواحل مخازن آب شماره ۳ و ۱ چاه نيمه به بررسی پهنه های زمین لغزش و تحليل پایداری شیب های سواحل پرداختند و مشاهده کردند که مناطقی با خطر بسیار زیاد لغزش در قسمت دامنه های نزدیک آب مخازن که شیب زیادی دارند، ایجاد شده است. به طور کلی دیواره های اطراف چاه نيمه از دو لایه رسوبی تشکیل شده اند که قشر سطحی حدود ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر ضخامت دارد و جنس آن از سیلت، ماسه بادی و شن می باشد و لایه های مختلف زیرین قشری از جنس رس بسیار چسبنده و بعضاً میان لایه های نازکی از ماسه دانه ریز با چسبندگی کمتر می باشند. هدف اصلی این پژوهش، بررسی میزان پایداری خاکهای موجود بین چاه نيمه های سيستان برای احداث کانال انتقال آب می باشد. این مقاله با تکیه بر خصوصیات مهندسی بافت خاک بین چاه نيمه ها و تعیین نقاط پایدار و ناپایدار مسیر کانال انتقال آب ارائه گردید.



تصویر ۱- موقعیت رودخانه سيستان و شاخه های انتهایی آن

۲- روش تحقیق

جهت شناخت خواص خاک اطراف چاه نيمه ها، انجام برخی آزمایشات مکانیک خاک ضروری بود. به همین علت از مکانهای مشخص نمونه برداری به عمل آمد. این نمونه ها به صورت دست خورده و دست نخورده است. در ابتدا شروع به جمع آوری اطلاعات کتابخانه ای و گردآوری مقالات علمی ارائه شده در ارتباط با موضوع نموده، در بررسی های اولیه با استفاده از داده ها نظیر اطلاعات مربوط موقعیت جغرافیایی، زمین شناسی، هیدرولوژی، تصاویر ماهواره ای و همچنین جمع آوری و مطالعه کتب و مقالات مرتبط با موضوع به ادامه کار پرداخته شد.

۳- یافته های تحقیق

۳-۱- **دانه بندی و وزن مخصوص:** عموماً قطر دانه های خاک در اندازه های ماسه، سیلت و رس متغیر می باشد. از آنجایی که نمونه ها بسیار دانه ریز بودند ابتدا آزمایش هیدرومتری و سپس آزمایش دانه بندی با الک انجام گرفت. در قشر سطحی اندازه ذرات بین گراول، ماسه و سیلت و رس متغیر است. لایه های خاک زیر قشر سطحی بسیار دانه ریز و چسبنده می باشند و در نتیجه مقاومت برشی خاک کاهش می یابد و گسیختگی اتفاق می افتد.

۳-۲- **حد روانی:** براساس نتایج آزمایشات، اینگونه استنباط می گردد که در مخزن شماره ۱ میزان درصد حد روانی کاهش یافته و با افزایش درصد رس و سیلت ریز دانه میزان درصد حد روانی نیز اضافه گردیده است. در مخزن شماره ۳ عموماً ریز دانه تر و در حد رس و سیلت بود و از جنس رسوبات بادی می باشند که در نتیجه دارای حد روانی بیشتری نسبت به خاک مخزن شماره ۱ هستند.

۳-۳- **حد خمیری:** خاک مخزن شماره ۱ حد خمیری کمتری نسبت به مخزن شماره ۳ دارد. هرچه خاک چسبنده تر باشد نشانه خمیری خاک قابلیت خمیری و جذب آب بیشتری تا قبل از حد روانی دارد.

۳-۴- **آزمایش مقاومت فشاری تک محوری:** نمونه مناسب از خاک دست خورده تهیه گردیده است.

جدول ۱- نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری

Samole-No.	Location	Depth(m)	C_u (kg/cm ²)
1	BH 1	12.0	0.67
2	BH 1	18.0	0.72
3	BH 2	4.5	0.69
4	BH 2	10.5	0.61
5	BH 2	24.0	0.52
6	BH 3	3.0	0.60
7	BH 3	9.0	0.76
8	BH 4	3.0	0.61
9	BH 4	7.5	0.64
10	BH 4	13.5	0.44
11	BH 5	4.5	0.54
12	BH 5	15.0	0.76
13	BH 6	12.0	0.77
14	BH 6	18.0	0.65
15	BH 7	3.0	0.41
16	BH 7	13.5	0.26
17	BH 7	24.0	0.57
18	BH 8	1.5	0.60
19	BH 10	1.5	0.53
20	BH 11	9.0	0.57

در نمونه های رسی مقاومت برشی زهکشی نشده (C_u) با افزایش رطوبت خاک، کاهش می یابد با تغییر درصد رطوبت خاک منطقه میزان مقاومت تک محوری خاک تغییر چشمگیری می کند.

