

تعیین عمق بحرانی آب زیرزمینی بکمک لیزیمترهائی با سطح آب زیرزمینی ثابت

از: دکتر عباس پائنائی*

مقدمه:

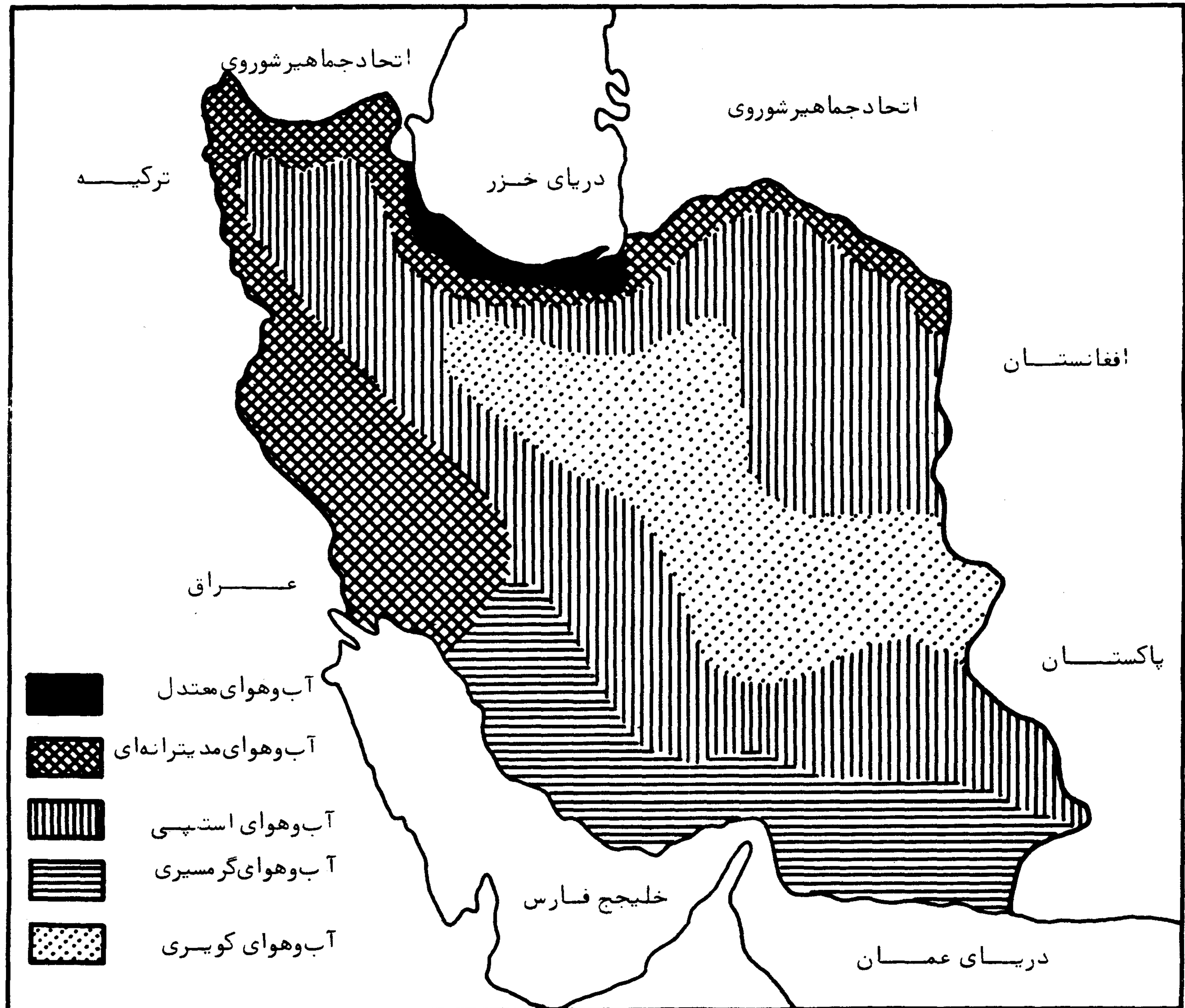
مسئله دیگری که همه مناطق خشک جهان از جمله کشور ما ایران با آن روبرو است مشکل شوری خاک است که نتیجه مستقیم برتری میزان تبخیر سالیانه نسبت به میزان بارندگی است که بر اثر آبیاری بی رویه و بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و بالاخره تبخیری کاپیلاری و بجای گذاردن املاح محلول خود در قسمتهای سطحی خاک حاصل می شود.

برای نشان دادن اهمیت موضوع کافی است یادآور شویم در حالیکه قبل از ایجاد و بهره برداری از شبکه آبیاری طرح آبرسانی کرخه، در استان خوزستان، در سال ۱۳۴۲ عمق آب زیرزمینی در این اراضی مابین ۷-۵ متر بوده، با شروع بهره برداری و در نتیجه آبیاری بی رویه و نبودن زهکشی طبیعی و یا مصنوعی کافی، هر ساله سطح آب زیرزمینی بالاتر می آمد و در حال حاضر حتی به کمتر از یک متر رسیده است و بیش از دو سوم اراضی آن به شورزاری تبدیل گردیده است.

