



دانشگاه ارومیه

حوزه معاونت پژوهشی

گزارش نهایی طرح تحقیقاتی

ارائه راهکارهای مناسب عملی برای حل مشکل ماسه دهی چاه ها

( مطالعه موردی : چاه های دشت سلماس )

مجری طرح :

دکتر اسفندیار عباس نوین پور

گروه زمین شناسی - دانشکده علوم

۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول

- ۱ - مقدمه ..... ۱
- ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی ..... ۲
- ۱-۲- ژئومرفولوژی و اقلیم منطقه ..... ۴
- ۱-۳- زمین شناسی منطقه مطالعاتی ..... ۶
- ۱-۴- تکتونیک منطقه و نقش عوامل ساختاری در زمین شناسی دشت ..... ۱۳
- ۱-۵- هیدرولوژی منطقه مطالعاتی ..... ۱۹
- ۱-۶- هیدروژئولوژی گستره مطالعاتی ..... ۲۰
- ۱-۷- انواع آبخوانهای منطقه ..... ۲۲
- ۱-۸- بررسی مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی آبخوان ..... ۲۴
- ۱-۹-۱- مشخصات هیدرولیکی آبخوان ..... ۲۴

### فصل دوم

- ۲- بررسی عوامل موثر در پدیده ماسه دهی چاه های آب ..... ۲۸
- ۲-۱- خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی آبخوان ..... ۲۸
- ۲-۱-۱- خوردگی شیمیایی ..... ۲۹
- ۲-۱-۲- پوسته گذاری ..... ۳۲
- ۲-۱-۳- نفوذ آب شور به لایه های ابدار شیرین ..... ۳۲
- ۲-۱-۴- تاثیر نحوه حفر، تکمیل و توسعه چاه ..... ۳۳
- ۲-۱-۵- نحوه استفاده از چاه ..... ۳۴

## فصل سوم

- ۳- مراحل تکمیل و تجهیز اصولی چاه اب ..... ۳۶
- ۳-۱- قطر لوله جدار چاه ..... ۳۷
- ۳-۲- انتخاب محل لوله های جدار مشبک (اسکرین) چاه ..... ۳۸
- ۳-۳- لوله های جدار چاه (لوله مشبک) ..... ۳۹
- ۳-۴- لوله های جدار مشبک استاندارد (اسکرین) و انواع آنها ..... ۴۱
- ۳-۵- طول لوله مشبک (اسکرین) ..... ۴۷
- ۳-۶- آزمایش دانه بندی ..... ۴۸
- ۳-۷- اندازه شبکه های لوله مشبک (اسکرین) ..... ۵۰
- ۳-۸- ضخامت گراول پک ..... ۵۵
- ۳-۹- مساحت باز شبکه ..... ۵۵

## فصل چهارم

- ۴- داده ها و بررسی های انجام یافته ..... ۶۰
- ۴-۱- چاه های مفروحه در منطقه مطالعاتی ..... ۶۱
- ۴-۲- چاه های ماسه ده محدوده مطالعاتی ..... ۶۳

## فصل پنجم

- ۵- بررسی عوامل موثر در مشکل ماسه دهی چاه ها ..... ۶۶
- ۵-۱- آنالیز دانه بندی و انتخاب گراول پک و منافذ شبکه لوله مشبک منطقه مطالعاتی ..... ۶۶
- ۵-۲- نقش خصوصیات شیمیایی و میکروبی آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی ..... ۷۹
- ۵-۳- افت سطح آب زیرزمینی ..... ۷۹
- ۵-۴- نفوذ اب شور آبراهه های حوضه آبریز منطقه ..... ۸۱

## فصل ششم

- ۶- نحوه تکمیل، توسعه و تجهیز چاه های آب توسط شرکت های حفاری ..... ۸۵
- ۶-۱- نحوه انجام مراحل تکمیل چاه توسط شرکتهای حفاری ..... ۸۵
- ۶-۲- نحوه گراول پک کردن چاه ها ..... ۸۹
- ۶-۳- نحوه توسعه چاه، در چاه های آب منطقه ..... ۸۹

## فصل هفتم

- ۷-۱- بررسی محل و نوع پمپ های نصب شده در چاه های بهره برداری منطقه مطالعاتی ..... ۹۳
- ۷-۲- بررسی و تعیین عمق های ماسه ده (بخشها) و در صورت امکان ارائه روشهای کور کردن آنها ..... ۹۷

## فصل هشتم

- نتیجه گیری..... ۱۰۰
- پیشنهادات ..... ۱۰۲
- فهرست منابع ..... ۱۰۴

## فهرست اشکال

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی (چهار گوش کوچکتر).....                       | ۳    |
| شکل ۱-۲: نقشه توپوگرافی و شبکه آبراهه های منطقه مطالعاتی (مهندسین مشاور آب نیرو)..... | ۵    |
| شکل ۱-۳: نقشه زمین شناسی منطقه مطالعاتی (مهندسین مشاور آب نیرو).....                  | ۶    |
| شکل ۱-۴: ته نشینی املاح نمکی در بستر ابراهه های مشرف به دشت کوهساری چوپانلو.....      | ۸    |
| شکل ۱-۵: تصویری از تناوب مارن و ماسه سنگ با میان لایه های ژیبسی.....                  | ۹    |
| شکل ۱-۶: رسوبات آبرفتی ریز دانه واحد Qt3.....   | ۱۰   |
| شکل ۱-۷: تصویری از کیفیت آب نامناسب چاه های چوپانلو.....                              | ۱۱   |
| شکل ۱-۸: تصویری از بخش شمال شرقی دشت سلماس.....                                       | ۱۲   |
| شکل ۱-۹: واحد رسوبی آبرفتی Qal.....   | ۱۳   |
| شکل ۱-۱۰: لوگ زمین شناسی چاه های اکتشافی و بهره برداری همراه با فرم لوله گذاری.....   | ۱۴   |
| شکل ۱-۱۱: تصویری از املاح نمکی در بستر ابراهه های مشرف به دشت چوپانلو.....            | ۲۰   |
| شکل ۱-۱۲: تصویری از واحد رسوبی مارن - گروه نفوذ ناپذیر.....                           | ۲۲   |
| شکل ۱-۱۳: تصویری از چاه ماسه ده دشت چوپانلو.....                                      | ۲۳   |
| شکل ۱-۲: پدیده خوردگی در لوله جدار چاه اب منطقه مطالعاتی.....                         | ۲۹   |
| شکل ۲-۲: نمودار تعادل کلسیم لانزلیه.....  | ۳۱   |
| شکل ۱-۳: تصویری از لوله های مشبک فولادی که توسط شعله هوا سوراخ شده اند.....           | ۴۱   |
| شکل ۲-۳: تصویری از لوله (اسکرین - فایبرگلاس).....                                     | ۴۲   |
| شکل ۳-۳: تصویری از انواع اسکرین چاه.....  | ۴۴   |
| شکل ۳-۴: لوله جدار مشبک معمولی که در چاه های آب منطقه بسیار رایج می باشد.....         | ۴۵   |
| شکل ۳-۵: تصویری از لوله های مشبک استاندارد.....                                       | ۴۶   |

- شکل ۳-۶: تصویری از دو مقطع شکافهای استاندارد و غیر استاندارد ..... ۴۷
- شکل ۳-۷: نحوه تعیین قطر شکاف شبنم و مشخصات گراول با استفاده از منحنی دانه بندی ..... ۵۳
- شکل ۴-۱: تصویری از لوله جدار چاه مخروطی آقای مرزبان ..... ۶۳
- شکل ۴-۲: یکی از چاه های جدید الحفر بجای چاه مخروطی آقای مرزبان ..... ۶۴
- شکل ۴-۳: تصویری از چاه شماره ۳ جهاد امور عشایر سلماس - دشت چوپانلو ..... ۶۵
- شکل ۵-۱: منحنی دانه بندی ..... ۷۰
- شکل ۵-۲ و ۵-۳: منحنی دانه بندی ..... ۷۱
- شکل ۵-۴ و ۵-۵: منحنی دانه بندی ..... ۷۲
- شکل ۵-۶ و ۵-۷: منحنی دانه بندی ..... ۷۳
- شکل ۵-۸ و ۵-۹: منحنی دانه بندی ..... ۷۴
- شکل ۵-۱۰ و ۵-۱۱: منحنی دانه بندی ..... ۷۵
- شکل ۵-۱۲ و ۵-۱۳: منحنی دانه بندی ..... ۷۶
- شکل ۵-۱۴ و ۵-۱۵: منحنی دانه بندی ..... ۷۷
- شکل ۵-۱۶ و ۵-۱۷: منحنی دانه بندی ..... ۷۸
- شکل ۵-۱۸: تصویری از املاح نمکی ته نشین شده در آبراهه های مشرف به بخش انتهایی دشت سلماس ..... ۸۲
- شکل ۵-۱۹: تصاویر مربوط به چاه جدید الحفر و سنگ کف شمال شرقی منطقه - حاشیه جاده سلماس و تسوج ..... ۸۳
- شکل ۶-۱: گراول پک استفاده شده در چاه های آب منطقه ..... ۹۰
- شکل ۶-۲: شکل یک منطقه توسعه یافته در اطراف چاه ..... ۹۰

## فهرست جداول

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| جدول ۱-۱: خلاصه نتایج آزمایش پمپاژ بعضی از چاه های عمیق منطقه مطالعاتی(امور آب سلماس).... | ۲۶   |
| جدول ۱-۳: قطر لوله و مشخصات شیمه ها .....   | ۵۴   |
| جدول ۲-۳: حجم گراول پک مورد نیاز .....  | ۵۶   |
| جدول ۳-۳: در صد فضا های باز در هر فوت از فیلتر های جانسون .....                           | ۵۷   |
| جدول ۳-۴: سرعت مناسب آب به داخل چاه .....   | ۵۸   |
| جدول ۱-۴: طبقه بندی چاه ها بر حسب روش حفاری .....   | ۶۱   |
| جدول ۲-۴: طبقه بندی چاه ها بر اساس سالهای حفر .....                                       | ۶۲   |
| جدول ۳-۴: طبقه بندی چاه ها بر اساس آبدهی .....  | ۶۲   |
| جدول ۱-۵: در صد فراوانی دانه های مختلف نمونه های آنالیز شده .....                         | ۶۷   |
| جدول ۲-۵: نتایج آنالیز دانه بندی رسوبات و روشهای تعیین گراول پک .....                     | ۶۸   |
| جدول ۳-۵: نتایج آنالیز شیمیایی و محاسبه اشباعیت و پایداری آبهای زیر زمینی منطقه.....      | ۸۰   |
| جدول ۱-۶: روابط بین میزان آبدهی و قطر پمپ با قطر لوله جدار .....                          | ۸۸   |
| جدول ۲-۶: رابطه بین عرض شبکه ها و در صد فضاهای باز لوله .....                             | ۸۹   |
| جدول ۱-۷: مشخصات محل پمپ های نصب شده در بعضی از چاه های منطقه .....                       | ۹۶   |



## ارائه راهکارهای مناسب عملی برای مشکل ماسه دهی چاه های دشت سلماس - چوپانلو

### فصل اول

#### ۱ - مقدمه:

با توجه به آمارهای موجود در سازمان آب منطقه ای حدود بیش از 50% منابع تامین آب مصرفی کشاورزی ، شرب و صنعت از سفره های آب زیرزمینی و به طریق حفر چاه تامین می گردد. در سالهای اخیر به جهت تغییر شرایط اقلیمی و کاهش بارندگی و از طرف دیگر افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به تامین آب مصرفی، باعث پایین رفتن سطح آب زیرزمینی و افزایش تعداد چاههای بهره برداری و یا تعمیق چاههای حفر شده قبلی در سطح دشتهای استان شده است .

در دشتهای استان آذربایجان غربی به ویژه در بخشهای انتهایی دشت سلماس و نواحی دشت کوهساری چوپانلو مشکل ماسه دهی چاهها و خوردگی شیمیایی لوله جدار چاهها باعث تخریب سریع و زود رس ساختمان چاهها و کج شدن لوله جدار آنها گردیده است (جهاد امور عشایر استان آ.غ-۱۳۷۸).

حفاری چاه و تجهیز آن مستلزم صرف هزینه های بسیار بالایی می باشد. در چنین شرایطی، تخریب زود هنگام ساختمان چاههای بهره برداری مشکلات عدیده ای برای کشاورزان منطقه و خسارات مالی سنگینی را برای مالکان چاهها ایجاد کرده است. با توجه به بحث های فوق، این مسله توجه صاحبان چاههای بهره برداری و مسئولین محترم سازمان آب منطقه ای را به بررسی علل مشکل ماسه دهی و تخریب زود به هنگام ساختمان چاهها معطوف داشته است.

اغلب چاههای حفر شده در استان آذربایجان غربی و منطقه مطالعاتی در رسوبات آبرفتی(سنگهای ناپیوسته) حفر شده اند. حفاری چاه در رسوبات آبرفتی، بویژه در رسوبات آبرفتی ریزدانه نیاز به اجرا و طراحی دقیق ساختمان چاه و مراحل توسعه و تکمیل آن دارد. در کل، به مجموعه عملیاتیهای حفر، لوله گذاری، گراول پک و توسعه ساختمان چاه ، مراحل تکمیل چاه گفته می شود. از جمله عواملی که در ماسه دهی چاهها تأثیری گذارد، دقیقاً بستگی به نحوه مراحل تکمیل چاه دارد. بر اساس بررسیهای بعمل آمده ، در بخشهای انتهایی دشت سلماس و نواحی اراضی روستای چوپانلو به جز دو و سه حلقه چاههای عمیق محفوره، بقیه تمام چاهها بدون آن که عمر مفید خود را داشته باشند، در همان مراحل اولیه بهره برداری، ساختمان چاه تخریب شده و مالک چاه به ناچار ، چاه دیگری به جای چاه مخروبه حفر نموده است. در اجرا عملاً" پس از صدور پروانه حفر، بصورت بهینه هیچگونه کنترلی از طرف شرکتهای حفاری بر روی حفر و مراحل مختلف حفاری ، نحوه لوله گذاری ، تعیین مشخصات گراول پک و نحوه انجام اصولی مراحل تکمیل چاه و متعلقات پمپ صورت نمی گیرد. گرچه در سالهای اخیر با

اجرای طرح نظارت ، مهندس ناظر بر مراحل مختلف توسعه و تکمیل چاه کمی بهبود یافته است ولی تا حد ایده آل راه بسیاری است تا این مورد به درستی انجام گیرد. نهایتاً" با توجه به هزینه های سنگین حفر و تجهیز چاههای عمیق و قیمت تمام شده هر متر طول چاه ، پی بردن به عوامل موثر در مشکل ماسه دهی و تخریب ساختمان چاهها لازم و ضروری می باشد.

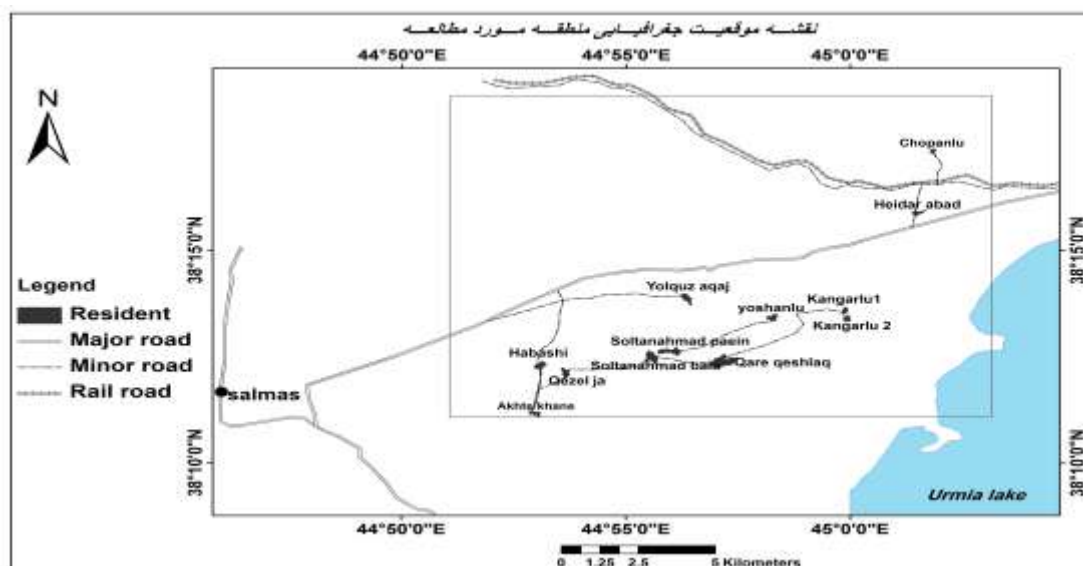
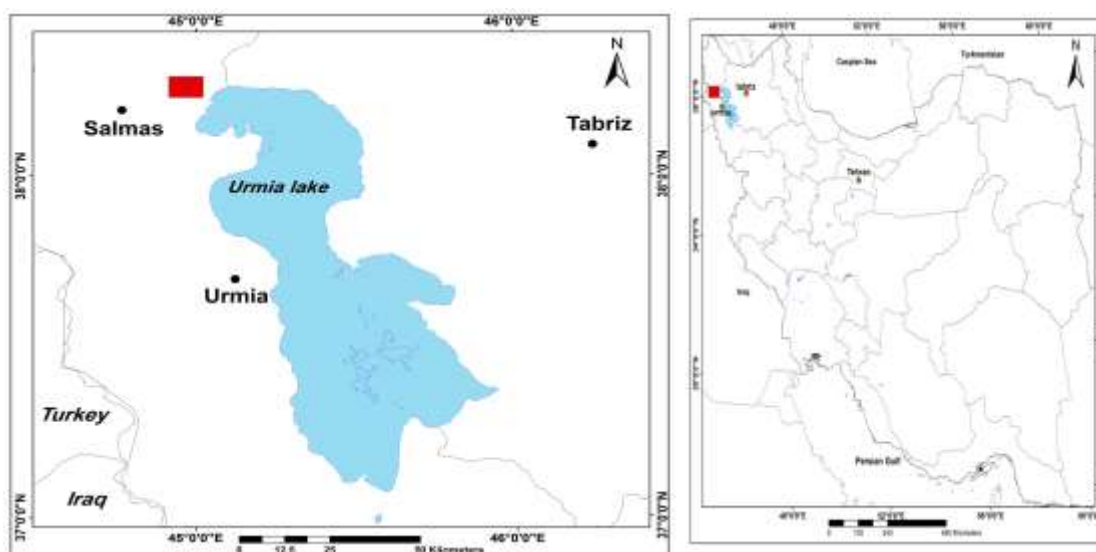
جهت شناسایی عوامل مؤثر در مشکل ماسه دهی و تخریب زود رس ساختمان چاههای آب، بخصوص در بخش انتهایی دشت سلماس و نواحی اراضی دشت کوهساری چوپانلو طرحی از طرف سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان غربی با عنوان ارائه راهکارهای مناسب عملی برای حل مشکل ماسه دهی چاههای دشت سلماس – چوپانلو پیشنهاد گردید.

به منظور شناسایی مناطق آسیب پذیر و همچنین بررسی علل تخریب زود رس ساختمان چاهها ناشی از مشکل ماسه دهی آنها ، لازم بود تا تحقیقاتی صورت گیرد. بر اساس بررسی های بعمل آمده و با توجه به اینکه خود مجری طرح عملاً" در جریان مسائل حفاری چاههای عمیق می باشد ، با پرس و جوی های محلی ، مشاوره با شرکت های حفاری و دیگر دست اندرکاران و اخذ اطلاعات از امور آب های منطقه ای، بعضی از مناطق آسیب پذیر مشخص گردید. اکثر این مناطق در بخش انتهایی دشتهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه و نزدیک سواحل دریاچه قرار گرفته اند. در این مناطق بعضی از چاههای عمیق محفوره بدون آنکه عمر مفید خود را طی کنند، ساختمان چاه به جهت ماسه دهی تخریب شده و مالکین چاه بدون توجه به علل ماسه دهی آنها، چاه دیگری بجای چاه آسیب دیده حفر کرده اند. افزایش سریع تعداد چاه محفوره بجای چاههای تخریب شده و زودتر از موعد تمام شدن عمر مفید این چاهها، بخصوص در بخش انتهایی دشت سلماس و بالا رفتن هزینه های تمام شده آب برداشتی ، این منطقه انتخاب و نهایتاً" مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.

#### ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

دشت سلماس یکی از دشتهای بزرگ و حاصل خیز استان آذربایجانغربی، که از ارتفاعات بخش شرقی شروع و تا ضلع شمال غربی سواحل دریاچه ارومیه در غرب ادامه دارد. این محدوده یکی از حوضه های آب ریز دریاچه ارومیه بوده که محور طولی آن در راستای شرق – غرب می باشد. جاده اسفالتی سلماس – تبریز و راه آهن شمال غرب کشورمان از حاشیه بخش شمال منطقه عبور می کند. منطقه مورد بررسی بخشی از دشت سلماس و همچنین دشت کوچک کوهساری چوپانلو را در بر می گیرد. این محدوده با مختصات طول جغرافیایی ۴۴ درجه، ۴۵ دقیقه تا ۴۵ درجه، ۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه، ۲۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه قرار گرفته است. از مناطق مسکونی منطقه شهرستان سلماس را می توان نام برد که در ۱۰ کیلومتری بخش شرقی محدوده مطالعاتی قرار دارد. از روستاهای مهم منطقه، حبشی و قزلجه در بخش شرقی و قره قشلاق و کنگرلو در بخش غربی و روستای چوپانلو نیز در منتهی الیه شمال غربی محدوده مطالعاتی قرار گرفته است)

شکل ۱-۱). از مهمترین آبراهه های منطقه به رودخانه زولاچای ورودخانه شور شکرپیزی می توان اشاره کرد. رودخانه زولا چای بعد از طی دشت سلماس وسیر آب کردن مسیر خود به دریاچه ارومیه تخلیه می شود.



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی (چهار گوش کوچکتر)

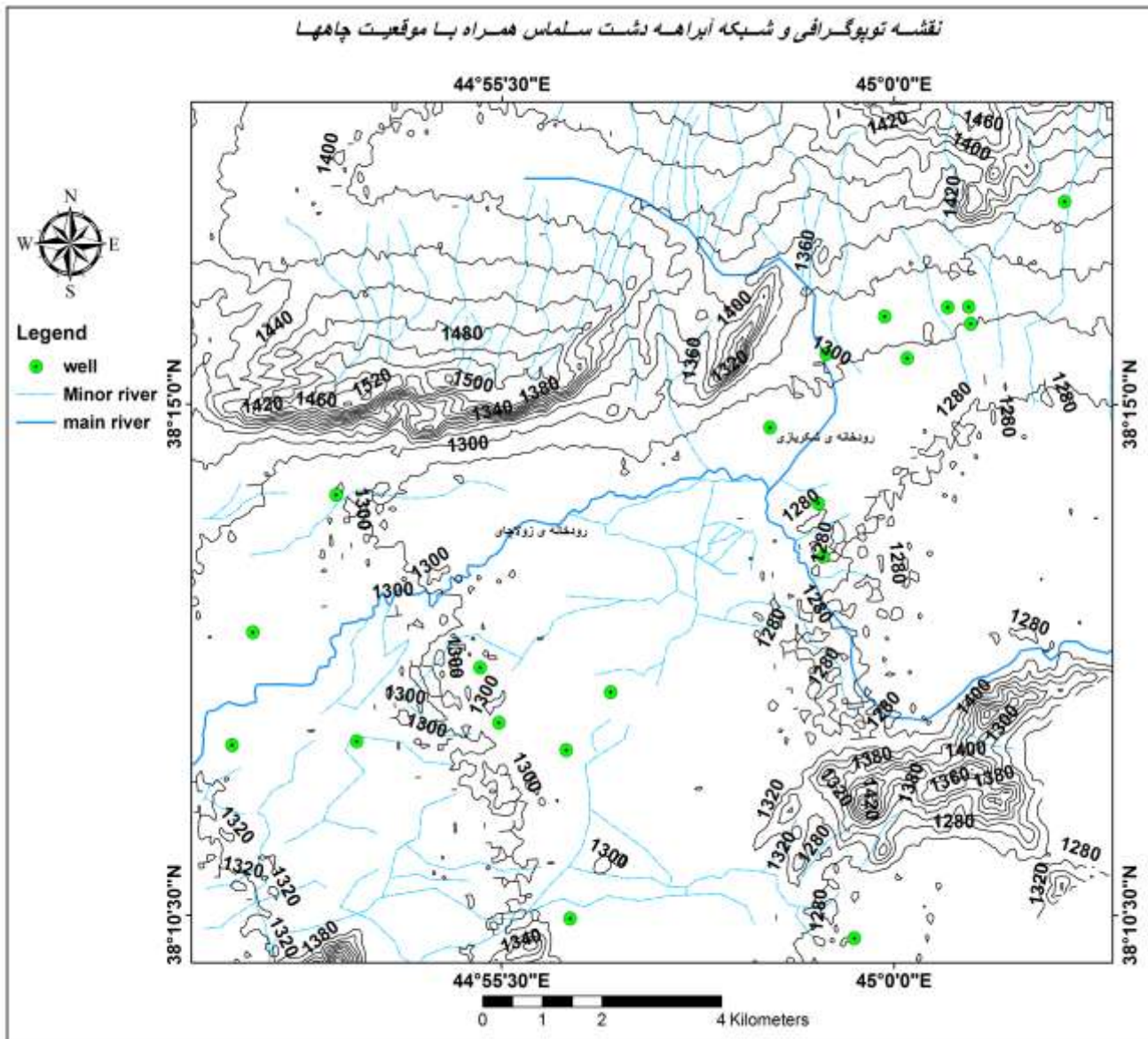
## ۲-۱- ژئومرفولوژی و اقلیم منطقه

دشت سلماس با توجه به ساختار زمین شناسی آن یک دشت آبرفتی - تکتونیکی بوده که در جهت غرب - شرق از دهانه دره زولا چای به سوی شرق تا سواحل دریاچه ارومیه گسترده شده است. در بخش شمال و شمال شرقی این دشت، متاثر از فرایندهای تکتونیکی دشتهای کوچک درون کوهساری چوپانلو و شکرپازی به همراه برجستگیهای بریده بریده کم ارتفاع (تپه مانند) میان دشتی کوه قوری گل، پیر چاوش و خان تختی مشاهده می گردد. لیتولوژی این تپه ها معمولا" از سنگهای کربناته و یا از مارن های سبز انگوری روشن تشکیل شده اند. دامنه های شمالی مشرف به دشت سلماس و چوپانلو به جهت فرسایش پذیری بالا، نسبت به دامنه های جنوب از شیب کمی برخوردارند. بلند ترین نقطه در منطقه مطالعاتی، ارتفاعات میان دشتی کوه حمزه کندی با ارتفاع ۱۵۲۰ متر در شمال و پست ترین نقطه نواحی اراضی روستای کنگرلو در شرق با ارتفاع ۱۲۷۶ متر و نواحی سواحل دریاچه ارومیه می باشد.

محدوده مطالعاتی جزء حوضه آبریز دریاچه ارومیه بوده و از مهمترین رودخانه های آن رودخانه زولا چایی و رودخانه شور شکرپازی می باشد. رودخانه زولا چای در جهت جنوب غرب و غرب بعد از طی سرتاسر دشت سلماس در شرق به دریاچه ارومیه تخلیه می شود. رودخانه شور شکرپازی نیز در شمال دشت بعد از طی دشت های کوچک درون کوهساری شکرپازی و چوپانلو به دریاچه ارومیه می رسد و گاها" کیفیت نسبتا" پایین آن، باعث تجمع و ته نشینی املاح نمکی در بعضی از نقاط مسیر بستر جریان می شود. نهایتا" در ادامه مسیر جریان با دیگر سیلاب ها دوباره کیفیت نسبتا" بهبود می یابد (شکل ۲-۱).

با توجه به وضعیت اقلیم منطقه، از عوامل موثر در آب و هوای دشت، وجود ارتفاعات همراه با جهت گیری رشته کوهها و شیبهای نسبتا" تند آنها و دشتهای وسیع کم شیب با زهکشی بسیار ضعیف می باشد که ویژگیهای اقلیمی خاص را در این بخش از استان آذربایجان غربی حاصل نموده است. عامل موثر دیگری که اقلیم و آب و هوای استان را تحت تاثیر قرار می دهد، جریانات هوایی مدیترانه ای می باشد. در کل بطرف غرب اقلیم سرد کوهستانی و مرطوب و بطرف شرق منطقه (سواحل دریاچه) اقلیم گرم و خشک حاکم می باشد. بارندگی و ریزشهای جوی منطقه یکی از عوامل موثر در تامین آب سطحی و تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت بشمار می آید. ریزشهای جوی در مدت زمان محدودی از سال صورت گرفته و بصورت جریانات رودخانه ای از حوضه خارج شده و به دریاچه ارومیه تخلیه می شود. به جزء رودخانه اصلی زولا چایی تقریبا" بقیه آبراهه ها در طول فصل تابستان تا شروع بارندگیهای پاییزه خشک می باشند. براساس داده های هواشناسی منطقه سلماس میانگین درجه حرارت سالانه برابر ۹/۹ درجه سانتیگراد، متوسط درجه حرارت در گرمترین ماه سال برابر ۲۲/۸ درجه سانتیگراد و متوسط درجه حرارت در سردترین ماه سال برابر ۲/۴ - درجه سانتیگراد می باشد. میانگین سالانه نم نسبی برابر ۶۴/۸ در صد و متوسط بارندگی سالانه آن در حدود ۹۴۰ میلیمتر در سال می باشد (دوراندیش- ۱۳۷۵).

نقشه توپوگرافی و شبکه آبراهه دشت سلماس همراه با موقعیت چاهها



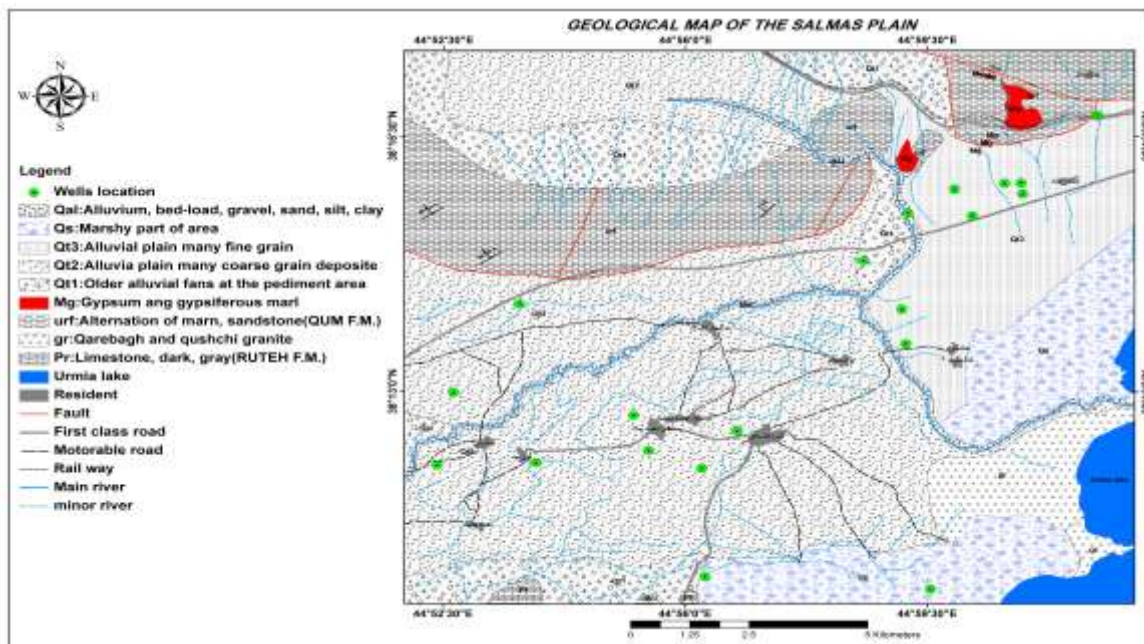
شکل ۱ - ۲: نقشه توپوگرافی و شبکه آبراهه های منطقه مطالعاتی (مهندسین مشاور آب نیرو-۱۳۷۷)

### ۳-۱- زمین شناسی منطقه مطالعاتی

شناخت سازند های مختلف زمین شناسی به لحاظ تاثیر لیتولوژی در کمیت و کیفیت آب های زیرزمینی و نقش گسلها و ساختارهای زمین شناسی در ارتباط و شکل گیری واحدهای آبدار، از ضروریات مطالعات پایه هیدروژئولوژی محسوب می شود.

مطالعات صحرایی به کمک عکسهای هوایی و نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه و با پایه قراردادن نقشه های زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور شامل چهار گوشه های ارومیه و سلماس جهت شناسایی سازندهای زمین شناسی صورت پذیرفت (نقشه زمین شناسی سلماس- سازمان زمین شناسی کشور). نهایتاً براساس بررسیهای صحرایی، گزارشات محلی و سوابق مطالعاتی منطقه (مهندسین مشاور آب نیرو-۱۳۷۵) اقدام به تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ محدوده دشت و ارتفاعات حواشی آن گردیده است (شکل ۱-۳).

بروزدهای اطراف منطقه مطالعاتی طیفی از سنگهای آذرین و رسوبی می باشد، که سن آنها از کامبرین تا عهد حاضر می رسد. محدوده طرح بخش انتهای دشت سلماس و دشت کوچک کوهساری چوپانلو را در بر می گیرد، که اکثراً از سنگهای رسوبی و رسوبات آبرفتی متشکل می باشند. بر اساس نقشه زمین شناسی منطقه واحد های چینه شناسی از قدیم به جدید به ترتیب بشرح ذیل تفکیک گردیده است.



شکل ۱ - ۳: نقشه زمین شناسی منطقه مطالعاتی (مهندسین مشاور آب نیرو- ۱۳۷۵)

### واحد سنگی ( Pr ) :

مسن ترین واحد سنگی در منطقه طرح، سنگهای آهنی پرمین می باشد که در بخش جنوبی منطقه بصورت جدا کوههای کم ارتفاع رخنمون می یابند. رنگ این واحد سنگی خاکستری تیره بوده و ناشی از فرایند های تکتونیکی بسیار خرد شده و دارای سیستم های درز و شکاف و حفرات انحلالی می باشند. گسترش آن بسیار کم و در نقشه زمین شناسی با نشانه Pr مشخص گردیده است.

### واحد سنگی ( gr ) :

این واحد در بخش جنوب شرقی منطقه و در امتداد نوار ساحلی دریاچه ارومیه با وسعت کم و بصورت سنگهای گرانیتی رخنمون می دهد که در نقشه با نشانه gr تفکیک گردیده است. توده های گرانیتی در سطح زمین ناشی از هوازگی بشدت خرد و به ذرات ریز دانه تبدیل شده اند. گسترش آن بصورت تپه های کم ارتفاع مشاهده می شوند.

### واحد سنگی ( Urf ) :

از میان واحد های سازند سخت، گسترده ترین واحد سنگی در منطقه است، که اکثراً" در بخش شمالی رخنمون می دهند. این واحد متشکل از ماسه سنگ، تناوب ماسه سنگ و رس بوده که بصورت نوار های رنگین از دور نمایان می باشد. تن رنگی آنها، قرمز تیره، قهوه ای روشن، خاکستری و سبز انگوری روشن و در مجموع بصورت یک زون رنگین مشخص ترین واحد سنگی در منطقه مطالعاتی می باشد که از فاصله دور نمایان و به راحتی قابل تفکیک از دیگر واحدهای سنگی می باشد. ماسه سنگها دارای لایه بندی متوسط تا نازک بوده که شیب آنها به سمت شمال و شمال غربی می باشد. این واحد سنگی ناشی از فرایند های تکتونیکی و هوا دیدگی بسیار خرد شده، بطوریکه در جهات مختلف در سنگ سیستم های درز و شکاف توسعه یافته است. در بعضی مناطق کنتاکت ماسه سنگها با دیگر واحد های سنگی بصورت گسلی می باشد. سیمان ضعیف و شدت هوازگی از نوع فیزیکی باعث متلاشی شدن آنها شده اند. بطوریکه این ویژگی باعث گردیده، ماسه سنگها نقش مهمی در خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدرولیکی آبخوانهای دشت و همچنین در تشکیل رسوبات آبرفتی ایفا کنند. در پای دامنه اکثر ارتفاعات، بویژه در بخش شمالی منطقه، هوازگی ماسه سنگها رسوبات آبرفتی از نوع باد بزنی را تشکیل داده اند.

## واحد سنگی ( Mg ) :

این واحد سنگی، بصورت تناوب ماسه سنگ، مارن و با میان لایه های ژیبسی در بخش شمالی منطقه و دشت چوپانلو بصورت برجستگیهای کم ارتفاع تپه مانند، رخنمون می دهند. در بخشهای دیگر منطقه مطالعاتی تفکیک این واحد سنگی از واحد سنگی ( Urf ) به جهت در هم بودن و مقیاس نقشه گاهاً امکان پذیر نبوده و در نقشه زمین شناسی تهیه شده بصورت محدوده های کم وسعت در شمال شرقی منطقه مشاهده می شود. تن رنگی این واحد کرم روشن، سبز انگوری روشن، قهوه ای روشن که بصورت نمایان در میان دشت کوهساری چوپانلو رخنمون می دهد. وجود توده های ژیبسی با مارنها در منطقه باعث کاهش کیفیت در آب های سطحی و زیرزمینی گردیده است. بطوریکه در منطقه طرح، آبراهه های که از این سازندها عبور می کنند، ناشی از فرایند انحلال ژیبس ها، در بستر آنها املاح نمکی مشاهده می شوند ( شکل های ۱-۴ و ۱-۵).



شکل ۱ - ۴: ته نشینی املاح نمکی در بستر آبراهه های مشرف به دشت کوهساری چوپانلو (۸۷/۵/۱۲)





شکل ۱- ۵: تصویری از تناوب مارن و ماسه سنگ با میان لایه های ژیبسی (۸۷/۵/۱۲)

### مجموعه نهشته های رسوبی کواترنر ( Qal'Qs'Qt1'Qt2'Qt3 ):

نهشته های رسوبی کواترنر مجموعه ای از واحدهای رسوبی آبرفتی است که گسترش وسیعی در دشت سلماس و چوپانلو دارد. مجموعه واحدهای رسوبی کواترنر متشکل از واحدهای Qt1 Qt2 Qt3 'Qs' و Qal می باشند.

### واحد رسوبی آبرفتی Qt1 :

این واحد رسوبی در بخش شمال منطقه و بخش انتهایی میان دشت شکرپازی بر روی ماسه سنگهای زمان میوسن ( واحد Urf ) قرار گرفته و از آبرفت های متراکم قدیمی تشکیل یافته است. اکثر رسوبات این واحد، حاصل فرسایش سنگهای ارتفاعات مشرف به دشت شکرپازی بوده و ذرات آن متشکل از رس، ماسه و قلوه سنگها با گرد شدگی کمتر می باشد.

### واحد رسوبی آبرفتی Qt2 :

واحد رسوبی Qt2 بخش وسیعی از منطقه مطالعاتی را پوشش می دهد. ذرات رسوبی این واحد نسبت به واحدهای رسوبی دیگر نسبتاً درشت دانه بوده و اثر املاح نمکی نیز در سطح آن کمتر مشاهده می گردد. اکثر ذرات این واحد از ماسه، سیلت، رس و همراه با کمی ذرات درشت دانه شن و قلوه سنگ غیر گرد شده می باشد.

### واحد رسوبی آبرفتی Qt3 :

این واحد رسوبی در بخش شمال شرقی منطقه و در منتهی الیه دشت سلماس و زمینهای دشت چوپانلو را تشکیل می دهد. رسوبات آن اکثراً حاصل فرسایش سنگهای پیرامون دشت چوپانلو بوده و درصد بیشتر ذرات آن جزء رسوبات ریز دانه می باشند. در بستر آبراهه های عبوری از این واحد، نهشته های سفید رنگ نمکی از فاصله دور نمایان است، که حاصل فرایند انحلال و فرسایش توده های ژیبسی در سنگهای پیرامون این دشت می باشد (شکل ۱-۶). این واحد رسوبی نقش مهمی در کیفیت آب های زیرزمینی و سطحی ایفا می کند. اکثر چاههای حفر شده در این واحد رسوبی از کیفیت مطلوبی برخوردار نمی باشند (چاههای دشت چوپانلو، شکل ۱-۷)



شکل ۱-۶ : رسوبات آبرفتی ریزدانه واحد Qt3 (۸۷/۵/۱۲)



شکل ۱ - ۷: تصویری از کیفیت آب نامناسب چاههای دشت چوپانلو (۸۷/۵/۱۲)

#### واحد رسوبی آبرفتی Qs :

این واحد در بخش شرقی منطقه و بصورت مناطق شور زار و زمینهای حاشیه دریاچه ارومیه را تشکیل می دهد. محدوده آن، دائما" تحت تاثیر عقب نشینی و پیشروی سطح آب دریاچه ارومیه متغیر بوده و در سالهای اخیر به جهت عقب نشینی سطح آب دریاچه، وسعت آن افزایش پیدا کرده است ( شکل ۱-۸ ).



شکل ۱- ۸: تصویری از بخش شمال شرقی دشت سلماس (واحد Qs - ۸۷/۵/۱۲)

#### واحد رسوبی آبرفتی Qal

این واحد از رسوبات آبرفتی عهد حاضر تشکیل شده و بصورت بار سیلابی، در امتداد بستر آبراهه ها ته نشین شده اند. ذرات درشت دانه آن بیشتر بوده و از گرد شدگی بالایی برخوردار است. این واحد رسوبی بیشتر در مسیر آبراهه های شمالی، شکرپازی و زولا چایی ته نشین شده اند. بنا به بررسیهای صحرائی، پرس و جوی های محلی و اطلاعات اخذ شده از امور آب سلماس، چاههای حفر شده در این واحد رسوبی، نسبت به آبخوان انواع دیگر رسوبات آبرفتی، از کمیت و کیفیت بالایی برخوردار است (شکل ۱- ۹).

