



کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

دومین کارگاه فنی زهکشی
محرومیت مالاً

۱۳۸۰ - ۱۲۷ اردیبهشت

۱۳۸۰ - ۱۴۲ شماره - نسخه

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مجموعه مقالات

دومین کارگاه فنی زهکشی

برگزارکنندگان

گروه کار زهکشی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ابراهیم پذیرا

مهدی همایی

صمد دربندی

مهرزاد احسانی

مجتبی اکرم

احمد لطفی

اردون آذری

زهره لیاقت

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

صفحه

فهرست

- | | |
|----|---|
| ۱ | ۱- نگرش‌های جدید در طراحی زهکشی
همتبی اکری |
| ۲۸ | ۲- نمونهای زهکشی
ابراهیم پذیرا، مهدی همایی |
| ۲۸ | ۳- ارزیابی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان
احمد لطفی |
| ۳۷ | ۴- تعدیل ضریب زهکشی در دشت مغان
ادوان آذری، بهروز مصطفیزاده |
| ۶۰ | ۵- ارزیابی پارامترهای طراحی زهکشی زیرزمینی در طرح زرینه‌رود
مصطفی وطن‌زاده، محمد باقر نهی، خلیل (و)دکی |
| ۷۹ | ۶- اثرات زیست محیطی زهکشی اراضی
سیدجلال مبلی |
| ۹۱ | ۷- ملاحظات زیست محیطی در طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی
صادم دربندی |

نگرشهای جدید در طراحی زهکشی

مجتبی اکرم^۱

چکیده

زهکشی تاریخچه ای سه هزار ساله دارد ولی شاید بتوان گفت از عمر زهکشی به شیوه امروزی حدود ۱۹۰ سال می‌گذرد. عقیده بر این است که هوگهات^۲ اولین کسی بود که در ۱۹۴۰ زهکشی مبتنی بر شیوه‌های علمی را پایه گذاری کرد. از آن پس، تحولات علمی زهکشی ابتدا به آزمایش‌های زهکشی معطوف شد و همزمان با آن، اصول و مبانی زهکشی در مورد تعیین فاصله و عمق زهکشها توسعه یافت و روابط ریاضی بسیاری ارائه شد. پیدایش لوله‌های پلاستیکی در دهه ۱۹۶۰ و رواج استفاده از ماشینهای زهکشی در دهه ۱۹۷۰ شتابی چشمگیر به توسعه زهکشهازیز زمینی داد؛ اما در این چند دهه، هم دانشمندان به طور عمده هنوز به ابداع و ارائه روابط جدید تعیین فاصله زهکشها معطوف بود. در دهه ۱۹۷۰ همزمان با پیشرفت بشر در زمینه کامپیوتر، حل عددی روابط ریاضی بیش از پیش مرسوم شد و شاید بتوان گفت که در اوایل دهه ۱۹۸۰ بود که اولین مدل‌های زهکشی ابداع شد و در دهه ۱۹۹۰ توسعه بیشتری یافت بطوری که شاید بتوان این دهه را دوره تدوین و پردازش مدل‌های ریاضی زهکشی به حساب آورد^(۵).

توجه بیشتر به مسائل محیط زیست نیز، از دهه ۱۹۷۰، مسیر توجه به مسائل زهکشی را اصلاح کرد. امروز می‌توان گفت که اصول اولیه علم زهکشی در حد مورد نیاز تدوین یافته است؛ معیارهای زهکشی هنوز در حال اصلاح و بهبود است؛ به نتایج حاصل از ارزیابی طرحهای اجرا شده قبلی بهای زیادی داده می‌شود؛ مدل‌های زهکشی برای مطالعات منطقه‌ای جایگاه کاربردی خود را یافته اند و روز به روز بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و سرانجام، توجه به مسائل زیست محیطی، معیارهای جدیدی را در طراحی زهکشی پیش رو قرار داده است.

در این مقاله، نگرشهایی نوین در طراحی زهکشها و بویژه در زهکشی زیرزمینی مورد توجه قرار گرفته است. اصلاح و بهبود معیارهای زهکشی با استفاده از ارزیابی زهکشی‌ای که قبلًاً احداث شده اند، مدل‌های زهکشی و ملاحظات زیست محیطی از این جمله بشمار می‌روند.

۱- عضو گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، کارشناس و رئیس هیئت مدیره مهندسین مشاور آبساران و مدرس پاره وقت زهکشی دانشگاه تهران

۲- Hooghoudt

۱ - مقدمه

آبیاری نیروی محرکه توسعه کشاورزی به شمارمی رود. توسعه آبیاری از اواسط دهه ۶۰ تا اواسط دهه ۸۰ موجب افزایشی بمیزان ۵۰ درصد در تولیدات کشاورزی جهان شده است. در برخی از کشورها همانند هند توسعه آبیاری به تنها یابع شده است که تولیدات کشاورزی صدرصد افزایش یابد(۱۰).

در سی سال نخست هزاره سوم، ۸۰ درصد جمعیت جهان در کشورهای در حال توسعه ساکن خواهد بود. اغلب سه میلیارد نفری که در این مدت به جمعیت جهان اضافه می شود، در کشورهای فقیر خواهد زیست. برای تغذیه کافی افراد، باید تولیدات کشاورزی در این مدت دو برابر شود. این موضوع فشار مضاعفی را به منابع طبیعی و بویژه آب و خاک کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه یافته که صادر کننده تولیدات کشاورزی هستند وارد خواهد آورد(۱۰).

هم اکنون بسیاری از نقاط جهان با کمبود آب و مشکلات شدید زیست محیطی ناشی از روشهای کشاورزی مواجهند. با این روند، نظامهای کشاورزی به یقین پایدار نیستند(۸). مانداني شدن اراضی به همراه شوری، بسیاری از طرحهای آبیاری را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش تولید شده است. رقابتی سهمگین برای دست یابی به آب، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک پیش رو است. نیازهای آب شرب و آب صنعتی نسبت به آب کشاورزی در اولویت قرار گرفته‌اند. همینطور آب مورد نیاز برای بازسازی اکوسیستمهای آبی نیز کم و بیش از آب مورد نیاز آبیاری، بویژه در کشورهای پیشرفته صنعتی در حال پیشی گرفتن است(۸).

در مناطق مرطوب، چالش بزرگی در مورد زهکشی مردابها و تالابها وجود دارد. رهیافت‌های تازه‌ای برای بازگرداندن حیات طبیعی به تالابها از طریق قطع جریان زهکشی پیش رو قرار گرفته است. در آینده کمبود آب، همراه با نگرانیهای زیست محیطی، موجب خواهد شد که اصلاحات عمیقی در کشاورزی، محیط زیست و سیاستهای اقتصادی در سطوح ملی و بین‌المللی صورت گیرد.

در حالیکه هنوز نیاز شدیدی به اجرای طرحهای توسعه آبیاری و زهکشی وجود دارد، ولی جهان دیگر طرحهایی که مشکلاتی را از نظر محیط زیست و پایداری کشاورزی بوجود می آورد پذیرا نیست. رویکرد آتی، حرکت به سوی کشاورزی پایدار از نظر اقتصادی و با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی خواهد بود(۸). این روش نه تنها در مورد طرحهای آتی، بلکه در مورد طرحهای گذشته نیز اعمال خواهد شد زیرا اراضی بسیاری از این طرحها در اثر بهره‌برداری و نگهداری نامناسب ماندابی و شور شده‌اند و یا مشکلات دیگری برای آنها پیش آمده است.

برای رسیدن به این رویکرد، باید به مدیریت منابع آب بصورتی جامع نگاه کرد(۱۰). در مدیریت عالی کشور باید پذیرفته شود که مدیریت منابع آب باید بهبود یابد و اکوسیستمهای وابسته به آب بعنوان منابع طبیعی ارزشمندی که کاربردی چندگانه دارند مورد توجه قرار گیرند. حفاظت از کیفیت آب و بهبود کیفی آن باید بعنوان بخش لایتجزای مطالعات طرحهای آبیاری و زهکشی تلقی گردد(۸). علاوه بر این باید کشاورزی از نظر اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست پایدار باقی بماند. در طرحهای زهکشی اجرا شده قبلی، تمرکز مطالعات بر بهسازی و بازسازی سیستم، افزایش تولیدات و حفاظت محیط زیست خواهد بود.

به منظور پایدار کردن کشاورزی، از قیمت گذاری منطقی محصولات کشاورزی باید حمایت شود. ایجاد انگیزه‌های اقتصادی در طرحهای کشاورزی و آبیاری و زهکشی باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. به عواملی که به تخریب محیط زیست کمک می‌کنند نباید هیچگونه یارانه‌ای تعلق گیرد. در این صورت نیاز به همکاریهای سازنده‌تر بین متخصصان آبیاری و زهکشی از یک سو و کارشناسان محیط زیست از سوی دیگر وجود دارد. علاوه بر توجه به مسائل فوق، باید از شکستها و موفقیتهای طرحهای اجرا شده قبلی درس گرفت و از آنها در بهبود طرحهای جدیدتر بهره جست. از این راست که ارزیابی طرحهای گذشته و یا مطالعه بر روی مزارع آزمایشی نیز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود.

۲- بهبود معیارهای طراحی زهکشی

چنانچه معیارهای طراحی زهکشی به درستی انتخاب نشوند، نمیتوان شبکه‌ای با کارآیی لازم را طراحی کرد. نقش معیارهای طراحی در موفقیت یا عدم موفقیت یک طرح بسیار زیاد است. در ایران، متأسفانه، بعلت اینکه پایش^۱ طرحها به درستی انجام نمی‌شود، بهبود قابل انتظاری نیز در معیارهای طراحی صورت نمی‌گیرد. کارشناسان طراح عموماً برای اطمینان از موفقیت طرحهای خود، بسیار محافظه کارانه می‌اندیشند و اغلب معیارها را برای بدترین شرایط ممکن انتخاب می‌کنند. این امر منجر به پر هزینه شدن طرحها می‌شود و با اعتبارات محدود، نمیتوان نیاز سایر طرحها را پاسخگو بود. در زیر به ذکر مواردی از این قبیل پرداخته می‌شود:

۲-۱- ضریب زهکشی

در بسیاری از روابط مبتنی بر جریانهای ماندگار، فاصله زهکشها تقریباً (نه تحقیقاً) با جذر ضریب زهکشی نسبت معکوس دارد. نگاهی سطحی به این رابطه، ممکن است نقش خطا را در برآورده ضریب زهکشی کم اهمیت جلوه دهد، اما توجه به این امر که کاهش ضریب زهکشی به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد موجب افزایش فاصله زهکشها به میزان حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد می‌شود و در نتیجه موجب کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها می‌گردد، اهمیت آن را آشکار می‌کند.

همانطور که گفته شد، طراحان به طور عموم، به سبب در دسترس نبودن مزارع آزمایشی و عدم انجام پایش در طرحهای اجرا شده، به حداقل کردن پارامترهای ناشناخته می‌پردازند. در زمینه ضریب زهکشی، طراحان، به طور عموم، پر مصرف ترین گیاه را از میان الگوی کشت انتخاب می‌کنند. برخی از طراحان پا را از این حد نیز فراتر گذارده و به جای در نظر گرفتن فاصله زمانی یکی دو ماهه با حداقل مصرف، کمترین فاصله آبیاری را برای تخلیه زه از دل خاک بر می‌گزینند. برخی از آنها نقش جمع کننده‌ها را در تخلیه زه آب نادیده می‌گیرند و بسیاری از آنها، زهکشی طبیعی خاک را فراموش می‌کنند و برخی دیگر ظرفیت ذخیره خاک در بین دو حد سطح استقرار زهکشها و سطح تثبیت ایستابی را نادیده می‌گیرند. مجموعه این عوامل موجب می‌شود که ضریب زهکشی بیش از مقدار واقعی آن برآورده شود.

¹-Monitoring

خوشبختانه در سالهای اخیر گرایشی در طراحان بوجود آمده است که براساس تجارب ملی و بین‌المللی، ضریب زهکشی طرحهای جدید را کاهش دهد. از نمونه‌های این مسئله می‌توان از کاهش ضریب زهکشی در مغان از $4/5$ به $2/8$ میلیمتر در روز یاد کرد (۲). در طرح آبیاری و زهکشی بهبهان نیز با در نظر گرفتن $1/5$ میلیمتر در روز بصورت پتانسیل زهکشی طبیعی، ضریب زهکشی از 4 به $2/5$ میلیمتر در روز کاهش یافته است. علیرغم این کاهش، هنوز نظر طراحان بر این است که ضریب زهکشی میتوانست از این حد نیز کمتر باشد (۳).

در سطح بین‌المللی نیز این گرایش وجود دارد. در پاکستان، براساس ارزیابی طرحهای قبلی، ضریب زهکشی از $3/5$ میلیمتر در روز در پروژه EKTDP (۱۹۷۶) به $9/5$ میلیمتر در روز در طرح MTD II (۱۹۹۴) کاهش یافته است. در مصر، ضریب زهکشی برای زمینهای حاشیه رود نیل حدود $1/5$ تا $1/25$ میلیمتر در روز در نظر گرفته می‌شود (۲) که با توجه به اقلیم منطقه و کشت گیاه پنبه، از ضریب زهکشی در ایران بسیار کمتر است.

مطالعات انجام شده در مغان نشان می‌دهد که ضریب زهکشی را می‌توان 25 تا 30 درصد کمتر از مقداری در نظر گرفت که قبلاً در محاسبات طراحی منظور شده است. این کاهش موجب می‌شود که فاصله زهکشها از یکدیگر 15 تا 20 درصد بیشتر شود (۲).

۲-۲ کاربرد نتایج ارزیابی طرحها

طراحی زهکشی دشوار است. عوامل بسیار زیادی در طراحی زهکشی دخالت دارد. شناخت همه این عوامل، بویژه عوامل مربوط به خاک به سادگی امکان‌پذیر نیست. خاکها بویژه خاکهای رسوبی به اندازه‌ای متنوع هستند که ممکن است نتایج حاصله از بررسی در یک نقطه را نتوان به درستی به نقاط مجاور تعمیم داد. از میان این عوامل می‌توان به هدایت هیدرولیک خاکها و تشخیص لایه محدود کننده اشاره کرد.

بهترین راه برای فائق آمدن به این مشکلات، احداث مزارع آزمایشی و یا ارزیابی طرحهای مناطق مشابه است. این کار سالهای سال است که در کشورهای پیشرفت، انجام می‌شود و راهنمای بسیار خوبی برای رفع کاستی‌ها و اشتباوهای گذشته است. حتی در کشورهای نظری هند، پاکستان و مصر نیز ارزیابی طرحهای زهکشی بعنوان یک «اصل» پذیرفته شده و بطور پیوسته اصلاحاتی در طراحی زهکشی انجام می‌شود.

خوشبختانه در سالهای اخیر، گرایشی در میان پژوهشگران و کارشناسان طراح ایجاد شده است که به ارزیابی طرحها بپردازند. از بررسی نتایج ارزیابی‌های انجام شده می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

۲-۱-۲- لزوم شناخت پتانسیل زهکشی طبیعی

در طراحی، بطور معمول، تلاشی برای شناخت پتانسیل زهکشی طبیعی صورت نمی‌گیرد و مقدار آن ناچیز تلقی می‌شود. حقیقت این است که در اکثر موارد، چنین فرضی درست نیست. نتایج حاصله از ارزیابی طرحهای بهبهان وزرینه رود مؤید این نظر است (۴). باید اذگان کرد که ارزیابی پتانسیل زهکشی طبیعی دشوار است ولی باید کوشش‌هایی درجهت اندازه‌گیری و یا برآورد آن انجام شود.

۲-۲-۲- لزوم توجه به راه حل‌های غیر ساختمانی

برای حل مسائل زهکشی، لازم است که در درجه اول به راه حل‌های غیر ساختمانی توجه شود. انتخاب ترکیب کشت مناسب و پرهیز از درنظر گرفتن گیاهان پرمصرف برای مناطقی که به مشکلات زهکشی حساس هستند می‌تواند یکی از این راه حلها تلقی شود. بالا بردن راندمانهای آبیاری نیز یکی دیگر از راه حلها بشمار می‌رود (۳ و ۴).

۲-۲-۳- اختصاص اولین مزرعه زهکشی شده به مزرعه آزمایشی

مشکلات احداث مزرعه آزمایشی نسبتاً زیاد است. تجربه نشان داده است که این مزارع تاکنون از موفقیت چندانی در کشور برخوردار نبوده‌اند. کمبود نیروی انسانی، کمبود اعتبارات، عدم همکاریهای مردمی، مشکلات مالکیت و مسائل مربوط به تأمین آب و تخلیه زه آب را می‌توان از جمله عوامل عدم موفقیت مزارع آزمایشی زهکشی در کشور دانست. از سوی دیگر، مزارع آزمایشی می‌توانند کمک زیادی به بهبود طراحی کرده و نتایج بسیار ارزشمند فنی و مالی را در پی داشته باشند. پیشنهاد می‌شود که برای کاهش این مشکل، اولین مزرعه زهکشی شده هر طرح به مزرعه آزمایشی تبدیل شود و مورد ارزیابی قرار گیرد و نتایج حاصل از آن برای اصلاح طراحی برای بقیه طرح استفاده شود (۳).

۳- بهره‌گیری از مدل‌های زهکشی

کار جدی بر روی مدل‌های زهکشی از سالهای دهه ۱۹۷۰ توسط برخی از استادان و دانشجویان آغاز شد و در دهه ۱۹۹۰ بیشترین پیشرفت را حاصل کرد. مدل به مجموعه‌ای از دستورات، معادلات یا برنامه‌های کامپیوتی گفته می‌شود که برای کمی کردن عملکرد یک سیستم با توجه به تابع هدف بکار می‌رود (۹). بنابراین حتی می‌توان اولین قوانین حرکت آب در محیط متخلخل نظیر قانون دارسی که در سال ۱۸۵۶ ابداع شد را نیز یک مدل قلمداد کرد (۹) زیرا که با داشتن مقادیر پارامترها (هدایت هیدرولیک، K و شبیه هیدرولیک، J)، می‌تواند سرعت، V، را تعیین کند. مدل‌های شبیه‌ساز، بطور عموم، اجزاء و پارامترهای زیادی را در نظر می‌گیرند و تغییرات پی در پی و مداوم عوامل را که در نتیجه اثرات متقابل آنها پیش می‌آید، بطور روزانه و یا ساعت به ساعت شبیه‌سازی می‌کنند (۹). مدل‌های زهکشی امروزی، در حقیقت مدل‌های شبیه ساز هستند و مدل‌های پیشرفتی، بطور عموم، هم به مسئله مدیریت سطح ایستابی می‌پردازند و هم به مسائل کیفیت نظیر وضعیت نمک، انتقال کود، رسوبات و سایر آلاینده‌ها توجه می‌کنند و در عین حال کاهش عملکرد در اثر تنفس آبی و وضعیت شوری را نیز شبیه‌سازی می‌کنند.

آلبرت انیشتین گفته است که «نظریه باید تا حد ممکن ساده باشد بنحوی که نتوان آنرا بطور ساده‌تری بیان کرد^۱. اسکگز همین سخن را در مورد مدل تکرار می‌کند (۹).

انتخاب مدل به نوع مشکل و فراهم بودن ورودیهای آن بستگی دارد. علاوه بر این، باید به فرضیات به کار رفته در آنها نیز توجه شود. مدل‌های امروزی، بطور عموم، برای شرایط اشباع از فرضیات مشابه استفاده می‌کنند و بنابراین، استفاده از هر یک از آنها برای این شرایط، نتایج نسبتاً یکسانی را به دست می‌دهد (۹).

^۱ - A theory should be as simple as possible , but no simpler

همین مدلها در شرایط غیر اشباع فرضیات متفاوتی دارند و بهتر است که هنگام گزینش نوع مدل، به این موضوع توجه شود. بنابراین، هنگامی که سطح ایستابی عمیق است، حرکت در محیط غیر اشباع قابل ملاحظه بوده و انتخاب مدل مناسب اهمیت بیشتری می‌یابد. علاوه بر این، در نظر گرفتن شرایط مرزی نیز ضرورت دارد. مثلاً باید به این نکته توجه شود که آیا کدامیک از مدل‌های یک، دو و یا سه بعدی پاسخگوی نیاز هاست؟

علاوه بر این، انتخاب نوع مدل، به نوع داده‌ها، تنوع اطلاعات، تجربه کاربران و هزینه تهیه این عوامل بستگی دارد.

همانطور که گفته شد، مدل‌های شبیه‌ساز زهکشی، اثرات بسیاری از عوامل را بر روی مدیریت سطح ایستابی مورد توجه قرار می‌دهند. هرچه تعداد عوامل افزایش یابد، روشها پیچیده‌تر می‌شود و خطر اشتباہ کاهش می‌یابد ولی در عوض هزینه اجرای مدل زیاد می‌شود و ممکن است که نتوان داده‌های مورد نیاز آنرا بدروستی فراهم آورد (۹۵).

امروزه، با استفاده از مدل‌ها می‌توان شرایط بهینه‌ای را انتخاب کرد که در آن بتوان با حداقل هزینه‌ها به بهترین نتایج از نظر مدیریت آب و خاک دست یافت. با استفاده از مدل‌ها می‌توان فاصله و عمق مناسب زهکشها را با کاربرد داده‌های واقعی درازمدت تعیین و ارزیابی نمود و از طراحی بیش از نیاز^۱ اجتناب کرد. در هر حال، دریافت پاسخ صحیح مستلزم ارائه داده‌های درست است و چنانچه داده‌های مربوط به خاک، گیاه، اقلیم و هزینه‌ها به دقت تهیه نشود و به مدل ارائه نگردد، نباید انتظار داشت که پاسخ صحیحی دریافت شود.

نگارنده از کاربرد مدل‌های شبیه‌ساز زهکشی در طرحهای اجرائی کشور بی‌اطلاع است و بنظر می‌رسد که اقدامی عملی در این راه صورت نگرفته باشد. یکی از دلایل این امر، نبود اطلاعات کافی و عدم تلاش برای بدست آوردن داده‌های درازمدت بوده است. لازم به ذکر است که بتازگی از مدل DRAINMOD در چند پایان‌نامه تحصیلی استفاده شده و همین موضوع می‌تواند مقدمه‌ای برای کاربرد آن در طرحهای اجرایی کشور باشد.

۴- ملاحظات زیست محیطی

کشاورزی پایدار، علاوه بر توجه به مسائل اقتصادی، نیازمند توجه به مسائل زیست محیطی است. در زهکشی، مسائل مهم محیط زیست عبارتند از: رسوب گذاری، شوری مجدد خاک، شوری پس‌آب آبیاری، انتقال و تجمع نیتراتها، فسفر، بقایای حشره کشها و علف کش‌ها، عناصر کمیاب نظری سلنیم (Se)، بر (B)، کادمیم (Cd)، آرسنیک (As)، سرب (Pb)، جیوه (Hg) و مولیبدن (Mo) در منابع آبی پایین دست و اختلال در تنوع زیستی گیاهان و جانوران.

و سعیت اراضی زهکشی شده جهان، اعم از زهکشی سطحی یا زیرزمینی، به ۱۵۰ میلیون هکتار بالغ می‌شود. براساس آمار سال ۱۹۹۰، مساحت زمینهای با زهکشی زیرزمینی در جهان $\frac{53}{4}$ میلیون هکتار است. افزایش سریع جمعیت جهان موجب شده است که اراضی فاریاب گیتی از حدود ۴۸ میلیون هکتار در

¹-Overdesign

سال ۱۹۰۰ به ۹۴ میلیون هکتار در سال ۱۹۵۰ (تقریباً ۲ برابر) و ۲۴۰ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۰ (۵ برابر سال ۱۹۰۰) برسرد. علیرغم این توسعه، در حال حاضر سالانه ۲ تا ۴ میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر شوری و یا باتلاقی شدن از دست می‌رود. در حالی که در ابتدای هزاره سوم، برای تعذیه کافی باید سالانه ۲/۵ درصد به اراضی فاریاب اضافه شود، تقریباً ۱ تا ۲ درصد زمینهای تحت آبیاری از چرخه بهره برداری خارج می‌گردد(۱). بنابراین، شک نیست که هنوز چاره کار در زهکشی اراضی وسیع است. اصولاً هیچگاه و هیچگاه نباید فراموش کرد که آبیاری بدون زهکشی (طبیعی یا مصنوعی) نمی‌تواند پایدار باشد. تمدنها از دست رفته کشاورزی در بین النهرين و برخی دیگر از نقاط جهان گواهی بر این مدعای است.

خدماتی که زهکشی به جهان کرده، بسیار ارزشمند است. حدود نیمی از کشور هلند و برخی از مناطق فرانسه و انگلستان از زیر آب دریا به بیرون کشیده شده است. اروپاییان با مهاجرت به امریکا، مدیریت توسعه آب و بویژه زهکشی را به امریکا برند و از همه مهمتر، مهندسی زهکشی بود که اراضی نواحی مرکزی امریکا را احیا کرد و به حاصلخیزترین زمینهای زراعی مبدل ساخت. امروزه حاصلخیزترین اراضی اروپا و امریکا زمینهایی هستند که به زهکشی مجهزند(۱۰).

زهکشی با تخلیه آب اضافی و کنترل شوری خاک نقش ارزنده‌ای را در تولیدات کشاورزی بازی می‌کند و با ایجاد شرایط هوایی در خاک، به تجزیه آلاینده‌ها کمک می‌کند و در حقیقت در راستای بهبود محیط زیست قرار می‌گیرد(۶).

آنچه که تا کنون بیان گردید، جنبه‌های مثبت زهکشی بود. به هر حال، زهکشی مشکلاتی را نیز در جهان بوجود آورده است. نزدیک به ۵۰ درصد مرداب‌های^۱ ایالات متحده با کمک زهکشی به زمینهای کشاورزی تبدیل شده است. این امر موجب مهاجرت برخی از گونه‌های پرندگان شده و یا تراکم آنها در سایر مرداب‌ها را افزایش داده و مشکلاتی را ایجاد کرده است. مرگ دریاچه آرال فاجعه دیگری بوده است که در اثر طرحهای توسعه آبیاری بوقوع پیوسته است. مردابها و تالابها در پالایش مواد آلوده کننده، تعذیه و تخلیه آب زیرزمینی، ذخیره سیلان و کاهش فرسایش نقش دارند. تالابها همچنین محیط زیست لازم و مناسبی برای گیاهان و جانوران آبزی بشمار می‌روند و نقش تفریحی و سیاحتی آنها نیز زیاد است(۸).

زه آب اراضی کشاورزی، بطور عموم، حاوی مقادیر بیشتری نمک نسبت به آب آبیاری است. بهترین حالت این است که زه آب حاصله به دریاهای آزاد بربزد. در هر حال، زه آب تولیدی، در مسیر خود تا به دریا، برای آبیاری زمینهای پایین دست مشکلاتی را ایجاد می‌کند.

گذر آب از برخی تشکیلات زمین شناسی موجب شسته شدن و انتقال بعضی عناصر می‌شود که بسیار سمی و خطرناکند. عنوان نمونه می‌توان از انتقال سلیم (Se) در دره سن یواکین در کالیفرنیا نام برد که موجب مشکلات شدید زیست محیطی شده است.

لازم به ذکر است که زهکشی به تنها یکی و به خودی خود آفریننده همه مشکلات زیست محیطی نیست، بلکه تنها تسهیل کننده این مشکلات محسوب می‌شود. عنوان مثال، آلاینده‌های فسفر، نیترات، علف کشها و حشره کشها در اثر اعمال زراعی به خاک افزوده شده و بخشی از آنها بوسیله زهکشی به مناطق پایین

^۱ - Wetlands

دست منتقل می شود . از این روی ، نباید زهکشی را بعنوان ایجاد کننده این بخش از مشکلات زیست محیطی دانست .

برخی از اثرات منفی زهکشی قابل پیش گیری ، بعضی از آنها قابل کاهش و برخی دیگر غیر قابل اصلاح هستند . بدون زهکشی (طبیعی یا مصنوعی) ، کشاورزی فاریاب در دراز مدت امکان پذیر نیست . مسئله این است که بتوان به نحوی قابل پذیرش ، تعادل بین منافع اجتماعی ناشی از تولید مواد غذایی و منافع اجتماعی حاصل از محیط زیست سالم برقرار کرد . در این راستا باید تحلیلهای عمیق اقتصادی و اجتماعی صورت گیرد و نقطه تعادل هر جامعه مشخص شود . نقطه تعادل با زمان و مکان تغییر می یابد . به عنوان مثال ، کنگره ایالات متحده امریکا در سالهای ۱۸۴۹ و ۱۸۵۰ قانونی را وضع کرد که بموجب آن دولت موظف شد تا مردابها را به زمینهای کشاورزی تبدیل کند و آنها را به فروش برساند . این یک قرارداد اجتماعی مربوط به ۱۵۰ سال پیش بود . اما در ۱۹۸۵ قرارداد اجتماعی تغییر کرد و چنین تصویب شد که دولت اراضی کشاورزی مردابها را با خرید اعیانی مستحبات ، دوباره به حالت طبیعی اولیه خود برگرداند (۸) .

نگرشی معقولانه تر به مسائل زهکشی و محیط زیست در جهان در حال شکل گیری است . براساس این نگرش ، طراحی زهکشی باید به شیوه ای انجام گیرد که ضمن افزایش تولیدات کشاورزی ، ارزشهای زیست محیطی نیز بهبود یابد . از همین روست که باید ملاحظات دیگری نیز در طراحی زهکشی مورد توجه قرار گیرد .

۴- فرسایش و رسوب گذاری

zecheshi زیرزمینی موجب کاهش جریان سطحی است . از این رو ، زهکش زیرزمینی را می توان بعنوان عامل بهبود محیط زیست در این زمینه به حساب آورد . به عکس ، زهکشهای سطحی با فرسایش و تغییر محل خاک ، عامل تخریب کننده محیط زیست به شمار می روند . با کنترل شیب زهکشهای سطحی ، می توان فرسایش و رسوب گذاری را به حداقل ممکن کاهش داد .

۴- کودهای شیمیایی

نتروژن بصورت نیتراتی عامل تخریب کننده محیط زیست تلقی می شود . این ماده شیمیایی که بطور عمده بوسیله کود به زمین اضافه می شود ، توسط زهکشهای سطحی و زیرزمینی دفع می گردد . کودهای نیتراتی به میزان زیادی محلول هستند . بیشترین مقدار دفع این ماده ، در اولین آبیاری پس از کود دهی توسط زهکش سطحی و بصورت غیر معدنی است (۱۱ و ۱۷) . هر چه زهکشی زیرزمینی ضعیف تر باشد ، دفع نیتروژن معدنی توسط زهکشهای زیرزمینی کمتر است . از همین خاصیت می توان استفاده کرد و با تعییه شیری در انتهای زهکش زیرزمینی ، مدتی از خروج زه آب جلوگیری کرد و به خاک و موجودات ذره بینی اجازه داد تا عمل دنیتریفیکاسیون را انجام دهدن . به این ترتیب ، خطرات زیست محیطی کاهش می یابد . ثابت شده است که این عمل ، نه تنها در کاهش دفع نیتروژن ، بلکه در مورد دفع فسفر بصورت فسفات و بقایای سوم دفع آفات نباتی نیز مؤثر است . این کار می تواند به کمک زهکشی کنترل شده و یا عمل توأم آبیاری زیرزمینی و زهکشی نیز انجام شود (۱۱) .

فسفر به عنوان ماده ای مغذی موجب غنی سازی^۱ اکو سیستم آبی می شود و تعادل گیاهی و جانوری را در اکو سیستم پایین دست به هم می زند . جابجایی فسفر به دو حالت محلول و معلق تنها می تواند توسط زهکشهای سطحی انجام شود. بنابراین ، دفع فسفر نیز بطور عموم در زهکشهای سطحی بیش از زهکشهای زیرزمینی است . هر چه نفوذ پذیری خاک کمتر باشد ، نسبت دفع فسفر توسط زهکشهای سطحی افزایش می یابد . راههای کاهش خطرات کودهای شیمیایی که از زهکشهای سطحی خارج می شوند ، استفاده از استخراهای طبیعی و مصنوعی ، مردابها ، نوارهای سبز^۲ ، کانالهای سبز^۳ ، فیلتر چمنی^۴ ، فیلتر خاکی^۵ و حوضچه های تبخیری^۶ است(۶).

۴-۳- علف کش ها و حشره کشها

علف کش ها و حشره کشها ، بطور عمد ، بوسیله زهکشهای سطحی ، بلافاصله پس از اولین آبیاری یا بارندگی دفع می شوند . هر چقدر وضعیت زهکشی زیرزمینی ضعیف تر باشد ، سموم فرصت بیشتری برای تجزیه دارند ، اما ضعف سیستم زهکشی زیرزمینی ، بطور عموم ، موجب افزایش رواناب می شود. از این روی ، مقدار دفع علف کش ها و حشره کشها در زهکشی سطحی افزایش می یابد . بنابراین ، در هر مورد باید حد بهینه ای را یافت . در هر حال ، ثابت شده است که وجود زهکش زیرزمینی موجب کاهش دفع سموم می شود(۱۱).

۴-۴- عناصر کمیاب

عناصر کمیابی که بطور معمول مشکلاتی را برای محیط زیست فراهم می کنند عبارتند از سلنیم (Se) ، بر (B) ، کادمیم (Cd) ، آرسنیک (As) و فلزات سنگین . حتی مقادیر بسیار کم این عناصر نیز به شدت سمی هستند . برای رفع مشکلات زیست محیطی هر یک از این عناصر ، توجه به منشاء پیدایش آنها ضرورت دارد . برای کاهش خطرات هر یک از این عناصر باید راه چاره خاصی را با توجه به شرایط محیطی انتخاب کرد .

بعنوان مثال میتوان به روش خاصی که در یک منطقه کالیفرنیا به کار برده شده است اشاره کرد . در این منطقه با مرگ و تغییر شکل فلامینگو که گونه ای از پرندگان مهاجر به شمار می رود ، مشخص شد که علت این مشکل ، وجود سلنیم در زه آب و پسآب آبیاری است . برای دفع زه آب و پسآب آبیاری ، تصمیم گرفته شد که از حوضچه های تبخیری استفاده شود و از ریختن آن به منابع آب رودخانه ای و دریاچه ای جلوگیری گردد . بررسیها نشان داد که فلامینگوها در استخراهایی که شیب بدنه آنها تند است سکنی نمی گزینند . به همین دلیل ، دو نوع حوضچه طراحی شد . حوضچه های با شیب تند و با شیب بدنه ملائم . در حوضچه های با شیب تند ، زه آب و پسآب آبیاری بمنتظر تبخیر ریخته شد و حوضچه های با شیب آرام با آب آبیاری پر شد . فلامینگوها ، حوضچه های با شیب آرام را برگزیدند و مشکلات زیست محیطی در ارتباط با این پرنده مرتفع گردید . چنانچه مشکلات مربوط به عناصر کمیاب مربوط به تشکیلات

¹ - Eutrophication

² - Buffer Strips

³ - Vegetated Channels

⁴ - Grass Filter

⁵ - Soil Filter

⁶ - Evaporation Ponds

زمین‌شناسی باشد، باید شستشوی خاک به حداقل برسد. بنابراین، زهکشایی که در اعماق کمتر و در فاصله‌ای کمتر از یکدیگر نصب می‌شوند، می‌توانند عناصر کمیاب کمتری را شسته و به تخلیه‌گاه نهایی حمل کنند.

۵- سهم بخش‌های مختلف در آلودگی محیط زیست

شاید بجا باشد که تکرار شود سهم زهکشی به خودی خود در آلودگی محیط زیست زیاد نیست ، بلکه زهکشی ، تنها ابزار و وسیله‌ای برای انتقال آلاینده‌ها به شمار می‌رود . شاید ذکر این نکته خالی از حقیقت نباشد که آلودگی ، بطور عمده ، ناشی از کاربرد مواد شیمیایی و روش‌های زراعی است . در مناطق خشک که کشاورزی به آبیاری متکی است ، آبیاری موجب ایجاد زه آب و یا پس‌آب می‌گردد . زهکشی زیرزمینی موجب کاهش زه آب سطحی می‌شود . زه آبهای سطحی بطور معمول نسبت به زه آبهای زیرزمینی حاوی مقادیر بیشتری از رسوبات ، فسفر و سومون گیاهی است . بنابراین ، افزایش راندمان کاربرد آب و کاستن از رواناب سطحی ، به بهبود محیط زیست کمک می‌کند . یکی از روش‌های کاهش رواناب سطحی ، بهبود سیستم زهکشی زیرزمینی است . بنابراین ، زهکشی زیرزمینی نیز به نوبه خود سهم بیشتری در بهبود محیط زیست و یا سهم کمتری در آلودگی آن دارد .

از سوی دیگر ، زهکشی زیرزمینی ، بطور معمول ، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از نیتروژن بصورت نیتراتی را وارد آبهای سطحی می‌کند . به این ترتیب ، وجود تعادل بین زه آبهای سطحی و زیرزمینی اثر قابل ملاحظه‌ای بر رفع آلوده کننده‌ها دارد و باید حد بهینه‌ای بین این دو برقرار گردد .

۶- تدبیرزیست محیطی مناسب در مناطق فاریاب

در مناطق خشک و نیمه خشک ، مهمترین اولویت ، رهایی از شوری خاک و جلوگیری از شورشدن مجدد آن در اثر آبیاری است . در این راستا ، به غیر از زهکشی مصنوعی که یک راه حل ساختمانی بشمار می‌رود ، باید به دنبال راه حل‌های غیر ساختمانی نیز بود . کاهش مصرف آب از طریق بالا بردن راندمان و تغییر الگوی کشت همراه با استفاده مجدد از پس‌آب آبیاری برای گیاهان مقاوم تر به شوری از جمله این تدبیر به شمار می‌روند .

در حال حاضر ، راندمان کل آبیاری در کشورهای پیشرفته‌ای نظیر امریکا ۵۰ درصد و در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران بین ۲۵ تا ۳۰ درصد است . آب استفاده نشده بوسیله گیاه ، موجب انتقال املاح ، رسوبات و عناصر سمی و کمیاب به منابع آبهای سطحی شده و یا آبهای زیرزمینی را آلوده می‌کند .

در هر حال پذیرفته شده است که آبیاری ، اثرات منفی و مخرب بر محیط زیست دارد . در این صورت و با توجه به اینکه اصول آبیاری برای رهایی بشر از کم غذایی اجتناب ناپذیر است ، باید پذیرفته شود که پس‌آب آبیاری و زه آب باید یا به حداقل ممکن کاهش یابد و یا اینکه اصولاً تصفیه شود(۸) . آنچه که برای آینده می‌توان پیش بینی کرد این است که راندمانهای آبیاری افزایش خواهد یافت ، زه آب آبیاری به چاههای بسیار عمیق تزریق خواهد شد ، کیفیت منابع آب مورد استفاده به دقت مورد توجه قرار خواهد گرفت و از

استعمال آبهای نامناسب جلوگیری خواهد شد، و زه آبها نمک زدایی شده و از نظر شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه خواهد گردید(۸). اما از میان همه این تمہیدات، شاید بهترین تدبیر این باشد که کیفیت زه آب از منبع یعنی آب آبیاری کنترل شود. به عبارت دیگر، استفاده از آب با کیفیت بالاتر و به کمترین حد ممکن میتواند از بهترین راه حل برای کاهش خطرات زیست محیطی طرحهای توسعه آبیاری و زهکشی تلقی گردد.

۷- بازسازی اکوسیستمهای تخریب شده

در مناطق خشک و نیمه خشک، معمولاً استفاده از آب رودخانه‌ها برای مصارف کشاورزی و آبیاری بیش از حد است و موجب خشک شدن و یا کم آبی شدید در قسمتهای انتهایی آنها میشود. نتیجه این کار، نابودی حیات وحش و آبزیان، از بین رفتن گونه‌های گیاهی و کیفیت نامناسب آن در نواحی پایین دست بعلت تخلیه فاضلابهای شهری و کشاورزی و بالا رفتن غلظت آلاینده‌های است. این مشکل را میتوان در رودخانه کارون مشاهده کرد. از راه حل‌های این مشکل، میتوان به کاهش سطح اراضی تحت آبیاری و تغییر الگوی کشت و بالا بردن راندمان آبیاری اشاره کرد.

رویکرد آینده، به یقین، این خواهد بود که دبی پایین دست در حد نیاز تامین شود. در کشورهای پیشرفته صنعتی، فشار طرفداران محیط زیست و در کشورهای در حال توسعه، فشار فزاینده موسسات بین المللی تامین مالی و نیاز بیشتر به پروتیین آبزیان، طرحهای آتی را به این سو سوق خواهد داد(۸).