بطور کلی مسئله کمیبود میزان بارندگی سالیانه یکی از مشکلات اساسی مناطق خشک و نیمه خشک جهان است و شامل کشورمان نیز می باشد. بطوریکه آمار موجود نشان می دهد صرف نظر از نوار ساحلی و باریک دریای خزر که میزان بارندگی سالیانه آن بیشتر از ۶۰۰ میلیمتر بوده و دارای آب و هوایی مرطوب است آب و هوای سایر قسمتهای ایران با ۴۸۰-۱۰۰ میلیمتر بارندگی سالیانه، خشک تا نیمه خشک می باشد.

قسمت اعظم استان خوزستان و بلوچستان و نوار ساحلی خلیج فارس و دریای عمان با کمتر از ۳۰۰ میلیمتر بارندگی سالیانه دارای آب و هوایی نیمه حاره ای می باشد و سراسر بخش غربی ایران در حوزه گسترش سلسله جبال زاگرس و البرز با ۴۸۰-۲۵۰ میلیمتر بارندگی سالیانه دارای آب و هوایی خشک تا نیمه خشک است و سرانجام، قسمت مرکزی و شرقی و جنوبی با کمتر از یکصد میلیمتر بارندگی سالیانه، دارای آب و هوایی کویری یا نیمه کویری می باشد. "عکس (۱)"

عکس (۱) - نقشه پراکندگی باران سالیانه در ایران



اهمیت مطالب فوق سبب شد که در سال ۱۳۴۸ در اراضی دانشکده کشاورزی اهواز در روستای رامین یک طرح تحقیقاتی جهت شناسایی میزان توانائی تبخیر سطح آزاد آب از تشت تبخیر و از آب زیرزمینی با هدف تعیین عمق بحرانی آب زیرزمینی اجراء گردد.

۱- بررسی میزان توانائی تبخیر از سطح آزاد آب و آب زیرزمینی :

۱-۱- بررسی میزان توانائی تبخیر از سطح آزاد آب :

برای این منظور اقدام به تهیه و نصب یک دستگاه تشت تبخیر کردیم و از اول اردیبهشت سال ۱۳۵۰ اندازه گیری میزان تبخیر روزانه را آغاز نمودیم . این اندازه گیریها را روزانه در سه نوبت تا پایان ماه خرداد سال ۱۳۵۰ ادامه دادیم . نتایج حاصله از این اندازه گیریها نشان می دهد که میزان توانائی تبخیر PE ، سالیانه در روستای رامین ، واقع در ۴ کیلومتری شمال شرق اهواز ، برابر با ۳۳۹۵ میلیمتر است . با در نظر گرفتن ۱۳۹ میلیمتر بارندگی سالیانه در همین زمان دیده می شود . که این منطقه سالیانه ۳۲۵۶ میلیمتر کمبود باران دارد .

با مقایسه نتیجه بدست آمده با میزان کمبود باران در بعضی ایستگاههای افریقائی و آسیائی ملاحظه خواهیم کرد که منطقه رامین حتی خشکتر از سودان ، عدن ، بحرین ، سوریه ، لیبی و تونس است (تابلوی ۱) .

با تفکیک اطلاعات بدست آمده نسبت به ماههای سال ، دیده می شود که :

۱- ماههای مه تا اوت مطابق با خرداد تا شهریور ماه با بیش از ۵۰ میلیمتر تبخیر ماهیانه ، خشکترین ماههای سال است

محیط شناسی

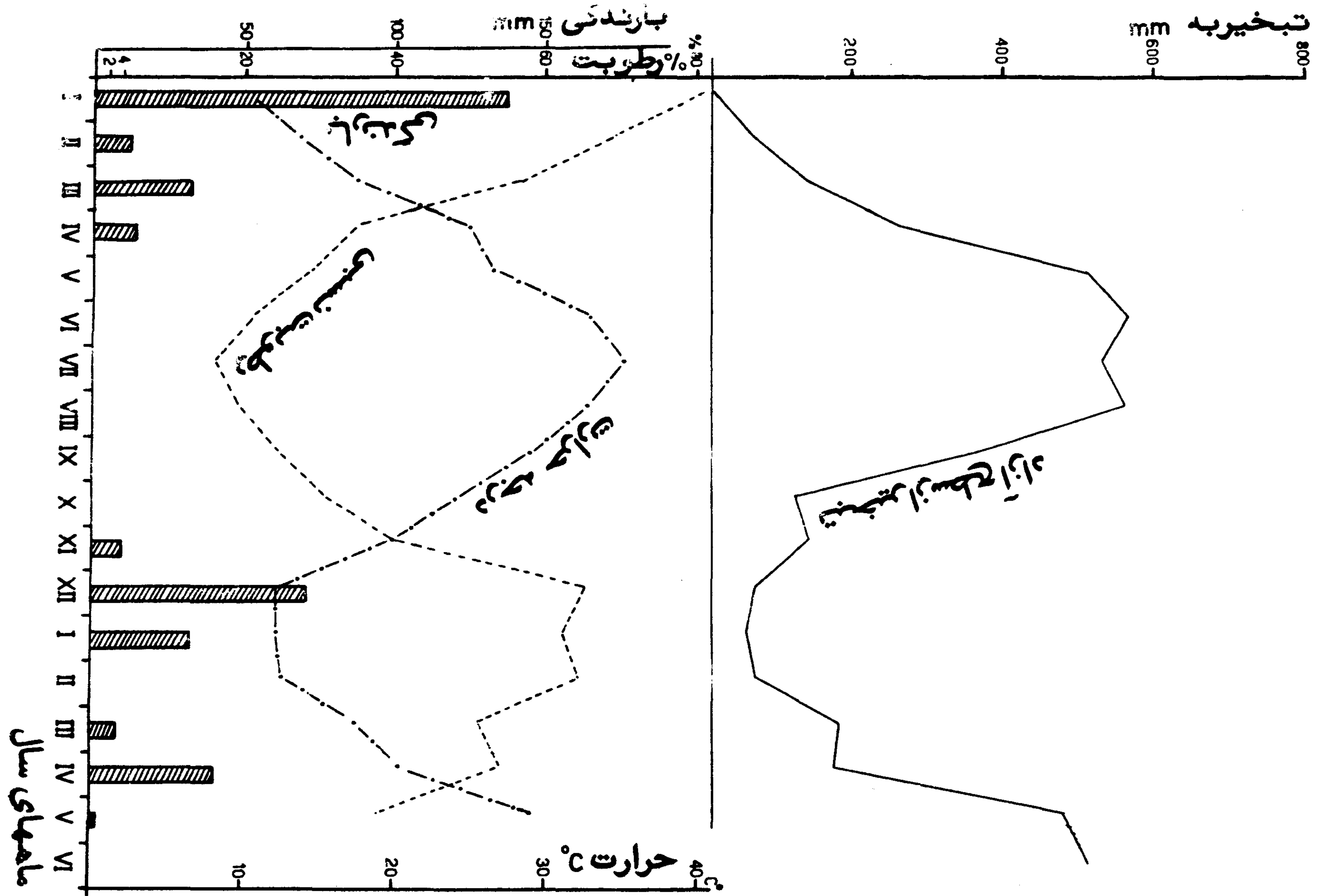
۲- در ماههای دسامبر تا مارس مطابق با آذر تا اسفند ماه ، با کمتر از ۱۰۰ میلیمتر تبخیر ماهیانه ، میزان تبخیر از همه ماههای سال کمتر است .