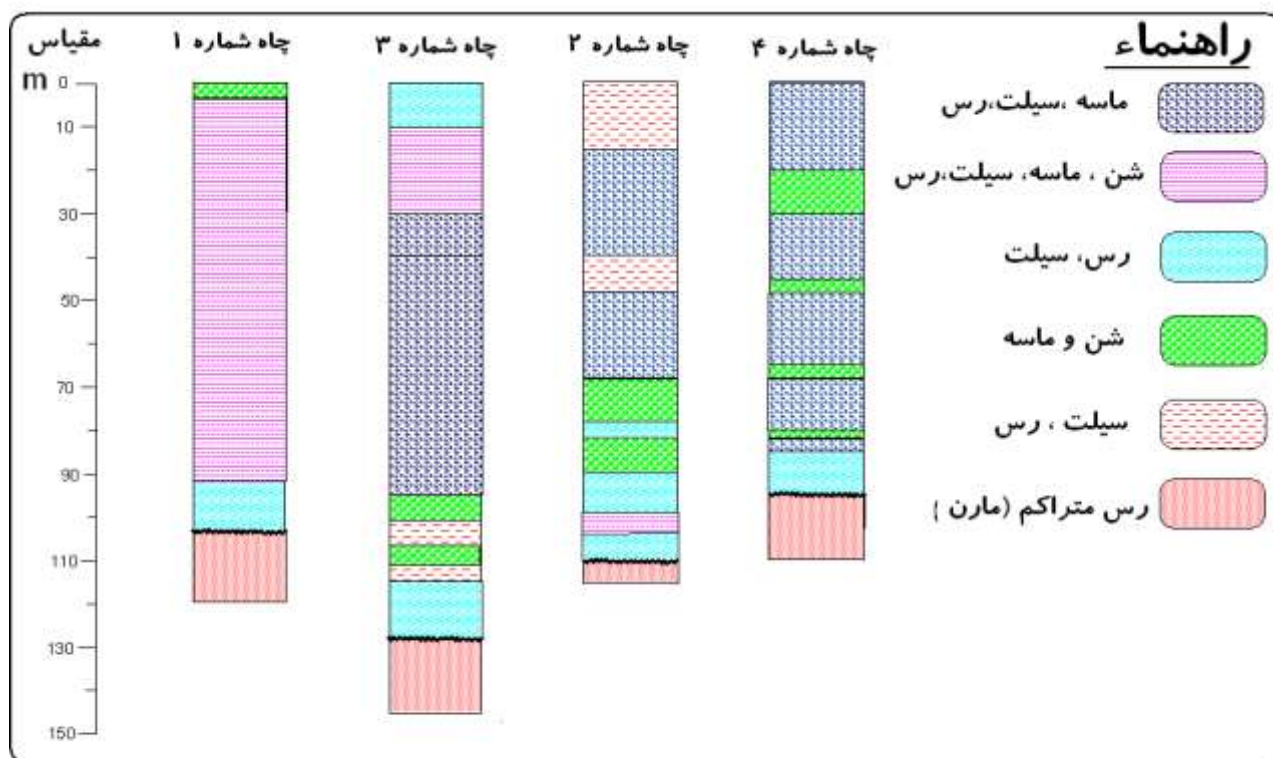


شکل ۱ - ۹ : واحد رسوبی آبرفتی Qal (۸۷/۵/۱۲)

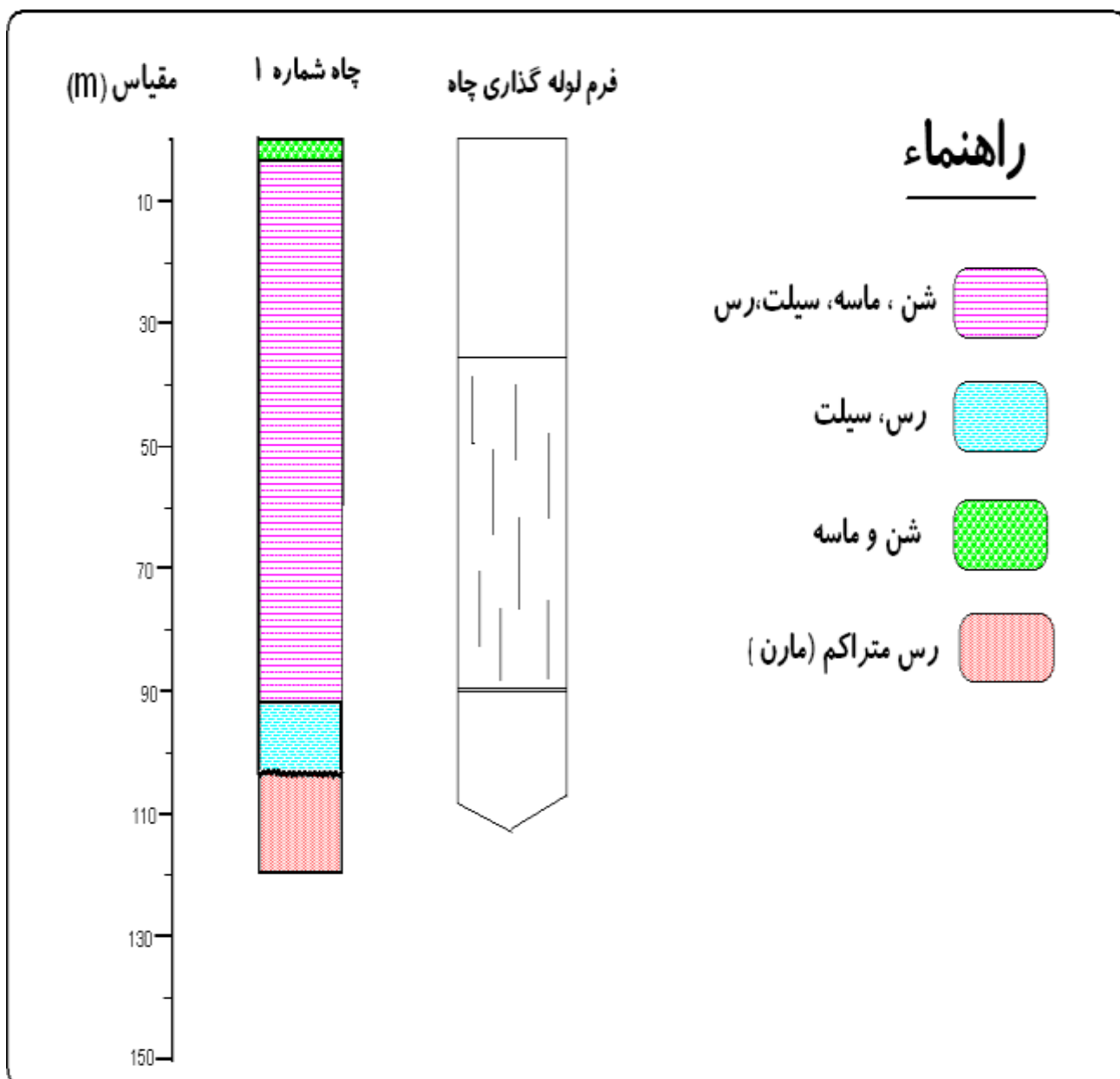
#### ۱-۴- تکتونیک منطقه و نقش عوامل ساختاری در زمین شناسی دشت

محدوده مطالعاتی در مقیاس جهانی از لحاظ زمین شناسی ساختاری جزء قسمتی از ایران مرکزی بشمار می آید، که در محل تلاقی رشته کوههای البرز و زاگرس قرار گرفته است. ساختار های موجود در منطقه نیز نتیجه رویدادهای تکتونیکی مختلفی است، که از پرکامبرین تا کواترنری بر منطقه اثر نموده اند. ساختار کنونی دشت از آخرین حرکات فازکوهزائی آلپ پس از میوسن شکل گرفته اند. حرکات خشکی زائی این فاز موجب فرونشینی همزمان با رسوبگذاری حوضه رسوبی میوسن در منطقه گردیده است. دشت سلماس و میان دشت کوهساری چوپانلو که در گوشه شمال غرب دریاچه ارومیه واقع است، یک دشت آبرفتی - تکتونیکی می باشد. در شکل گیری منطقه و دشت بویژه ساختار های تکتونیکی از قبیل چین ها و گسلها نقش موثری داشته و باعث تشکیل ساختارهای مورفولوژیکی منطقه و شکل گیری کنونی دشت سلماس و چوپانلو گردیده است. برجستگیها و تپه های بریده بریده شده میان دشتی در جنوب منطقه، تغییرات آنی در روند لایه بندی و لیتولوژی بویژه سازندهای میوسن در شمال منطقه و نهایتاً بر اساس لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی و بهره برداری حفر شده در دشت سلماس و چوپانلو، تغییرات ساختاری و لیتولوژیکی سنگ کف دشت، همه نشان دهنده شدت تاثیر فرایندهای

تکتونیک در واحدهای هیدروژئولوژیکی دشت سلماس و چوپانلو است. از گسلهای مهم منطقه، می توان به گسل مافی کند، شکرپیزی، سلماس و سایر گسلها اشاره کرد. گسل سلماس از لحاظ فعالیت لرزه ای جزء مهمترین گسلها در منطقه است، که در سال ۱۹۳۱ میلادی باعث زمین لرزه سلماس و افتادگی دشت سلماس گردید. بخشی از گسلها که توسط رسوبات آبرفتی پوشیده اند، باعث قطع شدگی و تغییر در سنگ کف دشت شده اند ( لوگ زمین شناس چاههای اکتشافی ). در بخش شمالی منطقه، گسلهای اصلی و فرعی را می توان مشاهده کرد، که روند آنها در راستای غرب - شرق است و باعث تشکیل دشت های کوچک درون کوهساری شکرپیزی و چوپانلو شده است. همانطور که اشاره گردید ، نهایتاً این گسلها باعث فروافتادگی تکتونیک ( گرابن ) دشت سلماس و شکرپیزی گردیده است. بدین صورت می توان نتیجه گرفت، که گسلهای مرزی این گرابن (شکرپیزی و سلماس ) ساختار زمین شناسی منطقه را کنترل کرده و نهایتاً باعث تغییرات آنی در عمق سنگ کف و ضخامت رسوبات آبرفتی خواهد بود. لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی و بهره برداری مؤید این موضوع است (شکل ۱-۱۰).

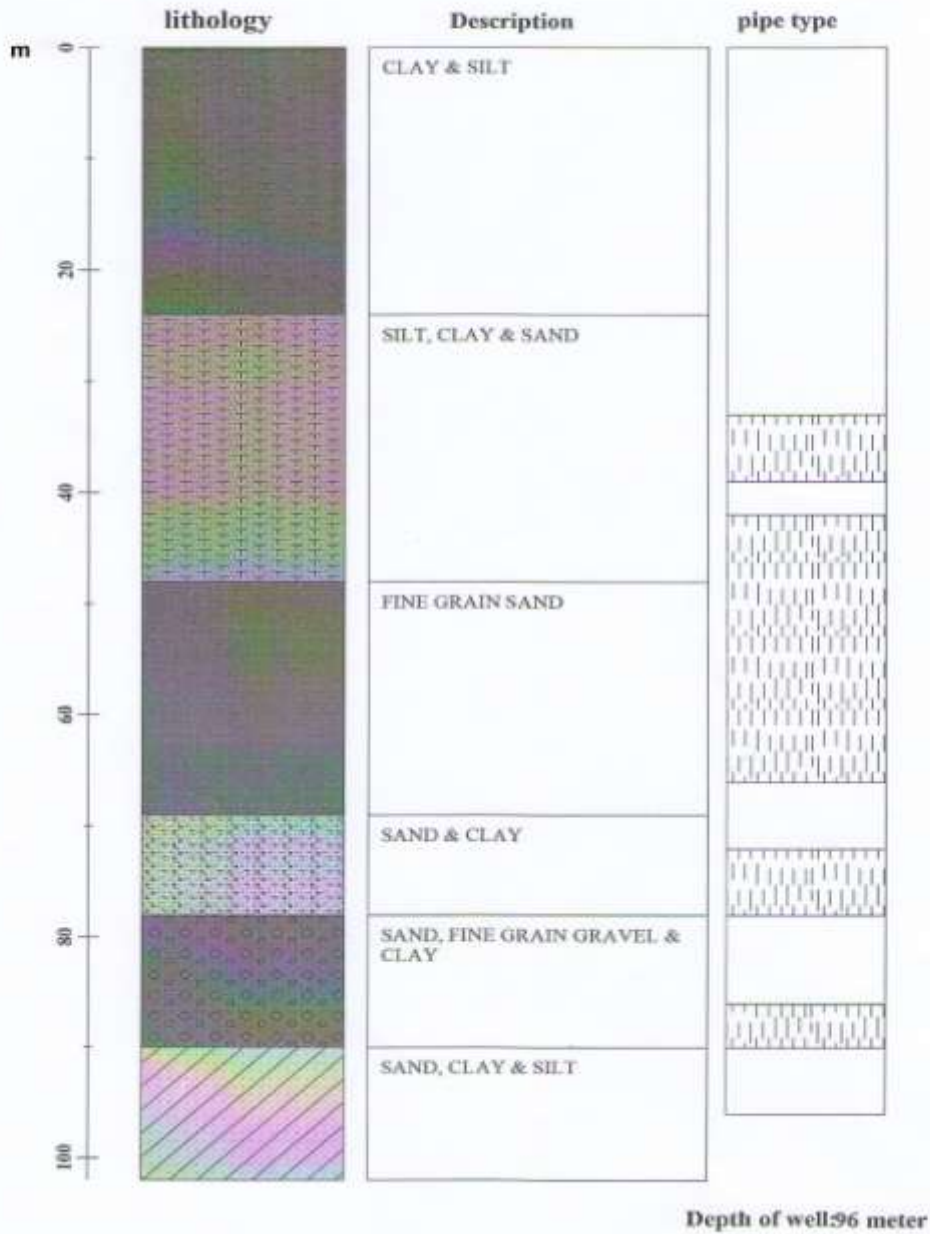


شکل ۱ - ۱۰: لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی و بهره برداری همراه با فرم لوله گذاری



ادامه شکل ۱ - ۱۰: لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی و بهره برداری همراه با فرم لوله گذاری

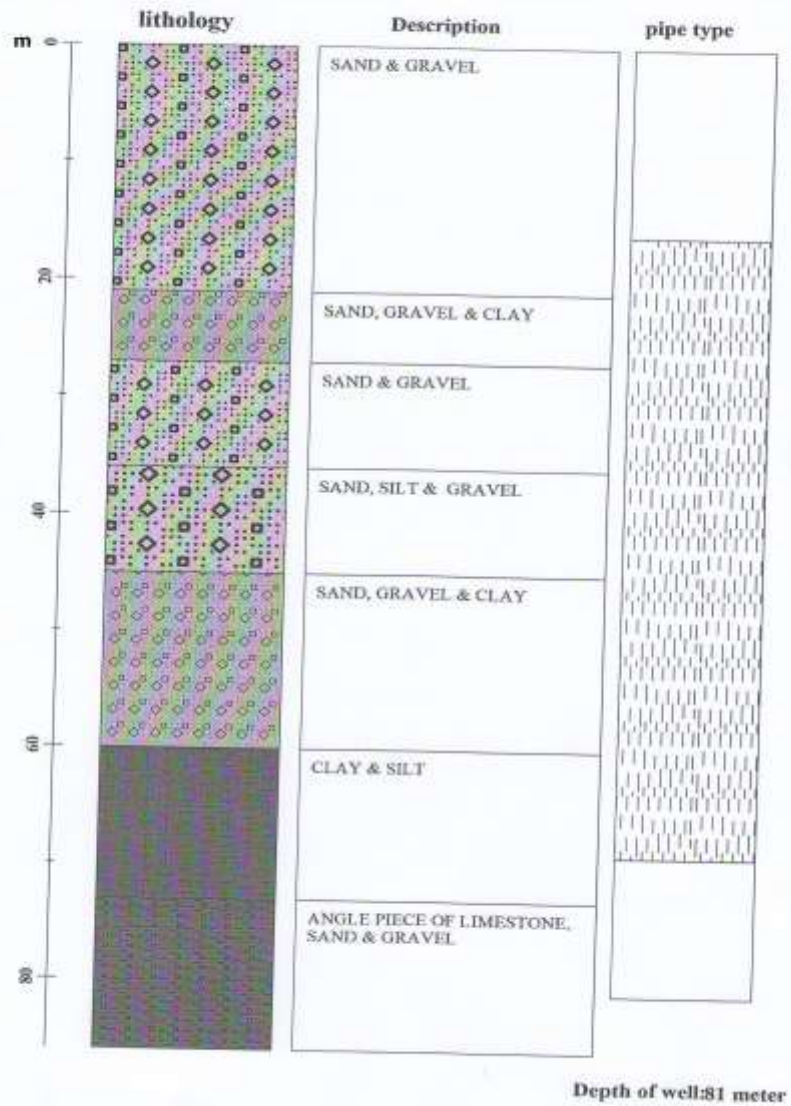
## لوگ زمین شناسی چاه روستای کنگرلو



ادامه شکل ۱- ۱۰

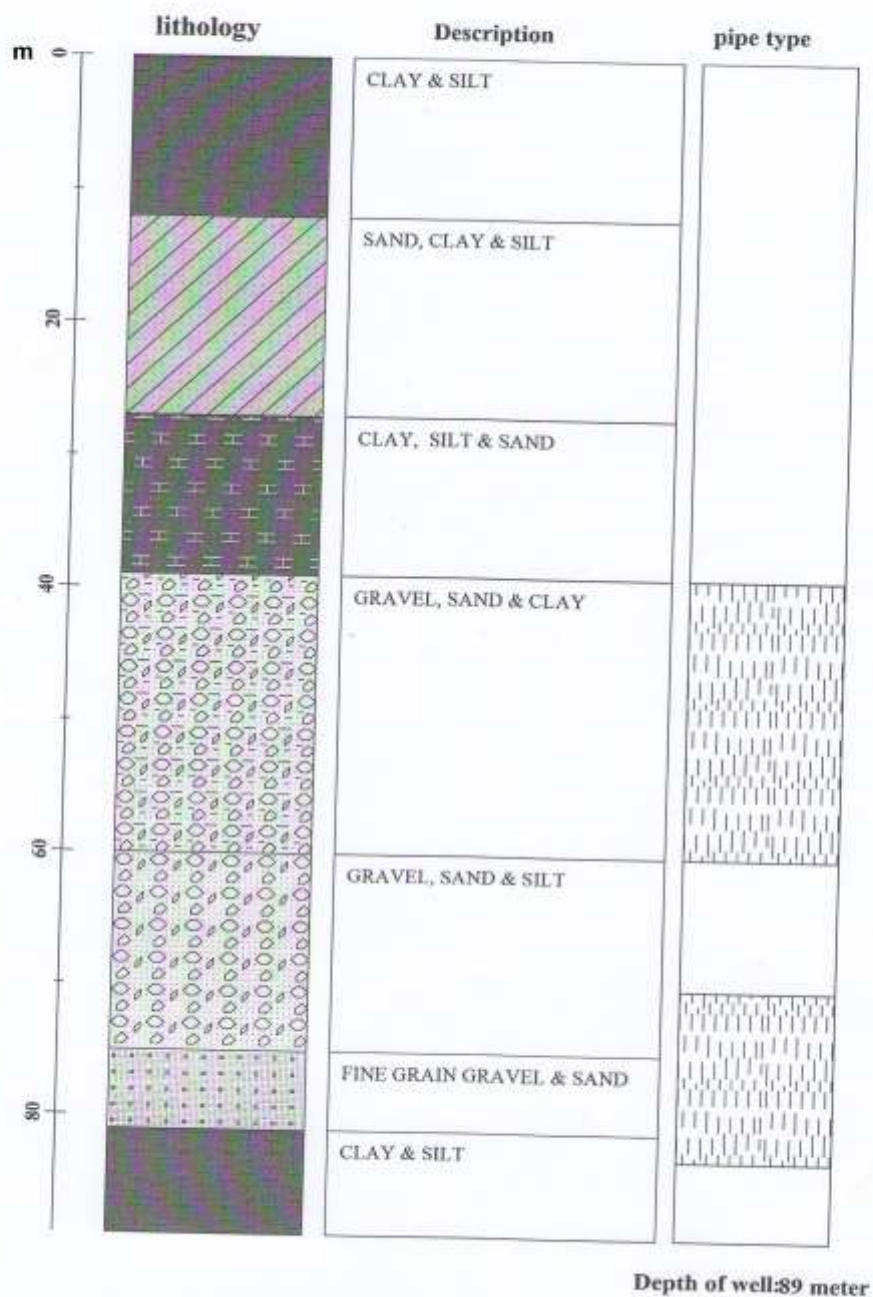


## لوگ زمین شناسی روستای قره قشلاق



ادامه شکل ۱ - ۱۰

## لوگ زمین شناسی روستای حبشی



ادامه شکل ۱ - ۱۰

## ۱-۵- هیدرولوژی منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی جزء حوضه آبریز بخش شمال غربی دریاچه ارومیه می باشد که دارای زمستانهای سرد و مرطوب و تابستان معتدل است. بر اساس آمار ایستگاه کلیماتولوژی سلماس میزان متوسط بارندگی سالانه ۳۲۴ میلیمتر، میانگین حداکثر درجه حرارت ۳۰/۴ سانتیگراد درجه (تیر ماه) و میانگین حداقل درجه حرارت ۱۰/۹ - سانتیگراد درجه (بهمن ماه)، با استفاده از طبقه بندی آمبرژه، اقلیم منطقه جزء نیمه خشک سرد محسوب می شود (گزارش شبکه آبیاری زهکشی دشت چوپانلو - ۱۳۷۵).

از آبراهه های مهم حوضه آبریز منطقه به رودخانه های زولا چای، خورخوره، سیلاب، شکرپیزی و دیگر آبراهه های فرعی ارتفاعات شمالی می توان اشاره کرد. از رودخانه های مهم یاد شده، زولا چای و شکرپیزی به جهت تاثیر گذاری در روان آب های سطحی و زیرزمینی دارای اهمیت ویژه ای می باشد. رودخانه اصلی زولاچای که از ارتفاعات بخش غربی خارج منطقه مطالعاتی سرچشمه می گیرد، در دشت سلماس پیوندگاه درون دشتی تمام آبراهه ها می باشد. تمام آبراهه ها با پیوستن به این رودخانه در جهت غرب به شرق و در منتهی الیه منطقه به دریاچه ارومیه تخلیه می شود. رودخانه زولاچای در تغذیه آبخوانهای دشت نیز از طریق بستر نفوذ پذیر خود (بویژه بخش غرب منطقه) از لحاظ کمیت و کیفیت نقش مهمی ایفا می کند (مهندسین مشاور الکتروپروژکت - ۱۳۴۴ و آب نیرو - ۱۳۷۷).

رودخانه شکرپیزی و دیگر آبراهه هایی که از ارتفاعات شمال منطقه سرچشمه می گیرند، بعد از گذر از دشتهای کوچک کوهساری شکرپیزی و چوپانلو بطور مستقل به دریاچه ارومیه تخلیه می شوند. این آبراهه ها به جهت عبور از سازند های مارنی گچدار، دارای کیفیت نسبتاً بدی در دبی پایه خود دارند. بطوریکه ناشی از فرایند انحلال و تبخیر، در بخشهای مختلف بستر جریان خود توده های سفید رنگ نمکی بر جای گذاشته که از فاصله دور، نمکهای سفید رنگ نمایان است (شکل ۱- ۱۱).

یکی از عوامل کاهش کیفیت آب چاههای محفوره در دشت چوپانلو و شکرپیزی، می تواند آب های نفوذی این آبراهه ها باشد، که باعث افزایش شوری آب زیرزمینی و خوردگی لوله جدار چاههای بهره برداری می گردد (شکل ۱- ۱۱). به غیر از رودخانه و آبراهه های یاد شده در منطقه مطالعاتی، کانالهای آب و گودالهای توپوگرافی در دشت وجود دارد که ناشی از تجمع آب بارندگیها، ماندآب ها تولید می شود.

بنا به بیلان محاسبه شده، مقدار آبی که از رودخانه ها و آبراهه ها و بطور کل از طریق جریانهای سطحی وارد دشت می شود بالغ بر ۶۷/۸ میلیون متر مکعب در سال می باشد (دوراندیش - ۱۳۷۵).



شکل ۱ - ۱۱: تصویری از املاح نمکی در بستر آبراهه های مشرف به دشت چوپانلو (شمال شرق منطقه مطالعاتی - ۸۷/۵/۱۲)

#### ۱-۶- هیدروژئولوژی گستره مطالعاتی

دشت سلماس یکی از دشتهای مهم حوضه آبریز دریاچه ارومیه محسوب می شود. منابع آب زیرزمینی این دشت و خصوصیات هیدروژئولوژی آن، بی شک متاثر از تشکیلات زمین شناسی ارتفاعات پیرامون آن و فرایندهای تکتونیکی ناحیه می باشد. بویژه ارتفاعات شمال شرقی و غربی مشرف به دشت ( نواحی شکرپازی و چوپانلو ) از لحاظ کیفیت نقش موثری بر روی آبخوانهای این مناطق دارد. همانطور که در بخش زمین شناسی منطقه مطرح گردید، وجود ساختارهای تکتونیکی و گسیختگیهای متعدد در سازندهای متفاوت، سبب ظهور چشمه های تکتونیکی نیز شده است. طبق لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی، بهره برداری و زمین شناسی منطقه، حد و مرزهای هیدرولیکی آبخوانها در منطقه توسط سازند های مارنی، رسی و ماسه سنگی کنترل می شود. بطوریکه در اغلب چاههای اکتشافی سنگ کف منطقه، اکثراً از سازند های مارنی، رسی و ماسه سنگ تشکیل یافته است.

بنا به سوابق مطالعاتی منطقه، نقشه زمین شناسی محدوده و لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی و بهره برداری منطقه واحدهای هیدروژئولوژیکی محدوده مطالعاتی بر اساس خصوصیات هیدرولیکی و میزان نفوذ پذیری به سه گروه اصلی می توان تفکیک کرد که شامل :

## الف - گروه نفوذ پذیر

سازندهای تشکیل دهنده این واحد هیدروژئولوژیکی از مسن به جوان شامل، آهکهای پرمین بخش جنوب منطقه به جهت ساختارهای تکتونیکی، سیستمهای درز، شکاف و حفرات انحلالی از نفوذپذیری قابل توجهی برخوردارند. از رسوبات آبرفتی درشت دانه (قلوه سنگ، شن و ماسه) حاشیه رودخانه زولا چای، دیگر آبراهه ها و همچنین افق های نفوذپذیر آبرفتی در عمق دشت مجموعاً واحد نفوذپذیر منطقه مطالعاتی را تشکیل می دهند.

## ب - گروه کم نفوذ

سازند های تشکیل دهنده این واحد شامل، ماسه سنگها و توده های آذرین تکتونیزه و هوازده همراه با دیگر سطوح گسیخته در سنگها از رسوبات، ماسه های ریز دانه و سیلتها همراه با کمی رس آبرفتی قدیمی و جدید، واحد هیدروژئولوژیکی کم نفوذ را تشکیل می دهند.

## ج - گروه نفوذ ناپذیر

در محدوده مطالعاتی به غیر از رسوبات آبرفتی، وسیعترین واحد هیدروژئولوژیکی، واحد غیر قابل نفوذ می باشد که شامل رسها و مارنهای الوان حاوی املاح گچی و نمکی که در منتهی الیه شمال و شمال شرقی (نواحی اراضی روستاهای چوپانلو و شکرپازی) منطقه و در امتداد مسیر جاده سلماس - تبریز رخمون پیدا می کنند. مارن و مارنها متناوب با ماسه سنگهای نازک لایه، رسهای متراکم شده آبرفتی قدیمی (نواحی اراضی شکرپازی)، رسوبات تبخیری رسی شوره زارها و رسهای آبرفتی عهد حاضر، مجموعاً افق های نفوذ ناپذیر این واحد هیدروژئولوژیکی را تشکیل می دهند (شکل ۱- ۱۲).



شکل ۱ - ۱۲: تصویری از واحد رسوبی مارن - گروه نفوذناپذیر (۸۷/۵/۱۲)

#### ۱-۷ - انواع آبخوانهای منطقه

با استفاده از نتایج مطالعات ژئوالکتریکی و هیدروژئولوژیکی منطقه که از طرف مهندسین مشاور الکتروپروژکت ( ۱۳۴۳ ) و دور اندیش ( جهاد امور عشایر استان - ۱۳۷۵ )، گزارش طرح شبکه آبیاری و زهکشی دشت چوپانلو و همچنین لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی (۶ حلقه) و چاههای متعدد بهره برداری (۲۴ حلقه) وضعیت سیستم آبخوانهای منطقه مطالعاتی ترکیبی از سفره های مختلف می باشد. سفره های آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی، مجموعه ای از آبخوانهای آزاد، نیمه محصور و محصور تشکیل شده اند. آبخوانهای از نوع آزاد بیشتر در بخش غرب و جنوب غربی منطقه و حاشیه های دشت می باشد. محدوده سفره های نیمه نشتی و محصور حدوداً از بخش میانی دشت و نواحی اراضی روستاهای سلطان احمد، یالقوزآغاج و کنگرلو، بطرف بخش انتهایی دشت ( شرق ) و تا نواحی سواحل دریاچه ارومیه ادامه دارد. در سالهای اخیر به جهت بهره برداری و برداشت بی رویه از سفره های آب زیرزمینی، کاهش بارندگی، عدم تغذیه آبخوان و عوامل موثر دیگر، کاهش چشمگیری در سطح پیرومتریک و افت فشار هیدرواستاتیک حاصل گردیده است. نهایتاً تمام این عوامل باعث تبدیل آبخوانهای تحت فشار به سفره های آزاد گردیده است. این مورد بنا به اظهارات کارشناسان

امور آب سلماس و با پرس و جوی های محلی با مالکین چاههای بهره برداری در نواحی روستای یالقوز آغاج و کنگرلو مشخص گردیده است.

در کل آبخوانهای بخش غرب و جنوب غربی دشت، نسبت به مناطق شرق و شمال شرقی از کمیت و کیفیت بالایی برخوردار است. احتمالاً این مورد ناشی از تغذیه آبخوانها توسط رودخانه های زولاچای، دریک و دیرعلی چای باشد. در منطقه مطالعاتی بطرف بخش انتهایی دشت از حوالی روستای یالقوز آغاج بویژه به سمت شمال شرقی به جهت سازندهای رسی و مارنی حاوی املاح گچ و نمکی کمیت و کیفیت آبخوان بسیار کاهش پیدا می کند. بطوریکه در چاه محفوره جهاد امور عشایر استان در دشت چوپانلو آبدهی چاه ضعیف، ماسه ده و شوری آن کاملاً حس می شود ( شکل های ۱ - ۷ و ۱۳-۱ ).



شکل ۱ - ۱۳: تصویری از چاه ماسه ده در دشت چوپانلو (۸۷/۵/۱۲)

در این مناطق و شمال شرقی روستای کنگرلو هدایت الکتریکی تا ۵۵۱۰ میکروموس بر سانتیمتر می رسد. این مورد در پرس و جوی های محلی از مالکین چاهها ( مرزبان وحاجی تقی ) و همچنین بررسیهای صحرایی در بستر آبراهه های مشرف به دشتهای شکرپزی و چوپانلو آثار رسوبات سفید رنگ نمکی بخوبی نمایان است ( شکل ۱-۱۱ ). با توجه به موارد فوق، اثر سازند های میوسن در تنزل کمیت و کیفیت سفره های آب زیرزمینی آشکار می باشد. درکل، تغذیه آبخوانهای منطقه مطالعاتی از طریق نفوذ آب بارشها در واحدهای نفوذپذیر هیدروژئولوژیکی حوضه آبریز منطقه، بستر رودخانه و آبراهه ها ( بویژه زولا چای )، سفره های مجاور و سایر عوامل تغذیه کننده می باشد.

## ۸-۱- بررسی مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی آبخوان

سیستم سفره ها در منطقه مطالعاتی به این صورت است که، توزیع رسوبات با منشأ های متفاوت و تغییرات آن در جهات قائم و افقی سبب پیچیدگی وضع سفره ها در دشت گردیده است. بویژه در جهت قائم لایه های آبدار ترکیبی از لایه های متفاوت هیدرولیکی و نهایتاً حالت مرکب را دارند. بر اساس بررسیهای صحرایی و لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی بخشهای آبدار دشت، در غرب و جنوب غرب و در امتداد مسیر جریان رودخانه زولا چای و نواحی حاشیه آن تا بخشهای میانی دشت، رسوبات در مجموع از ذرات درشت دانه تشکیل شده اند ( لوگ زمین شناسی چاههای سلطان احمد و قره قشلاق ). از بخشهای میانی دشت بطرف شرق و شمال شرق رسوبات حاکم جزء ذرات ریز دانه بوده و بر ضخامت آنها با تبعیت از سنگ کف افزوده می شود. بطوریکه در نواحی روستای چوپانلو تا ۱۶۰ متر می رسد. در کل ضخامت رسوبات آبرفتی با تبعیت از سنگ کف و متاثر از شرایط تکتونیکی و زمین شناسی منطقه، در عمق دشت متغیر می باشد. بطوریکه در نواحی شمال شرقی روستای یوشانلو سنگ کف در دو و سه متری سطح زمین قرار گرفته و دوباره بطرف شرق ( نواحی سواحل دریاچه ) بر عمق آن افزوده می شود، که این مورد احتمالاً ناشی از کنترل سنگ کف توسط گسلهای در منطقه باشد. بنا به لوگ زمین شناسی چاههای حفر شده در مناطق روستاهای حبشی، سلطان احمد، قره قشلاق، کنگرلو و چوپانلو جنس سنگ کف از مارنهای سبز انگوری روشن، رس قرمز، مارنهای گچدار و ماسه سنگ تشکیل شده اند. همانطور که قبلاً بیان گردید، ارتفاعات شمال و شمال شرق منطقه مطالعاتی از سازندهای ماسه سنگ، تناوب ماسه سنگ و مارن، رس و مارنهای گچدار نمکی تشکیل شده اند. این سازندها از لحاظ خصوصیات هیدروژئولوژیکی، هیدرولیکی و هیدروشیمیایی نقش مهم و موثری بر روی منابع آب این مناطق ایفا می کنند. بطوریکه در اکثر چاههای حفر شده در نواحی روستاهای کنگرلو، چوپانلو و بخشی از اراضی روستای یالقوزآغاج ناشی از مشکل ماسه دهی و خوردگی لوله جدار چاه، ساختمان چاههای این مناطق بدون طی عمر مفید خود تخریب می شوند.

## ۱-۹-۱- مشخصات هیدرولیکی آبخوان

آب های زیرزمینی دشت سلماس توسط مهندسین مشاور الکتروپروجکت (۱۳۴۳)، دورانیش (۱۳۷۵) و سازمان آب منطقه ای آذربایجان غربی (۱۳۸۵) مطالعه شده است. بنابه این بررسیها جهت جریان عمومی آب زیرزمینی در منطقه از ارتفاعات حاشیه دشت به سمت مرکز دشت و در نهایت از غرب به شرق و به سمت دریاچه ارومیه که خروجی دشت است متوجه می باشد. گرادیان هیدرولیکی در شمال منطقه میانگین ۱۳ در هزار و در بخش شمال غرب ۲ در صد می باشد. عمق برخورد به سطح ایستابی از غرب به شرق کاهش داشته، بطوریکه در نواحی اراضی روستای قره قشلاق میانگین ۵ متر و به سمت دریاچه ارومیه تا ۲ متر میرسد.



از خواص هیدرولیکی آبخوان، ضرایب هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال آب اطلاعات مفیدی در مورد خصوصیات فیزیکی سفره و توان آبدهی آن می تواند ارائه دهد. هدایت هیدرولیکی سفره به جزء نواحی اراضی روستاهای حبشی و سلطان احمد در بقیه مناطق کمتر از ۰/۲۵ متر بر روز است. در بخش جنوب غربی منطقه و از نواحی اراضی روستای حبشی تا برجستگیهای میان دشتی تپه مانند ما بین ۵ - ۲ متر بر روز می باشد. در بخش میانی منطقه و نواحی اراضی روستای سلطان احمد افزایش یافته و ما بین ۱۰ - ۵ متر بر روز متغیر است.

ضریب قابلیت انتقال آب در کل از غرب بطرف شرق و در جهت جریان آب زیرزمینی کاهش داشته و ما بین ۱۱۵ - ۸۹۳ مترمربع بر روز متغیر می باشد (مهندسین مشاور الکتروپروجکت - ۱۳۴۳). در بخش میانی دشت و نواحی اراضی روستای سلطان احمد با توجه به روند عمومی کاهش، برعکس افزایش داشته ( همانند هدایت هیدرولیکی ) و ما بین ۷۸۳ - ۲۵۵ مترمربع بر روز متغیر است. نهایتاً بطرف انتهای دشت و در شمال غربی روستای یوشانلو به ۱۹۰ متر مربع بر روز کاهش پیدا می کند. دبی متوسط چاههای محفوره در آبخوان دشت نیز بنا به آزمایش پمپاژ های انجام یافته ما بین ۴۵ - ۷ لیتر بر ثانیه تغییر می کند.

با توجه به روند تغییرات مقادیر ضرایب هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال آب در آبخوان دشت، دقیقاً این تغییرات همسو و ارتباط مستقیم با مقادیر دبی چاههای بهره برداری در منطقه دارد. بطوریکه در بعضی از نواحی اراضی روستای حبشی و سلطان احمد دبی چاههای بهره برداری ما بین ۳۰ الی ۳۸ لیتر بر ثانیه برآورد گردیده است. نهایتاً بطرف شرق و انتهای دشت نواحی اراضی کنگرلو و چوپانلو کاهش یافته و دبی چاههای بهره برداری ما بین ۲۳ الی ۲۷ لیتر بر ثانیه تغییر می کند.

در خصوص عوامل موثر در مشکل ماسه دهی چاههای بهره برداری، دانه بندی رسوبات آبخوان در حله اول نقش موثری ایفا می کند. در صد بیشتر ذرات تشکیل دهنده رسوبات آبرفتی آبخوان جزء ذرات ریزدانه می باشد ( لوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی و بهره برداری ). این رسوبات ترکیبی از ماسه های ریز و درشت، سیلت و رس می باشد که در جهت قائم بصورت متناوب روی یکدیگر قرار می گیرند. این مورد نیز باعث کاهش هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال آب این رسوبات سفره می شود. نهایتاً در زمان بهره برداری از چاههای محفوره در رسوبات ریز دانه، باعث کاهش شعاع تاثیر چاه، افت بیشتر سطح آب چاه، افزایش شیب هیدرولیکی مخروط افت در محدوده چاه و سرعت جریان آب از لایه آبدار بطرف چاه می شود. نوسانات شدید سطح ایستابی و تاثیرگذاری آن در ناپایداری دیواره چاهها، باعث تخریب ساختمان چاههای بهره برداری می گردد. با توجه به جدول ۱-۱ و بررسی پارامترهای آن چنین استنباط می گردد، پدیده ماسه دهی در مناطقی مشاهده می شود که قابلیت انتقال سفره کم و افت سطح آب در درون چاه بیشتر باشد، اتفاق می افتد ( روستاهای کنگرلو و چوپانلو ).

همانطور که قبلاً مطرح گردید، در بررسی آب های زیرزمینی دشت سلماس میزان قابلیت انتقال آب عموماً از غرب به شرق (در جهت جریان آب زیرزمینی) کاهش داشته و در بخش نواحی اراضی روستاهای کنگرلو و

چوپانلو به ۱۱۵ مترمربع بر روز می رسد. در آزمایش پمپاژ این مناطق، افت حاصله در سطح آب چاه ( سطح دینامیک ) انقدر زیاد بوده، که به سطح پمپ می رسد (جهاد امور عشایر سلماس – ۱۳۷۸).