۸- کشاورزی پایدار و مسائل زهکشی

کشاورزی فاریاب تنها ۱۸ درصد اراضی کشاورزی جهان را تشکیل می‌دهد. این در حالی است که ۳۳ درصد تولیدات کشاورزی از همین اراضی بدست می‌آید. در زمینهای که زهکشی طبیعی به مقدار کافی وجود ندارد، زهکشی مصنوعی اختناب ناپذیر است. زهکشی جزء غیرقابل تکیک کشاورزی پایدار بشمار می‌رود. هزینه زهکشی نسبتاً زیاد است و بهمین جهت مسئولین در انجام زهکشی تعلل می‌کنند و به طور معمول تا زمانی که مسائل شوری و ماندابی شدن به درجه حد خود نرسیده باشد، سرمایه گذاری در آن را روا نمی‌دارند. پرداختهای بانک جهانی را شاید بتوان معیار مناسبی برای این کار بحساب آورد. در دهه ۱۹۸۰ مبلغ ۱۱ میلیارد دلار برای طرحهای آبیاری توسط این بانک پرداخت شده ولی در همین مدت تنها ۸ درصد این مبلغ به طرحهای زهکشی اختصاص یافته است (۸). عدم پایداری کشاورزی تنها مشکل کشورهای در حال توسعه نیست. بعنوان مثال، زهکشی اصلی دره سن یواکین در کالیفرنیا با دو میلیون هکتار زمین فاریاب هنوز احداث نشده و بنابراین شوری و آب ماندگی تمامی منطقه را تهدید می‌کند (۸). در تمامی جهان، حدود ۳۰ میلیون هکتار از اراضی به شدت شور است و ۸۰ میلیون هکتار دیگر نیز به درجات مختلف از شوری رنج می‌برد (۹۹۲). برای رهایی از مشکلات شوری، غالباً نیاز به زهکشی و آبشوئی وجود دارد. بدون انجام این کارها نمی‌توان کشاورزی پایدار داشت.

سدیمی بودن خاک نیز با سفت کردن خاک سطح اراضی و کاهش نفوذ پذیری، موجب کاهش عملکرد و ناپایداری کشاورزی می‌شود. با بالا رفتن غلظت نمکها در خاک، غلظت آلاینده‌ها در زه آب نیز افزایش می‌یابد و تخلیه آن به آبهای سطحی یا زیرزمینی، محیط زیست را آلوده می‌کند.

بهترین پیشنهادی که برای داشتن کشاورزی پایدار از نظر زیست محیطی تا کنون شده است، استفاده از روش‌های «نهاده کم، کشاورزی پایدار^۱» یا LISA است. در این شیوه عمل، نهاده‌های مربوط به حشره‌کشها، علف کشها و کودهای شیمیایی به حداقل می‌رسد و در عوض، از تناوب، کشت گیاهان خانواده بقولات و کوددامی استفاده می‌شود بنحوی که کشاورزی بتواند از نظر اقتصادی نیز همچنان پایدار باقی بماند.

این شیوه عمل هم اکنون در برخی نقاط جهان بویژه در امریکا و اروپا گسترش یافته و نظر طرفداران زیادی را به خود جلب کرده است.

در بسیاری موارد توصیه می‌شود که به جای توسعه شبکه‌های جدید و مدرن آبیاری، شبکه‌های سنتی و قدیمی بهبود پیدا کنند و کلیه طرحهای جدید از نظر محیط زیست مورد ارزیابی قرار گیرند. در این ارزیابی سه مسئله مهم، به یقین، مورد توجه قرار خواهد گرفت: زهکشی کافی، بهترین روشها برای کنترل آلاینده‌ها و روش‌های LISA.

منابع

- ۱- مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران، مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۲۳، مجتبی اکرم، ۱۳۷۸
- ۲- تعدیل ضریب زهکشی در دشت مغان، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، اردوان آذری، بهروز مصطفی زاده، ۱۳۸۰
- ۳- ارزیابی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، احمد لطفی، ۱۳۸۰
- ۴- ارزیابی پارامترهای طراحی زهکشی زیرزمینی در طرح زرینه رود، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. مصطفی وطن زاده، محمد باقر نجوي و خلیل رودکی، ۱۳۸۰
- ۵- نمونه‌های زهکشی، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ابراهیم پذیرا، مهدی همائی، ۱۳۸۰
- ۶- اثرات زیست محیطی زهکشی اراضی، مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، سید جلال جبلی، ۱۳۸۰
- ۷- ملاحظات زیست محیطی در طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی، مجموعه مقالات دومین کارگاه زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صمد دربندی، ۱۳۸۰
- 8- Future Perspective on Agricultural Drainage, Ch. 41 Agricultural Drainage, Mohamed T. El_Ashry and Alfred M. Duda, 1999
- 9- Drainage Simulation Models, Ch. 13 Agricultural Drainage, R.W. Skaggs, 1999
- 10- Introduction, Ch.1 Agricultural Drainage, R.W. Skaggs and J. van Schilfgaarde, 1999
- 11- Water Quality Effects of Drainage in Humid Regions, Ch. 24 Agricultural Drainage, J.W. Gilliam, J.L. Baker, and K.R. Reddy, 1999

¹ - Low input, sustainable agriculture practices

نمونه های زهکشی

ابراهیم پذیرا^۱ و مهدی همائی^۲

پیشگفتار

دهه ۹۰ میلادی را می توان دوره تدوین و پردازش نمونه های (مدلهای) نظری و کاربردی نامید. در این دهه با بکارگیری رایانه های پیشرفته، انبوھی از اطلاعات و داده های موجود گردآوری، جمع بندی و منتشر گردید و بسیاری از مدل های فرا آمده نسبت به اعداد و ارقام واقعی مورد سنجش قرار گرفتند. در این مقاله تلاش بر آن است تا برخی از نمونه های موجود که کاربرد نسبتاً بیشتری در زهکشی اراضی دارند معرفی گرددند. هر چند که مبانی نظری مدل های موجود از سالها پیش در کتابهای کلاسیک آب و خاک مورد کنکاش پژوهشگران قرار داشته، لیکن در دهه گذشته توجه زیادی به بیان ساختاری مدل ها شده است. هنکس و ریچی^۳ (۱۹۹۱) در کتاب "Modeling Plant and Soil Systems" کاربرد مدل های زهکشی را به تفضیل مورد بررسی قرار داده اند. ریتزما^۴ (۱۹۹۴) نیز ویرایش دوم کتاب "Drainage Principles and Applications" را در ۲۶ فصل منتشر نمود که در آن اصول زهکشی که پیش نیاز تدوین مدل های زهکشی است، بیان گردیده. کمیسیون بین المللی آبیاری و زهکشی^۵ (۱۹۹۷) کارگاه آموزشی "Drainage for the ۲۱st Century" را در کشور مالزی برگزار کرد و مجموعه مقالات آن در سه جلد انتشار یافته است. انجمن مهندسی زراعی ایالات متحده^۶ (۱۹۹۸) سمپوزیوم "Drainage in the ۲۱st Century, Food production and the Environment" در مجموعه مقالات آن کاربرد مدل های مختلف زهکشی مورد بحث قرار گرفته است. کمیسیون بین المللی مهندسی زراعی^۷ (۱۹۹۹) کتاب "CIGR Handbook of Agricultural Engineering" را در پنج جلد انتشار

•••• استاد واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی - تهران
•••• استادیار دانشگاه تربیت مدرس

• Hanks and Ritchie

• Ritzema

• ICID

• ASAE

✓ CIGR

داد که جلد نخست به زهکشی اراضی اختصاص دارد. سرانجام اسکگز و وان شیلوف گارد^۱ (۱۹۹۹) در کتاب جامع "Agricultural Drainage" مدل‌های زهکشی را در سه فصل مورد کنکاش قرار داده اند.

مقدمه

پیش از آنکه به معرفی نمونه‌های زهکشی بپردازیم، ابتدا مفهوم "مدل یا نمون" را مرور می‌کنیم. طبق تعریف هنگس و ریچی (۱۹۹۱) مدل عبارت است از:

"A model has been defined as a small imitation of the real thing or as a system of postulates, data and inferences presented as a mathematical description of an entry or state of affairs. Models can also be used as a technique to organize what is known about a subject into a system showing the effect of the interrelation of many factors on some desired result."

طبق تعریف اسکگز^۲ (۱۹۹۹) مدل عبارت است از:

"Model is defined as a set of guidelines, equation or computer programs that can be used to quantify the performance of a systems in terms of an objective function or functions".

و مدل شبیه ساز^۳ عبارت است از:

" Model that consider the continuous effects and interactions of the processes that govern soil water conditions are called simulation models."

در اینجا لازم است که دو مفهوم "مدل سازی"^۴ و "شبیه سازی"^۵ را از یکدیگر تفکیک کنیم زیرا مدل‌سازی به معنی «ساختن» یک مدل و شبیه سازی به معنای «استفاده» از مدل است. برخی از مدل‌های رایج زهکشی در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

-۱ **DRAINMOD** یکی از مدل‌هایی است که بمنظور "شبیه سازی" مدیریت آب در سطح وسیعی

بکار گرفته شده است (اسکگز، ۱۹۸۲). این مدل می‌تواند موقعیت‌های مختلف سطح ایستابی را برای محاسبه بیلان آبی مقطع نازکی از خاک که بین دوزهکش قرار گرفته اند شبیه سازی کند.

بیلان آبی را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$\Delta V_a = D + ET + D_s - F \quad (1-1)$$

^۱ – Skaggs and Van Schilfgaarde

^۲ - Skaggs

^۳ - Simulation Model

^۴ - Modelling

^۵ - Simulation

که در آن: ΔV_a ، تغییرات میزان خلل و فرج خالی از آب (رطوبت)، D عمق آبی که از طریق آبیاری زیرزمینی تأمین می گردد و یا عمق آب زهکشی خارج از مقطع مورد نظر، ET هدر رفت رطوبت از طریق تبخیر و تعرق، s D هدر رفت رطوبت از طریق تراوشهای عمیقی، و F میزان آب (رطوبت) نفوذی به درون مقطع فوق الاشاره می باشد.

هرگاه خاک بوسیله آب پوشیده و یا اشباع نباشد، شدت تخلیه^۱ زهکشها زیرزمینی با استفاده از معادله هوخهات^۲ محاسبه می شود:

$$q = \frac{8K_e \cdot d_e \cdot m + 4K_e \cdot m^2}{L^2} \quad (1-2)$$

که در آن: q شدت تخلیه، K_e ضریب آبگذری موثر و جانی خاک، m ارتفاع سطح ایستابی در حد وسط و بالای سطح استقرار زهکشها، L فاصله زهکشها زیرزمینی، و d_e عمق معادل^۳ لایه غیر قابل نفوذ زیر محل استقرار زهکشها است.

در این معادله عمق معادل بجائی عمق واقعی لایه غیر قابل نفوذ بدلیل لحاظ نمودن افت بار و همگرانی جریان در نزدیکی زهکشها بکار گرفته شده است (اسکگن، ۱۹۹۱).

چنانچه آبیاری بصورت زیرزمینی انجام شود، شدت جریان^۴ با استفاده از معادله ارنست^۵ بدست خواهد آمد (اسکگن ۱۹۸۱).

$$q = \frac{4 K_e \cdot m [2h_o + (h_o/D_o)m]}{L^2} \quad (1-3)$$

که در آن: m ارتفاع سطح ایستابی در حد وسط دو زهکش منهای ارتفاع سطح آب درون زهکشها h_o معادل ارتفاع سطح ایستابی درون زهکشها، و D_o ارتفاع واقعی سطح ایستابی درون زهکشها است. مقایسه روابط (۱-۲) و (۱-۳) موید برقراری تساوی زیر بین متغیرهای فیزیکی بکار رفته است:

$$2d_e + m = 2h_o + (h_o/D_o)m$$

هرگاه سطح ایستابی در سطح خاک قرار گرفته باشد، شدت تخلیه (zechshi) از معادله کرکهام^۶

محاسبه می گردد:

$$q = \frac{2\pi K_e (t + b - \pi_0)}{GL} \quad (1-4)$$

که در آن: t عمق آب استغراقی روی سطح خاک، b عمق نصب زهکش، π_0 شعاع موثر زهکش، G یک

^۱ - Drainage Flux

^۲ - Hooghoudt

^۳ - Equivalent Depth

^۴ - Flux

^۵ - Ernst

سری نامتناهی که تابعی از عمق نصب زهکشها، شعاع زهکش، عمق نیمرخ خاک، ضخامت لایه خاک از محل نصب زهکشها تا لایه غیر قابل نفوذ و فاصله زهکشها می باشد.

این مدل همچنانی قادر به محاسبه بیلان آب سطحی به منظور برآورد نفوذپذیری، روان آب^۲ و انبارش سطحی^۳ نیز می باشد:

$$P = F + \Delta S + RO \quad (1-5)$$

که در آن: F نفوذ پذیری، ΔS تغییرات میزان ذخیره یا نگهداری در سطح خاک، و RO روان آب سطحی است. نفوذ پذیری نیز خود از معادله گرین و امپت^۴ محاسبه می شود:

$$f = A/F + B$$

که در آن: f : نفوذ پذیری، F : نفوذ تجمعی، و A و B : ضرایب تجربی معادله میباشند.

در معادله (۱-۶) فرض می شود که هر مقدار بارندگی افزون بر مقدار نفوذ پذیری، ابتدا به سوی گودالهای سطحی جريان یافته و موجب ذخیره یا نگهداری سطحی می گردد و پس از رسیدن به حداقل میزان نگهداری سطحی، روان آب آغاز می شود. تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) در این مدل از روش تورن^۵ بدست می آید. تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده با مقدار رطوبت انبارش و قابل عرضه در نیمرخ خاک مورد مقایسه قرار می گیرد و هرگاه میزان رطوبت قابل عرضه در نیمرخ خاک محدود نباشد، مقدار تبخیر و تعرق (ET) بجای تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) بکار می رود. در غیر اینصورت مقدار تبخیر و تعرق (ET) برابر با مقدار آب قابل عرضه در نیمرخ خاک مساوی در نظر گرفته می شود. این مدل افزون بر اجزای هیدرولوژیکی می تواند استراتژی های متفاوت مدیریت سطح ایستابی را در بازده محصول بررسی کند. الگوریتم^۶ مدل به گونه ای است که می تواند کاهش عملکرد را نیز در صورت وجود تنفس آبی برآورد نماید.

DRAINMOD به منظور بررسی استراتژی های مختلف مدیریت سطح ایستابی و مقایسه آن با ارقام واقعی در چندین منطقه امریکا بکار گرفته شده است. اسکگز و همکاران^۷ (۱۹۸۱) مقایسه ای بین نتایج برآورد شده بوسیله مدل و ارقام بدست آمده از آزمونهای میدانی را طی یک دوره هشت ساله در شرایطی که: منطقه تنها دارای زهکشی سطحی بود، منطقه تنها دارای سیستم زهکشی زیرزمینی متداول بود و ترکیبی از تجهیز مزرعه به زهکش سطحی و زیرزمینی را انجام دادند. نتایج نشان داد که هماهنگی مطلوبی

^۶- Kirkham

^۷ - Infiltration

^۲ - Run-Off

^۳ - Surface Storage

^۴ - Green and Ampt

^۵ - Thornwaite Method

^۶ - Algorithm

بین ارقام بدست آمده از مدل و آزمایش ها در مورد حجم روان آب، برای هر سه حالت فوق وجود دارد. همین نتیجه نیز برای برآورد حجم آب زهکشی (در شرایط وجود یا عدم وجود سیستم زهکشی سطحی) گزارش شده است. اسکگز (۱۹۸۲) این مدل را برای حالت های آبیاری زیرزمینی (عکس حالت زهکشی) و سیستم زهکشی کنترل شده بکار گرفت و بین ارقام حاصل از مدل و اعداد واقعی سطح ایستابی (با تناوب روزانه) همبستگی مطلوبی مشاهده کرد. چانگ و همکاران^۲ (۱۹۸۳) این مدل را برای اراضی زراعی منطقه کالیفرنیا بکار گرفته و نتیجه رضایت بخشی در مورد نوسانات سطح ایستابی بین ارقام محاسبه و مشاهده شده گزارش نمودند، ضمن آنکه مقادیر تراوשות عمقی نیز بدرستی پیش بینی گردیده بود. فوس و همکاران^۳ (۱۹۸۷) با استفاده از DRAINMOD اقدام به شبیه سازی زهکشی زیرزمینی منطقه میسی سی پی کردند. مقایسه ارقام واقعی و محاسبه شده از مدل نشان داد که برای متغیرهایی نظیر عمق آب زیرزمینی (و نه ارتفاع سطح ایستابی)، حجم روان آبها و کمیت زه آب همبستگی مناسبتری طی سالهای مرطوب نسبت به سالهای خشک دارند. در سالهای خشک، بدلیل کمتر برآورد نمودن میزان تبخیر و تعرق مقادیر روان آب سطحی و حجم آب زهکشی بیش از آنچه که باید، برآورد می گردد. اولسون و دی بور^۴ (۱۹۸۸) نیز این مدل را برای شبیه سازی سیستم آبیاری زیرزمینی در داکوتای شمالی، ضمن ترکیب با روش تعديل شده جنسن - هیز^۵ برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) بکار برد و گزارش نمودند که عمق سطح ایستابی محاسبه شده حاصل از اعمال تعديل در مدل (محاسبه PET با روش جنسن - هیز بجای محاسبه آن با روش تورنت وایت) با ارقام مشاهده شده همبستگی خوبی را نشان میدهد.

۲- مدلهای مبتنی بر معادله بوزینسک^۶

با کاربرد فرضیه های دوپوئیت - فورشهیمر^۷، حرکت آب در منطقه اشباع را می توان با استفاده از معادله بوزینسک بصورت زیر نوشت:

$$f \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} [K.h \frac{\partial h}{\partial x}] + e \quad (2-1)$$

که در آن: f : تخلخل موثر، h : بار هیدرولیکی (معادل فاصله سطح ایستابی تا یک سطح مرجع)، t : زمان، K : ضریب آبگذری، x : فاصله روی محور افقی، و e : میزان نفوذ یا هدر رفت عمودی در اثر

^۷ - Skaggs et al.

^۱- Chang et al.

^۲- Fouss et al.

^۳- Olson and De Boer

^۴- Jensen – Haise

^۵- Boussinesq.

^۶- Dupuit – Forchhamer

تبخیر و تعرق (ET) و یا تراوشات عمقی است. این رابطه را می‌توان هم برای مدلسازی آبیاری زیرزمینی و هم برای زهکشی زیرزمینی بکار برد (اسمیت و همکاران، ۱۹۸۵^۱).

شرایط مرزی معادله را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$h = h_1, \quad x = ., \quad t > .$$

$$\partial h / \partial x = ., \quad x = L/2, \quad t \geq .$$

$$h = d + \left(\frac{4m_0 x}{L} \right) [1 - \left(\frac{x}{L} \right)], \quad 0 \leq x \leq L, \quad t = . \quad (2-2)$$

که در آن: h : فاصله‌ای است که در آن سطح آب (در آبیاری زیرزمینی) بالاتر از لایه غیر قابل نفوذ باشد و x : بار هیدرولیکی در زهکشها (آبیاری زیرزمینی) یا فاصله است (بین زهکشها) که در آن سطح آب بالاتر از لایه غیر قابل نفوذ باشد (زهکشی زیرزمینی)، L : فاصله زهکشها، m_0 : فاصله عمودی سطح ایستابی بالای زهکشها یا فاصله کف نهرچه‌ها در حد وسط زهکش‌ها است.

برای نهرچه‌ها ای زهکشی d , برابر با فاصله لایه غیر قابل نفوذ تا کف نهرچه‌ها منظور می‌گردد و برای زهکش‌های زیرزمینی، عمق معادل هوخهات^۲ یا d بجای d جایگزین می‌گردد تا بدینوسیله افت بار ناشی از همگرائی جریان‌ها بسمت زهکشها در محاسبات گنجانده شود.

اسکگز (۱۹۷۳) دو روش "تفاضلهای محدود"^۳ و "برآورد تقریبی"^۴ را برای معادله بوزینسک بمنظور تهیه مدل آبیاری زیرزمینی برای دو حالت: افقی بودن سطح ایستابی اولیه و در شرایط زهکشی سطح ایستابی (غیر افقی بودن) ارائه نمود. این روشها برای شرایطی که تبخیر و تعرق وجود ندارد و یا تبخیر و تعرق ثابت است و متغیر بودن تبخیر و تعرق بکار گرفته شد. نتایج پیش‌بینی شده از مدل با ارقام مزرعه‌ای مورد مقایسه قرار گرفت که همبستگی مطلوبی را برای نوسانات عمق سطح ایستابی نشان داد.

اسکگز (۱۹۷۵) با استفاده از روش تفاضلهای محدود معادله بوزینسک را حل و برای مدل کردن و کاربرد در حالت زهکشی زیرزمینی ارائه نمود. وی همچنین این روش را برای شرایطی که در آن حالت‌هایی مانند عدم وجود تبخیر و تعرق و هدر رفت آب از راه تراوشات عمقی و حالتی که طی آن تبخیر و تعرق و تراوشات عمقی ثابت باشند توسعه داد. اسمیت و همکاران (۱۹۸۵)^۵ مدلی را مبتنی بر حل عددی معادله بوزینسک با این فرض که تمامی مقادیر بارندگی در نیمرخ خاک نفوذ نموده و بدینوسیله سطح ایستابی به سطح خاک میرسد ارائه نمودند. سپس با فرض اینکه بارندگی با همان شدت و مقدار در نیمرخ خاک نفوذ

۱- Smith et al.

۲- Hooghautd's Equivalent Depth

۳- Finite Difference

۴- Approximate Solution

۵- Smith et al.

می نماید که زهکش‌های زیرزمینی قادرند همان مقدار آب را تخلیه نمایند و سرانجام مقادیر بارندگی افزون بر آن، مقدمتاً بازداشت سطحی گردیده و پس از آن روان آب بوقوع می پیوندد را نیز در مدل منظور نمودند در حالی که مقدار تبخیر و تعرق (ET) روزانه با توزیع سینوسی فرض گردیده بود.

فوس و روگرز (۱۹۹۲)^۱ قابلیت‌های مدل اخیر را بررسی کرده و نتایج حاصله از کاربرد DRAINMOD را بمنظور شبیه سازی عکس العمل دینامیک (پویای) سطح ایستابی و برای حالت‌های آبیاری زیرزمینی و سیستم زهکشی کنترل شده که در آن کمیت آب خروجی زهکشها طی دوره زراعت مورد کنترل بوده است را مورد مقایسه قرار دادند. آنها مدل بوزینسک را با منظور نمودن روش گرین و آمپ جهت تعیین میزان نفوذ پذیری تعديل نموده و برنامه فرعی دیگری که قابلیت پیش‌بینی میزان نسبی عملکرد محصول (شبیه آنچه در مدل DRAINMOD وجود دارد) را نیز داشته باشد به آن اضافه نمودند. بررسی‌ها نشان داد که حجم آب مورد نیاز در روش آبیاری زیرزمینی که بدینوسیله برآورده می‌گردد حدوداً دو برابر مقدار محاسبه شده است. دلیل این اختلاف فاحش، حجم قابل توجه آب مورد نیاز جهت خیز سطح ایستابی از حالت برگشت شرایط زهکشی به حالت آبیاری زیرزمینی است. حجم زه آب (zechshahs زیرزمینی) برآورده شده از مدل بوزینسک بمراتب بیشتر از مدل قبلی می‌باشد.

در بررسی‌های فوق، معادله بوزینسک در شرایطی بکارگرفته شده که در آن عمق معادل هوخهات برای اصلاح اثرات افت بار همگرائی جریان در نزدیکی زهکش‌ها منظور شده است. تذکر این نکته ضروری است که روش عمق معادل هوخهات قادر به منظور نمودن افت بار در اثر همگرائی جریانات در بخش فوقانی زهکشها نمی‌باشد. اثر فرآیند فوق زمانی که روش آبیاری زیرزمینی بکارگرفته شود و یا زهکشها در نزدیکی لایه غیرقابل نفوذ نصب شده باشند اهمیت بیشتری می‌یابد. در نتیجه می‌توان گفت که نیمرخ سطح ایستابی مشاهده شده در این حالت به مراتب مسطح تر از آنست که با استفاده از عمق معادل هوخهات برآورده می‌گردد. اسکگز (۱۹۹۱) با در نظر گرفتن جریانهای شعاعی در نزدیکی زهکشها بجای عمق معادل هوخهات رابطه زیر را برای این حالت پیشنهاد کرد:

$$Q_{1/2} = \pi K (H_s - H_t) / \ln[(H_s - d) / r_o] \quad (2-3)$$

که در آن: $Q_{1/2}$ میزان جریان از یا بطرف یک نیمه زهکش، K ضریب آbgذربی خاک، d فاصله زهکشها تا لایه غیر قابل نفوذ، H_s ارتفاع سطح ایستابی دقیقاً در بالای زهکشها، H_t بار هیدرولیکی در روش آبیاری زیرزمینی یا d برای حالت زهکشی زیرزمینی، و r_o شعاع موثر زهکش است.

^۱ - Fouss and Rogers

بر مبنای فرضیه جریانهای شعاعی، شرایط مرزی زیر می تواند برای حل معادله بوزینسک بکار گرفته شود:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \pi (H_s - H_t) / \{ \ln[(h-d)/r_0]h \}, \quad x=0, \quad t>0. \quad (2-4)$$

شرایط مرزی فوق، $h=h_1$ را هرگاه $x=0$ و $t>0$ باشد بجای شرایط مرزی مندرج در رابطه ۲-۲ جایگزین می نماید. اسکگز (۱۹۹۱) نتایج حاصل از کاربرد مفاهیم "جریان شعاعی" و "عمق معادل" را مقایسه و نتیجه گرفت که استفاده از روش "جریان شعاعی" سطح ایستابی مسطح تری را در مقایسه با "عمق معادل" پیش بینی می کند. چس چیر و همکاران (۱۹۹۲)^۱ نیز با استفاده از مفهوم "جریان شعاعی" و "عمق معادل" گنجاندن آن در DRAINMOD کاستی موجود را مرتفع و نتایج مطلوبی گزارش کردند.

۳- مدل های مبتنی بر معادله ریچاردز^۲

دقیقترین روش مدل کردن جریان آب در خاک، استفاده از معادله ریچاردز است (تانگ و اسکگز، ۱۹۷۷). شکل دو بعدی این معادله عبارت است از:

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} [K(h) \frac{\partial h}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial z} [K(h) \frac{\partial h}{\partial z}] + \frac{\partial K(h)}{\partial z} \quad (3-1)$$

که در آن: $C=d\theta/dh$ رطوبت حجمی خاک، h بار فشار آب در خاک، K ضریب آبگذاری خاک، x و z به ترتیب مختصات محل استقرار در محورهای افقی و عمودی می باشند.

با استفاده از روش "تفاضلهای محدود" تانگ و اسکگز (۱۹۷۷) راه کاری جهت حل معادله فوق بمنظور تأمین شرایط مرزی جهت حالات زهکشی زیرزمینی و آبیاری زیرزمینی پیشنهاد کردند. نتایج حاصل از کاربرد این راه کار با آنچه که از یک آزمون آزمایشگاهی حاصل گردیده بود مورد مقایسه قرار گرفت و همانگی بسیار مطلوبی با ارقام مشاهده شده بدست آمد. بررسی پژوهش های انجام شده نشان می دهد که نتایج برآورده شده در حل معادله بوزینسک با آنچه از حل معادله ریچاردز در مورد عمق سطح ایستابی بدست می آید همبستگی مطلوبی دارد. اهمیت این موضوع به آن دلیل است که پارامترهای ورودی مورد نیاز برای حل معادله ریچاردز بمراتب بیشتر از معادله بوزینسک است.

براندیک و ویسلینگ (۱۹۸۷)^۳ مدل SWATRE را برای شبیه سازی جریانهای غیر اشباع در زمینه آبیاری زیرزمینی که مجهز به سیستم نهرچه های باز باشد مورد استفاده قرار دادند. این مدل که بوسیله

^۱- Cheschair et al.

^۲- Richards

^۳- Tang and Skaggs

^۴- Brandyk and Wesseling

بلمانز و همکاران^۱ (۱۹۸۲) معرفی گردید در واقع جریان آب خاک را با استفاده از روش حل عددی معادله ریچاردز و در حالت یک بعدی مدل مینماید که بصورت زیر نوشه می شود:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{C(h)} \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] - \frac{S(h)}{C(h)} \quad (3-2)$$

که در آن: S برداشت آب بوسیله ریشه گیاه است و سایر علائم قبلًا تعریف شده اند.

نامبردگان آبیاری زیرزمینی را با قرار دادن عمق سطح ایستابی در مدل مورد بحث و معین نمودن حد مرزی زیرین مدل نموده و نتیجه گرفتند که بین مقادیر مشاهده و برآورده شده همبستگی خوبی در ارتباط با مکش آب خاک در اعماق مختلف وجود داشته است.

ورک من و اسکگر (۱۹۸۹)^۲ مدل SWATREN را بنحوی تعديل نمودند که با استفاده از آن بتوان خیز سطح ایستابی را مدل کرد. آخرین شکل تعديل شده مدل مورد بحث بمنظور شبیه سازی آبیاری زیرزمینی مزرعه ای که دارای زهکشی زیرزمینی با فواصل مختلف ۱۵، ۷/۵ و ۳۰ متر بود بکار گرفته شد و نتایج حاصل از کاربرد آن با ارقام مشاهده شده و آنچه از DRAINMOD حاصل گردیده بود مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نمایانگر آن بودکه در خصوص اعماق سطح ایستابی برآورده و مشاهده شده با استفاده از مدل اخیر همبستگی مطلوبی را نمایان می سازد و حتی نتایج حاصله قابل مقایسه با ارقام پیش‌بینی شده از کاربرد DRAINMOD نیز می باشد.

یکی دیگر از مدل های زهکشی LINKFLOW است (هاوارد و همکاران، ۱۹۹۵^۳). این مدل، سه بعدی است و قابلیت شبیه سازی حرکت آب خاک را در توپوگرافی های متغیر دارد. در این مدل حرکت عمودی آب در ناحیه غیر اشباع با استفاده از معادله یک بعدی ریچاردز بصورت عددی حل می شود. حرکت آب در ناحیه اشباع نیز با بکارگیری معادله سه بعدی جریان آب زیرزمینی حل می گردد که خود نیز از مدل MODFLOW بدست می آید. قابلیت مدل کردن خیز سطح ایستابی را در نیمرخ خاک دارد. هر دو مدل بیان شده (مدل یک بعدی ریچاردزو و MODFLOW) قابل ربط به مدل LINKFLOW میباشند.

۴ - سایر مدل ها

بنگسان و همکاران (۱۹۹۲)^۴ نمونی برای برآورده نوسانات سطح ایستابی بنام FWTMOD ارائه کردند. این مدل مبتنی بر معادله نوسانات سطح ایستابی (WT) که بوسیله زیو و هلینگا (۱۹۶۰)^۵ پیشنهاد گردیده بود، می باشد:

^۱- Belmans et al.

^۲- Workman and skaggs

^۳- Havard et al.

^۴- Bengtson et al.

^۵- Zeeuw and Hellinga

$$h_t = h_{t-1} e^{-\alpha \Delta t} + \frac{R \Delta t}{0.8 \mu \alpha} (1 - e^{-\alpha \Delta t}) \quad (4-1)$$

که در آن: h_t ارتفاع سطح ایستابی بین دو زهکش در حد وسط استقرار دو خط زهکش ، h_{t-1} ارتفاع سطح ایستابی در گام زمانی قبلی، α ضریب بازتاب سطح ایستابی، Δt گام زمانی، $R \Delta t$ پتانسیل خالص تغذیه آب خاک در گام زمانی Δt و μ تخلخل قابل زهکشی نیمرخ خاک است.

بمنظور اعمال اثرات میزان بارندگی که در نیمرخ خاک نفوذ مینماید، هم چنین تأثیر شرایط پیشین رطوبت آب خاک، دو ضریب یعنی C_r (ضریب تغذیه) و C_f (ضریب اصلاحی) در معادله و مدل فوق گنجانده شده است. مقادیر α و C_r را برای هر ماه از سال با استفاده از ارقام حاصل از منطقه مورد مطالعه بايستی واسنجی نمود و در مدل بکار برد. مقدار α از رابطه زیر بدست می آید:

$$\alpha = \frac{10 K d_e}{\mu \cdot L^2} \quad (4-2)$$

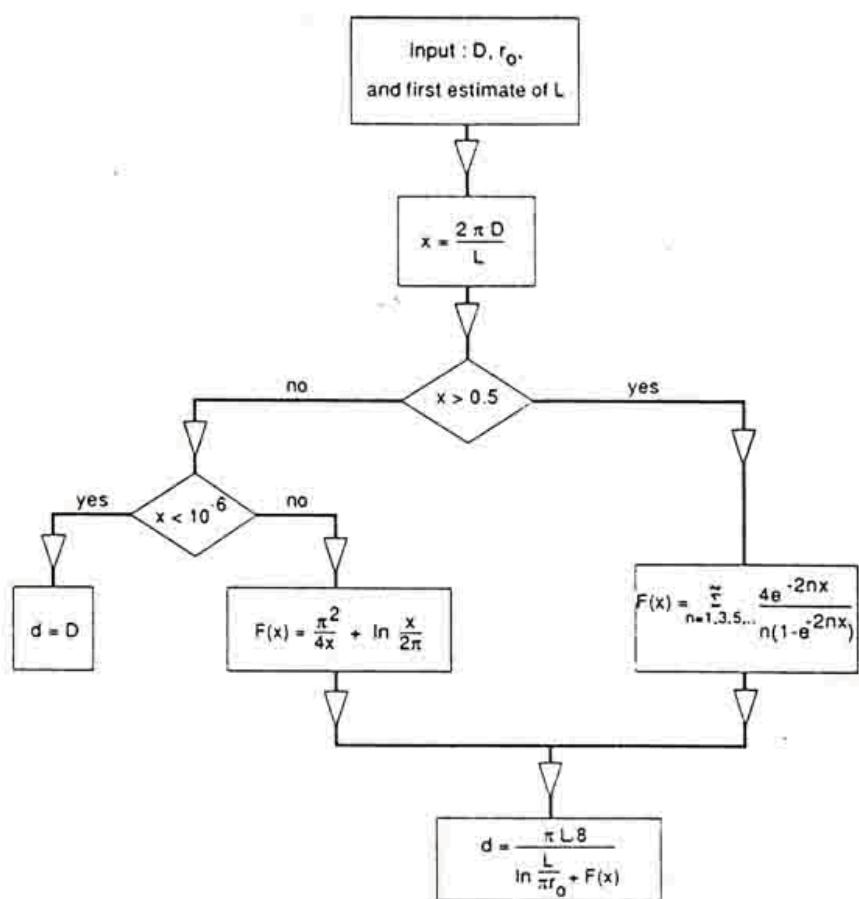
بدین ترتیب "شدت تخلیه" را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$q = 0.8 \mu \alpha h \quad (4-3)$$

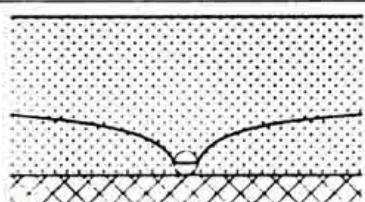
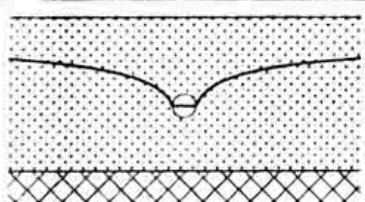
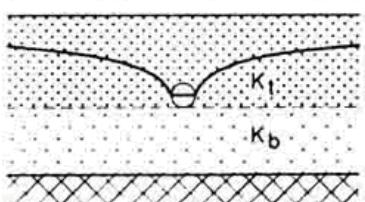
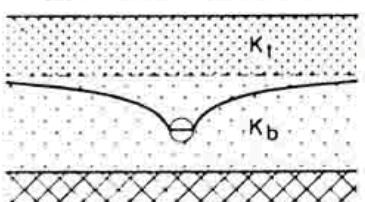
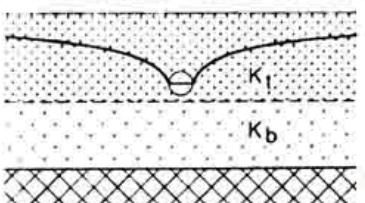
بنگ سان و همکاران (۱۹۹۳) هر دو مدل FWTMOD و DRAINMOD را برای استفاده از سیستم زهکشی زیرزمینی مرسوم بکار گرفته و دریافتند که برای یک دوره هفت ساله FWTMOD توانایی پیش بینی یا محاسبه نوسانات روزانه عمق سطح ایستابی را با همان دقت DRAINMOD دارد.

نتیجه گیری:

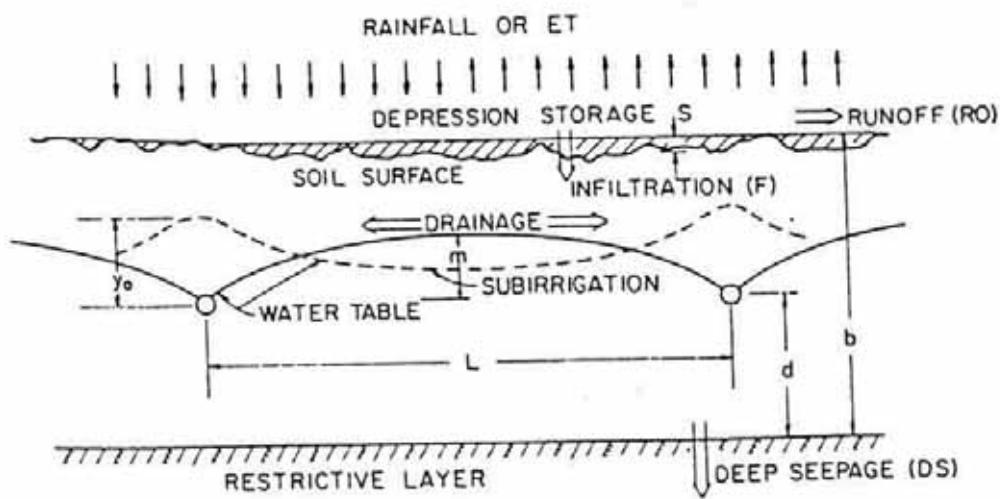
گزینش هر مدل به نوع مشکل موجود و فراهم بودن ورودی های آن بستگی دارد. مثلاً فراهم بودن شرایط مرزی مورد نیاز راهنمائی مفید برای انتخاب نوع مدل یک، دو و یا سه بعدی است. هرگاه سطح ایستابی کم عمق باشد، مدل های نسبتاً ساده برای حل معادله جریان در بخش غیر اشباع خاک کافی است. در غیر این صورت انتخاب و کاربرد مدل های پیچیده تر الزامی است. عوامل دیگری که در گزینش نوع مدل اهمیت دارند شامل نوع، تراکم و تنوع اطلاعات مورد نیاز، سوابق علمی و عملی کاربران و هزینه های مربوطه می باشد. شبیه سازها می توانند اثر عواملی متعدد و متنوع را بر روی عملکرد سیستم مدیریت آب بررسی کنند. هر چه پارامترهای ورودی مورد نیاز در یک مدل بیشتر باشند کاربرد مدل های پیچیده تر نیز ضروری تر می شود. زیرا تنها چنین نمونه هایی قادر به تجزیه و تحلیل اثر پارامترهای بیشتری هستند. در این صورت خطای ناشی از محاسبه و برآورد مدل بطوری چشمگیر کاهش می یابد.