سرانجام با مقایسه منحنی توانائی تبخیر ماهیانه از سطح آزاد آب با تغییرات حرارت متوسط ماهیانه و رطوبت نسبی هوای اندازه گیری شده در ایستگاه هواشناسی محل ملاحظه خواهیم نمود که هم آهنگی کاملی مابین روند منحنی میزان تبخیر و درجه حرارت متوسط ماهیانه وجود دارد ، در حالیکه بالعکس باروند ، منحنی رطوبت نسبی ماهیانه رابطه ای معکوس دیده می شود . و آن بدان معنی است که هر اندازه درجه حرارت متوسط ماهیانه بیشتر و رطوبت نسبی آن کمتر باشد میزان توانائی تبخیر از سطح آزاد آب نیز بیشتر خواهد بود و بالعکس (عکس ۲ تابلوی ۲) .

۲-۱- بررسی میزان توانائی تبخیر از آب زیرزمینی با اعماق مختلف :

بطوریکه قبلاً در مقدمه گفتیم و در بخش قبل نیز نشان دادیم یکی از خصوصیات اصلی مناطق خشک و نیمه خشک جهان آن است که میزان تبخیر سالیانه آنها ، خیلی بیشتر از میزان بارندگی است . در نتیجه برخلاف مناطق مرطوب ، که حرکت آب بصورت عمودی و در جهت نیروی ثقل صورت می گیرد ، در این مناطق اگر اصولاً " رطوبتی وجود داشته باشد در قسمت اعظم سال جهت حرکت محلول داخلی خاک بعکس می باشد . بطوریکه برخلاف حالت نخست که افقهای ایلویال (Illuvial) یا شسته از مواد و املاح کلوئیدی در قسمت سطحی و افق الویال (Eluvial) یا محل تراکم مواد شسته شده در اعماق بیشتر تشکیل می گردند ، در شرایط خشک بخصوص در مواردیکه عمق آب زیرزمینی بالا است جهت این حرکت بعکس می باشد ،

عکس (۲) - میزان توانائی تبخیر از سطح آزاد آب و رابطه آن با حرارت متوسط و رطوبت نسبی متوسط ماهیانه در سال ۷۱ - ۱۹۷۰.



تابلوی (۱) - مقدار کمبود باران سالیانه در بعضی از مناطق جهان:

نام محل	رامین	ایلات	نیجریه	سودان	عدن	بحرین	سوریه	لیبی	تونس
میزان کمبود باران به میلیمتر	۵۸۲۸	۴۳۹۶	۳۲۵۶	۲۴۰۵	۲۳۵۳	۲۲۴۲	۲۲۳۵	۱۵۹۲	۱۰۰۲

تابلوی (۲) - میزان کمبود باران در ماههای مختلف سال در روستای رامین در سال ۱۳۵۱ - ۱۳۵۰