با توجه به موارد فوق ، عموماً" ماسه دهی در چاه های اتفاق می افتد که ضریب قابلیت انتقال سفره کم، افت سطح آب در چاه زیاد،(جدول ۱- ۱) شعاع تاثیر چاه کم، رسوبات ذرات آبخوان جزء ذرات ریز دانه و همچنین ظرفیت ویژه چاهها کم باشد ( چاه های شماره ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰)

جدول ۱-۱: خلاصه نتایج ازمایش پمپاژ بعضی از چاههای عمیق منطقه مطالعاتی(امور آب سلماس )

| راندمان چاه بر حسب درصد | ظرفیت ویژه Q/S | حداکثر افت Sd-Se (متر) | حداکثر آبدهی (متر) | سطح استتابی(متر) | عمق چاه (متر) | تاریخ آزمایش پمپاژ | روستا محل مطالعه | نام مالک چاه     | ردیف |
|-------------------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|------|
| ۲۶                      | ۲/۰            | ۵۷/۵                   | ۱۱۵/۲              | ۱۶               | ۱۲۰           | ۷۸/۵/۲۶            | صدقیان           | صالح شاه مرادی   | ۱    |
| ۶۲                      | ۴/۵            | ۳۷                     | ۱۶۵/۶              | ۲۴               | ۱۰۰           | ۸۵/۴/۱۷            | باغچه جیک        | حسین بیات        | ۲    |
| ۵۰                      | ۱/۹            | ۴۸                     | ۹۰                 | ۲۵               | ۸۹            | ۸۰/۵/۱۶            | جبشی             |                  | ۳    |
| ۲۹                      | ۳/۷            | ۳۴                     | ۱۲۶                | ۱۱               | ۸۸            | ۸۰/۵/۲۷            | جبشی             |                  | ۴    |
| ۴۵                      | ۲/۶            | ۴۹                     | ۱۲۶                | ۲۳/۵             | ۹۰            | ۸۰/۶/۱۸            | جبشی             | احمد فغنی        | ۵    |
| ۲۲                      | ۳/۰            | ۴۱                     | ۱۲۶                | ۱۰/۵             | ۸۸            | ۸۱/۲/۷             | جبشی             | حمید فتح جو      | ۶    |
| ۳۶                      | ۷/۵            | ۲۲                     | ۱۶۵/۷              | ۹                | ۱۰۰           | ۶۷/۷/۲۶            | سلطان احمد       | جواد جعفری       | ۷    |
| ۴۸                      | ۶/۱            | ۲۲/۵                   | ۱۳۶/۸              | ۱۱               | ۹۰            | ۸۰/۴/۲۹            | سلطان احمد       |                  | ۸    |
|                         | ۱۰/۵           | ۱۲                     | ۱۲۶                | ۲/۵              | ۱۰۰           | ۷۹/۶/۷             | سلطان احمد       | رمضان چلبیل زاده | ۹    |

ادامه جدول ۱-۱

| رانتمان چاه<br>بر حسب<br>درصد | ظرفیت ویژه<br>Q S | حداکثر افت<br>Sd - se<br>(متر) | حداکثر آبدهی<br>(متر) | سطح<br>ایستایی (م<br>ر | عمق<br>چاه (متر) | تاریخ آزمایش<br>پمپاژ | حل مطالعه<br>روستای | نام مال چاه        | شماره |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|-------|
|                               | ۱۰/۹              | ۱۱/۵                           | ۱۲۶                   | ۴                      | ۱۰۰              |                       | سلطان<br>احمد       | لطیف<br>بیات       | ۱۰    |
|                               | ۴/۴               | ۳۲/۵                           | ۱۴۴                   | ۹/۵                    | ۸۱               | ۸۰/۶/۱۲               | قره<br>قشلاق        | حسن<br>پور         | ۱۱    |
|                               | ۳/۹               | ۳۲                             | ۱۲۶                   | ۹                      | ۸۵               | ۸۰/۶/۱۲               | قره<br>قشلاق        |                    | ۱۲    |
|                               | ۴/۵               | ۲۸                             | ۱۲۶                   | ۵                      | ۸۲               | ۸۰/۶/۱۵               | قره<br>قشلاق        | نور الدین<br>رحمتی | ۱۴    |
|                               | ۱/۸               | ۴۹/۵                           | ۹۳/۶                  | ۱۵                     | ۹۶               | ۷۸/۶/۲۹               | کنگرو               | خلیل<br>رضایی      | ۱۶    |
|                               | ۲/۴               | ۶۰/۵                           | ۱۴۲/۶                 | ۲۸                     | ۱۳۰              | ۷۷/۵/۲۱               | کنگرو               | داود<br>ارین نژاد  | ۱۵    |
|                               | ۱۰/۵              | ۱۲                             | ۱۲۶                   | ۱                      | ۱۱۰              | ۷۸/۵/۱۰               | کنگرو               |                    | ۱۶    |
|                               | ۲/۱               | ۴۶                             | ۹۸/۷                  | ۸                      | ۹۸               | ۸۶/۹/۲۱               | کنگرو               | محسن<br>باقری      | ۱۷    |
|                               | ۱/۱               | ۱۲۰                            | ۱۴۲                   | ۷۶                     | ۱۲۶              | ۸۰/۱۱/۸               | چوپانلو             | قربانعلی<br>حسنو   | ۱۸    |
|                               | ۱/۵               | ۶۰                             | ۹۰                    | ۴۰                     | ۱۳۰              | ۸۱/۷/۱۸               | چوپانلو             | عباس<br>مرزبان     | ۱۹    |
|                               | ۱/۱               | ۱۱۷                            | ۱۲۷                   | ۵                      | ۱۲۰              | ۸۵/۲/۲۶               | چوپانلو             | ملکی               | ۲۰    |

## فصل دوم

### ۲- بررسی عوامل موثر در پدیده ماسه دهی چاههای آب

در بعضی از نقاط کشورمان نظیر دشتهای تبریز، مرنده، شبسترو در حوضه آبریز دریای خزر شامل دشتهای ساری، گرگان، ترکمن و در استان آذربایجانغربی بویژه مناطق انتهایی دشتهای مشرف به حوضه آبریز دریاچه ارومیه و همچنین در منطقه مطالعاتی بخشهای انتهایی دشت سلماس و میان دشت کوهساری چوپانلو، در بعضی چاههای حفر شده به جهت پدیده ماسه دهی، مشکلات متعددی برای مالکین چاههای آب بوجود آمده است.

در منطقه مطالعاتی بویژه در دشت کوهساری چوپانلو، حداقل ۸۰٪ چاههای آب محفوره بعد از مدت زمان کوتاهی به جهت مشکل ماسه دهی ساختمان چاه ها تخریب می شود. علت این امر را میتوان به عوامل زیر ربط داد، که شامل:

۱- ماسه دهی ناشی از خصوصیات فیزیکی و مورفولوژیکی ذرات تشکیل دهنده آبخوان، شرایط هیدرولیکی و شیمیایی آب زیر زمینی (آب های شور گچی و نمکی) آبخوان می باشد.

۲- ماسه دهی ناشی از عوامل انسانی که بستگی به نحوه ی حفاری، تکمیل، تجهیز، توسعه و بهره برداری چاههای حفر شده در آبخوان دارد.

بر اساس موارد فوق عوامل موثر در مشکل ماسه دهی چاهها را بصورت زیر می توان بحث کرد.

### ۲-۱- خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی (آبخوان)

آب خالص بطور معمول در طبیعت یافت نمی شود. حتی آب باران نیز خالص نیست. کیفیت اجزاء تشکیل دهنده آب زیر زمینی به پارامترهای ژئولوژیکی و محیطی بستگی داشته و دائما" در اثر واکنش شیمیایی آب، در تماس با رسوبات و سنگها تغییر کرده و از لحاظ املاح و نمکهای مختلف غنی می گردد. نوع و غلظت این نمکها به محیط، حرکت و سرچشمه آبهای زیر زمینی بستگی دارد. املاح نمکی مختلف موجود در آب زیر زمینی آبخوانها، به صورت های متفاوت و طی واکنش های شیمیایی باعث تخریب ساختمان چاه می شود که به صورت زیر می توان به آن اشاره کرد

## ۲-۱-۱- خوردگی شیمیایی

خوردگی شیمیایی آب، عبارتست از یک عمل شیمیایی بر روی فلزات که به تدریج باعث از بین رفتن قسمتهایی از فلز توسط آب می شود. خوردگی بر روی فلزات ممکن است، بصورت زنگ زدگی عمومی یا نابودی یکنواخت سطح فلز رخ می دهد (شکل ۱ - ۱۴).



شکل ۲ - ۱: پدیده خوردگی در لوله جدار چاه آب منطقه مطالعاتی (چاه عباس مرزبان - ۸۷/۵/۱۲)

در لوله مشبک جدار چاه های آب اینگونه خوردگی باعث گشادتر شدن شیارهای لوله جدار مشبک و عبور ماسه و سنگریزها از آن به داخل چاه را، امکان پذیر می کند. در صورتی اگر ضخامت لوله جدار چاه کم باشد، مقاومت آن نیز بالطبع کاهش خواهد یافت. خوردگی بصورت غیر یکنواخت یا متمرکز، بدون تاثیر بر روی قسمتهای دیگر فلز نیز ظاهر می شود. خوردگی شیمیایی وقتی رخ می دهد که تشکیل دهنده ویژه، با غلظت مناسب جهت جابجایی سریع مواد در آب زیر زمینی موجود باشد. که عموماً این تشکیل دهنده ها شامل اکسیژن ( $O_2$ )، دی اکسید

کربن ( $\text{CO}_2$ )، هیدروژن سولفید ( $\text{H}_2\text{S}$ )، اسید کلرید ریک ( $\text{HCL}$ ) و اسید سولفوریک ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) می باشد. خوردگی باعث افزایش غلظت شیمیایی آب و همچنین افزایش مواد جامد محلول در آب (TDS) می شود. افزایش مواد جامد در آب باعث افزایش هدایت الکتریکی می شود و بالا بودن هدایت الکتریکی آب نیز خود عامل اصلی در افزایش سرعت خوردگی می شود. همراه با افزایش سرعت خوردگی فلزات امکان رسوبگذاری عناصر بطور همزمان در شیارهای لوله مشبک وجود دارد. آبی که در رابطه با فلز اشباع نیست، بشدت فلزات آهنی و فولاد را مورد حمله قرار می دهد. مگر آنکه پوشش محافظی به غیر از آهن سطح آنرا بپوشاند. خوردگی در نتیجه حل شدن آهن در محلول غیر اشباع رخ می دهد.

معمولا خوردگی لوله جدار چاههای آب در محلها و شرایط زیر موثر می باشد. این مناطق شامل :

- در برآمدگیهایی که در محل اتصال لوله های جدار ایجاد شده باشد.
- در لوله هایی که شیار آنها توسط شعله جوش ایجاد شده است.
- در مناطقی که شیارهای لوله مشبک در موقع نصب لوله صدمه دیده باشد.
- در اتصال لوله های جدار چاه که جوشکاری شده اند.
- در مواقعی که در محل اتصال دو فلز متفاوت باشد، با فرو بردن دو فلز متصل بهم در زیر آب فعل و انفعال الکتروشیمیایی آغاز می شود و سلول خوردگی ایجاد می شود. بعنوان مثال، اسکرین چاهی که از دو فلز متفاوت مثل فولاد متوسط (فولاد کم کربن) و فولاد ضد زنگ تشکیل شده باشد. در این موارد در درون آب چون دو فلز متفاوت با هم در تماس و در یک الکتروولیت غوطه و راند، یک کاتد و یک آند ایجاد شده و یک زوج گالوانیک یا پیل الکتریکی تشکیل می شود. ناشی از واکنش الکتروشیمیایی، فلز از سطح آند کنده شده پدیده خوردگی حاصل میگردد.

نهایتا پدیده خوردگی به صورت های زیر از عمر مفید چاه های آب می کاهد.

الف - گشاد کردن شیارهای لوله مشبک (اسکرین) و عبور ذرات ماسه و سنگریزها از آن به داخل چاه که نتیجه آن ماسه دهی چاه های آب می باشد.

ب - کاهش مقاومت لوله جدار چاه و اسکرین.

پ - پوسته گذاری، که در نتیجه آن مسدود شدن شیارهای لوله مشبک (منافذ اسکرین) و در پی آن کاهش مقدار آبدهی چاه.

ت - فرسوده شدن واز کار افتادن پمپ چاه.

از شاخص هایی که در پدیده خوردگی و پوسته گذاری آب های زیر زمینی بکار برده می شود ضرایب اشباعیت

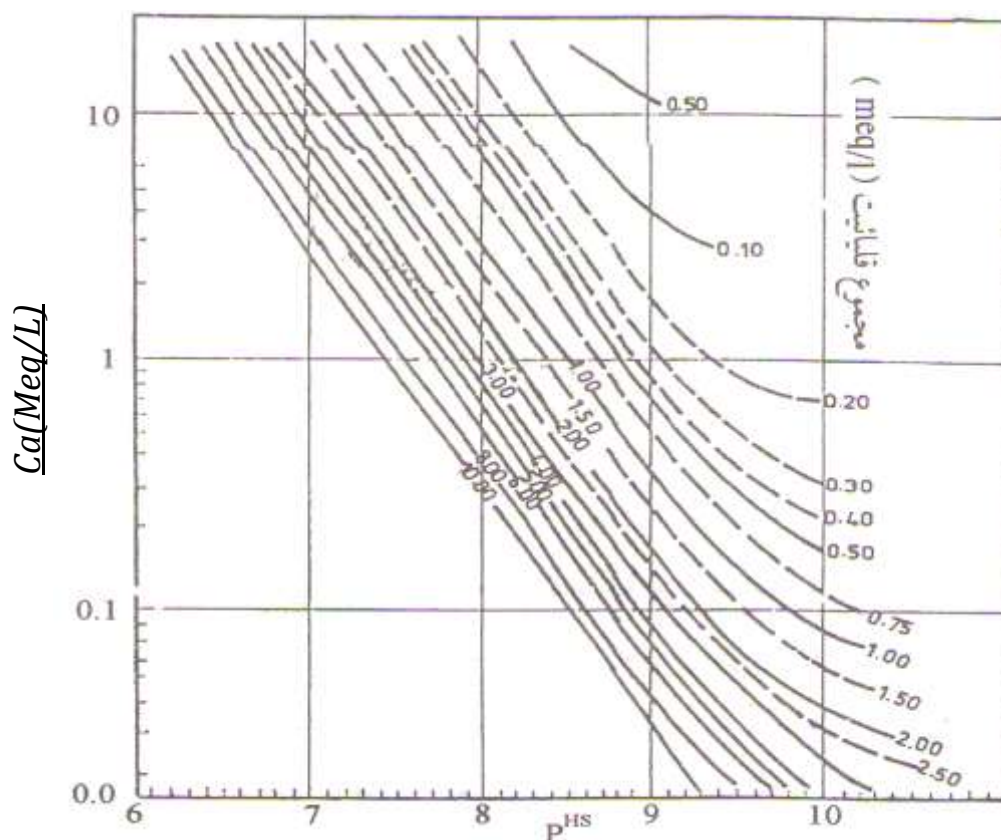
لانژلیه وپایداری رایزرنر است. ضرایب مذکور را می توان با استفاده از روابط زیر محاسبه کرد ( Sahinci – ۱۹۹۱).

ضریب اشباعیت لانژلیه:  $I_S = PH - PH_S$

ضریب پایداری رایزرنر:  $I_R = 2PH_S - PH$

PH = مقدار اندازه گیری شده       $PH_S$  = مقدار محاسبه شده

مقدار  $PH_S$  توسط شکل (۱-۱) و محاسبه پارامتر های زیر از روی آن حاصل می شود.



شکل ۲-۲: نمودار تعادل کلسیم لانژلیه (اقتباس از SAHINCI - 1991)

$$PH_S = PALK + PCA + C$$

PALK = تابع آلكالینیتی كل

PCA = تابع سختی كلسیتی

C = تابع درجه حرارت و TDS

روابط فوق را به صورت زیر می توان بحث کرد:

|                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| $5 > I_R \square 3,5$   | تمایل بارز به پوسته گذاری    |
| $6 > I_R \square 5$     | تمایل به پوسته گذاری         |
| $7,5 > I_R \square 6$   | متعادل                       |
| $8,5 > I_R \square 7,5$ | تمایل به خوردگی              |
| $9,5 > I_R \square 8,5$ | تمایل بارز به خوردگی         |
| $I_R \square 9,5$       | شدیدا" خورنده                |
| $I_S = 0$               | حالت متعادل                  |
| $I_S \square 0$         | بطرف وضعیت پوسته پوسته گذاری |
| $I_S \square 0$         | بطرف وضعیت خوردگی            |

## ۲-۱-۲- پوسته گذاری

این پدیده باعث گرفتگی شیارهای لوله مشبک جدار چاههای آب و فرسودگی پمپ آب می شود. پوسته گذاری نتیجه شرایطی است که در آن کیفیت آب نقش عمده ای دارد. مواد محلول در آب زیر زمینی در حالت تعادل قرار دارند، اما با به هم خوردن شرایط تعادل مقداری از مواد محلول در آب زیر زمینی، بصورت رسوبگذاری بر روی قطعات چاه باعث پوسته گذاری می شود. عمومی ترین نوع آن، گرفتگی بوسیله هیدروکسید آهن همراه با ته نشستهای کربنات کلسیم و منیزیم است. این مورد باعث گرفتگی شیارهای لوله مشبک و مانعی برای ورود ذرات ریز دانه به درون چاه می باشد. ولی در کل از جمله عواملی می باشد که باعث از بین رفتن لوله جدار چاه های آب و دیگر متعلقات چاه می گردد.

## ۲-۱-۳- نفوذ آب شور به لایه های آبدار شیرین

در مناطقی که سفره های آب زیر زمینی شیرین ساحلی با آب های شور دریا ویا دریاچه ها در تماس اند، به واسطه شرایط خاص طبیعی، جهت جریان آب زیرزمینی شیرین از خشکی به سمت دریا (آب شور) می باشد. در این مناطق تراز آب زیر زمینی شیرین بالاتر از تراز سطح آب شور دریاچه قرار دارد. در مواردی که به هر علتی تراز سطح آب زیر زمینی شیرین پایین تر از سطح تراز آب شور دریاچه قرار گیرد، جهت جریان آب زیر زمینی معکوس شده و آب شور دریاچه وارد سفره های آب زیرزمینی شیرین ساحلی خواهد شد. اصطلاحاً"به این



پدیده تداخل آب شور دریاچه در آب های زیر زمینی شیرین ساحلی نامیده می شود. معمولاً این پدیده ناشی از کاهش تغذیه آب زیرزمینی ساحلی، افزایش تعداد چاههای آب، بهره داری در امتداد نوار ساحلی و ... می باشد. عوامل ناشی از این پدیده و به جهت وجود انواع نمکهای مختلف در آب شور باعث آلوده شدن سفره های آب زیرزمینی شیرین، تخریب ساختمان چاه های آب و بویژه از بین رفتن لوله جدار چاه های آب، بواسطه پدیده خوردگی آب شور می باشد. برای جلوگیری از این پدیده روشهای مختلفی با توجه به وضعیت زمین شناسی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی و عوامل دیگر بکار برده می شود از جمله :

کاهش بهره برداری برای جلوگیری از افت سطح آب در سفره های آب زیر زمینی شیرین، انتخاب مناطق بهره برداری دورتر از نوار ساحلی، تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی، پایین آوردن تراز سطح آب شور در نوار ساحلی با پمپاژ از سفره آب شور، تزریق سیمان و ایجاد پرده غیرقابل نفوذ و نهایتاً "جلوگیری از نفوذ آب شور به لایه های آبدار شیرین.

#### ۲-۱-۴ - تاثیر نحوه حفر، تکمیل و توسعه چاه

برای حفر چاههای آب، روشهای مختلف وجود دارد. انتخاب یک روش برای حفر چاه بستگی به نوع استفاده از چاه، مقدار آب مورد نیاز، عمق آب زیر زمینی، شرایط زمین شناسی و محیط رسوبگذاری لایه های آبدار و نهایتاً به عوامل اقتصادی بستگی دارد. با این وجود در کشورمان به جهت مسائل اقتصادی، سهولت انجام کار و موارد دیگر معمولاً "بیشتر روش حفاری ضربه ای ترجیح داده می شود.

اگرچنانچه زمینهای تشکیل دهنده آبخوان از ذرات ریز دانه متشکل و از نوع ماسه و سیلت و غیرمترکم باشد، در این صورت روش حفاری دورانی می تواند با موفقیت بالایی همراه باشد. در زمینهای ریز دانه ماسه ای بویژه مناطقی که احتمال ماسه دهی در چاه باشد، به طریقه حفاری دورانی می توان چاههای قطوری را حفر نمود. در حفاری دورانی، طراحی و اجرای روشهای جلوگیری از ورود ذرات ریز دانه به درون چاه، نظیر لوله گذاری تداخلی (لوله دو جدار) با قطر های متفاوت، گراول پک چند باره (multy gravel packing) و ... امکان پذیر می باشد.

در کل طراحی ضعیف و غیر اصولی ساختمان چاه، مشکلات متعددی برای لوله جدار، پمپ و سایر متعلقات چاه ایجاد می کند. ضعف ساختمانی چاه ممکن است ناشی از عدم دقت در انتخاب و یا اجرای روش حفر، لوله جدار چاه، بویژه شیارهای بخش مشبک لوله جدار، گراول پک نامناسب و ... میتواند باعث وارد شدن رسوبات ریز دانه به درون چاه گردد. در نتیجه موجب از بین رفتن سریع اسکرین و پمپ شود و یا اینکه فضاهای خالی بین گراول پک توسط رسوبات سفره گرفته شود، عدم انتخاب متد مناسب و طول دادن مدت زمان حفاری و عدم اجرای دقیق اصول حفاری منجر به ناپایداری دیواره جدار چاه می گردد.

در مناطقی که جدار چاه خورنده باشد، عدم استفاده از لوله های مناسب در مقابل پدیده ی خوردگی باعث فرسوده شدن لوله های مشبک و در پی آن منافذ شیار (اسکرین) بزرگتر شده و ماسه دهی چاه را سبب می شود. در چنین مناطقی از لوله های جدار مقاوم در مقابل پدیده خوردگی باید استفاده کرد. در طی عملیات حفاری ناشی از عدم مهارت حفار، دور مته حفاری، غلظت گل حفاری، شرایط زمین شناسی رسوبات آبخوان، باعث مخلوط شدن رسوبات لایه های مختلف آبخوان و همچنین اختلاط دانه های گراول پک با رسوبات دانه ریز سفره در مرحله تکمیل چاه و حرکت رسوبات دانه ریز سفره و قرار گرفتن آنها در بین فضاهای خالی گراول پک و عدم توسعه مناسب چاه، همه باعث انسداد فضاهای خالی سفره و منافذ شیارهای لوله مشبک چاه و یا حرکت رسوبات دانه ریز به درون چاه و پرشدن بخشهای پایین دست می شود.

اصولاً در زمینهایی که امکان ماسه دهی در آنها وجود دارد. روشهای مختلفی جهت مهار ماسه دهی چاه انجام می گیرد. از جمله این روشها تغذیه گراول پک مناسب مابین فضای دیواره و لوله جدار چاه، استفاده از اسکرین های با شیارهای مناسب، لوله گذاری تداخلی (لوله دو جدار) و توسعه اصولی و مناسب چاه می باشد. برای تعیین منافذ شیارهای اسکرین و اندازه دانه های گراول پک، انجام آزمایش دانه بندی رسوبات سفره و رسم منحنی های دانه بندی و تعبیر و تفسیر آن لازم و ضروری می باشد. نهایتاً بر اساس نتایج حاصله از آزمون دانه سنجی ابعاد دانه های گراول پک، شیارهای لوله مشبک و تصمیم گیری در خصوص لوله گذاری تداخلی (لوله دو جدار) گرفته می شود.

در حال حاضر بر اساس بررسیهای انجام گرفته و استعلام از شرکت های حفاری استان های آذربایجان غربی- شرقی، اردبیل، زنجان و مالکین چاههای بهره برداری آنالیز دانه بندی، هیچ چاه بهره برداری انجام نیافته است (در طول زمان تحقیق به جز در چاههای بهره برداری ادره کل امور عشایر استان آذربایجان غربی واقع در میان دشت کوهسار ی چوپانلو ی سلماس). تمام این موارد از قبیل انتخاب اندازه دانه های گراول پک، ابعاد شیارهای لوله مشبک (اسکرین) و تکمیل و توسعه اصولی چاههای آب، بدون بررسیهای اصولی فقط به صورت سرانگشتی تشخیص حفار (انصاف) که بصورت تجربه ای و از بر بدست آورده انجام می گیرد. این امر شاید از این جهت باشد که در سطح کشورمان چاههای بهره برداری آب بدون آنکه عمر مفید خود را طی کنند، در مدت زمان کوتاهی ساختمان چاه ها سریع تخریب و از بین می رود و بدین صورت خسارات سنگینی بر دوش مالکین چاهها (بویژه کشاورزان) و هدر رفتن ثروتهای ملی کشور می گردد.

## ۲-۱-۵- نحوه استفاده از چاه

در اکثر مناطق کشاورزی به جهت مسائل اقتصادی، چاههای آب بصورت شراکتی حفر و مورد بهره برداری نوبتی قرار می گیرند. گاهی به جهت شرایط نامناسب برنامه بهره برداری، باعث ایجاد مشکلات متعددی در چاه و سایر متعلقات پمپ چاه می گردد. بویژه در بعضی موارد و بهره برداری نوبتی، فشار بیش از حد وارد به چاه، باعث افزایش پمپاژ از چاه می شود و افزایش نامنظم پمپاژ سبب افت شدید در آب زیر زمینی و مخروط افت در چاه

می شود. افت شدید آب، سرعت جریان آب از سفره به داخل چاه را افزایش و در پی آن حرکت ذرات ریزدانه را به طرف، چاه بیشتر می کند. گاهی مقدار پمپاژ در جاهایی که چاه ها در شعاع تأثیر هم قرار گرفته اند، باعث افت سطح آب شده و چه بسا ممکن است سطح آب از قسمت بالایی لوله مشبک پایین تر قرار گیرد و در نتیجه، مقدار ظرفیت ویژه چاه کم شده و سرعت جریان آب به داخل چاه نیز افزایش یابد و حرکت ذرات ریز به داخل چاه را باعث شود. در شرایطی که مقدار بهره برداری از چاه بیش از تغذیه سفره باشد، مقدار آبدهی چاه و یا ظرفیت ویژه چاه کاهش خواهد یافت.

گاهاً" مالکین چاههای بهره برداری برای برداشت آب بیشتر از چاه و یا برای راحتی کار با انتخاب پمپ نامناسب از لحاظ نوع پمپ (سفت و غلاف، موتور دیزل ویا الکترو پمپ) ویا پمپهای قوی با آبدهی بیشتر، آب زیادی از آبخوان برداشت می کنند. این مورد نیز باعث افت بیش از حد مخروط افت، افزایش شیب هیدرولیکی و نهایتاً"افزایش سرعت جریان آب از لایه آبدار بطرف چاه می شود. نتیجه این امر حرکت ذرات ریز دانه از سفره آب زیر زمینی به درون چاه می باشد.

## فصل سوم

### ۳ - مراحل تکمیل و تجهیز اصولی چاه آب:

چاه آب استوانه ای به شکل قائم است که سطح زمین را به یک مخزن آب زیر زمینی مربوط می سازد. روشهای مختلفی برای حفر چاههای آب وجود دارد. انتخاب یک روش خاص حفر چاه بستگی به عوامل مختلفی از قبیل نوع استفاده از چاه، شرایط زمین شناسی و عوامل اقتصادی، مقدار آب مورد نیاز و عمق آب زیرزمینی آبخوان دارد. در زمینهای ریز دانه متشکل از مخلوط ماسه، سیلت و رس برای جلوگیری از ورود ذرات ریز دانه به داخل چاه بهتر آن است با روش دورانی چاه حفر گردد. چراکه در این روش نوع حفاری امکان حفر چاه چاه با قطر بزرگ (حدوداً ۳۰ اینچ) و همچنین لوله گذاری چاه به صورت آزاد وجود دارد. در این گونه چاههای قطور دو جداره کردن لوله جدار چاه، و طراحی گراول پک ضخیم و یا گراول پک چند باره (multy gravel packing) امکان پذیر می باشد.

اصولاً بهتر آن است که، در زمینهای ریز دانه که امکان ماسه دهی در چاه است، ابتدا چاه به قطر ۳۰ اینچ با سیستم روتاری حفاری نموده و لوله جدار دائم ۱۲ اینچ را در وسط آن نصب کرده و سپس دو لوله جدار موقت را بصورت تداخلی به قطر های ۱۶ و ۲۰ اینچ متحد المركز با لوله جدار اصلی در چاه نصب نمود. سپس حد فاصل دیواره چاه و لوله های جدار ۲۰، ۱۶ و ۱۲ اینچ را به ترتیب از سمت دیواره چاه بطرف لوله جدار اصلی با دانه های شن گراول پک از ریز دانه تا درشت دانه پر می کنند. بدین صورت که، ابعاد دانه های شن اولین لایه به قطر ۳ الی ۵ میلیمتر (ما بین دیواره چاه و لوله جدار موقت ۲۰ اینچ)، و دومی با دانه های به قطر ۶ تا ۸ میلیمتر (ما بین لوله ۲۰ و ۱۶ اینچ) و لایه سوم (ما بین لوله ۱۶ و ۱۲ اینچ) با دانه های شن به قطر ۱۰ تا ۱۲ میلیمتر پر می کنند. بعد از اتمام عملیات گراول پک، لوله های جدار موقت ۲۰ و ۱۶ اینچی را از چاه خارج می کنند. به این نوع گراول پک کردن، گراول پک چند باره (multy gravel packing) می نامند (شرکت مدیریت منابع آب ایران - ۱۳۸۶).

معمولاً در زمینهای سخت نشده، بعد از اتمام عملیات حفاری چاه اقدام به لوله گذاری، گراول پک و سیمانی کردن بخشهای بالایی آن می کنند. در کل به مجموعه این عملیات ها مرحله تکمیل و تجهیز چاه گفته می شود. منظور از تکمیل چاه انجام عملیات خاصی بر روی چاه و تجهیز آن با وسایلی است که بتوان ضمن استحکام بخشیدن به دیواره چاه به بهترین نحو از سفره های آب زیر زمینی استفاده کرد. از جمله موارد دیگر از تکمیل چاه می توان آبدهی بیشتر با افت کمتر، بهره برداری بدون ماسه دهی، افزایش عمر مفید چاه و پایداری دیواره چاه را نام برد. تکمیل ضعیف و غیر اصولی چاه باعث کاهش عمر مفید و خسارت های سنگین بر مالکین چاهها می شود.

جهت تکمیل اصولی و دقیق ساختمان چاه، داشتن اطلاعات و داده های هیدروژئولوژیکی لازم و ضروری است. این داده ها شامل ضریب قابلیت انتقال، ضریب ذخیره آبخوان، شرایط زمین شناسی سنگها و رسوبات ستون چاه، وضعیت بیلان آبی دراز مدت و کوتاه مدت آبخوان، آنالیز دانه سنجی رسوبات آبخوان، کیفیت آب زیر زمینی، قطر دهانه چاه، لوله های جدار چاه و عوامل اقتصادی نقش مهمی را در تکمیل چاه ایفا می کند .

در پایان مرحله عملیات حفاری چاه، قبل از قرار دادن پمپ در چاه، برای آنکه آب آزادانه بتواند به داخل چاه راه یابد و از طرف دیگر از ورود ذرات به داخل چاه جلوگیری شود و دیواره چاه پایدار بماند، مرحله لوله گذاری چاه انجام می یابد. لوله های مشبک چاه طوری باید طراحی شوند که مانع عبور ماسه از لایه آبدار به داخل چاه شود و هیچگونه مانعی در راه جریان آب از لایه آبدار به داخل چاه ایجاد ننماید. برای نیل به این هدف برنامه و طرحی جهت انتخاب این لوله ها در نظر گرفته می شود.

در کشورمان جنس لوله جدار چاهها اکثراً از نوع فولادند. وقتی چاه در سنگهای سخت و متراکم حفر شود آب زیرزمینی مستقیماً وارد چاه می شود و ممکن است نیاز به لوله گذاری نداشته باشد. آب این چاه ها از منافذ شکافها و مجاری انحلالی مستقیماً وارد چاه می شود. در صورتی که در رسوبات سخت نشده برای جلوگیری از ریزش دیواره چاه نیاز به لوله جدار چاه می باشد. لوله های جدار چاه باید در محل های مناسب دارای منافذ کافی برای ورود آب به داخل چاه باشند. در مقابل تمام قسمتهایی که چاه از سازند های نفوذ پذیر عبور می کند و آب آن از نظر کیفی برای مصارف مورد نظر مناسب است، باید از لوله های مشبک یا اسکرین استفاده شود. در سایر قسمت های چاه باید لوله های غیر مشبک (لوله کور) قرار داد و پشت لوله ها را توسط سیمان یا رس نفوذ ناپذیر کرد. مهمترین پارامتر هایی که در تکمیل چاه مورد نظر قرار می دهند عبارتند از قطر و نوع لوله جدار چاه ، طول ، جنس و قطر اسکرین، تعیین اندازه منافذ اسکرین و اندازه ذرات گراول پک (۱. شمسایی، ۱۳۸۱).

### ۱-۳- قطر لوله جدار چاه

معمولاً قطر لوله جدار و پمپ چاه با توجه به پارامتر های هیدروژئولوژیکی و هیدرولیک آبخوان از قبیل میزان آبدهی وافت سطح آب زیر زمینی سفره و قطر دیواره چاه تعیین می گردد. در راس پارامتر های هیدرولیکی برای انتخاب قطر لوله جدار چاه به دو مورد زیر بیشتر توجه می گردد که شامل:

الف – پمپ به راحتی در داخل آن جا بگیرد. اصولاً بهتر آن است که قطر لوله جدار چاه بطور میانگین حداقل ۴ اینچ بزرگتر از قطر پمپ انتخاب و طراحی شود.

ب – سرعت جریان آب در آن کمتر از ۱/۵ متر بر ثانیه باشد. مطالعات هیدرولیکی چاهها به تجربه نشان می دهد که تغییر در قطر لوله جدار مشبک چاه تاثیر چندانی در ظرفیت ویژه چاه ندارد. چنانچه قطر لوله جدار مشبک و یا قطر فیلتر چاه را دو برابر کنیم، نهایتاً ظرفیت ویژه چاه فقط ۱۰ درصد زیادتیر می شود و سایر عوامل بدون

تغییر باقی می‌مانند. در مقابل در صورتی که چاه در زمینهای ریزشی و یا احتمالاً "ماسه ده حفاری شود، حفاری دیواره چاه با قطر بزرگتر (نظیر ۳۰ اینچ)، امکان دو جدار کردن لوله جدار چاه و یا گراول پک با ضخامت استاندارد را میسر می‌سازد.

معمولاً قطر لوله جدار چاههای بهره برداری در کشورمان اکثراً ۱۲ اینچ طراحی می‌شود. مگر اینکه با توجه به عوامل هیدروژئولوژیکی و یا هیدرولیکی آبخوان و ... طراحی تغییر یابد.

نوع مواد لوله جدار چاه های بهره برداری آب بر اساس عمق، قطر چاه، روش حفاری، کیفیت آب، عوامل اقتصادی و عرف محل انتخاب می‌شود. معمولاً نوع لوله های جدار بکار برده شده در کشورمان عبارتند از: لوله های فولادی (شکل ۳-۱)، پی وی سی فشار قوی (ترمو پلاست)، فایبر کلاسی، سیمانی آریست دار و در جاهائیکه آبخوان از خاصیت خوردگی بالایی برخوردار باشد و عمق چاه نیز کم باشد استفاده از لوله های ترموپلاست (P.V.C ، شکل ۳-۲) بهتر خواهد بود (شکل ۳-۲). در آبخوانهای تحت فشار با فشار بالا و یا آبخوان از نوع آزاد، در چاههایی که عمق سطح استاتیک و دینامیک آنها بالاست، برای کاهش عوامل اقتصادی می‌توان لوله جدار چاه را کم قطر انتخاب کرد.

### ۲-۳- انتخاب محل لوله های جدار مشبک (اسکرین) چاه:

پس از خاتمه عملیات حفاری چاه با توجه به وضعیت سطح آب زیر زمینی، رعایت دستور العملها و مشخصات پروانه حفر چاه، در مورد تهیه و نصب لوله های جدار چاه اقدام می‌کنند. در مرحله لوله گذاری چاه مهمترین مسئله تعیین بخش های آب گیر چاه و یا افق هایی که لوله مشبک (اسکرین) و لوله کور (غیر مشبک) لوله گذاری می‌شود. طول و محل مناسب لوله مشبک (اسکرین) چاه بر اساس ضخامت سفره، وضعیت سطح استاتیک و دینامیک چاه، و طبیعت لایه های آبدار آبخوان تعیین می‌شود. معمولاً در طبیعت به ندرت سفره های آب زیر زمینی بصورت همگن می‌شوند و اکثراً از افق های مختلف دارای نفوذ پذیری متفاوت تشکیل شده اند. لوله مشبک چاه در لایه آبدار یا افقی که حداکثر نفوذ پذیری را داراست قرار داده می‌شود. جهت تعیین موقعیت لایه های آبدار در ستون چاه و یا برای مشخص کردن فرم لوله گذاری چاه از داده ها و اطلاعات زیر می‌توان استفاده کرد.

۱ - تفسیر لاگ زمین شناسی ستون چاه بر اساس نمونه های حفاری، سرعت حفاری، تغییرات گل حفاری و در کل مواردی که در حین عملیات حفاری مشاهده می‌شود،

۲- بررسی وضعیت رسوب لایه ها از روی نمونه های حفاری و تخمین ضریب قابلیت انتقال هر لایه بر اساس وجود رس و رسوبات درشت دانه،

۳- استفاده از روشهای چاه پیمایی (الکترو کاروتاژ) و تخمین لایه های که حداکثر نفوذ پذیری را دارا هستند،

۴- آنالیز دانه سنجی نمونه ای حاصله از افق های مختلف ستون حفاری چاه و مقایسه منحنی دانه بندی هدایت هیدرولیکی نسبی آنها،

۵- انجام آزمایشهای نفوذ پذیری بر روی نمونه ها در آزمایشگاه و تخمین مقدار جریان آب زیر زمینی و هدایت هیدرولیکی برای لایه های مختلف،

۶- مشاوره با حفار دستگاه در مورد روند عملیات حفاری و تغییراتی که در زمان عملیات حفاری نظیر گیر کردن مته حفاری، سرعت حفاری ومدت زمان حفاری هر قطعه حفاری (لوله حفاری)،

هریک از روشهای مطالعاتی فوق اطلاعات و داده های ارزشمندی را میتواند در خصوص افق های با نفوذ پذیری بالا ارائه دهد. با تعبیر و تفسیر این داده ها دقت و کیفیت کار نیز طبیعتاً بالا خواهد بود. اگر چه نحوه انجام تمام موارد فوق بستگی به تجربه، مهارت حفار، دستگاه و عوامل فنی ومهندسی شرکت حفار دارد. متأسفانه امروزه درکشورمان و همچنین استان آذربایجان غربی تعداد بسیار کمی از شرکت های حفاری دارای مدرک دانشگاه در رشته های مربوطه می باشند. اکثر "دقت کار و اصول فنی ومهندسی ساختمان چاه تنها مانده به مهارت وانصاف حفار، دستگاه حفاری و دیگر عوامل گردانندگان شرکتهای حفاری.

### ۳-۳- لوله های جدار چاه (لوله مشبک)

همانطور که قبلاً اشاره گردید، نصب لوله در دیواره چاه می تواند دیواره های چاه را مخصوصاً در تشکیلات منفصل از قبیل لایه های آبدار ماسه ای محافظت کرده ودر عین حال سهولت ورود آب را به داخل چاه فراهم نماید. در موقع نصب لوله ها (لوله مشبک وکور) باید دقت کرد که لوله ها طوری طراحی شوند که مانع عبور ذرات ریز دانه (ماسه) از لایه آبدار به داخل چاه شده وهیچگونه مانعی در راه جریان آب از لایه آبدار به داخل چاه ایجاد ننماید. بدین جهت در زمان طراحی نصب لوله ها به فرم لوله گذاری چاه و انتخاب لوله ها دقت زیادی کرد. چنانچه از لوله های شکافدار (شکل ۳-۴) به جای لوله مشبک یا اسکرین استفاده شود، باید عوامل زیر در آنها رعایت گردد:- منافذ در سطح لوله ادامه داشته یکدیگر را قطع نکند،

- در صد سطح منافذ نسبت به سطح کل لوله مشبک بیشتر باشد،

- مقطع منافذ لوله باید بصورت V وبدون ایجاد گرفتگی باشد،

- مقاوم در برابر خوردگی ودارای استحکام زیاد باشد،

- مناسب و قابل نصب در مجاورت مواد گوناگون تشکیلات زمین شناسی باشد،

- براحتی قابل نصب در چاه وکمترین تمایل برای رسوبگذاری داشته باشد،- ماسه دهی چاه را باید کنترل

نموده. تا قبل ساخت اسکرین های مناسب، عمده ترین وسیله برای جلوگیری از ورود ذرات ریز دانه به داخل چاه

لوله های جدار مشبک بشمار می آمد. در حال حاضر نیز در شرایط خاصی مانند لایه های آبدار ضخیم یا لایه های آبدار ماسه ای، لوله جدار مشبک ممکن است بر سایر وسایل برتری داشته باشد. در زمان اتصال لوله ها به یکدیگر سعی بر این می شود که لوله ها کاملاً در امتداد قائم در چاه قرار گرفته و دارای انحراف نباشد. ضمناً جوشکاری با دقت کافی انجام گیرد. زیرا سستی در انجام این عملیات باعث خرابی و از هم گسیختگی لوله ها می گردد.

لوله های مشبک معمولی به چند روش ساخته می شوند. که متداولترین آنها عبارت است از اره کردن، جوش اکسیژن و نوب الکتریکی می باشد. در حال حاضر متداولترین نوع لوله، لوله های جدار مشبک معمولی می باشد که در چاههای عمیق کشور مان بکار برده می شود (شکلهای ۱-۳ و ۴ - ۳). اگر چه استفاده از چنین لوله هایی در اغلب منابع آب زیر زمینی ایران کمتر خطر پمپاژ ماسه و ذرات ریز دانه را ایجاد میکند، معهذاً محدودیتهایی مهمی را که این لوله ها در مقایسه با اسکرین (فیلتر) دارا هستند نمی توان نادیده گرفت مهم ترین این محدودیتهای عبارتند از:

۱ - عدم امکان ایجاد شبکه های نزدیک بهم (سطح لوله های مشبک معمولی را نمی توان به کمک وسایل ماشینی تا ۳۰٪ مشبک کرد)،

۲ - کم بودن در صد فضاهای باز،

۳ - مساوی نبودن اندازه شبکه ها،

۴ - بزرگ بودن شبکه ها به نحوی که نمی توان در طبقات ماسه ای از ورود ماسه به چاه جلوگیری نمود،

۵ - مقاوم نبودن لوله های مشبک معمولی در مقابل تاثیر فعل و انفعالات شیمیایی آب زیرزمینی به ویژه در محل شبکه ها،

۶ - ناهموار بودن و ناصاف بودن شکاف های ایجاد شده و ایجاد افت در جریان آب،

لازم به ذکر می باشد که آزمایشهای مختلفی که در کشور های جهان برای مقایسه لوله های مشبک معمولی و اسکرین به عمل آمده، برتری لوله های اسکرین را ثابت کرده است. مقایسه ظرفیت ویژه هر دو نوع فیلتر چاه نشان داده که کاربرد اسکرین می تواند ظرفیت ویژه چاه را تا چندین برابر افزایش دهد (۱. شمسایی ۱۳۸۱).





