

## تأثیر اضافه برداشت آب از چاه‌ها در شور شدن آبخوان دشت جنگل (ترتیب حیدریه)

### خلاصه

دشت جنگل با وسعتی معادل ۲۰۰۰ کیلومتر مربع در جنوب غرب شهر ترتیب حیدریه در استان خراسان واقع است. تا قبل از دهه ۱۳۴۰ اهالی این منطقه از آب رودخانه کال سالار که از ارتفاعات شمال غرب آن وارد می‌شود برای مصارف دام و کشاورزی استفاده می‌کردند. از این تاریخ به بعد به تدریج حفر چاه در این منطقه متداول شد و تا سال ۱۳۷۲ حدود ۱۴۲ حلقه چاه در آبخوان دشت جنگل حفر و سالانه نزدیک به ۱۴۶ میلیون مترمکعب آب توسط آن‌ها استخراج شد. این بهره‌برداری سالانه که بیش از نفوذ سالانه آب به آبخوسان دشت بوده است، سبب افت مستمر سطح آب زیرزمینی آبخوان گشته و در هیدروگراف معرف (واحد) آن که مبین میزان افت متوسط سالانه آبخوان می‌باشد، انعکاس یافته است. یکی از پیامدهای ناشی از افت مستمر سطح آب زیرزمینی یا اضافه برداشت، شور شدن تدریجی آب زیرزمینی و پیشروی جبهه آب شور به طرف جبهه آب شیرین در مناطق ساحلی و کویری می‌باشد که در این منطقه نیز رخ داده است. روند منحنی‌های هم‌هدایت الکتریکی و هم‌کلر به وضوح نشان می‌دهند که مقدار هدایت الکتریکی آب در حواشی روستای جنت‌آباد که در سال ۱۳۶۶ حدود ۵۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر بوده است، در سال ۱۳۷۲ به ۵۰۰۰ و در سال ۱۳۷۵ به ۶۰۰۰ می‌رسد. با توجه به این که افزایش بارندگی طی سال‌های ۷۳ تا ۱۳۷۶ نتوانسته است کسری مخزن ایجاد شده را جبران کند و سبب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی شود، می‌توان نتیجه گرفت که تغییر کیفی آب زیرزمینی در دشت جنگل بدون تردید ناشی از اضافه برداشت از آبخوان می‌باشد. شور شدن آب زیرزمینی دشت جنگل هشدار بزرگی برای استفاده کنندگان آب این منطقه و نیز کشاورزان کل استان خراسان است. زیرا تعداد زیادی از دشت‌ها هم‌اکنون با افت مستمر سطح آب زیرزمینی مواجه می‌باشند. در صورتی که افت سطح آب زیرزمینی دشت‌ها هم‌چنان ادامه یابد، علاوه بر شوری آب منجر به تهی شدن کامل آن خواهد شد و همه سرمایه‌گذاری‌های

انجام شده و امکانات معیشتی از بین خواهد رفت. این امر همچنین مشکلات زیست محیطی زیادی را به دنبال خواهد داشت.

## حوضه آبریز دشت جنگل ۱- اوضاع کلی جغرافیایی

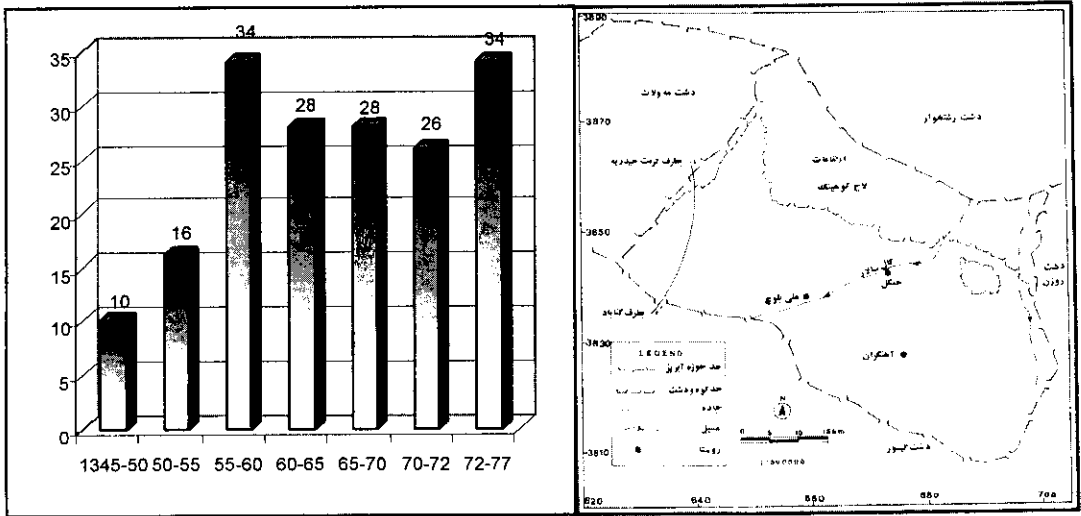
حوضه آبریز دشت جنگل، با وسعتی معادل ۲۹۰۰ کیلومتر مربع در جنوب شرقی شهرستان تربت حیدریه و در محدوده مختصات جغرافیایی به طول ۵۸°-۴۷° تا ۵۹°-۳۴° و عرض ۳۳°-۳۴° تا ۳۵°-۰۰° واقع است. این حوضه به شکل مستطیلی است به طول تقریبی ۷۵ کیلومتر و عرض متوسط ۳۹ کیلومتر که از شمال غرب به طرف جنوب شرق کشیده شده است. این حوضه از شمال به خطالرأس ارتفاعات حاجی میر و کوه شکسته گل نی، از شرق به کوه لاخ کوهیک و کال جنگلک و از سمت جنوب به کال دو نخ و کال شور (دق حاج اسحاق) و از غرب به تپه ماهورهای حد فاصل دشت مه ولات محدود می گردد (شکل ۱). حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع آن را دشت تشکیل می دهد که در واقع مساحت آبخوان مورد مطالعه بوده و بقیه را ارتفاعات در برمی گیرد [۷]. بخش کوهستانی حوضه با وسعتی حدود ۹۰۰ کیلومتر مربع شامل کوه های کم ارتفاع و اراضی تپه ماهوری است که قسمت شمالی حوضه را اشغال نموده است. حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۲ متر می باشد و در کوه کوچه در شمال غرب منطقه واقع است. حداقل آن ۸۲۰ متر است و در محل خروجی حوضه قرار دارد.