ماههای سال	میزان بارندگی	میزان تبخیر از سطح آزاد آب به میلیمتر	میزان کمبود باران
فروردین	۱۴/۵	۲۶۸/۲	۲۵۳/۷
اردیبهشت	-	۵۲۲/۸۰	۵۲۶/۸۰
خرداد	-	۵۶۵/۵۰	۵۶۵/۵۰
تیر	-	۵۲۷/۲۰	۵۲۷/۲۰
مرداد	-	۵۶۰/۸۰	۵۶۰/۸۰
شهریور	-	۳۷۹/۵۰	۳۷۹/۵۰
مهر	-	۱۲۳/۵۰	۱۲۳/۵۰
آبان	۱۰/۵	۱۴۴/۶۰	۱۳۴/۱۰
آذر	۷۲/۵	۷۳/۰۰	۱
دی	۳۳/۵	۶۴/۹	۳۱/۴۰
بهمن	-	۷۲/۴۰	۷۲/۴۰
اسفند	۸/۵	۸۸/۹	۸۰/۴۰

بطوریکه بر اثر تبخیر کاپیلاری و بجای گذاردن املاح محلول در آب زیرزمینی در قسمتهای فوقانی پروفیل، موجب تشکیل افق شور Sa در قسمتهای سطحی می‌گردد. این عمل بخصوص وقتی که به حداکثر شدت خود می‌رسد که یک لایه نفوذ ناپذیر " Claypan " در قسمتهای سطحی پروفیل عمیق ریشه وجود دارد و آبیاری زیاده از حد و با آبهای شور صورت گیرد.

انواع ایستگاههای لیسیمتری برای مطالعه بیلان آبی منطقه و یا اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعریق گیاهان زراعی و همچنین جهت مطالعه نیاز کودی و غیره سالهاست که در اروپا و آمریکا معمول می‌باشد. اخیراً نیز در شمال آفریقا در رابطه با آبیاری با آب شور از لیسیمتر استفاده شده است. برای تعیین میزان توانایی تبخیر آب زیرزمینی در ارتباط با عمق آن با هدف تعیین عمق بحرانی آب زیرزمینی برای جلوگیری از شوری خاک، بهترین وسیله استفاده از یکی از انواع لیسیمترها است که یا با عمق آب زیرزمینی ثابت بکار می‌رود.

الف - چگونگی ساختمان و متد اندازه‌گیری میزان توانایی تبخیر در لیسیمترها:

جایگاه لیسیمترها رامین (کلا " ۱۳ لیسیمتر) در محل بازی در نزدیکی رودخانه کارون ساخته شده بود که بعلت زهکشی طبیعی موجود در آن محل در تمام طول سال عمیقترین عمق آب زیرزمینی را داشت و از خط نفوذ آب بداخل جایگاه در امان بود (عکس ۳).

هر لیسیمتر از یک تا سه بشکه ۲۵۰ لیتری روغن موتور که بر روی یکدیگر جوش داده شده‌اند تشکیل شده است. هر یک از آنها به مخروطی در قسمت تحتانی که بیک لوله رابط و یک

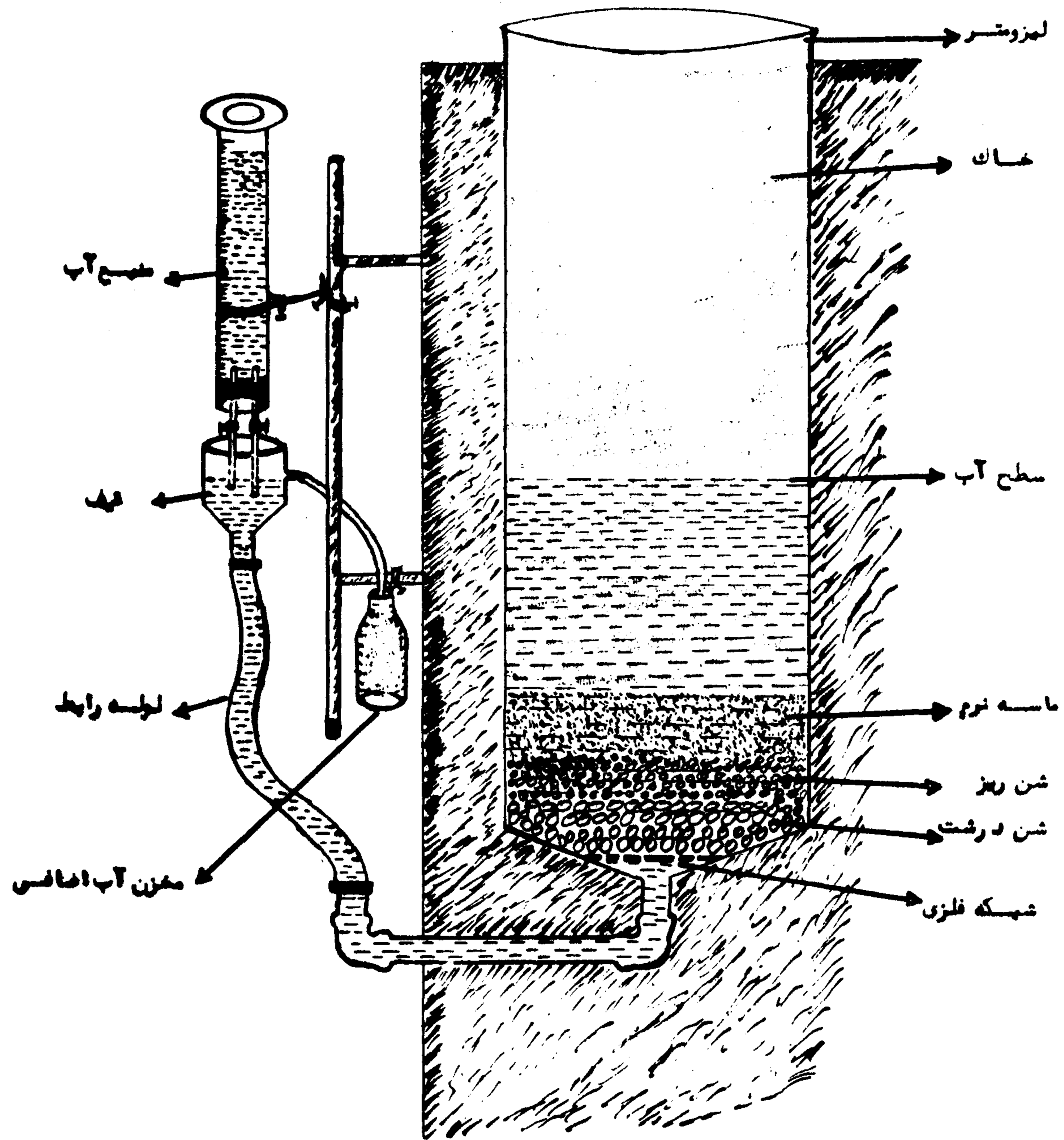
قیف مجهز بیک لوله لبریز وصل است منتهی می‌گردد. برای جلوگیری از نفوذ خاک بداخل لوله رابط روزنه تحتانی مخروط نخست بوسیله یک صفحه مشبک و سپس با سه لایه شن درشت و شن ریز و ماسه پوشانیده شده بود.