شکل ۳ - ۱: تصویری از لوله های مشبک فولادی که توسط شعله هوا سوراخ شده اند (۸۷/۶/۹)

### ۳-۴- لوله های جدار مشبک استاندارد (اسکرین) و انواع آنها

اسکرین ها لوله هایی هستند که در کارخانه سازنده، مستقیماً تحت استاندارد های مشخص و تعیین شده با توجه به نوع شکافها و چگونگی قرار گرفتن آنها و همچنین درصد شبکه ها و مساحت فضاهای باز لازم ساخته می شوند و معمولاً در مترای ۴ متری به بازار عرضه می گردند (شکل ۳-۵). از مهمترین مارکهای این گونه لوله ها میتوان اسکرین های نوع جانسون (JOHNSON)، روسگو موس (RUSGUMOS) آمریکایی ونولد (NOLD) آلمانی را ذکر کرد (شکل ۳-۵). این لوله ها با قطر هایی بین ۴ تا ۲۲ اینچ ساخته می شوند. نوع شکافها موجود روی آنها و طرز قرار گرفتن این شکافها در انواع مختلف متغیر می باشد (شکل های ۲ - ۳ و ۳ - ۵). در برخی از این لوله ها، شکافها مسطح و در برخی برجسته و در بعضی دیگر در جهت طولی و یا در جهت عرضی قرار گرفته اند.



انواع ۳-۲: تصویری از لوله اسکرین - فایبر گلاس (۸۷/۹/۶)

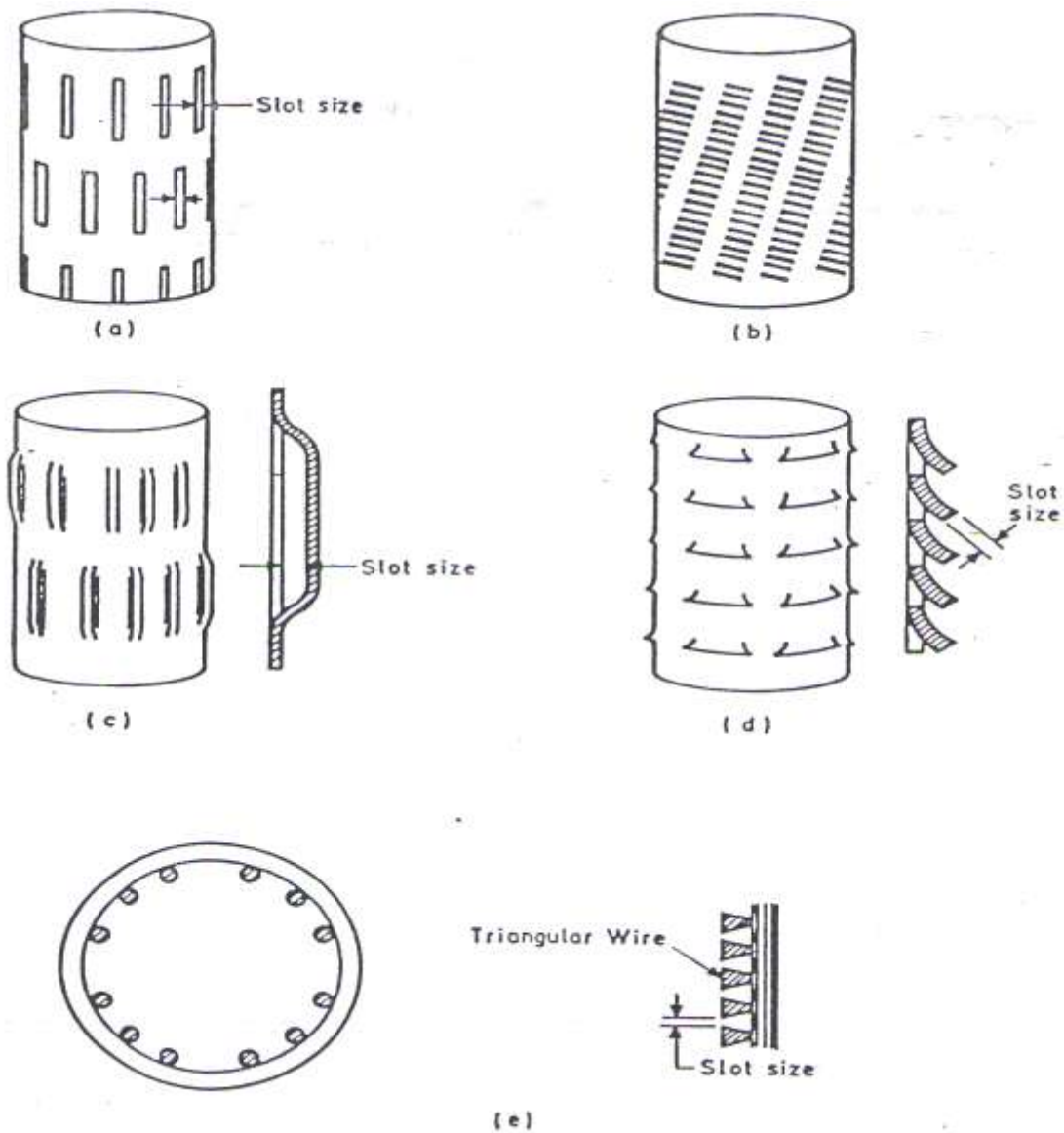
نصب انواع اسکرین ها باید متناسب با وضعیت لیتولوژی لایه های آبدار صورت پذیرد. گر چه در مقایسه با انواع لوله های مشبک دیگر به ظاهر گران تمام می شود ولی غالباً در دراز مدت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد. از طرف دیگر ظرفیت آبدهی چاهها با طول، قطر و ساختمان لوله های جدار مشبک معمولی و یا از انواع اسکرین (شکل ۳-۲) که در آنها بکار رفته است ارتباط مستقیم دارد. بدین صورت که ظرفیت انتقال آب در لوله جدار مشبک معمول (شکل ۳-۱) و یا در اسکرین (شکل ۳-۳) به تعداد شبکه ها، شکل و اندازه آنها بستگی دارد.

در لوله های جدار مشبک و یا اسکرین شیارهای (منافذ) شبکه طوری باید طراحی شوند که در صد سطح عبوری منافذ (شیارها) بزرگ باشند (نسبت سطح منافذ فیلتر به سطح لوله زیاد باشد). متأسفانه این مورد اکثراً از طرف شرکتهای حفاری رعایت نشده و گاهی مشاهده می شود، تعداد شیارهای موجود در یک متر طول لوله جدار از حد استاندارد کمتر است. آب از لوله جدار مشبکی که دارای شیارهای (منافذ) بزرگ یا سطح عبور بزرگی باشد در مقایسه با لوله جدار مشبکی که دارای شیارهای ریز یا سطح عبوری کوچکی است با آزادی بیشتری میتوانند عبور نمایند، سرعت عبور آب هنگام عبور از لوله های مشبک استاندارد یا اسکرین (شکل ۳-۵) که در صد سطح

عبور آب آن بزرگ است کم بوده و این موضوع باعث می شود تا افت ارتفاع در اثر عبور آب از لوله های مشبک استاندارد کاهش یابد. کم شدن افت ارتفاع آب در لوله های مشبک استاندارد باعث می گردد که افت چاه برای آبدهی مشخص به حداقل خود برسد. سطح زیاد شیارها که معمولاً "باعث می شود تا آب هنگام عبور از لوله های مشبک استاندارد دارای سرعت کمی گردد، در عمر مفید چاه نیز موثر بوده و عملاً "باعث جلوگیری از رسوبگذاری در روی لوله مشبک و جلوگیری از گرفتگی منافذ می گردد (شکل ۳-۲). زیرا هنگامی که جریان آب دارای سرعت کمی باشد، عمل قشر گذاری مواد معدنی به تعویق می افتد. سطح عبور آب (سطح شیارها و یا منافذ) در بازده هیدرولیکی چاه و رسوبگذاری لوله مشبک اثر مستقیم دارد. به عبارت ساده تر سطح عبوری بزرگ شیارها باعث افت سطح آب کم در چاه، شیب هیدرولیکی پایین و نهایتاً "کاهش سرعت جریان آب و عدم جابجایی ذرات ریز از لایه آبدار به طرف درون چاه می گردد.

شیار و یا منافذ لوله های جدار مشبک باتوجه به جنس، ساختمان و نوع لوله در شکل های هندسی و اندازه های متفاوتی تولید می شود (شکل های ۲-۳ و ۳-۵). در شکل ۳-۳، انواع مختلف شیارها نشان داده شده است. ساده ترین و معمولی ترین نوع شیار و یا منافذ لوله های جدار مشبک در شکل های دایره و یا مستطیل می باشند. در این نوع لوله ها منافذ نسبتاً بزرگ و مساحت فضای باز نسبت به مساحت واحد لوله کم است.

منافذ بزرگ باعث کاهش استحکام در لوله شده و همچنین درجه گرفتگی منافذ در این چنین لوله ها زیاد است. بدین جهت از این لوله های جدار مشبک در لایه های آبدار درشت دانه و از گراول پک استفاده نمی کنند. این نوع لوله ها نسبتاً ارزان بوده، و در لوله های پلاستیکی نیز می توان چنین منافذی را ایجاد کرد. امروزه در کشور مان و همچنین در استان های آذربایجان غربی و شرقی شیار های لوله جدار مشبک توسط شرکتهای حفاری اکثراً با استفاده از شعله هوا ساخته می شوند (شکل های ۳-۱ و ۳-۴). این نوع شیار بدترین نوع شبکه است که در چاههای آب بکار گرفته می شود. این شبکه ها نه تنها بر اساس دانه بندی زمین های مختلف ساخته نشده اند، بلکه شکافها نیز از نظر بعد بسیار بی نظم می باشند. دهانه شکافها در قسمت خارج لوله بزرگتر از داخل لوله اند، بطوریکه دانه های گراول به راحتی در دهانه شکاف لانه می کنند. بالطبع تکرار این وضع در طول لوله مشبک، موجب کم شدن جریان آب به درون چاه و افت فشار می گردد. حرارت دیدن لوله طی مشبک کاری نیز کیفیت شیمیایی لوله را تغییر داده و این نقاط با بقیه لوله ایجاد دو قطبی الکتریکی را نموده و در نهایت شکافها گشادتر و چاه به ماسه دهی می افتد. مقاومت این شبکه ها در برابر ضربه بسیار کم می شود. بسیار پیش آمده است که در اثر ضربه دهانه شکافها گشاد یا پاره شده و چاه از همان ابتدا به ماسه دهی می افتد (شکل ۴-۱). خصوصاً هنگام همزمانی حفاری و لوله گذاری که در شرکتهای حفاری استان بسیار معمول است.



شکل ۳-۳: تصویری از انواع اسکرین چاه

(a) اسکرین با منافذ ساده عمودی، (b) اسکرین با منافذ مورب از نوع فایبر گلاس، (c) اسکرین با منافذ پل مانند، (d) اسکرین با منافذ شبیه منفذ جعبه پستی، (e) اسکرین با منافذ از نوع سیم پیچی



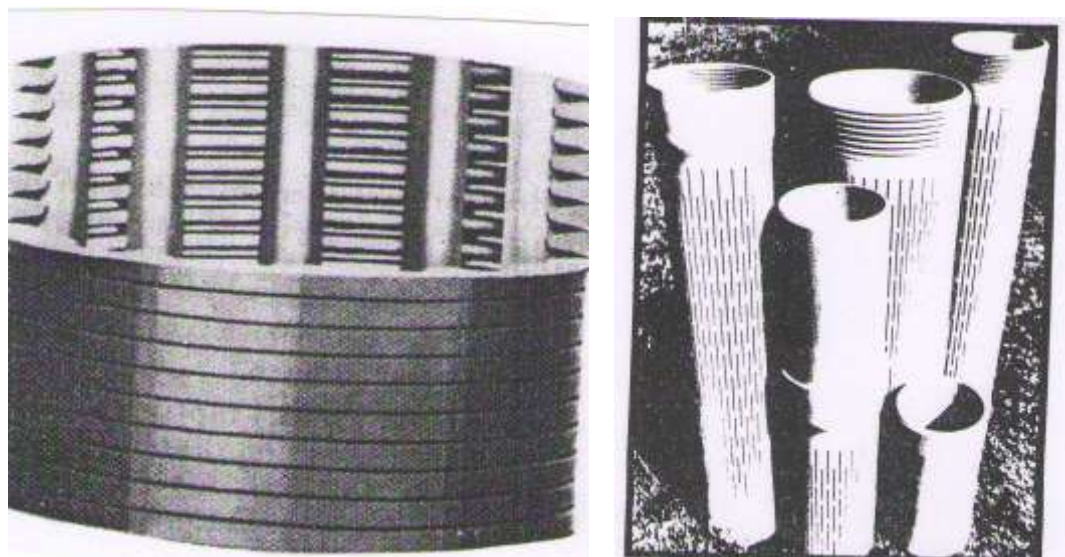
شکل ۳ - ۴: لوله جدار مشبک فولادی معمولی که در چاههای آب منطقه بسیار رایج می باشد (۸۷/۶/۹)

از مهمترین محدودیتهای لوله های جدار مشبک که شیارهای آنها به این طریق ساخته شده اند عبارتند از:

- ۱ - منافذ نمی توانند نزدیک هم باشند،
- ۲ - در صد مساحت فضای باز کم است،
- ۳ - اندازه منافذ با هم فرق می کند،
- ۴ - ایجاد منافذ کوچک جهت جلوگیری از عبور ماسه ریز و متوسط مشکل و غیر ممکن است،

شیارهایی که بدین صورت باز شده اند، خوردگی را افزایش داده و محل شیار ها مناسبترین جا برای خوردندگی است. درصد مساحت باز شیار و یا منافذ حداقل بایستی برابر با درصد تخلخل رسوبات سفره و یا گراول پک بکار رفته باشند. بالفرض اگر رسوبات سفره دارای تخلخل ۳۰ در صد باشد و مساحت باز این اسکرین ۱۰ در صد باشد در این صورت شدت جریان به داخل چاه کم شده و در نتیجه مقدار افت در چاه افزایش خواهد یافت.

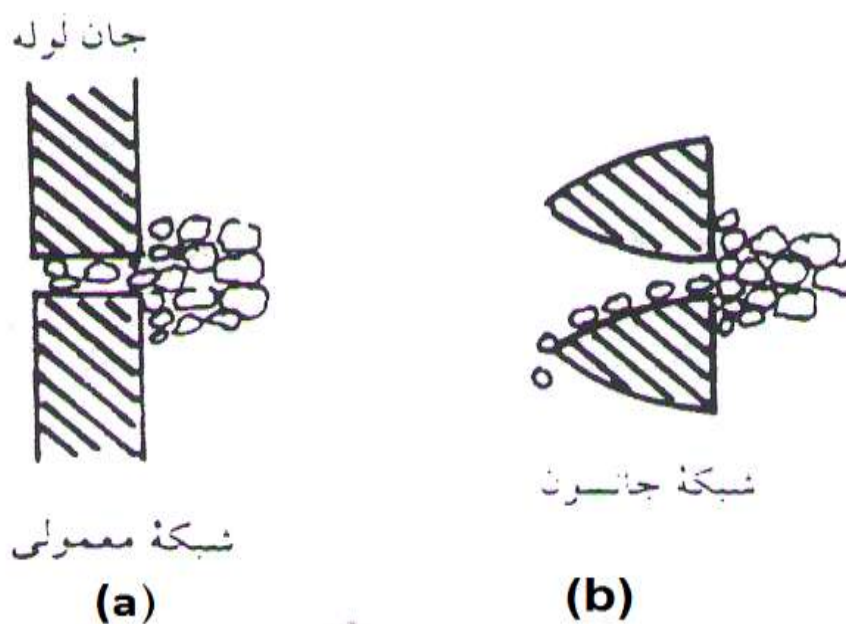
مدتها تصور می شود که نقش شبکه تنها به منظور نگه داری گراول پک دور لوله مشبک است و مانع نفوذ آنها در چاه می گردد، ولی در حقیقت نقش آن در توسعه چاه است. در میان مجموعه شبکه های مشبک ساخته شده، شبکه که پاسخگو کلیه شرایط باشد، شبکه های جانسون هستند (شکل ۳- ۵). در این نوع شبکه ها، سیم مثلثی شکل به دور میله های قائم پیچانده شده و جوش داده می شوند. در این شبکه منافذی به قطر  $25 \times 0$  میلی متر، مساحت باز حدود ۱۸ در صد است و اگر اندازه منافذ به نیم میلی متر افزایش داده شود، مساحت باز به ۳۰ در صد خواهد رسید.



شکل ۳ - ۵: تصویری از لوله های مشبک استاندارد (از نوع پلاستیکی و فلزی)

در شکل (۳ - ۶) دو مقطع، یکی با شکاف دهانه ثابت و لوله مشبک معمولی در بازار و دیگری دهانه شبکه جانسون نشان داده شده است. در اولی عمل مشبک سازی توسط شعله هوا که دانه های ماسه تمایل دارند که بطور نهائی در مجرای شبکه بهم بپیوندند و گیر کنند. این وضع در مورد شبکه جانسون به علت مقطع مثلثی نمی تواند بوجود آید، چرا فضایی که بین دو حلقه بوجود می آید مقطع آن در جهت نفوذ آب افزایش می یابد و هر دانه از لبه این حد فاصل می تواند بپرد و بدون این که در فضای شکاف گیر کند بطرف داخل شبکه کشیده شود.

از دیگر منافذ اسکرین و شبکه ها میتوان نوع پل، نوع جعبه پشتی و به منافذ مورب از نوع فایبر گلاس اشاره کرد.



شکل ۳-۶: تصویری از دو مقطع شکافهای استاندارد و غیر استاندارد (a) با شکاف دهانه ثابت و لوله مشبک معمولی در چاههای منطقه b- دهانه شبکه جانسون را نشان می دهد حالت V شکل -اقتباس از پ. ترابی تهرانی (۱۳۷۹)

### ۳-۵- طول لوله مشبک و یا اسکرین

طول مناسب برای لوله مشبک و یا اسکرین باید با توجه به ضخامت و چینه بندی لایه های آبدار و مقدار افت آب تعیین گردد. در زیر چگونگی تعیین طول اسکرین در چهار حالت عمومی لایه آبدار بصورت زیر توضیح داده می شود:

#### ۱- لایه آبدار تحت فشار همگن

در این لایه ها چنانچه حداکثر افت تا بالای لایه آبدار پیش بینی شود، باید بین ۷۰ تا ۸۰ درصد از ضخامت لایه آبدار بوسیله فیلتر پوشانیده شود. چنانچه ضخامت لایه آبداری از ۱۵ متر بیشتر باشد ۸۰ درصد ضخامت آنرا با فیلتر می پوشانند. چنانچه چاهی مطابق روش فوق با فیلتر مجهز شده است و حداقل ۹۵ درصد از حداکثر آبدهی ویژه را دارا خواهد بود. در صورتیکه فیلتر مورد نظر در وسط لایه آبدار قرار گیرد و با طول مورد نظر آن در بین قطعات لوله غیر مشبک واقع شود، نتایج حاصله به مراتب مطلوب تر خواهد بود (ا. شمسایی، ۱۳۸۱).

## ۲- لایه آبدار تحت فشار غیر همگن

در این نوع لایه های آبدار بهتر است که فقط قابل نفوذ ترین قسمت لایه را با فیلتر مجهز نموده. تعیین نفوذ پذیرترین و مفید ترین بخش لایه آبدار معمولاً" توسط روشهای نظیر محاسبه ضریب هدایت هیدرولیکی نمونه های تهیه شده از لایه آبدار در آزمایشگاه، انجام آزمایش دانه بندی در روی نمونه های تهیه شده از لایه آبدار و مقایسه منحنی دانه بندی آنها با یکدیگر و مشاهده عینی دانه ها و تعیین درستی و تمیزی آنها و نهایتاً" چنانچه نمونه ها دارای ذرات رسی کمتر باشند، مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی آنها بیشتر خواهد بود(۱. شمسایی).

## ۳- لایه های آبدار آزاد همگن

تجربه نشان داده است پوشانیدن یک سوم ضخامت این لایه ها نتیجه مطلوبی را در به دست آوردن ظرفیت ویژه مناسب حاصل می نماید. در بعضی چاهها ممکن است با پوشانیدن نیمه پایینی لایه آبدار با لوله مشبک ظرفیت ویژه بیشتری به دست آورد. در لایه های آبدار آزاد برای تعیین طول لوله مشبک معمولاً" دو مورد زیر در نظر گرفته می شود. اولی، با انتخاب هرچه بیشتر طول فیلتر ظرفیت ویژه چاه بیشتر خواهد شد، زیرا در این حالت سرعت جریان آب هنگام ورود به داخل چاه کم می شود. دومی، انتخاب لوله مشبک و یا اسکرین با طول کمتر، مقدار افت مربوطه را در چاه افزایش می دهد. نهایتاً" در لایه آبدار آزاد ظرفیت ویژه بالا با لوله مشبک طویل امکان پذیر است و لوله مشبک کوتاه افت بیشتری را باعث خواهد شد(شمسایی، ۱۳۸۱).

## ۴- لایه های آبدار غیر همگن

مواردی که برای لایه های آبدار آزاد همگن بکار برده می شود، برای سفره آزاد غیر همگن نیز شامل می شود. فقط در این نوع لایه های آبدار بخش آب گیر (لوله مشبک) در نفوذ پذیرترین لایه های بخش زیرین آبخوان قرار داده می شود.

## ۳-۶- آزمایش دانه بندی

تجزیه نمونه های حفاری و آزمایش دانه بندی، اساس انتخاب صحیح اندازه شبکه های لوله های جدار مشبک معمولی و استاندارد را تشکیل می دهد و در آزمایش دانه بندی باید کلیه عوامل و شرایط موجود را به افت مورد توجه و آنالیز کرد. چرا که نسبت بین اندازه دانه ها و اندازه شبکه های لوله مشبک نقش بسیار مهمی در توسعه نمونه های گرفته شده از ستون قائم چاه، منحنی توزیع اندازه دانه ها دارد. با تعبیر و تفسیر منحنی دانه بندی اطلاعات ژئولوژیکی مفیدی در خصوص لایه های آبدار حاصل می شود. برای این کار وزن مشخصی از نمونه ها را از یک سری الک استاندارد با شیکر عبور داده می شود. ریزترین الک ۷۶ میکرون قطر دارد. در طی عمل، الک درصد معینی از کل نمونه را از خود عبور می دهد و مواد ریز تر در آخرین ظرف جمع می شود. رسم این درصد ها نسبت به قطر اندازه دانه ها، اساس آنالیز دانه بندی قرار می گیرد. برای ذرات ریز تر از ۷۶ میکرون با استفاده از سرعت ته نشینی رسوبات در مایع، قطر ذرات تعیین می گردد و آنالیز دانه بندی توسط غربال نه تنها



اساس تعیین اندازه منافذ اسکرین قرار می گیرد، بلکه فاکتور های دیگری که در طراحی لوله های مشبک چاه دخیل هستند را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. برای انجام آنالیز دانه بندی، یکسری الکهای استاندارد، آن برای خشک کردن نمونه و یک ترازوی دقیق لازم و ضروری است. نمونه را بعد از خشک کردن کامل در روی سری الکها قرار داده شده و حداقل به مدت ۵ دقیقه توسط شیکر تکان داده می شود. مقدار رسوب باقی مانده در روی الکهای بالایی، توسط ترازو وزن شده و اندازه چشمه های الک مربوطه و وزن رسوب باقی مانده در روی همان الک یادداشت می شود. به همین ترتیب مقادیر باقی مانده در الکهای دیگر نیز وزن شده و یکی یکی با وزن ماقبل جمع می شود. تا وقتی که مقدار رسوب جمع شده در ظرف به آنها اضافه می شود. در این صورت وزنی برابر وزن رسوب اولیه بدست می آید در صد این تجمع ها را بدست آورده و نسبت به اندازه، قطر چشمه های الک مربوطه بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم می گردد.

منحنی دانه بندی رسم شده روی کاغذ نیمه لگاریتمی، بزرگی و کوچکی دانه های نمونه ها را باتوجه به اندازه ذرات نمونه نشان می دهد. منحنی دانه بندی به دو صورت رسم می شود:

۱ - بر اساس درصد تجمعی دانه های عبوری نسبت به اندازه دانه ها،

۲ - بر اساس درصد تجمعی دانه های باقی مانده در روی الک نسبت به اندازه دانه ها،

در تعبیر و تفسیر منحنی دانه بندی سه پارامتر اصلی یک نمونه مورد آزمایش را می توان استخراج کرد:

۱ - اندازه دانه (ریز و درشت بودن نمونه حفاری )،

۲ - شیب منحنی دانه بندی،

۳ - شکل عمومی منحنی دانه بندی،

تغییرات این ۳ پارامتر اصلی مستقل از یکدیگر است و تعیین هر سه مورد در توصیف منحنی دانه بندی مد نظر می باشد. منظور از اندازه دانه های رسوب، توصیف ریزی و درشتی دانه های نمونه حفاری است. برای مشخص کردن اندازه دانه ها از قطر  $d_{10}$  (اندازه موثر دانه ها effective grain size) و  $d_{50}$  و یا اندازه متوسط دانه ها استفاده می شود. اندازه موثر دانه ها یعنی اندازه ای که قطر ۱۰ درصد دانه ها ریز تر از قطر مورد نظر و ۹۰ درصد درشتتر از آن است. در صورت یکنواختی،  $d_{50}$  نشان دهنده قطر متوسط دانه ها است. ولی در رسوبات غیریکنواخت و منحنی دانه بندی با شیب کم، استفاده از  $d_{50}$  جهت توصیف ریزی و درشتی دانه ها دقیق نیست. شیب بخش اصلی منحنی دانه بندی به روشهای مختلف توصیف می گردد. کاربردی ترین آنها، ضریب یکنواختی (uniformity coefficient) است. ضریب یکنواختی به نسبت  $d_{60}$  به  $d_{10}$  دانه های عبوری گفته میشود. هر چه مقدار ضریب یکنواختی کوچکتر باشد، یکنواختی دانه های نمونه بیشتر است. شکل منحنی دانه بندی برای مواد منفصلی که توسط جریان آب و امواج تشکیل می شود، مانند (S) است. منحنی S شکل معمولاً "وقتی بدست می آید که نمونه حاوی ماسه زیاد و در حدود ۱۵ درصد شن باشد. لایه هایی که منحنی آنها S شکل باشد، دارای تخلخل بیشتر از لایه های هستند که منحنی آنها دارای دنباله می باشد.

### ۳- ۷- اندازه شبکه های لوله مشبک ویا اسکرین

اندازه شبکه (شیار ویا منافذ) لوله مشبک و یا اسکرین چاهها، در درجه اول بستگی به اندازه ذرات و شرایط چینه ای رسوبات لایه آبدار و بر اساس آنالیز دانه بندی رسوبات آنها تعیین می گردد. بغیر از موارد فوق شرایط حفاری و همچنین در زمان تکمیل چاه، شیب لوله جدار دارای گراول پک و یا فاقد گراول پک باشد اندازه منافذ طراحی می شود. اندازه منافذ و شبکه های لوله مشبک ویا اسکرین توسط روشهای تجربه ای مختلف می توان محاسبه کرد. وجه مشترک تمام روشها، آنالیز دانه بندی نمونه های حفاری آبخوان می باشد. برای هر نمونه که از عمق های مختلف برداشت شده، آنالیز دانه بندی انجام ونهایتاً "منحنی دانه بندی آن ترسیم می گردد. بر حسب اینکه لایه های آبدار همگن ویا غیرهمگن باشد، انتخاب روش طراحی طول وابعاد شبکه متفاوت است.

طبقه همگن که متشکل از ماسه یکنواخت است، اندازه شبکه های اسکرین طوری انتخاب می شود که ۴۰ تا ۵۰ درصد دانه ها درشت آن باقی بمانند. برای تعیین اندازه صحیح شبکه ها، کافی است در روی منحنی دانه بندی نقطه ای را که خط ۴۰ درصد (یا ۵۰ درصد) منحنی را قطع می نماید پیدا کرده ودر روی محور افقی، اندازه شبکه مورد نیاز را بیابیم. شبکه اسکرین برای نگهداری ۴۰ درصد از دانه ها وقتی انتخاب می شود که آب زیرزمینی خاصیت خوردگی شیمیایی نداشته یا نسبت به اعتبار نمونه ماسه مورد آزمایش از نظر عمق مربوطه و ... نیز تردیدی وجود نداشته باشد. مهمترین عاملی که باید مورد توجه قرار گیرد، خاصیت تخریب شیمیایی آب است. زیرا بزرگتر بودن اندازه شبکه ها حتی به اندازه چند هزارم اینچ درتباهی اسکرین وتبديل چاه به یک به یک چاه ماسه دار تاثیر زیادی دارد.

برای یک لایه همگن که متشکل از شن و ماسه باشد، تعیین شبکه مناسب برای فیلتر آسانتر است. منحنی دانه بندی یک نمونه شنی - ماسه ای کم شیب تراز منحنی دانه بندی ماسه ریز است. در این حال تغییر اندازه شبکه ها به اندازه چند هزارم اینچ تنها چند درصد بر مقدار دانه هایی که وارد چاه می شوند خواهد افزود. انتخاب شبکه درمورد این لایه ها معمولاً "طوری صورت میگیرد که بین ۳۰ تا ۵۰ درصد دانه ها در پشت لوله مشبک باقی بمانند. در مواردی که ۳۰ درصداز دانه ها باقی می ماند قسمت اعظم دانه های لایه آبدار، هنگام توسعه وارد چاه شده و در نتیجه زمان لازم برای توسعه چاه بیشتر خواهد شد. ولی مخارج اضافی توسعه مذکور را بزرگتر بودن اندازه شبکه ها و درصد فضاهای باز آنها جبران خواهد کرد. در مواردی آب خاصیت قشر گذاری داشته، در صد بیشتر فضاهای باز باعث ازدیاد عمر چاه می گردد. همچنین اندازه های بزرگتر شبکه ها باعث می شود که منطقه بزرگتر وضخیم تری از لایه ها در اطراف اسکرین توسعه یابند و این امر معمولاً "ظرفیت ویژه و بازده چاه را افزایش می دهد. در لایه های شنی ماسه ای نیز وقتی که از دقت نمونه آزمایش شده اطمینان کامل نباشد، یا وقتی که برای انجام توسعه صرف زمان زیاد ممکن نباشد، بهتر است شبکه ها طوری انتخاب شوند که ۴۰ تا ۵۰ درصد از دانه ها در پشت فیلتر باقی بمانند.

لایه های ناهمگن (لایه های آبدار چینه ای) در طبیعت فراوانند. در این لایه های آبدار باید شبکه فیلتر نسبت به اندازه دانه های لایه ای که در مقابل آن قرار دارد تعیین شود، بنابراین اندازه شبکه ها در طول اسکرین متفاوت خواهد بود (شمسائی - ۱۳۸۱).

گاهها در زمان تکمیل چاه به جهت شرایط خاص حفاری، چاه گراول پک نمی شود. در اینگونه چاهها منافذ لوله مشبک و یا اسکرین طوری باید طراحی شود که رسوبات دانه ریز اطراف دیواره چاه طی دوره ی شستشو چاه (well development) پمپاژ شده واز آن خارج گردد. این کار باعث بوجود آمدن لایه ای با دانه بندی یکنواخت ودرشت و با تخلخل بالا به ضخامت ۳۰ الی ۶۰ متر در اطراف اسکرین چاه می شود. افزایش تخلخل و هدایت هیدرولیکی در اطراف دیواره باعث افت در اطراف چاه در طی دوره پمپاژ می گردد. این مورد بویژه در روش حفاری ضربه ای بسیار مشاهده می شود. در زمینهای ریزشی، در زمان حفاری با دستگاه حفاری با دستگاه ضربه ای، معمولاً "حفار برای جلوگیری از ریزش جدار چاه، عملیات حفاری چاه را همزمان با لوله گذاری انجام می دهد. در این صورت لوله جدار چاه تمام به دیواره چاه چسبیده و هیچ فضایی برای گراول پک کردن چاه باقی نمی ماند. این مورد در ۵۰ درصد چاههای ضربه ای استان مشاهده می شود. در این شرایط نمی توان پشت لوله جدار چاه را گراول پک کرد و چاه فاقد گراول پک می شود. در اینگونه چاه رسوبات لایه آبدار اگر از نوع ماسه و یکنواخت باشد، چاه در زمان بهره برداری شروع به ماسه دهی می کند. بدین جهت در این گونه زمینها بهتر است که با روش دورانی چاه را حفر کرد. در این صورت فضای مناسب برای گراول پک کردن چاه وجود دارد. از دیگر مزایای دیگر این روش حفاری، امکان حفر چاه با قطر بزرگ وجود دارد. چرا که در صورت نیاز به طراحی لوله دو جدار چاه، افزایش قطر چاه این شرایط را امکان پذیر می سازد.

در چاههای بدون گراول پک و رسوبات غیر یکنواخت اندازه شبکه و یا منافذ لوله بایستی طوری انتخاب شود که ۶۰ درصد رسوبات ریز از آن عبور کند و ۴۰ درصد پشت لوله ریز مشبک بماند. فقط این گونه طراحی را زمانی می توان اجرا کرد که آب خاصیت خورندگی نداشته باشد در صورت خورنده بودن آب زیر زمینی اندازه منافذ طوری انتخاب می شود که ۵۰ درصد رسوبات دانه ریز از آن عبور نماید.

در چاههای گراول پکدار (اکثر چاههای دورانی) در زمان شستشو و توسعه چاه، رسوبات پشت اسکرین چاه بیرون آورده شده و با رسوبات دانه درشت و یکنواخت پر شده، تا قطر موثر هیدرولیکی در اطراف چاه افزایش یابد. در چاههای گراول پک شده اندازه منافذ لوله مشبک و یا اسکرین طوری انتخاب می شود که حدود ۱۰ درصد دانه ها در موقع توسعه چاه عبور کند و ۹۰ درصد در پشت اسکرین باقی بماند. گراول پک بکار شده بایستی دارای جور شدگی خوبی باشد تا از تخلخل و هدایت هیدرولیکی بالایی برخوردار باشد. معمولاً در لایه های آبدار ریز دانه یکنواخت و یا آبخوان هایی که  $d_{10}$  رسوبات آنها کوچکتر از ۲۵۰ و یا ضریب یکنواختی آنها کوچکتر از ۳ باشد، گراول پک کردن چاه بسیار مهم و ضروری است. علاوه بر موارد فوق گراول پک زمانی اهمیت پیدا می کند که لوله مشبک و یا اسکرین چاه با منافذ ری، ظرفیت عبور آب را محدود میکند. نتیجتاً مانع آبدهی مطلوب چاه می شود. در این شرایط با استفاده از گراول پک و روشهای دیگر این مانع رامی توان از میان برداشت (بر اساس نوع

رسوبات آبخوان). در چنین چاههایی می توان منافذ اسکرین را کمی بزرگتر اختیار کرد تا راندمان هیدرولیکی و بهره برداری چاه ایده ال شود. در لایه های آبدار چینه ای که تناوبی از لایه ها با ضخامت های متفاوت می باشند، تعیین محل دقیق لایه ها و طراحی اسکرین مناسب برای هر لایه نازک مشکل است. در چنین شرایط گراول پک کردن چاه مشکل جاگذاری اسکرین های متفاوت را حل می کند. برای این کار اندازه دانه های گراول پک براساس اندازه دانه های لایه ای که دارای ریز تریز رسوبات می باشد، تعیین میشود. گراول پک انتخاب شده باید تمیز، گرد شده و یکنواخت باشد، این ویژگی های تخلخل و هدایت هیدرولیکی گراول پک را افزایش می دهد. معمولاً جنس گراول پک ها بیشتر از نوع سیلیس انتخاب می شود.

روش دیگری که در طراحی اندازه شبکه های لوله مشبک و یا منافذ اسکرین استفاده می شود رابطه آلن – هازن (allen – hazen) است. اندازه شبکه ها با توجه به روابط زیر بدین صورت محاسبه می گردد.

$$5D_{15} < d_{15} < 4D_{85}$$

$D_{15}$ : قطر ۱۵ درصد وزنی دانه های لایه آبدار،

$D_{85}$ : قطر ۸۵ درصد وزنی دانه های لایه آبدار،

$d_{15}$ : قطر ۱۵ درصد وزنی دانه های گراول پک،

$$\text{و ضریب یکنواختی } 2 < \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

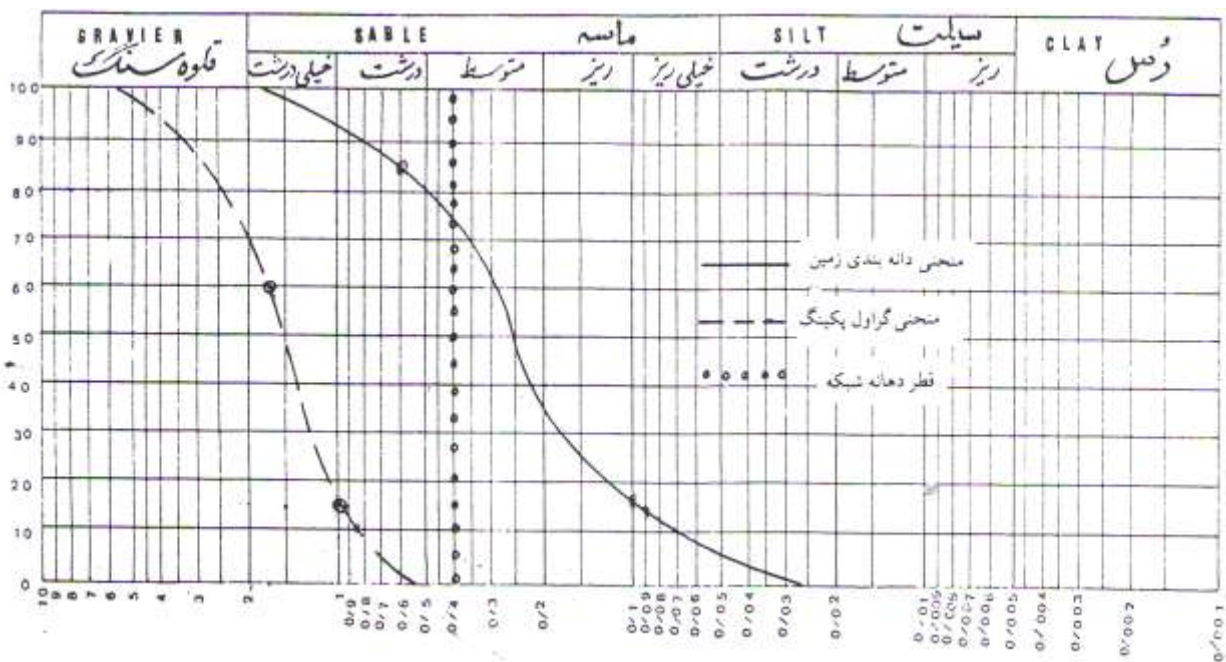
همانطور که در شکل (۳-۷) ملاحظه می شود، ضریب یکنواختی نمونه برابر  $\frac{3}{4}$  است. یعنی رسوبات لایه آبدار بسیار ناهمگن می باشد. بنا به رابطه فوق

$$D_{15} = 0/1 \text{ میلی متر ، } D_{85} = 0/6 \text{ میلی متر ، } d_{10} = 0/07 \text{ میلی متر}$$

$$5 \times 0/1 < D_{15} < 4 \times 0/6 \rightarrow 0/5 < D_{15} < 2/4$$

همانطور که مشاهده می شود ۱۵ درصد وزنی دانه های گراول پک باید قطری بین ۲ تا ۴ الی ۰ تا ۵ میلی متر داشته باشد. برای آنکه دانه بندی گراول پک نزدیک به دانه بندی رسوبات لایه آبدار باشد، این مقدار برابر یک انتخاب می شود. جای آنرا روی نمودار دانه بندی مشخص می کنیم و از این نقطه به موازات منحنی دانه بندی رسوبات لایه آبدار بطرف پایین ترسیم می کنیم تا مقدار  $d_{10}$  گراول بدست آید. همانطور که در این مثال دیده می شود  $d_{10}$  برابر ۰ تا ۸۵ میلی متر است. تجربه نشان داده است که در یک لایه آبدار ایده ال معمولاً ضریب یکنواختی بین ۲ تا ۲,۵ می باشد. بنابراین:

$$\frac{d_{60}}{0/85} \text{ و } \frac{d_{60}}{d_{10}} = 2 \text{ از اینجا } d_{60} \text{ برابر } 1 \text{ تا } 7 \text{ میلی متر بدست می آید. مقدار } d_{60} \text{ را روی نمودار مشخص کرده،}$$



شکل ۳- ۷: نحوه ی تعیین قطر شکاف شبکه و مشخصات گراول با استفاده از منحنی دانه بندی و رابطه آلن-هازن (اقتباس از پ. ترابی تهرانی ۱۳۷۹)

سپس نقاط  $d_{15}$  و  $d_{60}$  گراول پک را به هم وصل کرده و تقریباً به موازات منحنی دانه بندی رسوبات لایه آبدار ترسیم می کنیم. منحنی که بدین صورت بدست می آید، منحنی مشخصات گراول پک است که باید در فضای خالی ما بین دیواره و لوله جدار چاه ریخته شود.