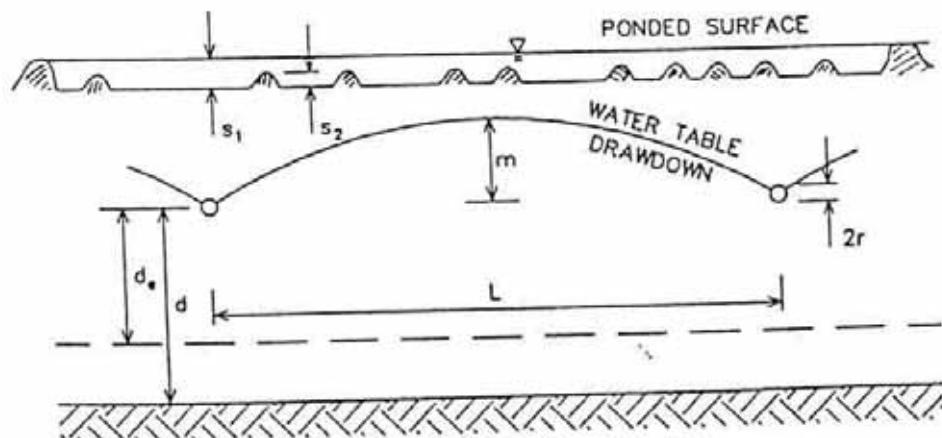
شکل شماره (۱) راهنمای محاسبه عمق معادل هوخهات برای کاربرد در معادلات زهکشی

SCHEMATIZATION	SOIL PROFILE	POSITION OF DRAIN	THEORY	EQUATION
	homogeneous	on top of impervious layer	Hooghoudt/Donnan	$q = \frac{4K(H - D)}{L^2}$
	homogeneous	above impervious layer	Hooghoudt with equivalent depth	$q = \frac{8Kh + 4Kh^2}{L^2}$
	two layers	at interface of the two soil layers	Hooghoudt	$q = \frac{8K_b d h + 4K_t h^2}{L^2}$
	two layers ($K_t < K_b$)	in bottom layer	Ernst	$h = q \left(\frac{D_v}{K_t} + \frac{L^2}{8K_b D_b} + \frac{L}{\pi K_b} \ln \frac{D_f}{u} \right)$
	two layers ($K_t < K_b$)	in top layer	Ernst	$h = q \left(\frac{D_v}{K_t} + \frac{L^2}{8(K_b D_b + K_t D_t)} + \frac{L}{\pi K_t} \ln \frac{a D_f}{u} \right)$

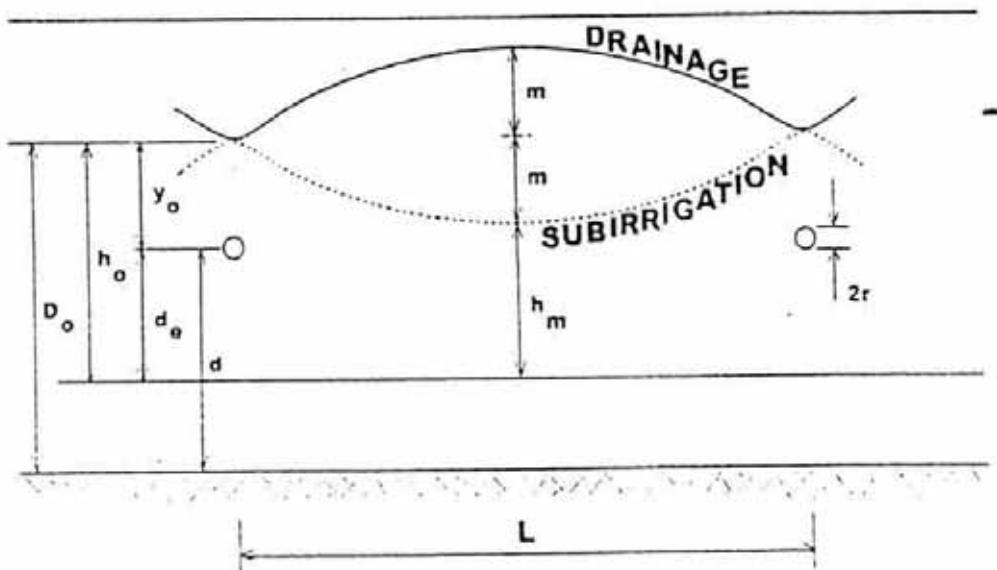
شکل شماره (۲) راهنمای کاربرد معادلات همگام تعیین فاصله زهکش‌های زیرزمینی بر مبنای وضعیت نیمرخ خاک و موقعیت لایه غیرقابل تفویز



شکل شماره (۲) شرح علائم و حالات بکار رفته در مدل DRAINMOD



شکل شماره (۴) نشانه های بکار رفته در مدل DRINMOD در حالات استغراق سطحی و افت سطح ایستایی



شکل شماره (۵) موقعیت سطح ایستایی در حالات زهکشی و آبیاری زیرزمینی

منابع

- Belmans, C., J.G. Wesseling and R.A. Feddes. ۱۹۸۲. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. *J. Hydrology* ۷۲(۲/۴):۲۷۱-۲۸۶.
- Bengeston, R.L., R.S. Grazon and J.L. Fouss. ۱۹۹۳. A fluctuating watertable model for the management of a controlled-drainage/subirrigation system. *Transactions of the ASAE* ۳۶(۲):۴۳۷-۴۴۳.
- Brandyk, T. and J.G. Wesseling. ۱۹۸۷. Soil moisture flow in drainage-subirrigation system. *J.Irr.Drain.Eng.* ۱۱۳(۱):۸۶-۹۶.
- Brown, L.C.(Editor). ۱۹۹۸. Drainage in the ۲۱st century : food production and the environment, proceeding of the seventh international drainage symposium, ۸-۱۰ March ۱۹۹۸. Orlando, Florida, ASAE. ۷۷۸ pp.
- Chang, A.C., R.W. Skaggs, L.F. Hermsmeier and W.R. Johnston. ۱۹۸۲. Evaluation of a water management model for irrigated agriculture. *Transactions of the ASAE* ۲۶(۲):۴۱۲-۴۱۸.
- Chescheir, G.M., C. Murugaboopathi, R.W. Skaggs, R.H. Susanto and R.O. Evans. ۱۹۹۲. Modeling water table control systems with high head losses near the drain. pp. ۷۸-۸۰, In: *Drainage and water table control-proceedings of sixth international drainage symposium*. ۱۲-۱۵ December ۱۹۹۲. Nashville, TN. ۵۰۱ pp.
- de Zeeuw, J.W. and F. Hellinga. ۱۹۶۰. Neersl: gen Afover landbouwkundig Tijdschrift ۷۰: ۴۰۵-۴۲۱ (as cited by Bengston et., ۱۹۹۳).
- Editorial Committee. ۱۹۹۷. Drainage for the ۲۱st century . Vols ۱-۳, proceeding of the ۵th ICID international drainage workshop, ۱۷-۲۱ November . ۱۹۹۷, Penang, Malaysia . ۱۲۰۹ pp.
- Fouss, J.L., R.L. Bengetson and C.E. Carter. ۱۹۸۷. Simulating subsurface drainage in the lower Mississippi Valley with DRAINMOD. *Transactions of the ASAE* ۳۰(۶):۱۶۷۹-۱۶۸۸.

- Fouss,J.L.and J.S.Rogers.1992.Drain outlet water levelcontrol:a simulation model,pp.46-61,In:Drainage and water table control-proceedings of the sixth international drainage symposium.December 12-15,1992.Nashville,TN.50 pp.
- Hanks,R.J and J.T.Ritchie(Editors).1991.Modeling plant and soil systems,Agron,Monogr.21.ASA.CSSA and SSSA. Madison.540 pp.
- Havard,P.L.,S.O.Prasher,R.B.Bonnell and A.Madani.1990.LINKFLOW,a water flow computer model for water table management:Part I.Model development.Transactions of the ASAE 28(2):481-488.
- Olson,D.I. and D.W.De Boer.1988.Field evalution of DRAINMOD in South Dakota.ASAE Paper 88-2071.ASAE,St.Joseph,MI.
- Ritzema,H.P.(Editor-in-chief).1994.Drainage principals and applications,ILRI.No.11 ,2nd Edition,Wageningen,the Netherlands.1120 pp.
- Skaggs,R.W.1972.Water table movement during subirrigatin.Transactions of the ASAE,116(5):988-993.
- Skaggs,R.W.1970. Drawdown solutions for simultaneous drainage and ET..journal of the Irrigation and Drainage Division ,ASCE 96(1)(IR):279-291.
- Skaggs,R.W.1981.DRAIMOD Refrence Report.Methods for design and evalution of drainage-water management systems for soils with high water tables.Report prepared for the Soil Conservation Servise.Forth Worth,Texas:South National Technical Center,USDA-SCS.
- Skaggs,R.W.,N.R.Fausey, and B.H.Nolte.1981.Water management model evaluation for North Central Ohio.Transactions of the ASAE 24(4):922-928.
- Skaggs,R.W.1982.Field evaluation of a water management simulation model.Transactions of the ASAE 25(2):666-674.

Skaggs,R.W.1991.Modeling water table response to subirrigation and drainage.Transactions of the ASAE,34(1):169-170.

Skaggs,R.W and J.Van.Schilfgaarde(Editors).1991.Agricultural drainage.Agron.Monogr.28.ASA.CSSA and SSSA.Madison.1228 pp.

Smith,M.C.,R.W.Skaggs and J.E.Parsons.1985.Subirrigation system control for water use efficiency.Transactions of the ASAE 28(2):489-496.

Tangs,Y.K.and R.W.Skaggs.1977.Experimental evalution of theoretical solution for subsurface drainage and irrigation.Water Resources Research 13(1):957-960.

Van Lier.H.N.(Editor).1991.Land and water engeeniering.Vol.1,in CIGR Handbook of agricultural engeeniering,A five-volume series,ASAE,5v. pp.

Workman,S.R.and R.W.Skaggs.1989.Comparison of two drainage simulation models using field data.Transactions of the ASAE 32(6):1933-1938.

دومین کارگاه فنی زهکشی

ارزیابی شبکه زهکشی زیرزمینی دشت بهبهان

احمد لطفی^۱

۱ کلیات

۱-۱ مقدمه

دشت بهبهان یکی از چهار زیر پروژه هایی است که در قالب همکاریهای فنی و اعتباری بانک جهانی با دولت جمهوری اسلامی ایران برای بهسازی شبکه های آبیاری از سال ۱۳۷۲ آغاز شده و هم اکنون مراحل پایانی خود را میگذراند. بخشی از برنامه های این پروژه اجرای عملیات تجهیز و نوسازی و نیز زهکشی زیر زمینی در اراضی زیر پوشش شبکه آبیاری دشت بوده است.

شبکه آبیاری دشت بهبهان شامل سد انحرافی و کانالهای اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی پیش‌اپیش و طی سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۶۱ از محل اعتبارات عمرانی ملی اجرا شده و در زمان آغاز پروژه مورد بحث این مقاله، در حال بهره برداری بود.

پروژه زهکشی زیر زمینی در دشت بهبهان برای کنترل سطح آب زیر زمینی و اصلاح حدود ۲۴۰۰ هکتار از زمینهای زراعی در بخشهای پست مرکزی دشت که به مسایل زه آب و نیز شوری مبتلا بود پیش بینی شده بود. منشاء زه آب زیر زمینی در این اراضی بطور عمده جریانهای نفوذی آبیاری در اراضی زراعی بالا دست و نشت آنها به بخشهای زیر دست بوده است. جریانهای زیر زمینی از مناطق حاشیه ای مجاور دشت و نشت از کانالهای آبیاری به عنوان دیگر منابع تغذیه و در مقابل، تراویشات ثقلی به شبکه زهکشهای رو باز بعنوان یکی از منابع تخلیه زه آبهای زیر زمینی در تبادلات هیدرولوژی اثر گذار هستند.

۱-۲ مشخصات فیزیکی طرح زهکشی دشت بهبهان

شبکه زهکشی زیر زمینی دشت بهبهان مشتمل بر مجموعه ای از خطوط زهکشی زیر زمینی مزرعه و نیز جمع کننده های زیر زمینی است که در انتهای آنها به شبکه جمع کننده های رو باز (زهکشهای درجه ۲) تخلیه

شده و از آن طریق به زهکشی‌های اصلی و نهایتاً به رودخانه مارون منتقل می‌شود. مساحت زیر پوشش شبکه ۲۵۰۰ هکتار است که نسبت به مساحت پیش‌بینی و طراحی شده، حدود ۹۰۰ هکتار کاسته شده است. در واقع در حین اجرای برنامه، مشاهدات و شواهد نشان داد که قابلیت‌های طبیعی برای کنترل آب زیر زمینی در این اراضی کافی است و بدین جهت اجرای زهکشها در این زمینها از برنامه حذف شد. در چند مورد نیز در مزارع واقع در اراضی مرتفع تر، اجرای زهکشی‌های مزرعه از برنامه حذف ولی زهکشی‌های کالکتور زیر زمینی به صورت دو منظوره و به گونه‌ای اجرا شدند که هم بتوانند بصورت حائل، زه آبهای زیر زمینی بالادست را جذب و تخلیه کنند و هم درآینده و در صورتی که به شبکه زهکشی مزرعه نیز نیاز باشد بتوانند به عنوان جمع کننده مورد استفاده قرار گیرند.

مشخصات اجرا شده شبکه زهکشی زیر زمینی به شرح زیر خلاصه می‌شود:

هکتار	۲۴۵۳	- مساحت کل ناخالص مزارع زهکشی شده
متر	۱۳۵۳۰۰	- طول خطوط زهکش زیر زمینی مزرعه
متر	۲۸۹۶۰	- طول خطوط زهکش زیر زمینی جمع کننده
متر	۱۲۵	- فواصل خطوط زهکش مزرعه، بطور عمده
متر	۲	- عمق نصب زهکش‌های مزرعه، بطور غالب
سانتیمتر	۱۶-۱۰	- قطر لوله‌های زهکش مزرعه،
پی وی سی	کنکره دار	- نوع لوله‌های زهکش مزرعه
بتونی ساده		- نوع لوله‌های زهکش جمع کننده
سانتیمتر	۴۰-۳۰	- قطر داخلی لوله‌های بتونی جمع کننده
شن و ماسه دانه	بندی شده	- نوع صافی (فیلتر) پیرامون لوله‌های زهکش
سانتیمتر	۱۰	- ضخامت صافی (فیلتر)
سانتیمتر	۳۵	- عرض ترانشه زهکش مزرعه
با ترنچر و بیل مکانیکی		- اجرای زهکش‌ها
میلیون ریال	۷,۶۹۰	- هزینه اجرای طرح (با تعديل‌های مربوطه)
۱۳۷۹ / ۳-۱۳۷۶ / ۱		- دوره اجرا

۱-۳- مشخصات طراحی شبکه زهکشی

معیارهای طراحی شبکه زهکشی زیر زمینی دشت بهبهان بقرار زیر بوده است

هدايت هيدروليكي: هدايت هيدروليكي بافت‌های مختلف خاک که مبنای برآورد هدايت هيدروليكي نيموخ خاک بوده است بقرار زير مي باشد

آبگذری(متر بر روز)	بافت خاک
۲	LfS, fs, SL
۱,۵	L, Si L, fSL
۱,۲	CL, SiCL
۰,۸	SiC
۰,۴	C

پتانسیل زهکشی طبیعی: در مرحله مطالعات و طراحی شبکه، ظرفیت زهکشی طبیعی منطقه زهدار به میزان ۱/۵ میلی متر در روز برآورد و در محاسبات وارد شده است.

عمق لایه محدود کننده: در بیشتر موارد برای محاسبه فواصل زهکشی عمق لایه کم تراوا بین ۶ تا ۱۰ متر در نظر گرفته شده است.

شدت زهکشی: شدت تغذیه سفره آب زیر زمینی برای زراعتها یونجه و ذرت و برای دوره دو ماهه اوج مصرف برابر حدود ۴ میلیمتر در روز برآورد شده که پس از کسر ظرفیت زهکشی طبیعی به میزان ۱/۵ میلیمتر در روز، شدت زهکشی طرح برابر ۲/۵ میلیمتر در روز مبنای محاسبات قرار گرفته است.

عمق کنترل آب زیر زمینی: عمق کنترل آب زیر زمینی برای استفاده در فرمولهای زهکشی در شرایط ماندگار، برابر ۱ متر در نظر گرفته شده است.

عمق نصب زهکشها: عمق نصب زهکشها در ۲ متری از سطح زمین انتخاب و اجرا شد.

فواصل زهکشی: فواصل زهکشی در دشت بهبهان در سه گروه ۸۰، ۱۰۰، و ۱۲۵ متری انتخاب و اجرا شده است. بیشتر زهکشها زیر زمینی با فاصله ۱۲۵ اجرا شده است.

شیب زهکشها: حد اقل شیب زهکشها برابر یک در هزار انتخاب شده است. حد بالایی شیب تا حدود ۵ در هزار نیز بکار گرفته شده است که نظیر سرعتی معادل حدود ۶۰ متر بر ثانیه جریان آب در لوله است.

طول زهکشها : طول خطوط زهکشی بطور معمول بیش از ۲۵۰ و حداقل آن تا حدود ۱۱۰۰ متر نیز بوده است.

۲ عملکرد سیستم زهکشی

مشاهدات و اندازه گیریهای که در حین اجرا و نیز پس از اجرای شبکه زهکشی از عملکرد شبکه صورت گرفته است در زیر مورد بحث قرار میگیرد.

۱-۲ عملکرد عمومی

عملکرد عمومی شبکه زهکشی زیر زمینی بر مبنای دو عامل زیر ارزیابی میشود: (الف)- بر طرف شدن مسائل زه آب و شوری زمینهای و به بهره برداری رسیدن آنها و (ب) اظهار نظر کشاورزان و واکنش آنها نسبت به احداث شبکه زهکشی. بر این دو مبنای اجرای شبکه زهکشی زیر زمینی در دشت بهبهان رضایت بخش بوده و علاوه بر آنکه مسایل موجود در زمینهای زهدار برطرف شده است، کشاورزان نسبت به تاثیر زهکشها در اصلاح زمینهای ابراز خشنودی میکنند. طبیعتاً این واکنش کشاورزان در مناطقی که زمینهای غیر قابل کشت و رها شده، اصلاح و قابل کشت شده اند بیشتر و ملموس تر است. در دیگر زمینهای که عوارض زه آب نسبی بوده و زمینها حتی قبل از اجرای سیستم زهکشی نیز بهره برداری میشوند، بعلت نبود نظام سنجش و مقایسه، کشاورزان واکنش صریح و روشنی نشان نمی دهند. نکته دیگری که در ارزیابی عمومی اجرای شبکه باید مورد توجه قرار گیرد، عدم تعهد کشاورزان به پرداخت هزینه های اجرائی بوده است. در واقع شبکه زهکشی برای کشاورزان بصورت مجاني احداث شده است.

۲-۲ مشاهدات موردي در کارکرد سیستم زهکشی

مزروعه شماره ۴۵ شمال دشت، به فاصله حدود ۵۰۰ متری از یک زهکش روباز عمیق (عمق حدود ۲,۵ متر از سطح زمین) قرار گرفته است. در این مزرעה شبکه زهکش زیر زمینی با فواصل ۱۲۵ متر احداث شده و در زمان بررسی در آن، ذرت کشت شده بود. این زراعت در فصل تابستان با تواتر آبیاری حدود ۶-۵ روز یکبار آبیاری شده و نفوذ آب به سفره به میزان حدود ۱۵۰-۲۰۰ متر مکعب در هکتار بوده است. بخشی از زمینهای بالادست این مزرעה در سالهای عادی برای کشت برنج استفاده میشود ولی در زمان بررسی (تابستان ۱۳۷۹) بعلت کمبود آب مجوز برای برنجکاری صادر نشد و بجائی آن ذرت، اما در سطح گسترده تر کشت شد. در مشاهدات انجام شده، سطح آب زیر زمینی در وسط فاصله بین زهکشها، عموماً در اعماق بین ۱,۱ تا ۱,۸ متر تغییر میکرد (مقایسه شود با تغییرات بین عمق ۰,۵ تا ۱,۰ متر که در طراحی پیش بینی شده است). میزان نفوذ عمقی آب زیر زمینی کمتر از مقادیر پیش بینی شده (حدود ۳۰۰-۲۵۰ متر مکعب در هکتار) بود، که ناشی از نامناسب بودن شخم، سنگینی خاک و عدم مراقبت های کافی در مدیریت آب در مزرעה بود. به این صورت که کشاورزان بطور سنتی گرایش به آبیاری با جریان زیاد دارند و در این شرایط، بعلت زیاد بودن دبی در فارو و کم بودن زمان آبیاری، بیشتر آب آبیاری بصورت جریان سطحی از مزرעה خارج شده و آب فرصت کافی برای نفوذ در اعماق خاک پیدا نمی کند.

هرچند شرایط مدیریت آب در مزرعه در اراضی زیر پوشش شبکه آبیاری دشت بهبهان هنوز شکل مطلوب و نهائی را پیدا نکرده است و تراکم مصرف آب در کل منطقه نیز به حدود توسعه نهائی نرسیده است و علاوه برآن دو سال گذشته نسبتاً کم باران بوده و در فصل تابستان گذشته نیز برج کاری از برنامه کشت منطقه حذف شده بود، و این عوامل باعث میشوند که شدت تغییر سفره آب زیر زمینی کمتر از شرایط مفروض برای توسعه نهائی منطقه باشد، اما بر اساس مشاهدات و براین اساس که سطح آب زیر زمینی مزارع زهکشی شده در اعمق پائینتر از مقادیر طراحی شده قرار میگیرد و نیز با مشاهده روند تغییرات جریان در خروجی زهکشها، این استنباط کلی بدست آمده است که با وجود اینکه میانگین تراکم خطوط زهکشی (مجموع خطوط کلکتور و لاترال در هر هکتار) در حدود ۹۰ متر در هکتار است، احتمالاً باز هم همین تراکم بیش از نیاز واقعی مزارع است. در توضیح علل اصلی ایجاد این شرایط احتمالاً میتوان به عوامل زیر اشاره کرد:

- حذف برنجکاریها از برنامه کاشت منطقه در زمان مشاهده و کاهش شدید جریانهای نفوذی از مزارع مجاور؛
- عدم شناسائی درست و ارزیابی واقعی از پتانسیل زهکشی طبیعی منطقه؛
- تغذیه ناشی از نفوذ آب آبیاری بیشتر از واقعیت های عینی در محاسبات وارد شده باشد؛
- استفاده از دوره پیک مصرف آب برای محاسبه ضریب زهکشی برآوردهای بیش از اندازه بدست داده باشد،
- عمق لایه غیر قابل نفوذ بدرستی تشخیص داده نشده باشد؛

۳-۲ مشاهدات موردي در زمينه روند تخلیه سفره آب زیر زمیني بوسيله سيسن زهکشی

پس از اجرای شبکه زهکشی زیر زمینی، تخلیه آب موجود در ضخامت آبرفت واقع در بالای شبکه زهکشی به زمان نیاز دارد. این زمان بر حسب شرایط خاک و به ویژه قابلیت انتقال آن میتواند متفاوت باشد. اگر محدوده عمل زهکش تحت تاثیر تغذیه از آبرفت‌های مجاور و یا سفره های عمیقتر باشد نیز زمان تخلیه ذخیره آب سفره طولانی تر میشود. در بیشتر موارد تخلیه آب سفره آبرفتی در فاصله کمتر از حدود سه ماه صورت میگرفت. در یک مورد (مزارعه ۵۳ شمال) این زمان نزدیک به ۹ ماه بطول انجامید. در یک مورد دیگر (مزارعه ۲۶ جنوب) سیستم زهکشی، جریانی بیشتر از تغذیه ناشی از نفوذ آب آبیاری را تخلیه میکند. مشاهدات نشان میدهد که منشا این آب یک سفره نیمه تحت فشار است که تا نزدیک سطح زمین را تحت تاثیر قرارداده است. بعلت فواصل نسبتاً زیاد بین نقاط مشاهده ای، محدود بودن عمق مشاهدات پیزومنtri و دیگر مسایل، این سفره نیمه تحت فشار در زمان مطالعات شناسائی نشده بود. جریان تخلیه این سیستم زهکشی (که مساحتی حدود ۷۰ هکتار را زیر پوشش دارد) از زمان اجرا در سال ۱۳۷۶ تقریباً بصورت ثابت بین ۲۰ تا ۲۶ لیتر بر ثانیه است. هدایت الکتریکی آب در حدود ۱۸۰۰ دسی زیمنس بر متر و برای مصارف کشاورزی قابل استفاده است. سیستم زهکشی سطح آب زیر زمینی را در عمق حدود یک متر کنترل میکند ولی از آنجا که شدت جریان در شبکه زهکشی زیر زمینی این مزارعه بیش از مقادیر پیش بینی

شده است سطح آب در محل تخلیه به منهول ها حدود ۲۰-۱۵ سانتیمتر حالت استغراق را نشان میدهد. بعلت شیب نسبتاً تند لاترالها این استغراق فقط حدود ۵۰ متر انتهائی از خطوط لاترال ۶۰۰ متری را و به میزان غیر قابل ملاحظه تحت تاثیر قرار میدهد. جالب است که آثار تراوش این سفره نیمه تحت فشار در هیچ یک از مزارع مجاور مزرعه ۲۶ جنوب دیده نمی شود.

۴-۲ عملکرد لوله های پلاستیکی

در اجرای شبکه زهکشی زیر زمینی از لوله های پی وی سی استفاده شده است. در مشخصات این لوله ها رعایت استاندارهای کیفی معتبر (عموماً DIN آلمان) برای پیمانکار پیش بینی شده بود و در حین اجرا نیز کنترل های لازم بر اساس خصوصیات ظاهری لوله های صورت میگرفت. در زمان اجرا لوله ها در انتبارهای سر پوشیده نگهداری میشدند. اما در دو مورد از چند مورد مشاهدات و کاوش های انجام شده، کاستی هایی در کیفیت لوله های نصب شده مشاهده شد که نشان دهنده عدم کفایت رعایت استاندارها در کارخانه سازنده لوله و یا عدم کفایت مراقبت ها در نگهداری آنها در شرایط گرم و خشک و تابش خورشید در منطقه کار بوده است. در این دو مورد، لوله ها حالتی خشک تر و شکننده تر از آنچه که انتظار میرفت داشتند. این کاستی تا زمانی که لوله ها نیاز به شستشو پیدا نکنند مسئله خاصی را بوجود نمی آورد ولی اگر شستشو با جت فلاشر صورت گیرد احتمال پاره شدن و گسستگی در اینگونه لوله ها میتواند وجود داشته باشد.

۵-۲ عملکرد فیلتر

فیلتر های شنی در پیرامون لوله های زهکشی با ضخامتی حدود ۱۰ سانتیمتر اجرا شدند. دانه بندی آنها نیز متنطبق با مشخصات SCS صورت گرفت. علیرغم شیب نسبتاً تند استقرار لوله ها و سرعت جریان، در تمامی خطوط اجرا شده و بدون هیچ استثنائی، جریان زه آب کاملاً صاف و بدون لای است. در چندین مورد که به فاصله حدود ۱ سال پس از نصب، خطوط زهکشی برای کنترل عملکرد شکافت شده و کنترل شدند، بطور کلی لوله ها تمیز بودند ولی در بخش های بالادست خطوط زهکش (که جریان های ورودی به لوله کم و طبیعتاً سرعت نیز پائین است) لای به ضخامت حدود ۵ میلیمتر در کف زهکش مشاهده میشد. تمیز بودن درون لوله میتواند به این معنی خوب عمل کردن قشر فیلتر باشد، اما شیب نسبتاً تند و سرعت قابل ملاحظه جریان در خطوط زهکش نیز در انتقال و تخلیه ذرات خاک وارد شده به لوله کاملاً موثر بوده است. در هر حال مشاهدات این استنباط را بوجود میآورد که اساساً جابجائی خاک در اثر جریانهای زیر زمینی زیاد نبوده است. در چنین شرایطی احتمالاً احداث لوله های زهکشی بدون اجرای فیلتر نیز میتواند عملکرد قابل قبولی بهمراه داشته باشد. قابل ذکر است که در طرح بهبهان، زهکشها مزرعه در جهت شیب تند زمین قرار داده شدند و شیب اجرا شده ای خطوط عموماً در حدود ۵ در هزار بوده است که مخصوصاً سرعت جریان قابل ملاحظه ای در درون لوله ها است. در چنین سرعتی ذرات سیلت و ماسه

ریز قابلیت کمتری برای ته نشست شدن خواهد داشت. وجود فیلتر شنی و شیب نسبتاً تند خطوط زهکشی زیرزمینی، اطمینان کافی را برای عدم ایجاد شرایط رسوب گذاری فراهم آورده است.

۶-۲ عملکرد فیلتر زیر لوله های کلکتور

در طرح بهبهان خطوط لوله های زهکش جمع کننده لاترالها نیز بصورت جذب کننده اجرا شده اند. به این معنی که بستر و حدود ۱۰ سانتیمتر از دو طرف لوله های بتونی، بجای مصالح مخلوط، فیلتر شنی نصب و قطاع پائینی درز لوله ها برای عبور آب درزبندی نشده است. طول لوله های بتونی ۱ متر بود. این زهکشها به ویژه در زمان اجرا و نیز در روزهای اولیه پس از اجرا بخوبی عمل کرده و بخش قابل ملاحظه ای از آبهای زیر زمینی را تخلیه نمودند و پس از آن نیز بعنوان یک خط زهکش بخشی از زه آبها را جمع و تخلیه خواهند کرد. در تعدادی از مزارع حاشیه منطقه زهدار، به اعتبار وجود این خطوط جذب و جمع محاسبات طراحی نیز، برای منظور نمودن اثرات این زهکشها در تخلیه آب زیر زمینی، فواصل خطوط لاترال بر حسب شرایط ۲۰-۱۰ متر افزایش داده شد. علیرغم این مزايا، نصب فیلتر شنی در زیر لوله های دو طرف لوله های بتونی سلامت و پایداری بیشتری را برای لوله ها بوجود آورده است. علیرغم این اثرات، اجرای کلکتور به این شکل میتواند از نظر اقتصادی قابل بحث باشد، کما اینکه کارشناس بانک جهانی با این روش اجرا نظر موافقی نداشت. مصرف حجم قابل ملاحظه فیلتر در پیرامون لوله خود هزینه هائی را در بردارد که به ویژه در مناطقی که دسترسی به شن و ماسه فیلتر مشکل و هزینه های آن گران باشد قابل ملاحظه خواهد بود. در شرایط دشت بهبهان صرفه جوئی حاصل از افزایش فواصل بین خطوط زهکش مزرعه به خاطر جذب کننده بودن زهکش جمع کننده، در حدود ۳۶۰,۰۰۰ ریال در هکتار و هزینه های اضافی بعلت فیلتر گذاری بستر لوله های کلکتور در حدود ۱۲۰,۰۰۰ ریال در هکتار بوده است.

۳ توصیه ها:

براساس تجربیات بدست آمده از اجرای پروژه زهکشی زیر زمینی در دشت بهبهان، موارد زیر قابل توصیه خواهد بود

- تدارک امکانات کنترل و اندازه گیری کیفیت لوله های زهکشی در کارگاه الزامی شده و در مشخصات خصوصی قرارداد با پیمانکاران گنجانده شود. علاوه برآن لوله ها، زمانی که برای اجرا به طول خط منتقل میشوند نیز از نظر کیفیت کنترل شوند. منطبق بودن مشخصات لوله ها با استانداردها در کارخانه لازم هست ولی کافی نیست. شرایط حمل و نقل و نگهداری لوله ها میتواند بطور قابل ملاحظه در کیفیت آنها اثر بگذارد؛
- در بررسی های میدانی در مرحله مطالعات به شناخت پتانسیل های زهکشی طبیعی اهتمام بیشتری مبذول شود.

- به راه حل های غیر سازه ای برای حل مسایل زه آبهای زیر زمینی توجه متناسبی اعمال شود.
عدم مدیریت درست آب در مزرعه و نیز کشت محصولاتی مانند برنج میتواند منشا اصلی تغذیه سفره آب زیر زمینی و زهدار شدن اراضی باشد. کاهش تلفات آب و یا حتی تغییر الگوی کشت و کاهش تراکم محصولات پر مصرف به ویژه برنجکاری میتواند راه حل مناسبی برای برطرف کردن اینگونه مسایل و یا حداقل متعادل کردن ابعاد مشکلات باشد.
- هرچند این توصیه برخلاف معیارهای متدال است ولی بنظر میرسد اجرای زهکش های مزرعه در جهت شبیب تند، بدون اینکه مشکل اساسی بوجود آورده باشد، عملکرد مطمئن تر زهکشها را به همراه داشته است.

دومین کارگاه فنی زهکشی

تعدیل ضریب زهکشی در دشت مغان

اردوان آذری^۱- بهروز مصطفیزاده^۲

چکیده:

در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، گرچه نقش اصلی جذب و دفع زه آب از پروفیل خاک بر عهده لترال‌ها است، لیکن چنانچه جمع‌کننده‌ها از لوله‌های مشبك یا منقطع ساخته شده باشند، بخشی از زه آب مستقیماً از طریق جمع‌کننده‌ها تخلیه می‌شود. در طراحی زهکشها زیرزمینی این بخش از تخلیه بدلیل عدم دسترسی به اطلاعات لازم و دشوار بودن برآورد میزان آن معمولاً مورد توجه قرار نمی‌گیرد. در صورتیکه میزان تخلیه زه آب توسط جمع‌کننده‌ها تعیین و ضریب زهکشی طرح نسبت به آن اصلاح گردد، زهکشها زیرزمینی می‌توانند با فواصل بیشتر و ظرفیت کمتر و در نتیجه اقتصادی‌تر طراحی شوند.

این تحقیق با هدف تعیین میزان تخلیه جمع‌کننده‌ها و تعدیل ضریب زهکشی در شبکه زهکشی زیرزمینی دشت مغان به انجام رسیده است. در فاصله زمانی بین اجرای جمع‌کننده‌ها و لترال‌ها، اندازه‌گیری تخلیه جمع‌کننده‌ها در یک قطعه ۹۰۰ هکتاری به انجام رسیده و نتایج آن با تخلیه سیستم پس از اجرای لترال‌ها مقایسه شد. همچنین شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها و نیز وضعیت سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها نیز اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان داد که بطور متوسط $۹۵/۳$ لیتر در ثانیه یا $۹۲/۰$ میلیمتر در روز از طریق جمع‌کننده‌ها جذب و تخلیه می‌شود. از سوی دیگر کل تخلیه سیستم پس از نصب لترال‌ها $۲۱۲/۷$ لیتر در ثانیه یا $۲۰/۴$ میلیمتر در روز اندازه‌گیری شد. مقایسه تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها با تخلیه کل سیستم، با درنظر گرفتن کاهش تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها پس از نصب لترال‌ها، نشان داد که حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد از کل تخلیه شبکه زهکشی از طریق جمع‌کننده‌ها صورت می‌گیرد. که در صورت اعمال آن بر ضریب زهکشی

۲- دانشیار گروه آبیاری دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱- کارشناس مهندسین مشاور آب ورزان.

طرح، ضریب زهکشی بجای ۲/۸ میلیمتر در روز به رقم ۲/۱۱ تا ۲/۱۶ میلیمتر در روز کاهش یافته، در نتیجه فواصل زهکشها را می‌توان ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش داد و از لوله‌های زهکش با قطر کمتر استفاده کرد. شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها در محدوده مورد مطالعه حدود ۱۴۰ متر بدبست آمد. عمق سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها، حدود ۱/۵ متر اندازه‌گیری شد.

۱- مقدمه

در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی اگرچه نقش اصلی جذب و دفع زه آب از پروفیل خاک بر عهده زهکش‌های فرعی (لترال‌ها) است، لیکن چنانچه جمع‌کننده‌ها از لوله‌های مشبك یا منقطع ساخته شده باشند، بخشی از زه آب از طریق منافذ یا محل اتصال لوله‌ها جذب و تخليه می‌شود. در طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی این بخش از تخليه زه آب بدلیل عدم دسترسی به اطلاعات لازم و دشوار بودن پرآورده میزان آن، معمولاً مورد توجه قرار نمی‌گیرد و فواصل زهکش‌های زیرزمینی و ظرفیت آنها براساس تخليه تمامی ضریب زهکشی توسط لترال‌ها تعیین می‌شود.

میزان تخليه‌ای که مستقیماً توسط جمع‌کننده‌ها صورت می‌گیرد، بخشی از ضریب زهکشی اراضی است که در صورت کسر کردن آن از ضریب زهکشی طراحی لترال‌ها، ضریب زهکشی، کاهش یافته و در نتیجه فواصل لترال‌ها افزایش و ظرفیت آنها کاهش می‌یابد. در این صورت طرح زهکشی با هزینه کمتری به مورد اجرا گذاشته می‌شود. از سوی دیگر تخليه مستقل جمع‌کننده‌ها می‌تواند بر موازنۀ مؤلفه‌های بیلان سفرۀ سطحی تأثیر گذاشته و موجب افت نسبی سطح ایستابی و احتمالاً کنترل محدودیتها زهکشی در آن بخش از اراضی که این محدودیت از شدت زیادی برخوردار نیست، خواهد بود و از این طریق نیاز به احداث لترال‌های زهکشی در بخش‌هایی از اراضی منتفی خواهد شد.

بررسی‌های انجام یافته در چارچوب این تحقیق بر این اساس صورت گرفته است که چنانچه میزان تخليه زه آب توسط جمع‌کننده‌ها به طور مجزا تعیین شود و با کل تخليه سیستم شامل لترال‌ها و جمع‌کننده‌ها مورد مقایسه قرار گیرد، نقش و تأثیر هریک از اجزای شبکه در جذب و تخليه زه آب تعیین شده و از این طریق نسبت تخليه مستقیم جمع‌کننده‌ها به کل تخليه سیستم زهکشی مشخص می‌شود.

۲- بررسی منابع

۱.۲- ضریب زهکشی و عوامل مؤثر بر آن

مفهوم «ضریب زهکشی» در روشهای ماندگار مورد توجه قرار می‌گیرد [۱]. چراکه در این روشهای ضریب زهکشی به صورت یک پارامتر صریح بکار می‌رود. در حالیکه در روشهای غیرماندگار ضریب زهکشی یک

پارامتر ضمنی بوده و براساس میزان تغذیه آب زیرزمینی در فاصله زمانی دو آبیاری یا بارندگی و خیز سطح ایستابی ناشی از آن مطرح است.

بنابراین، ضریب زهکشی یا شدت تخلیه زهکشی، میزان آبی است که می‌بایستی در ۲۴ ساعت از طریق زهکش‌ها تخلیه شود [۲ و ۳] تا علاوه بر کنترل سطح آب زیرزمینی در عمق موردنظر، املاح اضافی نیز از پروفیل خاک خارج شود [۲]. سرویس حفاظت خاک امریکا (SCS) ضریب زهکشی را مقداری از آب اضافی که جهت تأمین رشد مطلوب گیاه باید از خاک خارج شود، تعریف کرده است [۴].

براساس نظر کارشناسان فائو [۱] معمولاً ۲ نوع ضریب یا مدول در طرح زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- ضریب زهکشی برای محاسبه فواصل زهکش‌ها
- ضریب زهکشی برای محاسبه ظرفیت (قطر) زهکش‌ها، که میزان آن بستگی به ضریب اولی دارد. با این دیدگاه شاید بهتر باشد یک ضریب زهکشی نیز برای تعیین ظرفیت جمع‌کننده‌ها تعریف شود که مقدار آن بستگی به ضریب زهکشی برای تعیین ظرفیت زهکش‌ها و سطح تحت پوشش هر جمع‌کننده دارد. با این حال به گونه‌ای که پیداست، ضریب زهکشی برای محاسبه فواصل زهکش‌ها، اساس تعیین ضرایب دیگر بوده و با توجه به عوامل گوناگون مؤثر بر آن، می‌بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

الف - ضریب زهکشی برای محاسبه فواصل زهکش‌ها

این ضریب، آن گونه که ذکر شد، در روش ماندگار مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای برآورد آن می‌توان از معادله بیلان زیر استفاده کرد [۱].

$$Q_s = R_f + S_c + S_i - D_n \quad (1)$$

پارامترهای معادله فوق بر حسب ارتفاع آب در زمان (میلیمتر در روز) یا دبی در واحد سطح (لیتر در ثانیه در هکتار) به صورت زیر تعریف می‌شوند:

Q_s ، ضریب یا مدول زهکشی، R_f ، تغذیه از داخل مزارع به سفره آب زیرزمینی از طریق شستشو و نفوذ عمقی آب آبیاری، S_c ، نشت از کاتال‌ها، S_i ، نشت آب زیرزمینی از خارج از محدوده موردنظر شامل نفوذ جریانات تحت فشار، D_n ، زهکشی طبیعی یا خروج طبیعی آب زیرزمینی از محدوده طرح. در صورتی که ضریب زهکشی عمدتاً ناشی از آبیاری اراضی بوده و نفوذ ناشی از بارندگی و نشت آبهای زیرزمینی به داخل محدوده اراضی و نیز زهکشی طبیعی قابل صرفنظر کردن باشد، ضریب زهکشی از رابطه زیر می‌تواند محاسبه شود [۵].

$$q = \frac{(P+C)/100}{24F} i \quad (2)$$

که در آن:

q ، ضریب زهکشی بر حسب میلیمتر در ساعت، P ، نفوذ عمقی آب آبیاری بر حسب درصد، C ، تلفات آب در

انهار بر حسب درصد، آرتفاع آب آبیاری در هر نوبت بر حسب میلیمتر، F، فواصل آبیاری در دوره حداکثر نیاز آبی بر حسب روز است.