طرز کار این لیسیمترها بر اساس ظروف مرتبطه است و سطح آب زیرزمینی در هر یک از لیسیمترها بوسیله قراردادن سطح لوله لبریز قیف در عمق مورد نظر تنظیم می‌گردد. بطوریکه با پر کردن قیف بوسیله آب طبیعتاً سطح آب لیسیمترها نیز هم سطح آب در قیف ثابت خواهد ماند. برای ثابت نگاه داشتن عمق آب زیرزمینی در معرض تبخیر و اندازه‌گیری میزان تبخیر از یک سیلندر مدرج یک لیتری بعنوان مخزن آب استفاده می‌شود. این سیلندر به دو لوله شیشه‌ای شیردار مجهز بود که نسبت بهم در حدود پنج میلی‌متر تفاوت سطح دارند، و بکمک یک چوب پنبه لاستیکی به سیلندر مربوط می‌گردند، بطوریکه با پائین رفتن سطح آب در قیف بلافاصله هوا از طریق لوله کوتاه‌تر بداخل سیلندر نفوذ می‌کند و تا مسدود شدن مجدد لوله تهویه و با هم سطح شدن آن در آب از سیلندر مخزن خارج می‌گردد. میزان تبخیر روزانه را می‌توان مستقیماً از تفاوت حجم آب در فاصله دو اندازه‌گیری در سیلندر مخزن آب محاسبه کرد.

بدین طریق عمق آب زیرزمینی در ۸۲ دستگاه لیسیمترهای فوق الذکر در چهار سری و در اعماق ۸۰ و ۱۰۰ و ۱۵۰ و ۲۵۰ سانتیمتری ثابت نگهداشته شد (تابلوی ۳ عکس ۴).

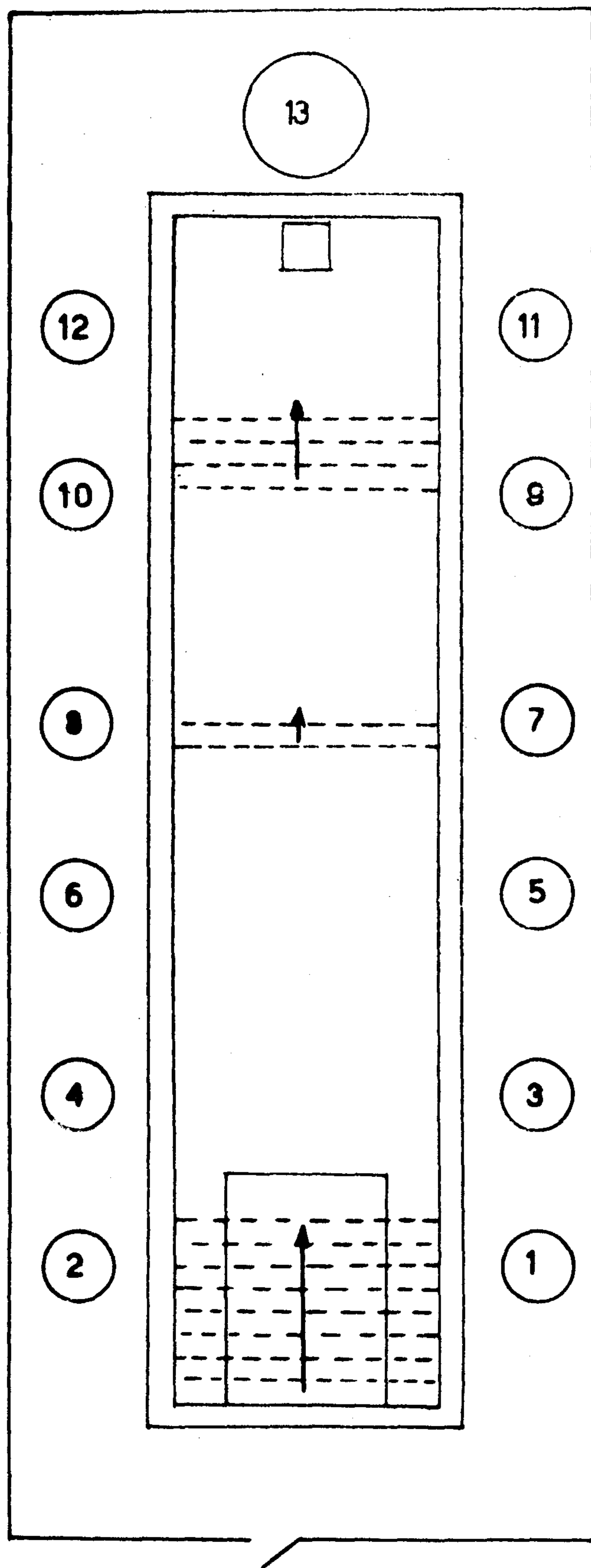
سرانجام لیسیمتر شماره ۱۳ در عمق سه متری و بدون آب زیرزمینی فقط جهت مطالعه بیلان آبی در نظر گرفته شد.