برای مشخص کردن اندازه شبکه های لوله مشبک و یا منافذ اسکرین به منحنی دانه بندی رسوبات لایه آبدار مراجعه می کنیم. با بررسی منحنی دانه بندی لایه آبدار قطری را انتخاب می کنیم که در دوره بهره برداری مشکلی در چاه پیش نیاید و همچنین ذرات ریزتر لایه آبدار (حدود ۵۰ الی ۶۰ درصد) طی زمان توسعه چاه از فضای بین گراول و شکاف های لوله مشبک عبور کرده به درون چاه ریخته شوند و سپس توسط پمپ و یا ابزار دیگری از چاه خارج گردند. در این مثال قطر اندازه شبکه های لوله مشبک (فیلتر چاه) باید در حدود  $40 \times 40$  میلی متر باشد تا هیچ مشکلی در زمان بهره برداری در چاه حاصل نشود. جدول (۳ - ۱) مشخصات شبکه ها در لوله های مشبک ارائه شده است.

روش دیگر، در صورتی که لایه آبدار تناوبی از لایه ها مختلف باشد (لایه آبدار چینه ای)، منحنی دانه بندی این لایه ها را ترسیم می کنیم. بر اساس آنالیز دانه بندی رسوبات لایه ها، لایه ریزدانه مشخص و اندازه گراول پک در چنین لایه ها بنا به رسوبات دانه ریز تعیین می شود. بر روی منحنی دانه بندی اندازه قطر ۳۰ درصد رسوبات عبوری ( $d_{30}$  رسوبات دانه ریز) تعیین و به عددی از ۴ تا ۹ ضرب می شود. در صورتی که رسوبات از نوع

یکنواخت باشند و اندازه ۴۰ در صد دانه های باقی مانده بر روی الک دارای قطر  $25 \square 0$  میلی متر یا کمتر از آن باشد ضریب ۴ تا ۶ انتخاب می شود.

جدول ۳- ۱: قطر لوله و مشخصات شبکه ها

| عرض شکاف (mm) | طول شکاف (mm) | تعداد شبکه در هر متر طول لوله | قطر لوله جدار (اینچ) |
|---------------|---------------|-------------------------------|----------------------|
| ۲ - ۳         | ۲۰۰           | $5 \times 8 = 40$             | ۱۲                   |
| ۲ - ۳         | ۲۰۰           | $10 \times 5 = 50$            | ۱۴                   |
| ۱ - ۳         | ۲۰۰           | $12 \times 5 = 60$            | ۱۶                   |

در شرایط دیگر اگر لایه خیلی غیر یکنواخت باشد و دارای دامنه ای از ذرات سیلت تا رس باشند ، از ضریب ۶ تا ۹ استفاده می شود. انتخاب ضریب ۱۰ ممکن باعث ماسه دهی چاه شود. عددی که از ضرب کردن ضریب مربوطه بدست می آید، در نمودار منحنی دانه بندی بعنوان اندازه منحنی دانه بندی گراول پک و این اولین نقطه در منحنی دانه بندی دانه های گراول پک است. در بالا نقطه بدست آمده منحنی دانه بندی مربوط به ضریب یکنواختی  $U_c$   $5 \square 2$  و یا کمتر از  $5 \square 2$  را ترسیم می کنیم. بر اساس منحنی رسم شده گراول پک مناسب از نظر شیمیایی تهیه می گردد. نهایتاً از روی منحنی دانه بندی گراول پک اندازه شکاف شبکه های لوله مشبکی که ۱۰ و یا کمتر ۱۰ درصد دانه های گراول پک را از خود عبور می دهد، انتخاب می کنیم. طبیعی است که گراول پک تا بالاتر از لوله مشبک (اسکرین) ادامه داشته باشد تا نشت گراول پک طی دوره توسعه چاه جبران شود (شمسائی - ۱۳۸۱).

در صورتی که طراح ساختمان چاه آب و همچنین شرکت حفار تمام موارد فوق را رعایت کنند. چاه ماسه دهی نخواهد داشت.

امروزه متاسفانه (در طول این تحقیق) هیچ مالک چاهی و یا شرکت حفار (حداقل در استان) برای نمونه های حفاری آنالیز دانه بندی انجام نمی دهند. گراول پک مورد نیاز، همین طوری بدون بررسی و بصورت سرانگشتی در حد بادامی از کارخانه های شن و ماسه تهیه می کنند. گاهی، حتی مشاهده شده که از شن شکسته بعنوان گراول پک در چاه استفاده کرده اند. همینطور شیارهای شبکه لوله مشبک نیز همانند گراول پک بدون بررسی توسط شعله اکسیژن و یا دستگاه جوش برش می دهند. این نوع شبکه ها بدترین نوع شبکه است که در چاههای آب بکار گرفته

می شوند. چرا که شیارها بی نظم و کج بوده، بویژه دهانه شکافهای شیار در قسمت جدار خارجی لوله بزرگتر از داخل لوله اند، بطوریکه دانه های گراول به راحتی در دهانه شکاف لانه میکنند(شکل ۳- ۶).

بالتبع گرفته شدن شیارهای لوله مشبک در طول چاه، موجب کم شدن جریان آب به درون چاه و افت فشار می گردد. در ضمن حرارت دیدن لوله طی مشبک کاری نیز کیفیت شیمیایی لوله را تغییر داده و این نقاط با بقیه لوله ایجاد دو قطب الکتریکی نموده و در نهایت شکافها گشادتر و چاه شروع به ماسه دهی می کند.

### ۳- ۸- ضخامت گراول پک

همانطور که بیان گردید انتخاب اندازه دانه های گراول پک برای جلوگیری از عبور ماسه ها و ذرات ریز استوار است. تجربه نشان داده است که گراول پک به ضخامت ۲۵ میلی متر به خوبی از ورود دانه های ریز به چاه جلوگیری خواهد کرد. از طرفی عملاً "ریختن دانه های گراول پک به ضخامت ۱ اینچ در چاه بسیار مشکل است. زیرا به علت کوچک بودن فضای خالی بین دیواره چاه و لوله جدار، احتمال گیر کردن دانه های شن در مسیر خود تا قبل از رسیدن به ته چاه زیاد است. در نتیجه نمی توان نسبت به در جا قرار گرفتن شنها و تشکیل فیلتر شنی بطور کامل اطمینان حاصل نمود. از این رو برای حصول اطمینان از اینکه دانه های شن اطراف لوله مشبک را در تمام طول آن کاملاً پر کرده اند لازم است حداقل ضخامت گراول پک شنی برابر ۱۳ اینچ در نظر گرفته شود(شرکت مدیریت منابع آب ایران - ۱۳۸۶).

در بعضی شرایط، حداکثر ضخامت فیلتر شنی، برابر ۱۸ اینچ نیز انتخاب شده است. ولی ضخامت بیشتر از این مقدار نه تنها در ازدیاد ظرفیت چاه تأثیری ندارد، بلکه از احتمال پمپاژ ماسه نیز چیزی نمی کاهد. زیرا عامل اصلی که مانع عبور ماسه می گردد، نسبت قطر دانه های شن به دانه های لایه آبدار است، نه ضخامت شن. از طرفی ضخامت بیش از اندازه گراول پک ممکن است توسعه چاه را نیز مشکل تر سازد. حجم و قیمت گراول پک بکار رفته در یک چاه، بستگی به روش حفاری، طول مدت توسعه، روش تکمیل چاه و قابل دسترس بودن مواد صافی دارد. در جدول (۲-۳) با توجه به قطر لوله جدار مشبک و انواع سائز اسکرین ها مقدار حجم گراول پک مورد نیاز برای هر متر طول ارائه شده است[۱]. مقدم، ۱۳۷۷].

### ۳- ۹- مساحت باز شبکه

اکثر کارخانجات سازنده اسکرین، جداولی تهیه کرده اند که مساحت باز (مقدار فضای باز) بر حسب متر مربع یا فوت مربع از لوله را نسبت به قطر و اندازه های مختلف شبکه آن نشان می دهد. از کارخانجات سازنده اسکرین، اسکرین های نوع جانسون را می توان نام برد که در صنعت چاه آب بسیار رایج هستند (جدول شماره ۳ - ۳).

جدول ۳ - ۲ حجم گراول پک مورد نیاز

| Id of pipe<br>Or<br>borhole |     | Outside diameter of well screen |              |            |              |            |              |             |              |             |              |             |              |             |              | M3<br>m |             |
|-----------------------------|-----|---------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------|-------------|
|                             |     | 4 in                            | 102mm<br>ft3 | 6 in<br>M3 | 152mm<br>ft3 | 8 in<br>M3 | 203mm<br>ft3 | 10 in<br>M3 | 254mm<br>ft3 | 12 in<br>M3 | 305mm<br>ft3 | 16 in<br>M3 | 406mm<br>ft3 | 18 in<br>M3 | 457mm<br>ft3 |         | 20 in<br>M3 |
| in                          | Mm  |                                 |              |            |              |            |              |             |              |             |              |             |              |             |              |         |             |
| ۸                           | ۲۳  | ۰,۲۷                            | ۰,۰۳         | ۰,۱۵       | ۰,۰۱         |            |              |             |              |             |              |             |              |             |              |         |             |
| ۱۰                          | ۲۵۴ | ۰,۴۷                            | ۰,۰۴         | ۰,۳۶       | ۰,۰۳         | ۰,۲        |              |             |              |             |              |             |              |             |              |         |             |
| ۱۲                          | ۳۰۵ | ۰,۷۰                            | ۰,۰۷         | ۰,۶۰       | ۰,۰۶         | ۰,۴۵       | ۰,۰۲         |             |              |             |              |             |              |             |              |         |             |
| ۱۶                          | ۴۰۶ | ۱,۳۰                            | ۰,۱۲         | ۱,۲۰       | ۰,۱۱         | ۱,۰۵       | ۰,۱۰         | ۰,۸۶        | ۰,۰۸         | ۰,۶۲        | ۰,۰۶         |             |              |             |              |         |             |
| ۲۰                          | ۵۰۸ | ۲,۱۰                            | ۰,۲۰         | ۲,۰۰       | ۰,۱۹         | ۱,۹۰       | ۰,۱۸         | ۱,۶۵        | ۰,۱۵         | ۱,۴۰        | ۰,۱۳         | ۰,۸۰        | ۰,۰۷         | ۰,۴۲        | ۰,۰۴         |         |             |
| ۲۴                          | ۶۱۰ | ۳,۰۵                            | ۰,۲۸         | ۲,۹۵       | ۰,۲۷         | ۲,۸۰       | ۰,۲۶         | ۲,۶۰        | ۰,۲۴         | ۲,۳۵        | ۰,۲۲         | ۱,۷۵        | ۰,۱۶         | ۱,۴۰        | ۰,۱۳         | ۱,۰۰    | ۰,۰۹        |
| ۳۰                          | ۷۶۲ | ۴,۸۵                            | ۰,۴۵         | ۴,۷۵       | ۰,۴۴         | ۴,۶۰       | ۰,۴۳         | ۴,۴۰        | ۰,۴۱         | ۴,۱۵        | ۰,۳۹         | ۳,۵۰        | ۰,۳۳         | ۳,۱۵        | ۰,۲۹         | ۲,۷۵    | ۰,۲۶        |

مقدار فضای باز در اسکرین های از نوع جانسون را بر حسب اینج مربع در فوت نشان می دهد. از این میان، اسکرین های از نوع سیم پیچی شده جانسون، بیشترین مساحت باز را دارند. همانطور که قبلاً نیز بحث گردید، مساحت باز کم و یا تعداد شبکه های کم مانع توسعه ایده آل چاه و همچنین افزایش سرعت جریان آب به درون چاه می گردد.



جدول ۳-۳: درصد فضاهای باز در هر فوت از فیلترهای جانسون (ا. شمسایی، ۱۳۸۱)

| قطر اسمی فیلتر<br>(اینچ) | درصد فضاهای باز در هر فوت از فیلتر بر حسب اینچ مربع |         |         |         |         |          |
|--------------------------|---|---------|---------|---------|---------|----------|
|                          | نمره ۱۰   | نمره ۲۰ | نمره ۴۰ | نمره ۶۰ | نمره ۸۰ | نمره ۱۵۰ |
| ۳                        | ۱۰  | ۱۹      | ۳۲      | ۴۲      | ۴۳      | ۶۵       |
| ۴                        | ۱۴  | ۲۶      | ۴۴      | ۵۷      | ۵۸      | ۸۸       |
| ۵                        | ۱۸  | ۳۳      | ۵۵      | ۷۲      | ۷۳      | ۱۱۲      |
| ۶                        | ۲۱  | ۳۹      | ۶۵      | ۸۵      | ۸۷      | ۱۳۲      |
| ۸                        | ۲۸  | ۵۱      | ۸۷      | ۱۱۳     | ۱۱۶     | ۱۶۰      |
| ۱۰                       | ۳۶  | ۶۵      | ۱۱۰     | ۱۴۳     | ۱۴۷     | ۲۰۳      |
| ۱۲                       | ۴۲  | ۷۷      | ۱۳۰     | ۱۷۰     | ۱۷۴     | ۲۲۳      |
| ۱۴                       | ۳۸  | ۷۱      | ۱۲۳     | ۱۶۳     | ۱۷۷     | ۲۵۱      |
| ۱۵                       | ۳۹  | ۷۶      | ۱۳۲     | ۱۷۵     | ۱۹۰     | ۲۶۸      |
| ۱۶                       | ۳۵  | ۶۹      | ۱۲۳     | ۱۶۴     | ۱۷۱     | ۲۵۰      |
| ۱۸                       | ۳۹  | ۷۸      | ۱۳۹     | ۱۸۶     | ۱۹۳     | ۲۸۳      |
| ۲۰                       | ۴۷  | ۸۸      | ۱۵۶     | ۲۰۹     | ۲۱۸     | ۳۱۸      |
| ۲۴                       | ۴۶  | ۸۷      | ۱۵۸     | ۲۱۷     | ۲۶۶     | ۳۸۹      |
| ۲۶                       | ۴۹  | ۹۱      | ۱۶۶     | ۲۲۷     | ۲۸۷     | ۴۰۶      |
| ۳۰                       | ۵۷  | ۱۰۸     | ۱۹۲     | ۲۶۸     | ۳۲۹     | ۴۸۰      |
| ۳۶                       | ۶۵  | ۱۲۴     | ۲۲۴     | ۳۰۷     | ۳۷۶     | ۵۵۰      |

نتیجه آن ماسه دهی چاه و تخریب ساختمان خواهد شد. سرعت ورود آب به درون چاه بایستی در حدی باشد که کمترین افت چاه، گرفتگی و خوردگی منافذ اسکرین را باعث گردد. تجربه نشان داده است که گرفتگی منافذ اسکرین در لایه های آبدار دانه ریز نسبت به درشت دانه بیشتر اتفاق افتاده است. چنانچه مقدار سرعت ورودی از ۴ سانتی متر بر ثانیه بیشتر شود قطر لوله مشبک باید زیاده تر انتخاب گردد تا مقدار فضاهای باز به حد کافی، سرعت ورود آب را کاهش دهد. معمولاً بین هدایت هیدرولیکی لایه آبدار و سرعت مناسب آب ورودی به چاه ارتباط برقرار است (todd 1980). این ارتباط در جدول (۳ - ۴) نشان داده شده است.

جدول ۳-۴: سرعت مناسب آب بداخل چاه وارتباط آن با هدایت هیدرولیکی سفره [todd 1980]

| Hydraulic conductivity of aquifer ,M/DAY | Optimum screen entrance velocity ,M/MIN |
|--|---|
| >۲۵۰                                     | ۳,۷                                     |
| ۲۵۰                                      | ۳,۴                                     |
| ۲۰۰                                      | ۳                                       |
| ۱۶۰                                      | ۲,۷                                     |
| ۱۲۰                                      | ۲,۴                                     |
| ۱۰۰                                      | ۲,۱                                     |
| ۸۰                                       | ۱,۸                                     |
| ۶۰                                       | ۱,۵                                     |
| ۴۰                                       | ۱,۲                                     |
| ۲۰                                       | ۰,۹                                     |
| <۲۰                                      | ۰,۶                                     |

برای محاسبه سرعت آب به چاه بر اساس طول و قطر اسکرین از معادله زیر می توان استفاده کرد:

$$V = \frac{Q}{C} \times 3.14 \times d \times L \times AO$$

$V$  = سرعت مناسب آب ورودی به چاه، متر بر ثانیه

$Q$  = مقدار برداشت آب از چاه، متر مکعب بر ثانیه

$C$  = ضریب گرفتگی ( برابر ۰,۵ در جائیکه احتمال داده می شود که ۵۰ درصد مساحت باز اسکرین توسط رسوب لایه آبدار گرفته می شود )

$d$  = قطر اسکرین، میلیمتر

$L$  = طول اسکرین، میلیمتر

AO = درصد مساحت باز اسکرین

تجربیات صحرايي و آزمائشگاهي نشان مي دهد كه متوسط سرعت آب ورودی به چاه نبايد بيش از ۳ الی ۴ سانتی متر بر ثانيه باشد.

## فصل چهارم

### بررسیهای صحرایی

#### ۴ - داده ها و بررسی های انجام یافته

در پی مطالعات کتابخانه ای و آرشیو، بررسیهای صحرایی، پرس و جوی های محلی از مالکین چاههای بهره برداری (دشت ارومیه - روستا های و قاصلوی علیا و سفلا، حسن اباد، بخشهای انتهای دشت سلماس و میان دشت چوپانلو)، شرکتهای حفاری، اخذ اطلاعات و داده های از معاونت مطالعات منابع آب استان آذربایجان غربی و مشاوره و اخذ اطلاعات و داده ها از امور آب شهرستان سلماس آغاز گردید. نهایتاً منطقه مطالعاتی برای بررسی وضعیت و علل مشکل ماسه دهی چاهها تعیین گردید. در منطقه سلماس حدوداً از سال ۱۳۴۳ بدین طرف مطالعات زیادی در خصوص مسائل مربوط به هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و ژئوفیزیک سد مخزنی زولا چای و دشت سلماس جهت اهداف پتانسیل آب و خاک انجام یافته است.

در سال ۱۳۴۵ توسط یک شرکت ایرانی بنام مهندسین مشاور آب کاو مطالعات هیدروژئولوژیکی دشت سلماس انجام یافته است. علاوه بر مطالعات فوق در مقیاس محلی توسط معاونت مطالعات منابع آب، سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان غربی، نیز مطالعات هیدرولوژیکی دشت سلماس به منظور تهیه بیلان آبی دشت انجام یافته است. در این تحقیق نیز اطلاعات پایه اکثر مطالعات انجام یافته از معاونت مطالعات منابع آب منطقه ای استان آذربایجان غربی، شرکتهای حفاری استان و مالکین چاههای بهره برداری و امور آب شهرستان سلماس اخذ شده است. در مطالعه این طرح تحقیقاتی نیز از گزارشها و نتایج کار های انجام یافته قبلی استفاده شده است. از میان این بررسیها اولین مطالعه در خصوص مشکل ماسه دهی چاهها مربوط به دشت چوپانلوی سلماس می باشد. در سال ۱۳۷۷ اداره کل امور عشایر استان آذربایجان غربی جهت اسکان عشایر در کانونهای تعیین شده، اقدام به حفر ۶ حلقه چاه در دشت چوپانلو و بخش های انتهایی دشت سلماس نمود. در مراحل اولیه با صرف هزینه های سنگین و در زمان تکمیل و توسعه ۲ حلقه چاه به جهت مشکل ماسه دهی امکان تجهیز آب مقدر نگردیده. در سال ۱۳۷۸ توسط مهندسین مشاور مهار آب عمران گستر موضوع مطالعه و نتیجه آن طی گزارشی تحت عنوان نحوه مقابله با ماسه دهی چاههای دشت چوپانلو ارائه شد. متأسفانه بعد ها به جهت باقی ماندن مشکل، امکان بهره برداری از چاهها مقدر نگردید:

در سال ۱۳۸۱ در بخش جنوب غربی روستای و قاصلو که یکی از روستا های نوشین شهر - ارومیه می باشد، بنا به اظهار مالک چاه به جهت مشکل ماسه دهی، ساختمان چاه کلا" تخریب و غیر قابل بهره برداری شده بود.

نهایتاً" در سال ۱۳۹۱ در دشت سلماس و در اراضی روستای یالقوز آغاج همانند چاه فوق ساختمان چاه از بین رفته و مالکین چاه اقدام به حفر چاه جدید در همان اراضی روستایی نموده اند.

#### ۴-۱- چاههای محفوره در منطقه مطالعاتی

بنا به آمار اخذ شده از معاونت مطالعات منابع آب سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان غربی در منطقه سلماس بر اساس آمار برداری سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۱ تعداد ۱۹۳ حلقه چاه، ۵۷ رشته قنات و ۱۵ دهنه چشمه آمار برداری شده است. باتوجه به آمار و اطلاعات اخذ شده در خصوص منابع آب زیر زمینی منطقه سلماس همانطور که آمار نشان می دهد منابع آب در منطقه وابسته به چاهها می باشد. چاهها براساس روش حفاری (روتاری، ضربه ای، دستی) دسته بندی شده است (جدول شماره ۴-۱). همانطور که جدول نشان میدهد ۶۵۵ حلقه چاه ۴۴ درصد چاهها توسط دستگاه حفاری و ۴۴ درصد بصورت دستی حفر شده اند. میزان تخلیه سالانه چاههای عمیق ۱۴۹ میلیون متر مکعب و چاههای نیمه عمیق ۱۱ میلیون متر مکعب در سال می باشد. از این تعداد چاه ۱۱۴ حلقه چاه متروکه و بیا فاقد تجهیزات بوده و تعداد ۴۹۴ حلقه چاه در حال بهره برداری می باشد.

جدول شماره ۴-۱: طبقه بندی چاهها بر حسب روش حفاری - عمیق و نیمه عمیق (سازمان آب منطقه ای آ.غ.)

| روش حفاری        | نوع چاه |           | تخلیه سالانه (متر مکعب) |
|------------------|---------|-----------|-------------------------|
|                  | عمیق    | نیمه عمیق |                         |
| روتاری - ضربه ای | ۶۰۸     | —         | ۱۴۹,۵ × ۱۰,۷            |
| دستی             | —       | ۴۸۵       | ۱۱,۲                    |
| جمع کل           | ۱۰۹۳    | —         | ۱۶۰,۷                   |

طبقه بندی چاهها براساس سال های حفر از ۱۳۲۰ تا ۱۳۸۱ نشان می دهند که در این دوره زمانی حفر چاه ها افزایش یافته است (جدول ۴-۲). بطوریکه از سال ۱۳۲۰ تا ۱۳۴۰ هفت حلقه چاه، از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۵۰ بیست و شش حلقه چاه، از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۰ دویست و شست و پنج حلقه چاه، و نهایتاً از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ پانصد و هشت حلقه چاه حفر شده است. همانطور که آمار نشان می دهد، حفر چاه از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰ بصورت بی سابقه افزایش داشته است.

جدول شماره ۴-۲: طبقه بندی چاهها بر اساس سال های حفر (سازمان آب منطقه ای آ.غ.).

| سال های حفر | تعداد چاه (حلقه چاه) | در صد فراوانی |
|-------------|----------------------|---------------|
| ۱۳۲۰-۱۳۴۰   | ۷                    | ۷             |
| ۱۳۴۰-۱۳۵۰   | ۲۶                   | ۲/۴           |
| ۱۳۵۰-۱۳۶۰   | ۲۶۵                  | ۲۴/۵          |
| ۱۳۶۰-۱۳۷۰   | ۲۸۹                  | ۲۶/۶          |
| ۱۳۷۰-۱۳۸۰   | ۵۰۸                  | ۴۵/۸          |

چاههای منطقه با توجه به مقدار آبدهی در دسته های ۲۰ لیتری بر ثانیه طبقه بندی شده است (جدول ۴-۳). همانطور که جدول نشان می دهد آبدهی اکثر چاهها (۴۸۶ حلقه چاه) ۲۰ لیتر بر ثانیه می باشد. حداکثر آبدهی ۸۰-۹۰ لیتر بر ثانیه می باشد که فقط یک حلقه چاه در منطقه این دبی را دارد.

جدول شماره ۴-۳: طبقه بندی چاهها بر اساس آبدهی (سازمان آب منطقه ای آ.غ.).

| آبدهی چاه (لیتر بر ثانیه) | تعداد حلقه چاه | درصد |
|---------------------------|----------------|------|
| فائق آبدهی وبدون تجهیزات  | ۳۵۰            | ۳۲   |
| $0 < Q \leq 20$           | ۴۸۶            | ۴۴,۵ |
| $20 < Q \leq 40$          | ۲۱۲            | ۱۹,۴ |
| $40 < Q \leq 60$          | ۳۶             | ۳,۳  |
| $60 < Q \leq 80$          | ۸              | ۰,۷  |
| $80 < Q \leq 100$         | ۱              | ۰,۱  |

#### ۴ - ۲ - چاههای ماسه ده محدوده مطالعاتی

در محدوده مطالعاتی با توجه به بررسیهای صحرایی، اخذ اطلاعات از امور آب سلماس و پرس وجو های محلی از مالکین چاه ها، بیشتر چاهها تخریب شده ناشی از ماسه دهی در بخش های انتهایی دشت چوپانلو ( ۷ حلقه) و سلماس ( ۲ حلقه ) واقع می باشند. از چاه های ماسه ده و رها شده می توان به چاههای امور عشایری شهرستان سلماس واقع در بخش انتهایی دشت سلماس و نزدیک سواحل دریاچه ارومیه (اراضی روستا های چوپانلو و کنگرلو )، چاه مرزبان (اراضی روستای چوپانلو، شکل ۴ - ۱) و چاه حسین ناصری (اراضی روستای یالقوز آغاج ) و ... نام برد. متأسفانه تاکنون آمار و اطلاعات دقیقی از تعداد چاههای مخروب شده ناشی از ماسه دهی وجود ندارد. مالکین چاههای عمیق معمولاً "بعد از مدت زمان بهره برداری بسیار کوتاه ویا در مرحله توسعه و تجهیز چاه، پس از ماسه دهی چاه آنرا رها کرده و نسبت به درخواست و حفاری چاه جدید اقدام می نمایند (چاه مرزبان اراضی روستای چوپانلو



شکل ۴ - ۱: تصویری از لوله جدار چاه مخروبه آقای مرزبان ( شمال شرق روستای یوشانلو- حاشیه جاده سلماس - تسوج ۸۷/۶/۹)



شکل ۴-۲: یکی از چاههای جدید الحفر به جای چاه مخروبه آقای مرزبان ( شمال شرق روستای یوشانلو - حاشیه جاده سلماس تسوج ۱۴/۵/۸۸)).

افزایش تعداد چاههای مخروبه و عدم انسداد آنها بروش فنی، علاوه بر اختلال در تعادل آب زیرزمینی دشتهای چند سفره ای، زیانهای چشمگیری را متوجه مالکین چاهها نموده است. در شکل شماره ۴-۳ پمپاژ آب همراه با ماسه و سیلت فراوان از چاه امور عشایر واقع در روستای چوپانلو را نشان می دهد.





شکل ۴-۲: تصویری از چاه شماره 2 جهاد امور عشایر سلماس - دشت چوپانلو ( غرب روستای چوپانلو -  
( ۸۸/۵/۱۴

## فصل پنجم

### ۵ - بررسی عوامل مؤثر در مشکل ماسه دهی چاهها

برای مشخص کردن عوامل مؤثر در مشکل ماسه دهی چاهها در منطقه مورد مطالعه، با تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از بررسیهای مستقیم صحرائی، شرکت‌های حفاری، اخذ داده‌ها و اطلاعات هیدروژئولوژیکی از امور آب سلماس ( نظیر لوگ زمین شناسی، ضرایب هیدرودینامیکی، سطح ایستابی و دینامیکی) و آنالیز دانه بندی نمونه های حفاری چاههای جدید الحفر، مناطق بحرانی از نقطه نظر ماسه دهی چاهها بیشتر بخش های انتهای دشت سلماس و چوپانلو را در بر میگیرد (مناطق شرقی و شمالشرقی دشت). در طول این تحقیق با تهیه مشخصات و نمونه های رسوب چاههای جدید الحفر که خود یکی از معضلات و مشکلات این تحقیق بود. چرا که بعضی از شرکت های حفاری در عمل فاقد مهندس زمین شناس و یا مسئول فنی می باشند و این باعث عدم نمونه برداری صحیح از ستون (عمق) حفاری چاه می شود. بدین جهت پژوهشگر حاضر خود مستقیماً در بعضی از نمونه برداری ها حضور داشت، با آنالیز نمونه های رسوب تهیه شده از چاههای جدید الحفر، مشخصات دانه بندی، شکل و شیب منحنی دانه بندی و نهایتاً ویژگیهای رسوبی لایه آبدار تجزیه و تحلیل گردید. بر اساس نتایج حاصله از آنالیز دانه بندی نمونه ها، مشخصات گراول پک، اندازه شبکه لوله مشبک، نوع و جنس لوله های جدار بکار برده شده در چاهها مورد بررسی قرار گرفت.

### ۵ - ۱ - آنالیز دانه بندی و انتخاب گراول پک و منافذ شبکه لوله مشبک محدوده مطالعاتی

برای مشخص کردن خصوصیات دانه بندی رسوبات لایه های آبدار محدوده مطالعاتی با اخذ داده ها از جهاد امور عشایر استان آذربایجان غربی برای چاههای مناطق شمالشرق و شرق محدوده طرح (دشت چوپانلو) و تهیه نمونه های حفاری از چاههای جدید الحفر، آقای مرزبان در بخش شمال شرقی روستای یوشانلو، کارخانه آجر (منتهی الیه بخش شرقی دشت) و روستا های قره قشلاق، یالقوز اغاج و کنگرلو، آنالیز دانه بندی انجام و نتایج آن بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی ترسیم گردید. در جدول (۵ - ۱) در صد فراوانی دانه ها مختلف را می دهد. مقادیر دانه ها در حد رس و سیلت، ماسه و بزرگتر از ماسه بر حسب در صد نشان داده شده است. بطور متوسط  $38 \square 8$  در صد رسوبات قسمت آبیگر چاه ها، کوچکتر از شش صدم میلی متر،  $55 \square 1$  در صد در حد ماسه (بین شش صدم تا ۲ میلی متر) و  $6 \square 1$  درصد بقیه بزرگتر از ماسه و در حد گراول هستند. بنا به جدول فوق کمترین مقدار رسوبات دانه ریز مربوط به چاه آقای ستار باقری در روستای کنگرلو و بیشترین دانه ریز مربوط به چاه رمضان جباری در روستای یالقوز اغاج با ۷۷

جدول ۵ - ۱: درصد فراوانی دانه های مختلف نمونه ها آنالیز شده

| درصد فراوانی دانه ها (اندازه به mm) |             |                               | روش حفاری                                    | نام مالک چاه    | نام روستا   | ردیف |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------------|--|-----------------|-------------|------|
| دانه های شن > 2                     | دانه < 0.06 | دانه های سیلت < 0.06 و رس < 2 |  |                 |             |      |
| ۲                                   | ۳۰          | ۶۸                            | روتاری                                       | داود مهرجو      | قره قشلاق   | ۱    |
| ۸                                   | ۴۷          | ۴۵                            | روتاری                                       | هوشنگ صفایی     | قره قشلاق   | ۲    |
| ۲                                   | ۲۳          | ۷۵                            | روتاری                                       | علی مختاری      | کنگرلو      | ۳    |
| ۲                                   | ۲۱          | ۷۷                            | روتاری                                       | رمضان جباری     | کنگرلو      | ۴    |
| ۸                                   | ۴۰          | ۵۲                            | روتاری                                       | ولی حسین زاده   | کنگرلو      | ۵    |
| ۳۴                                  | ۶۰          | ۶                             | روتاری                                       | ستار باقری      | یالقوز آغاج | ۶    |
| ۱۰                                  | ۵۲          | ۳۸                            | روتاری                                       | عباس فتحی       | یالقوز آغاج | ۷    |
| ۲                                   | ۴۸          | ۵۰                            | روتاری                                       | ابراهیم فرشاد   | یوشانلو     | ۸    |
| ۷                                   | ۸۲          | ۱۰                            | روتاری                                       | جهاد امور عشایر | یوشانلو     | ۹    |
| ۲                                   | ۸۰          | ۱۸                            | روتاری                                       | جهاد امور عشایر | چوپانلو*    | ۱۰   |
| ۲                                   | ۷۸          | ۲۰                            | روتاری                                       | جهاد امور عشایر | چوپانلو*    | ۱۱   |
| ۲                                   | ۷۶          | ۲۲                            | روتاری                                       | جهاد امور عشایر | چوپانلو*    | ۱۲   |
| ۲                                   | ۶۰          | ۳۸                            | روتاری                                       | جهاد امور عشایر | چوپانلو*    | ۱۳   |
| ۲                                   | ۷۴          | ۲۴                            | روتاری                                       | جهاد امور عشایر | چوپانلو*    | ۱۴   |
| ۶,۱                                 | ۵۵          | ۳۸,۸                          | متوسط درصد اندازه دانه ها مختلف در دشت سلماس |                 |             |      |

\* داده ها اخذ شده از جهاد امور عشایری

درصد آنالیز شده است.  $d_{10}$  و  $d_{60}$  و  $U_c$  این نمونه از روی منحنی دانه بندی محاسبه شده است. کلیه نمونه های این ناحیه دانه ریز و  $d_{10}$  آنها کمتر از ۰,۲۵ میلیمتر تعیین شده است (جدول ۵ - ۲). مشخصات دانه بندی نمونه ها را نشان می دهد. با توجه به آنالیز دانه بندی نمونه ها استفاده از گراول پک استاندارد در ابعاد مشخص ضروری میباشد. اندازه گراول های به کار برده شده، باید با اندازه دانه های رسوبات سفره متناسب باشد. با توجه به شکل های (۵ - ۱) و (۵ - ۱۴)، منجی های دانه بندی به دو گروه عمده زیر تقسیم می شود:

۱- گروهی که محدوده دانه های آنها تا ۱ و کمتر از ۱ میلیمتر می رسند (نمونه ۱،۲،۳،۴،۵،۱۱،۱۲)

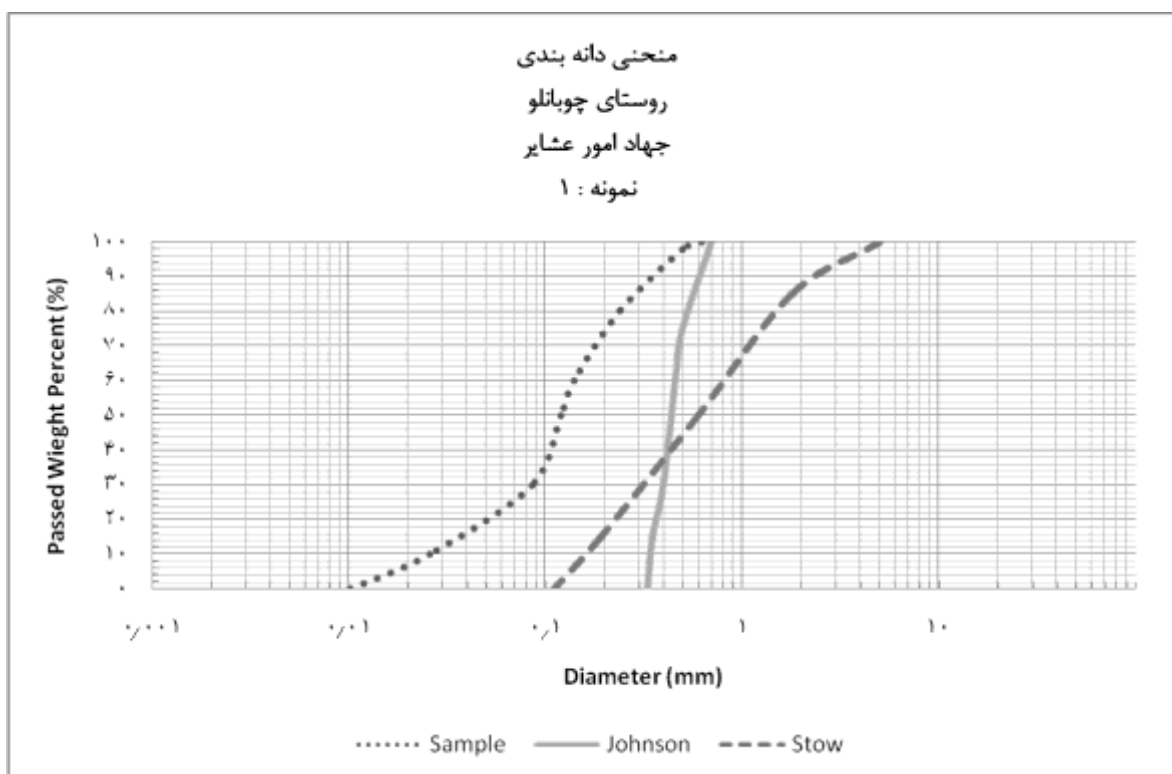
۲- گروهی که محدوده دانه های آنها بیش از ۱ میلیمتر می باشد (۸،۷،۶) بویژه نمونه ۹ که ۵۰ در صد نمونه دارای اندازه کمتر از ۱ میلیمتر می باشد) و همچنین نمونه ۱۰

جدول ۵ - ۲: نتایج آنالیز دانه بندی رسوبت و روش های تعیین گراول پک (d برای قطر رسوبت و D برای قطر گراول پک و \* اندازه منافذ اسکرین)