بطور کلی با توجه به روابط (۱) و (۲) می‌توان گفت که برآورد ضریب زهکشی، تعیین مقادیر کمی مؤلفه‌هایی است که یا با میزان آب اضافی در خاک که می‌بایستی توسط زهکش‌ها خارج شوند، جمع (تغذیه) و یا از آن کسر (تخلیه) می‌شوند.

عوامل تغذیه که معمولاً در تعیین ضریب زهکشی مؤثر هستند، عبارت از نفوذ عمقی ناشی از انتقال، توزیع و کاربرد آب آبیاری در مزارع، نفوذ عمقی ناشی از بارندگی و ذوب برف، نشت آب از اراضی بالادست بواسیله جریانات زیرزمینی یا رواناب‌های سطحی، اثرات لایه‌های آرتزین سطحی و سایر منابع موضعی و مقطوعی است. از سوی دیگر عوامل تخلیه شامل زهکشی طبیعی آب زیرزمینی، تبخیر از سفره کم عمق، برداشت از طریق چاهها، چشممه‌ها و قنوات، تخلیه توسط زهکش‌های طبیعی و مصنوعی و نشت از سفره سطحی به عمقی است.

بدیهی است که اهمیت تأثیر عوامل بر شمرده فوق بر روی ضریب زهکشی یکسان نبوده و از طرفی در عمل معمولاً تنها تعدادی از آنها در یک منطقه معین بر روی آن مؤثر هستند. از این رو برای مقاصد طراحی زهکش‌های زیرزمینی، معمولاً ضریب زهکشی براساس تعدادی از عوامل یاد شده که اهمیت نسبی زیادتری دارند، تعیین می‌شود.

ب - ضریب زهکشی برای محاسبه ظرفیت (قطر) زهکش‌های زیرزمینی

مقدار جریان ورودی به زهکش‌های زیرزمینی را می‌توان با استفاده از معادلات مناسب با درنظر گرفتن حالتی که سطح آب زیرزمینی در بالاترین حد خود برای طراحی باشد، محاسبه کرد [۱].

سرویس حفاظت خاک امریکا (SCS) با توجه به اینکه هر زهکش، سطحی معادل حاصلضرب فاصله زهکش‌ها در طول آنها را زهکشی می‌کند، محاسبه دبی زهکش‌ها را با استفاده از ضریب زهکشی به شرح زیر پیشنهاد کرده است [۵]:

$$Q_r = \frac{q(L+S/2)S}{43200} \quad (۳)$$

که در آن:

Q_r ، دبی زهکش‌ها بر حسب فوت مکعب در ثانیه، q ، ضریب زهکشی بر حسب اینچ در ساعت، S فاصله زهکش‌ها بر حسب فوت، L ، طول زهکش‌ها بر حسب فوت است.

رابطه فوق یک رابطه منطقی بین ضریب زهکشی و سطح اراضی تحت پوشش هر زهکش است که در شرایط ماندگار کاربرد دارد. برای شرایط غیرماندگار، دبی زهکش‌ها در واحد طول براساس توصیه‌های دفتر عمران اراضی امریکا (USBR) از روابط زیر تعیین می‌شود [۶]:

در حالتی که زهکش‌ها روی لایه محدود کننده باشند:

$$q = \frac{4KH^2}{86.4L} \quad (۴)$$

در حالتی که زهکش‌ها بالای لایه محدود‌کننده باشند:

$$q = \frac{2\pi Ky_0 D}{86.4L} \quad (5)$$

که در آنها:

q ، دبی زهکش‌ها در واحد طول بر حسب لیتر در ثانیه در متر طول، L ، فاصله زهکش‌ها بر حسب متر، K ، هدایت هیدرولیک خاک بر حسب متر در روز، y_0 ، H ، ارتفاع حداقل سطح ایستابی در وسط زهکش از محل نصب بر حسب متر، D ، عمق متوسط جریان بر حسب متر که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = d + \frac{y_0}{2} \quad (6)$$

که در آن d فاصله زهکش تا لایه محدود‌کننده بر حسب متر است.

۵ - ضریب زهکشی برای محاسبه ظرفیت جمع‌کننده‌ها

ضریب یا مدول زهکشی برای محاسبه ظرفیت جمع‌کننده‌ها، تابع ضریب زهکش‌های فرعی، سطح اراضی تحت پوشش و سطح اراضی که در یک زمان آبیاری می‌شود، است [۱].

معمولًاً در عمل تمام اراضی یک زیر حوزه در یک زمان آبیاری نمی‌شود. بنابراین تمام اراضی زیر یک جمع‌کننده در یک زمان به طور همسنگ در تخلیه شرکت ندارند. نسبت اراضی تحت پوشش یک جمع‌کننده (A) به اراضی که در یک زمان آبیاری می‌شوند (A_c)، نسبت اراضی مورد آبیاری در حوزه موردنظر است $\frac{A_c}{A}$. چنانکه Q_c جریان ورودی به جمع‌کننده در طول مدت آبیاری اراضی A_c و Q جریان ورودی در صورت آبیاری تمام اراضی باشد، تنها در حالت $Q_c = Q$ است که $A_c = A$ باشد. بنابراین معمولاً Q_c کوچکتر از Q است که میزان آن بستگی به نسبت A_c/A دارد. بر این اساس ضرایب پیشنهادی کارشناسان فائقه که باستی بر روی Q اعمال شود تا Q_c حاصل شود در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱- ضرایب دبی جمع‌کننده‌ها براساس نسبت اراضی آبیاری شده

A_c/A	ضریب
۰/۱۱ ۰/۱۳ ۰/۱۴ ۰/۱۷ ۰/۲۲ ۰/۲۵ ۰/۵۵ ۱/۰۰	
۰/۷۳ ۰/۷۶ ۰/۷۹ ۰/۸۷ ۰/۸۵ ۰/۹۲ ۰/۹۶ ۱/۰۰	

دفتر عمران اراضی امریکا، تأثیر غیر همزمانی آبیاری کل اراضی زیر یک جمع‌کننده را به صورت ضریب بین یک و ۵٪ متناسب با وسعت اراضی واقع در زیر یک جمع‌کننده، توصیه کرده است [۶]. این ضریب که بر روی ضریب زهکشی برای تعیین ظرفیت جمع‌کننده‌ها اعمال می‌شود، با افزایش سطح اراضی کاهش می‌یابد. در تعیین ضریب زهکشی برای ظرفیت جمع‌کننده‌ها، کارشناسان فائقه همچنین اذعان دارند که اگر در یک فصل، تمام اراضی زیر یک جمع‌کننده کشت نشود، مدول جمع‌کننده‌ها باستی براساس بیشترین رقمی که با توجه به ترکیب کشت در فصول آبیاری، در یک دوره یکساله بدست می‌آید، انتخاب شود. در این حالت علاوه

بر ضریب تعديل مربوط به اراضی تحت آبیاری در یک زمان، ضریب تعديل دیگری که مربوط به نسبت اراضی کشت شده به کل اراضی است، نیز بکارگرفته می‌شود. این ضریب مستقل از موقعیت اراضی کشت شده نسبت به جمع‌کننده است.

۲-۲- معیارهای تعیین ضریب زهکشی

در ایران اکثراً طراحی برای شرایط فصل زراعی صورت می‌گیرد. برای این منظور می‌توان ۳ حالت درنظر گرفت:

الف: طراحی برای شرایط الگوی کشت محصولات مختلف (شرایط ماندگار)

ب: طراحی برای شرایط ماه حداکثر نیاز آبی محصولات پر مصرف در الگو (شرایط ماندگار یا غیرماندگار)

ج: طراحی براساس برنامه آبیاری محصولات پر مصرف (شرایط غیرماندگار)

اگرچه انتخاب هریک از معیارهای فوق برای تعیین ضریب زهکشی بجز سلیقه طراح، به میزان حساسیت طرح و ضریب اطمینان مورد انتظار بستگی دارد، باایستی خاطر نشان شود که در حالت الف با توجه به وجود محصولات مختلف با نیازهای آبی متفاوت، ضریب زهکشی حالت متوسطی از این پارامتر را خواهد داشت که در حالت تهیه طرح براساس آن، در صورت کشت محصولات پر مصرف در ناحیه نسبتاً وسیع، ظرفیت زهکشها واقع در آن، برای تخلیه زه آب کافی نخواهد بود. از این رو در نواحی که زراعت در آنها مرکب از محصولات مختلف با نیازهای آبی متفاوت بوده و کشت هر محصولی در هر قطعه از اراضی محتمل است، معمولاً از این حالت برای طراحی استفاده نمی‌شود. ضریب زهکشی در این حالت معمولاً کمتر از دو حالت دیگر است.

در دو حالت دیگر ضریب زهکشی براساس نیاز آبی محصولات پر مصرف برآورد می‌شود. در این صورت، چنانچه محصولات مورد نظر به صورت مرکز و بر روی یک خط لوله معین کشت شود، ظرفیت زهکشها برای تخلیه زه آب، کافی بوده و در صورت کشت محصولات با مصرف کمتر، زهکشها نیز به میزان کمتری تخلیه خواهند کرد. استفاده از دو حالت اخیر در طراحی شبکه‌های زهکشی توسط مهندسان مشاور در کشور، متداول‌تر است.

در برآورد میزان ضریب زهکشی، مقادیر تخلیه زهکشها اصلی و بویژه جمع‌کننده‌ها از زه آب، معمولاً در نظر گرفته نمی‌شود. بررسی مبانی تعیین ضریب زهکشی تعدادی از طرحهای زهکشی تهیه شده در کشور در سالهای گذشته تاکنون، نشان می‌دهد که نه تنها در اغلب این طرحها به تخلیه‌های فوق الذکر توجهی نمی‌شود، بلکه در موارد زیادی به زهکشی طبیعی اراضی نیز که موجب کاهش میزان ضریب زهکشی است، توجه کافی مبذول نمی‌گردد. از این رو بنظر می‌رسد در تعیین ضریب زهکشی در اکثر طرحها و پروژه‌ها در کشور ما بعضی عوامل کاهش‌دهنده آن، در نظر گرفته نشده است.

ناگفته نماند که از جمله عوامل اصلی توجه نکردن به تخلیه‌های یاد شده برای تعیین ضریب زهکشی در

کشور ما، فقدان تجربه، اطلاعات و تحقیقات کافی در این زمینه است.

۳-۲- بهینه‌سازی ضریب زهکشی

بهینه‌سازی ضریب زهکشی به معنای تعیین میزان این پارامتر به گونه‌ای است که منجر به تهیه اقتصادی‌ترین طرح با کارآیی مورد نیاز باشد. منظور از کارآیی مورد نیاز توجه هم‌مان به کنترل سطح ایستابی در حد موردنظر برای تأمین شرایط تهیه ریشه گیاه و اعمال آبشویی کافی برای جلوگیری از تجمع املاح در سطح و داخل پروفیل خاک است. بنابراین در صورتی که بهینه‌سازی ضریب زهکشی به طرقی غیر از منظور کردن تخلیه‌های موجود (از جمله تخلیه توسط جمع‌کننده‌ها)، صرفاً با کاهش نفوذ عمیق صورت گیرد، در این حالت همواره بایستی به خطر شور شدن اراضی در اثر کاهش میزان آبشویی املاح از پروفیل خاک توجه کرد.

معمولًاً تعیین مقادیر کمی عوامل مؤثر یاد شده دشوار است و اطلاعات کافی برای آن در دسترس نیست. پاره‌ای اطلاعات بایستی به طور تجربی و از طریق مزارع آزمایشی کسب شود که این امر نیز انجام نمی‌گیرد. لذا به ناچار پاره‌ای عوامل به طور نظری و با اعمال ضرایب اطمینان بالا، برآورده شود.

طراحان عموماً پرصرف‌ترین گیاه را از میان الگوی کشت انتخاب می‌کنند و سایر پارامترها از جمله میزان نفوذ عمیق و سایر عوامل را به طور نظری برآورده و بر مبنای آن به محاسبه ضریب زهکشی می‌پردازنند [۴]. این امر موجب می‌شود که بسته به نظر طراح و پیش‌بینی شرایط آتی مدیریت آبیاری یا کارکرد اجزای شبکه آبیاری، مقادیری برای هریک از مؤلفه‌های این ضریب در نظر گرفته شود که میزان سازگاری آن با آنچه که در واقعیت وجوددارد، نامعلوم است. اکرم (۱۳۷۸) اعلام کرده است که نیشکر، یونجه و ذرت گیاهانی هستند که مصرف آب آنها در خوزستان تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند، اما ضریب زهکشی برای نیشکر ۵ تا ۶ میلیمتر در روز و برای دو گیاه دیگر $2/5$ میلیمتر در روز در نظر گرفته شده است [۴]. همچنین در همین منبع به نقل از سرویس حفاظت خاک امریکا عنوان شده است که ضریب زهکشی واقعی ممکن است تا ۴۰ درصد از ضریب زهکشی محاسبه شده کمتر باشد. زیرا در روش‌های محاسباتی، جذب آب توسط جمع‌کننده‌ها و زهکشی طبیعی نادیده گرفته شده است.

تجربه پاکستان

تجربیات انجام گرفته در پاکستان در زمینه بهینه‌سازی ضریب زهکشی از طریق کاهش تدریجی آن در طرحهای جدید مثال مناسبی در این زمینه است و می‌تواند الگویی برای تهیه طرح‌های جدید زهکشی در کشور ما محسوب شود.

ضریب زهکشی در پروژه‌های جدید در پاکستان به طور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از پروژه‌های قدیمی است و ارقام حاصل از اندازه‌گیری در دوره‌های مشاهده‌ای نشان می‌دهد که دبی واقعی خروجی از زهکشها پایین‌تر از مقدار تخمینی دبی طراحی است.

تمایل عمومی برای کاهش ضریب زهکشی پس از بررسی وضعیت و ارزیابی عملکرد پروژه‌های اجرا شده در پاکستان بروز یافت. به گونه‌ای که ضریب زهکشی از رقم ۳/۵ میلیمتر در روز در پروژه EKTDP (۱۹۷۶) تا ۰/۹۵ میلیمتر در روز در پروژه II MTD (۱۹۹۴) کاهش یافت. برای توضیح بیشتر، اجزای برآورد ضریب زهکشی در پروژه‌های مختلف این کشور به ترتیب زمانی در جدول ۲ آرائه شده است.

جدول ۲- اجزاء برآورد ضریب زهکشی در پروژه‌های زهکشی پاکستان - میلیمتر در روز

نام پروژه‌ها و سال طراحی پروژه							اجرای ضریب زهکشی
MTDII (۱۹۹۴)	FESS (۱۹۹۴)	KHSCARP (۱۹۹۰)	CCADP (۱۹۸۴)	FDP (۱۹۸۳)	MASCARP (۱۹۸۳)	EKTDP (۱۹۷۶)	
	۰/۰۵ ۲/۶۷	۱/۸	۰/۵-۳/۸ ۰/۸۶ ۰/۰۶	۰/۴۵ ۰/۵۶ ۱/۴۳		۱/۵-۰/۵ ۴/۵ ۴/۸	تلفات کanal اصلی تلفات توزیع و مزرعه بارندگی zechesh طبیعی تبخیر
۰/۹۵	۱/۵	۱/۸	۱/۲-۴/۶	۲/۴۴	۳	۲/۵-۳/۵	ضریب zechesh
	۲۴۸	۴۷۰	۲۵۰	۳۴۶	۵۲۸	۶۰	متوسط سالانه بارندگی (میلیمتر)
	۲۲	۱/۸	۵/۱	۱/۸	۳/۶	۳/۶	میزان آبیاری پیش‌بینی شده (میلیمتر در روز)

به طوری که در این جدول دیده می‌شود، ضریب زهکشی در طرحهای مختلف از سال ۱۹۷۶ مرتباً کاهش یافته و در جدیدترین پروژه به کمترین مقدار در میان طرحها رسیده است [۷]. عواملی که موجب تمایل برای کاهش ضریب زهکشی شده از جمله مشاهدات صحرایی طرحهای اجرا شده بود که در طی آن کاهش یکنواختی در میزان دبی واقعی خروجی نسبت به دبی طراحی دیده شد و نیز سطح ایستابی به میزان قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از سطح طراحی شده بود. این مسئله موجب تمایل به کاهش ضریب زهکشی و یا دبی طراحی گردید. تجربیات پروژه «مردان اسکارپ» که وجود سطح ایستابی بسیار پایین را به جهت بالا بودن ضریب زهکشی طراحی نشان می‌داد، اطمینان خاطری را برای کاهش ضریب زهکشی در پروژه «سوابی اسکارپ» که در مجاورت آن قرار دارد، تا ۲ میلیمتر در روز بوجود آورد. این نتایج باعث شد که به صورت قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های سرمایه‌گذاری سیستم زهکشی صرفه‌جویی شود [۷].

تجربه مصر

در مصر، پروژه‌های جدید زهکشی در دلتای نیل با ضریب زهکشی معادل یک میلیمتر در روز طراحی می‌شود. با این حال اگرچه این مقدار برای کنترل سطح ایستابی در حد یک متر از سطح زمین کافی است، لیکن بررسی‌های انجام یافته حکایت از این دارد که برای کنترل شوری رطوبت خاک برای گیاهان مختلف در اراضی

پست، ناکافی است. اخیراً سازمان ملی پروژه‌های زهکشی مصر (EPADP) ضریب زهکشی را در نواحی شمالی دلتای نیل به $1/25$ و در نواحی پست و کم ارتفاع به $1/5$ میلیمتر در روز افزایش داده است. این تصمیم براساس نتایج آزمایش‌های مختلف در «مزارع آزمایشی» متعدد موجود اتخاذ شده است [۸].

در ایران

ذکر موارد فوق نشان می‌دهد که در کشورهایی که از شرایط مشابهی نسبت به کشور ما برخوردار بوده و تجارت زیادی در زهکشی اراضی دارند، گرایش بر کاهش ضریب زهکشی پدید آمده است. در کشور ما که همینک قریب به $150,000$ هکتار اراضی تحت پوشش زهکشی وجود دارد، آزمایش‌ها و ارزیابی‌های چندانی در سطح ملی برای بهینه‌سازی مبانی طراحی زهکشی از جمله ضریب زهکشی صورت نگرفته است. مهندسین طراح همچنان به طور نظری و براساس برآوردهای کارشناسی به تخمین مقادیر کمی مؤلفه‌های ضریب زهکشی می‌پردازن. از این رو همواره جوانب احتیاط رعایت می‌شود که منجر به بالاتر منظور کردن میزان ضریب زهکشی در طرحها می‌شود. در بیشتر پروژه‌های زهکشی ضریب زهکشی بزرگتر از 3 میلیمتر در روز درنظر گرفته شده، حتی در بعضی پروژه‌ها (پروژه‌های نیشکر در خوزستان) تا 6 میلیمتر در روز منظور شده است [۹]. این در حالی است که بای بوردی (۱۳۷۲) میزان ضریب زهکشی برای اکثر نواحی کشورمان را 2 میلیمتر در روز توصیه کرده است [۱۰].

البته نبایستی از نظر دور داشت که طراحان زهکشی کشورمان در سالهای اخیر براساس تجارب خود و نیز نتایج تجارب بین‌المللی، علیرغم فقدان اطلاعات دقیق و آزمایش‌های لازم، تمایل به کاهش ضریب زهکشی در طرحهای جدید را بروز داده‌اند و به طرق مختلف در برآوردهای مورد نیاز برای تعیین ضریب زهکشی از «حداکثر کردن» تمامی مؤلفه‌ها اجتناب کرده و حد «بهینه‌ای» را به طور نظری انتخاب می‌کنند. نمونه این امر طرح زهکشی دشت مغان است که ابتدا براساس برنامه آبیاری محصول یونجه با مصرف آب زیادتر (18400 متر مکعب در سال) ولی با سطح کشت کم (14 درصد در الگو) طراحی شده بود. پس از اجرای بخشهايی از شبکه و مشاهده تخلیه کمتر از حد انتظار زهکشها و عمق بیشتر از حد موردنظر سطح ایستابی، گرایش به کاهش ضریب زهکشی قوت گرفت و در تجدیدنظر اساسی در طرح، با انتخاب محصول پنبه با سطح کشت زیادتر از یونجه ($62/6$ درصد در الگو با توجه به افزایش قابل توجه سطح کشت در سالهای اخیر) و مصرف آب کمتر از آن (11200 متر مکعب در سال) و متعادل کردن ضریب اطمینان طرح از طریق منظور کردن نفوذ عمیقی کمتر (25 درصد از سطح مزرعه بجای جمعاً 34 درصد از مزرعه و زهکشهاي سطحی) ضریب زهکشی تا $2/8$ میلیمتر در روز کاهش داده شد. نمونه‌های دیگری نیز در زمینه گرایش به کاهش ضریب زهکشی در سالهای اخیر می‌توان ذکر کرد.

در طرح زهکشی بهبهان، ضریب زهکشی براساس نیاز آبی محصولات یونجه و ذرت تحت شرایط ماندگار محاسبه شده است. میانگین شدت تغذیه در دو ماه حداکثر مصرف آب برابر 4 میلیمتر در روز برآورده شده که پس از کسر پتانسیل زهکشی طبیعی به میزان $1/5$ میلیمتر در روز، ضریب زهکشی طرح معادل $2/5$ میلیمتر در روز مبنای محاسبات قرار گرفته است [۱۱].

در طرح توسعه کشت و صنعت اکالیپتوس، میزان ضریب زهکشی براساس برنامه آبیاری درختان اکالیپتوس برابر $2/1$ میلیمتر در روز منظور شده است [۱۲].

در نهایت اگرچه در اکثر طرحهای زهکشی کشورمان در سالهای اخیر، ضریب زهکشی تا حد ممکن بالا حفظ کردن نیازهای آبشویی، کمتر در نظر گرفته شده است، با این حال در اکثریت قریب به اتفاق طرحها، برآوردها به طور نظری صورت گرفته و ممکنی به تحقیقات و آزمایش‌های محلی نبوده است. در حقیقت یکی از موانع بهینه‌سازی ضریب زهکشی در کشور ما، فقدان اطلاعات و تجربیات محلی و بهانه‌دارن به مزارع آزمایشی در طرح‌های زهکشی است. در این شرایط، اطمینان خاطر کافی از نظر عملکرد سیستم و نیل به اهداف فنی و اقتصادی برای مهندسان طراح حاصل نمی‌شود و آنان ناگزیر از افزایش ضریب اطمینان طرح هستند. این امر منجر به تهیه طرحهای گران‌تر و شبکه زهکشی مترافق‌تر می‌شود.

۳- مواد و روش‌ها

۱-۳- محل انجام تحقیق و مشخصات آن

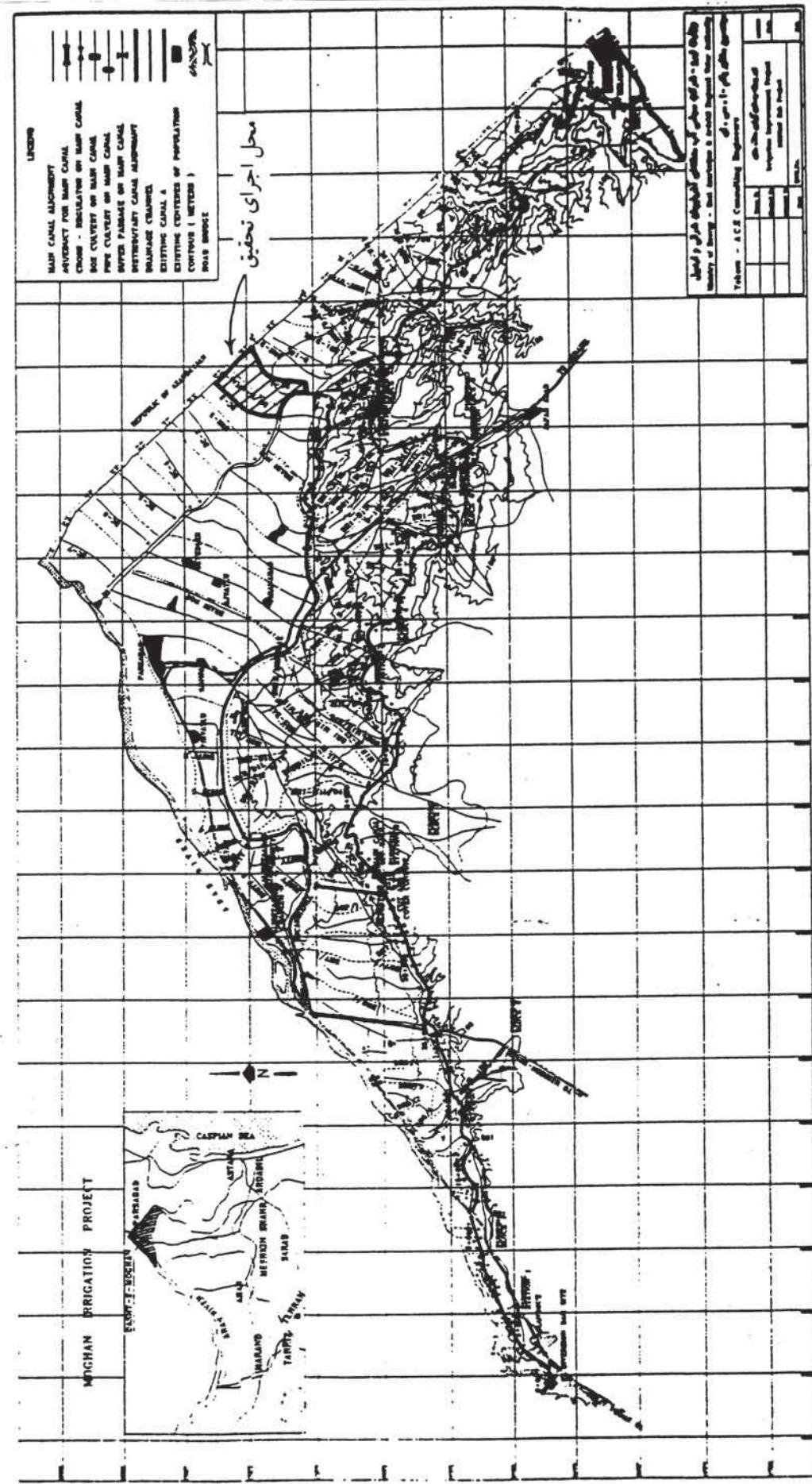
این تحقیق در بخشی از اراضی زهدار دشت مغان به انجام رسیده است که در زمان انجام تحقیق شبکه زهکشی زیرزمینی در آن در حال اجرا بود. برنامه عملیات اجرایی به گونه‌ای تنظیم شده بود که فاصله زمانی قابل توجهی بین اجرای جمع‌کننده‌ها و لترال‌ها وجود داشت. از این رو امکان اندازه‌گیری‌های مورد نیاز این تحقیق بر روی تخلیه مستقل جمع‌کننده‌ها فراهم شد. پس از تکمیل سیستم و احداث لترال‌ها نیز اندازه‌گیری تخلیه کل سیستم به انجام رسید.

محل اجرای این تحقیق، اراضی واقع در حد فاصل کanal‌های DC₁ و DC₂ به وسعت حدود ۱۱۰۰ هکتار است که ۹۰۰ هکتار از آن تحت پوشش شبکه زهکشی و ۶۷۰ هکتار تحت پوشش لترال‌ها قرار گرفته است. این ناحیه توسط کanal‌های یاد شده از طرفین و کanal برگشتی A و زهکش مرزی از بالادست و پایین‌دست از سایر اراضی کاملاً مجزا شده است. موقعیت محل اجرای تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

شبکه زهکشی اجرا شده در محل انجام تحقیق مرکب از لوله‌های پلاستیکی هستند که در عمق حدود ۱/۹ تا ۲/۲ متر از سطح زمین مناسب با شیب طبیعی اراضی (حداقل ۷/۰ در هزار) با فواصل حداقل ۱۰۰، حداقل ۱۷۰ و میانگین ۱۵۰ متر کارگذاری شده است. این زهکشها در جمع‌کننده‌های لوله‌ای از جنس بتون به قطر ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلیمتر که از خط‌القعرهای موضعی اراضی عبور می‌کنند، تخلیه شده و جمع‌کننده‌ها نیز به توبه خود در زهکش روباز DR1-2 وارد می‌شوند. تخلیه‌گاه نهایی زهکش‌ها در این ناحیه زهکش مرزی است که نهایتاً به رودخانه ارس می‌پیوندد.

جمع‌کننده‌های اصلی و فرعی احداث شده در این محل شامل ۱۲ رشته هستند که در ۶ نقطه به زهکش روباز DR1-2 تخلیه می‌شوند. طول کل جمع‌کننده‌ها ۱۸/۲ کیلومتر و عمق نصب آنها در طول مسیر متفاوت از حداقل ۱/۹۴ تا حداقل ۳/۶۶ متر و به طور متوسط ۲/۵۷ متر است.

لترال‌های احداث شده در این محل شامل ۸۵ رشته زهکش جمعاً به طول ۴۴ کیلومتر بوده که حداقل طول خط لترال ۲۵۰ و حداقل آن ۹۱۴ متر است. در طول مسیر لترال‌ها به فاصله حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر و نیز در محل اتصال لترال به جمع‌کننده از منهول‌های بتونی به قطر ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر استفاده شده است. در اطراف لوله‌های زهکشی فیلتر شن و ماسه‌ای به ضخامت ۱۰ سانتیمتر از هر طرف که دانه‌بندی آن براساس معیارهای دفتر عمران اراضی آمریکا تعیین شده، بکار رفته است.



شکل ۱ - نقشه موقوعت محل اجرای تحقیق و وضعیت عمومی دشت مغان

ضریب زهکشی طراحی لترال‌ها براساس نفوذ عمقی ناشی از آبیاری پنبه با مصرف ۱۱۲۰۰ متر مکعب در هکتار، معادل ۲/۸ میلیمتر در روز و ضریب زهکشی الگوی کشت معادل ۱/۰۰ میلیمتر در روز تعیین شده است. در طراحی زهکش‌ها، عمق کنترل سطح ایستابی یک متر از سطح زمین منظور شده است. هدایت هیدرولیک خاکها در بعضی قسمتها در حدود عمق ۱/۵ تا ۳ متر، کمتر از یک متر در روز (حداقل ۱/۲ متر در روز) بوده ولی در سایر قسمتها چه در لایه‌های سطحی و چه عمقی میزان این پارامتر بین ۱ تا ۳ متر در روز اندازه‌گیری شده است. به استثنای تعدادی از نقاط که در آنها به طور موضعی به لایه‌های متراکم رسی در عمق ۴ تا ۶ متری برخورد شده، در سایر نقاط به لایه‌های محدود کننده برخورد نشده است. بافت خاک اراضی در اغلب قسمت‌ها رس سیلتی یا لوم رسی سیلتی است.

بررسی‌های انجام یافته در ناحیه موردنظر نشان می‌دهد که الگوی کشت در این اراضی شامل پنبه (۶۲/۶ درصد)، گندم (۱۱/۷ درصد)، یونجه (۸/۲ درصد) و جو (۲/۷ درصد) است. ضمن اینکه بخشی از اراضی (۱۴/۸ درصد) بدليل زهدار بودن به صورت بایر رها شده است.

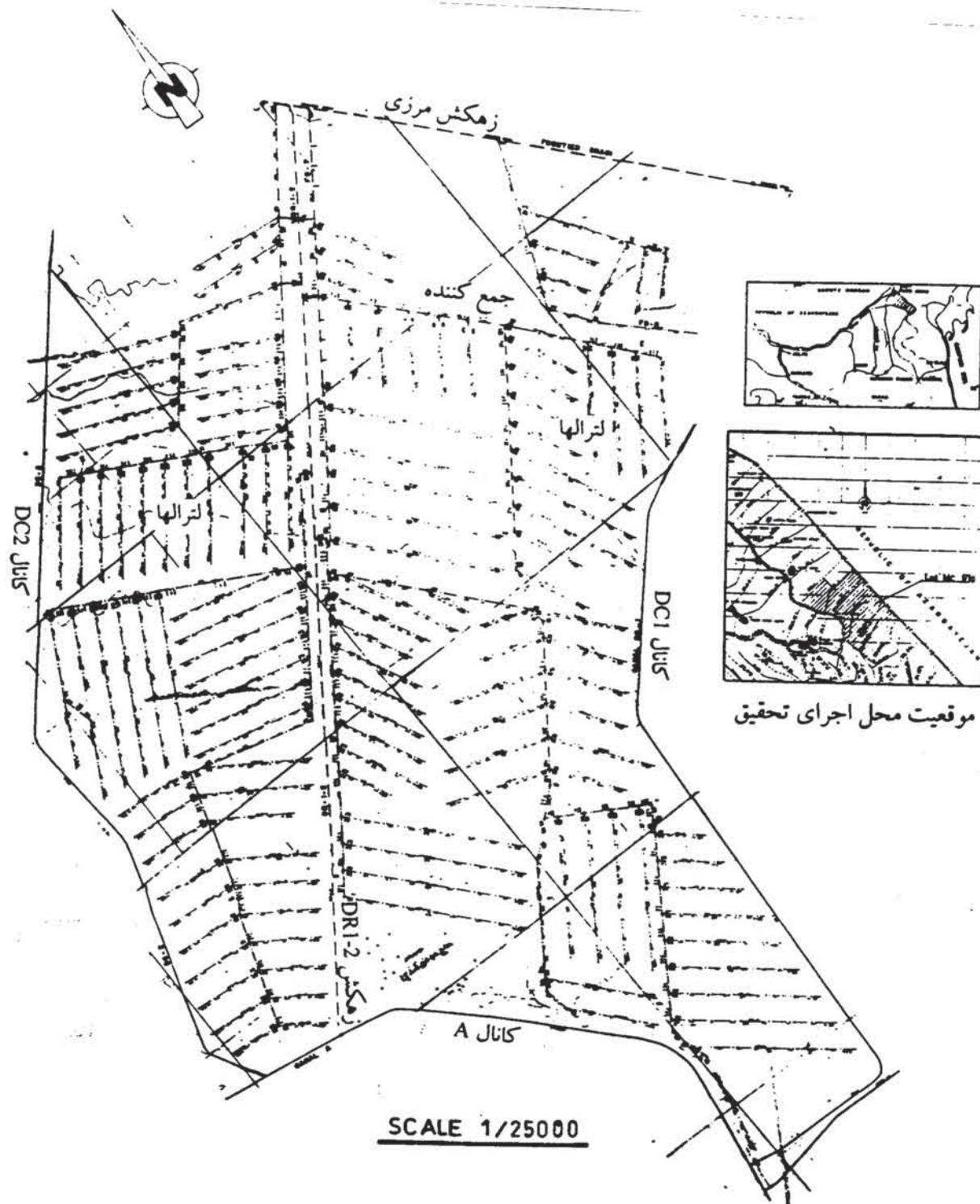
۲-۳. آزمایش‌ها و بررسی‌های صحراوی

۳-۱-۱. اندازه‌گیری تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعداز احداث لترال‌ها

جمع‌کننده‌ها در محل انجام تحقیق در ۶ محل به داخل زهکش DR1-2 تخلیه می‌شوند. ۴ رشته از جمع‌کننده‌ها اصلی بوده و ۲ رشته، جمع‌کنندهٔ فرعی مستقل هستند. جمع‌کننده‌های اصلی شامل جمع‌کننده‌های ۱-1-2(R)، ۱-2(L)، ۱-2(FD)، ۶-7(FD) و ۷(FD) هستند که بترتیب در کیلومترهای ۱+۹۵۰، ۱+۶۵۰، ۰+۸۰۰ و ۰+۸۴۰ در زهکش DR1-2 تخلیه می‌شوند. جمع‌کننده‌ها فرعی مستقل شامل A و FD6-A، FD7-A هستند که روبروی هم در نزدیکی پایاب زهکش DR1-2 در کیلومتر ۰+۵۰۰ در آن تخلیه می‌شوند (شکل ۲).

تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل از احداث لترال‌ها در مرداد ماه ۱۳۷۸ که مصادف با ماه حداکثر نیاز آبی پنبه است، به انجام رسید. پس از احداث لترال‌ها در فاصله زمانی تابستان تا زمستان ۱۳۷۸ و تکمیل عملیات اجرایی سیستم زهکشی در ناحیه موردنظر، میزان تخلیه از جمع‌کننده‌ها که شامل تخلیه لترال‌ها در جمع‌کننده‌ها و نیز جذب مستقیم جمع‌کننده‌ها بود، در مرداد ماه ۱۳۷۹ اندازه‌گیری شد تا از نظر زمانی امکان مقایسه ارقام اندازه‌گیری شده تخلیه فراهم شده و تفاوتها به حداقل برسد. روش اندازه‌گیری دبی تخلیه با توجه به مشخصات فیزیکی محل تخلیه جمع‌کننده‌ها، در تعدادی از آنها روش حجمی با توجه به زمان، و در تعدادی دیگر براساس اندازه‌گیری مقطع جریان با توجه به قطر لوله‌ها (میزان پرشدگی لوله) بود.

آبهای خروجی از کلیه جمع‌کننده‌ها کاملاً زلال، و در مقابل آب آبیاری موجود در کانال‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کدر و دارای مواد معلق بود که این امر نشان دهنده مستقل بودن تخلیه جمع‌کننده‌ها از ورود مستقیم آب آبیاری بداخل آنها تلقی می‌شود. به این ترتیب کلیه آبهای خروجی اندازه‌گیری شده، آبهای جذب شده توسط جمع‌کننده از پروفیل خاک و آبهای ورودی از لوله‌های لترال به داخل جمع‌کننده‌ها محسوب شد.



شکل ۲ - نقشه شبکه زهکشی محل اجرای تحقیق

۳_۲_۲- انجام هفاری و اندازهگیری شعاع تأثیر جمعکنندهها

بررسی شعاع تأثیر جمعکنندهها از طریق حفر چاهکهای مشاهدهای در امتداد قائم بر مسیر جمعکنندها و اندازهگیری سطح ایستابی از طریق آنها به انجام رسید. محلهای مناسبی در امتداد مسیر جمعکنندهای ۱-۲(L)-1-1 و FD7-6 انتخاب گردید. محل چاهکها با فواصل ۰/۵، ۱۵، ۵، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر از محور لوله بر روی زمین تعیین شد و در این محلهای عمق سطح ایستابی حفاری گردید. عمق سطح ایستابی در هر چاهک ثبت و محل چاهک بر روی زمین ترازیابی شد.

این عملیات در خلال اندازهگیری دبی تخلیه جمعکنندهها قبل از احداث لترال‌ها به انجام رسید.

۳_۲_۳- انجام هفاری و اندازهگیری عمق سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها

اندازهگیری عمق سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها جزو اهداف اصلی این تحقیق نبوده و بمنظور اطلاع از عمق کنترل سطح آب زیرزمینی توسط لترال‌ها و مقایسه آن با عمق طراحی با درنظر گرفتن ضریب زهکشی طرح به انجام رسید. برای این منظور در چند محل از جمله اراضی تحت پوشش جمعکننده ۷ FD زا فاصله لترال‌های ۱۲-۱۴ FD و ۱۵۰ متر از هم) و نیز اراضی تحت پوشش جمعکننده ۶ FD در فاصله لترال‌های ۳-۶ FD و ۱۰۰ متر از هم) چاهکهایی حفر و سطح ایستابی اندازهگیری شد.

محل چاهکها در هر دو مورد یکی در وسط (L/2)، دو حلقه در فاصله ۸/L از هر لترال و دو حلقه در مجاورت محل نصب لترال (به فاصله ۴/۰ متر) بود. اراضی موردنظر تحت کشت محصولات جالیزی و پنبه بود که پس از احداث لترال‌ها و هموار کردن محل نصب، تحت کشت رفته بود.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج اندازهگیری تخلیه جمعکنندهها قبل و بعد از احداث لترال‌ها

نتایج اندازهگیری‌های بعمل آمده از تخلیه جمعکنندهها قبل و بعد از احداث لترال‌ها در جدول ۳ درج شده است.