عکس (۳) - چگونگی ساختمان یکی از لیسیمترها



عكس (۴)

جایگاه لیسیتور



تابلوی (۳) - شماره لیسیمترها و عمق آب زیرزمینی در هر یک از آنها

عمق آب زیرزمینی به سانتیمتر	شماره	سری لیسیمترها
۸۰	۱-۴	۱
۱۰۰	۵-۸	۲
۱۵۰	۹-۱۰	۳
۲۵۰	۱۱-۱۲	۴

ب - بررسی میزان تبخیر آب زیرزمینی نسبت به عمق آب زیرزمینی :

میزان کمبود باران ، میزان تبخیر از لیسیمترها در سری اول با ۸۰ سانتیمتر عمق آب زیرزمینی با ۱۶۵/۹۸ میلیمتر بیشترین مقدار بود و در سری چهارم با ۲۵۰ سانتیمتر عمق آب زیرزمینی برابر با ۲۱/۴ میلیمتر بحداقل خود می‌رسد . ولی از نظر کیفی نیز روند تغییرات منحنی توانائی تبخیر آب زیرزمینی در سری اول کاملاً " با منحنی تغییرات توانائی تبخیر از سطح آزاد آب مطابقت می‌نماید و تقریباً " بموازات یکدیگر حرکت می‌کنند . در حالیکه با افزایش هرچه بیشتر عمق آب زیرزمینی نه تنها از شدت تبخیر کاسته می‌گردد بلکه از تفاوت بین میزان تبخیر از تشت با میزان تبخیر از سطح خاک افزایش می‌یابد و بالاخره در سری چهارم بحداقل خود می‌رسد . این حالت در آزمایشهای سال ۵۳ - ۱۳۵۲ که خاک تقریباً " تراکم طبیعی خود را بدست آورده است به حد اکثر خود می‌رسد (عکس ۵) .

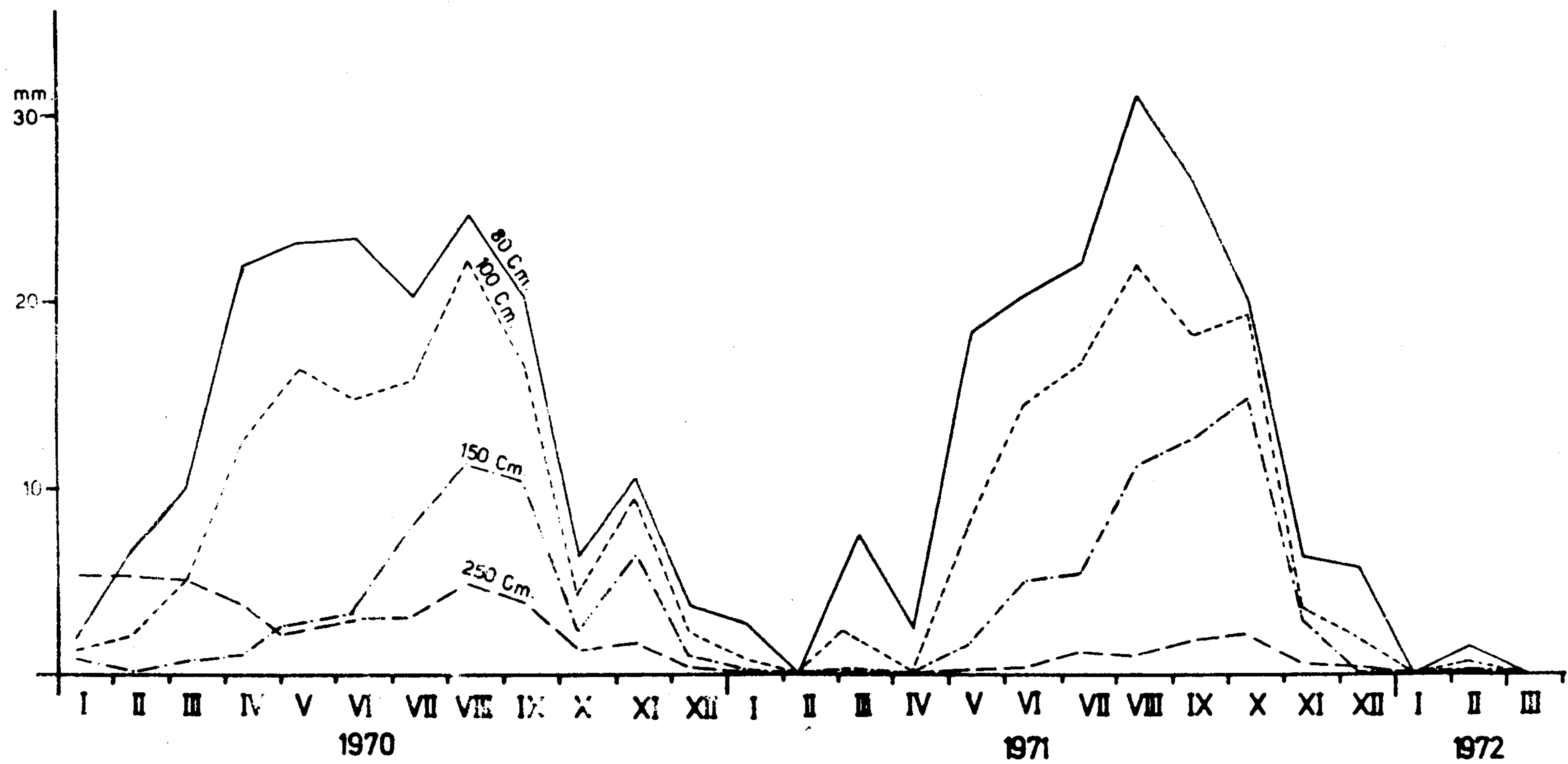
باتوجه به اطلاعات بدست آمده از میزان توانائی تبخیر از لیسیمترهای مختلف ، عمق بحرانی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه و برای خاکهایی با بافت CI_۱ می‌تواند مابین ۲/۵ - ۲ متر تعیین گردد . زیرا که روند منحنی از لیسیمترهای