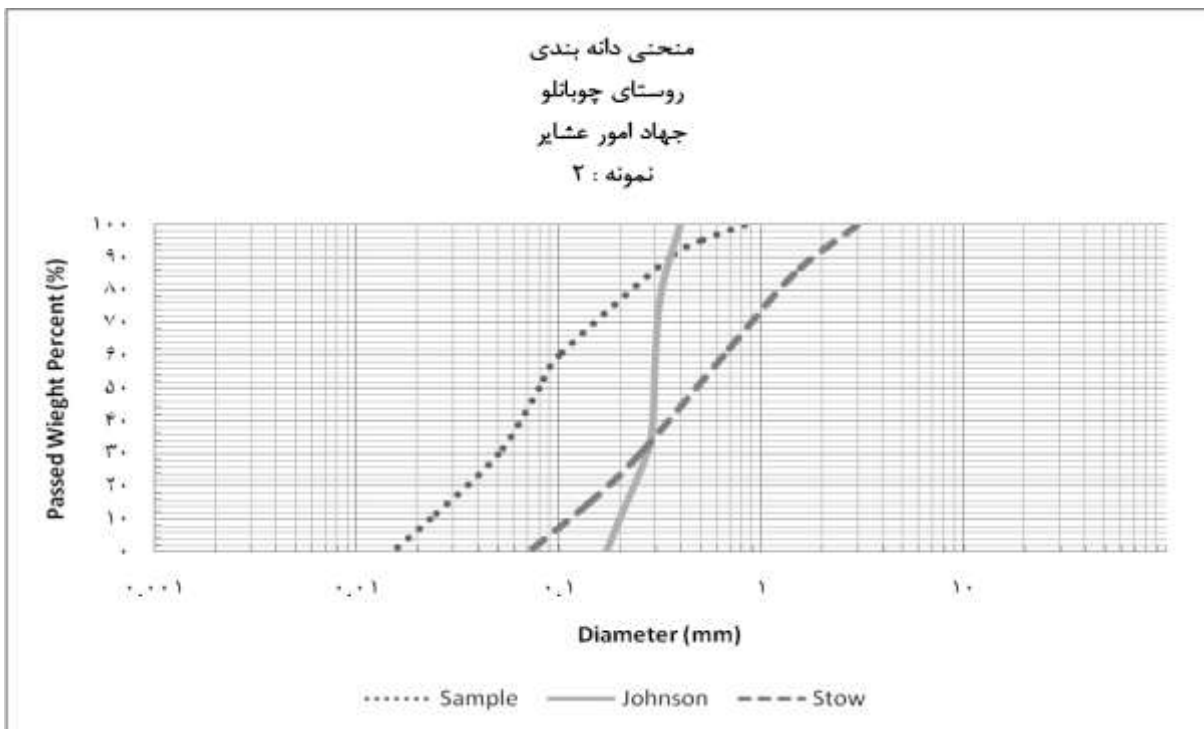
| ردیف | نام روستا       | نام مالک چاه | روش حفاری | d <sub>10</sub> (mm) | d <sub>30</sub> (mm) | d <sub>60</sub> (mm) | UC | اندازه گراول پک به روش جانسون (mm) |                 |                 |     | اندازه گراول پک به روش استو (mm) |      |                 |                 |                 |                   |
|------|-----------------|--------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----|----------------------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|      |                 |              |           |                      |                      |                      |    | ضریب                               | D <sub>30</sub> | D <sub>30</sub> | UC  | D <sub>10</sub> *                | ضریب | D <sub>15</sub> | D <sub>50</sub> | D <sub>85</sub> | D <sub>10</sub> * |
| 1    | داوود مهرجو     | قره قشلاق    | روتاری    | ۰                    | ۰،۰۱                 | ۰،۰۴                 | ۱۸ | ۸                                  | ۰               | ۰،۰۶            | ۲   | ۰،۰۳                             | ۵    | ۰،۰۱            | ۰،۰۹            | ۱،۵             | ۰،۰۰۹             |
| 2    | هوشنگ صفایی     | قره قشلاق    | روتاری    | ۰                    | ۰،۰۲                 | ۰،۱۷                 | ۴۲ | ۹                                  | ۰،۲             | ۰،۲۵            | ۲   | ۰،۱۳                             | ۵    | ۰،۰۳            | ۰،۴             | ۴،۲             | ۰،۰۲              |
| 3    | علی مختاری      | قره قشلاق    | ضربه ای   | ۰                    | ۰                    | ۰،۰۲                 | ۳۳ | ۹                                  | ۰               | ۰،۰۶            | ۲   | ۰،۰۳                             | ۵    | ۰،۰۱            | ۰،۰۵            | ۰،۷             | ۰،۰۳۲             |
| 4    | رمضان جباری     | یالغوز آغاج  | روتاری    | ۰                    | ۰                    | ۰،۰۲                 | ۲۰ | ۸                                  | ۰               | ۰،۰۴            | ۲   | ۰،۰۲                             | ۵    | ۰،۰۱            | ۰،۰۶            | ۰،۷             | ۰،۰۰۵             |
| 5    | ولی حسین زاده   | یالغوز آغاج  | روتاری    | ۰                    | ۰،۰۱                 | ۰،۱۶                 | ۸۰ | ۹                                  | ۰،۱             | ۰،۱۴            | ۲   | ۰،۰۷                             | ۵    | ۰،۰۱            | ۰،۲۵            | ۶               | ۰،۰۰۳             |
| 6    | ستار باقری      | کنگرو        | روتاری    | ۰،۰۸                 | ۰،۲۱                 | ۱،۵                  | ۱۸ | ۷                                  | ۱،۸             | ۲               | ۱،۱ | ۵                                | ۰،۰۵ | ۶               | ۲۰              | ۰،۴             |                   |
| 7    | عباس فتحی       | کنگرو        | روتاری    | ۰،۰۲                 | ۰،۰۴                 | ۰،۱۸                 | ۱۰ | ۶                                  | ۰،۲             | ۰،۴۲            | ۲   | ۰،۱۸                             | ۵    | ۰،۱             | ۰،۶             | ۵،۵             | ۰،۰۸۲             |
| 8    | ابراهیم فرشاد   | یوشاتلو      | روتاری    | ۰،۰۱                 | ۰،۰۲                 | ۰،۱۱                 | ۱۲ | ۷                                  | ۰،۲             | ۰،۲۲            | ۲   | ۰،۱۲                             | ۵    | ۰،۰۵            | ۰،۳             | ۱،۵             | ۰،۰۴۲             |
| 9    | مرزبان          | یوشاتلو      | روتاری    | ۰،۱۲                 | ۰،۲                  | ۰،۵                  | ۵  | ۶                                  | ۱،۲             | ۱،۹             | ۲   | ۰،۸                              | ۵    | ۰،۷             | ۲               | ۷               | ۰،۶               |
| 10   | کارخانه آجر     | چوبتلو       | روتاری    | ۰،۰۴                 | ۰،۰۸                 | ۰،۱۲                 | ۳  | ۶                                  | ۰،۵             | ۰،۷             | ۲   | ۰،۴                              | ۵    | ۰،۳۵            | ۱،۳             | ۰،۲۲            |                   |
| 11   | جهاد امور عشایر | چوبتلو       | روتاری    | ۰،۰۴                 | ۰،۰۸                 | ۰،۱۶                 | ۴  | ۶                                  | ۰،۶             | ۰،۸۵            | ۲   | ۰،۴۷                             | ۵    | ۰،۴             | ۰،۷۵            | ۱،۶             | ۰،۳۷              |
| 12   | جهاد امور عشایر | چوبتلو       | روتاری    | ۰،۰۲                 | ۰،۱                  | ۰،۱۸                 | ۹  | ۶                                  | ۰،۶             | ۱،۱             | ۳   | ۰،۴                              | ۵    | ۰،۲             | ۰،۷             | ۲               | ۰،۱۵              |
| 13   | جهاد امور عشایر | چوبتلو       | روتاری    | ۰،۰۲                 | ۰،۰۵                 | ۰،۱                  | ۵  | ۶                                  | ۰،۳             | ۰،۳             | ۲   | ۰،۲                              | ۵    | ۰،۱۵            | ۰،۵             | ۱،۵             | ۰،۱۱              |
| 14   | جهاد امور عشایر | چوبتلو       | روتاری    | ۰،۰۳                 | ۰،۰۹                 | ۰،۱۴                 | ۶  | ۶                                  | ۰،۴             | ۰،۴۶            | ۲   | ۰،۳۳                             | ۵    | ۰،۲             | ۰،۶             | ۱،۸             | ۰،۱               |

روش های متعددی جهت بررسی این تناسب به منظور آبدهی خوب چاه و جلوگیری از ماسه دهی چاه وجود دارد. بر اساس روش جانسون  $d_{30}$  رسوبات آبخوان را به عدد ۴ الی ۹ ضرب میکنند. در حالتیکه رسوبات آبخوان دانه ریز و شدیداً غیر یکنواخت باشد از ضریب ۶ الی ۹ استفاده می کنیم و به این صورت اولین نکته منحنی گراول به دست می آید. منحنی گراول پک باید دارای ضریب یکنواختی  $2 \leq 5$  و یا کمتر از آن باشد تا ده درصد دانه ها گراول بتواند از شبکه لوله مشبک (اسکرین) عبور کرده وارد چاه شوند. ویر این اساس می توان اندازه شبکه لوله مشبک را تعیین کرد. با مشخص کردن  $D_{60}$  و  $D_{10}$  گراول پک، منافذ لازم برای عبور ده درصد دانه ها نیز معین می گردد. جدول (۵ - ۲) اندازه  $D_{60}$  و  $D_{10}$  و  $d_{10}$  گراول پک لازم برای چاههای مختلف و اندازه منافذ شبکه لوله مشبک را نشان می دهد. بنا به این جدول لوله های مشبک با منافذ بزرگتر را در چاه آقای ستار باقری واقع در روستای کنگرلو به قطر  $11 \times 1$  میلی متر و شبکه های با منافذ کوچکتر  $0.2 \times 0$  میلی متر برای چاه آقای رمضان جباری در روستای کنگرلو می باشد. علاوه بر روش جانسون، در رسوبات دانه ریز و غیر یکنواخت از روشهای استو (Stow) و آلن - هازن (Allen-Hazen) می توان برای محاسبه اندازه منافذ شبکه لوله مشبک و یا اسکرین نیز می توان استفاده نمود. در روش استو برای تعیین منحنی گراول  $d_{15}$ ,  $d_{86}$ ,  $d_{50}$  رسوبات آبخوان هر کدام به عدد ۵ ضرب و بدین وسیله  $D_{85}$ ،  $D_{50}$  و  $D_{15}$  گراول پک به دست می آید  $D_{15} < 5D_{85}$  (گراول پک کوچکتر از ۵ برابر  $d_{85}$  رسوب چاه) باشد، در این صورت می توان از گراول پک با چنین مشخصات استفاده کرد ( $D_{10}$ ) گراول پکی که به این صورت به دست می آید، خیلی ریز تر است. اشکال ۵- ۱ تا ۵ - ۱۴ منحنیهای گراول پک چاهها را به روش جانسون و استو نشان می دهد. مشخصات گراول پکی که در چاههای بهره برداری منطقه به کار برده می شود، با آنچه که به این صورت بدست می آید، متفاوت است. اشکال ۵ - ۱۵ تا ۵ - ۱۷ منحنی دانه بندی نمونه هایی از گراول پک را نشان می دهد، که اکثراً جهت گراول پک چاههای منطقه به کار برده می شود. در اکثر چاهها رسوبات دانه ریز خیلی راحت از خلال گراول پک عبور کرده و باعث ماسه دهی چاه میشود. از چاههای امور عشایر سلماس چاه شماره ۲ بهترین نمونه از این گونه چاهها می توان مثال آورد که در شکل شماره ۴ - ۲ ماسه دهی چاه مشخص است. در منطقه مطالعاتی برای مشخص کردن ابعاد گراول پک و منافذ لوله های مشبک پیشنهاد می گردد از روش جانسون استفاده شود. چرا که این روش به جهت سادگی محاسبه، امکانات و تولیدات آن (لوله های از نوع جانسون) و تهیه اش راحت تر می باشد. علت استفاده از گراول پک غیر استاندارد در چاههای آب منطقه را شاید بدین گونه بتوان تعبیر و تفسیر کرد، که اولاً "مالک چاه از مسائل فنی چاه (گراول و ...) معمولاً اطلاع کامل ندارد، در ثانی عوامل حفاری بعضی از شرکت های حفار (حفار چاه و سایر پرسنل) نیز به جهت بی تفاوتی و یا عدم آگاهی کامل و کافی در ارتباط با مسائل هیدرودینامیکی و هیدرولیکی چاه (به جهت عدم حضور مهندس مسئول فنی) ناآگاهانه گراول پک در هر اندازه را به درون چاه تغذیه می کنند. حتی گاهی مشاهده شده که از شن شکسته به عنوان گراول پک در چاههای آب منطقه استفاده کرده اند.

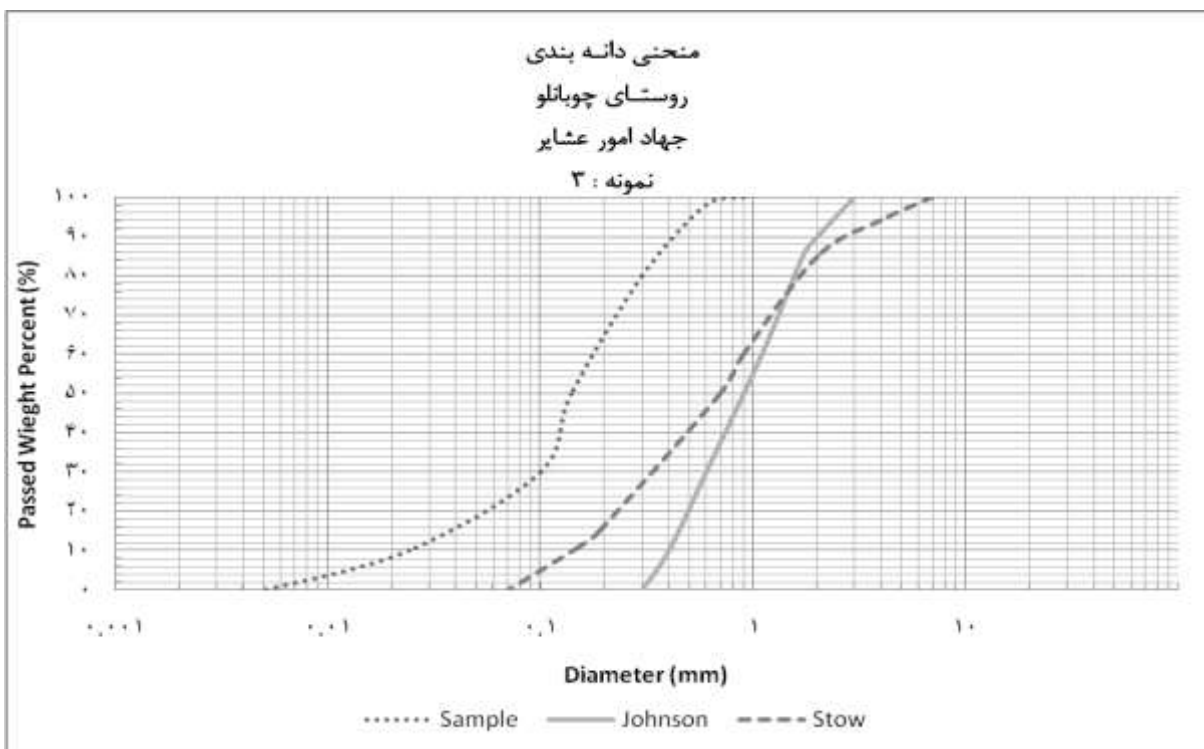
در بررسیهای صحرایی برای بنا به پرس و جو های محلی از مالکین چاه مشخص گردید که در بعضی از چاهها ناشی از ورود ذرات دانه ریز به درون چاه، باعث پر شدن آن و کاهش عمق مفید چاه شده است. در این شرایط مالکان چاهها جهت برداشت آب بیشتر، ناآگاهانه دستگاه پمپ را بالا آورده و گاهاً "مقابل لوله مشبک مستقر کرده اند که این کار باعث بدتر شدن وضعیت ماسه دهی چاه شده است (چاه عباس مرزبان - اراضی روستای کنگرلو).