جدول ۳- تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعداز احداث لترال‌ها

جمع‌کننده	خلیه قبل از احداث لترال‌ها - لیتر در ثانیه	خلیه پس از احداث لترال‌ها
L-2(L)-1	۳۷/۷	۶۳/۸
1-2(R)-1	۱۸/۲	۵۸/۳
FD-6	۲۷/۹	۴۷/۰
FD-7	۱۰/۹	۳۲/۷
FD6-A	۰/۲	۶/۷
FD7-A	۰/۴	۴/۲
جمع	۹۵/۳	۲۱۲/۷

ارقام مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که قبل از احداث لترال‌ها، جمع‌کننده‌های احداث شده به طور مستقیم به میزان $95/3$ لیتر در ثانیه از زه آب اراضی را جمع‌آوری و تخلیه می‌کردند که با توجه به سطح تحت پوشش آنها به میزان 900 هکتار، معادل ۱۰۶ لیتر در ثانیه در هکتار یا $۹۲/۰$ میلیمتر در روز است. این رقم در مقایسه با ضریب زهکشی طراحی شبکه زهکشی ($2/8$ میلیمتر در روز) معادل ۳۳ درصد و در مقایسه با ضریب زهکشی الگوی کشت ($۱/۰$ میلیمتر در روز)، معادل ۴۶ درصد از آن می‌باشد که بسیار قابل توجه است. این میزان تخلیه علاوه بر کاهش سطح ایستابی در امتداد مسیر جمع‌کننده‌ها در حد شعاع تأثیر آنها، از طریق تأثیرگذاری بر موازن سفره سطحی در مقیاس ناحیه‌ای، موجب کاهش عمومی سطح ایستابی در منطقه می‌شود.

ارقام جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد که پس از احداث لترال‌ها و تکمیل سیستم زهکشی، میزان تخلیه جمع‌کننده‌ها به $212/7$ لیتر در ثانیه افزایش یافته است که معادل با $۲۳۶/۰$ لیتر در ثانیه در هکتار یا ۲۰۴ میلیمتر در روز است.

این رقم، در مقایسه با ضریب زهکشی طراحی شبکه معادل ۷۳ درصد و در مقایسه با ضریب زهکشی الگوی کشت، مشابه آن می‌باشد. با توجه به اینکه تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها از تمامی سطح اراضی تحت پوشش شبکه زهکشی که شامل الگوی کشت منطقه است، صورت می‌گیرد، لذا این تخلیه تنها با ضریب زهکشی الگوی کشت قابل مقایسه است. نتیجه این مقایسه برای تخلیه جمع‌کننده‌ها پس از احداث لترال‌ها، نشان‌دهنده نزدیک بودن این ارقام بوده و مؤید عملکرد شبکه در شرایطی نظری شرایط پیش‌بینی شده برای طراحی و حاکم بودن شرایط طراحی بر آن است.

رقم قابل توجه تخلیه جمع‌کننده‌ها (بدون لترال‌ها) به میزان 45 درصد کل ضریب زهکشی الگوی کشت،

از این نظر واجد اهمیت است که با احداث جمع‌کننده‌ها که از خط القعرهای موضعی اراضی عبور خواهد کرد، می‌توان به تخلیه‌ای تقریباً معادل نصف آبهای اضافه شده به سفره آب زیرزمینی در اثر آبیاری، دست یافت. بنابراین بخشی از اهداف احداث شبکه زهکشی (مثلاً ۵۰ درصد) از طریق احداث زهکشهایی در خط القعرهای موضعی اراضی، تحقق می‌یابد. حتی در اراضی که شدت نیاز به زهکشی در آنها کم بوده و میزان کاهش مورد نیاز در سطح ایستابی قابل توجه نیست، این زهکشها، می‌تواند جایگزین یک شبکه زهکشی متراکم، شده و محدودیت زهکشی اراضی را تا حدود زیادی مرتفع کند. در شبکه زهکشی دشت مغان، پس از مشاهده تخلیه جمع‌کننده‌ها، بخشی از اراضی از شمول احداث لترال‌ها خارج گردید و در بقیه اراضی عمق نصب لترال‌ها کاهش داده شد.

۲-۴. ضریب زهکشی تعديل شده

با تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها از زه آب اراضی، بخشی از ضریب زهکشی، بدون اینکه توسط لترال‌ها جذب و به داخل جمع‌کننده‌ها تخلیه شود، توسط لوله‌های جمع‌کننده جذب می‌شود. در این شرایط لترال‌ها میزان آب کمتری را نسبت به ضریب زهکشی پیش‌بینی شده، جمع آوری می‌کنند. بنابراین لترال‌ها می‌توانند با ضریب زهکشی کمتری طراحی شوند.

با توجه به نسبت تخلیه جمع‌کننده‌ها به ضریب زهکشی لترال‌هابه میزان ۳۳ درصد، در صورتیکه در قدم اول یک محاسبه ساده موردنظر باشد، می‌توان گفت که ضریب زهکشی لترال‌ها می‌تواند به میزان ۳۳ درصد کاهش داده شود. به عبارت دیگر ضریب زهکشی طراحی لترال‌ها بجای ۲/۸ میلیمتر در روز به رقم ۱/۸۸ میلیمتر در روز می‌رسد.

این محاسبه صورت ساده شده موضوع است. بدلیل اینکه در آن، میزان تخلیه قبل و بعد از احداث لترال‌ها یکسان فرض شده است. در حالی که در عمل پس از احداث لترال‌ها، متوسط سطح ایستابی در اراضی افت پیدا می‌کند. لذا میزان تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها نیز تحت تأثیر تقلیل بار هیدرولیکی، کاهش می‌یابد. تعیین میزان دقیق تفاوت تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها، نیازمند انجام اندازه‌گیری‌ها و آزمایش‌ها، بویژه در مزارع آزمایشی که کلیه عوامل مؤثر تحت کنترل و قابل اندازه‌گیری هستند، می‌باشد. با این حال براساس اندازه‌گیری‌های سطح ایستابی و نیز اطلاعات موجود در کارگاه عملیات اجرایی، میزان آن به گونه‌ای، برآورد شده است.

پس از احداث جمع‌کننده‌ها، متوسط عمق سطح ایستابی در نواحی که لترال‌ها نصب شده‌اند، ۱/۱۳ متر بود که با احداث لترال‌ها افزایش یافته و براساس نتایج اندازه‌گیری سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها به ۱/۵ متر رسید. بر این اساس بار هیدرولیکی روی جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها با درنظر گرفتن عمق متوسط نصب جمع‌کننده‌ها، ۲/۵۷ متر، بترتیب ۱/۴۴ و ۱/۰۷ متر خواهد بود. چنانچه رابطه دونان را برای جمع‌کننده‌ها در دو حالت قبل و بعد از احداث لترال‌ها حل کنیم از تقسیم رابطه بدست آمده در دو حالت، با حذف

عوامل ثابت رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{b_1^2 - a^2}{b_2^2 - a^2} \quad (7)$$

که در آن:

q_1 و q_2 ، میزان تخلیه در دو حالت قبل و بعد از نصب لترال‌ها بر حسب متر در روز، b_1 و b_2 ، فاصله بین حداقل سطح ایستابی تا لایه محدودکننده در دو حالت قبل و بعد از نصب لترال‌ها بر حسب متر، a ، فاصله بین محل نصب جمع‌کننده تا لایه محدودکننده که در دو حالت یکسان است بر حسب متر است.
باتوجه به متوسط عمق نصب جمع‌کننده‌ها، معادل ۲/۰۷ مترو در نظر گرفتن عمق لایه محدودکننده معادل ۶ متر، پارامترهای رابطه فوق در دو حالت بشرح جدول ۴ خواهد بود.

جدول ۴- مقادیر پارامترهای رابطه دو نان در دو حالت قبل و بعد از احداث لترال‌ها
(عمق لایه محدودکننده ۶ متر)

b (متر)	بار هیدرولیکی (متر)	a (متر)	شرایط
۴/۸۷	۱/۴۴	۳/۴۳	قبل از احداث لترال‌ها
۴/۵۰	۱/۰۷	۳/۴۳	بعد از احداث لترال‌ها

با جایگذاری ارقام فوق در رابطه (7)، میزان نسبت تخلیه جمع‌کننده‌ها قبل و بعد از احداث لترال‌ها معادل ۰/۷۱ حاصل می‌شود، که به معنی کاهش تخلیه به میزان ۲۹ درصد است. در صورتیکه عمق لایه محدودکننده در ۳ حالت ۵، ۷ و ۱۰ متری نیز در نظر گرفته شود، نسبت یاد شده به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۷۰ و ۰/۷۳ خواهد بود که نشان‌دهنده حساس نبودن رابطه (7) به تغییرات عمق لایه محدودکننده است.

در هر صورت با توجه به حدود تقریب‌های بکار رفته در اندازه‌گیری‌ها و محاسبات، نسبت ۰/۷۰ تا ۰/۷۵ برای تغییر تخلیه جمع‌کننده‌ها در دو حالت قبل و بعد از احداث جمع‌کننده‌ها می‌تواند قابل قبول باشد. در این صورت، میزان تخلیه جمع‌کننده‌ها از رقم ۹۲٪ میلیمتر در روز برای قبل از احداث لترال‌ها، به حدود ۶۴٪ تا ۶۹٪ میلیمتر در روز، برای بعد از احداث آنها، می‌رسد. با کسر این مقادیر از ضریب زهکشی لترال‌ها، میزان ضریب زهکشی ۱۱/۲ تا ۱۶/۲ میلیمتر در روز (بجای ۸/۲ میلیمتر در روز) حاصل می‌شود. به این ترتیب تعديل ضریب زهکشی براساس نتایج این تحقیق از طریق اعمال تخلیه مستقیم جمع‌کننده‌ها، منتج به کاهش این ضریب به میزان ۳۰ درصد خواهد شد.

۳-۴- تأثیر تعديل ضریب زهکشی بر فواصل زهکش‌ها

در روابط ریاضی تعیین فواصل زهکش‌ها (از جمله روابط هوخهات و دونان)، فواصل زهکش‌ها با جذر ضریب زهکشی نسبت معکوس دارد، به عبارت دیگر:

$$L \approx f(q^{-1/2}) \quad (8)$$

به این ترتیب کاهش ضریب زهکشی به میزان ۲۵ تا ۳۰ درصد، موجب افزایش فواصل زهکش‌ها به میزان ۱۵ تا

۲۰ درصد می‌گردد. با توجه به اینکه متوسط فواصل لترال‌های اجرا شده در اراضی محل تحقیق حدود ۱۵۰ متر است، با اعمال ضرایب تصحیح فوق الذکر، متوسط فواصل می‌تواند به ۱۷۲ تا ۱۸۰ متر افزایش پیدا کنند. لازم به ذکر است که تغییر فواصل لترال‌ها به ازای تغییر ضریب زهکشی، رابطه کاملاً خطی ندارد. با توجه به وجود پارامتر عمق معادل و رابطه آن با فواصل لترال‌ها، بویژه در روابط غیرماندگار، محاسبات دقیق و حل عددی معادلات، ممکن است تفاوت‌هایی را با آنچه که ذکر شد نشان دهد، لیکن با عنایت به میزان دقت بکار رفته در تعیین پارامترهای مختلف طراحی، در این تحقیق حدود ارقام فوق مورد قبول قرار گرفته است.

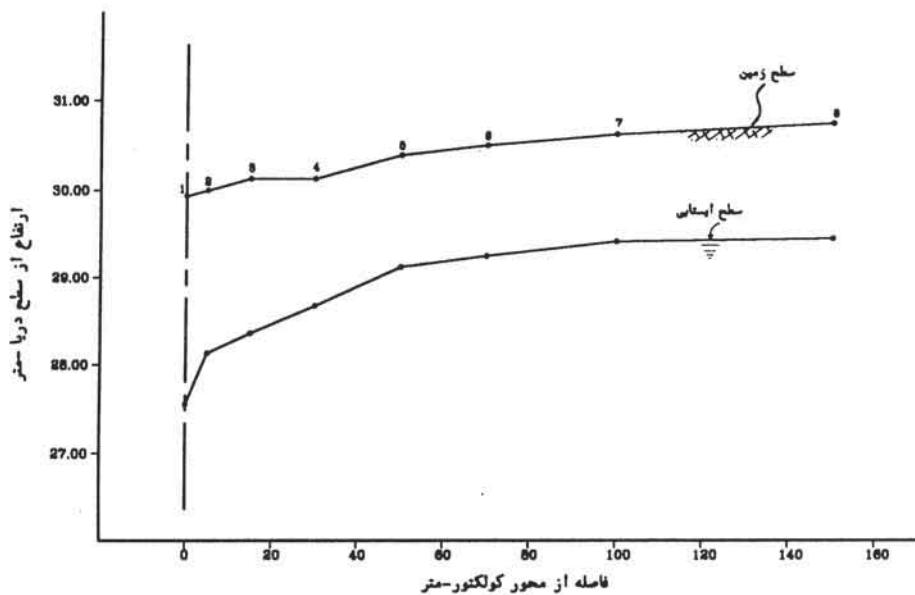
۴.۴. شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها

با توجه به تخلیه زه آب توسط جمع‌کننده‌ها، از نظر تأثیر بر روی سطح ایستابی، این جمع‌کننده‌ها مثل لترال عمل کرده و سطح ایستابی مجاور را تا اندازه‌ای پایین می‌برند. نتایج اندازه‌گیری سطح ایستابی مجاور جمع‌کننده‌های ۱-۱-(L) و ۶-۶ و FD7-۱-۲ از نمودار ۱ نشان داده شده است. بطوریکه مشاهده می‌شود، سطح ایستابی تا فاصله حدود ۷۰ متری از محور جمع‌کننده تحت تأثیر تخلیه جمع‌کننده، شروع به افت کرده است. به این ترتیب شعاع تأثیر جمع‌کننده‌ها از طرفین حدود ۱۴۰ متر خواهد بود. البته جمع‌کننده‌ها از طریق تخلیه بخشی از آب پروفیل خاک با تأثیرگذاری بر موازنۀ مؤلفه‌های بیلان سفرۀ سطحی، متوسط سطح ایستابی اراضی را کاهش می‌دهند. لیکن میزان شعاع تأثیر یاد شده، حداکثر فاصله تغییر شکل سطح ایستابی نسبت به وضعیت اولیه، تحت تأثیر تخلیه جمع‌کننده است. این تغییر شکل مبین گرادیان هیدرولیک آب زیرزمینی برای جریان به سمت جمع‌کننده است.

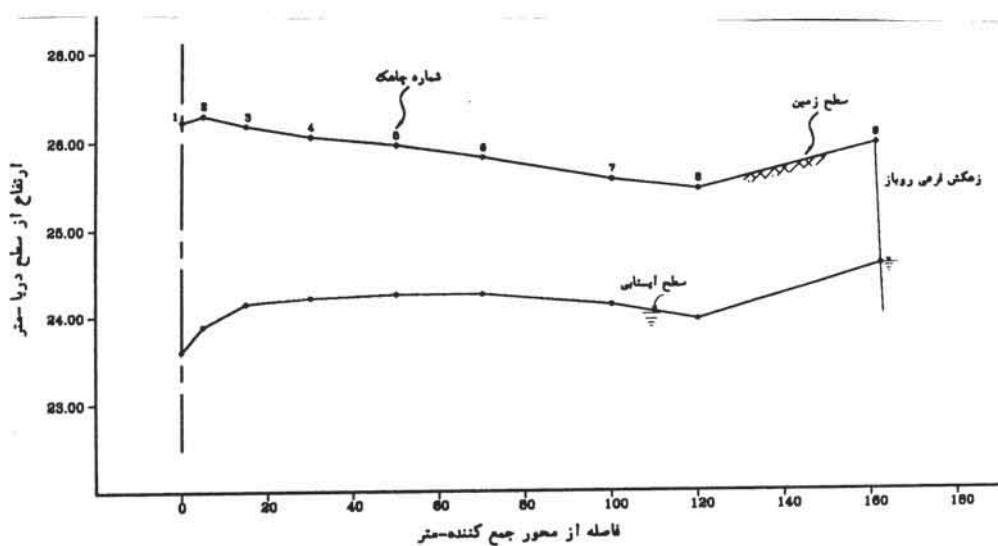
۴.۵. وضعیت سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها

وضعیت سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌های مورد آزمایش در نمودار ۲ نشان داده شده است. نتایج اندازه‌گیری‌ها مبین این است که عمق سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها و در وسط آنها ۱/۵۵ و ۱/۴۸ متر بوده است. عمق نصب لترال‌ها ۱/۹۰ متر است که سطح ایستابی در مجاورت آنها تا ۱/۹۰ متر افت کرده است. در طراحی لترال‌ها عمق کنترل سطح ایستابی ۰/۸ تا ۰/۱ متر منظور شده است. این رقم با درنظر گرفتن کشت محصول مبنا (پنبه) در تمامی طول دو زهکش مجاور و برای فصل حداکثر مصرف بلافارسله پس از آبیاری، تعیین شده است.

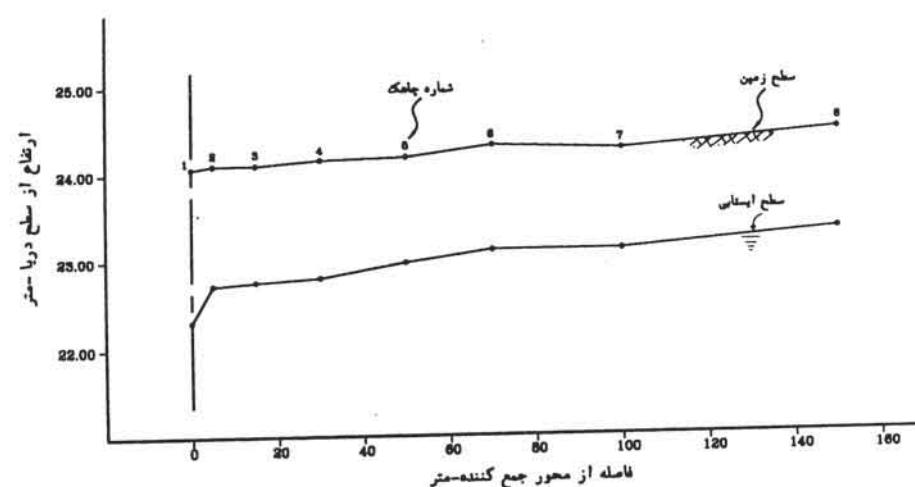
مقایسه عمق کنترل سطح ایستابی برای طراحی لترال‌ها و عمق اندازه‌گیری شده، نشان دهنده پایین بودن سطح ایستابی واقعی، نسبت به شرایط طراحی است. این امر مبین تخلیه بیشتر زهکش‌ها یا تغذیه کمتر سفره است. در هر صورت اگرچه اندازه‌گیری‌های بعمل آمده با توجه به هدف اصلی این تحقیق، تنها در یک مرحله و بدون منظور کردن زمان آبیاری اراضی یا کشت محصولات موردنظر به انجام رسیده است، با این حال با توجه به سایر نتایج این تحقیق، انتظار می‌رود سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها بواسطه منظور نشدن تخلیه جمع‌کننده‌ها، عمیق‌تر از سطح ایستابی طراحی باشد.



شعاع تأثیر جمع کننده ۱-۲(L)-۱-۱



شعاع تأثیر جمع کننده FD-6

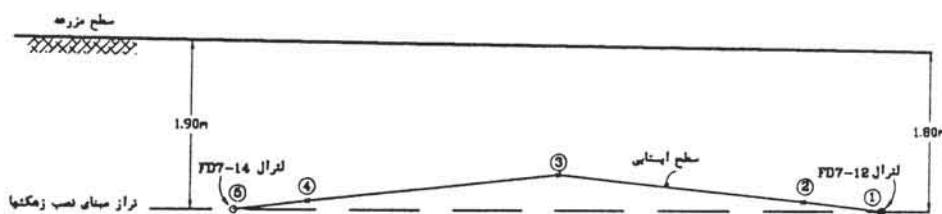


شعاع تأثیر جمع کننده FD7-6

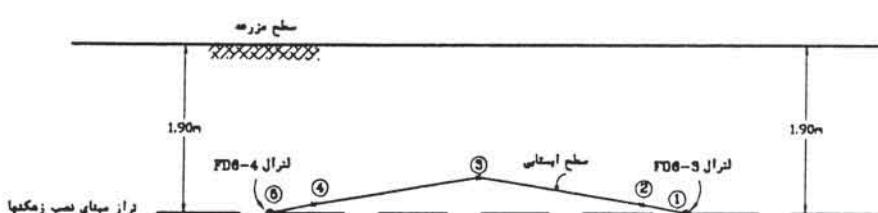
نمودار ۱-شعاع تأثیر جمع کننده ها

همچنین، با توجه به ناهمواری‌های سطح اراضی منطقه تحقیق و به تبع آن تغییرات عمق سطح ایستابی در نواحی مختلف، نبایستی انتظار داشت که پس از احداث شبکه زهکشی، سطح رسیده است، با این حال با توجه به سایر نتایج این تحقیق، انتظار می‌رود سطح ایستابی در حد رسیده است، با این حال با توجه به سایر نتایج این تحقیق، انتظار می‌رود سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها بواسطه منظور نشدن تخلیه جمع‌گذندها، عمیق‌تر از سطح ایستابی طراحی باشد.

همچنین، با توجه به ناهمواری‌های سطح اراضی منطقه تحقیق و به تبع آن تغییرات عمق سطح ایستابی در نواحی مختلف، نبایستی انتظار داشت که پس از احداث شبکه زهکشی، سطح ایستابی در تمامی نواحی منطقه طرح در عمق یکسانی قرار گرفته و در حد عمق طراحی باشد. در نواحی که سطح ایستابی، بدلیل بالاتر بودن تراز سطح زمین در آنها، تا حدودی پایین‌تر از سایر نواحی است، سطح ایستابی کنترل شده نیز، پایین‌تر از سایر اراضی خواهد بود.



تغییرات سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌های FD7-14 - FD7-12



تغییرات سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌های FD6-4 - FD6-3

نمودار ۲- تغییرات سطح ایستابی در حد فاصل لترال‌ها

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱-۱. نتیجه‌گیری

- الف - جمع‌کننده‌ها در محل تحقیق قبل از احداث لترال‌ها ۹۲ میلیمتر در روز از زه آب اراضی را تخلیه می‌کردند. پس از احداث لترال‌ها، میزان تخلیه به ۴۰ میلیمتر در روز رسید که معادل با ضریب زهکشی الگوی کشت منطقه بود. میزان تخلیه جمع‌کننده‌ها در مقایسه با ضریب زهکشی الگوی کشت، نشان دهنده تخلیه‌ای در حدود نصف ضریب زهکشی یاد شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بخش قابل توجهی از زه آب اراضی در صورت احداث نشدن لترال‌ها، می‌تواند توسط جمع‌کننده‌ها تخلیه شده و بخشی از مشکل زهکشی اراضی از این طریق رفع شود.
- ب - ضریب زهکشی تعديل شده با اعمال تخلیه جمع‌کننده‌ها، به میزان ۲۵ تا ۳۰ درصد نسبت به ضریب زهکشی طراحی، کمتر است.
- ج - تعديل ضریب زهکشی به طریق فوق، فواصل لترال‌ها را به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد که موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی است.
- د - جمع‌کننده‌ها در محل انجام تحقیق، سطح ایستابی را در نواری به عرض ۱۴۰ متر در طول جمع‌کننده، مستقیماً تحت تأثیر قرار داده و موجب افت مشهود آن شده است.
- ه - عمق سطح ایستابی از سطح زمین در نقطه وسط حد فاصل لترال‌های آزمایش شده حدود ۱/۵ متر بود که پایین‌تر از عمق موردنظر طراحی است. یکی از دلایل بیشتر بودن عمق سطح ایستابی، مستقر نبودن کشت موردنظر طرح در تمامی طول یک لترال است. که این امر با توجه به خصوصی بودن اراضی و استقرار الگوی کشت متنوع در منطقه، از کنترل طراح خارج بوده و به منظور حفظ کارآیی طرح، تحت شرایط گوناگون بهره‌برداری از اراضی، قابل توجیه است.

۲-۵. پیشنهادها

- الف - پیشنهاد می‌شود در طرح‌های زهکشی با وسعت زیاد (مثلاً بیشتر از ۵۰۰۰ هکتار) مبانی طراحی الزاماً از مزارع آزمایشی کسب شود. در طرح‌های با وسعت کمتر نیز، بسته به شرایط طرح و با نظر مهندسان طراح می‌توان از احداث مزارع آزمایشی بهره گرفت. در این زمینه بایستی مقرراتی وضع شود که مجریان طرح و دستگاههای اجرایی را ملزم کند.

- ب - هریک از شبکه‌های زهکشی کشورمان به عنوان یک مزرعه آزمایشی وسیع می‌تواند برای انجام تحقیقات بیشتر و آزمون روش‌های متدال برای طراحی و اجرای زهکشها مورد استفاده قرار گیرد. از نتایج حاصل از این تحقیقات، برای بهینه‌سازی مبانی طراحی طرح‌های جدید یا بهسازی طرح‌های موجود

استفاده کرد (نظیر تجربه پاکستان و مصر).

ج - استاندارد کردن روش‌ها و معیارهای طراحی متناسب با شرایط کشور ما، متنضم نقت، صحت و یکنواختی طرح‌ها و امکان ارزیابی و کنترل و مقایسه عملکردها است.

د - در طرح‌های زهکشی علاوه بر توجه به زهکشی طبیعی که میزان آن می‌تواند قابل توجه باشد، به تخلیه جمع‌کننده‌ها و زهکش‌های اصلی نیز توجه گردد. تخلیه مستقیم اینگونه زهکش‌ها، قابل ملاحظه است و می‌تواند در شرایطی، مشکل زهکشی اراضی را کاملاً برطرف کرده و یا تخفیف دهد.

ه - با توجه به اینکه هر طرح زهکشی با فرض شرایط معینی از بهره‌برداری از اراضی و منابع آب و کشت محصولات معین برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود، پایدار شدن سیاست‌های کلان توسعه و برنامه‌ها، اطمینان خاطر طراحان از شرایط آینده را افزایش داده و موجب می‌گردد که تنها حد معقولی از ضرایب اطمینان بر روی طرحها اعمال شده و طرحهای اقتصادی تر تهیه شود.

و - با توجه به اجرای مرحله‌ای و قطعه به قطعه شبکه‌های زهکشی، انجام بررسی‌ها و ارزیابی عملکرد شبکه در قطعات اولیه، نتایج سودمندی برای اجرای قطعات بعدی می‌تواند در پی داشته باشد. آنچنان که در دشت‌مغان با ملاحظه تخلیه جمع‌کننده‌ها در قطعه اول، اصلاحاتی در طرح اجرایی قطعات بعدی بعمل آمد. این امر در چارچوب نظارت مؤلف می‌تواند گنجانیده شود.

منابع

- [1] F.A.O. 1986. *Drainage design factors*, Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage paper, No.38, Rome.
- [2] علیزاده، ا. ۱۳۷۴. *زهکشی اراضی، طرح و برنامه‌ریزی سیستمهای زهکشی گشاویزی* (ترجمه)، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۹۶، مشهد.
- [3] شمسایی، ا. ۱۳۷۲. *هیدرولیک میران آب در محیط‌های متفاوت*، جلد اول، مهندسی زهکشی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- [4] اکرم، م. ۱۳۷۸. «مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی در ایران»، *مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۲۳، تهران.
- [5] USDA. 1971. *Drainage of agricultural land*, Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Section 16, Washington D.C.
- [6] United States Department of Interior, Bureau of Reclamation. 1993. *Drainage manual* (Revised Reprint), United States Government Printing Office, Washington D.C.

دومین کارگاه فنی زهکشی

ارزیابی پارامترهای طراحی زهکشی زیرزمینی در طرح زرینه رود

مصطفی وطن زاده^۱ ، محمد باقر نحوی^۲ ، خلیل رودکی^۳

۱- مقدمه

توسعه اراضی زهدار و بدنبال آن شوری و سدیمی شدن منابع خاک ، پس از اجرای طرحهای وسیع آبیاری در چند دهه گذشته ، در بسیاری از کشورها ، همراه با ضرورت بهره‌برداری از منابع آب و خاک شور و نسبتاً شور ، مسئولین ، برنامه‌ریزان و محققان را به پرداختن جدی به مسائل مزبور در زمینه‌های تحقیقاتی ، برنامه‌ریزی ، اجرایی و بهره‌برداری ناگزیر ساخته است. کشورهایی نظیر آمریکا ، شوروی سابق ، هندوستان ، پاکستان ، مصر و ... از این جمله‌اند.

قسمت وسیعی از اراضی کشور ما ، بدلیل شرایط اقلیمی ، بارندگی ناچیز و تبخیر زیاد از یکطرف و اعمال آبیاری با مدیریت نامناسب از طرف دیگر ، در معرض شوری و ماندابی شدن می‌باشد. هر چند در خصوص وسعت خاکهای شور یا سدیمی و ماندابی در ایران ، گزارشات مختلفی ارائه شده است، لیکن در اکثر گزارشات مزبور ، ذکر شده که حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار از اراضی کشور با درجات مختلف مسائل شوری ، سدیمی و ماندابی بودن مواجه می‌باشد. از طرف دیگر بخش عظیمی از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی ایران شور و یا نسبتاً شور بوده که بهره‌برداری بهینه از آنها صورت نمی‌گیرد. بعلاوه بطور معمول ، اغلب آبهای کاربردی در کشاورزی به تناسب نوع و منبع دارای مقادیر متفاوتی از املاح محلول می‌باشد که در صورت بکارگیری آنها بدون اعمال یک مدیریت صحیح در آبیاری اراضی ، موجبات شوری و ماندابی بودن اراضی فراهم می‌گردد.

با توجه به آنچه در بالا بیان شد ضرورت توجه به مسائل زهکشی و برنامه‌ریزی بمنظور پژوهش‌های علمی و تحقیقات مزرعه‌ای از الزاماتی است که امروزه ضرورت آن بیش از پیش احساس می‌گردد. متأسفانه علیرغم پیشرفت‌های نظری بسیاری که در امر زهکشی انجام شده است ، در بسیاری از موارد ، تنها توجه به مسائل تئوری نمی‌تواند پاسخگوی نیازها باشد. از علل این امر می‌توان به مسائل زیر اشاره کرد :

- کمی تعداد آزمایشهای اندازهگیری هدایت هیدرولیک خاک
- دشوار بودن تشخیص دقیق لایه محدودکننده
- وجود زهکشی طبیعی در خاک و دشوار بودن برآورده آن و وجود عدسی‌های شنی در خاک که آب را به سرعت انتقال می‌دهند.
- دشوار بودن تخمین صحیح ضریب زهکشی و آبدهی ویژه .

بطوریکه علیرغم همه دقتها که در مباحث تئوری در مطالعات زهکشی طرحها در سطح کشور می‌گردد، اما در عمل پس از احداث شبکه زهکشی ، نتایج حاصله با برآوردهای اولیه متفاوت و گاهانی نیز مغایر می‌باشد.

از این رو ، بهترین راه حل فائق آمدن به مشکلات یاد شده ، احداث مزارع آزمایشی است که امید است بصورت جدی مورد توجه مسئولین و دستاندرکاران مسائل آب و خاک قرار گیرد.

۲- ضرورت احداث مزارع آزمایشی

جهت طراحی زهکشها ، پارامترهای طراحی شامل هدایت خاک ، عمق لایه محدودکننده، ضریب زهکشی زیرزمینی ، عمق مطلوب سطح ایستابی و عمق نصب زهکشها تعیین می‌شود. مناسب با برنامه آبیاری محصولات الگوی کشت و همچنین برنامه آبیاری گیاه پرمصرف و با استفاده از فرمولهای معمول در جریانات همگام و غیرهمگام ،فواصل مناسب نصب زهکشها برآورده می‌گردد. بعلاوه مناسب با وضعیت دانه‌بندی خاک اطراف زهکشها ، پوشش مناسب از نظر فنی و اقتصادی توصیه می‌گردد. نوع و جنس لوله‌های زهکش نیز از مواردی است که در مبحث طراحی مورد توجه قرار می‌گیرد. ذیلاً به محدودیتها و مشکلات کلی، تعیین پارامترهای فوق الذکر اشاره می‌گردد.

۱-۲- هدایت هیدرولیک خاک

از آنجا که تعیین پارامترهایی نظیر هدایت هیدرولیک و وضعیت لایه محدودکننده به صورت نقطه‌ای مورد مطالعه قرار می‌گیرد و به دلیل اینکه خصوصیات فیزیکی و حتی شیمیایی خاکها ، اغلب دچار تغییرات زیاد از نقطه‌ای به نقطه دیگر است ، لذا برای بررسی دقیقتر پارامترهای فوق ، معمولاً احتیاج به تعداد اندازهگیریهای زیاد می‌باشد. در مراجع معتبر ، گزارشات بسیاری در مورد تغییرات خصوصیات فیزیکی خاک و مشکل مرتبط کردن نتایج اندازهگیری نقطه‌ای به منطقه‌ای گزارش شده‌اند. از مشکلات اساسی که طراح زهکش با آن روبرو خواهد بود ، این است که خاکها دارای تغییرات بسیار زیاد و گاه غیرقابل پیش‌بینی هستند. در واقع خاک از مهمترین عوامل در عملکرد سیستم زهکشی است و به همین جهت تا زمانی که شناخت صحیحی در شرایط مختلف ، از رفتار خاک نداشته باشیم نمی‌توانیم عملکرد یک طرح را با اطمینان پیش‌بینی کنیم.

بطور کلی استفاده از اندازه‌گیریهای نقطه‌ای اغلب برای تعریف و بیان خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاکها به قدر کافی کفايت ننماید و برای طراحان همواره این سؤال مطرح است که آیا اعماق و فوائل زهکشها در مرحله طراحی ، واقعاً سطح مطلوب را به وجود خواهند آورد؟

از نکات حائز اهمیت دیگر ، به غیر دقیق بودن اطلاعات کسب شده در اندازه‌گیریهای صحرایی، می‌توان اشاره نمود. نیروی انسانی ، زمان و میزان اعتبارات جهت انجام عملیات صحرایی زهکشی عمقی ، این اجازه را نداده است که اندازه‌گیریها از دقت کافی برخوردار باشند و یا اینکه بتوان با افزایش تراکم شبکه‌های مشاهده‌ای و فراوانی اندازه‌گیریها ، نتایج قابل توجیه از نظر آماری را به دست آورد.

یکی دیگر از مشکلات موجود در طرحهای مطالعاتی در سطح کشور ، تعیین پارامترهای هیدرولیکی خاک در حالت غیراشباع و تبدیل آن به شرایط اشباع می‌باشد. متأسفانه تاکنون معیار مشخص و قانونمندی جهت ضریب اصلاحی مربوطه وجود ندارد. عواملی نظیر شرایط و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت خاکها، خواص شیمیایی آب کاربردی ، نوع ابزار و وسایل مورد استفاده ، تبحر و دقت کارشناسان و تکسینهای آزمایش کننده ، همواره نتایج متفاوتی را حاصل نموده است. که برآحتی نمی‌توان نتایج بدست آمده را برای شرایط آینده طرح ، تعمیم داد.

۲-۱- عمق لایه محدودکننده

جهت تعیین عمق لایه محدودکننده در مراجع ، معیارهایی ارائه شده است. تعدادی از معیارهای ارائه شده ، جنبه کمی و اندازه‌گیری داشته و تعدادی نیز وجود و یا عدم وجود لایه محدودکننده را با معیارهای کیفی بیان نموده‌اند. تجربیات حاصل از انجام مطالعات صحرایی زهکشی عمقی تاکنون در سطح کشور نشان داده است که عمدتاً این موضوع با معیارهای کیفی مورد تشخیص و سنجش قرار گرفته است . بدلیل شرایط فیزیکی متفاوت لایه‌های خاک و با عنایت به اینکه این تشخیص جنبه سلیقه‌ای دارد ، بالطبع متناسب با دیدگاههای کارشناسی ، در طرحهای مختلف مطالعاتی ، استنباطهای متفاوتی حاصل شده است ، که بالطبع در تعیین فوائل زهکشها تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته است.

۳-۲- ضریب زهکشی زیرزمینی

بدلیل مشکل برآورد و میزان نفوذ عمقی ناشی از آبیاری و برآورد زهکشی طبیعی ، تخمین ضریب زهکشی را دشوار نموده است. بطوریکه در بسیاری از موارد در گزارشات مطالعاتی مشاهده می‌گردد که این تخمین از میزان واقعی ، بیشتر است. که این موضوع نیز بدلیل تأثیر در تعیین فاصله زهکشها نیاز به اندازه‌گیری در مزارع آزمایشی دارد.

۴-۲- معادلات زهکشی

معادلات زهکشی که در طرحهای زهکشی مورد استناد و استفاده قرار می‌گیرند مدل‌های بسیار ساده‌ای از شرایط پیچیده واقعی هستند. لایه آبدار ایجادکننده جریان آب زیرزمینی ، هموژن یا متخلک از دو لایه کاملاً مجزا ، به گونه‌ای که در فرمولهای فوق فرض می‌گردد ، نیست. در دشت‌های آبرفتی ، خاکها به

صورت مطبق (لایه، لایه) هستند و هدایت هیدرولیک آنها به طور قابل ملاحظه‌ای در دو جهت افقی و عمودی تغییر می‌کند. میزان نفوذپذیری و خل و فرج قابل زهکشی در خاکهای دارای بافت و ساختمان مختلف، حتی داخل یک مزرعه نیز تغییر می‌کند. لذا منظور نمودن این تغییرات، عالمًا در فرمولهای مربوطه قابل اعمال نبوده و نتایج حاصله ممکن است با خطا توأم گردد.

۵-۲- پوشش اطراف لوله‌های زهکش

امروزه در اکثر طرحهای زهکشی استفاده از پوشش معمول و متداول است. این پوشش ممکن است از مواد مصنوعی (نظیر پشم شیشه) و یا مواد معدنی (شن و ماسه)، انتخاب گردد. وجود و یا عدم وجود مصالح قرضه، فاصله حمل، وضعیت دانه‌بندی خاک اطراف لوله‌های زهکش، یکنواختی و یا عدم یکنواختی خاک در مسیر لوله‌های زهکش، معیارهای متفاوتی را طلب می‌کند. در واقع تناسب بین دانه‌بندی خاک مجاور زهکش با مصالح پوششی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. معیارهای دانه‌بندی پیشنهاد شده توسط منابع مختلف، تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد. به هر حال این ممکن است بدین علت باشد که معیارهای ارائه شده دارای تغییرات مهمی نبوده و در یک دامنه قابل قبولی قرار می‌گیرند.

یکی از مشکلات این است که تحقیقات بر روی پوشش‌ها در آزمایشگاه نمی‌تواند نتیجه مطلوبی را عاید نماید زیرا عملکرد آنها می‌بایستی در مدت زمان طولانی مورد بررسی و قضاؤت قرار گیرد. اجتناب‌ناپذیری یکنواختی خاک و تأثیرات عوامل مختلف در مزرعه باعث می‌گردد که نتوان تفسیر دقیقی از عملکرد این پوشش‌ها ارائه کرد. استفاده از مصالح دانه‌بندی شده از نظر فنی، ترجیح داده می‌شوند زیرا آنها را می‌توان متناسب با خاکهای مختلف طراحی کرد. از طرف دیگر، تهیه و حمل این مصالح، غربال کردن آنها، نیاز به هزینه‌های زیاد دارد. پوشش‌های مصنوعی دارای مزایای زیادی هستند. اما آنچنان که مصالح شن و ماسه دانه‌بندی شده با خاک مطابقت دارند، این پوشش‌ها ندارند. در این ارتباط نیاز به بررسیهای مزرعه‌ای است تا عملکرد پوشش‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار داد. علاوه بر این، در مزارع آزمایشی می‌توان رسوبات آهن، کربنات و ... را نیز مورد بررسی قرار داد، چیزی که به آسانی قابل پیش‌بینی برای طراح نیست.

۶-۲- شوری :

در این مزارع با بررسی نمونه‌های خاک قبل و بعد از اعمال آبیاری می‌توان نتایج حاصله را با آنچه در مطالعات آبشوئی (توسط کرت‌های بسته یا رینگ مضاعف) بدست آمده است مقایسه نمود. بعلاوه با اندازه‌گیری کیفیت آب خروجی از زهکش‌ها و نحوه تغییرات آن، می‌توان تخمینی از راندمانهای آبشوئی را حاصل نمود.