۳-۵- **آزمایش تحکیم:** نمونه مناسب از خاک دست خورده تهیه گردید.

جدول ۲- نتایج آزمایش سه محوری تحکیم نشده زهکشی نشده

NO	Bore Hole	Sample Depth (m)	C (Kg/cm ²)	ϕ (Deg)
1	BH 1	15.0	0.7	5.3
2	BH 4	7.5	0.65	5.7
3	BH 5	13.5	0.69	6.4
4	BH 7	9.0	0.58	6.0
5	BH 8	7.5	0.71	7.1

افزایش رطوبت خاک سبب افزایش وزن خاک می گردد و باعث افزایش تنش عمودی و کاهش مقاومت برشی خاک می گردد.

جدول ۳- نتایج آزمایش سه محوری تحکیم شده زهکشی نشده

NO	Bore Hole	Sample Depth (m)	C (Kg/cm ²)	ϕ (Deg)
1	BH 3	10.5	0.05	23.1
2	BH 6	13.5	0.06	22.5

جدول ۴- نتایج آزمایش سه محوری تحکیم شده زهکشی شده

NO	Bore Hole	Sample Depth (m)	C (Kg/cm ²)	ϕ (Deg)
1	BH 1	۱۵	۰/۰۲	۲۴/۴
2	BH 11	۴/۵	۰/۰۳۰	۲۶/۶

غالب خاک دامنه ها سیلتی و ماسه ای سیلتی که ضریب نفوذپذیری این خاکها کم می باشد بنابراین کاهش حجم خاک (تحکیم)، به مدت طولانی بعد از نشست آبی، ادامه خواهد داشت. خاک های منطقه تحکیم نیافته اند و نشست تحکیم چندین برابر نشست آبی است.

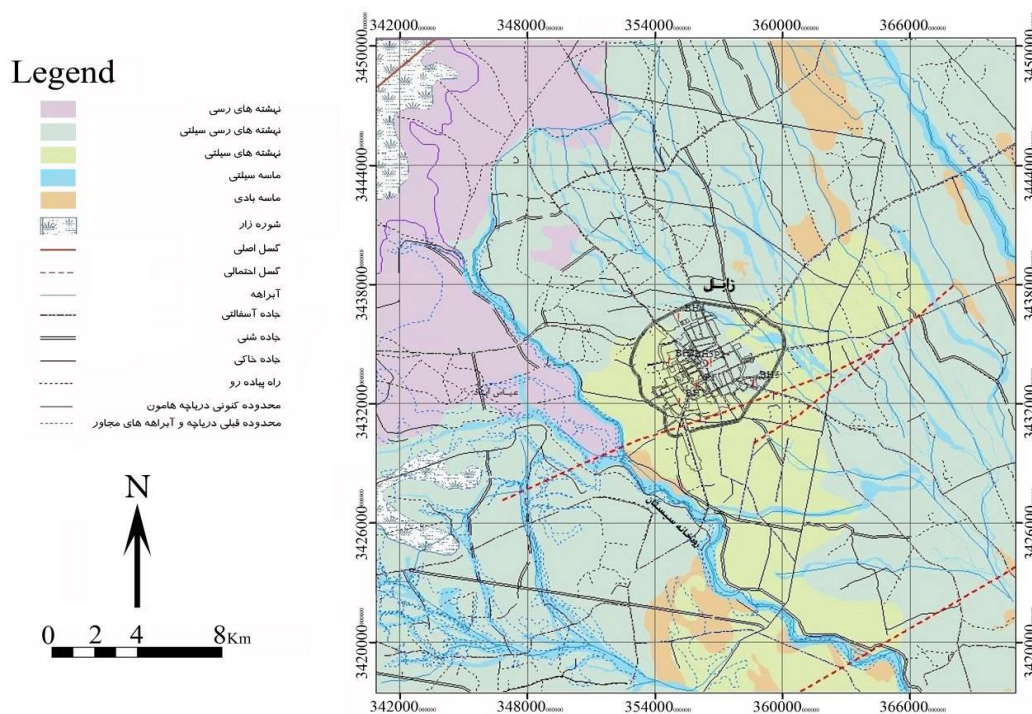
۳-۶- آزمایش برش مستقیم: نمونه مناسب از خاک دست خورده تهیه گردید.