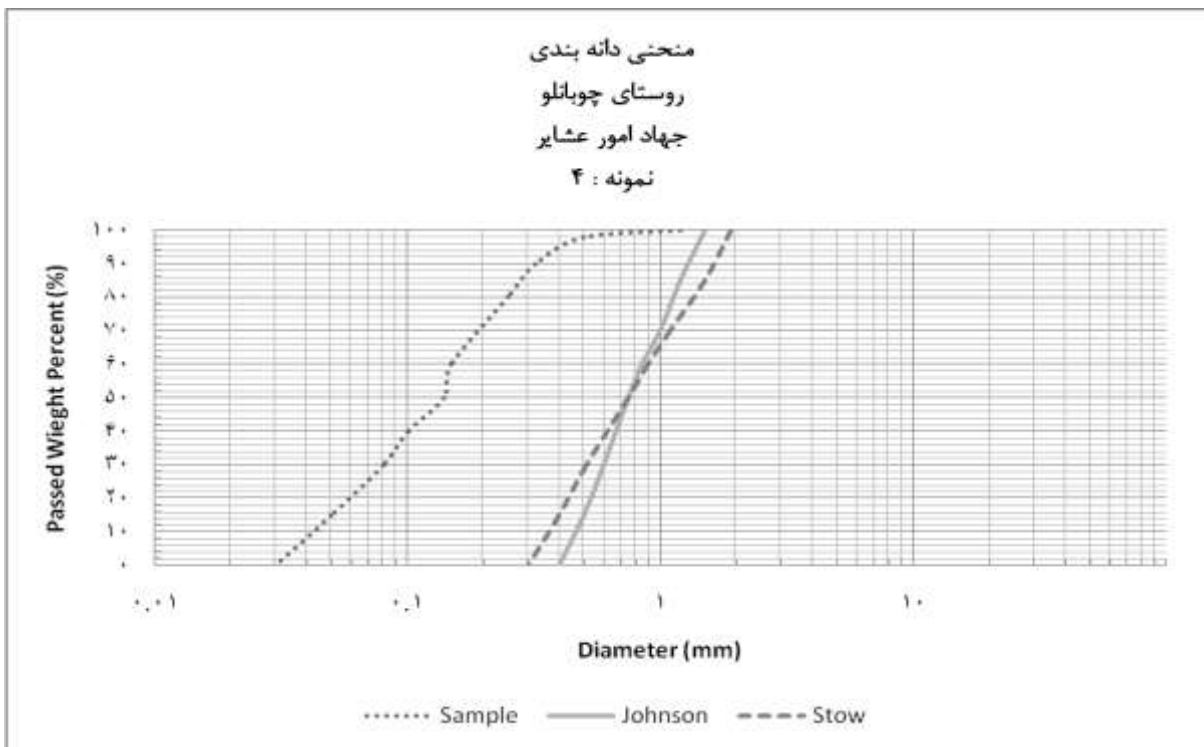
شکل ۵ - ۱: منحنی دانه بندی



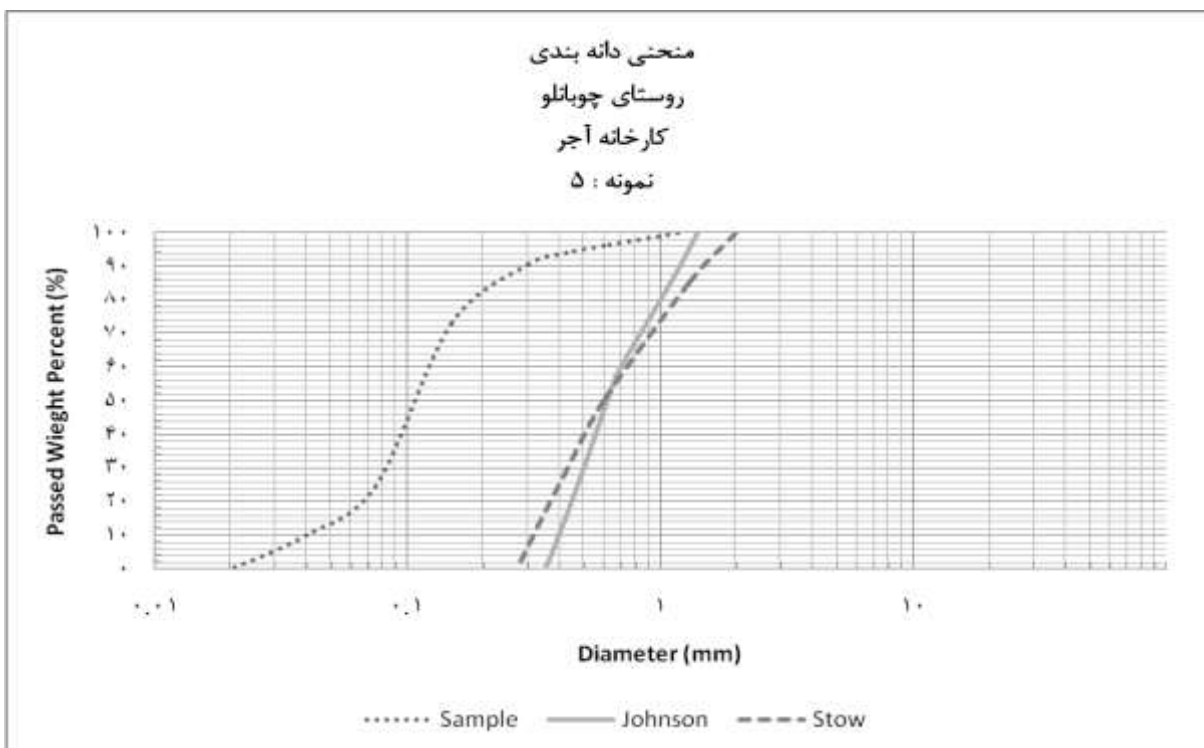
شکل ۵ - ۲: منحنی دانه بندی



شکل ۵ - ۳: منحنی دانه بندی

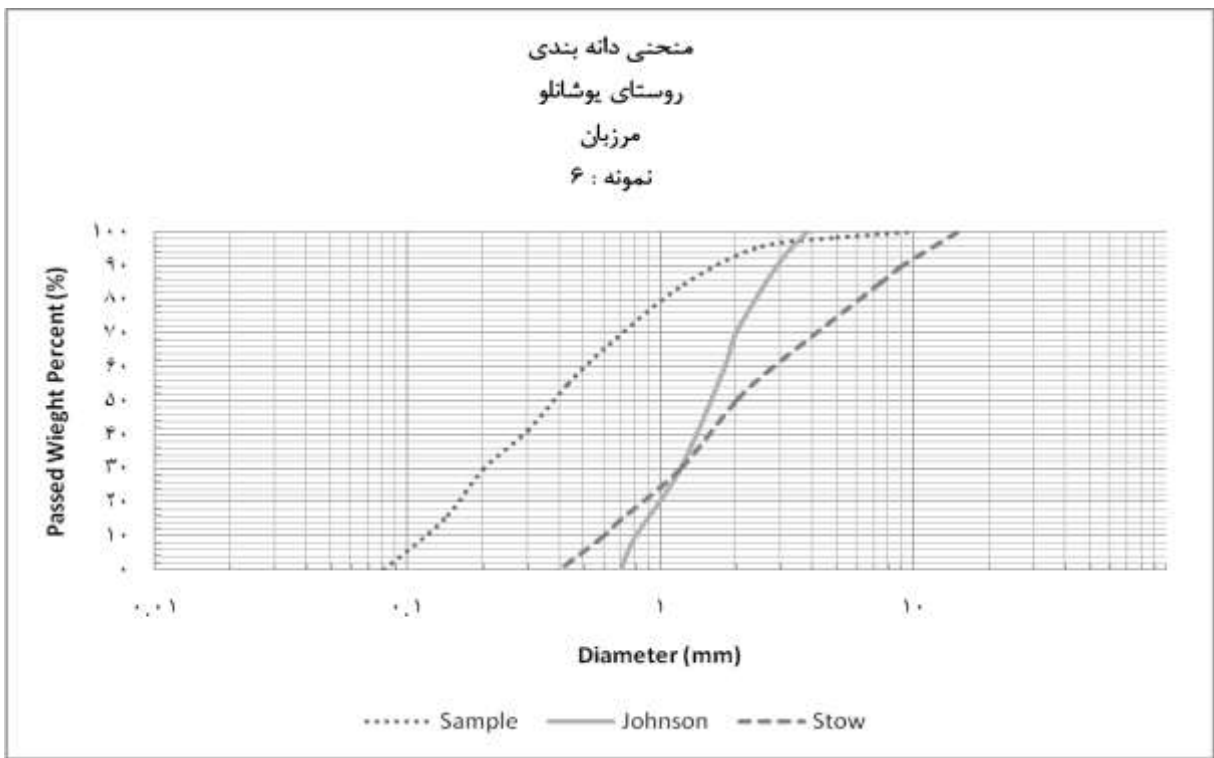


شکل ۵ - ۴: منحنی دانه بندی

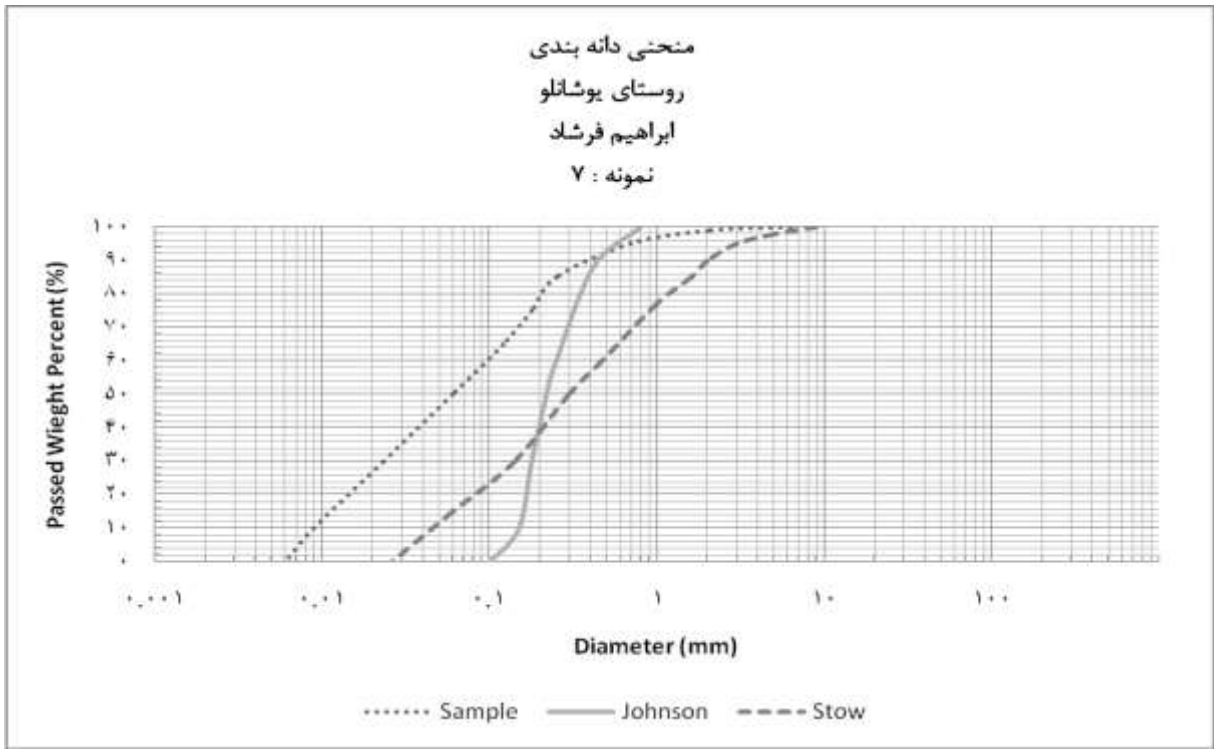


شکل ۵ - ۵: منحنی دانه بندی

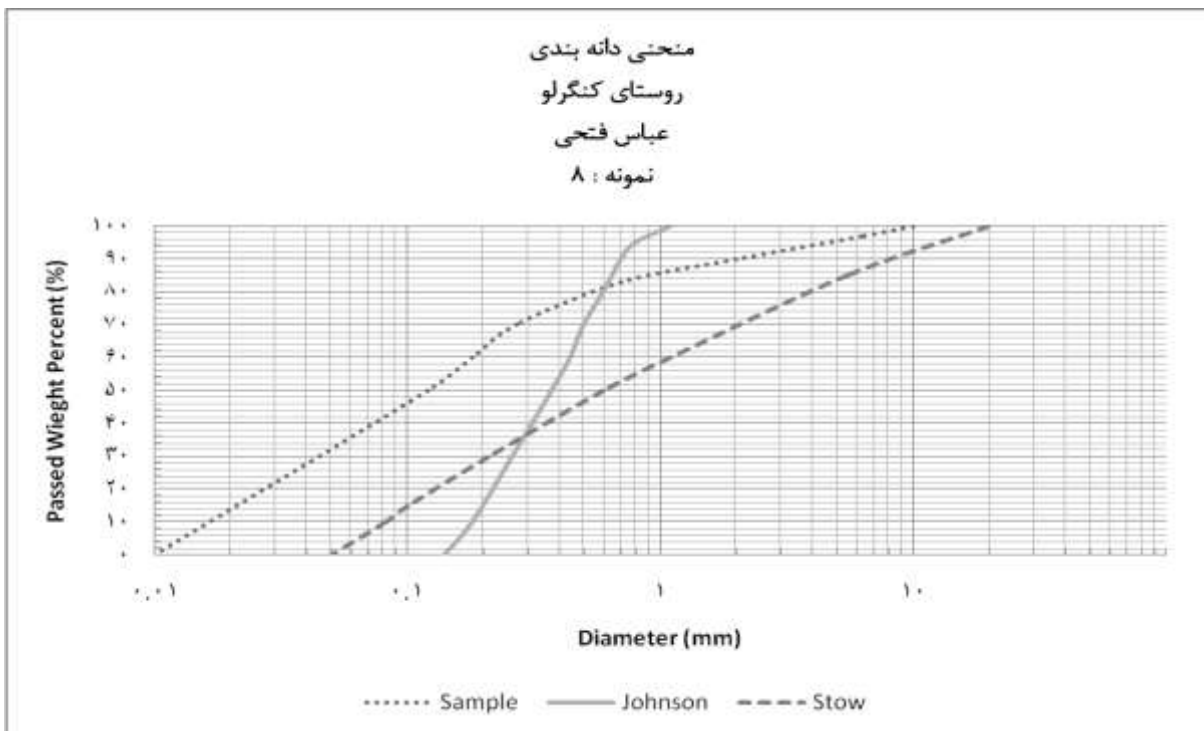




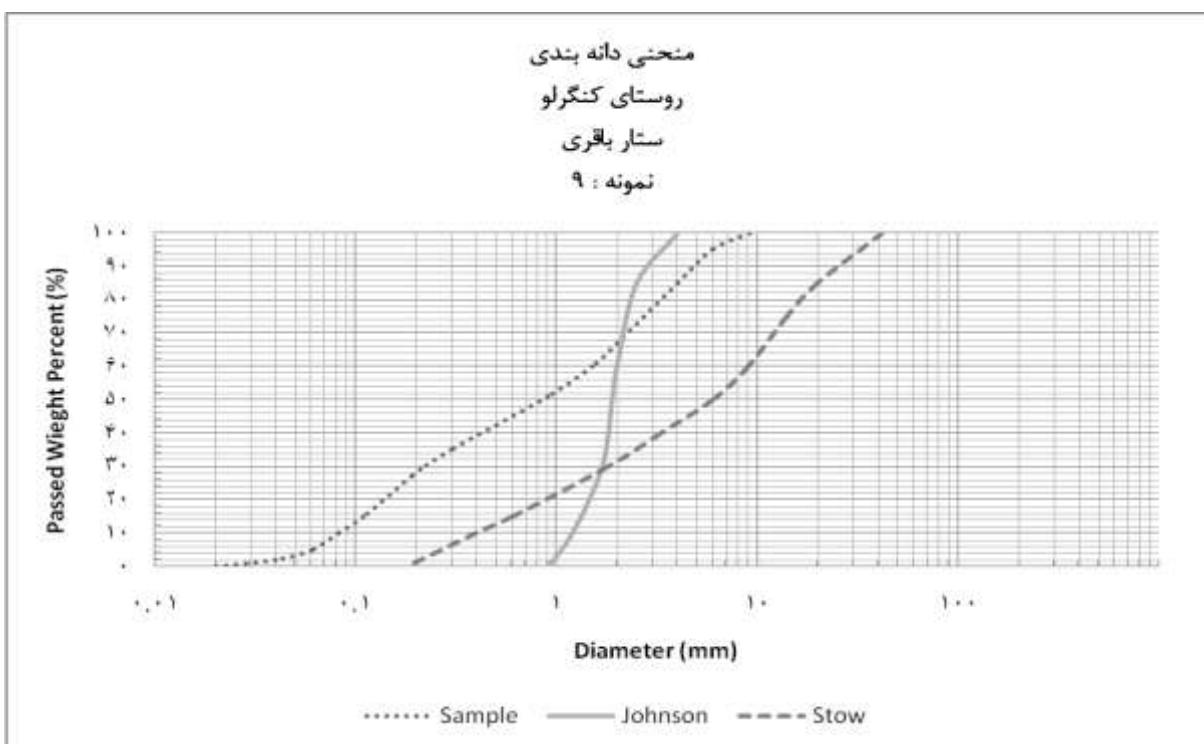
شکل ۵-۶: منحنی دانه بندی



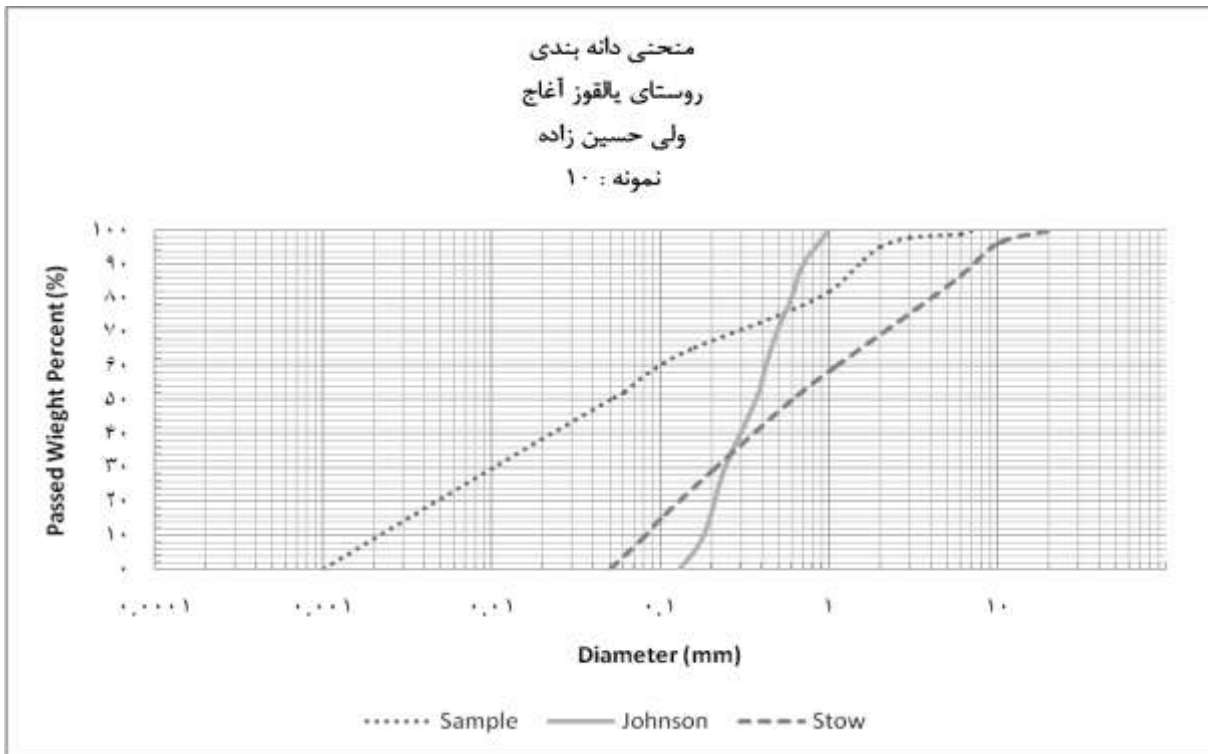
شکل ۵-۷: منحنی دانه بندی



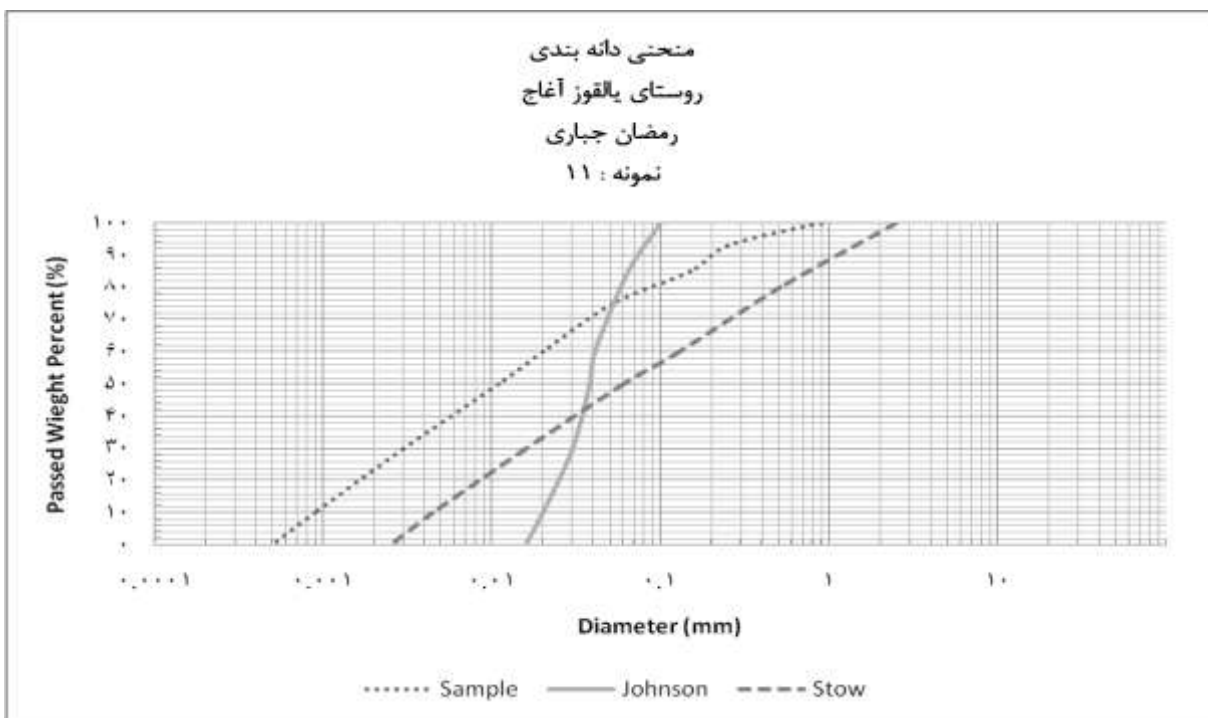
شکل ۵ - ۸ : منحنی دانه بندی



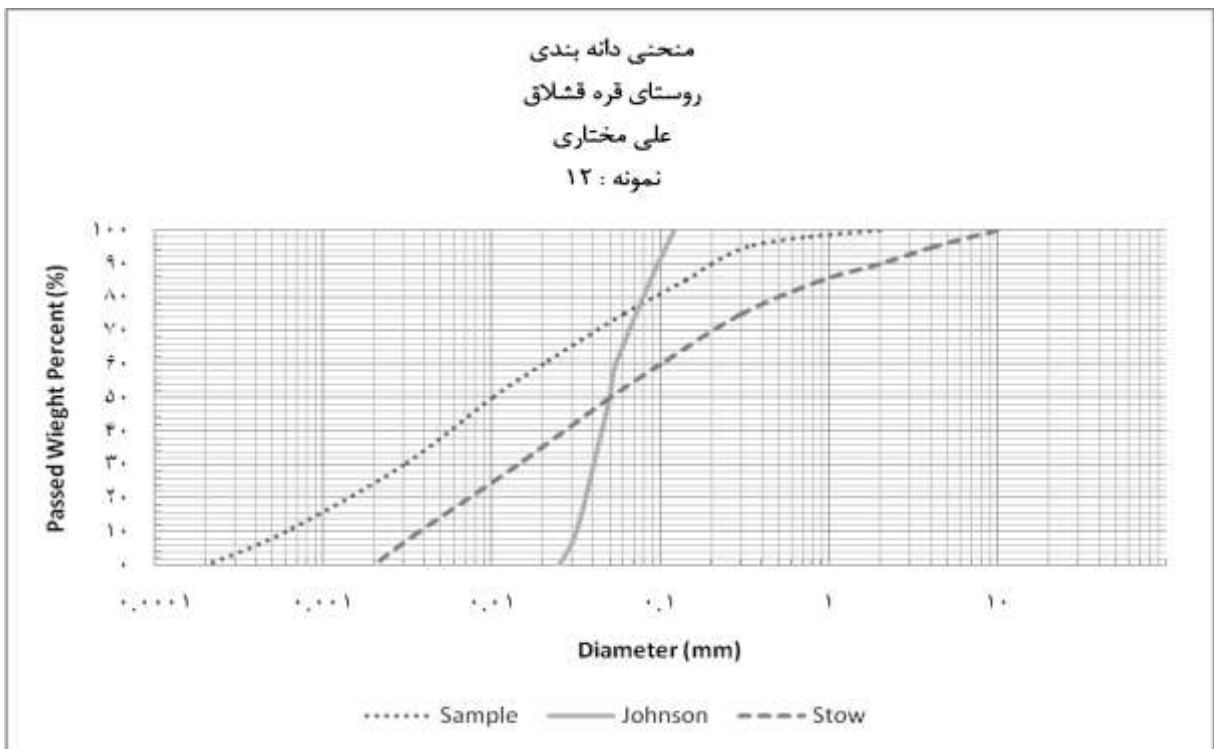
شکل ۵ - ۹ : منحنی دانه بندی



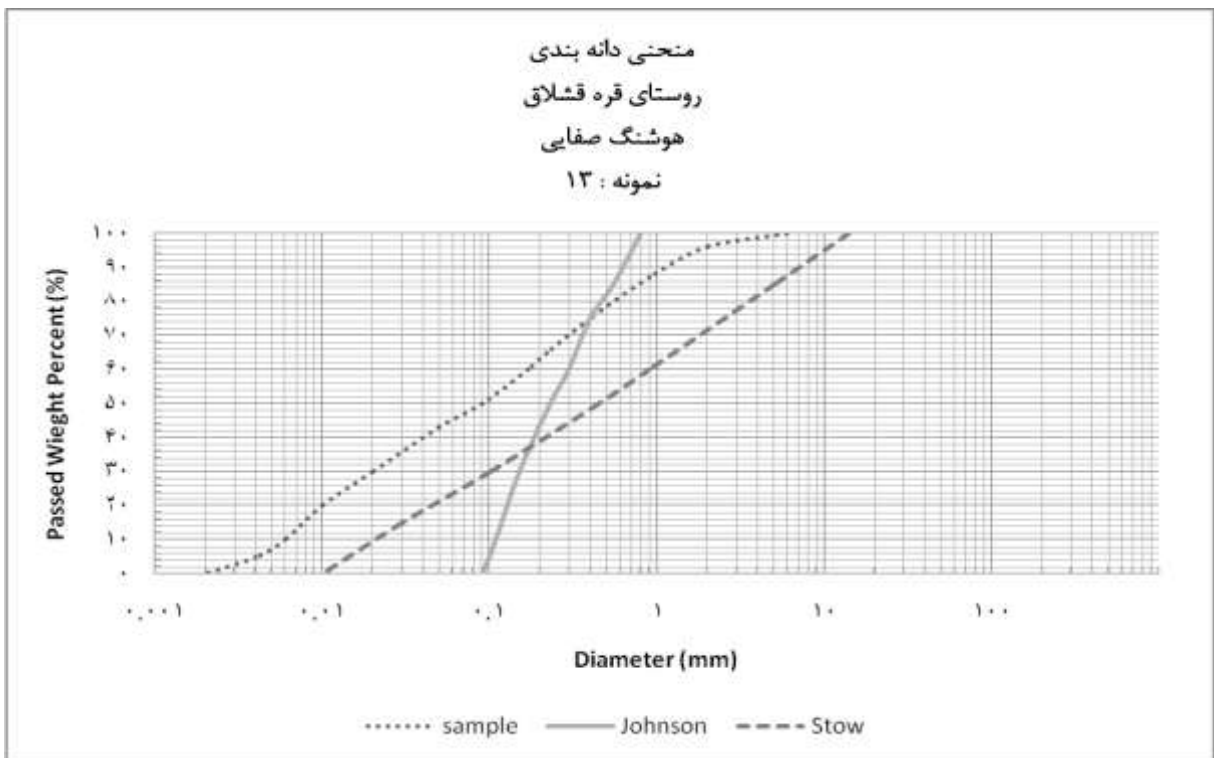
شکل ۵- ۱۰: منحنی دانه بندی



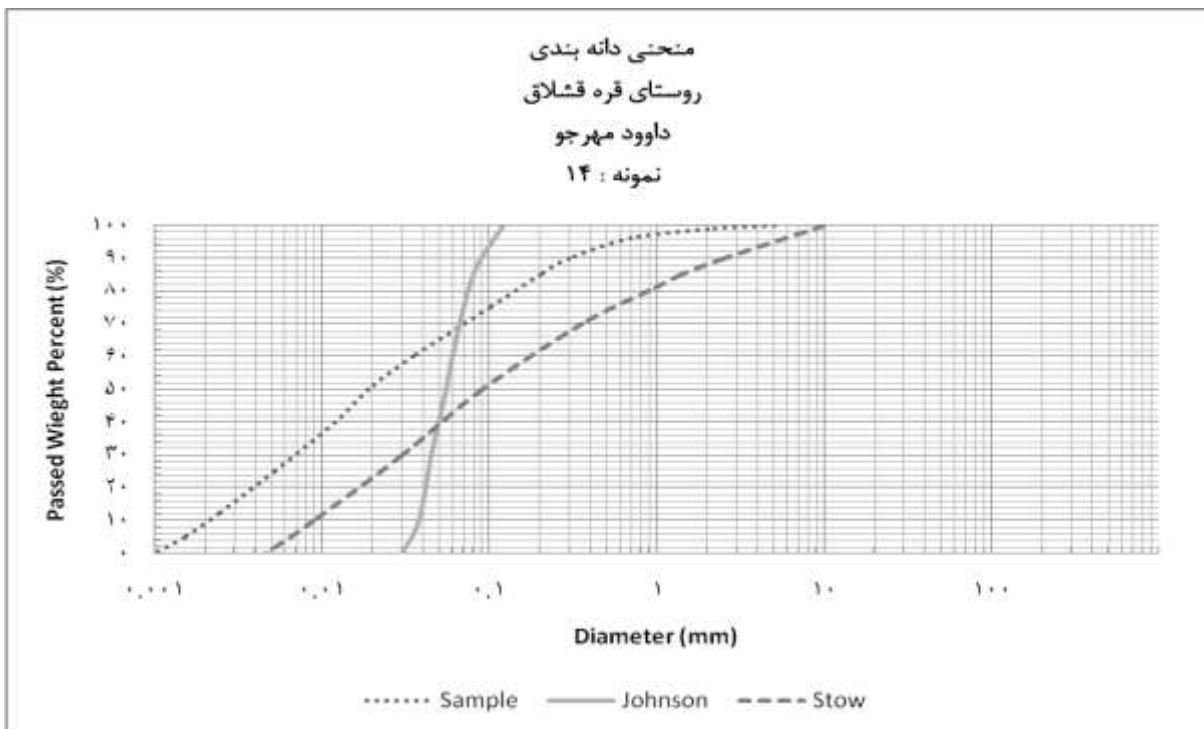
شکل ۵- ۱۱: منحنی دانه بندی



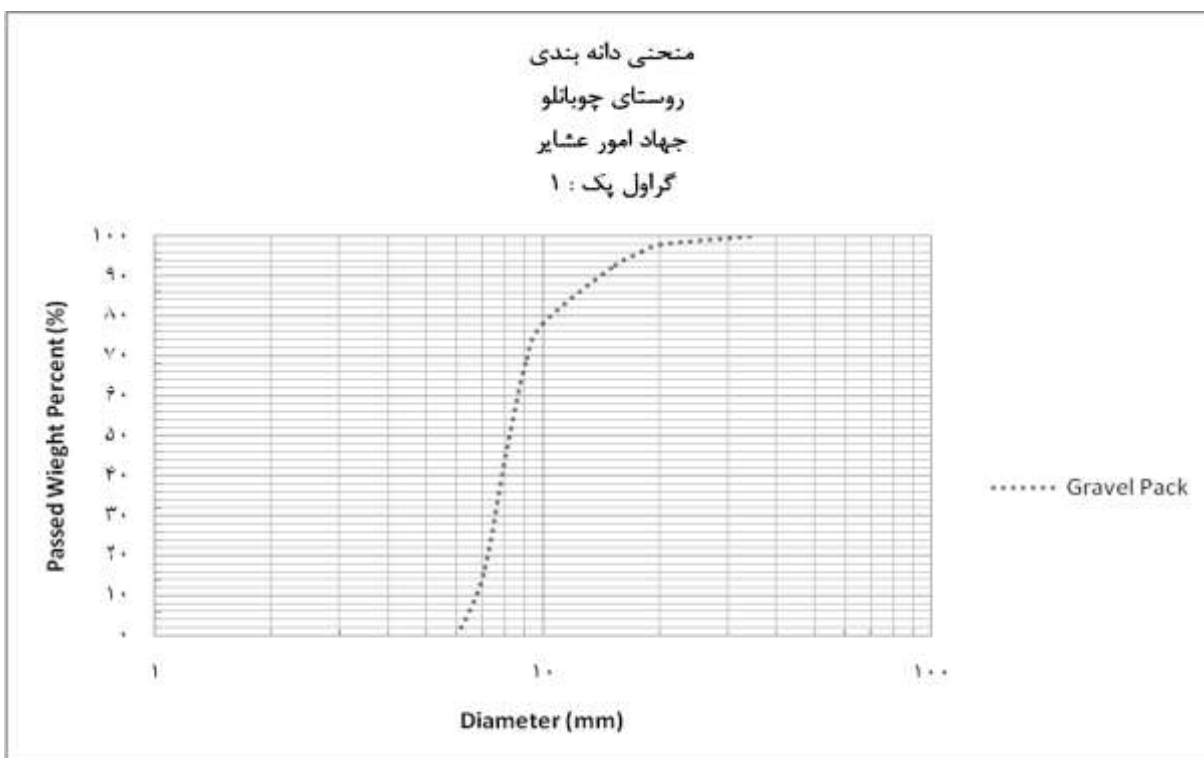
شکل ۵- ۱۲: منحنی دانه بندی



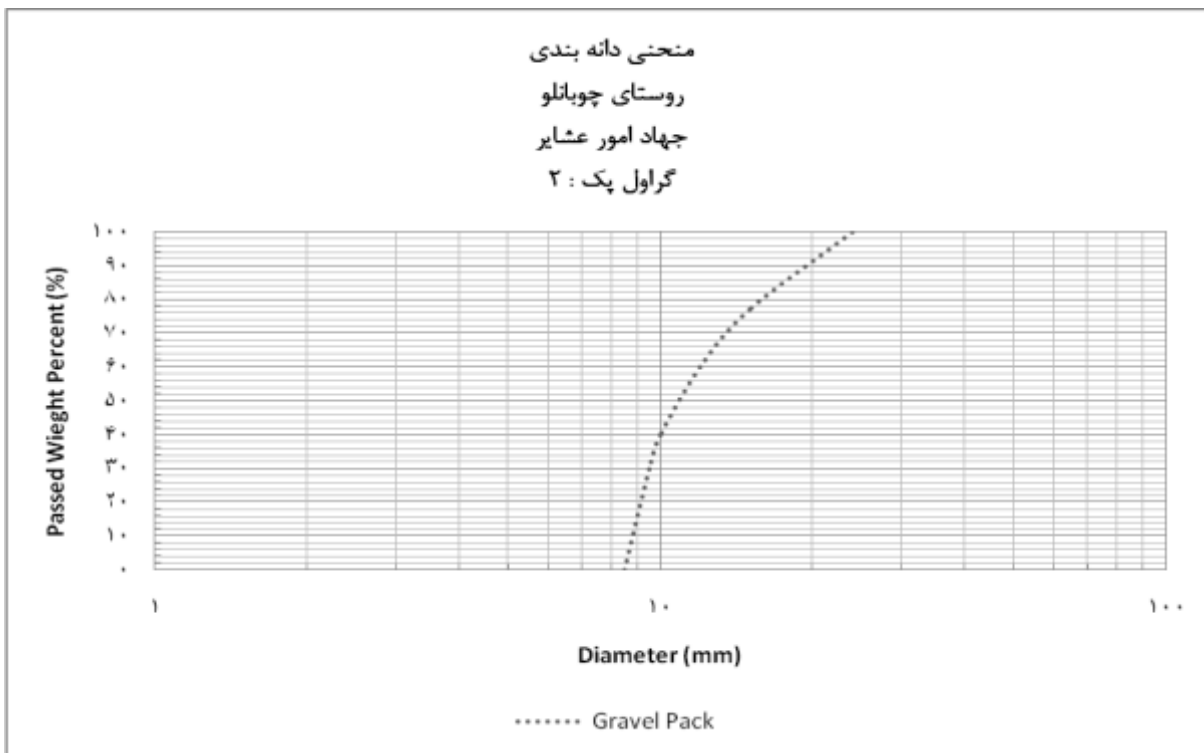
شکل ۵- ۱۳: منحنی دانه بندی



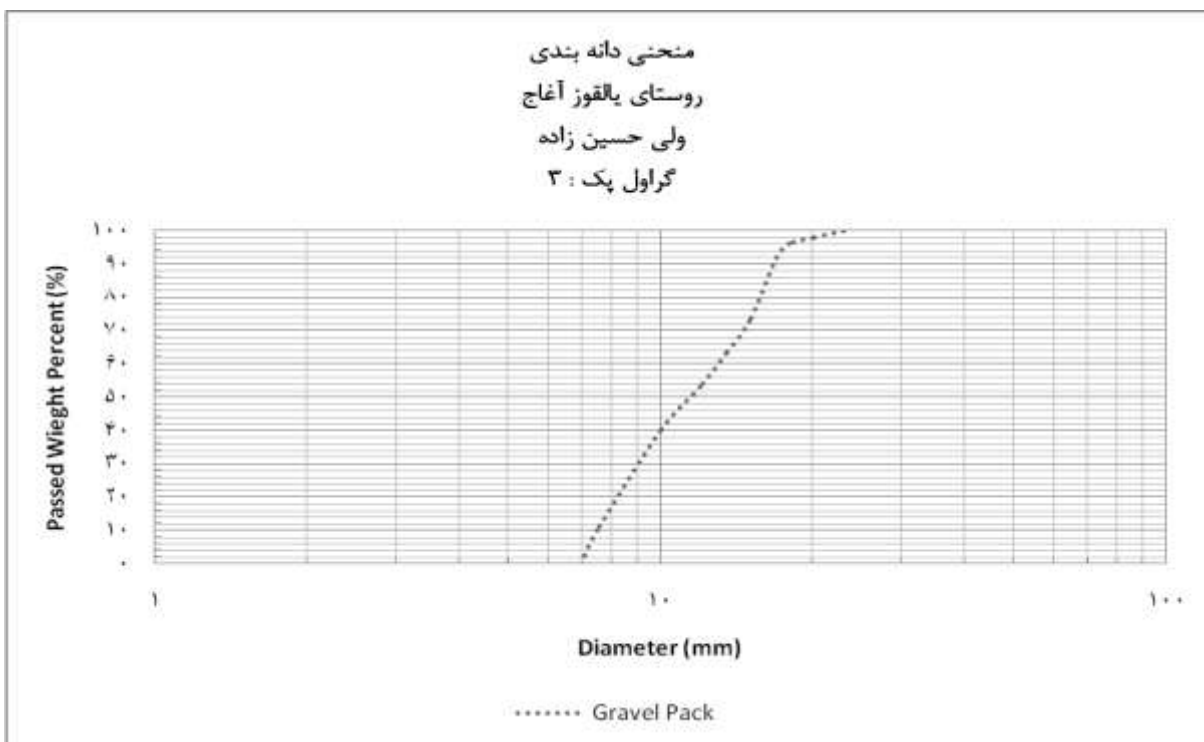
شکل ۵- ۱۴: منحنی دانه بندی



شکل ۵ - ۱۵: منحنی دانه بندی گراول پک استفاده شده در چاهها



شکل ۵- ۱۶: منحنی دانه بندی گراول پک استفاده شده در چاهها



شکل ۵- ۱۷: منحنی دانه بندی گراول پک استفاده شده در چاهها

## ۲-۵- نقش خصوصیات شیمیایی و میکروبی آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی

خوردگی شیمیایی شبکه لوله جدار و دیگر متعلقات پمپ در یک چاه از جمله عواملی است که باعث گشاد شدن شیار های لوله مشبک و ماسه دهی چاهها می گردد. خوردگی شبکه های لوله جدار در حضور دی اکسید کربن، اکسیژن، سولفید هیدروژن و بالا بودن غلظت عناصر شیمیایی در آب تسریع می شود. مواد جامد محلول در آب زیر زمینی هدایت الکتریکی آنرا افزایش می دهد و بالا بودن هدایت الکتریکی آب خود عامل اصلی در افزایش سرعت خوردگی است. برای جلوگیری از خوردگی چاهها ی آب از مواد مقاوم به خوردگی نظیر فولاد ضد زنگ، مواد پلاستیکی و پوششهای محافظتی و از روش حفاظت کاتدی می توان استفاده کرد. از میان این روشها حفاظت کاتدی از نظر اجرا و نگهداری گران و کنترل آن مشکل است. در مقابل، ارزان ترین و مناسبترین روش برای جلوگیری از خوردگی در چاههای آب استفاده از لوله های جدار پی وی سی می باشد. برای بررسی وضعیت خوردگی شیمیایی و پوسته گذاری در چاههای آب محدوده مطالعاتی از نتایج آنالیز شیمیایی چاههای امور عشایر استان آذربایجان غربی، کارخانه آجر و چاه مرزبان استفاده شده است. همانطور که در شکل (۴ - ۱) مشاهده می شود در لوله های جدار مشبک بیرون آورده شده از چاه مرزبان، ناشی از عوامل شیمیایی بر روی سطح جدار چاه، پوسته گذاری مشاهده می شود.

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی آب چاه ها و با استفاده از روابط رایزنر (ryzner) و ضریب اشباعیت لانژلیه (langelier) وضعیت خوردگی آب زیرزمینی لایه های آبدار مورد مطالعه قرار گرفته است. بطوریکه در جدول (۵ - ۳) مشاهده می شود میزان PH آب چاهها اکثر "بالای ۷ و قلیایی می باشند. بیشتر نمونه ها دارای ضریب رایزنر  $4 \square 5$  الی  $68 \square 7$  بوده که حالت متعادل را شامل می شود. بنا به ضریب اشباعیت لانژلیه محاسبه شده، به جز یک نمونه اکثر آب ها بطرف وضعیت پوسته بستن را دارند. این مورد در چاه مرزبان بطور آشکار مشاهده می شود که بر روی سطح لوله جدار چاه پوسته گذاری شده است (شکل ۴ - ۱).

## ۳-۵- افت سطح آب زیرزمینی

از دیگر پارامتر های هیدرولیکی مؤثر در پدیده ی ماسه دهی چاهها، آب کشی بیش از حد مجاز سفره های آب زیرزمینی (چاهها) می باشد. برداشت آب زیاد از چاه باعث افت سطح آب در چاه و به تبع آن در آبخوان خواهد بود. در شرایط بهره برداری بیش از حد مجاز از سفره های آب زیرزمینی و چاه ها، سطح آب در چاه خیلی زیاد افت می کند ایجاد می کند. ناشی از افت زیاد، اختلاف ارتفاع فاحشی مابین سطح آب زیر زمینی لایه آبدار و سطح آب درون چاه حاصل می شود. این مورد نیز باعث افزایش گرادیان هیدرولیکی در مخروط افت چاه و آشفتهگی در محیط جریان آب و به موازات آن سرعت جریان آب از لایه آبدار به درون چاه می گردد. در این شرایط بحرانی هیدرولیکی، ذرات ریز دانه به طرف چاه حرکت کرده و پدیده ماسه دهی در چاه آغاز می گردد.

جدول ۵-۳: نتایج آنالیز شیمیایی و محاسبه اشباعیت و پایداری آبهای زیرزمینی منطقه مطالعاتی

| ردیف | نام مالک چاه | محل چاه             | تاریخ آنالیز | I <sub>s</sub> | I <sub>r</sub> | PH <sub>s</sub> | TH (Caco3) | TDS (Mg/L) | EC (Uc/Cm) | PH  | آنیون کاتیون های اصلی میلی اکی والان بر لیتر (Meq/L) |       |      |       |               |                 |       |                  |
|------|--------------|---------------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|------------|------------|------------|-----|--|-------|------|-------|---------------|-----------------|-------|------------------|
|      |              |                     |              |                |                |                 |            |            |            |     | K  | Na    | Mg   | Cu    | جمع کاتیون ها | SO <sub>4</sub> | CL    | HCO <sub>3</sub> |
| ۱    | عیط زیست     | یوشانلو             | ۸۷/۳/۲۲      | -۰,۵۳          | ۸,۱۶           | ۷,۶۳            | ۱۹۰        | ۴۳۱        | ۶۴۸        | ۷,۱ | ۰,۲۴   | ۲,۹۵  | ۱,۸  | ۶,۹۹  | ۰,۹۲          | ۰,۹             | □□۵,۱ | ۶,۹۲             |
| ۲    | ملکی         | یوشانلو             | ۸۷/۳/۲۲      | ۰,۳۸           | ۷,۴۴           | ۷,۸۲            | ۱۵۰        | ۴۱۷        | ۶۴۱        | ۸,۲ | ۰,۱۳   | ۳,۷   | ۱,۷  | ۶,۸۳  | ۱,۲۸          | ۱,۱             | ۴,۷   | ۷,۰۸             |
| ۳    | مرزبان       | یوشانلو             | ۸۷/۳/۲۲      | ۱,۲۲           | ۵,۹۶           | ۷,۱۸            | ۵۴۵        | ۲۱۸۴       | ۴۳۶۰       | ۸,۴ | ۰,۳۳   | ۲۲,۷۵ | ۴,۶  | ۳۳,۶۸ | ۵,۸           | ۲۳,۷            | ۴,۵   | ۳۴               |
| ۴    | کارخانه آجر  | کنگرلو              | ۸۸/۴/۳۰      | ۱,۳            | ۵,۶            | ۶,۹             | ۱۰۲۵       | ۳۵۸۲       | ۵۵۱۰       | ۸,۲ | ۰,۴  | ۳۷,۵  | ۸,۳  | ۵۸,۴  | ۱۴            | ۴۰,۲            | ۳,۹   | ۵۸,۱             |
| ۵    | اداره عشایر  | چوئانلو             | ۸۸/۴/۳۰      | ۱,۰۸           | ۶,۶۴           | ۷,۷۲            | ۱۶۵        | ۳۵۰        | ۵۳۹        | ۸,۸ | ۰,۱۴   | ۲,۹۵  | ۱,۸  | ۶,۳۹  | ۱             | ۰,۸             | ۴,۹   | ۶,۷              |
| ۶    | اداره عشایر  | چوئانلو             | ۸۸/۴/۳۰      | ۰,۹۲           | ۶,۸۶           | ۷,۷۸            | ۱۴۵        | ۳۶۷        | ۵۶۵        | ۸,۷ | ۰,۱۹   | ۳,۳   | ۱,۸  | ۶,۳۹  | ۰,۴۵          | ۱               | ۵,۱   | ۶,۵۵             |
| ۷    | مرزبان       | ارومیه - تپه        |              | ۱,۶۸           | ۵,۲۴           | ۶,۹۲            | ۱۱۰۰       | ۳۰۶۸       | ۴۷۲۰       | ۸,۶ | ۰,۳۴   | ۲۸,۳  | ۹    | ۵۰,۶۴ | ۱۴,۴          | ۳۲,۲            | ۳,۸   | ۵۰,۴             |
| ۸    | عشایر        | جاده ارومیه - تبریز | ۸۸/۶/۲۱      | ۱              | ۷,۲            | ۷,۷             | ۹۰۵        | ۹۲۰        | ۱۳۰۰       | ۹,۲ | ۰,۲۴   | ۹,۴   | ۲,۲۵ | ۱۳,۷۴ | ۰,۷           | ۷,۷             | ۵,۳   | ۱۳,۷             |
| ۹    | عشایر        |                     | ۸۸/۱۱/۶      | ۰,۳۲           | ۷,۶۸           | ۷,۸۴            | ۱۶۰        | ۷۲۲        | ۱۰۲۰       | ۸   | ۱,۶  | ۱,۴۵  | ۱,۷۵ | ۱۰,۲  | ۵,۵           | ۱,۱             | ۳,۶   |                  |



این امر بویژه در چاههای حفر شده در زمینهای ریز دانه و با نفوذ پذیری کم، ناشی از برداشت بی رویه و بیش از حد مجاز آب از چاه مشاهده می شود (شکل ۱ - ۱۳).

برای تعیین و بررسی ضرایب هیدرودینامیکی چاههای منطقه و مطالعه ارتباط ما بین ضرایب هیدرودینامیکی با پدیده ماسه دهی چاه های منطقه، داده ها و اطلاعات حاصله از نتایج آزمایش پمپاژ چاه ها از امور آب سلماس دریافت گردید. با تطبیق بررسی های مستقیم صحرایی، لاگ زمین شناسی چاه های اکتشافی منطقه و نتایج آزمایش پمپاژ چاه ها مشخص گردید، در چاه هایی که افت بیش از حد و رسوبات لایه آبدار ریز دانه است، این چاه ها دارای پدیده ماسه دهی می باشند. جدول (۱-۱) نشانگر این ارتباط است. از میان این چاه ها می توان به چاه های قربانعلی حسنلو، ملکی، جهاد امور عشایر استان آذربایجان غربی و عباس مرزبان واقع در اراضی روستای چوپانلو اشاره کرد. مقادیر افت به ترتیب در آنها ۱۲۰ متر، ۱۱۷ متر، ۱۱۰ متر و ۶۰ متر می باشد. نهایتاً از جمله عوامل موثر در مشکل ماسه دهی چاه ها در کنار افت شدید سطح ایستابی به ریز دانه بودن رسوبات سفره و پایین بودن مقادیر ضریب قابلیت انتقال سفره (T) نیز می توان اشاره کرد. بنا به نقشه های ارائه شده از طرف مهندسین مشاور هیدروپروجکت در کل ضریب قابلیت انتقال سفره (T) در دشت سلماس از غرب به طرف شرق و سواحل دریاچه ارومیه کاهش پیدا می کند.

#### ۵-۴ - نفوذ آب شور آبراهه های حوضه آبریز منطقه

همانطور که در بخش زمین شناسی توضیح داده شد، بخش شمال و شمال شرقی محدوده مطالعاتی توسط سازند زمین شناسی واحد Mg و Urf متشکل از تناوب ماسه سنگ، رس قرمز و مارن با میان لایه های ژیبسی احاطه شده است. این سازند ها از لحاظ انواع رسوبات تبخیری نمکی غنی بوده و طی فرآیند های هوازدگی و انحلالی، این املاح نمکی باعث شوری آب های سطحی آبراهه های حوضه آبریز منطقه و آبهای زیر زمینی می شوند.

همانطور که در شکل های ( ۵ - ۱ و ۵ - ۱۸ ) دیده می شود لکه های سفید رنگ، نشانه ته نشینی املاح نمکی در طول بستر جریان آبراهه ها است. در دوره های تر، با نفوذ روان آب های سطحی این آبراهه ها به عمق و لایه های آبدار باعث افزایش شوری و غلظت املاح نمکی آبهای زیر زمینی می شوند. این پدیده در چاه های بخش انتهای دشت چوپانلو مشاهده می گردد. در جدول ( ۵ - ۳ ) که آنالیز شیمیایی چاه های محدوده مطالعاتی را نشان میدهد، میزان یون  $SO_4$  در چاه های مرزبان و جهاد امور عشایر به ترتیب ۱۴/۴ و ۵/۵ میلی اکی والان بر لیتر است که نشانگر تاثیر سازند های مارنی و ژیبسی در آبهای زیرزمینی است. به غیر از سازند های ژیبس دار، همجواری سفره های شور ساحلی در پاچه ارومیه و نفوذ آب شور به سفره های شیرین و یا چاههای بهره برداری نیز از جمله عوامل شور شدن آبهای زیر زمینی در بخش انتهای منطقه مطالعاتی می باشد.



شکل شماره ۵-۱۸: تصویری از املاح نمکی ته نشین شده در آبراهه های مشرف به بخش انتهایی دشت سلماس (شمالشرق منطقه ۸۸/۶/۹).

مضافاً بنا به لاگ های زمین شناسی چاه های اکتشافی و چاه های بهره برداری جدید الحفر در بخش شرق و شمال شرق منطقه، سنگ کف سفره آب زیر زمینی متشکل از مارن های ژیبس داری می باشد. در چاه جدید الحفر شمال روستای یوشانلو (کارخانه آجر سازی) در نمونه های حفاری این مورد مشاهده می شود (۵ - ۱۹).



شکل ۵- ۱۹: تصاویر مربوط به چاه جدید الحفر و سنگ کف، شمال شرق منطقه- حاشیه جاده سلماس -  
تسوج (۸۸/۶/۹)

همانطور که قبلاً" بحث گردید، از معضلات و مشکلات افزایش غلظت املاح و یا شوری آبهای زیر زمینی در چاه های بهره برداری بطور خلاصه به موارد مهم از قبیل خوردنگی لوله جدار چاه ها، پوسته گذاری و

گشاد شدن شیارهای لوله مشبک می توان اشاره کرد (شکل ۲ - ۱). که نتیجه آن غیر قابل استفاده شدن چاه های بهره برداری می باشد (نظیر ۴ حلقه چاه جهاد امور عشایر، ۲ حلقه چاه آقای عباس مرزبان در جنوب دشت چوپانلو).

## فصل ششم

### نقش عوامل انسانی در ماسه دهی چاه های بهره برداری

#### ۶ - نحوه تکمیل ، توسعه و تجهیز چاه های آب توسط شرکت های حفاری

در عصر نوین فنی و مهندسی در اکثر کشور های جهان سازه های مهندسی آبی قبل از مرحله ساخت و اجرا مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرند. بر اساس نتایج این بررسیها سازه مهندسی طراحی و ساخته می شود. سازه مهندسی می تواند ساختمان مسکونی ساده، ساختمان عظیم یک سد و یا ساختمان یک جاده باشد. در هر صورت امروزه هر سازه عمرانی در هر ابعاد زیر نظر کارشناسان مربوطه بررسی و طراحی و ساخته می شود. متأسفانه امروزه در کشورمان بیش از ۵۰ درصد عوامل شرکتهای حفاری چاه های آب، فاقد مدارک کارشناسی و افراد متخصص مربوطه می باشند. فقط بر اساس تجربه کاری دراز و یا کوتاه مدت در زمینه حفاری چاه های آب، دارای اطلاعات و یا تجربه کاری می باشند و بیشتر در مورد دستگاههای حفاری دارای اطلاعات می باشند تا در مورد ساختمان چاه.

گرچه در سالهای اخیر توسط دفتر حفاظت منابع آب های زیرزمینی، شرکتهای حفاری استاندارد سازی شد، و به اشخاصی که فاقد مدارک کارشناسی در زمینه آب های زیرزمینی می باشند مجوز شرکت حفاری داده نمی شود. همچنین در خصوص نحوه کارکرد شرکتهای حفاری و مسئولین فنی آنها نیز، استاندارد سازی شده و قوانین و ضوابطی در این رابطه نیز تدوین کرده اند. ولی متأسفانه با تمام این مسائل، در عمل این قوانین از طرف بعضی از شرکتهای حفاری رعایت نشده و در بعضی مناطق بدون حضور مسئول فنی شرکت مراحل عملیات حفاری انجام می گیرد. نهایتاً کیفیت کار عملیات حفاری، تکمیل و توسعه چاه فقط مانده به تشخیص، تجربه و انصاف حفار دستگاه که به چه صورت چاه را تحویل نماید، بستگی پیدا می کند. در زیر به طور خلاصه در خصوص نحوه انجام عملیات حفاری چاه های آب توسط شرکتهای حفاری بحث می گردد.

#### ۶-۱ - نحوه انجام مراحل تکمیل چاه توسط شرکتهای حفاری

بعد از عقد قرارداد فی ما بین مالک چاه و شرکت حفاری، یک نسخه از آن به امور آب منطقه ای، توسط شرکت ارسال می گردد. بعد از اعلام در خواست استقرار دستگاه حفاری توسط شرکت، زیر نظر کارشناس امور آب و مالک چاه، دستگاه حفاری در نقطه محل حفر چاه استقرار و با اخذ مجوز، حفاری را آغاز می کند. با شروع مرحله حفاری و انجام عملیات حفاری چاه تا عمق مورد نظر، مرحله ارسال نمونه های حفاری به امور آب منطقه

ای می رسد. در طول این تحقیق، بنا به بازدید های صحرائی در زمان انجام عملیات حفاری چاه، مسئول فنی هیچ یک از شرکت های حفاری در سر چاه مشاهده نگردید (بنا به اظهارات حفار دستگاه ) و حفار دستگاه خود، عملیات حفاری را انجام و فقط در زمان ارسال نمونه های حفاری به امور آب منطقه ای، مسئول فنی بعضی از شرکت های حفاری حضور می یابند. بعد از اتمام مرحله حفاری، بنا به نمونه های حفاری آزمایش کاروتاز انجام و با نظر مالک چاه فرم لوله گذاری از طرف امور آب به شرکت حفاری اعلام میگردد.

بنا به موارد فوق، عمق، محل، قطر ونحوه لوله گذاری ستون چاه (لوله مشبک وکور) مشخص می گردد. در کشورمان اکثر شرکت های حفار، توسط شعله هوا شبکه های (شیارها) لوله مشبک را سوراخ می کنند. این نوع شیارها بدترین نوع شبکه است که در چاه های آب، بویژه در زمینهای ریزدانه بکار گرفته می شود. این شبکه ها نه تنها بر اساس دانه بندی زمین های مختلف ساخته نشده اند، بلکه شکافها نیز از نظر، بعد بسیار بی نظم می باشند. دهانه خارجی شیارها در قسمت خارجی لوله مشبک بزرگتر از داخل لوله بوده، بطوریکه دانه های گراول ویا ذرات لایه آبدار به راحتی در دهانه شکاف لانه می کنند. یعنی اگر مقطع شکل شکاف را به شکل مثلث و V شکل در نظر بگیریم سمت باریک شکاف به طرف داخل چاه و بخش عریض تر شکاف به سمت خارج چاه می باشد، در این شرایط به راحتی ذرات در شکاف گیر کرده و باعث گرفتگی شیارها می شود. در صورتی که در لوله های مشبک استاندارد (اسکرین) سمت باریک V بطرف خارج لوله جدار مشبک بوده و باعث می گردد هر ذره رسوبی که وارد شیار لوله مشبک می شود بدون آنکه در آن گیر کند، عبور نموده و وارد چاه می شود. بهترین نوع این لوله های مشبک از جنس فولاد ضد زنگ ساخته شده که در برابر عوامل مختلفی که باعث کوتاهی عمر شبکه می گردند، بهتر مقاومت می کند.

یکی از مهمترین عواملی که در ماسه دهی چاههای منطقه نقش اساسی را ایفا می کند، همین لوله های مشبک غیر استاندارد است که توسط شرکت های حفار بکار برده می شود. نهایتاً در زمین های ریزدانه باعث ماسه دهی چاه های آب می شود. از معایب دیگر این نوع لوله های مشبک دارا بودن مقدار مساحت کل کم، فضاهای باز شبکه نسبت به مساحت کل لوله جدار است. در لوله های جدار مشبک استاندارد به جهت فضاهای باز بیشتر آب به راحتی از آن عبور کرده و سرعت عبور آب کمتر است. این بدان معنی است که مقدار افت ارتفاع در لوله مشبک حداقل بوده ودر نتیجه افت آب در چاه، به ازای مقدار دبی پمپاژ مشخصی کمتر خواهد بود. از طرف دیگر فضای باز زیاد و سرعت کم جریان آب عمر چاه را بیشتر کرده و نهایتاً باعث کاهش ماسه دهی چاه های آب خواهد بود. همچنین در این حالت قشر گذاری در سطح لوله به علت سرعت کم آب و عدم وجود اختلاف فشار زیاد در محل شبکه صورت نخواهد گرفت. در لوله های جدار مشبک غیر استاندارد، دقیقاً همین مسائل برعکس بوده، یعنی شکاف عریض تر (بخش خارجی لوله) مساحت فضاهای باز کمتر و سرعت جریان آب بیشتر در محیط

(اختلاف فشار هیدرولیکی بالا از سفره آب زیر زمینی بطرف درون چاه) و نتیجه آن ماسه دهی مداوم چاههای آب خواهد بود. از مهمترین معایب لوله های جدار مشبک غیر استاندارد به موارد زیر می توان اشاره کرد:

- ۱ - یکسان نبودن عرض در طول شیارها،
- ۲ - کم بودن در فضاها، باز،
- ۳ - مساوی و برابر نبودن شیارها،
- ۴ - بزرگ بودن شیارها به نحوی که نمی توان در طبقات ماسه ای از ورود ماسه به چاه جلوگیری کرد،
- ۵ - عدم امکان ایجاد شبکه های نزدیک به هم،
- ۶ - مقاوم نبودن این لوله ها در مقابل تاثیر فعل و انفعالات شیمیایی آب زیر زمینی بویژه در محل شیار ها،
- ۷ - ناهموار و ناصاف بودن شکاف و ممانعت از جریان آب،

از طرف دیگر حرارت دیدن لوله طی مشبک کاری، کیفیت شیمیایی لوله را تغییر داده و این نقاط با بقیه لوله ایجاد دو قطب الکتریکی نموده و در نهایت شکافها گشادتر و چاه به ماسه دهی می افتد. مقاومت این لوله نیز در مقابل ضربه نیز بسیار کم است و گاهها" در اثر ضربات وارده شکافها عریض تر شده و چاه از همان ابتدا شروع به ماسه دهی می کند. خصوصا" در روش حفاری ضربه ای، همزمانی حفاری با لوله گذاری که در پیش حفاران ضربه ای بسیار رایج است. تجربه نشان داده است طول لوله مشبک باید قدری بیشتر از ضخامت لایه آبدار باشد، تا بهره برداری از لایه آبدار بیشتر شود. معمولا" مورد دیگری که در روش حفاری ضربه ای توسط حفار رعایت نمی شود، انجام لوله گذاری مشبک در سرتاسر ستون چاه و لایه آبدار که این نوع لوله گذاری در زمینهای ریز دانه باعث ماسه دهی چاه ها می گردد.

در هنگام لوله گذاری رعایت موارد ذیل ضروری می باشد:

- ضخامت لوله با عمق چاه متناسب باشد،
- ضخامت لوله در چاههایی که با ضربه و فشار نصب می شود بیشتر از نوع فولادی مرغوب بدون درز باشد،
- جوشکاری لوله های درز دار توسط کارخانه و یا هنگام نصب در چاه با دقت و بدون درز و ترک مونی صورت گیرد،
- لبه های لوله های فولادی کونیک بوده و به دقت تراز شوند،
- لوله تاب و خم شدگی نداشته باشد،

معمولا" انتخاب نوع و قطر لوله جدار و عرض شبکه های لوله مشبک چاه بر اساس یکسری ویژگیهای لایه آبدار تعیین می گردد. این ویژگیها نظیر دانه بندی رسوبات لایه آبدار، میزان بهره برداری و خصوصیات هیدروژئوشیمیایی لایه آبدار می باشد. در جدول ( ۶ - ۱ ) روابط ما بین میزان بهره برداری و قطر لوله

جدار و همچنین عرض شبکه ها و در صد سطح فضاهای باز لوله ارائه گردیده است. از انواع لوله های جدار چاه می توان به نوع فولادی، PVC، UPVC، و لوله های اسکرین اشاره کرد. در زمینهای ریز دانه ماسه ای که احتمال ماسه دهی در چاه وجود دارد، بهتر آن است که از لوله های جدار اسکرین و یا لوله های UPVC استفاده شود. در اینگونه زمینها برای جلوگیری از ورود ذرات خیلی ریز به درون چاه بهتر آن است که ابتدا چاهی به قطر حدود ۳۰ اینچ با روش دورانی حفاری نموده و لوله جدار دائم ۱۲ اینچ را در وسط آن نصب و سپس دو لوله جدار موقت تداخلی به قطر های ۱۶ و ۲۰ اینچ متحد المركز با لوله اصلی در چاه نصب کرد. سپس حد فاصل دیواره چاه و لوله های جدار ۲۰ و ۱۶ و ۱۲ اینچ را به ترتیب از سمت دیواره چاه بطرف جدار اصلی با دانه های گراول از ریز دانه تا درشت دانه مانند بخش اول، دانه ها بقطر ۳ تا ۵ میلی متر و دومی، دانه ها به قطر ۶ تا ۸ میلی متر و بخش سوم، دانه ها به قطر ۱۰ تا ۱۲ میلی متر پر می کنند و بعد از اتمام شن ریزی، لوله های جدار موقت ۲۰ و ۱۶ اینچ را از چاه خارج می کنند.

جدول ۶ - ۱: روابط بین میزان آبدهی و قطر پمپ با قطر لوله جدار (شرکت مدیریت منابع آب ایران)

| آبدهی = (Q) لیتر بر ثانیه | قطر کاسه پمپ (اینچ) | مناسبترین قطر لوله جدار (اینچ) | حداقل قطر لوله جدار (اینچ) |
|---------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------|
| کمتر از ۳۶                | ۴                   | قطر داخلی ID=6                 | قطر داخلی ID=5             |
| ۷ - ۱۱                    | ۵                   | قطر داخلی ID=8                 | قطر داخلی ID=6             |
| ۲۲ - ۹۵                   | ۶                   | قطر داخلی ID=10                | قطر داخلی ID=8             |
| ۴۱ - ۲۲۱                  | ۸                   | قطر داخلی ID=12                | قطر داخلی ID=10            |
| ۸ - ۵۶                    | ۱۱                  | قطر داخلی ID=14                | قطر داخلی ID=12            |
| ۸۲ - ۶۵۳                  | ۱۲                  | قطر داخلی ID=16                | قطر داخلی ID=14            |
| ۶ - ۱۱۳                   | ۱۴                  | قطر داخلی ID=20                | قطر داخلی ID=16            |
| ۲ - ۱۸۹                   | ۱۶                  | قطر داخلی ID=24                | قطر داخلی ID=20            |

OD = قطر داخلی ( OUTER DIAMETER )

ID = قطر داخلی ( INNER DIAMETER )



جدول ۶- ۲: رابطه بین عرض شبکه ها و درصد سطح فضاهای باز لوله (شرکت مدیریت منابع آب ایران)

| عرض شبکه (میلی متر) | 3  | 2/5 | 2  | 1/5 | 1  | 0/75 | 0/5 | 0/3 |
|---------------------|----|-----|----|-----|----|------|-----|-----|
| فضای باز (درصد)     | 25 | 22  | 20 | 16  | 11 | 9    | 6   | 4   |

نهایتاً یکی از مهمترین عواملی که در ماسه دهی چاههای آب منطقه نقش اصلی ایفا می کند، لوله های جدار مشبک معمولی می باشد، که توسط شرکتهای حفاری بکار برده شده اند. از معایب بارز این نوع لوله ها به مقدار کم مساحت فضاهای باز، عریض بودن شکاف شبکه و همچنین به برعکس قرار گیری وضعیت حالت V شیار می توان اشاره کرد (بخش عریض شکل V بطرف دیواره چاه و راس آن بطرف درون چاه).

#### ۶- ۲ - نحوه گراول پک کردن چاه ها

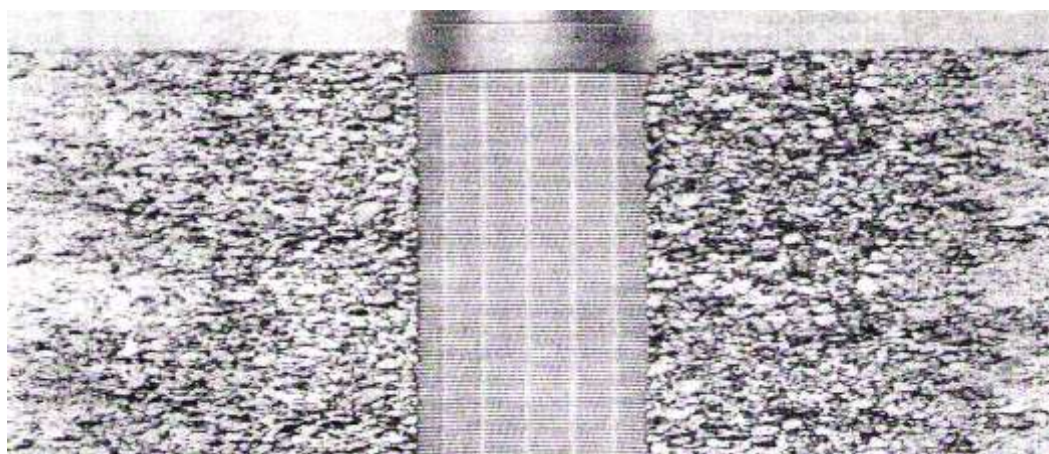
همانند شکاف شبکه های لوله مشبک، بعضی از شرکتهای حفاری بدون توجه به نمونه های حفاری و یا بافت زمین گراول توسط حفار دستگاه و یا مالک چاه تهیه می گردد. بر حسب بازدید های صحرائی گاهها" گراول تهیه شده آنقدر بی کیفیت می شود که نریختن آن به صلاح ساختمان چاه است. حتی در بعضی موارد مشاهده گردیده است که از شن شکسته به عنوان گراول پک در ساختمان چاه های آب استفاده شده است. شکل (۶- ۱) گراول پک استفاده شده در یکی از چاه های جدید الحفر را نشان می دهد.