در بررسی میزان توانائی تبخیر از سطح آزاد آب باین نتیجه رسیدیم که عملاً " در منطقه مورد مطالعه در تمام طول سال کمبود باران وجود دارد . این مسئله در مورد تبخیر آب زیرزمینی با مقایسه با حالت فوق کمی تفاوت دارد . در این حالت کمبود باران در تمام سال در همه لیسیمترها بعلت عمق آب زیرزمینی و عدم تماس مستقیم با هوای خارج یکسان نبوده بلکه فقط به ماههای مه تا اکتبر مطابق اردیبهشت تا آبان ماه محدود می‌گردد . از نظر کمیت نیز میزان توانائی تبخیر در همه لیسیمترها یکنواخت نیست بلکه با افزایش هرچه بیشتر عمق آب زیرزمینی میزان توانائی تبخیر نیز بشدت کاهش می‌یابد ، و بالاخره در سری چهارم با عمق ۲۵۰ سانتیمتر به حد اقل خود می‌رسد ، بطوریکه هر اندازه عمق آب زیرزمینی کمتر باشد میزان توانائی تبخیر بیشتر و بالعکس هرچه عمق آب بیشتر باشد میزان توانائی تبخیر نیز کمتر خواهد بود (تابلوی ۴) .

ج - چگونگی روند منحنی تبخیر آب زیرزمینی در لیسیمترها و مقایسه آن با توانائی تبخیر از سطح آزاد آب
بطوریکه در فوق نیز متذکر شدیم از نظر کمی همانند

محیط شناسی

عکس (۵) - میزان توانائی تبخیر آب زیرزمینی از لیسیمترهای مختلف



تابلوی (۴) - میزان کمبود باران در سری‌های مختلف لیسیمترها در سال ۵۱ - ۱۳۵۰

عمق آب زیرزمینی به سانتیمتر	۸۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۵۰
میزان کمبود باران در لیسیمترها به میلی‌متر	۱۲۳/۷۴	۹۰/۲۹	۳۶/۹۹	۱۷/۹۶
میزان کمبود باران بر اثر تبخیر سطح آزاد آب		۳۲۵۶/۳۴		

سری سوم با عمق ۱۵۰ سانتیمتر هنوز تا حد زیادی بخصوص در ماه‌های ژوئیه تا سپتامبر مطابق با تیر و مهرماه از روند منحنی تبخیر سری اول پیروی می‌نماید. عمق بحرانی انتخاب شده در فوق بوسیله مطالعات صحرائی تأیید شده است بطوریکه در آن قسمت از اراضی خوزستان که عمق آب زیرزمینی تا ۱۵۰ سانتیمتری می‌رسد تا حد نسبتاً "زیادی مسئله شوری دیده می‌شود. در صورتیکه در مناطقی که عمق آب زیرزمینی به حدود ۲ متر و بیشتر می‌رسد نسبتاً "این مشکل رفع شده است. تجربیات زهکشی در سطح استان نیز حد فوق را تأیید می‌نمایند. بطوریکه در حال حاضر این نوع خاکها با فاصله ۸۰ متری و عمق ۲ - ۳ متر زهکشی می‌شوند.