اقلیم منطقه از نوع خشک سرد با تابستان های طولانی و زمستان های کوتاه می باشد. متوسط بارندگی سالانه حوضه براساس آمار ایستگاه هواشناسی جنت آباد جنگل ۱۶۵ میلیمتر است که ۶۰ درصد آن در فصل زمستان نازل می شود [۴].

متوسط دمای سالانه منطقه براساس ایستگاه تبخیر سنجی مهنه که در داخل حوضه قرار دارد ۱۶ درجه سانتیگراد محاسبه شده است. حداکثر مطلق آن ۴۵/۵ و حداقل مطلق ۱۲/۵- درجه سانتیگراد می باشد.

متوسط تبخیر سالانه براساس آمار تبخیر تشتک کلاس A به میزان ۲۷۸۵ میلیمتر می باشد. حداکثر آن مربوط به ماه های تیر و مرداد به میزان ۴۲۵ میلیمتر و حداقل آن در ماه دی و بهمن به مقدار ۵۳ میلیمتر است.

رطوبت نسبی منطقه از ۳۰ تا ۶۰ درصد برحسب ماه های مختلف سال متفاوت است. دهستان جنگل که از توابع شهرستان تربت حیدریه می باشد، دارای ۱۱۰۹۱ نفر جمعیت بوده و در مرکز حوضه آبریز دشت واقع است [۳]. شغل اصلی اهالی جنگل دامداری و کشاورزی است.



نمودار ۱ تعداد چاه‌های حفر شده در دشت جنگل در رابطه با زمان

نقشه ۱ موقعیت حوضه آبریز دشت جنگل و دشت‌های اطراف آن

حوضه آبریز دشت جنگل به طور عمده توسط رودخانه کال سالار و انشعابات آن که از ارتفاعات شمالی شهرستان تربت حیدریه شروع شده و از سمت شمال وارد دشت جنگل می‌گردد، زهکشی می‌شود. این رودخانه پس از تغذیه دشت در نهایت به کال شور می‌ریزد. هر ساله سیلاب‌های این رودخانه و مسیل‌ها در سطح دشت پخش گردیده و پهنه وسیع آبرفتی دشت را تغذیه می‌کند. در پهنه وسیع دشت به جز روستاهای جنگل، جنت آباد، آهنگران، چاه شور و علیتقی که در پایاب رودخانه کال سالار قرار دارند، روستای دیگری در منطقه نبوده و عمده اراضی منطقه، بایر می‌باشد. آب مورد نیاز بیشتر از ذخایر آب‌های زیرزمینی که از طریق چاه‌ها استحصال می‌شود تأمین می‌گردد. بخشی از آب کشاورزی منطقه از سیلاب‌های کال سالار که در فصل بهار وارد دشت می‌شود، نیز تأمین می‌گردد.

## ۲- زمین‌شناسی

دشت جنگل بخشی از فرورفتگی حد فاصل بین توده لوت در جنوب و ایران مرکزی در شمال بوده و از سازندهای زمین‌شناسی دوران‌های اول و دوم آثاری دیده نمی‌شود. تنها، سازندهای دوران سوم و چهارم زمین‌شناسی در منطقه گسترش دارند. سازندهای دوران سوم به صورت تپه ماهورهایی از ماسه سنگ، مارن و کنگلومرا دیده می‌شوند که نقش چندانی در وضعیت آب زیرزمینی ندارند [۵].

سازندهای دوران چهارم زمین‌شناسی به صورت مخروط افکنه و رسوبات بادی در منطقه گسترش دارند. به ویژه این که رسوبات آبرفتی و یا به بیان دیگر مخروط افکنه رودخانه کال سالار که بیشترین نقش را در تشکیل آبخوان دشت جنگل به عهده دارد، مربوط به این دوران است.

### ۳- منابع آب دشت جنگل

#### الف- منابع آب سطحی

۱- رودخانه کال سالار: این رودخانه بزرگ‌ترین رودخانه حوضه آبریز دشت جنگل بوده و از ارتفاعات شمال شرق وارد آن می‌شود. سیلاب‌های این رودخانه همان‌گونه که قبلاً ذکر شده در تغذیه آبخوان دشت جنگل نقش زیادی دارد. سیلاب رودخانه کال سالار با توجه به آمار مشاهده‌ای ایستگاه هیدرومتری جعفر مشهدی طی یک دوره آمار ۲۵ ساله جمع‌آوری گشته، با توزیع‌های مختلف آماری برازش داده شد و بهترین توزیع، با توجه به کمترین خطا، که توزیع دو پارامتری گاما است انتخاب و براساس این توزیع حداکثر دبی لحظه‌ای پیک رودخانه در دوره برگشتهای ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله محاسبه شده است. حداکثر دبی پیک لحظه‌ای رودخانه در دوره برگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب ۷۹، ۳۶۲ و ۴۲۲ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.

#### ب- منابع آب زیرزمینی

تا اوایل دهه ۱۳۴۰ تنها منبع تأمین کننده آب مورد نیاز منطقه عموماً سیلاب‌ها و جریان پایه رودخانه کال سالار و مسیل‌های دامنه ارتفاعات شمالی بود که از دشت رشتخوار وارد دشت جنگل می‌شده و با استفاده از بندسارهای سنتی مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفته است. ذخایر اصلی آب زیرزمینی دشت جنگل نیز در محدوده مخروط افکنه این رودخانه و تغذیه سالانه آن به وجود آمده است که از طریق حفر چاه استحصال می‌شود.

همان‌گونه که در نقشه منابع آب نقشه ۲ نیز مشخص است چاه‌های حفر شده بیشتر در محدوده مخروط افکنه رودخانه کال سالار واقع‌اند، زیرا آب زیرزمینی در این منطقه از کیفیت خوبی بهره‌مند است. برداشت بیشتر از تغذیه سالانه یا اضافه برداشت از آبخوان توسط اهالی و تداوم آن، تغییرات قابل توجهی را در وضعیت کیفی آب به وجود آورده است که مورد توجه این مقاله می‌باشد.

۲- چاه‌ها: بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی دشت جنگل از سال ۱۳۴۸ با حفر ۲۰ حلقه چاه شروع شد و به تدریج در سال‌های بعد بر تعداد آن‌ها افزوده گردید. روند این افزایش در جدول ۱ و نمودارهای شکل ۳ تا ۵ انعکاس یافته است. جالب توجه است که در آغاز بهره‌برداری تعداد چاه‌های دشت، تنها ۲۰ حلقه بوده، ۱۲ سال بعد تعداد آن‌ها بیش از سه برابر و ۲۹ سال بعد تعداد چاه‌ها تا ۹ برابر افزایش یافته است. مقدار بهره‌برداری نیز در این مدت ۱۶ برابر افزایش داشته است.