۳- سوابق اجرایی مزارع آزمایشی در سطح کشور

بررسی سوابق موجود نشان می‌دهد که مزارع آزمایشی که هدف از اجرای آنها، تجزیه و تحلیل اطلاعات مرتبط با پارامترهای طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی است، عمدها در استان خوزستان

متمرکز بوده‌اند. ذکر این نکته ضروری است که بعلت عدم توام بررسیها و توجه به اهمیت بسزایی که نتایج این تحقیقات در طرح‌های اجرایی دارد، متأسفانه بهای لازم به اجرای این مزارع داده نشده است. مشکلات تملک اراضی، نحوه تأمین آب، عدم پیش‌بینی بودجه و سازمان مشخص جهت اجراء و بهره‌برداری از مزارع مورد نظر، و کلأ عدم اعتقاد سازماندهی شده و گاهاً اضطرارهای اجرایی، جهت اجرای طرحها، باعث گردیده است که عملأ اهداف مورد نظر از اجرای این مزارع یا بدرستی تکمیل نگردد و یا اینکه نتیجه مشخصی عاید نشود.

اهم مسائل و مشکلاتی که باعث عدم نتیجه‌گیری مطمئن و مشخص از این آزمایشات می‌گردد، به شرح زیر خلاصه می‌گردد :

- عدم اهمیت کافی به لزوم انجام مزارع آزمایشی در شرح خدمات ارائه شده به مشاورین .
- عدم بهاء کافی به لزوم انجام مزارع آزمایشی و الزام مشاور به ارائه طرح مزرعه آزمایشی در حین تصویب مطالعات .
- عدم اعتقاد عملی مشاور و کارفرما به لزوم اجرای این مزارع بدلیل کمبود وقت ، در نظر نگرفتن اعتبارات کافی ، نبودن یک سازمان مشخص و پیگیر در دوره بهره‌برداری ، عدم نگرش دیدگاه بلندمدت و نقش الگویی این مزارع در آینده طرحهای توسعه ، مشکلات تأمین آب این اراضی در کوتاه‌مدت ، مشکلات تملک اراضی و ... را از دلایل عمدۀ این عدم اعتقاد می‌توان نام برد.
- عدم ارزیابی طرحهای اجراء شده در طول دوره بهره‌برداری بمنظور کنترل عملکرد آنها در مرحله عمل و پیش‌بینی شده در طرح .
- طراحی مزرعه توسط مشاور و اندازه‌گیریها توسط کارفرما و یا گروه دیگری که عمدتاً هیچگونه ارتباط سیستمی و کنترلی با یکدیگر نداشته و لذا در صورت بروز هر گونه اشکال و اشتباه بدلیل گذشت زمان ، امکان کنترل و بازبینی محاسبات عملی نبوده است.
- تفکیک وظایف بین وزارتاخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی سبب شده است که در طرحهای توسعه شبکه‌های آبیاری توجه به مسائل مزرعه آزمایشی در اولویت‌های بعدی قرار گرفته و موارد ، عمدتاً بصورت حل نشده باقی بماند.

۴- طرح آزمایش

۴-۱- نحوه انتخاب محل مزرعه آزمایشی

محل و طرح مزرعه آزمایشی باید شرایطی داشته باشد که امکان بررسیهای مورد لزوم و تعیین آنها به کل محدوده طرح ، محدود و منطقی باشد. خاک محل آزمایش باید نماینده خاکهایی باشد که قرار است زهکشی شوند. بعلاوه می‌بایستی سطح آب زیرزمینی بالا باشد. محل آزمایش در تمام فصول سال بایستی قابل دسترس بوده و در محدوده آن عوارضی نظیر مسیل ، رودخانه و چاه وجود نداشته باشد. فشار آرتزین نداشته و قابل کشت برای گیاه باشد.

۴-۱- ابعاد و اندازه مزرعه آزمایشی

اندازه این مزرعه به تعداد متغیرهای مورد آزمایش (تعداد، نوع لوله‌ها و مواد پوششی)، همچنین به فاصله زهکشها، طول خطوط و تکرارهای محل آزمایش بستگی دارد. چنانچه صرفاً تعیین فاصله زهکش‌ها مدنظر باشد، حداقل تعداد خطوط زهکش در هر واحد آزمایشی سه خط می‌باشد. بطوريکه اندازه‌گيری فقط در مورد زهکش ميانی انجام می‌گيرد. تعداد مناسب و مطلوب زهکشها ۴ یا ۵ خط می‌باشد که در اين صورت می‌توان اندازه‌گيریها را در ۲ یا ۳ خط ميانی انجام داد.

۴-۲- ابعاد قطعات

جريان آب به زهکش‌ها در طول آن حتی الامكان باید یکنواخت باشد. بهمین جهت عمل آبیاری نیز باید یکنواخت صورت گیرد. اثرات انتهایی قطعات، یعنی اثراتی که در نتیجه وضعیت خاص قطعات در انتها بوجود می‌آید، مثل وجود زهکش جمع‌کننده در عمق زیاد، سطح ایستابی پائین بعلت عدم آبیاری و نشت به کانالهای مجاور را می‌توان با افزایش نسبت طول به عرض قطعه، کاهش داد. حداقل این نسبت ۴ در نظر گرفته می‌شود. بطور مثال اگر عرض قطعه مورد آزمایش حدود ۵۰ متر باشد (متنااسب با فاصله نصب زهکش‌ها)، در این صورت طول قطعه باید حداقل ۲۰۰ متر باشد.

۴-۳- عمق نصب زهکش‌ها

عمق نصب زهکش‌ها در اراضی تحت آبیاری و در مناطق خشک و نیمه خشک، بطور متوسط نباید کمتر از $1/8$ متر باشد، عمق کارگذاری ۲ متر معمولاً مناسب است.

۴-۴- انتخاب فاصله زهکش‌ها

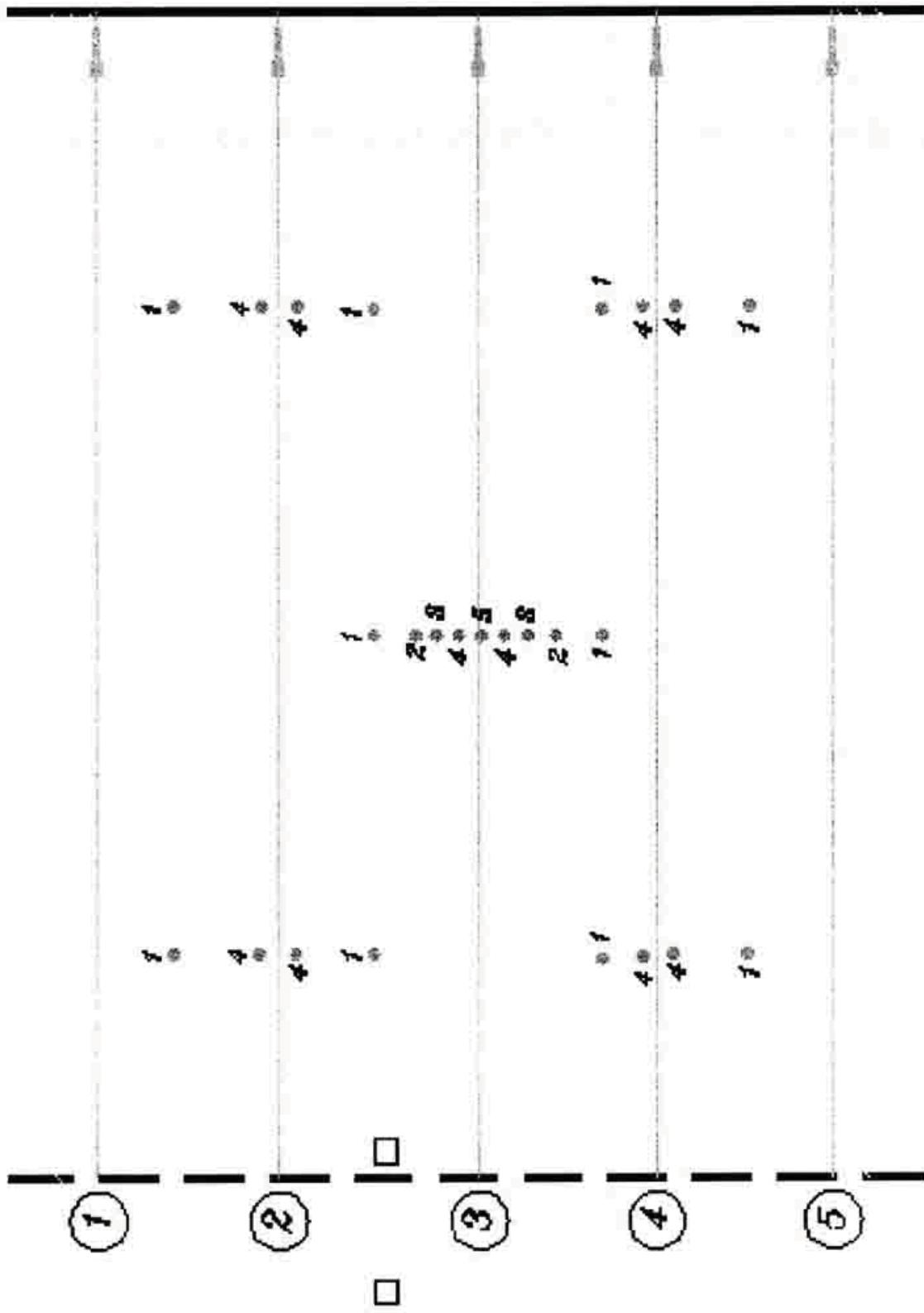
فاصل آزمایشی نصب زهکش‌ها باید حداقل یک برابر بزرگتر و یا کوچکتر از فواصل بdst آمده از تئوری و برآوردهای محاسباتی باشد. بعنوان مثال اگر فواصل محاسبه شده یا برآورده شده ۵۰ متر باشد در این صورت فواصل آزمایشی ۲۵ تا ۱۰۰ متر مناسب خواهد بود.

۴-۵- نصب چاهکهای مشاهده‌ای

جهت بررسی وضعیت سطح آب زیرزمینی چاهکهای مشاهده‌ای مورد نیاز هستند. موقعیت این چاهکها به شرح زیر توصیه می‌گردد :

- در وسط بین دو خط زهکش بمنتظور اندازه‌گيری بار هیدرولیکی .
- نزدیک یک یا چند خط زهکش در هر واحد، جهت بررسی پروفیل سطح آب .

این چاهکها در فاصله ۴/۰ تا ۰/۵ و ۵ متری از زهکش‌ها قرار داده می‌شوند. اگر فاصله زهکش‌ها بیش از ۷۵ متر باشد، یک چاهک اضافی در فاصله ۱۰ تا ۱۵ متری خط زهکش نیز توصیه می‌گردد. در شکل یک، یک نمونه از موقعیت نصب چاهکهای مشاهده‌ای نشان داده شده است.



شکل شماره یک - نمونه پر اکتشن چاهکهای مشاهده ای در یک واحد آزمایشی

۵- روش آزمایش

- الف - قبل از هر آبیاری ، ارتفاع سطح ایستابی از چاهکهای مشاهدهای یادداشت می شود.
- ب - حجم آب ورودی به مزرعه اندازهگیری می گردد. حجم آب مورد استفاده باید به اندازهای باشد، تا سبب بالا آمدن سطح آب تا نزدیک سطح زمین در وسط دو زهکش گردد.
- ج - بعد از اتمام آبیاری ارتفاع سطوح آب در چاهکهای مشاهدهای و جریان خروجی زهکشها اندازهگیری می شود. این اندازهگیریها در یک دوره افت سطح آب تا نزدیک عمق نصب زهکشها ادامه می یابد.
- د - پس از هر بار اندازهگیری ، داده های جمع آوری شده ، پردازش می گردند تا در صورت اشتباه و یا ابهام ، در اندازهگیریهای بعدی مورد دقت و توجه بیشتری قرار گیرند. این موضوع در مراحل بعدی و در پردازش نهایی داده ها ، از اهمیت بسیاری برخوردار می باشد.
- ه - در صورتیکه سطح آب در یکبار کاربرد آب ، باندازه کافی بالا نیاید و یا در حین افت سطح آب ، بارندگی صورت گیرد. در این صورت لازم است ، اندازهگیری رقوم سطح آب و جریان خروجی از زهکشها در یک دوره طولانی تری صورت گیرد.
- و - اثر تبخیر در موقعیت سطح آب حتی الامکان باید کاهش داده شود. و به همین جهت ترجیحاً لازم است که آزمایش در دوره ای از سال صورت گیرد که حداقل تبخیر در منطقه مورد آزمایش صورت می گیرد.
- ز - نمونه های خاک قبل و بعد از آبیاری تا عمق حدود ۱/۵ متر تهیه و خواص شیمیایی آنها مقایسه می گردد. همچنین تهیه نمونه های آب از خروجی زهکشها صورت می گیرد.

۶- فراوانی مشاهدات

- فراوانی مشاهدات بستگی به شرایط محلی ، مثل آب ، هوا و خاک و همچنین به هدف آزمایش دارد. بهمین جهت هیچ قاعده صریحی را نمی توان بدین منظور ارائه کرد. راهنمای زیر بعنوان معیار عمومی جهت فراوانی مشاهدات ، پیشنهاد می گردد.
- یک اندازهگیری درست قبل از آبیاری .
 - یک اندازهگیری بعد از آبیاری .
 - حداقل سه اندازهگیری در روز بین دوره های با رقوم سطح ایستابی بالا، یعنی حداقل ۳ تا ۵ روز بعد از آبیاری ، بطوریکه مشاهدات در یک دوره ۲۴ ساعته ، توزیع مناسبی داشته باشد.

قابل ذکر است که اگر پروفیل سطح آب بخوبی معین باشد ، در این صورت اندازهگیریها ، اکثراً روی چاهکهایی صورت می گیرد که در وسط دو زهکش واقع هستند، و بدینوسیله حجم کار کاهش می یابد.

۷- انجام آزمایشات مزرعه‌ای بصورت موردي (طرح زرینه‌رود)

جهت ارزیابی سیستم زهکشی مصنوعی در طرحهای اجراء شده، پروژه زرینه‌رود بعنوان نمونه انتخاب شد. طی آن آزمایشات توصیه شده برای مزارع آزمایشی، مطابق روشهایی که بیان شده به مورد اجراء گذاشته شده است. نیلاً نتیجه مطالعات و بررسیهای بعمل آمده ارائه می‌گردد.

۷-۱- معرفی طرح

شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود در استان آذربایجان غربی و در جنوب دریاچه ارومیه واقع گردیده است. مساحت اراضی طرح مذکور حدود ۶۵۰۰ هکتار می‌باشد. شهر میاندوآب در مرکز دشت و در مسیر شاهراه تبریز، کرمانشاه و تبریز و ارومیه واقع گردیده است. در محدوده طرح زرینه‌رود مجموعاً ۹ واحد عمرانی وجود دارد. در مجموع براساس بررسیها و مطالعات انجام شده، اجرای زهکش‌های زیرزمینی به وسعت ۶۴۰۰ هکتار در دستور کار قرار گرفته است. مجموع طول خطوط لوله‌های زهکش در اراضی مورد نظر ۷۳۰۰ متر پیش‌بینی شده است. بمنظور کنترل عملکرد زهکش‌های مزبور، دو مزرعه H63 و H77 به ترتیب به وسعتهای ۷ و ۹ هکتار انتخاب گردیدند، بطريقی که امکان کنترل عملکرد حدائق سه خط زهکش در هر مزرعه وجود داشته باشد. فواصل زهکش‌ها به ترتیب در مزارع فوق ۱۰۰ و ۶۰ متر اجراء شده است. نقشه شماره یک موقعیت عمومی طرح و مزارع انتخابی را نشان می‌دهد.

در انتخاب مزارع فوق، معیارهای ذیل مدنظر قرار گرفته است :

الف : امکان تأمین موقت آب مقدور باشد.

ب : امکان تخلیه زهآبهای جمع‌آوری شده به بیرون از محدوده مزارع میسر باشد.

ج : بلحاظ مسائل خاک، مزارع مزبور نماینده خاکهایی باشند که بتوان نتایج حاصله را به کل طرح تعمیم داد.

د - امکان دسترسی به محل مقدور و عملی باشد.

با توجه به معیارهای فوق مزارع مزبور انتخاب گردیدند. براساس مطالعات خاکشناسی انجام شده خاکهای مزرعه H63 در کلاس IIIAW و مزرعه H77 در کلاس VAW طبقه‌بندی شده‌اند. بافت خاک مزارع سنگین گزارش شده است.

۷-۲- روش انجام آزمایشات

الف : پس از انتخاب محل مزرعه، نسبت به تهیه، آماده‌سازی و کرت‌بندی مزارع اقدام گردید.

ب : نصب ۴ حلقه چاهک مشاهده‌ای در حد واسط خطوط زهکش‌های زیرزمینی و برداشت نمونه‌های خاک تا عمق حدود یک متری از سطح خاک.

ج : با توجه به مشخصات کanal ورودی و مدت زمان آبیاری، حجم آب ورودی تعیین گردید.

د : پس از اعمال چند نوبت آبیاری، و کنترل رقوم سطح آب در چاهکهای مشاهده‌ای، سعی گردید، حجم آب ورودی در حدی باشد که سطح آب زیرزمینی به کمتر از ۵٪ سطح زمین برسد.

ه : رکوردهای از سطح آب چاهکهای مشاهده‌ای و اندازه‌گیری روزانه دبی خروجی از زهکش‌ها (روزی حداقل سه نوبت) به مدت ۸ روز پس از قطع آبیاری انجام گردید.

و : پس از بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و امکان اندازه‌گیری هدایت هیدرولیک خاک به روش چاهک اندازه‌گیری مزبور در محل چاهکهای مشاهده‌ای صورت پذیرفت.

ز : نمونه‌های خاک پس از اعمال آبیاری و نمونه‌های آب از محل خروجی زهکش‌ها تهیه و خواص شیمیایی آنها تعیین گردید.

لازم به ذکر است عمق کارگذاری لوله‌های زهکشی برابر ۱/۶ متر، فاصله نصب زهکشها، ۱۰۰ متر و قطر لوله‌ها معادل ۱۲۵ میلی متر در نظر گرفته شده بود طول متوسط زهکش‌ها حدود ۲۴۰ متر منظور شده بود.

۷-۳- نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها :

بطوریکه اشاره شد، اطلاعات جمع‌آوری شده شامل اندازه‌گیری رقوم سطح آب در چاهکهای مشاهده‌ای، میزان جریان خروجی از زهکش‌ها، اندازه‌گیری خواص شیمیایی نمونه‌های خاک و آب خروجی از زهکش‌ها می‌باشد. فرض بر این است که آب آبیاری تنها منبع تغذیه‌کننده آب تحت‌الارض بوده و هیچگونه فشار آرتزینی در لایه‌های عمیق‌تر به سطح زهکش‌ها وجود ندارد و آب دیگری نیز وارد محدوده آزمایش نمی‌گردد. و همچنین هیچگونه افت سطح آب ناشی از زهکشی طبیعی وجود ندارد. تبخیر و تعرق نیز ناچیز در نظر گرفته شده است.

۷-۳-۱- معادلات جریان

شرایط ماندگار حالتی است که در آن طی یک زمان طولانی موقعیت سطح آب تغییر نکند، و جریان خروجی از زهکش‌ها نیز مقداری ثابت باشد. به بیان دیگر مخزن آب زیرزمینی حداقل به مدت چند روز به مقدار مساوی با جریان خروجی تغذیه گردد. رسیدن به این شرایط در موقعی که آب آبیاری توسط روشهای سطحی بکار برده می‌شود دشوار است. اطلاعات بدست آمده از آزمایشات مزرعه‌ای تحت شرایط ماندگار در روابط زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$q = \frac{8Kdh}{L^2} + \frac{4Kh^2}{L^2} \quad (1)$$

که در آن :

q - میزان تخلیه بر حسب متر در روز

h - بار هیدرولیکی یا ارتفاع سطح آب واقع در وسط زهکش‌ها بر حسب متر

K - هدایت هیدرولیک خاک بر حسب متر در روز

L - فواصل زهکش‌ها بر حسب متر

d - عمق معادل هوخهات که بستگی به فاصله D_0 (فاصله زهکش تا لایه غیرقابل نفوذ)، فاصله زهکش‌ها (L) و محیط تر شده (U) دارد.

اگر زهکشها بر روی لایه محدودکننده قرار گرفته باشند در اینصورت D_0 و در نتیجه d برابر صفر خواهد شد و معادله (۱) بصورت زیر خواهد بود.

$$q = \frac{4Kh^2}{L^2} \quad (2)$$

این معادله بیانگر جریان آب از بالای زهکشها خواهد بود.

معادله شماره (۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$q = Ah + Bh^2 \quad \text{یا} \quad \frac{q}{h} = A + Bh \quad (3)$$

که در آن :

$$A = \frac{8Kd}{L^2} \quad \text{و} \quad B = \frac{4K}{L^2} \quad (4)$$

لازم به ذکر است در روابط فوق ، فرض شده است که خاک هموژن و ایزوتروپ است ، لذا اگر پروفیل خاک مرکب از دو لایه با هدایت هیدرولیک مختلف باشد و مرز لایه‌ها در سطح عمق زهکشها قرار گرفته باشد معادله (۱) بصورت زیر خواهد بود :

$$q = \frac{8K_2 dh}{L^2} + \frac{4K_1 h^2}{L^2} \quad (5)$$

که در آن K_1 و K_2 هدایت هیدرولیک خاک به ترتیب در بالا زیر زهکشها می‌باشد. در صورتیکه مرزو، لایه در زهکشها قرار گرفته باشد، معادله فوق را نمی‌توان بکار برد و می‌بایست از معادلات دیگری مانند معادله ارنست استفاده کرد.

معادله $q = Ah + Bh^2$ نشان می‌دهد که وقتی مقدار Bh^2 نسبت به Ah کوچک باشد ، در اینصورت رابطه $q-h$ به یک خط مستقیم نزدیک خواهد شد. چنین شرایطی دلالت بر این موضوع دارد که مقدار جریان وارد شده به خطوط زهکشها ، عمدتاً از زیر زهکشها صورت می‌گیرد ، اگر جریان از بالای زهکش کوچک و قابل صرف نظر کردن نباشد، در این صورت رابطه $h - q$ ، بصورت منحنی خواهد بود. هر چه سهم جریان ورودی از لایه‌های بالایی عمق نصب زهکشها بیشتر باشد ، درجه انحنای منحنی بیشتر خواهد بود.

از ترسیم q/h در مقابل h خط مستقیمی حاصل می‌شود که با محور افق زاویه α می‌سازد. لذا داریم :

$$\tan \alpha = 4k/L^2$$

۲-۳-۷- شرایط غیرماندگار

در صورتیکه نوسانات سطح آب زیرزمینی در اثر آبیاری به اندازه کافی سریع باشد ، در این صورت کاربرد فرمولهای جریان غیرماندگار ترجیح داده می‌شود.

این فرمولها دارای این مزیت هستند که محاسبات با آنها می‌تواند هم براساس رقوم سطح آب و هم جریان خروجی زهکش باشد. بنابراین اگر یکی از این دو نوع اطلاعات غیرقابل اعتماد باشد، اطلاعات نوع دیگر جهت بررسی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ولی تأکید می‌شود که اطلاعات مربوط به سطح آب و جریان خروجی زهکش هر دو مورد بررسی قرار گیرد.

با انجام عمل آبیاری و تغذیه سفره آب زیرزمینی، سطح ایستابی بالا آمده و با قطع آبیاری، پائین افتادن سطح آب تدریجاً شروع می‌گردد. پس از گذشت مدت زمان t_A ، رابطه بین بار هیدرولیک و میزان تخلیه تقریباً ثابت خواهد شد.

معادلات ذیل در این مرحله از افت سطح ایستابی بکار بردہ می‌شود:

$$at = 2.3 \log \frac{ht_2}{ht_1} \quad (6)$$

که در آن:

t – مدت زمان مشاهده که طی آن سطح آب از موقعیت ht_2 به ht_1 می‌رسد بر حسب روز
 ht_1 و ht_2 بار هیدرولیکی مشاهداتی در زمانهای t_2 و t_1 بر حسب متر

a ضریب عکس العمل نامیده می‌شود که برابر است با $\frac{\pi Kd^2}{\rho L^2}$ بر حسب

که در آن:

K – هدایت هیدرولیک خاک بر حسب متر در روز

d – عمق معادله بر حسب متر

L – فواصل نصب زهکش‌ها بر حسب متر.

همچنین با استفاده از معادله

$$at = 2.3 \log \frac{qt_2}{qt_1} \quad (7)$$

که در آن:

qt_2 و qt_1 به ترتیب مقدار تخلیه در زمانهای t_2 و t_1 می‌باشند (بقیه پارامترها قبلًا تعریف شده‌اند) می‌توان نسبت به تعیین آبدھی ویژه اقدام نمود.

جمع‌بندی اطلاعات حاصله *

- ۱- طبق دستورالعمل‌های ارائه شده که در مباحث پیشین اشاره شد ، نمودار q و h نسبت به زمان ترسیم گردید. همچنین با ترسیم نمودار q و h نسبت به زمان بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی ، پارامترهای مربوطه در روش معادلات غیرماندگار تعیین گردید (نمودارهای شماره ۱ تا ۲) .
- ۲- با استفاده از نتایج حاصل از نمودارهای فوق و روابط ذیل مقدار Kd (ضریب قابلیت انتقال) برآورد گردید.

$$Kd = \frac{q}{h} \times \frac{L^2}{2\pi}$$

$$Kd = 0.01 \times \frac{10000}{2\pi} = 15.9 m^2 / day$$

بررسی نمودار شماره یک (نسبت بین q و t) بیانگر این مطلب است که قسمت عمده جریان از قسمت زیرین وارد خطوط لوله می‌گردد. لذا با توجه به رقم هدایت هیدرولیک خاک ، معادل $2/3$ متر در روز ، عمق لایه محدودکننده بیش از ۶ متر بدست خواهد آمد. با بهره‌گیری از روش تعادل و با توجه به مقادیر هدایت هیدرولیک ، عمق لایه محدودکننده و برنامه‌ریزی آبیاری جهت نباتات چندرقند و یونجه فاصله زهکشی زیرزمینی بین ۱۰۰ الی ۱۳۰ متر حاصل می‌گردد.

- ۳- با استفاده از نمودار شماره ۲ ، میزان ضریب عکس‌العمل به شرح زیر محاسبه شده است :

$$\tan \alpha = \log \frac{ht_2 - ht_1}{t_2 - t_1} = 0.14$$

$$a = 2.3 \tan \alpha = 2.3 \times 0.17 = 0.33$$

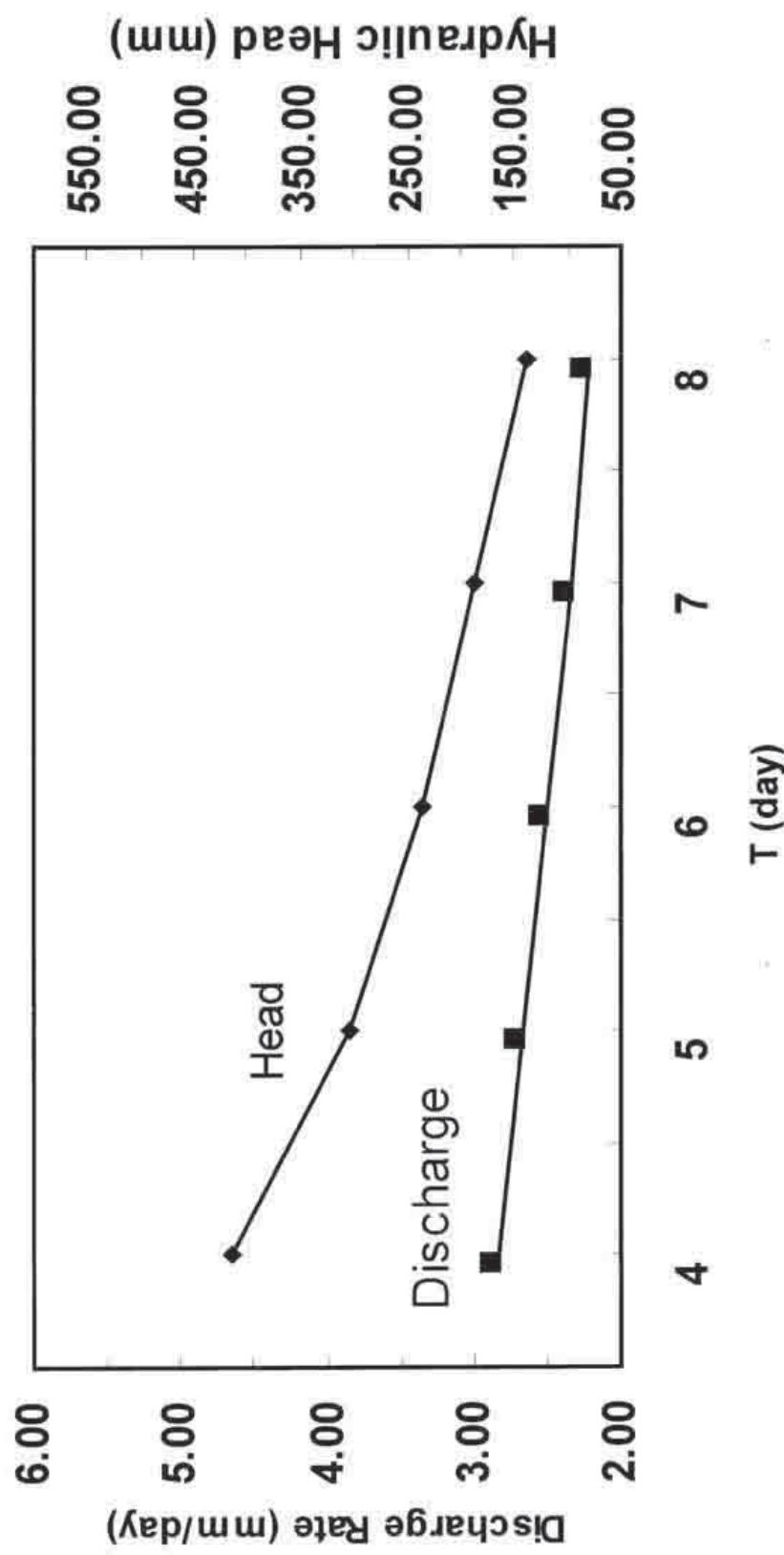
$$a = \frac{\pi^2 Kd}{\rho L^2}$$

* نتایج مربوط به مزرعه شماره H63 می‌باشد و اطلاعات مرتبط با مزرعه H77 در دست تهیه است.

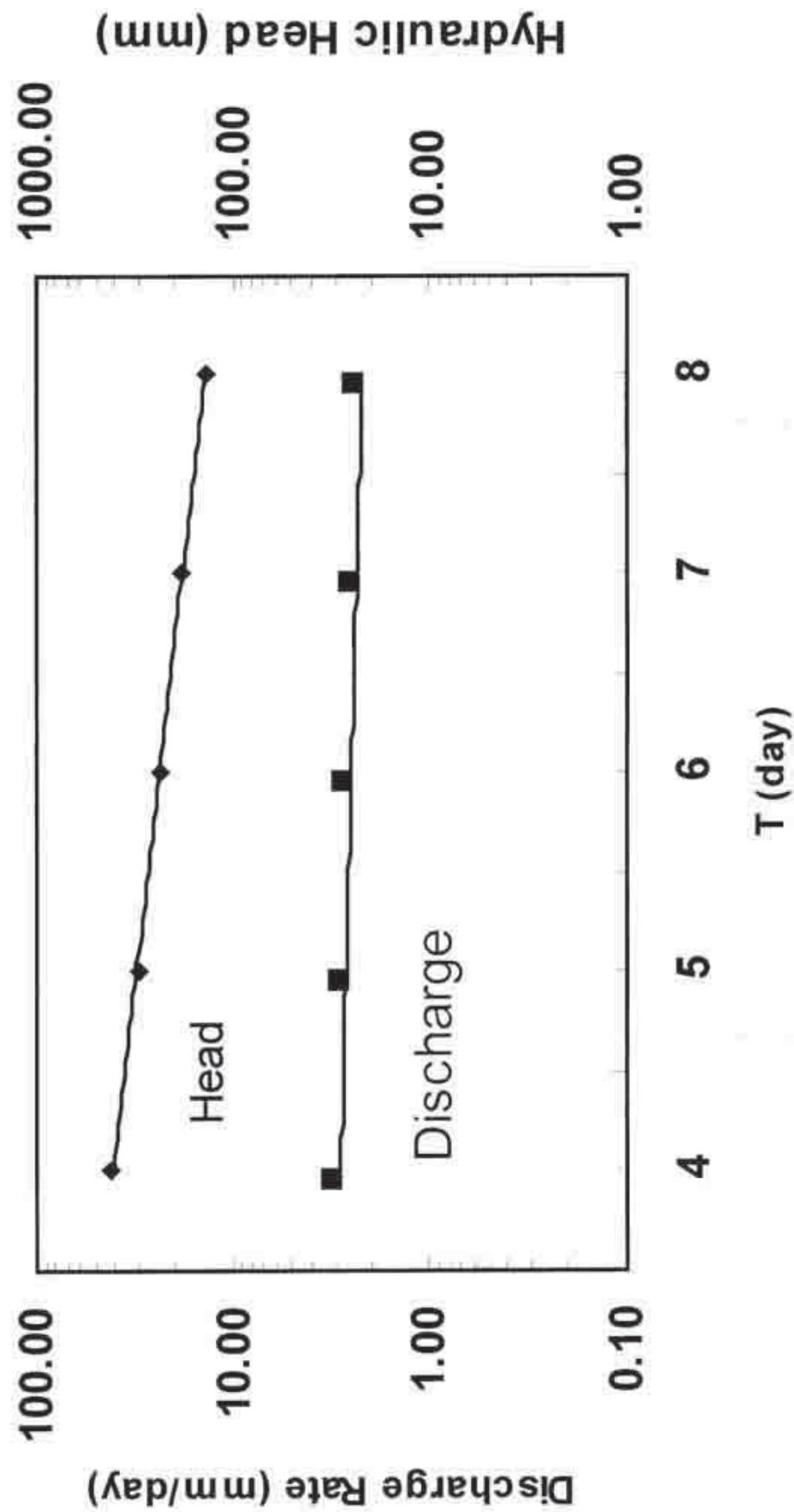
$$\rho = \frac{\pi^2 Kd}{a L^2} = \frac{\pi^2 \times 15.9}{0.33 \times 10000} = 0.05$$

- ۴- مقایسه نمونه‌های خاک قبل و بعد از اعمال آب آبیاری ، نشان می‌دهد که میزان شوری خاک در لایه‌های سطحی خاک ، کاهش یافته و در لایه‌های عمیق‌تر ، تجمع املال مشاهده می‌گردد(شکل شماره ۲).

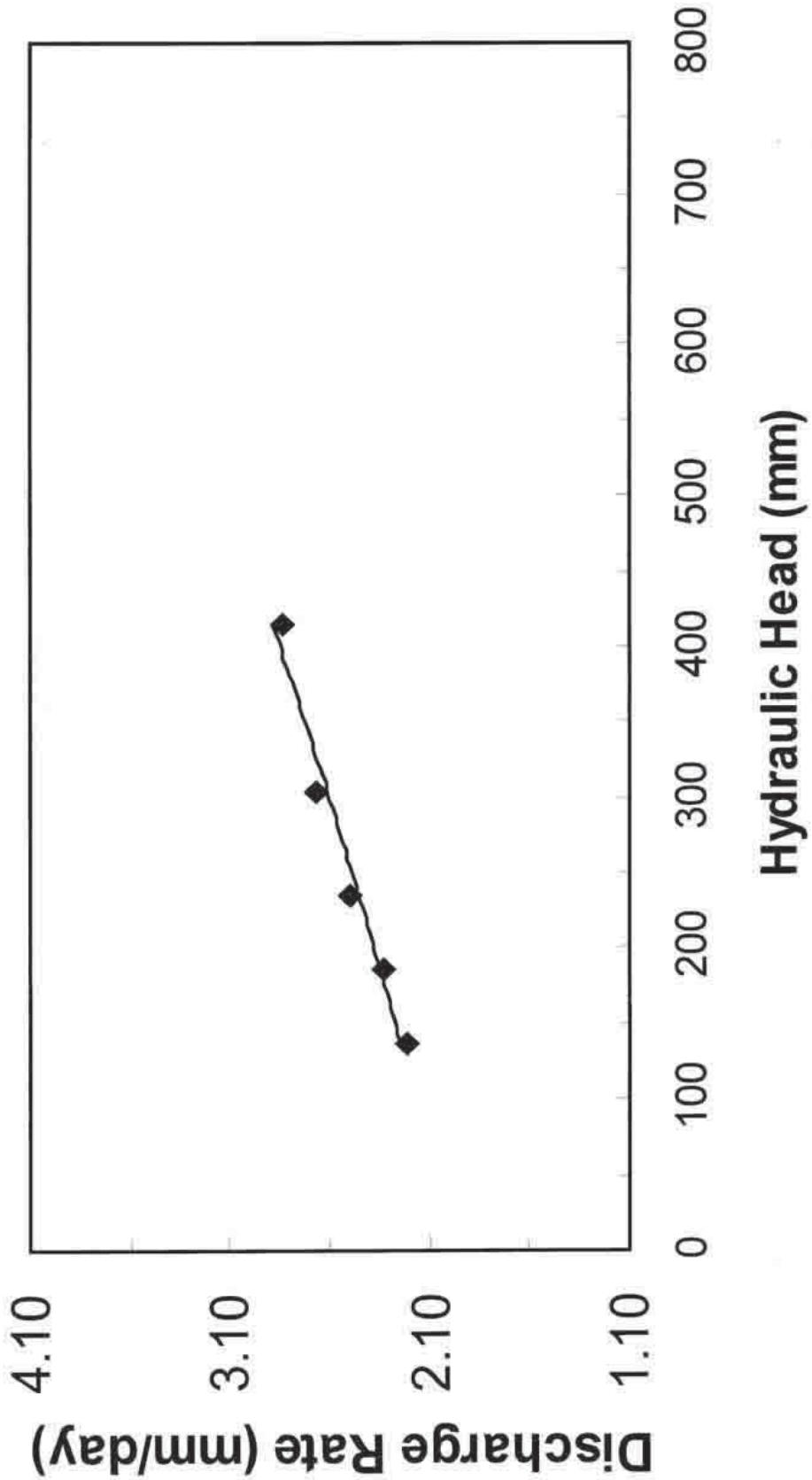
نمودار شماره پنجم - تغییرات بار آبی و شدت تخلیه نسبت به زمان



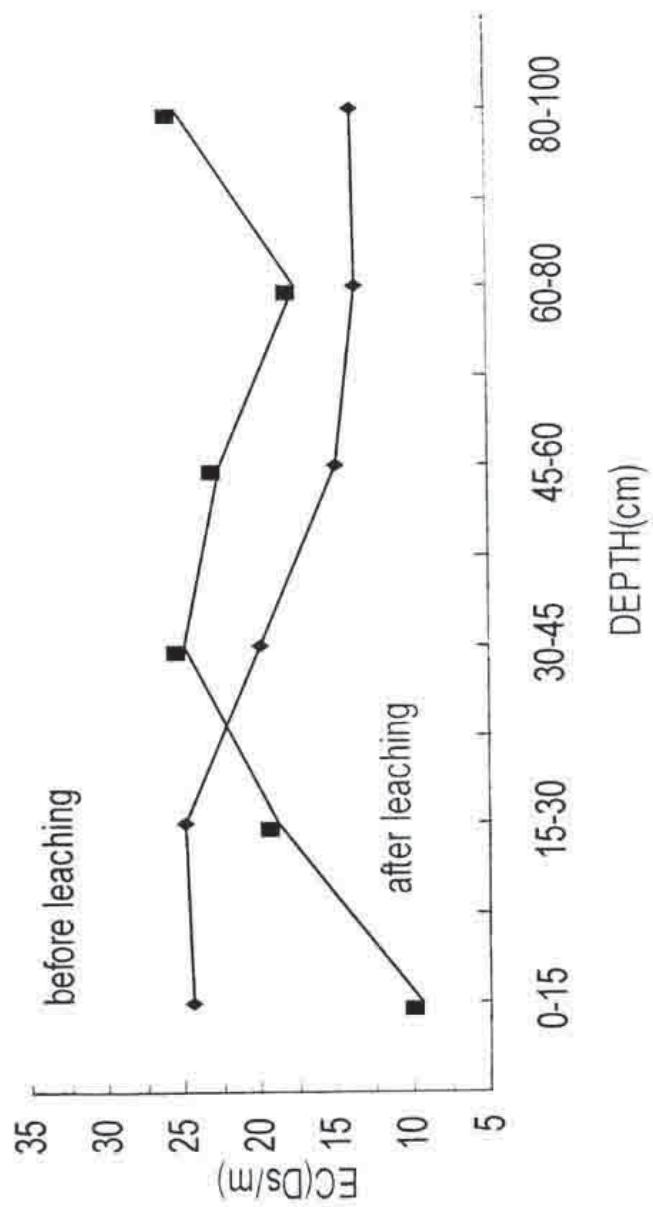
نمودار شماره ۲ - نمودار شدت تخلیه و بار آبی نسبت به زمان