د - چگونگی تبخیر آب زیرزمینی در ساعات مختلف شبانه‌روز:

برای آشنائی با این امر در مردادماه سال ۱۳۵۰ هر چهار ساعت یکبار میزان تبخیر آب زیرزمینی در لیسیمترها سری اول با هشتاد سانتیمتر عمق آب زیرزمینی اندازه‌گیری شد و متوسط تبخیر در مجموعاً "چهار تکرار را محاسبه کردیم و

محیط‌شناسی

مورد مطالعه قرارداد دادیم. بطوریکه نتایج حاصله از این اندازه‌گیریها نشان می‌دهد که میزان تبخیر از ساعت ۲۴ تا ساعت هشت صبح کاملاً "یکنواخت و برای هر ساعت برابر با ۱۱/۸ سانتیمتر مکعب از سطحی در برابر با ۲۵۰ سانتیمتر مربع بود. در صورتیکه با گرم شدن هوا تا ساعت ۱۲ میزان تبخیر نیز افزایش یافت و به ۱۳/۵ سانتی‌متر مکعب در هر ساعت رسید. نکته جالب اینکه مابین ساعت ۱۶ - ۱۲ که گرمترین ساعت روز است میزان تبخیر کاهش یافت و به ۸/۱ سانتیمتر مکعب در ساعت رسید. احتمالاً " این کمبود با فقدان جریان هوا در این ساعت روز مربوط می‌گردد. در حالیکه از ساعت ۱۶ به بعد با وجود اینکه هوا ملایمتر بود ولی بعلت حرکت هوا با بادهای عصرانه میزان تبخیر نیز روبه فزونی نهاد و نخست تا ساعت ۲۰ به ۱۲/۵ سانتیمتر مکعب در ساعت و از ساعت ۲۰ تا ساعت ۲۴ دوباره کاهش یافت و به ۱۰ سانتی‌متر مکعب در ساعت رسید.

با مقایسه روند فوق با جذر و مد دریا احتمالاً " این دو حداقل در ساعت ۱۶ - ۱۲ و ۲۴ - ۲۰ با ساعت آرام هوا بین جذر و مد در ارتباط است (تابلوی ۵).

عکس (۶) - میزان تبخیر آب زیرزمینی در ساعات مختلف شبانه روز از عمق ۸۰ سانتی متری و سطح ۲۵۰ سانتی متری مربع به سانتی متر مکعب .



تابلوی (۵) - میزان تبخیر آب زیرزمینی از عمق ۸۰ سانتی متری در ساعات مختلف روز به سانتی متر در ساعت در تاریخ ۶ و ۷/۵/۱۳۵۰

۴-۸	۲۴-۴	۲۰-۲۴	۱۶-۲۰	۱۲-۱۶	۸-۱۲	ساعات مختلف شبانه روز
۱۱/۸	۱۱/۸	۱۰	۱۲/۵	۸/۱	۱۳/۵	میزان تبخیر

۲- نتیجه گیری:

منابع مورد استفاده:

۱- نشریه شماره
مؤسسه خاکشناسی و
حاصلخیزی خاک.

۲- طرح آبیاری و هکشی حمیدیه از سازمان ایران
زمین.

3- Weather Bureau Observing, Handbook,
No, 2.

4- Dr. Vrsur Schendel. Veglations
Wasserbrauch und Wasserbedarf. Kiel
1967.

5- Irrigation and Drainage, Paper
Salinity Seminar, Baghdad, No7, P50.

6- F.A.O. Irrigation and Drainage Paper,
Lysimeters, No39.

نتایج حاصله از آزمایشهای فوق می‌رساند که بکار بردن لیسیمترهای با عمق آب زیرزمینی ثابت برای تعیین عمق بحرانی آب زیرزمینی در شرایط جوی مختلف و با انواع مختلف خاکها جهت طرح برنامه‌های زهکشی و اصلاح خاکهای شور و قلیائی با موفقیت همراه خواهد بود. بطوریکه در این حالت عمق بحرانی ۲/۵ - ۲ متر برای حوزه‌های آبیاری و خاکهای از نوع CL چهار چاه از نظر علمی و چه از لحاظ تجربی منطقی بنظر می‌رسد. گذشته از مطلب فوق در این طرح تحقیقاتی، بخوبی هم‌آهنگی میزان تبخیر از سطح آزاد آب و آب زیرزمینی با درجه حرارت متوسط ماهیانه و جریانات روزانه هوا و بالعکس با رطوبت نسبی هوا نشان داده شده است. بخصوص رابطه عکس میزان تبخیر آب زیرزمینی و روند حرکت منحنی‌های تبخیر آنها نسبت بهم و نسبت به عمق آب زیرزمینی بطور قابل توجه و بوضوح نشان داده شده است.

بطوریکه ما بین میزان توانائی تبخیر آب زیرزمینی و عمق آب زیرزمینی رابطه عکسی برقرار است. بعبارت دیگر بهراندازه عمق آب زیرزمینی بیشتر باشد، میزان توانائی تبخیر آن کمتر خواهد بود.

محیط‌شناسی

Results and Summery

Our Investigations with groundwater lysimeters in Khuzestan (South west of Iran) indicates that this lysimeter could be used for indication of critical groundwater depth and potential groundwater evaporation in different groundwater levels and also in different climate and soils succesfully.

During our studies in the small village of ramin near by Ahwaz with a subtropical dry climate and clag-loam soils have shown us a critical groundwa-ter depth of 2-2,5 meter to prevent soil salinty.

We also found an indirect relation between ground water gepth and groundwa-ter evaporation.

At last our studies had shown us a direct relation between ground and surface-water evaporation and air tem-perature and air moving and an indire-ct relation to air humidity.