افزون بر این، طبق نمودار ۱ در طی سال‌های ۶۰-۱۳۵۵ و ۷۷-۱۳۷۲ بیشترین حلقه چاه در دشت جنگل حفاری شده است. بیشترین حجم آب از دشت در سال ۱۳۷۲ به مقدار ۱۴۶ میلیون مترمکعب استخراج شده است (نمودار ۴). موقعیت و پراکندگی چاه‌های دشت جنگل در نقشه ۲ آمده است.

نمودار ۵ نشان می‌دهد که دبی چاه‌ها، متفاوت است. بنابراین چاه‌های موجود در دشت جنگل از دبی نسبتاً بالایی برخوردارند، به طوری که ۳۱ حلقه چاه دارای دبی بین ۴۰ تا ۵۰ لیتر در ثانیه می‌باشند و دبی بین ۲۰-۱۰ لیتر در ثانیه مشمول تنها ۲ حلقه چاه می‌شود. جالب است که ۱۷ حلقه چاه محفور دارای دبی بین ۸۰ تا ۹۰ لیتر در ثانیه می‌باشد که حجم آب قابل توجهی از آن‌ها استخراج می‌شود.

جدول ۱ روند افزایش حفاری چاه‌های بهره‌برداری در دشت جنگل در رابطه با زمان [۴]

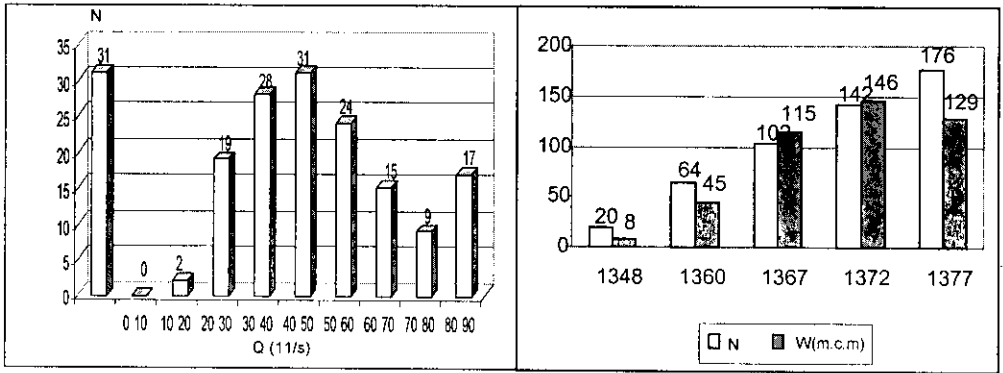
سال	تعداد	درصد رشد	تخلیه به میلیون مترمکعب
۱۳۴۸	۲۰	-	۸
۱۳۶۰	۶۴	۳۲۰	۴۵
۱۳۶۷	۱۰۲	۱۵۰	۱۱۵
۱۳۷۲	۱۴۲	۱۳۰	۱۴۶
۱۳۷۷	۱۷۶	۱۲۳	۱۲۹

لازم است گفته شود که در منطقه به غیر از چاه‌ها منابع آب زیرزمینی دیگری مثل قنات یا چشمه‌ها که در این مقاله بررسی آن‌ها لازم باشد، یافت نمی‌شوند.

### ج- نوسانات سطح آب زیرزمینی

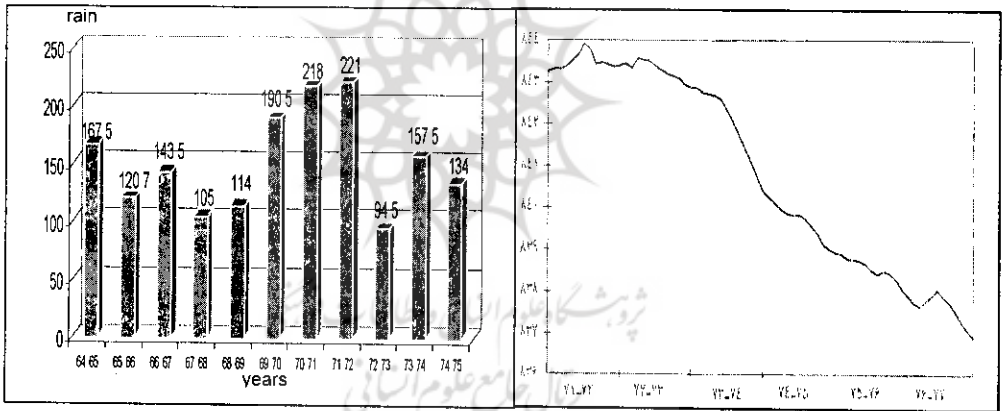
به منظور کنترل نوسانات سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت جنگل، در سال ۱۳۷۰، ۹ حلقه چاه پیزومتری مجموعاً به عمق ۷۵۰ متر در سطحی به وسعت ۴۰۰ کیلومتر مربع از دشت توسط سازمان آب منطقه‌ای خراسان- معاونت مطالعات پایه منابع آب حفاری شده است. شبکه رفتارسنجی تغییرات سطح آب زیرزمینی و نوسانات آن با اندازه‌گیری‌های ماهانه تحت کنترل قرار گرفته و برای نمایش متوسط افت سطح آب زیرزمینی طی دوره ۵ ساله (۷۷-۱۳۷۲) و چگونگی روند آن در سال‌های مختلف، با توجه به داده‌های سطح آب زیرزمینی و شبکه تیسن اقدام به رسم هیدروگراف معرف (واحد) دشت (نمودار ۴) شد. این گراف به خوبی اثرات برداشت بی‌رویه آب از آبخوان را نمایان می‌سازد. سطح آب زیرزمینی از سال ۱۳۷۲ به بعد، به طور مرتب افت نموده است. شدیدترین افت سطح آب زیرزمینی از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ آغاز شد و از این سال به بعد هیدروگراف معرف به صورت حدوداً خطی سیر نزولی داشته است. چنین شکلی از هیدروگراف

میان فوق بحرانی بودن آبخوان دشت است که اگر تمهیداتی در جهت بهبود آن به عمل نیاید، آبخوان به کلی خشک خواهد شد.