نمودار شماره ۳ - نمودار شدت تخلیه نسبت به بار آبی

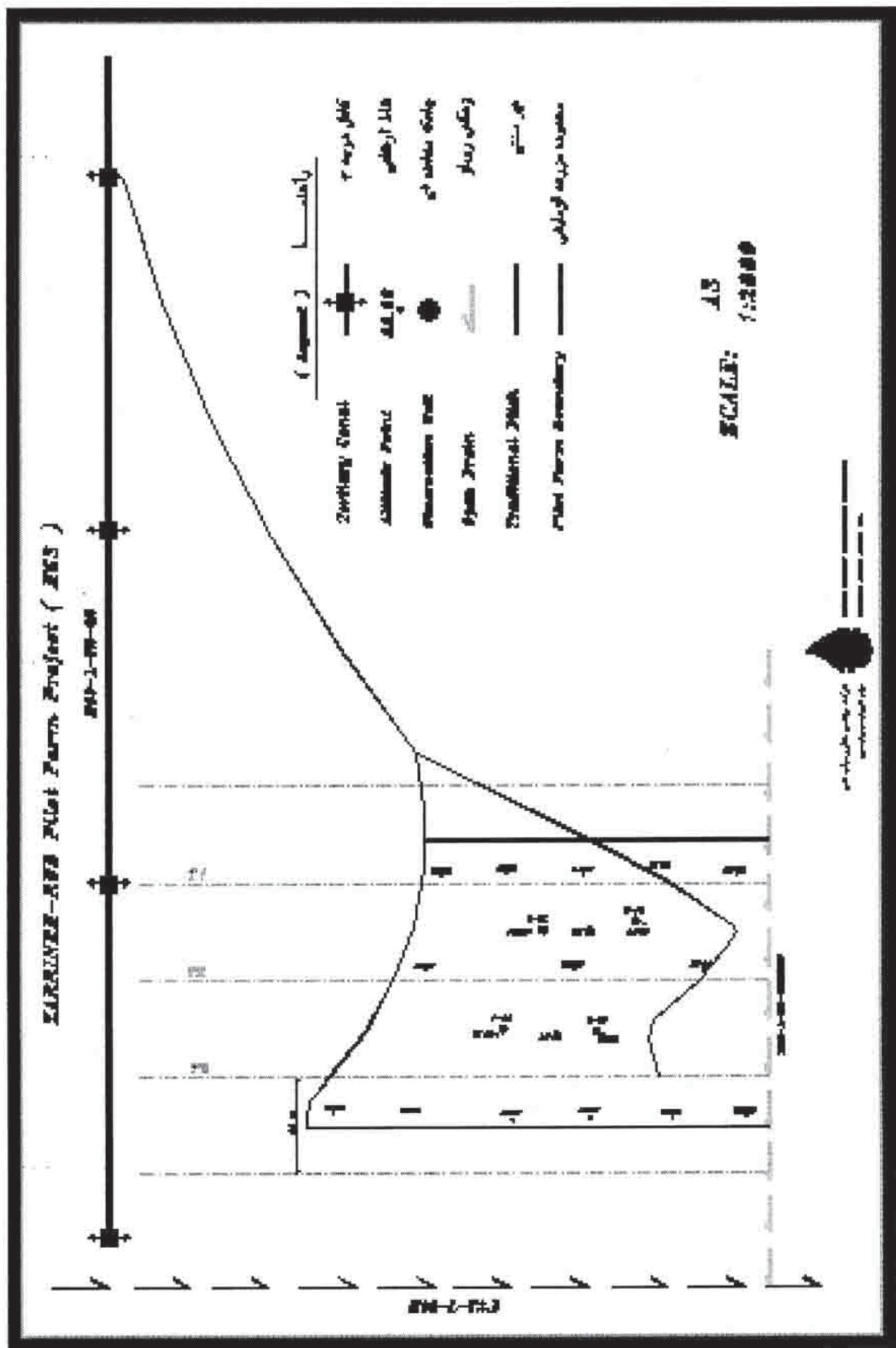


شکل شماره ۵ تغییرات شورای لایه های مختلف گلک بعد از کاربرد آب آبیاری



depth	ec before	ec after
0-15	24.25	9.31
15-30	24.81	18.71
30-45	19.69	24.81
45-60	14.74	22.3
60-80	13.48	17.39
80-100	13.72	25.28

نقشه ۱ - موقعیت عمومی طرح و مزارع انتخابی موقعیت عمومی مزرعه آزمایش H63



مراجع:

- گزارش مطالعات خاکشناسی تفضیلی اراضی زیر سد زرینه رود
- آلبوم نقشه‌های اجرائی سیستم زهکشی در واحدهای عمرانی ۴ و ۵ زرینه رود
- نشریه Drainage Testing F. A. Q. No.28
- گزارش آزمایشات مزرعه‌ای در مزرعه 2H63 زرینه رود

دومین کارگاه فنی (رهگشی)

اثرات زیست محیطی رهگشی اراضی

سید جلال جبلی^۱

چکیده :

ایجاد شبکه های رهگشی سطحی یا زیرزمینی موجب تخلیه آبهای مازاد از پروفیل خاک و بهبود مشخصات فیزیکی آن می گردد. شبکه های رهگشی همچنین با ایجاد امکان آبشویی (Leaching) کنترل شوری خاک را نیز میسر می نمایند. جمعآوری و تخلیه آب مازاد و نمکهای خاک اراضی کشاورزی را از ماندابی وشور شدن نجات می دهد. رهگشی همچنین باعث چرخش هوا در خل و فرج خاک شده و تنفس ریشه گیاه (Salinization) را نیز تضمین می نماید. اما در یکی دو دهه اخیر بر محققین و دانشمندان ثابت گردیده که بهبود مشخصات خاک توسط شبکه های رهگشی هر چند موجب احیای اراضی و افزایش محصولات کشاورزی می گردد، اما این بهبود تنها یک روی سکه بوده و روی دیگر این سکه که هنوز ابعاد و زوایای آن کاملا بر پژوهشگران نیز آشکار نشده، اثرات ناخواسته زیست محیطی احداث شبکه های رهگشی می باشد.

محیط زیست از چهار بخش متفاوت شامل محیط فیزیکی (Physical Environment)، محیط طبیعی (Natural Environment)، محیط اقتصادی (Economical Environment) و محیط اجتماعی (Social Environment) تشکیل یافته است. رهگشی اجزاء مختلف محیط زیست را به صورتهای گوناگون تحت تاثیر خود قرار می دهد. رهگشی اراضی در محیط فیزیکی از یک سو موجب بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک گردیده ولی از سوی دیگر انتقال نمکها و بقایای ترکیبات شیمیایی خاک به منابع آبهای پائین دست را تشدید می نماید. محیط طبیعی شامل ریستگاههای گیاهی و جانوری بوده که تحت تاثیر طرحهای رهگشی قرار می گیرد. گونه های گیاهی و جانوری اعم از وحشی و اهلی که در اراضی کشاورزی زیست می کنند تحت تاثیر انهر رهگشی و اینه مربوطه دستخوش تغیرات می گردند. مزرعه بعنوان یک محیط اقتصادی و مرکز تولید محصولات کشاورزی متشکل از محیط فیزیکی و محیط طبیعی بوده و توسط شبکه رهگشی متاثر می گردد. محیط فیزیکی با در بر داشتن منابع آب و خاک برای تولید محصولات زراعی و فرآورده های دامی مورد استفاده قرار می گیرد. در اثر اضمحلال اجزای محیط های فیزیکی و طبیعی بدلیل افت محصول، مزرعه نیز به نوبه خود دچار صدمات اقتصادی می گردد. شبکه رهگشی هر چند در کوتاه مدت بدلیل بهبود شرایط خاک و افزایش درآمد رفاه نسبی برای خانوار روستایی و روستا

۱- استادیار و مدیر گروه آبیاری و رهگشی مجتمع آموزشی ابوریحان دانشگاه تهران

ایجاد می نماید. اما در دراز مدت نزول کیفیت منابع آب و خاک باعث کاهش حاصلخیزی و رها شدن اراضی گردیده که این خود مقدمه کاهش استغالزالزایی در منطقه و فراهم شدن زمینه مهاجرت کشاورزان به شهرها می باشد. در این مقاله چگونگی اثر زهکشی بر اجزاء مختلف محیط زیست مورد اشاره قرار گرفته و راهکارهای مقابله با این اثرات مورد بررسی قرار می گیرد.

مقدمه

هدف از ایجاد شبکه های زهکشی بهبود مشخصات خاک برای افزایش تولید محصول و ازدیاد درآمد می باشد. اما در یکی دو دهه اخیر بر محققین و دانشمندان ثابت گردیده که بهبود مشخصات خاک توسط شبکه های زهکشی هر چند موجب احیای اراضی و افزایش محصولات کشاورزی می شود. اما این تنها یک روی سکه بوده، روی دیگر این سکه که هنوز ابعاد و زوایای آن کاملا بر پژوهشگران نیز آشکار نشده، اثرات ناخواسته زیست محیطی احداث شبکه های زهکشی می باشد. در حال اگر شبکه های زهکشی ضمن توجه به کلیه جوانب آن بدرستی اجرا و بهره برداری گردند اثرات سوء زیست محیطی آنها نیز کاهش می یابد (Ochs, 1992).

محیط زیست از چهار بخش متفاوت شامل محیط فیزیکی (*Physical Environment*), محیط طبیعی (*Natural Environment*), محیط اقتصادی (*Economical Environment*) و محیط اجتماعی (*Social Environment*) تشکیل یافته است. زهکشی اجزاء مختلف محیط زیست را به صورتهای گوناگون همانگونه که شکل ۱ نشان می دهد تحت تاثیر خود قرار می دهد (Biswas, 1992). محیط فیزیکی عمدتاً مشکل از منابع آب، خاک و گیاه می باشد. محیط طبیعی دربر گیرنده زیستگاههای گیاهی و جانوری بوده، و محیط اقتصادی از مراکز تولیدی نظیر کارخانه جات و مزارع کشاورزی و غیره تشکیل یافته است. محیط اجتماعی نیز جوامع شهری، روستایی و خانوار ها را شامل می شود. در این مقاله اثر زهکشی اراضی بر اجزاء مختلف محیط زیست مورد مطالعه قرار گرفته و راه های کاهش اثرات سوء زیست محیطی آن نیز بررسی می گردد.

۱- اثر زهکشی بر محیط فیزیکی

ایجاد شبکه های زهکشی سطحی یا زیرزمینی موجب تخلیه آبهای مازاد از پروفیل خاک و بهبود مشخصات فیزیکی آن می گردد. شبکه های زهکشی همچنین با ایجاد

امکان آبشویی (*Leaching*) کنترل شوری خاک را نیز میسر می نمایند. جمع آوری و تخلیه آب مازاد و نمکهای خاک همانگونه که در شکل ۲ ملاحظه می گردد، اراضی کشاورزی را از ماندابی و شور شدن نجات می دهد (Dougherty, T.C. and A.W. Hall., 1995). زهکشی همچنین باعث چرخش هوا در خلل و فرج خاک شده و تنفس ریشه گیاه را نیز تضمین می نماید. اما در یکی دو دهه اخیر بر محققین و دانشمندان ثابت گردیده که بهبود مشخصات خاک توسط شبکه های زهکشی هر چند موجب

احیای اراضی و افزایش محصولات کشاورزی می گردد، اما این بهبود تنها یک روی سکه بوده و روی

شکل ۱



دیگر این سکه که هنوز ابعاد و زوایای آن کاملا بر پژوهشگران نیز آشکار نشده، اثرات ناخواسته زیست محیطی احداث شبکه های زهکشی می باشد.

خاک بعنوان یکی از اجزاء محیط فیزیکی یک محیط سه فاز تلقی می گردد. این محیط متشكل از مایع (Liquid)، جامد (Solid)، و گاز (Gas) می باشد که محیط متخلخل خاک (Porosity) را بوجود می آورد (Irwin, ۱۹۹۱). بواسطه وجود این سه فاز مختلف وجود خلل فرج موئینه (Micropores) جریان آب در خاک از روابط CDD یا Convection Dispersion Diffusion تبعیت می کند (Mackay et al., ۱۹۸۵). در این حالت آب تحت گرادیان هیدرولیکی و خاصیت موئینگی از خلل و فرج خاک در شرایط اشباع و غیر اشباع عبور می نماید. حرکت جبهه رطوبتی در خاک علاوه بر انتقال آب با ایجاد جریان مضاعف املاح



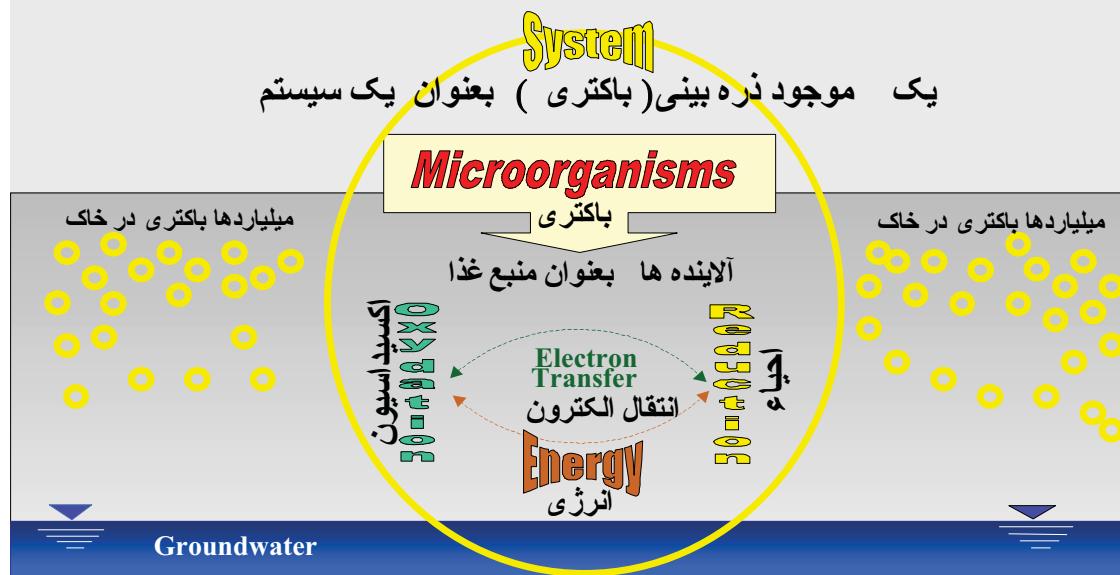
شکل ۲

محلول در آن یعنی نمکها و بقایای ترکیبات شیمیایی را نیز با خود حمل می کند. این جریان در خاک به جریان مزدوج یا *Coupled Flow* موسوم می باشد (Shackelford, ۱۹۹۳). جریان مزدوج تحت تاثیر بارهای منفی و مثبت ذرات خاک (*Negative and Positive Charges*) و خاصیت جذب و دفع آن نمکها و ترکیبات شیمیایی خاک را به نقاط دیگر انتقال می دهد (*Contaminant Transport*). جریان مزدوج ضمن حرکت آب، آلاینده ها را نیز از طریق زهکشها به منابع آبهای پائین دست منتقل می نماید. (Dougherty and Hall ۱۹۹۵)

محیط متخال خاک علاوه بر آب و هوا موجودات زنده نظیر کرم خاکی و حشرات و همچنین موجودات ذره بینی (*Microorganisms*) را نیز در خود جای می دهد (Irwin, ۱۹۹۱). وجود این موجودات از یک طرف سبب ایجاد شیارهای ضخیم و طولانی در خاک شده که باعث انتقال سریع جریان آب (*Prefrential Flow*) و آلاینده ها به منابع آبها گردیده و از طرف دیگر به تجزیه سریعتر آلاینده ها و رفع آلودگیها در خاک کمک می نمایند. موجودات ذره بینی خاک انرژی مورد نیاز خود را از ترشح آنزیم و تجزیه مواد آلی خاک بدست می آورند (جلی ۱۳۷۹). این انرژی همانگونه که شکل ۲ نمایش می دهد بواسطه انتقال الکترون و عمل اکسیداسیون و احیاء در محیط آزاد

بакتریهای هوازی و غیر هوازی

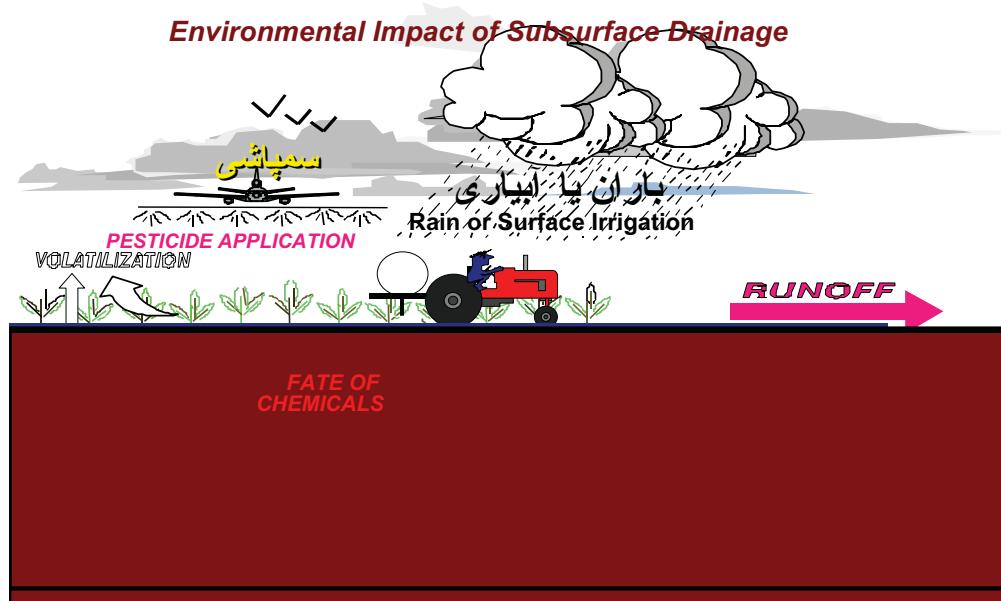
Aerobic and Anaerobic Bacteria



شكل ۳

شده و برای انجام آن وجود یک غیر فلز (*Electron Acceptor*) بعنوان قبول کننده الکترون ضروری می‌باشد. هر یاکتری یعنوان یک سیستم و جمعیت باکتریهای خاک بعنوان میلیاردها سیستم می‌توانند ملکول آلینده‌ها را که در زمرة مواد آلی بحساب می‌آیند در صورت دارا بودن ترکیب مناسب (*Bioavailable*) مورد استفاده قرار دهند و تجزیه نمایند. در شرایط غیر اشباع که توسط زهکشها در خاک ایجاد می‌گردد بعلت وجود اکسیژن (*Electron Acceptor*) فراوان باکتریهای هوازی (*Aerobic Bacteria*) موجب تجزیه سریع آلینده‌های آلی خاک و کاهش آلودگی زهاب اراضی می‌گردد. در خاکهای اشباع در صورت عدم زهکشی بعلت کمبود اکسیژن تجزیه آلینده‌ها با سرعت کمتر انجام می‌گردد. در صورت راه یافتن این آبها به سایر نقاط موجب آلودگی بیشتر آنها می‌گردد (*Jebellie et al., 1999*). بنابراین زهکشی اراضی بگونه‌ای که شکل ۴ نشان می‌دهد از یک سو موجب بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک گردیده ولی از سوی دیگر انتقال نمکها و بقایای ترکیبات شیمیایی خاک به منابع آبهای پائین دست را نیز تشدید می‌نماید.

شکل ۴



۲- اثر زهکشی بر محیط طبیعی

محیط طبیعی شامل زیستگاههای گیاهی و جانوری بوده که تحت تاثیر طرحهای زهکشی قرار می‌گیرد.

گونه‌های گیاهی و جانوری اعم از وحشی و اهلی که در اراضی کشاورزی زیست می‌کنند تحت تاثیر انهرار زهکشی و اینویه مربوطه دستخوش تغیرات می‌گردند (Ochs and Bishay, ۱۹۹۲). احداث شبکه‌های زهکشی منجر به بر هم خوردن تعادل و ارتباط بین گونه‌ها و محیط طبیعی اطراف آنها می‌گردد. شبکه‌های زهکشی بطوری که در شکل ۵ درج گردیده موجب تغییر در رژیم آبی محیط اطراف زیستگاههای گیاهی و جانوری شده و با تخلیه آبهای اراضی باطلی و ماندابی آبخسخوارهای طبیعی جانوران را تحت تاثیر قرار می‌دهند. حرکت ماشین آلات در دوره‌های ساختمان و بهره برداری و نگهداری موجب حذف لانه و آشیانه پرندگان و سایر جانوران می‌گردد. انهرار زهکشی و اینویه مربوطه موجب قطع مسیر حرکت جانوران و محدود شدن قلمرو زیستی آنها می‌گردد. محدود شدن دامنه زیستی جانوران سبب کوچ و تقلیل تولید مثل آنها و در پاره‌ای موارد سبب انقراض نسل و تاثیرات منفی در تنوع گونه‌های (Biodiversity) منطقه می‌گردد (Le Moigne, ۱۹۹۲).

اثر زهکشی بر محیط طبیعی

- تغییر رژیم آبی در زیستگاه‌های گیاهی و جانوری
- حذف آب‌خوار حیوانات
- حذف لانه پرنده‌گان
- قطع مسیر و ارتباط حیوانات
- محدود کردن قلمرو زیستی حیوانات
- تاثیرات منفی در *Biodiversity*



شکل ۵

۳- اثر زهکشی بر محیط اقتصادی

مزروعه بعنوان یک واحد اقتصادی و مرکز تولید محصولات کشاورزی متشکل از محیط فیزیکی و محیط طبیعی بوده و توسط شبکه زهکشی متاثر می‌گردد. محیط فیزیکی با در بر داشتن منابع آب و خاک برای تولید محصولات زراعی و فرآورده‌های دائمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اثر اض محلال اجزای محیط‌های فیزیکی و طبیعی بدلیل افت محصول، مزرعه نیز به نوبه خود دچار صدمات اقتصادی می‌گردد (Ochs and Bishay, ۱۹۹۲). افت محصول و کاهش درآمد از عواقب نا مطلوب اض محلال اجزاء محیط‌های فیزیکی و طبیعی می‌باشد. اقتصاد خانوار روستایی که بر تولید محصول و فروش آن مبتنی است، با به خطر افتادن قابلیت تولید اجزاء محیط‌های فیزیکی و طبیعی دستخوش بی ثباتی خواهد شد. بطوریکه شکل ۶ نشان می‌دهد هر چند زهکشی در کوتاه مدت بعلت بهبود شرایط خاک و افزایش تولید از جنبه اقتصادی در اراضی بالادست دارای مزایای نسبی می‌باشد، اما در دراز مدت بدلیل تخلیه املاح معدنی و آلی موجب تقلیل کیفیت منابع آب و خاک در سایر اراضی پائین دست می‌گردد. نزول کیفیت منابع آب و خاک کاهش تولید محصول و کاهش درآمد در یک منطقه و استان را بدنبال خواهد داشت. البته زهاب شبکه‌های زهکشی علاوه بر حمل مواد آلی باعث انتقال مواد مغذی خاک نظیر نیترات‌ها و

فسفات ها (*Eutrophication*) و همچنین پاتوژنهای بیماریزا که در اثر پخش کودهای حیوانی و یا مصرف فاضلابها و پسآبها در سطح خاک پراکنده اند نیز می گردند (Anonymous, 1991).

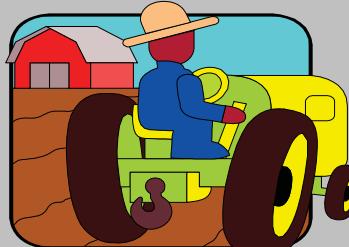
شکل ۶

اثرکوتاه مدت زهکشی بر محیط اقتصادی

- بهبود شرایط فیزیکی خاک
- افزایش محصول در مزرعه
- ازدیاد درآمد در مزرعه
- بهبود شرایط بهداشتی

اثردراز مدت زهکشی بر محیط اقتصادی

- نزول کیفیت منابع آب و خاک اراضی پانین دست
- اضمحلال منابع آب و خاک اراضی پانین دست
- کاهش محصول در منطقه
- کاهش درآمد در منطقه
- انتقال پاتوژنهای و مواد مغذی از نقطه ای به نقطه دیگر



۴- اثر زهکشی بر محیط اجتماعی

محیط اجتماعی متشکل از خانوار روستایی و روستا در اثر احداث شبکه های زهکشی تحت تاثیر قرار می گیرد. شبکه زهکشی همانگونه که شکل ۷ نشان می دهد در کوتاه مدت بدليل بهبود شرایط خاک و افزایش درآمد رفاه نسبی برای خانوار روستایی و اجتماعات روستایی ایجاد می نماید. اما در دراز مدت نزول کیفیت منابع آب و خاک باعث کاهش حاصلخیزی و رها شدن اراضی گردیده که این خود مقدمه کاهش اشتغالزایی در منطقه و فراهم شدن زمینه مهاجرت کشاورزان به شهرها میگردد.

اثرکوتاه مدت زهکشی بر محیط اجتماعی

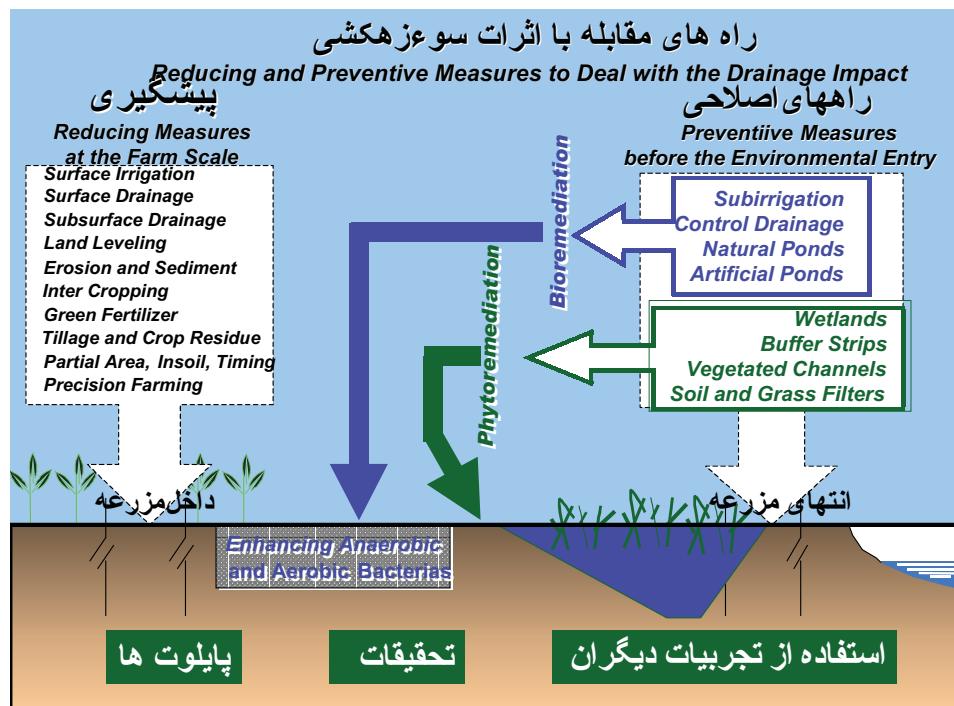
رفاه نسبی مؤقت

اثردراز مدت زهکشی بر محیط اجتماعی

- کاهش اشتغالزایی در منطقه
- فراهم شدن مقدمات مهاجرت کشاورزان



شکل ۷



شکل ۸

۵- راه های مقابله با اثرات سوء زهکشی

zechkshi در اجزاء مختلف محیط زیست یعنی محیط های فیزیکی، طبیعی، اقتصادی و اجتماعی اثر گذارده و در بهبود یا نزول کمی و کیفی اجزاء آن نقش تعیین کننده دارد. در هر مزرعه مجموعه عملیات کاشت، داشت و برداشت به سهم خود در بهبود و یا تقلیل کیفیت محیط های چهار گانه تاثیرات بسزایی دارد. با مدیریت عملیات کاشت، داشت و برداشت از جمله زهکشی در داخل هر مزرعه می توان همانگونه که شکل ۸ نمایش می دهد به پیشگیری (Reducing Measures) اثرات منفی زیست محیطی و تقویت جنبه های مثبت آن مبادرت نمود. قبل از خروج محصولات زراعی و زهآبها از مزرعه نیز می توان با اجرای بعضی راههای اصلاحی موجبات کاهش اثرات منفی در محیط زیست را فراهم نمود. در قالب مجموعه فعالیتهای Bioremediation و Phytoremediation می توان با اثرات سوء زهکشی مقابله نمود (جبی، ۱۳۷۹).

بعنوان مثال برای کنترل کیفیت پسآبها قبل از دفع آنها بطوریکه در شکل ۸ مندرج است می توان از روشهای آبیاری زیدزمینی (Subirrigation) و زهکشی کنترل شده (Control Drainage) (جبی، ۱۳۷۸)، استخرهای طبیعی (Natural Ponds)، استخراهای مصنوعی (Artificial Ponds)، حوضچه ها (Wetlands)، نوارهای سبز (Buffer Strips)، کانالهای سبز (Vegetated Channels)، فیلتر چمن (Grass Filter)، فیلتر خاک (Soil Filter) و حوضچه های تبخیری (Evaporation Ponds) استفاده نمود. البته راه های کاهش اثر زهآبها تنها به روشهای ذکر شده محدود نمی گردد بلکه می توان از روشهای فوق الذکر که بر تجربیات محققین سایر کشورها مبتنی می باشد عنوان الگو استفاده نمود و پس از انجام تحقیقات در مزارع آزمایشی (Pilot Projects) و مزارع از نتایج تحقیقات بصورت کاربردی استفاده نمود.

نتیجه گیری

زهکشی در اجزاء مختلف محیط زیست بشرح زیر اثر می‌گذارد:

- در محیط فیزیکی: ۱- بهبود شرایط فیزیکی خاک
- ۲- بهبود شرایط زیستی *Microorganisms*
- ۳- انتقال سریع نمک و بقایای ترکیبات شیمیایی
- در محیط طبیعی: ۱- تغییر رژیم آبی در زیستگاه‌های گیاهی و جانوری
- ۲- حذف آب‌سخوار حیوانات
- ۳- حذف لانه پرنده‌گان
- ۴- قطع مسیر و ارتباط حیوانات
- ۵- محدود کردن قلمرو زیستی حیوانات
- ۶- اثرات منفی بر *Biodiversity*



شکل ۹

۶- نتیجه گیری

زهکشی که با هدف بهبود شرایط فیزیکی خاک و کنترل شوری در اراضی کشاورزی احداث می‌گردد، بطوریکه در شکلهای ۹ و ۱۰ ملاحظه می‌گردد بشرح زیر در اجزاء مختلف محیط زیست اثر می‌گذارد.

زهکشی در محیط فیزیکی موجب بهبود فیزیکی خاک و بهبود شرایط زیستی باکتریهای هوایی گردیده ولی در ضمن سبب انتقال سریع آلاینده‌ها و نزول کیفیت منابع آب و خاک اراضی پائین دست می‌گردد. احداث انهرار و ابنيه زهکشی در محیط طبیعی سبب تغییر در رژیم آبی زیستگاه‌های گیاهی و جانوری گردیده، آب‌سخوارهای جانوران را دچار خشکی نموده، لانه سازی حیوانات را مختل ساخته، مسیر عبور حیوانات را قطع می‌نماید، قلمرو زیستی حیوانات را محدود کرده و بر تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری (*Biodiversity*) اثرات منفی می‌گذارد. محیط اقتصادی نیز به نوبه خود تحت تاثیر زهکشی قرار می‌گیرد. اثرات کوتاه مدت زهکشی بر محیط اقتصادی شامل افزایش محصول و افزایش درآمد زارعین می‌باشد. در صورت عدم مدیریتهای لازم محیط اقتصادی در دراز مدت دچار نزول و اضمحلال کیفیت منابع آب و خاک اراضی پائین دست گردیده و کاهش محصول و درآمد را بدنبال خواهد داشت.

ادامه نتیجه گیری

زهکشی در اجزاء مختلف محیط‌زیست بشرح زیراثر می‌گذارد:

در محیط اقتصادی: در کوتاه مدت

۱-افزایش محصول در مزرعه (مزرعه)

۲-ازدیاد درآمد زارع

در دراز مدت

۳-نزول کیفیت منابع آب و خاک اراضی پائین دست

۴-اض محلال منابع آب و خاک اراضی پائین دست

۵-کاهش محصول در منطقه

۶-کاهش درآمد در منطقه

- در محیط اجتماعی: در کوتاه مدت

۱-رفاه نسبی (روستا و ختوار)

در دراز مدت

۲-کاهش اشتغالزایی

۳-فرام شدن مقدمات مهاجرت کشاورزان



شكل ۱۰

محیط اجتماعی متشكل از روستا و خانوار های کشاورزان هر چند در کوتاه مدت در اراضی بالادست بدليل افزایش محصول و درآمد از رفاه نسبی بر خوردار می گردد، اما در دراز مدت در اراضی پائین دست به سبب نزول کیفیت منابع آب و خاک و کاهش محصول به مرور اشتغالزایی کاهش یافته و با ایجاد بی ثباتی در روستا مقدمات مهاجرت کشاورزان به شهرها فراهم می گردد. برای پرهیز از اثرات منفی زهکشی بر اجزاء محیط زیست در درجه اول باید دانش زیست محیطی کارشناسان و مدیران مربوطه افزایش یابد و در مراحل بعدی با گسترش امکان تحقیقات، اثرات زهکشی بر محیط زیست و راههای مقابله با آن مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

منابع

جلی، سید جلال. ۱۳۷۸ . رفع آلودگیهای آب و خاک بكمک موجودات ذره بینی (Bioremediatio) در مجموعه مقالات اولین سمپوزیم بین المللی مهندسی محیط زیست. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۲۹-۲۷ دیماه، صفحه ۶۷-۷۴.

جلی، سید جلال. ۱۳۷۹ . اثرات زیست محیطی روشهای زهکشی کنترل شده و آبیاری زیرزمینی. در فصلنامه شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس. دوره جدید شماره ششم . بهار، صفحه ۱۵-۱۷.

Anonymous ۱۹۹۱. Environmental assessment source book. Environment Department. Sectoral Guidelines. World Bank Technical Paper Number ۱۴۰ . Washington, D.C. USA. Pp. ۲۸۲.

Biswas, A.K. ۱۹۹۲ . Irrigation and environmental management: some major issues for developing countries In: Developing and improving irrigation and drainage systems. Ed by: G. Moigne, S. Barghouti and L.Garbus. World Bank Technical Paper Number ۱۷۸. Washington, D.C. USA. Pp. ۱۰۰-۱۶۱.

Dougherty, T.C. and A.W. Hall. ۱۹۹۵ . Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects. FAO irrigation and drainage paper ۰۳. Rome. Italy Pp. ۷۴.

Jebellie, S.J., S.O. Prasher and R.S. Clemente. ۱۹۹۹ . Effect of subirrigation on the mobility of atrazine. Transaction of ASAE. ۴۲(۲): ۳۹۱-۴۰۲.

Irwin, R.W. ۱۹۹۱ . Handbook of drainage principles. Ontario Ministry of Agriculture and Food. Publication ۷۳. Ontario. Canada. Pp. ۳۲

Ochs, W.J. and B. G. Bishay. ۱۹۹۲ . Drainage Guidelines. World Bank Technical Paper Number ۱۹۰. Washington, D.C. USA. Pp. ۱۸۶.

Mackay, D.M., P.V. Roberts and J.A. Cherry. ۱۹۸۵ . Transport of organic contaminants in groundwater. Enviro. Sci. Technol., ۱۹(۵): ۳۸۴-۳۹۳.

Le Moigne, G. ۱۹۹۲ . Comprehensive water resources management In: Developing and improving irrigation and drainage systems. Ed by: G. Moigne, S. Barghouti and L.Garbus. World Bank Technical Paper Number ۱۷۸. Washington, D.C. USA. Pp. ۵۷-۶۱.

Shakelford, C.D. ۱۹۹۳ . Contaminant transport. In: Geotechnical practice for waste disposal. Ed. By D.E. Daniel. Chapman & Hall, London. ۳۳-۶۰.

ملاحظات زیست محیطی در طراحی و مدیریت

شبکه‌های زهکشی

صمد در بندی^(۱)

چکیده:

معیارهای رایج طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی، کنترل شوری و پایین نگه داشتن سطح ایستابی (جهت تهویه محیط ریشه گیاه) هستند. رهاسازی زهآب‌های آلوده به نیترات‌ها، بقایای علفکش‌ها و آفتکش‌ها و عناصری مثل سلنیوم، بر، آرسنیک و انواع نمک‌ها، در محیط باعث به وجود آمدن مسائل جدی زیست محیطی شده است. در نتیجه، معیار دیگری تحت عنوان حفاظت از محیط زیست به معیارهای مرسوم افزوده شده است.

از این رو ضروری است معیارهای رایج طراحی و مدیریت به گونه‌ای بازنگری شوند که جنبه‌های زیست محیطی نیز در آنها گنجانده شود. مدیریت سیستم‌هایی که با معیارهای رایج طراحی شده‌اند و طراحی سیستم‌های زهکشی جدید باستی به گونه‌ای باشد که حجم زهآب‌ها و غلظت عناصر و نمک‌های موجود در آن به حداقل مقدار ممکن برسد. کاهش فاصله و عمق زهکش‌ها، مدیریت سطح ایستابی، جلوگیری از خروج زهآب‌ها در دوره‌های زمانی مشخص و مشخص کردن مناطقی که بیشترین سهم آلودگی را دارند، از جمله تمهداتی است که اهداف فوق الذکر را تا اندازه‌ای می‌تواند برآورده کند. در این مقاله ابتدا به برخی از اثرات سوء زهکشی بر روی کیفیت منابع آب پرداخته و سپس به روش‌های کنترل و کاهش این اثرات و نتایج به دست آمده از به کارگیری این روش‌ها توسط محققین در مناطق مختلف اشاره خواهد شد.

۱ - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز و عضو گروه کار «زهکشی» کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

در معیارهای متداول زهکشی، بطور عمدۀ به دو مسئله تهويه خاک و کنترل شوری توجه می‌شود. گرچه کنترل شوری، خود عاملی برای حفاظت از محیط‌زیست به حساب می‌آید، ولی در سال‌های اخیر به این مسئله پی‌برده شده است که کنترل شوری به تنها‌ی کافی نیست بلکه باید به میزان دفع رسوبات، عناصر کمیابی نظیر سلنیوم، بر، آرسنیک، فلزات سنگین، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، نیترات‌ها، فسفر و غیره نیز توجه شود. بنظر می‌رسد که توجه به کلیه موارد یاد شده، نیازمند معرفی معیارهای جدید طراحی برای زهکش‌های سطحی و زیرزمینی است.

امروز عملکرد گذشته مهندسین زهکشی در خشک‌بازین تالابها و تبدیل آن‌ها به اراضی متمرکشاورزی به زیر سؤال رفته و در برخی کشورها کوشش می‌شود که وضعیت آب و خاک به حالت طبیعی گذشته بازگردانده شود. در این راستا قوانینی وضع گردیده که دولت اعیانی احداث شده بر روی این اراضی را خریداری کند و تالابها و مردابها را بازسازی کند.

فرسایش و رسوب‌گذاری، یکی دیگر از عوامی تخریب محیط‌زیست به شمار می‌رود. این عوامل در درجه اول، به زهکشی سطحی باز می‌گردد و نقش زهکشی زیرزمینی در آن زیاد نیست. شاید بتوان گفت که زهکشی زیرزمینی با کاهش رواناب سطحی می‌تواند نقش مثبتی در کاهش میزان رسوب داشته باشد و از این روی، عاملی مثبت برای بهبود شرایط زیست‌محیطی تلقی شود.