#### ۶- ۳ - نحوه توسعه چاه در چاه های آب منطقه

برای تکمیل یک چاه تازه حفر شده و آماده کردن آن برای بهره برداری عملیاتی صورت می گیرد که اصطلاحاً "به آن توسعه چاه گفته می شود. توسعه چاه عبارتست از، عملیاتی که طی آن ماسه و مواد دانه ریز از لایه لایه مواد تشکیل دهنده لایه آبدار در اطراف چاه خارج شده و به داخل چاه حرکت می کند که این ذرات توسط پمپ و یا ابزار دیگر از چاه خارج می گردد. هدف از توسعه چاه ایجاد یک منطقه توسعه یافته یا یک صافی طبیعی در اطراف لوله های مشبک است که از نفوذ بیشتر ذرات ریز دانه به داخل چاه جلوگیری کند و منطقه ای که نفوذ پذیرتر از خود لایه آبدار است در اطراف چاه ایجاد کند (شکل ۶- ۲). توسعه چاه باعث افزایش قطر موثر، آبدهی و عمر چاه می شود. در منطقه توسعه یافته اطراف چاه، ذرات درشتتر در نزدیک لوله جدار چاه قرار می گیرند. از لوله جدار چاه به طرف لایه آبدار ذرات رفته رفته ریز تر شده تا به رسوبات اولیه لایه آبدار منتهی می شوند (شکل ۶- ۲).



شکل ۶- ۱: گراول استفاده شده در چاههای آب منطقه (۸۸/۶/۹)



شکل ۶- ۲: شکل یک منطقه توسعه یافته در اطراف چاه (شمسایی - ۱۳۸۱)

پهنای (از جدار دیواره چاه بطرف لایه آبدار) منطقه توسعه یافته از چند سانتیمتر تا چند دسی متر تغییر میکند. گراول پک تا حدود زیادی همان اهدافی را که حاصل توسعه چاه است تامین می کند. تجربه نشان داده

است، در چاه های گراول پک دار و غیر گراول پک دار انجام عملیات توسعه چاه مفید می باشد (بویره در لایه های آبدار ریز دانه).

از ساده ترین روشها برای توسعه چاه و دور ساختن رسوبات دانه ریز از اطراف جدار چاه، روش پمپاژ می باشد. در این روش با دبی های مختلف از چاه آب کشی می شود. در مراحل اولیه (پله اول) دبی پمپاژ خیلی کم است و رفته رفته در هر پله پمپاژ میزان دبی افزایش داده می شود. تغییر دبی در اثر پمپاژ نامنظم و ناپیوسته موجب به حرکت در آمدن مواد دانه ریز از پیرامون چاه می گردد. همانطور که اشاره گردید شروع پمپاژ با دبی پایین باعث می شود که ذرات ریز دانه به تدریج وارد چاه شده و همچنین جلوگیری از پل کردن ذرات و انسداد شبکه های لوله مشبک می گردد. در این شرایط ذرات ریز نزدیکتر در اطراف جدار چاه با همان دبی کم وارد چاه می شود و باعث گل آلود شدن آب چاه می شود. بعد از گذشت مدت زمانی آب خروجی از چاه کاملاً صاف گردیده دوباره دبی پمپاژ افزایش داده می شود. در این مرحله ذرات از فاصله دور تری حرکت خود را به داخل چاه آغاز می کنند و از طریق مسیر های ایجاد شده توسط ذرات نزدیک به چاه در مرحله اول، به سهولت وارد چاه می شوند. نهایتاً در آخرین مرحله عملیات آب کشی از چاه با حداکثر دبی انجام می شود تا آب خروجی از چاه کاملاً صاف گردد. در این وضعیت افت آب در داخل چاه به حداکثر رسیده و آب از پایین ترین نقطه با حداکثر ارتفاع از چاه خارج می گردد. در اثر این عمل رسوبات ریز دانه پیرامون چاه از طریق شبکه های لوله جدار وارد چاه شده و بوسیله پمپ آب به بیرون منتقل می گردد.

معمولاً توسعه به روش آب کشی از چاه و بوسیله پمپ توربینی شفت و غلاف از طریق کلاچ زدن متناوب موتور همراه با آب کشی متناوب از چاه صورت می گیرد. در این روش ابتدا پمپ با کمترین ظرفیت خود شروع و به تدریج دور آنرا زیاد تا با حداکثر دور بیشترین افت آب در چاه بوجود آید. در این حالت حرکت پمپ را متوقف کرده (کلاچ زدن) و اجازه می دهند تا آب مجدد در لوله های آبد به سرعت از داخل پمپ به درون چاه تخلیه گردد. این عمل سبب خروج آب برگشتی پمپ از داخل شبکه ها به درون فضای موجود در بین دانه های گراول و همچنین سازند آبدار می گردد. با شروع مجدد پمپاژ ذرات ریز دانه به داخل لوله مشبک مکیده شده و با جریان آب توسط پمپ از چاه خارج می گردد.

معمولاً در اکثر چاههای جدید الحفر منطقه، عملیات توسعه و آزمایش پمپاژ چاه بصورت یکجا با هم انجام می گیرد. طی این عملیات چاه توسعه داده می شود و هم میزان آبدهی چاه تعیین می گردد. بر اساس مشاهدات صحرائی و بازدید های مکرر، نحوه ی کیفیت انجام عملیات توسعه چاه اصولی و یا به درستی انجام نمی گیرد. بویره در زمینهای ریز دانه و مشکل آفرین به جهت طولانی بودن مدت زمان انجام توسعه اصولی چاه و افزایش هزینه های آن مالک چاه بدون توجه به مشکلات آینده د ساختمان چاه بطور کوتاه مدت (۴۸ ساعت) فقط با مشخص شدن میزان دبی چاه، عملیات توسعه چاه به اتمام می رسد. همچنین بعضی از عوامل

شرکتهای حفاری نیز به جهت عدم انجام اصولی توسعه چاه در این مشکل (ماسه دهی) نقش اساسی ایفا می کنند و تفکری مشابه مالک چاه دارد. پژوهشگر حاضر بر اساس مشاهدات صحرائی، تجربیات کاری و ارتباط تنگاتنگی که با مسائل حفر چاه و شرکتهای حفاری استان دارد، در طی این بررسیها در منطقه مطالعاتی ودشتهای حاشیه دریاچه ارومیه تعداد بسیار کمی چاه پیدا می شود که عملیات توسعه چاه اصولی و به درستی انجام گیرد (معمولا" چاه های بخش دولتی). در استان آ.غ. حدود ۱۲ شرکت حفاری بومی فعالیت دارند. از میان مدیران این شرکتها بجزء دو و سه مورد تقیه فاقد مدارک دانشگاهی می باشند. اصولا" مفهوم کلمه توسعه از این شرکتها سوال شود تعداد معدودی می تواند، به آن پاسخ بدهد. با توجه به موارد فوق، در کنار عوامل موثر در مشکل ماسه دهی چاه های آب منطقه، سهم شرکتهای حفاری نیز در این مشکل کم نیست

## فصل هفتم

### محل و نوع پمپ های نصب شده در چاه های منطقه

#### ۷-۱ - بررسی محل و نوع پمپ های نصب شده در چاه های بهره برداری منطقه مطالعاتی

اصولاً بعد از اتمام عملیات حفر، تکمیل و توسعه چاه جهت مشخص کردن خصوصیات هیدرولیکی چاه از جمله توان آبدهی و افت سطح آب در درون چاه اقدام به انجام عملیات آزمایش پمپاژ می نمایند. معمولاً این آزمایش در منطقه بصورت آزمایش افت پله ای و یا برگشت پله ای انجام می دهند. نهایتاً با توجه به، نتایج حاصله از این آزمون، میزان آب مورد نیاز برای بهره برداری، زمین شناسی ستون حفر شده و فرم لوله گذاری برای انتخاب محل و نوع پمپ تصمیم گیری می شود. در تعیین محل، نوع و قدرت پمپ و متعلقات آن علاوه بر موارد فوق لایه آبدار، ارتفاعی که آب باید تا نقطه مصرف طی کند نیز مورد محاسبه و توجه قرار داده می شود. این ارتفاع شامل عمق سطح ایستابی، مقدار افت سطح آب و مقدار ارتفاع از دهانه سر تخلیه چاه تا نقطه ای که آب باید در آنجا مصرف شود، محاسبه می گردد. در منطقه مطالعاتی و کشورمان معمولاً آزمایش پمپاژ توسط شرکت های حفاری که با استفاده از پمپ های از نوع توربینی شافت و غلاف انجام می دهند.

از انواع پمپ ها که در بهره برداری از منابع آب زیرزمینی استفاده می کنند، به پمپ های پیستونی، چرخشی، جابجایی، حبایی، جت و نهایتاً به پمپ های سانتریفوژ می توان اشاره کرد. در میان انواع پمپ های فوق، پمپ سانتریفوژ در منطقه مطالعاتی در چاه های عمیق بیشتر رایج دارد. خاصیت دینامیکی این پمپ ها طوریست که این امکان را به آنها می دهد که آب را در هر فشار ورودی تحویل گرفته و در فشار بالاتری آن را تخلیه نماید. متعلقات این نوع پمپ ها متشکل از یک نیروی محرکه که الکتریکی و یا از نوع احتراقی، یکسری لوله های کالمن ( ۳ متری )، شافت و غلاف، میل گاردان، جعبه دنده، سر تخلیه و سایر اتصالات می باشد که به یکدیگر اتصال دارند. در دهه های هفتاد و قبل از آن، در منطقه مطالعاتی و دیگر نقاط استان آ.غ. برای آبکشی از چاه های عمیق بهره برداری معمولاً از پمپ های نوع توربینی شافت و غلاف دار که نیروی محرکه آنها موتور دیزلی بود استفاده می کردند. بعد ها با توسعه شبکه جریان برق در روستاها و دشت های منطقه، اکثر پمپ های چاه های عمیق تبدیل به پمپ توربینی از نوع الکتروپمپ ( پمپ شناور ) گردید. در حال حاضر نیز به جهت بعضی مزایا بیشتر مالکین چاه های عمیق تدریج می دهند، که از

این نوع پمپ استفاده کنند. نیروی محرکه (موتور) پمپ های توربینی که در منطقه مطالعاتی رایج است، به حالت‌های متفاوت زیر استفاده و یا در چاه نصب می شود.

در حالتی که طبقات پمپ و صافی درون چاه قرار گیرد و الکترو مونور در سطح زمین باشد. در این حالت ارتباط محور الکترو موتور با محور شافت پمپ بوسیله شافتهای اضافی که از وسط لوله کالمن عبور می کنند، انجام می گیرد. برای آنکه شافتهای رابط الکترو موتور و پمپ در اثر دوران زیاد خمیده نشده و خسارات فراوانی بیار نیاورند، باید در فواصل حداقل هر ۶ متر ( به ازاء هر دو بند لوله کالمن) بوسیله حلقه های لاستیکی ( اسپایدر) مهار و به جدار داخلی لوله کالمن تکیه نمایند. رایج ترین حالت الکترو پمپ ها در حالتی است که الکترو موتور در زیر صافی و طبقات پمپ و در انتهای چاه و درون آب قرار دارد که بوسیله دو کابل جریان برق در تابلو برق بیرون چاه را به الکتروپمپ متصل می نماید. توربین این نوع پمپ ها مستقیماً" به لوله های آبد ( کالمن) بدون شافت و غلاف بسته شده و آب از حفاصل توربین و الکتروموتور به درون پمپ مکیده می شود. در حالتی که نیروی محرکه موتور دیزلی باشد، برای تبدیل دوران افقی محور موتور به دوران قائم محور پمپ و انطباق سرعت دوران موتور با سرعت دوران پمپ نیاز به میل گاردان و جعبه دنده خواهد بود. در این حالت شافت درون غلاف دوران می کند و در فضای حلقوی بین این دو همیشه باید روغن موتور جریان داشته باشد. مجموعه شافت و غلاف در وسط لوله کالمن بسته می شوند. طول هر قطعه شافت و غلاف و لوله کالمن معمولاً" سه متر است. شافتها از زیر به جعبه دنده وصل شده و از درون آن عبور می کند. وظیفه جعبه دنده تبدیل دوران افقی محور موتور و میل گاردان به دوران قائم و انتقال به شافتها است. به ترکیب این مجموعه اصطلاحاً" پمپ های شافت و غلاف گفته می شود. در آزمایش پمپاژ نیز اکثر شرکتهای حفار به جهت قابل کنترل بودن دورموتور و پمپ از این نوع پمپ ها استفاده می کنند.

همانطور که قبلاً" نیز اشاره گردید، بعد از دهه های هفتاد و با توسعه شبکه جریان برق در منطقه مطالعاتی و سایر نقاط کشورمان پمپ اکثر چاه های آب از نیروی محرکه موتور دیزلی و شافت و غلاف تبدیل به الکتروموتور های شناور گردید. در حال حاضر نیز بیشتر مالکین چاه های آب به جهت مزایای زیر ترجیح می دهند، که از نوع پمپ ها در چاه های بهره برداری آب خود استفاده کنند. بعضی از مزایای این نوع پمپ ها شامل موارد زیر می باشد.

- نصب سریع و ساده آن،
- حذف محور قائم و قطعات اتصالات رابط در تمام ستون چاه،
- کار کرد بسیار بی صدا و در سطح زمین جایی را بعنوان موتورخانه اشغال نمی کند،
- روشن کردن سریع، حذف روغن موتور و گریسکاری، امنیت کاری و بازده عمومی بالا،
- نصب آنها حتی در یک چاه منحرف نیز امکان پذیر می باشد،

با تمام این مزایا، استفاده از این پمپ ها در مناطق ماسه ده پیشنهاد نمی گردد. علت این امر ثابت بودن دور موتور در زمان کار کرد پمپ می باشد. در حال حاضر نیز جزء معدودی از چاه های عمیق آب از موتورهای دیزلی و شافت و غلاف برای برداشت آب از چاه استفاده می کنند. در منطقه مطالعاتی سه مورد شناسایی شده که از پمپ های شافت و غلاف دار برای برداشت آب استفاده می کنند. دو حلقه از چاه های جهاد امور عشایر و یک حلقه چاه مرزبان واقع در دشت چوپانلو (بخش انتهایی دشت سلماس) که نیروی محرکه آنها از نوع موتور دیزلی و شافت و غلاف است که در حال حاضر بهره برداری می کنند. اخیراً با استفاده از سیستم قدیم و جدید یعنی ترکیبی از نیروی محرکه الکتریکی (دینام های برقی) و پمپ های توربینی شافت و غلاف ساخته شده، که با نصب بعضی قطعات الکتریکی در تابلو برق آنها دور موتور الکتریکی و نهایت دور پمپ قابل کنترل و تغییر می باشد. یعنی با افزایش یا کاهش قدرت موتور الکتریکی دور پمپ قابل کنترل بوده که منجر به افزایش یا کاهش برداشت می شود. با توجه به میزان برداشت آب و عمق نصب پمپ، قدرت موتور و پمپ هایی که در منطقه نصب کرده اند، نوع و آنها متفاوت می باشد. ولی با در نظر گرفتن عمق نصب پمپ در منطقه که از ۸۰ الی ۱۳۰ متر متغیر می باشد. قدرت موتورها نیز از ۱۰۰ تا ۱۶۱ اسب بخار تغییر می کند. بعضی از الکتروپمپ هایی که در منطقه نصب کرده اند، از نوع پمپ ایران مدل ۲۷۱ می باشد که ۱۰ لیتر در ثانیه میزان آبدهی آنها است. اصولاً محل نصب پمپ با توجه به خصوصیات هیدروژئولوژیکی ستون چاه (لایه آبدار)، وضعیت سطح استاتیک و دینامیک، فرم لوله گذاری و نهایتاً بر اساس نتایج حاصله از آزمایش پمپاژ مشخص می شود. در منطقه با توجه به پرس و جوی های محلی و اطلاعات اخذ شده از امور آب سلماس، اکثر چاه های حفر شده به روش ضربه ای و یا دورانی، محل (عمق) نصب پمپ معمولاً از کف چاه ۲ الی ۶ متر بالاتر و در بخش لوله جدار کور که اصطلاحاً "محل نصب پمپ و رسوبگیر گفته می شود، نصب کرده اند (جدول ۷-۱).

در شرایط آینده برای بهره برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه در رسوبات ریز دانه (ماسه و سیلت) که احتمال ماسه دهی در چاه می باشد، دقت بیشتری باید در توسعه چاه کرد. در رسوبات ریز دانه زمان توسعه چاه معمولاً طولانی است و چاه در دراز مدت به تعادل می رسد. افزایش دور پمپ نیز در هر مرحله کم و حداکثر مابین ۲۰ الی ۵۰ دور افزایش داده شود. تا از وارد شدن شوک و فشار مکش ناگهانی به دیواره چاه جلوگیری شود. ضمناً در زمان آزمایش پمپاژ نیز روش درستی انتخاب گردد. متأسفانه در منطقه توسط شرکت های حفاری توسعه و آزمایش پمپاژ چاه بصورت یکجا و غیر اصولی انجام می گیرد. بویژه در لایه های آبدار ریز دانه که نیاز است چاه در دراز مدت و بصورت اصولی توسعه داده شود، برعکس در کوتاه مدت (حداکثر ۴۸ ساعت) توسعه و آزمایش پمپاژ بصورت یکجا انجام می دهند. ناشی از انجام نادرست توسعه چاه، مشکلات بعدی نظیر ماسه دهی در چاه پیش می آید. معمولاً به جهت پایین بودن ضریب نفوذ پذیری در رسوبات ریز دانه، افت بسیار شدید در چاه ها پیش می آید. در منطقه

مطالعاتی نیز (دشت چوپانلو) رسوبات لایه های آبدار اکثراً" از نوع ریز دانه می باشند. روش انجام آزمایش پمپاژ نیز بیشتر بصورت افت

جدول ۷ - ۱: مشخصات محل (عمق) پمپ های نصب شده در بعضی از چاه های منطقه مطالعاتی (از امور آب سلماس و جهاد امور عشایر سلماس)

| محل چاه        | عمق چاه (متر) | عمق نصب پمپ (متر) | دبی چاه (لیتر بر ثانیه) | نوع پمپ             |
|----------------|---------------|-------------------|-------------------------|---------------------|
| روستای چوپانلو | ۱۰۶           | ۱۰۵               | ۴۰                      | توربینی شافت و غلاف |
| "              | ۱۲۰           | ۱۱۷               | ۲۱                      | "                   |
| "              | ۱۱۸           | ۱۱۶               | ۱۲                      | "                   |
| "              | ۱۲۶           | ۱۲۴               | ۱۸                      | "                   |
| سلطان احمد     | ۱۰۰           | ۹۸                | ۳۵                      | شناور               |
| قره فشلاق      | ۹۱            | ۸۹                | ۳۵                      | "                   |

پله ای سطح آب سفره با تغییرات منظم دور موتور (افزایش و یا کاهش) در هر مرحله رفت و یا موتور خاموش در مرحله برگشت انجام می شود. آزمایش پمپاژ در ابتدا با دور ۹۰۰ شروع و سپس در پایان هر مرحله دور موتور ما بین ۱۰۰ الی ۲۰۰ دور اضافه می شود. برای منطقه مطالعاتی ( بویژه بخشهای انتهایی دشت سلماس و چوپانلو) پیشنهاد می شود، روش انجام آزمایش پمپاژ بصورت افت ثابت سطح آب انجام گیرد. یعنی بجای آزمایش بطریقه آبدهی ثابت، از این روش استفاده شود. برای ثابت نگهداشتن افت سطح آب، می باید دور موتور را هی تغییر داده تا در یک دور و دبی مشخص افت سطح آب ثابت بماند. مقدار آب خروجی نیز (دبی) با یک مخزن با حجم مشخص اندازه گیری شود که مطمئن تر است. در این شرایط به محض خروج آب از لوله تخلیه تا زمان قطع آن، اندازه گیری با ظرف صورت می گیرد. بدیهی



است اندازه ظرف باید جوابگوی میزان آب خارج شده باشد. بدین صورت با ثابت نگهداشتن افت و نتایج بدست آمده می توان موارد ذیل را مشخص کرد.

- حداکثر مقدار مجاز برداشت آب،
- محاسبه ضرایب هیدرودینامیکی سفره،
- محاسبه ظرفیت و قدرت پمپ و نوع آن، تعیین عمق مناسب نصب پمپ،
- محاسبه قدرت موتور و جعبه دنده، قطر و متراژ لوله های آبد،

در زمان انتخاب پمپ برای بهره برداری در لایه های آبدار ریز دانه که احتمال ماسه دهی در چاه است، پیشنهاد می گردد از نوع پمپ های توربینی شافت و غلاف که نیروی محرکه آن از نوع موتور های احتراقی با قابلیت کنترل سرعت دوران (دورپمپ) باشد. به عبارتی پمپی انتخاب شود که بتوان قدرت (دور) آنرا افزایش و یا کاهش داد تا سرعت آب ورودی به درون چاه در حد متعادل باشد. در صورتی که به هر دلیلی نتوان از موتور های احتراقی استفاده کرد، در شرایطی می توان از موتور های الکتریکی استفاده کرد که در تابلو برق آنها، موتور الکتریکی قابلیت افزایش قدرت و یا کاهش آن را داشته باشد یعنی سیستم کنترل سرعت دوران موتور (دور پمپ) نصب شود. تا بتوان سرعت دوران پمپ را در یک حال متعادل نگهداشت که جریان آشفته در زمان ورود آب به درون چاه و بهم ریختگی در دیواره چاه ایجاد نشود. ضمناً در زمان نصب پمپ لازم است، به بخش انتهای پمپ یک قطعه لوله هم قطر لوله آبد، متصل نمود و انتهای آنرا با توری مخصوص پمپ بپوشانند و محل نصب پمپ در فاصله دور (مناسب) از بخش لوله مشبک (اسکرین) باشد. در پمپ های کاسه ای توربینی شافت و غلاف، بر اثر چرخش دورانی پروانه ها، در درون کاسه پمپ و ایجاد نیروی گریز از مرکز، آب رو به بالا رانده می شود. هر طبقه پمپ توربینی نیاز به ۱۰ اسب بخار نیرو لازم دارد که بتواند آب را رو به بالا براند. هر طبقه پمپ توربینی می تواند آب را تا ارتفاع ۱۰ متر رو به بالا پرتاب کند. بنابر این برای رساندن آب به ارتفاع ۱۰۰ متر می باید تعداد طبقات پمپ ده طبقه انتخاب شود. برای چرخش چنین پمپی نیز یک نیروی با قدرت ۱۷۵ اسب بخار نیروی محرکه لازم است.

#### ۷ - ۲- بررسی و تعیین عمق های ماسه ده (بخشها) و در صورت امکان ارائه روشهای کور کردن آنها

دشت سلماس و میان دشت کوهساری چوپانلو، جزء دشتهای آبرفتی - تکنونیکي بشمار می آیند، که در جهت غرب به شرق واقع شده است. جریان عمومی آبراهه های (روان ابهای سطحی) نیز در جهت غرب به شرق بوده که نهایتاً به دریاچه ارومیه منتهی می شوند.

بر اساس مطالعات صحرائی، پرس و جوی های محلی، اطلاعات اخذ شده از امور اب سلما، شرکت های حفاری و لوگ زمین شناسی چاه های مفروحه در دشت، ابعاد ذرات تشکیل دهنده آبخوانها از غرب به شرق رفته رفته ریز دانه تر می شوند. بر اساس نمونه های اخذ شده از چاه های مفروحه در بخشهای انتهایی دشت، رسوبات ذرات لایه های آبدار کلا" از ذرات ریز دانه تشکیل شده اند (ماسه ریز دانه و سیلت). این مورد در چاه های جهاد امور عشایر و عباس مرزبان آشکارا مشخص است. ریزدانه تر شدن ذرات آبخوان جزء فاکتور های موثر، در ماسه دهی چاه های بخش انتهایی منطقه می باشد. گرچه عمق های ریز دانه در بعضی نقاط دشت متفاوت می باشد، ولی در کل ضخامت آنها (بخش های ریز دانه) از منطقه میانی بطرف منطقه انتهایی دشت رفته رفته افزایش پیدا می کند. بدین جهت اکثر چاه های ماسه ده، در بخش های انتهایی دشت واقع شده اند. همانطوریکه قبلا" نیز اشاره گردیده، در منطقه مطالعاتی بعضی از چاه های ماسه ده در انتهای دشت چوپانلو ( دو حلقه) و بخش شمال شرقی اراضی یوشانلو ( چاه عباس مرزبان - یک حلقه) بخش انتهایی دشت سلما پدیده ماسه دهی و هم خوردگی در لوله های جدار چاه ها مشاهده می گردد. بنا به جدول ( ۷ - ۱) و لوگ زمین شناسی چاه های مفروحه ( جهاد امور عشایر) واقع در دشت چوپانلو که عمق چاه های شماره ۲ و ۴ بترتیب ۱۱۸ و ۱۳۰ متر می باشد. در چاه شماره ۲ عمق های ماسه ده ما بین ۳۹-۶۳ متر و ۷۲-۸۶ متر و در چاه شماره ۴ عمق های ۱۸-۳۲ متر، ۴۵-۷۷ متر و ۸۵-۱۰۰ متر قرار گرفته اند. نوع ذرات رسوبی این عمق ها معمولا" ترکیبی از ماسه، سیلت، و یا سیلت، ماسه و رس می باشد.

- برای جلوگیری و مهار زون های (بخش های) ماسه ده در عمق (ستون) چاه از مرحله ابتدایی حفاری تا مرحله پایانی (تجهیز) چاه روشها و توصیه های زیر را می توان انجام داد.
- در زمینهای ریز دانه که احتمال ماسه دهی در چاه وجود دارد، مدت زمان حفاری را حتی المقدور کوتاه و قطر چاه بیش از ۲۸ اینچ ( ۳۰ اینچ) اختیار شود،
  - در مقابل عمق های (بخش) ماسه ده حتما" لوله کور گذاشته شود و بهتر است که طول لوله کور هم از بخش بالایی و هم پایینی از لایه ماسه ده (ضخامت) ۲ الی ۳ متر بیشتر باشد،
  - در صورت امکان از لوله های مشبک استاندارد از نوع اسکریپ (جانسون) استفاده شود. که امکان ایجاد شبکه های با عرض کمتر از یک میلیمتر وجود دارد. در صورت عدم امکان تهیه، از لوله های UPVC استفاده شود، که امکان ایجاد شبکه های با عرض ۵/۰ تا ۲ میلیمتر وجود دارد. در مورد لوله های جدار مشبک معمولی (فولادی) شیارهای لوله مشبک حتما" توسط اره و یا شعله اکسیژن ریلی سوراخ شود ( لرزش دست حذف می شود)، که امکان ایجاد شیارهای کم عرض تر و منظم وجود دارد،
  - در مناطق ماسه ده، در صورت امکان لوله گذاری بصورت دو جدار (تداخلی) انجام گیرد. بر اساس تجربه کاری که در چاه آقای صفوی واقع در اراضی روستای یورقانلو ارومیه ( پشت دیوار بخش شرقی

اراضی دانشگاه ارومیه) بدست آمد. چاه بصورت دوجدار لوله گذاری شد. لوله جدار بیرونی حداقل ۴ اینچ بزرگتر از لوله جدار داخلی انتخاب شد (داخلی ۱۲ اینچ و بیرونی ۱۶ و یا ۱۸ اینچ) و لوله گذاری نسبت به مرکز چاه انجام داده شد. سپس ما بین دو لوله جدار و همچنین لوله جدار بیرونی و دیواره چاه توسط گراول پک استاندارد از پیش تهیه شده (توسط الک کردن دانه بندی گردد) تغذیه گردد. بهتر آن است که ابعاد گراول ما بین دیواره چاه و لوله جدار بیرونی کوچکتر از گراول پک ما بین دو لوله جدار داخل چاه انتخاب شود.

- در شرایطی که ستون (عمق) چاه از لایه های ناهمگن آبدار، بصورت متناوب (تکراری) تشکیل شده باشد. بدین صورت که لایه ریزدانه (ماسه ده و کم نفوذ) در بالا و لایه درشت دانه (نفوذ پذیر) در پایین و نهایتاً یک لایه غیر قابل نفوذ (رس) در بخش زیرین این لایه ها قرار داشته باشد (ضخامت لایه غیر قابل نفوذ بیش از ۲ متر). در صورتی که لایه ریزدانه ماسه ده باشد، می توان با لوله گذاری کور (بدون شیار) و همچنین با تزریق آب دوغ سیمان و یا رس کلا" جلو دیواره لایه ریز دانه (ماسه ده) را کور کرد. بدین صورت با مهار کردن لایه ریز دانه از رسوب دهی چاه جلوگیری می شود،
- براساس نتایج آزمون پمپاژ و دبی مورد نیاز، در صورت امکان میزان برداشت آب طوری باشد که، افت حاصله در چاه بسیار جزء باشد.

## فصل هشتم

### نتیجه گیری و پیشنهادات

#### نتیجه گیری

در مناطق مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه (دشتهای مشرف به حاشیه دریاچه ارومیه) بویژه در انتهای منتهی الیه دشت سلماس و همچنین میان دشت کوهساری چوپانلو (نواحی اراضی روستاهای قره قشلاق، کنگرلو و چوپانلوی علیا و سفلا) عوامل متعددی در مشکل ماسه دهی چاه های آب نقش ایفا می کنند. در مجموع این عوامل به دو بخش اصلی تفکیک شده است. اولی متاثر از طبیعت محیط رسوبگذاری لایه های آبدار منطقه (متشکل از ذرات ریز دانه) و دومی متاثر از عوامل انسانی که فرایند عملیات حفاری، تکمیل، توسعه و تجهیز چاههای آب را به عهده دارند. در منطقه مورد مطالعه تخریب زود هنگام ساختمان های چاه های آب علاوه بر تاثیر منفی در تعادل کیفی آبخوانها، هزینه های بالا و خسارات سنگینی بر مالکین چاههای آب وارد می آورد. بنا به اطلاعات اخذ شده از امور آب سلماس و پرس وجو های محلی از مالکین چاه ها، بویژه در دشت چوپانلو حداقل ۵۰ درصد چاههای عمیق حفر شده دارای عمر مفید کمتر از ۳ سال می باشند. عواملی که در مشکل ماسه دهی چاه های آب منطقه نقش عمده ای را ایفا می کنند، به شرح زیر حاصل پژوهش حاضر می باشند:

۱- در منطقه مطالعاتی پدیده ماسه دهی اکثرا" در چاههای بخش های انتهایی دشت سلماس و دشت چوپانلو مشاهده می شود (نواحی اراضی روستا های یوشانلو، کنگرلو و چوپانلو علیا و سفلی). بر اساس آنالیز دانه بندی نمونه های حفاری ولوگ زمین شناسی چاههای اکتشافی مورد بهره برداری رسوبات آبخوان این مناطق ریز دانه و غیر یکنواخت می باشند.

۲- در بخش های شرقی و شمال شرقی منطقه (مناطق انتهایی دشت) از قبیل نواحی اراضی روستا های یوشانلو، کنگرلو و بویژه دشت چوپانلو به جهت تاثیر سازند های نمکی رس و مارنی ژیبس دار و آب شور زار های اطراف دریاچه ارومیه کیفیت شیمیایی آبهای زیر مینی این مناطق بسیار کاهش یافته و باعث شور شدن آب چاه و در نتیجه باعث خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی شبکه های لوله مشبک و گشاد شدن آنها می گردد.

۳ - بنا به آنالیز دانه بندی رسوبات آبخوان، گراول پک استفاده شده در چاهها و بررسی منافذ شبکه های لوله مشبک به کار رفته در چاه ها، مشخص می شود که اندازه منافذ شبکه ها و مساحت باز آنها متناسب با رسوبات آبخوان و گراول پک نبوده و در مناطقی که رسوبات آبخوان دانه ریز و یکنواخت است، این وضعیت باعث پدیده ماسه دهی در چاههای آب گردیده است. ضمناً طی این پژوهش حاضر در منطقه مطالعاتی به جزء یک مورد چاه ( چاه جهاد امور عشایر- دشت چوپانلو) برای مشخص کردن ابعاد شبکه های لوله مشبک و همچنین گراول پک، هیچ آزمون دانه سنجی بر روی رسوبات آبخوان انجام نیافته است.

۴ - در چاه های آب منطقه، استفاده از لوله های جدا مشبک معمولی و غیر استاندارد که شبکه های (شیار) آن توسط شعله هوا ایجاد شده، خوردگی را تشدید می نماید. علاوه بر آن شیارها نامنظم و در صد مساحت باز این لوله ها بسیار کم می باشد. اندازه شبکه های آن بسیار بزرگتر از اندازه های ذرات رسوبات سفره است. یکی از عوامل موثر در مشکل ماسه دهی چاه های آب منطقه همین شبکه ها (لوله مشبک) می باشد.

۵ - در مناطقی که رسوبات سفره دانه ریز هستند، هدایت هیدرولیکی کم بوده و در نتیجه آبکشی (دبی برداشت) بیش از حد، سطح آب در نزدیک چاه کاهش یافته و بخشی از لوله مشبک بالاتر از سطح ایستابی قرار می گیرد و نتیجتاً "آبدهی ویژه چاه کاهش یافته و سرعت جریان آب از لایه آبدار به درون چاه بیشتر شده و ماسه دهی آنرا سبب می گردد.

۶ - اندازه شیار های لوله مشبک چاه ها مابین ۳ الی ۶ میلی متر و در مناطق ریز دانه، اندازه ذرات آبخوان کمتر از ۱ میلی متر میباشد این مورد نیز نقش اصلی در ماسه دهی چاه ها را ایفا می کند. ضمناً شیار های لوله مشبک معمولی متأثر از کیفیت و خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی، خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی پیدا کرده و ابعاد شیارهای آنها بزرگتر می شوند.

۷- نقش عوامل شرکتهای حفاری در اجرای غیر اصولی ساختمان چاه و عدم رعایت مواردی از قبیل قطر حفاری، انتخاب نوع لوله جدار چاه، نحوه مشبک کاری، اندازه و تعداد شیارها مساحت باز شیارها، کیفیت گراول پک، عدم انجام توسعه اصولی چاه و ... که به عنوان مجموعه عواملی است که باعث ماسه دهی چاهها می گردد.

## پیشنهادات :

- ۱ - حفر گمانه های اکتشافی و انجام مطالعات تکمیلی هیدروژئولوژیکی برای شناسایی و تعیین مناطق (پهنه ها) بحرانی از جهت مشکل ماسه دهی چاهها در منطقه.
  - ۲ - ایجاد رشته دوره های کاردانی حفاری در مراکز آموزشی و برگزاری دوره های آموزشی و ارائه اطلاعات علمی و کاربردی به حفاران و مهندسين مسئول فنی، فعال کردن بهینه انجمن صنفی شرکت های حفاری در استان.
  - ۳ - ارزیابی صلاحیت کادر فنی شرکت های حفار به ویژه مسئول فنی (مهندس) و حفار دستگاه، برگزاری دوره های آموزشی و سمینار های مرتبط.
  - ۴ - برگزاری کلاسها و دوره های آموزشی در روستا ها برای توجیه و آگاهی مالکین چاهها و آشنا کردن آنها با مشکلات و معضلات عدیده در ساختمان چاه ها، نحوه بهره برداری و همچنین آگاهی دادن به ارزش و اهمیت آب.
  - ۵ - در پایان با توجه به نتایج حاصله از بررسیهای این طرح، برای مقابله با مشکل ماسه دهی چاه ها از روشهای مختلفی می توان استفاده کرد. عموماً پس از حفر چاه مرحله عملیات تکمیل چاه انجام می گیرد. در این مرحله اندازه شبکه های لوله مشبک و گراول پک (فیلتر چاه) بر اساس دانه بندی بافت رسوبات لایه آبدار انتخاب می شود. به ویژه این مسله در زمینهای ریز دانه به جهت احتمال ماسه دهی چاه، اندازه شبکه های لوله مشبک اهمیت پیدا می کند. از جمله روشهای مقابله با پدیده ماسه دهی چاه استفاده از لوله های مشبک از نوع اسکرین (جانسون) است، که امکان ایجاد اندازه شبکه های کمتر از ۰/۵ میلیمتر می باشد. چون این نوع لوله ها در حال حاضر در کشور مان ساخته نمی شود و تهیه آن از خارج کشور برای اکثر مالکین چاه ها صرفه اقتصادی ندارد، لذا با توجه به شرایط موجود، روش مناسب عملی برای جلوگیری از ماسه دهی چاهها بصورت زیر می توان خلاصه کرد.
- ابتدا چاهی با قطر ۳۰ الی ۳۶ اینچ حفر نمود (قطر نهایی حفاری )
  - حتی المقدور سعی بر این شود که در زمان حفر چاه ریزش در دیواره چاه به وجود نیاید و در مدت زمان کوتاه عملیات حفر و تکمیل چاه به انجام رسد.
  - چاه به صورت تداخلی و دو جدار لوله گذاری شود. قطر لوله های جدار چاه ۱۶، ۱۲ و یا ۱۲، ۱۸ اینچ و نسبت به مرکز چاه متحدالمرکز لوله گذاری شود.
  - در صورتی که چاه دو جدار لوله گذاری نشود، اخیراً امکان تهیه لوله های اولتراپلی ونیل کلراید (UPVC) در کشور فراهم آمده، در صورت امکان بجای لوله فلزی معمولی از این لوله ها استفاده شود. از مزایای این نوع لوله ها دارا بودن فضاهای باز مناسب بیشتر، توان آبدهی بالا، مقاوم بودن در مقابل

خورندگی و پوسته گذاری و نهایتاً امکان ایجاد اندازه شبکه های (عرض شبکه) کمتر از ۱ میلیمتر می باشد.

- قبل از لوله گذاری شیارهای لوله مشبک در کارخانه ویا تراشکاری توسط مته و یا اره برقی با در صد فضا های باز استاندارد (تعداد شیار در هر متر طول لوله ) سوراخ کرده و با توجه به فرم لوله گذاری به درون چاه رانده شود.

- بنا به آنالیز دانه بندی نمونه های آبخوان ، در صورتی که چاه به حالت دو جدار لوله گذاری شود، گراول یک چاه در دو ابعاد مختلف تهیه (با الک کردن) و طوری به درون چاه ریخته شود که گراول ریز دانه ما بین دیواره چاه و لوله بیرونی و گراول درشت دانه ما بین دو لوله جدار قرار گیرد( از سمت دیواره چاه بطرف درون چاه دانه ها گراول درشت تر شود). تغذیه گراول با بیل دستی در صورت امکان توسط لوله پی وی سی تا سطح زمین پر شود.

- با انتخاب یکی از روشهای توسعه چاه که معمولاً" توسط پمپاژ(آب کشی از چاه) صورت می گیرد. ابتدا با دبی پایین شروع وبعد از صاف شدن آب خروجی، دبی افزایش داده شود. نهایتاً بعد از توسعه واقعی چاه بهره برداری از آن آغاز گردد.

- حتی المقدور سعی بر این شود که در مراحل اولیه بهره برداری در دبی های پایین از چاه آبکشی شود.

## فهرست منابع:

- ۱- امور آب شهرستان سلماس. ۱۳۸۶. لوگ زمین شناسی، اطلاعات و ضرایب هیدرو دینامیکی چاه های حفر شده در دشت سلماس.
- ۲- شرکت مدیریت منابع آب ایران، معاونت حفاظت و بهره برداری. ۱۳۸۶. مجموعه آموزشی حفاری و پمپاژ چاههای آب - زمین شناسی و آبشناسی سفره های آب زیرزمینی.
- ۳- شمسایی، ا.، ۱۳۸۱. هیدرولیک جریان آب در محیط های متخلخل. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۴- شرکت حفاری اروم آب. ۱۳۸۹. لوگ زمین شناسی چاه های حفر شده در دشت سلماس.
- ۵- ترابی تهرانی، پ.، ۱۳۷۹. هیدرولوژی زیرزمینی. دانشگاه بوعلی سینا.
- ۶- دوراندیش، م.، ۱۳۷۵. شبکه آبیاری و زهکشی اراضی دشت چوپانلو. جهاد امور عشایر شهرستان سلماس.
- ۷- کشکولی، ح.، ۱۳۷۸. نشت و آبهای زیرزمینی. دانشگاه شهید چمران.
- ۸- معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه. ۱۳۹۱. مطالعات زمین شناسی و منابع آب زیرزمینی دشت مهاباد در قالب پروژه (مطالعات بازسازی و علاج بخشی شبکه آبیاری و زهکشی دشت مهاباد). مجری طرح: عباس نوین پور، ا. کارفرما: مهندسین مشاور فراز آب.
- ۹- مهندسین مشاور آب نیرو، ۱۳۷۷. توسعه اراضی قابل کشت حاشیه دشت سلماس. سازمان آب منطقه ای آ.غ.
- ۱۰- مهندسین مشاور مهار آب عمران گستر، ۱۳۷۸. طرح شبکه آبیاری و زهکشی دشت چوپانلوی. اداره کل امور عشایر استان آ.غ.
- ۱۱- مهندسین مشاور مهار آب عمران گستر، ۱۳۷۸. گزارش نحوه مقابله با ماسه دهی چاه های چوپانلو. اداره کل امور عشایر استان آ.غ.
- ۱۲- مهندسین مشاور فراز آب، ۱۳۹۰. مطالعات باز سازی و علاج بخشی شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد. جلد چهارم آبهای زیرزمینی. شرکت آب منطقه ای آ.غ.
- ۱۳- واحد مطالعات سازمان آب منطقه ای آ.غ. ۱۳۸۰. آمار برداری از چاههای موجود در دشت سلماس.



AKPINAR,A.1999. Su KUYULARININ ACILMASI VE ISLETILMESI, -14  
SORUNLAR VE COZUMLEARI. ANKARA.

SAHINCI,A. 1991. SU KIMYASI. D.E.U. -15