نمودار ۳ دسته چاه‌های بهره‌برداری از نظر تعداد و دبی (لیتر بر ثانیه)

نمودار ۲ تعداد چاه و میزان برداشت از چاه‌ها طی سال‌های ۱۳۴۸-۷۷ برحسب میلیون مترمکعب در سال



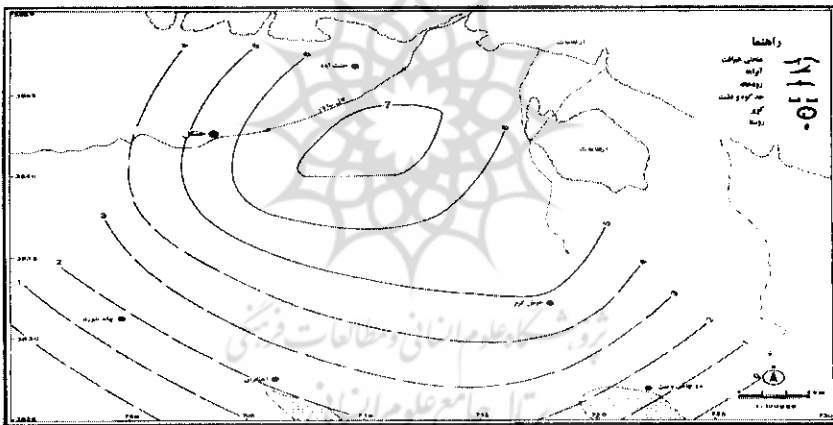
نمودار ۵ تغییرات بارندگی سالانه در ایستگاه باران سنجی جنت آباد جنگل ایستگاه معرف دشت

نمودار ۴ هیدروگراف معرف (واحد) دشت جنگل

### د- افت متوسط سطح آب زیرزمینی - نقشه هم افت

هیدروگراف واحد یا معرف هر دشت نشان دهنده افت متوسط سالانه سطح آب زیرزمینی آن دشت است. ولی افت سطح آب زیرزمینی در تمامی بخش آبخوان به یک اندازه نیست. بلکه با توجه به وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان که اغلب در نقاط مختلف متفاوت است، سطح آب زیرزمینی نیز در نقاط مختلف، به مقدار متفاوت افت می‌کند.

به منظور مشخص تر شدن توزیع مکانی افت سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف آبخوان دشت جنگل و ارزیابی روند تغییرات آن و نیز بررسی علل این تغییرات، نقشه هم افت تهیه و مورد ارزیابی واقع شده است. نقشه ۲ که انعکاس دهنده توزیع مکانی افت سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت جنگل است، به خوبی نشان می‌دهد که کمترین افت سطح آب زیرزمینی در حواشی روستای دوچاهی پایین، به مقدار ۱ متر به وجود آمده است. زیرا کیفیت آب در این قسمت از آبخوان، مطلوب نبوده و استخراج زیادی در این محدوده صورت نگرفته است. هر قدر از دوچاهی به طرف حوض کرم پیش می‌رود بر مقدار افت اضافه می‌شود. در اینجا مقدار افت به ۵ متر می‌رسد. بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در حواشی جنگل و بخش شرقی آن به وجود آمده است که مقدار آن بین ۶ الی ۷ متر می‌باشد. افت زیاد سطح آب زیرزمینی در این بخش از آبخوان ناشی از اضافه برداشت آن است. چون در این قسمت از دشت، هم آب، شیرین تر از بقیه قسمت‌هاست و هم خاک آن مناسب تر است، به همین دلیل فشار بیشتری در اثر برداشت بی‌رویه بر آبخوان، وارد شده است.

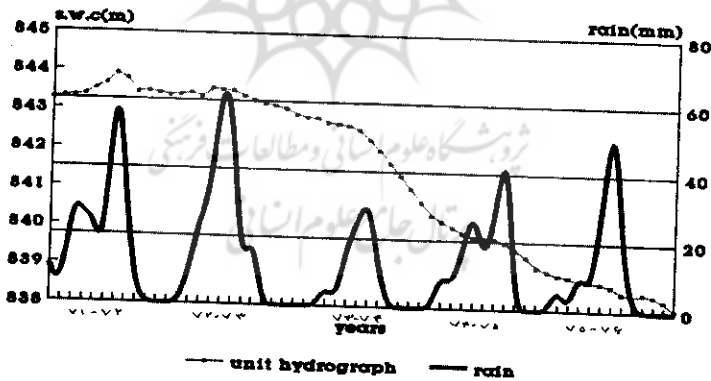


نقشه ۲ منحنی هم‌افت دشت جنگل طی دوره پنج ساله

#### هـ- رابطه بین افت سطح آب زیرزمینی و بارندگی

می‌دانیم که منشأ اصلی همه آب‌های سطحی و زیرزمینی، نزولات جوی است و این سؤال می‌تواند برای خواننده مطرح شود که ممکن است کاهش نزولات جوی طی سال‌های اخیر، عامل اصلی ایجاد کسری مخزن بوده باشد و نه اضافه برداشت از آن. برای پاسخ به این سؤال و به منظور شناخت عوامل ایجاد افت سطح آب زیرزمینی آبخوان، میزان توزیع زمانی متوسط بارندگی ایستگاه جنت آباد جنگل طی سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۷۱ با هیدروگراف معرف آبخوان در یک دستگاه محور مختصات به طور مشترک ترسیم و ارزیابی شده است (نمودار ۵).

جدول ۲ و نمودار ۵ که در آن‌ها میزان و مشخصات بارندگی ایستگاه باران‌سنجی جنت‌آباد جنگل طی یک دوره آماری (۷۵-۱۳۶۴) آمده است، نشان می‌دهند که توزیع زمانی بارندگی در سال‌های مختلف کاملاً متفاوت است. متوسط ۱۱ سالانه بارندگی رقم ۱۵۲ میلی‌متر را نشان می‌دهد. کمترین مقدار بارندگی در سال آبی ۷۳-۱۳۷۲ نازل شده است (۹۴/۵ میلی‌متر) و بیشترین بارندگی در سال آبی ۷۲-۱۳۷۱ به مقدار ۲۲۱ میلی‌متر اتفاق افتاده که ۶۹ میلی‌متر بیشتر از متوسط ۱۱ ساله بوده است. افزون بر این، حدود ۳۸ درصد بارندگی طی دوره آماری ۱۱ ساله، در سه سال ۷۲-۱۳۶۹ نازل شده است. این سه سال در طول دوره آماری، جزو سال‌های تر محسوب می‌شوند. نمودار ۵ نشان می‌دهد هر چند روند نزولات آسمانی طی دوره مذکور به طور کلی نسبت به سال‌های ۷۳-۱۳۷۱ کاهش داشته است و در سال آبی ۷۳-۷۲ به کمترین مقدار خود به میزان ۹۴/۵ میلی‌متر رسیده است، لیکن افزایش آن طی سال‌های ۷۴ تا ۷۶ تأثیر چندانی روی بالا آمدن سطح آب نداشته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که افت شدید سطح آب زیرزمینی، باید عمدتاً به علت اضافه برداشت از آبخوان دشت بوده باشد که بازتابی نیز بر تغییر کیفی آب داشته است. به علاوه، در عین اینکه مقدار بارندگی نازل شده طی سال‌های آبی ۷۱-۱۳۷۰ تا ۷۲-۷۳ به میزان ۱۲۳/۵ میلی‌متر، قابل توجه بوده، ولی سطح آب در آبخوان ۰/۷۱ متر افت داشته است. مقدار افت سطح آب از سال آبی ۱۳۷۲ به بعد نیز، علیرغم افزایش بارندگی سالانه به طور متوسط به میزان ۵۱/۲ میلی‌متر هم چنان ادامه داشته و مقدار آن به ۴/۱۴ متر رسیده است (نمودار ۶).