جدول ۵- خلاصه نتایج آزمایشات برش مستقیم

Bore Hole	Depth(m)	U.S.C.S	Test Type	γ_d (kg/cm ³)		ϕ (Deg)	C (Kg/cm ²)
BH 1	12.0	CL	Fast	1.68	15.8	21.8	0.02
BH 2	1.5	GP-GM	Fast	1.73	3.6	33.5	0.00
BH 2	4.5	CL	Fast	1.67	14.3	23.3	0.17
BH 3	7.5	CL	Fast	1.69	17.0	9.1	0.16
BH 3	9.0	CL	Slow	1.70	17.2	23.3	0.03
BH 4	6.0	ML	Fast	1.69	15.0	15.4	0.08
BH 4	10.5	CL	Fast	1.70	15.2	17.7	0.09
BH 4	12.0	SM	Slow	1.60	2.5	26.8	0.01
BH 5	4.5	CL	Slow	1.68	13.9	26.6	0.04
BH 5	15.0	CL	Fast	1.68	14.2	4.3	0.21
BH 6	4.5	SP-SM	Fast	1.62	3.2	31.0	0.05
BH 6	12.0	CL	Fast	1.70	15.5	21.6	0.18
BH 7	1.5	GP-GM	Fast	1.80	2.5	32.8	0.01
BH 7	13.5	ML	Fast	1.68	10.0	19.5	0.03
BH 8	1.5	CL	Slow	1.67	14.8	27.5	0.07
BH 8	9.0	CL	Fast	1.70	18.5	17.7	0.15
BH 9	1.5	SP	Fast	1.58	2.5	11.9	0.01
BH 10	1.5	CL	Fast	1.69	17.4	22.0	0.02
BH 11	1.5	SM	Slow	1.64	2.3	29.7	0.00
BH 11	9.0	CL	Fast	1.69	15.7	10.5	0.13

وجود آب باعث افزایش رطوبت در خاک شده و باعث کاهش تنش اصلی و افزایش تنش برشی می گردد و در نتیجه ناپایداری دامنه ها افزایش می یابد.

خاک های اصلی منطقه عبارتند از: خاک های رسی لیمونی، خاک های لوم رسی لیمونی، خاک های لوم شنی و خاکهای شنی (تصویر ۲). از نظر عمقی، نفوذپذیری این خاک ها بسیار کم و کل محدوده مطالعاتی توسط رسوبات ریزدانه در حد سیلت و رس پوشیده شده است (گروه پژوهشی زمین کاو ۱۳۸۹).



تصویر ۲- نقشه بافت خاک سیستان (گروه پژوهشی زمین کاو ۱۳۸۹)

۴- بحث

خاک های منطقه سیستان بیشتر رسوبی و ریز بافت بوده که منشأ آن از رودخانه سیستان و دریاچه هامون می باشد و پدیده شوری کم و بیش در آنها قابل مشاهده است. اغلب لایه های شنی و طبقات سخت و غیر قابل نفوذ رسی که بطور متناوب روی هم قرار گرفته اند خاک تحت الارضی این منطقه را تشکیل می دهند. نفوذپذیری خاک در منطقه سیستان، از سمت جنوب شرق به سمت شمال غرب حوضه آبریز هیرمند کاسته شده و بافت خاک سنگین و متراکم می گردد. بنابراین، بافت سنگین خاک، وجود یک لایه غیرقابل نفوذ در سرتاسر سطح دشت آبرفتی سیستان و زهکشی نامناسب خاک، از ویژگی های خاک این منطقه می باشد. همچنین با توجه به زهکشی نامناسب خاک، گرمای شدید منطقه و شدت تبخیری که بر سطح خاک و لایه های زیرین آن اتفاق می افتد، شوری خاک و خاصیت قلیایی آن افزایش می یابد. در نتیجه، شور شدن خاک و باتلاقی شدن منطقه، مشکلات فراوانی را به وجود آورده است (مهندسین مشاور سروآب ۱۳۸۹).