نمودار ۶ مقایسه هیدروگراف واحد دشت و میزان بارندگی سالیانه طی سال‌های ۷۵-۱۳۷۱

### و- تغییرات کیفی آب زیرزمینی آبخوان دشت جنگل

تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت جنگل براساس تجزیه و تحلیل نتایج شیمیایی آب چاه‌های انتخابی و ترسیم منحنی‌های هدایت الکتریکی و کلر و ارزیابی و توزیع مکانی آن‌ها مطالعه شده است.



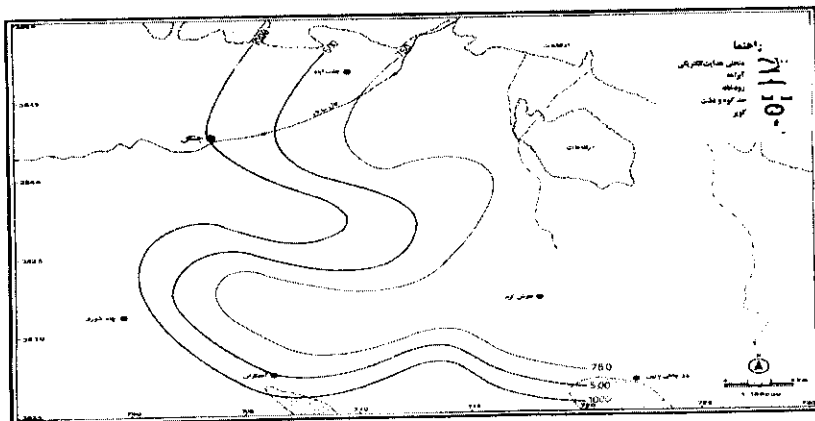
جدول ۲ آمار بارندگی ماهانه و سالانه برحسب میلی‌متر

کد حوزه: ۴۷													ایستگاه: ۵۹-۱۷		
نام حوزه:													کد ایستگاه: ۳۴-۴۴		
جنت آباد جنگل													۴۷-۱۲۰		
سال آبی	#	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	جمع سالانه	حداکثر ۱۴ ساعت	تعداد روزهای بارانی
۶۴-۶۵	۰	۷	۲۱	۹۱۵	۴۸	۲۳۱۵	۲۸۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۷۰۵	۲۰	۱۹
۶۵-۶۶	۰	۰	۴۳۲	۹	۱۲	۵۰۰۵	۵۰۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۰۷	۱۵۰۹	۱۵
۶۶-۶۷	۰	۹۰۵	۰	۲۱۰۵	۲۹	۵۵	۱۳۱۵	۱۵	۰	۰	۰	۰	۱۴۳۰۵	۱۳۰۵	۲۱
۶۷-۶۸	۰	۰	۱۱۱۵	۸۱۵	۲۹۱۵	۳۵۰۵	۱۱۱۵	۸۰۵	۰	۰	۰	۰	۱۰۰۵	۱۶۰۵	۱۸
۶۸-۶۹	۰	۱۱	۱۵۰۵	۲۲۰۵	۴۲۰۵	۸	۱۴۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۴	۱۸۰۵	۲۰
۶۹-۷۰	۰	۰	۰	۴۱۰۵	۳۲	۸۲	۳۳۰۵	۱۰۵	۰	۰	۰	۰	۱۹۰۰۵	۳۰۰۵	۳۵
۷۰-۷۱	۱۰۰۵	۰	۳۱۰۵	۳۱۰۵	۲۵	۱۶۱۵	۷۲	۳۵۰۵	۴۰۵	۰	۰	۰	۲۱۸	۱۷۰۵	۴۳
۷۱-۷۲	۰	۸۱۵	۲۴۰۵	۳۲	۶۸۰۵	۵۶۰۵	۹	۲۲	۰	۰	۰	۰	۲۲۱	۱۹	۴۸
۷۲-۷۳	۰	۰	۶	۱۰۵	۱۷۰۵	۲۵	۳۳	۱۱۰۵	۰	۰	۰	۰	۹۴۰۵	۱۲۰۵	۱۸
۷۳-۷۴	۰	۱۰۰۵	۶۱۵	۱۷	۳۰۰۵	۱۳۰۵	۲۶	۵۳۰۵	۰	۰	۰	۰	۱۵۷۰۵	۳۸	۲۲
۷۴-۷۵	۷۰۵	۰	۱۲۰۵	۵	۶۳۰۵	۱۷۱۵	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱۳۴	۱۳۰۵	۲۲

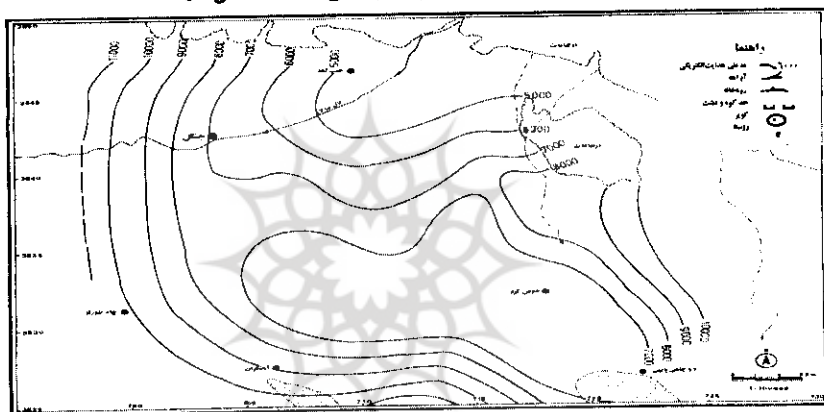
۱- هدایت الکتریکی (EC) - نقشه ایزوکنداکتیوئنه: هدایت الکتریکی آب (EC) نشان دهنده کل املاح موجود در آب می‌باشد. هر قدر میزان املاح آب بیشتر باشد، از مطلوبیت آن برای مصارف شرب و کشاورزی کاسته می‌شود. طبق استانداردهای بین‌المللی، مقدار EC آب آشامیدنی نباید از ۲۰۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر بیشتر باشد [۲] و یا در آب مصرفی کشاورزی EC ۶۰۰۰ حد بالای مجاز میکرومhos بر سانتی‌متر می‌باشد [۱]. تغییرات مقدار EC آب در دشت، در ارتباط با افت سطح آب زیرزمینی در زیر مورد بررسی واقع شده است. در این رابطه به تفسیر نقشه‌های ۳ تا ۵ اقدام گردید. نقشه هدایت الکتریکی (نقشه ۳) که براساس آمار سال ۱۳۶۶ تهیه شده است، نشان می‌دهد که به دلیل استخراج متعادل و هماهنگ آب با تغذیه سالانه آبخوان، هدایت الکتریکی آب در جهت جریان آب زیرزمینی و به سمت کویر، افزایش نشان می‌دهد. چنین روندی، به طور کلی در همه آبخوان‌ها طبیعی است، چون رسوبات تشکیل دهنده آبخوان از رأس مخروط افکنه، به طرف دامنه یا انتهای مخروط افکنه، از درشت به ریز تغییر طرف دامنه یا انتهای مخروط افکنه، از درشت به ریز تغییر می‌کند [۸]، و به تبع آن کیفیت آب زیرزمینی نیز از شیرین به شور تغییر کیفیت می‌دهد. به علاوه، هر چه رسوبات دانه ریزتر، املاح قابل حل در آن‌ها

بیشتر است و در آب زیرزمینی حل می‌شود. از این گذشته، حرکت آب در رسوبات دانه‌ریز به کندی انجام می‌شود، در نتیجه آب فرصت بیشتری می‌یابد تا کانی‌های قابل حل را در خود حل نماید. در نقشه مزبور که مربوط است به سال‌های قبل از اضافه برداشت از دشت، افزایش هدایت الکتریکی از ابتدای مخروط افکنه، در شمال شرق به طرف جنوب مشهود است. به بیان دیگر املاح آب در جهت تغذیه مخروط افکنه بیشتر می‌شود. ارقام روی نقشه مزبور نشان می‌دهند که افزایش مقدار هدایت الکتریکی در محل ورود رودخانه کال سالار به دشت در نقشه ۷۵۰۳ میکرومhos بر سانتی‌متر و در حواشی جنگل به ۱۰۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر می‌رسد.

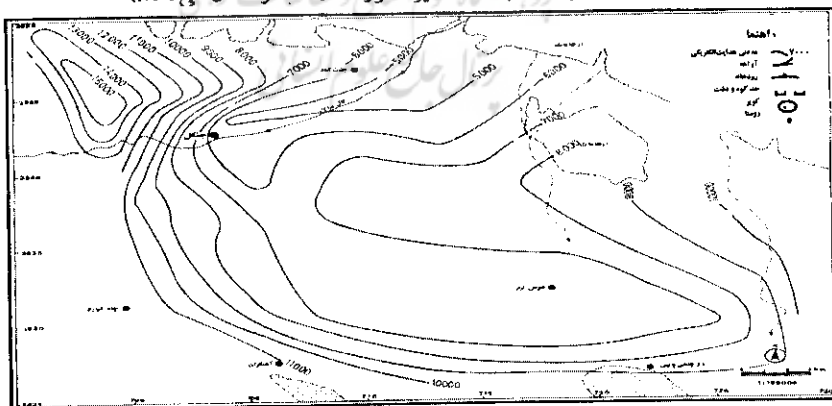
لیکن با توسعه بهره‌برداری و افزایش تراکم چاه‌ها در قسمت مرکزی دشت و به تبع آن افت سطح آب در این منطقه، مقدار هدایت الکتریکی نسبت به سایر قسمت‌های دشت افزایش می‌یابد. تداوم این امر منتج به حرکت آب زیرزمینی از اطراف به سمت مرکز منطقه، گردیده و تغییراتی را در منحنی‌های هدایت الکتریکی به وجود آورده و سبب افزایش املاح آب شده است. روند این تغییرات نیز با منحنی‌های هم هدایت الکتریکی مربوط به سال ۱۳۷۲ (نقشه ۴) قابل مقایسه است. با توجه به منحنی‌های دو نقشه مزبور ملاحظه می‌گردد که میزان هدایت الکتریکی آبخوان در ۶ سال بعد (۷۲-۱۳۶۶) در محل ورودی دشت به ۵۰۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر می‌رسد و مقدار آن به طرف غرب و جنوب دشت افزایش می‌یابد. میزان افزایش تغییرات هدایت الکتریکی طی این دوره (۷۲-۱۳۶۶) در حواشی جنت‌آباد از ۵۰۰ به ۵۰۰۰ و در نزدیکی جنگل از ۱۰۰۰ به ۷۰۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر می‌رسد. در اثر افزایش بهره‌برداری در سه سال بعد، یعنی در سال ۱۳۷۵ در مقدار هدایت الکتریکی آب آبخوان دشت تغییرات چشم‌گیری به وجود می‌آید که در شکل ۵ انعکاس یافته است. در این شکل دیده می‌شود که مقدار هدایت الکتریکی در ابتدای دشت در نزدیکی جنت‌آباد از ۵۰۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر (در سال ۱۳۷۲) به ۶۰۰۰ و در حواشی جنگل از ۷۰۰۰ (در سال ۱۳۷۲) به ۸۰۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر تغییر می‌یابد. از این گذشته، در روستای آهنگران (حاشیه کویر) که مقدار هدایت الکتریکی در نقشه ۳ (سال ۱۳۶۶)، ۵۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر بوده است، در نقشه ۴ (سال ۱۳۷۲) به ۱۰۰۰۰ و در نقشه ۵ (سال ۱۳۷۵) به ۱۱۰۰۰ میکرومhos بر سانتی‌متر می‌رسد. این تغییرات بیانگر پیشروی جبهه آب شور به طرف جبهه آب شیرین یا مرکز دشت است که قطعاً نتیجه اضافه برداشت از آبخوان می‌باشد.



نقشه ۳ هم‌کنداکتیویته آب زیرزمینی دشت جنگل در سال ۱۳۶۶



نقشه ۴ هم‌کنداکتیویته آب زیرزمینی دشت جنگل در سال ۱۳۷۲  
(مقایسه این نقشه با نقشه اخیر، شور شدن آب را نشان می‌دهد.)