۵- نتیجه گیری

براساس مشاهدات صحرائی و نتایج آزمایشگاهی، بیشتر این نمونه ها، فاقد حد خمیری و روانی می باشند و دارای رفتاری غیرپلاستیک، با چسبندگی و مقاومت برشی پایین هستند. با افزایش ذرات سیلت و ماسه در میان ذرات تشکیل دهنده خاک، نیروی چسبندگی بین ذرات خاک بین چاه نیمه ها کاهش یافته، پلاستیسیته یا خمیرایی پایین آمده و خاک در معرض ترک کشتی قرار خواهد گرفت. در نتیجه فرسایش پذیری خاک به فرسایش آبی، بادی و انسانی نیز افزایش می یابد. این نوع خاک ها به دلیل نداشتن خاصیت پلاستیسیته بالا، با تغییر رطوبت خاک در زمان تغییر شکل یافتن، از هم گسیخته می شوند. یکی از دلایلی که باعث افزایش واگرایی خاک منطقه می شود، وجود سیلت در خاک می باشد. بیشترین نوع خاک منطقه مورد مطالعه براساس طبقه بندی یونیفاید سیلت رسی (CL-ML) با درصد رطوبت پایین می باشد.

رودخانه سیستان مهم ترین منبع تامین کننده آب شرب و کشاورزی منطقه است. بنابراین ضروری است تا با توجه به نتایج مطالعات ژئوتکنیکی بین چاه نیمه ها، راهکارهای اساسی به منظور اجرای طرح های مهندسی برای احداث کانال انتقال آب در نظر گرفته شود.

۶- منابع

ابراهیم زاده، ع.، لشکری پور، غ.، ۱۳۸۰، "بحران خشکسالی در سیستان و راهکارهای تعدیل آن"، مجله سیاسی - اقتصادی، سال پانزدهم، شماره ۱۱ و ۱۲، صفحه ۱۳.

برفروشان، س.، ۱۳۸۸، "تغییرات مورفولوژیکی رودخانه سیستان با استفاده از بررسی های صحرایی و سامانه اطلاعات جغرافیایی، (GIS)" پایان نامه کارشناسی ارشد سنگ شناسی رسوبی و رسوب شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، ۱۰۶ ص.

بزی، ص.، ۱۳۸۸، "مورفوتکتونیک دشت سیستان، فرو افتادگی های هامون و در این ارتباط تشخیص مناطق سیل گیر و وجود رگه های آب زیرزمینی در منطقه"، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، ۱۵۰ صفحه.

حسینی، ر.، ۱۳۸۹، "مطالعه ژئوتکنیکی مصالح دشت سیستان جهت راهسازی و امکان بهسازی آن"، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، ۱۴۸ صفحه.

رستمی، ا.، اکبرپور سراسکانرود، م.، و اصغری سراسکانرود، ص.، ۱۳۸۷، "فرسایش شدید در حوضه رودخانه اورتاسو (هشترود) نتیجه بی توجهی به علم ژئومورفولوژی"، اولین همایش ملی جایگاه مطالعات ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ۱۵۹ - ۱۴۸.

شه بخش، س.، ۱۳۹۰، "پهنه بندی زمین لغزش و تحلیل پایداری شیب های سواحل مخازن آب شماره ۱ و ۳ چاه نیمه سیستان"، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، ۱۵۰ صفحه.

گروه پژوهشی زمین کاو، ۱۳۸۹، "ریز پهنه بندی لرزه ای شهر زابل، گزارش ارزیابی ژئوفیزیک و ژئوتکنیک شهر زابل"، جلد اول، ۸۲ ص.

مهندسین مشاور آبساران، ۱۳۸۹، "مطالعات تکمیلی مرحله اول، کنترل سیل رودخانه سیستان، گزارش هیدرولوژی"، شرکت سهامی توسعه منابع آب و خاک سیستان.

مهندسین مشاور تهران سحاب، ۱۳۷۱، "طرح جامع کنترل سیل سیستان مطالعات رسوب در رودخانه سیستان"، گزارش ویژه هیدرولوژی، وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه ای سیستان و بلوچستان.

مهندسین مشاور سروآب، ۱۳۸۹، "مطالعات طرح توسعه شبکه جمع آوری فاضلاب شهر زابل"، جلد اول (کلیات و اطلاعات پایه)، ۱۷۰ ص.

مهندسین مشاور کشاورزی ورزبوم، ۱۳۷۵، "مطالعات توجیهی منابع تجدید شونده قسمتی از حوضه آبریز هیرمند"، شرکت سهامی آب منطقه ای سیستان و بلوچستان، جلد دهم.