نقشه ۵ هم‌کنداکتیویته آب زیرزمینی دشت جنگل در سال ۱۳۷۵  
(مقایسه نقشه‌ها به وضوح شور شدن آب زیرزمینی را نشان می‌دهد)

## ۲- کلر آب زیرزمینی - نقشه ایزوکلر: افزایش میزان کلر آب زیرزمینی و یا سطحی

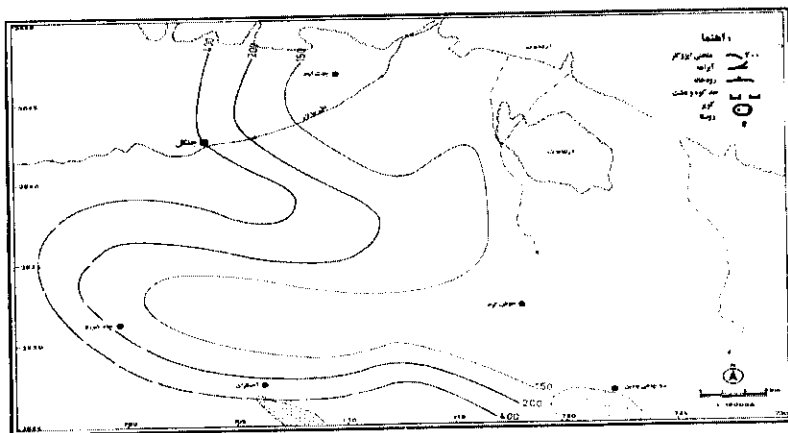
مبین افزایش املاح آب به ویژه نوع سدیک آن است، چون یون کلر غالباً به یون سدیم وابسته بوده و نشان دهنده مقدار کلر و سدیم آب است. بهره‌برداری آب زیرزمینی به مقدار بیش از تغذیه، در طول‌المدت، مقدار کلرور سدیم به ویژه کربنات سدیم آب را نیز افزایش خواهد داد [۹]. به منظور اثبات این موضوع در این گزارش، اقدام به تفسیر نقشه‌های ایزوکلر شده است.

نقشه ایزوکلر نقشه ۶ (سال ۱۳۶۶) نشان می‌دهد تا وقتی که بهره‌برداری از چاه‌ها هنوز آنچنان توسعه‌ای نداشته که منجر به افت مستمر سطح آب شود، مقدار کلر در جهت جریان آب‌های زیرزمینی یعنی از شمال شرق به طرف غرب و جنوب (منطقه کویری) به طور طبیعی در راستای حرکت آب زیرزمینی افزایش نشان می‌دهد. مقدار آن در حواشی جنت آباد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و در حوالی چاه شورک و آهنگران به ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. در نزدیکی جنگل مقدار آن ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

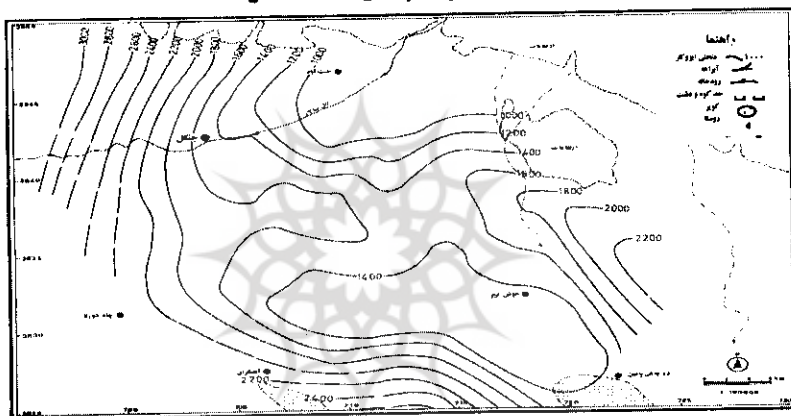
لیکن با افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری در منطقه، به خصوص در قسمت مرکزی دشت همان‌گونه که در نقشه ۷ (تهیه شده براساس آمار سال ۱۳۷۲) ملاحظه می‌گردد، تغییرات کلر، در سه جهت غرب، شرق و جنوب در اثر اضافه برداشت رو به افزایش نهاده و در حواشی جنت آباد به ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، در جنگل به ۱۴۰۰، در چاه شورک و آهنگران به ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. به عبارت دیگر طی برداشت آب در یک دوره شش ساله، میزان کلر در این مناطق نزدیک به چهار برابر افزایش داشته است. قابل توضیح است که مقدار کلر در حاشیه کویر (جنوب دشت) به ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد.

روند افزایش کلر منابع آب زیرزمینی دشت در فاصله سال‌های ۷۲ تا ۷۵ کماکان ادامه داشته، که نحوه آن در نقشه ۸ (سال ۱۳۷۵) انعکاس یافته است. طبق نقشه مزبور میزان کلر به خصوص در قسمت‌هایی که قبلاً ذکر شده هم‌چنان رو به افزایش بوده، به طوری که مقدار آن در جنت آباد ۱۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، در جنگل ۱۵۰۰، در منطقه حوض علیچاه ۳۵۰۰ و در آهنگران به ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. به عبارت دیگر مقدار آن نسبت به سال ۱۳۷۲، به طور متوسط ۲۵ درصد افزایش داشته است. به خصوص افزایش آن در جنوب دشت، مبین پیشروی آب شور کویر به طرف آب شیرین می‌باشد.

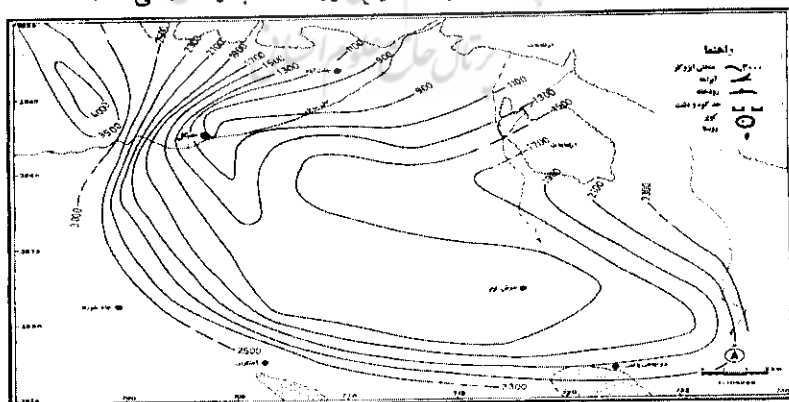
تأثیر اضافه برداشت آب از چاه‌ها در شور شدن ... ۱۰۳



نقشه ۶ هم کلر آب زیرزمینی دشت جنگل در سال ۱۳۴۶



نقشه ۷ هم کلر آب زیرزمینی دشت جنگل در سال ۱۳۷۲  
(مقایسه این نقشه با نقشه اخیر به وضوح شور شدن آب را نشان می‌دهد)



نقشه ۸ هم کلر دشت جنگل در سال ۱۳۷۵  
(مقایسه این نقشه با نقشه ۷ به وضوح شورتر شدن آب و پیشروی جبهه آب شور را نشان می‌دهد)

## نتیجه گیری

دشت جنگل که نامش را از دهستان جنگل گرفته است، با وسعتی معادل ۲۰۰۰ کیلومتر مربع در جنوب غرب تربت حیدریه واقع است. دهستان جنگل از نظر تقسیمات کشوری از توابع شهرستان تربت حیدریه می باشد. اهالی ساکن در این دهستان، به طور عمده به دامداری و کشاورزی اشتغال دارند.

تا قبل از دهه ۱۳۵۰ اهالی این منطقه تنها از آب رودخانه کال سالار که از ارتفاعات شمال غرب وارد می شد استفاده می کردند. به تدریج که حفر چاه در استان خراسان متداول گشت، در این دشت نیز تعدادی چاه حفر شد و آن گاه سال به سال به تعداد آن‌ها افزوده شد، به طوری که تا سال ۱۳۷۷، ۱۷۶ حلقه چاه در این دشت حفر شد و سالانه حدود ۱۲۹ میلیون مترمکعب آب توسط آن‌ها استخراج شد.

نیاز روز افزون به آب برای توسعه هر چه بیشتر کشاورزی در استان خراسان به طور اعم و در دشت جنگل به طور اخص سبب شده است که حجم آب استخراج شده از مخزن (خروجی) از حجم آب وارد شده به مخزن (ورودی) پیشی گیرد. ادامه چنین شیوه‌ای از بهره برداری آب، منجر به افت مداوم سطح آب زیرزمینی و کسری مخزن در دشت جنگل شده است که در هیدروگراف معرف (واحد) آن (نمودار ۴) به خوبی مشهود است. شروع افت سطح آب زیرزمینی در سال آبی ۱۳۷۱-۷۲ بوده است و شدت آن در سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ اتفاق افتاده است که متأسفانه هم‌چنان ادامه دارد.

افت مستمر سطح آب زیرزمینی پیامدهای متعددی را به دنبال دارد که یکی از آن‌ها شور شدن تدریجی آب زیرزمینی است و در مناطقی که دو جبهه آب شور به طرف آب شیرین حرکت دارند (مانند مناطق ساحلی یا کویری) منجر به پیشروی جبهه آب شور به طرف آب شیرین می شود. اثبات این دو مورد هدف اصلی این مقاله بود که به نتیجه رسیده است.

سه شیت نقشه هدایت الکتریکی (۳ تا ۵) که به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ برای بررسی وضعیت کیفی آب دشت جنگل تهیه شده‌اند، به وضوح افزایش تدریجی میزان کل املاح (EC) آب را نشان می دهند. برای مثال، مقدار هدایت الکتریکی آب در حواشی روستای جنگل در سال ۱۳۶۶ حدود ۱۰۰۰ میکرومhos بر سانتی متر بوده که در سال ۱۳۷۲ به ۷۰۰۰ و در سال ۱۳۷۵ به ۸۰۰۰ میکرومhos بر سانتی متر می رسد.

همچنین مقدار کلر آب که معمولاً به سدیم مرتبط است و شوری نوع سدیمی را نشان می دهد، با توجه به نقشه ۶ در سال ۱۳۶۶ در نزدیکی روستای جنگل ۴۰۰ میلی گرم در لیتر بوده که در سال ۱۳۷۲ به ۱۴۰۰ و در سال ۱۳۷۵ به ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر می رسیده است (نقشه ۷ و ۸). افزایش تدریجی مقدار هدایت الکتریکی و کلر در بخش جنوبی دشت (حاشیه کویر) که در نقشه‌های

مزبور قابل مشاهده است، دال بر پیشروی آب شور کویر به طرف آب شیرین دشت جنگل می‌باشد.

با توجه به موارد مذکور و با توجه به این که تغییراتی در عوامل و وضعیت طبیعی منطقه رخ نداده است و نیز با عنایت به این که تغذیه ناشی از بارندگی در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۶ نتوانسته است کسری مخزن را جبران نموده و سبب بالا آمدن سطح آب زیرزمینی شود (نمودار ۶) لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عامل اصلی تغییر کیفیت (شوری) آبخوان دشت جنگل، افت مستمر سطح آب زیرزمینی است که خود ناشی از اضافه برداشت از مخزن می‌باشد.

### پیشنهادات

به منظور کنترل افت سطح آب زیرزمینی و شوری آب آبخوان، سه پیشنهاد اساسی به شرح زیر ارائه می‌شود:

- ۱- جلوگیری از استخراج بی‌رویه آب، توسط چاه‌ها. در این رابطه لازم است در پروانه بهره‌برداری چاه‌ها تجدید نظر به عمل آید و دبی آن‌ها با توجه به تغذیه سالانه مخزن اصلاح شود.
- ۲- از سیلاب رودخانه کال سالار برای تغذیه مصنوعی و تقویت آبخوان استفاده شود.
- ۳- استخراج آب به بخش جنوبی دشت متمرکز شده و از آب شور به عنوان یک پتانسیل آب برای گیاهان شور پسند و یا محصولات آبی که به شوری آب حساسیت کمتری دارند، بهره‌گیری شود. به بیان دیگر نوعی تغییر الگوی کشت در منطقه با توجه به کیفیت آب صورت گیرد.
- ۴- بررسی اثرات سد شهید یعقوبی بر روند افت سطح آب زیرزمینی و کسری مخزن.

### پی‌نوشت‌ها

- ۱- علیزاده، امین: کیفیت آب آبیاری، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۶۸، ص. ۴۷.
- ۲- م، حسینیان: آب و سلامتی انسان، ۱۳۷۲.
- ۳- سازمان برنامه و بودجه مرکز آمار ایران، سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۷۵، نتایج تفصیلی شهرستان تربت حیدریه.
- ۴- شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان، بخش تلفیق و آنالیز گزارش ممنوعیت دشت جنگل، ۱۳۷۶، ص. ۱۶۷.
- ۵- شرکت ملی نفت ایران، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شماره ۳، شمال شرق ایران، ص. ۲.
- ۶- پرایس، مایکل: مقدمه‌ای بر آب زیرزمینی، ترجمه: س. ولایتی و ش. رضایی، انتشارات خراسان، ۱۳۷۲، ص. ۲۱۸.
- ۷- سعدالله، ولایتی و س، توسلی: منابع و مسایل آب ایران، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۷۰، ص. ۱۶۷.