دفع نیتروژن به صورت نیترات‌عاملی مرگبار است. نیتروژن زیاد به صورت نیتراتی موجب بیماری سرطان و برخی دیگر از بیماری‌ها می‌شود. ثابت شده است که هر چه زهکشی زیرزمینی ضعیفتر باشد، نیتروژن نیتراتی کمتری دفع می‌شود و بنابراین، زهکشی زیرزمینی عاملی منفی تلقی می‌گردد. از همین روزت که توصیه می‌شود که در بهره‌برداری از شبکه زهکشی زیرزمینی به این مسئله توجه بیشتری شود. ثابت شده است که چنانچه در موقع خاص و به ویژه پس از کوددهی، چنانچه زهکش‌ها بسته شده و اجازه داده نشود که زه‌آبی از آن خارج گردد، دنیتوفیکاسیون موجب کاهش خطرات زیست‌محیطی می‌شود. بنابراین با تمهداتی می‌توان عملکرد زهکشی زیرزمینی را بهبود بخشید.

دفع فسفر از خاک، به طور کلی موجب می‌شود که غلظت آن در محل تخلیه نهایی افزایش یابد و پدیدهای که به آن اصطلاحاً غنی‌سازی (Eutrophication) گفته می‌شود پیش بباید. تراکم بیش از حد فسفر باعث تشدید فرآیند غنی‌سازی گردیده و تعادل موجودات آبزی را بهم می‌زند. فسفر بیشتر به صورت معلق و توسط زهکش‌های سطحی منتقل می‌شود و راههایی برای کاهش دفع فسفر وجود دارد.

بقایای سوم نباتی نیز عامل مهم دیگری در ایجاد مشکلات زیست‌محیطی به شمار می‌رود. ثابت شده است که نقش زهکش‌های سطحی در دفع این مواد، بیش از زهکش‌های زیرزمینی است. حتی می‌توان گفت که زهکشی زیرزمینی با ایجاد تأخیر در دفع این مواد، عاملی پالاینده به شمار می‌رود و موجب کاهش خطرات

مربوط به آن می‌گردد.

از مجموعه آنچه گفته شد چنین برمی‌آید که نقش زهکشی سطحی در دفع آلاینده‌ها بیش از نقش زهکشی زیرزمینی است. از این رو بهبود راندمان آبیاری و کاستن از میزان رواناب سطحی می‌تواند عامل مهمی برای کاهش خطرات زیست‌محیطی به حساب آید.

در زهکشی زیرزمینی نیز راههایی برای کاستن از خطراتی که محیط‌زیست را تهدید می‌کند وجود دارد. یکی از این راه‌ها که می‌تواند در برخی از مناطق مؤثر واقع شود، کاستن از عمق زهکش‌هاست. گرچه که این امر موجب کاهش فاصله زهکش‌ها از یکدیگر می‌شود، ولی مسیر جریان را کوتاه می‌کند و از عمق آن می‌کاهد. در نتیجه، شستشوی کمتری در خاک صورت می‌گیرد و دفع آلاینده‌ها کاهش می‌یابد.

استفاده گیاه از سفره آب زیرزمینی نیز عامل مهم دیگری برای کاستن از خطرات زیست‌محیطی است. به‌طور کلی ثابت شده است که هر چه حجم رواناب و غلظت عوامل آلاینده در آن کاهش یابد. خطرات زیست‌محیطی نیز کم می‌شود. از این روی، باید به استفاده گیاه از آب زیرزمینی و یا آبیاری زیرزمینی محدود نیز بهای پیشتری داده شود.

۲- اثرات سوء زهکشی بر روی کیفیت منابع آب

کاربرد کودها و سموم نباتی باعث وارد شدن مقادیر زیادی مواد شیمیایی به اراضی کشاورزی می‌شود. وجود شبکه‌های زهکشی باعث می‌شود تا این مواد شیمیایی توسط زهآب‌های سطحی یا زیرزمینی از اراضی خارج شده و به منابع آب بپیوندد.

آلوده شدن منابع آب با کیفیت خوب به این مواد باعث بر هم زدن و به مخاطره افتادن بوم‌سازگان آبزی (Aquatic Ecosystems) شده و گاه مصرف آن را برای شرب غیرممکن می‌سازد.

۱-۲- اثرات زهکشی تالاب‌ها (Wetlands) بر بوم‌سازگان آنها

نظرافکار عمومی درباره زهکشی تالاب‌ها این بوده است که زهکشی باعث تبدیل این اراضی به مزارع قابل استفاده کشاورزی می‌گردد. اما اثرات زهکشی بر روی محیط زیست خصوصاً از نظر کیفیت آب تالاب‌ها امروزه به یک مسئله و مشکل اساسی تبدیل شده است. تالاب‌ها از نظر هیدرولوژی و بوم‌شناسی موجود (Ecological) بسیار سودمند هستند. تالاب‌ها را می‌توان به عنوان پالایشگاه بقایای مواد شیمیایی موجود در رواناب‌های سطحی و زهآب‌های اراضی کشاورزی قلمداد نمود. ریشه گیاهان و باکتری‌های موجود در تالاب‌ها باعث تجزیه این مواد آلاینده به ترکیبات بی‌ضرر می‌شود. زهکشی این اراضی باعث می‌شود که تالاب‌ها از فیلتر یا صافی تصفیه‌کننده آب به منبعی از آلودگی تبدیل شده و بوم‌سازگان آبی از بین بروند. تغییر گیاهان بومی این اراضی به گیاهان زراعی از طریق زهکشی موجب ایجاد خسارت‌های ناشی از

رسوب، افزایش مواد غذایی (مثل فسفر و ازت) و سموم نباتی می‌شود. لیکن این پدیده تنها به دلیل زهکشی به وجود نمی‌آید بلکه نتیجه افزودن موادغذایی به خاک، استفاده از آفتکش‌ها، روش‌های کشت‌وکار و غیره می‌باشد. با توجه به مطالب مذکور و در نتیجه آگاهی کنونی درباره ارزش و عملکرد تالاب‌ها، امروزه فشارهایی از نظر زیست محیطی در مورد نگهداری این اراضی به همان وضعیت طبیعی خود به وجود آمده، و در اکثر کشورهای جهان دیگر هیچ زمین مرطوب و تالابی برای کشاورزی زهکشی نمی‌گردد.

در آمریکا قانون امنیت غذایی (*Food Security Act*) از ۲۳ دسامبر ۱۹۸۵ هر گونه تغییر و دستکاری در رژیم هیدرولوژیکی تالاب‌ها جهت تولید محصولات کشاورزی را ممنوع کرده است. تلاش‌های آینده برای بهبود زهکشی احتمالاً تنها به مزارعی که قبلًا در آن کشاورزی نشده محدود خواهد شد.

۲-۲- زیان‌های ناشی از رسوبگذاری

اثرات جانبی فرسایش و رسوبگذاری مانند تأثیر روی کیفیت آب و نیز پایداری تولیدات کشاورزی از سال‌های دهه ۱۹۳۰ نگرانی‌هایی را به وجود آورده است. زیان‌های رسوبگذاری آب اراضی زراعی در وهله اول از طریق رواناب‌های سطحی و در مرحله بعد تا حدود کمی در اثر نفوذ آب از ناحیه پایین ریشه‌ها انجام می‌گیرد. بنابراین اثرات زهکشی زیرزمینی بر روی زیان‌های رسوبگذاری بستگی به چگونگی اثرات زهکشی بر روی هیدرولوژی منزوعه دارد. زهکشی زیرزمینی سرعت دفع رطوبت اضافی در پروفیل خاک (بیش از حد ظرفیت زراعی خاک *F.C*) در فاصله یک رگبار را افزایش می‌دهد. زهکشی زیرزمینی همچنین شدت و حجم رواناب سطحی را کاهش می‌دهد. بنابراین، از آنجا که فرسایش آبی بستگی به فرسایش‌پذیری خاک و ظرفیت جابجایی زهآب‌های سطحی دارد هر چه این زهآب‌ها کمتر گردد رسوبگذاری نیز کاهش می‌یابد. با عنایت به موارد مذکور، زیان‌های ناشی از رسوبگذاری در درجه اول مربوط به زهکشی سطحی است و نقش زهکشی زیرزمینی در آن چندان قابل توجه نیست.

۳-۲- دفع نیتروژن

آبشویی نیتروژن از اراضی کشاورزی توسط زهکش‌های سطحی و زیرزمینی و وارد کردن آن به داخل آب‌های سطحی از اواخر دهه ۱۹۶۰ نگرانی‌هایی در سطح دنیا به وجود آورده است (*Commoner, 1970*). نیتروژن اغلب باعث به مخاطره افتادن زندگی موجودات آبزی شده و تولیدات دریایی را محدود می‌نماید. مصرف آب‌های آلوده به *N*-*NO₃* (نیتروژن بصورت نیترات) ممکن است منجر به بیماری متموگلوبینمیا (*Methemoglobinemia*) در انسان و حیوان گردد. در اثر این بیماری، اکسیژن نمی‌تواند به هموگلوبین خون متصل شود و در نتیجه بیمار دچار مشکل می‌شود. علاوه بر این، ثابت شده است که نیترات‌ها عاملی سرطانزا هستند. سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (*USEPA*) حداقل مقدار مجاز *NO₃* را در آب آشامیدنی ۴۵ میلی‌گرم در لیتر یا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر *N*-*NO₃* تعیین نموده است.

زهکشی اثر زیادی بر روی دفع نیتروژن از زمین‌های زراعی به داخل آب‌های سطحی دارد. دفع نیتروژن از خاک‌های با زهکشی ضعیف عموماً بسیار کمتر از خاک‌های با سیستم‌های زهکشی توسعه یافته می‌باشد
(*Gambrell et al., 1975; Fogiel and Belcher, 1991*)

نیتروژنی که به وسیله زهآب‌های سطحی منتقل می‌شود، اغلب از نوع نیتروژن آلی است که با رسوبات آب می‌پیوندد (*Alberts et al., 1978*). بنابراین هر تمهدی که باعث کاهش رسوبگذاری شود، موجب کاهش تلفات نیتروژن آلی می‌گردد. به دلیل آن که کودهای نیتروژن معدنی به شدت در آب محلول می‌باشند، اولین آبیاری یا بارندگی باعث وارد شدن این کودها به داخل خاک می‌شوند، بنابراین رواناب‌های سطحی حتی بلافاصله پس از کودپاشی دارای مقادیر بسیار کمی نیتروژن معدنی هستند (*Dunigan et al., 1976; Romkens et al., 1973*)
جدول (۱) نشان داده شده است (*Gilliom and Skaggs, 1986*).

این اطلاعات مربوط به سه مزرعه در *Coastal plain* در کارولینای شمالی است که در آن نوع خاک و مدیریت مشابه بوده ولی سیستم‌های زهکشی متفاوت می‌باشند.

مزرعه اول دارای زهکش سطحی توسعه داده شده همراه با زهکش زیرزمینی ضعیف می‌باشد. مزرعه دوم دارای زهکش سطحی توسعه داده شده با زهکش زیرزمینی متوسط وجود یک لایه شن در عمق تقریبی یک متری است که این لایه شنی زهآب زیرزمینی را به نهرها وارد می‌نماید. مزرعه سوم با زهکشی سطحی همانند دو مزرعه قبل و زهکشی زیرزمینی خوب می‌باشد. مزرعه‌ای که فقط زهکش سطحی داشته به دلیل جابجایی بیشتر رسوبات، نیتروژن آلی بیشتری از دست می‌داد. اما به محض اینکه زهکشی زیرزمینی توسعه یافت افزایش دفع نیترات خیلی بیشتر از دفع نیتروژن آلی بود.

جدول ۱- اثر زهکشی زیرزمینی بر روی دفع *N* و *P* از سه مزرعه با خاک و مدیریت مشابه در کارولینای شمالی (*Gilliom and Skaggs, 1986*).

زهکشی زیرزمینی			
کیلوگرم در هکتار در سال			
خوب	متوسط	ضعیف	مواد غذایی
۳۲/۴	۱۵/۵	۳/۷	<i>No₃-N</i>
۴۲/۱	۲۰	۱۳/۶	کل نیتروژن
۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۵۳	کل فسفر

متأسفانه در ایران هیچگونه اندازهگیری در مورد نیترات موجود در زهآبها صورت نگرفته است. فقط سازمان آب منطقه‌ای گیلان در اراضی زیر سد سفیدرود به منظور ارزیابی کیفیت زهآب‌های سطحی شالیزارها جهت استفاده مجدد از آنها در این مورد اقداماتی انجام داده است که نتایج آن به دلیل ادامه مطالعات هنوز منتشر نشده است.

۴-۲- دفع فسفر

فسفر در اغلب موارد به عنوان یک عنصر غذایی مختل کننده تعادل غنی‌سازی (*Eutrophication*) در اکوسیستم‌های آب شیرین محسوب می‌گردد. اکوسیستم‌های مذکور فسفر را از مناطق شهری و کشاورزی مجاور خود دریافت می‌کنند. در سال‌های اخیر افزایش مصرف کود باعث شده فسفر حمل شده به این سیستم‌ها نیز افزایش یابد. جابجایی فسفر به دو حالت محلول و یا ذرات معلق صورت می‌گیرد. فسفر محلول از طریق زهکش‌های سطحی و زیرزمینی منتقل می‌شود در حالی که فسفر معلق (مواد رسوبی) تنها توسط رواناب‌های سطحی انتقال می‌یابد. فسفر محلول نه تنها در ترکیب با مواد رسوبی بلکه در ترکیب با مواد آلی موجود در رواناب‌های سطحی جابجا می‌شود. حداقل مقدار مجاز فسفر محلول و فسفر کل به ترتیب ۱۰ و ۲۰ میکروگرم در لیتر است. تراکم فسفر بیشتر از مقادیر فوق باعث تشدید فرآیند غنی‌سازی سیستم‌های آبزی می‌گردد (*Sharpley et al., 1987*). در جنوب فلوریدا و قوع فرآیند غنی‌سازی در دریاچه اکی چوبی (*Okeechobee*) به علت ورود مواد غذایی به ویژه فسفر از مناطق کشاورزی بسیار تشدید شده است (*Fedenco et al., 1978*). بخش اعظم این فسفر به صورت زهآب‌های خروجی از مزارع دامداری به دریاچه منتقل شده است. تخلیه زیاد فسفر از مزارع یاد شده از ظرفیت ضعیف جذب فسفر در خاک این مزارع که اسپود و سول شنی (*Sandy Spodosol*) می‌باشد ناشی می‌گردد.

در اکثر خاک‌های معدنی با نفوذ عمقی پایین، انتقال فسفر معمولاً به وسیله رواناب‌های سطحی صورت می‌پذیرد در حالی که دفع فسفر در خاک‌های لومی شنی نظیر خاک رده اسپودو سول در ایالت فلوریدا عمده‌اً از طریق جریانات زیرزمینی اتفاق می‌افتد. در مزارعی با خاک‌های معدنی که به زهکش‌های عمقی مجهر شده‌اند دفع فسفر توسط محققین متعددی تأیید و گزارش شده است (*Baker et al., 1975; Hergent et al., 1981*). میزان غلظت فسفر در این زهکش‌ها بین ۰/۰۴ تا ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر که معادل ۳/۰ تا ۵/۰ کیلوگرم فسفر در هکتار است اندازه‌گیری شده است.

۱- غنی‌سازی پدیده‌ای است که در آن به سبب تجمع مواد غذایی در آب، گیاهان آبزی رشد بیش از حد کرده و تعادل اکوسیستم آبی را به هم می‌زنند.

۵-۲- دفع سموم نباتی

تجمع سموم نباتی در جریانات سطحی معمولاً بسیار بیشتر از مقداری است که از طریق شستشوی خاک خارج می‌شود. علاوه بر آن بالا بودن میزان نفوذپذیری در ابتدای وقوع سیلابها باعث تأخیر در ظهور رواناب‌ها شده و در نتیجه تجمع سموم نباتی را در خاک سطحی و به دنبال آن در رواناب‌های حاصله به ویژه اولین رواناب پس از کاربرد سموم نباتی که بیشترین دفع را به همراه دارد کاهش خواهد داد. بنابراین اثر زهکشی عمیقی بر دفع سموم نباتی همانند دفع رسوبات عمدتاً بستگی به تأثیر زهکشی زیرزمینی در هیدرولوژی مزرعه دارد.

مطالعه‌ای که توسط بنگستون، سوسویک و همکاران (*Southwick et al., 1990 a,b; Bengtson et al., 1990*) بر روی خاک‌های آبرفتی تقریباً مسطح دره پایین می‌سی‌سی‌پی انجام گرفته نحوه تأثیرگذاری فوق را بر روی سم آترازین (*Atrazine*) و متولاکلر (*Metolachlor*) نشان می‌دهد. نتایج مطالعات آنها نشان داد که اثر هیدرولوژیکی زهکش زیرزمینی باعث کاهش رواناب‌های سطحی به میزان ۳۷ درصد در مدت یک ماه پس از کاربرد علفکش‌ها و برای طول دوره رشد به میزان ۳۸ درصد شد. تجمع علفکش‌ها در حداقل مقدار خود در دوازده روز پس از بکارگیری سم در اولین رواناب اتفاق افتاد. بدین صورت که افزایش نفوذپذیری حاصله از زهکش زیرزمینی باعث کاهش آترازین و متولاکلر به ترتیب به میزان ۳۹ و ۳۷ درصد در رواناب شد. کاهش رواناب باعث تجمع کمتر سم و در نتیجه تقلیل روند دفع سموم از طریق رواناب‌ها در اوایل سال شد. آترازین و متولاکلر دفع شده در شرایط حضور زهکش زیرزمینی به ترتیب ۵۷ و ۵۸ درصد کاهش داشته است. بنابراین می‌توان اثرات کلی زهکش‌های عمیقی را در کاهش درصد دفع و میانگین غلظت در کل زهآبهای حدائق به میزان ۵۰ درصد در نظر گرفت.

نتایج مطالعات کلادیوکو و همکاران (*Kladivko et al., 1990*) در زمینه اثر فواصل زهکش‌ها بر روی دفع سموم نباتی نشان می‌دهد که کل سم جابجا شده به وسیله زهکش‌های عمیقی با فاصله ۵ متر بیشترین و با فاصله ۲۰ متر کمترین می‌باشد. بخشی از این تفاوت به علت این است که زهکش‌های با فاصله ۵ متری حداقل دو برابر زهکش‌های با فواصل بیست متری آب جابجا می‌کنند. همچنین طول زیاد مسیر حرکت در زهکش‌های با فواصل بیشتر اجازه می‌دهد که سموم نباتی به طور کامل تجزیه و متلاشی گشته و در نتیجه، اندازه‌گیری مقدار کمتری را نشان دهد.

۶-۲- سهم زهآب‌های سطحی و زیرزمینی در دفع مواد آلاینده

برای رسیدن به تولیدات کشاورزی بیشتر، ترکیب‌های مختلفی از زهکشی سطحی و یا زیرزمینی به کار گرفته می‌شود. همانگونه که اشاره شد به طور کلی هر چقدر زهکش زیرزمینی بهتر باشد، زهآب‌های سطحی

کمتری به وجود خواهد آمد (Baker and Johnson, 1977; Skaggs et al., 1980)

زهآب‌های سطحی معمولاً حاوی مقادیر بسیار زیادتری رسوبات، فسفر و سموم نباتی نسبت به زهآب خروجی از لوله‌های زهکشی زیرزمینی هستند. کاستن از رواناب‌های سطحی از طریق بهبود سیستم زهکشی زیرزمینی باعث کاهش میزان دفع این آلاینده‌های بالقوه می‌شود. از طرفی بهبود زهکشی زیرزمینی معمولاً مقادیر زیادی از N_{O3} را وارد آب‌های سطحی می‌کند و بدین ترتیب وجود تعادل بین زهآب‌های سطحی و زیرزمینی اثر بزرگی بر دفع آلووده‌کننده‌ها از طریق زهآب‌ها دارد. اثرات بهبود زهکشی زیرزمینی در دفع ازت و فسفر در جدول (۱) نشان داده شده است.

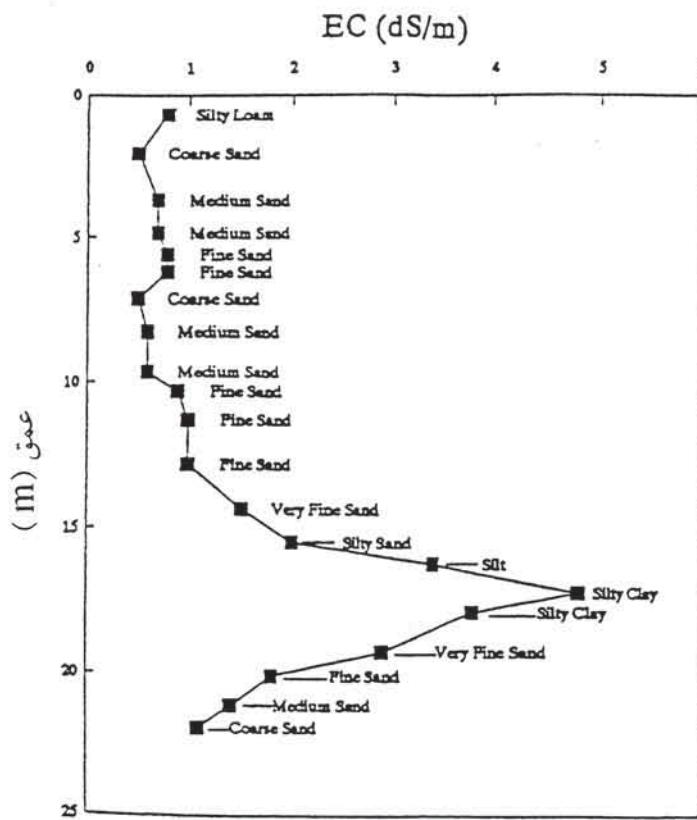
۳- روش‌های کنترل و کاهش اثرات زهکشی بر کیفیت منابع آب

۳-۱- کاهش فاصله و عمق زهکش‌ها

با افزایش عمق زهکش‌ها، طول و عمق مسیر خطوط جريان نیز افزایش می‌یابد. زهکش‌های عمقی آب‌هایی را جمع‌آوری می‌کنند که برای سالیان طولانی در لایه آبدار باقی‌مانده‌اند، و یا مربوط به نواحی خارج از مرزهای مزرعه در حال زهکشی هستند. در مناطق خشک که گاه کیفیت آب زیرزمینی با افزایش عمق تنزل پیدا می‌کند، این مسئله باعث جابجا شدن آب زیرزمینی با قدمت طولانی و با کیفیتی نازل به زهکش‌ها می‌شود. در شکل (۱)، توزیع ECe (عصاره اشباع خاک) برای ۱۵ لایه متناوب $1/5$ متری عمق خاک در نیمرخ خاکی در شهر فالون (Fallon) ایالت نوادا (Nevada) نشان داده شده است. مقدار ECe در زیر عمق ۱۵ متری به تندی افزایش می‌یابد.

و این در جایی است که بافت خاک به یک بافت ریزتر تغییر یافته و معرف یک لایه افقی غیر قابل نفوذ است. هر گاه مسیرهای عمیق‌تر خطوط جريان در زهکش‌های عمیق با فاصله زیاد از نواحی بسیار شور عبور کنند، نمک‌های موجود در این نواحی را به سمت زهکش‌ها انتقال خواهند داد.

دورال و فیو (Deveral and Fio 1990) در یکی از مطالعات خود مشاهده کرده‌اند که وقتی زهکش‌ها در عمق $1/8$ متری نصب شوند، ۳۰ درصد از جریان وارد به داخل آنها از آب زیرزمینی خواهد بود و اگر عمق نصب به $2/6$ متری برسد، این میزان 60 درصد خواهد شد. همچنین شوری زهآب‌های خارج شده از زهکش‌هایی که در عمق ۲ متری نصب شده‌اند بیش از شوری زهآب‌های خارج شده از زهکش‌هایی است که در عمق $1/7$ متری هستند.



شکل ۱ - توزیع عمودی هدایت الکتریکی و بافت خاک (Mathis and Guitjens 1995)

۱۳-۱-۱- بازنگری در معيارهای طراحی زهکش‌های زیرزمینی

معیارهای سازمان احیاء اراضی ایالات متحده (USBR) جهت طراحی زهکش‌های زیرزمینی در اکثر مناطق خشک به طور گستردگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کتاب راهنمای زهکشی ارائه شده توسط این سازمان (Drainage Manual 1993) جزئیات طراحی، از مطالعات ضخراوی تا نصب زهکش‌ها آورده شده است. بر اساس توصیه این سازمان، حداقل عمق سطح ایستابی بین دو زهکش بایستی $1/1$ تا $1/5$ متر باشد. همچنین عمق کارگذاری زهکش‌ها با در نظر گرفتن هزینه‌های سیستم و فاصله زهکش‌ها $2/4$ متر پیشنهاد شده است.

کارگذاری زهکش‌ها در عمق بیشتر باعث افزایش فاصله زهکش‌ها و در نتیجه در بسیاری موارد موجب کاهش هزینه‌های سیستم خواهد شد. از طرف دیگر، زهکش‌های عمیق‌تر و با فاصله زیادتر، مسیر خطوط جریان را عمیق‌تر کرده و در نتیجه آب زیرزمینی بیشتری که کیفیت پایینی دارد به داخل زهکش‌ها انتقال خواهد داد. بنابراین می‌بینیم که USBR در پیشنهادات خود به مسئله کیفیت آب نپرداخته است. آیارس و گریسمر (Ayars and Grismer, 1997) جهت ملاحظه داشتن مسئله کیفیت آب، معیارهای

USBR را مورد بازنگری قرار داده و پیشنهاد اصلاحی ارائه کرده‌اند. آنها پیشنهاد کرده‌اند که عمق سطح ایستابی در وسط دوزهکش از ۱/۱-۱/۵ متری، در تمامی حالات به حدود ۰/۹ متری کاهش یابد. این تغییر در عمق تثبیت سطح ایستابی می‌تواند با نصب زهکش‌های عمق‌کمتر و با فاصله کمتر تحقق یابد. در صورتی که کیفیت آب زیرزمینی برای گیاه مناسب باشد، گیاه می‌تواند از این آب استفاده کند.

آیارس و مکورتر (Ayars and Mcwhorter 1985) گزارش نموده‌اند، وقتی در طراحی زهکش‌ها استفاده گیاه از سفره آب زیرزمینی کم‌عمق در نظر گرفته شود تقریباً ۶۰ درصد از حجم زه‌آب‌ها کاسته می‌شود. نتایج تحقیقات رُدز (Rhoades 1984) نشان می‌دهد که آستانه مقاومت گیاهان در برابر شوری بویژه بعد از جوانه‌زنی آنچه که سابقاً در منابع علمی آورده شده است بیشتر است. بنابراین، اغلب گیاه می‌تواند از آب زیرزمینی کم‌عمق با کیفیت پایین نیز استفاده نماید.

در کنار مسائل فوق‌الذکر، مدیریت سیستم آبیاری را نیز نباید فراموش کرد. بهبود راندمان‌های آبیاری باعث توزیع یکنواخت‌تر آب در سطح مزرعه و کاهش تلفات نفوذ عمقی، در نتیجه کاهش حجم زه‌آب خواهد گردید و کاهش حجم زه‌آب‌ها عموماً با کاهش آلودگی همراه است. تجربه دره گراند (Grand Valley) مثال خوبی در این زمینه می‌باشد. این دره که در کلرادو غربی واقع است، نقش اساسی در تخلیه نمک‌ها به رودخانه کلرادو دارد. بر اساس یک تخمین $10^5 \times 35 \times 6/10^7$ تن نمک در هر سال وارد رودخانه کلرادو می‌گردد. از آنجایی که کنترل آب در داخل مزرعه به صورت ضعیف صورت می‌گیرد مشخص گردیده است که برنامه‌ریزی صحیح آبیاری می‌تواند به عنوان بخش مهمی از مدیریت آب در داخل مزرعه موجب کاهش شوری زدآب‌ها باشد (Taylor, 1974). مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفت نشان داد که جهت به حداقل رساندن تلفات نفوذ عمقی (کاهش بار نمک) بایستی سعی گردد تا راندمان کاربرد آب افزایش یابد.

۱۴-۱-۲- بروزی وسیله‌های طراحی زهکش‌های زیرزمینی و مسئله کیفیت آب

در طراحی عمق و فاصله زهکش‌ها، بایستی شبکه جریان تجزیه و تحلیل شده و مسیرهای واقعی خطوط جریان آب به سمت زهکش‌ها و انتقال املاح و نیز سهم هر کدام از لایه‌های زیرزمین در جریان تعیین گردد. روش هوخهات که برای طرح‌های زهکشی مورد استفاده قرار گرفته و معادله اصلی طراحی در مدل DRAINMOD می‌باشد، فارغ از مسیر خطوط جریان است.

در مدل MODFLOW معادله زیر با روش تفاضلهای محدود حل شده است:

$$\frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial h}{\partial y}) - W = S_e \frac{\partial h}{\partial t}$$

که در آن:

$$(m \cdot day^{-1}) = K_x k_y$$

$$= h \text{ بار آبی (} m \text{)}$$

$$= W \text{ تغذیه یا تخلیه آب (} day^{-1} \text{)}$$

$$= S_s \text{ ضریب ذخیره ویژه (} m^{-1} \text{)}$$

با استفاده از این مدل، مسیر خطوط جریان شبیه‌سازی می‌گردد. فیو و دورال (*Fio and deveral 1991*) مدل *MODFLOW* را برای نشان دادن مسیرهای جریان به زهکش‌هایی که در عمق ۱/۸ و ۲/۷ متری نصب شده بودند به کار برداشت و نشان دادند که با افزایش عمق زهکش‌ها، عمق مسیر خطوط جریان نیز افزایش می‌یابد.

مدل *SWMS-2D* نیز می‌تواند برای شبیه‌سازی مسیر خطوط جریان و انتقال املاح به کار رود. این مدل از یک جریان دو بعدی جامع و مدل انتقال املاح محلول استفاده می‌کند.

۳-۱-۳- یک مثال از طرح شبکه زهکشی زیرزمینی با روش پیشنهادی
فاصله و عمق زهکش‌ها در دو خاک لوم رسی (*CL*) و لوم شنی (*SL*), بر اساس داده‌های اقلیمی یکساله قسمت غربی دره سان جواکوئین و یک برنامه‌ریزی معمول آبیاری که برای کشت پنبه در این خاک‌ها به کار می‌رود توسط آیارز و گریسمر (*Ayars and Grismer 1997*) محاسبه شده و در جدول (۲) آورده شده است. دو برنامه‌ریزی آبیاری متفاوت در نظر گرفته شده است. اولی با فرض این که گیاه از آب زیرزمینی استفاده می‌کند (*GWC*) و دومی با فرض عدم استفاده گیاه از آب زیرزمینی (*NO GWC*). در هر دو برنامه‌ریزی، راندمان آبیاری ۶۰ و ۸۰ درصد فرض شده است. همانگونه که از جدول (۲) مشخص است، بهبود راندمان آبیاری به طور معنی‌داری بر روی فاصله زهکش‌ها و در نتیجه کاهش جریان زه‌آب‌ها مؤثر می‌باشد. همچنین در حالت *GWC* که گیاه از آب زیرزمینی استفاده می‌کند، فاصله زهکش‌ها نسبت به حالت *NO GWC* بیشتر می‌باشد. در این جدول بر اساس معیارهای *USBR*, برای روش طراحی رایج عمق زهکش‌ها ۲/۴ متر و عمق سطح ایستابی ۱/۲ متر در نظر گرفته شده است. با توجه به افزایش هزینه‌های نصب با عمق، روش پیشنهادی ممکن است بیشتر از روش *USBR* مقرن به صرفه باشد.

به منظور بررسی اثر راندمان آبیاری، فاصله و عمق زهکش‌ها بر روی کیفیت آب، دو حالت که در آن فاصله زهکش‌ها با روش پیشنهادی در خاک *CL* محاسبه شده بود و یک حالت که فاصله زهکش‌ها با روش رایج محاسبه شده بود، انتخاب و با یکدیگر مقایسه گردید. طرح‌های انتخاب شده به صورت زیر بودند:

- A- فاصله زهکش‌ها ۲۹۹ متر، عمق زهکش‌ها ۲/۴ متر، عمق سطح ایستابی ۱/۲ متر، راندمان آبیاری ۶۰ درصد
- B- فاصله زهکش‌ها ۳۲۰ متر، عمق زهکش‌ها ۱/۵ متر، عمق سطح ایستابی ۰/۹ متر، راندمان آبیاری ۸۰ درصد
- C- فاصله زهکش‌ها ۱۶۰ متر، عمق زهکش‌ها ۱/۵ متر، عمق سطح ایستابی ۰/۹ متر، راندمان آبیاری ۶۰ درصد

جدول ۲- خلاصه نتایج محاسبات فاصله و عمق زهکش‌ها با استفاده از روش

طراحی رایج و روش پیشنهادی

عمق زهکش (m)	عمق سطح ایستابی (m)	بافت خاک	فاصله زهکش‌ها (GWC) (m)		فاصله زهکش‌ها (No GWC) (m)	
			راندمان آبیاری	راندمان آبیاری	راندمان آبیاری	راندمان آبیاری
۱/۵	۰/۹	لوم رسی	۳۱۷	۳۴۱	۱۶۰	۳۲۰
۱/۸	۰/۹	لوم رسی	۴۴۵	۵۷۳	۲۲۸	۴۴۷
۲/۴	۰/۹	لوم رسی	۶۳۰	۸۳۳	۳۸۰	۶۲۵
۲/۴	۱/۲	لوم رسی	۵۴۳	۷۰۷	۲۹۹	۵۴۲
۱/۵	۰/۹	لوم شنی	۴۹۵	۶۳۸	۲۸۵	۴۶۸
۱/۸	۰/۹	لوم شنی	۷۰۹	۹۲۶	۴۰۱	۶۴۲
۲/۴	۰/۹	لوم شنی	۹۹۴	۱۳۸۱	۶۰۰	۸۹۰
۲/۴	۱/۲	لوم شنی	۸۶۱	۱۱۶۸	۴۹۹	۷۷۳

جهت تحلیل جریان به طرف زهکش‌ها در حالت غیرماندگار برای مشخص نمودن این که هر کدام از لایه‌های خاک چه سهمی در جریان دارند از مدل SWMS-2D که توسط سیمونک و همکاران (Simunek et.al.1996) ابداع شده است استفاده گردید. نتایج حاصله در جدول (۳) آورده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که ضمن کاهش عمق زهکش‌ها از ۲/۴ به ۱/۵ متری، درصد جریان از لایه ۱/۲ متری سطح زمین در هر دو راندمان ۶۰ و ۸۰ درصد، افزایش می‌یابد. برای فواصل ۲۹۹ و ۳۲۰ متری با کاهش عمق زهکش‌ها و افزایش راندمان آبیاری آب بیشتری از عمق ۰- سانتیمتری به سمت زهکش‌ها جریان پیدا می‌کند.

جدول ۳- درصد جریان به سمت زهکش‌ها از هر کدام از لایه‌های خاک در سه طرح C, B, A

لایه	طرح A	طرح B	طرح C
۰-۳۰	۱۸/	۲۳/۹	۲۱/۷
۳۰-۶۰	۱۶/۲	۲۰/۷	۲۰/۰
۶۰-۹۰	۱۴/۰	۱۵/۱	۱۵/۶
۹۰-۱۲۰	۱۲/۲	۱۰/۳	۱۴/۴
۱۲۰-۱۵۰	۱۴/۶	۸/۸	۱۵/۵
۱۵۰-۱۸۰	۱۵/۸	۱۰/۲	۱۰/۶
درصد جریان ۰-۱۲۰	۶۱/۴	۷۰/۷	۷۱/۷
درصد جریان ۱۲۰-۳۰۰	۳۸/۶	۲۹/۳	۲۸/۳

به منظور تعیین EC نهایی زهآب در هر سه طرح، مقدار EC هر لایه و نیز میزان جریان از هر کدام از لایه‌ها محاسبه شده است. مقدار EC لایه‌های خاک از پروفیل شوری خاک که از $5ds/m^0$ در سطح خاک شروع شده و به $4/7ds/m^4$ در عمق $2/4$ متری می‌رسد استخراج شده است. نتایج نشان می‌دهد که EC متوسط زهآب‌های طرح A برابر $1/7ds/m$ ، طرح B برابر $1/6ds/m$ و طرح C برابر $1/5ds/m$ می‌باشد، که نشان می‌دهد با کاهش عمق و فاصله زهکش‌ها مقدار شوری زهآب‌ها کاهش می‌یابد. البته لازم به توضیح است که EC به تنها بیان‌کننده کیفیت زهآب‌ها نمی‌باشد و بایستی کل بار نمکها (*Total salt load*) محاسبه شود (غلظت نمکها ضربدر دبی). با ادامه بررسی‌ها مشخص می‌شود که بیشترین مقدار بار نمک در سیستم A سپس سیستم C و کمترین مقدار در سیستم B می‌باشد.

به طور کلی نتایج این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با کاهش عمق زهکش‌ها جریان از نواحی کم عمق‌تر خاک صورت می‌گیرد که آب این نواحی شوری کمتری دارد.

با ثابت ماندن فاصله زهکش‌ها، افزایش راندمان آبیاری باعث کاهش حجم زهآب‌ها و همچنین کاهش عمق زهکش‌ها و مقدار EC خواهد شد. همچنین نتایج نشان می‌دهد کاهش عمق زهکش‌ها مقدار بار املاح را کاهش خواهد داد حتی اگر راندمان آبیاری بهبود نیابد.

۲-۳- مدیریت سطح ایستابی (zecheshi kontroll شده) جهت کنترل غلظت نیترات‌ها

با انجام زهکشی زیرزمینی آبشویی نیترات و در نتیجه آلودگی آب‌های سطحی افزایش می‌یابد. زیرا وقتی جریان آب از خاک افزایش می‌یابد، نیترات به دلیل حلالیت زیاد همراه زهآب‌ها وارد محیط می‌گردد. در ۲۵ سال گذشته آبشویی N_{03-N} از اراضی کشاورزی باعث به خطر افتادن سلامتی انسان و دیگر موجودات زنده و آلودگی محیط زیست شده است. بنابراین ضروری است از طریق راهکارهای مدیریتی آب و خاک، مقدار تلفات

آبشویی No_3-N را به حداقل مقدار رسانده و راندمان جذب ازت را افزایش داد. در این زمینه تحقیقی توسط مجبی و همکاران (Mejia et al. 1998) در طول سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ در یک مزرعه تحقیقاتی به وسعت ۳/۵ هکتار که تحت کشت ذرت بوده به عمل آمده است. عمق زهکش‌ها ۱ متر و فاصله آنها ۱۸/۳ متر بود. آنها سه تیمار در نظر گرفته‌اند: تیمار اول تثبیت سطح ایستابی در ۵۰ سانتی‌متری، تیمار دوم تثبیت سطح ایستابی در ۷۵ سانتی‌متری و تیمار سوم زهکشی به طور آزادانه یعنی بدون تثبیت سطح ایستابی در عمق موردنظر بود. همچنین در تیمارهای اول و دوم، آبیاری زیرزمینی یعنی استفاده گیاه از سفره آب زیرزمینی کم‌عمق در نظر گرفته شده بود.

در جدول (۴) نتایج میزان متوسط غلظت No_3-N و همچنین درصد نمونه‌هایی که بیش از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر No_3-N دارند در دو سال (۱۹۹۵ و ۱۹۹۶) نشان داده شده است. چون $10\ mg/l$ حداکثر مقدار مجاز No_3-N در آب آشامیدنی است بنابراین از این معیار استفاده شده است.

جدول ۴- مقایسه غلظت No_3-N در تیمارهای مختلف در دو سال (Mejia et al. 1998)

	۱۹۹۵		۱۹۹۶	
نوع تیمار	درصد نمونه‌های $10\ mg/l$ بیش از	متوسط غلظت $No_3-N\ (mg/l)$	درصد نمونه‌های $10\ mg/l$ بیش از	متوسط غلظت $No_3-N\ (mg/l)$
عمق سطح ایستابی در ۵۰ سانتی‌متری	۱۵	۱/۷	۱۰	۴/۵
عمق سطح ایستابی در ۷۵ سانتی‌متری	۷	۲/۴	۱۰	۵/۶
zechesh آزاد و بدون کنترل	۴۱	۱۰/۵	۷۰	۱۱/۶

با توجه به جدول (۴)، غلظت No_3-N در زه‌آبها در حالت کنترل و مدیریت سطح ایستابی نسبت به حالت زهکشی آزاد کاهش یافته است که نشانگر دی‌نیتریفیکاسیون این ماده می‌باشد. از طرفی کنترل سطح ایستابی نه تنها باعث بهبود کیفیت زه‌آبها شده است، بلکه به دلیل آبیاری زیرزمینی، حجم زه‌آبها نیز کاهش یافته است. بنابراین از طریق کنترل سطح ایستابی، می‌توان کیفیت زه‌آبها را بهبود بخشدیده و علاوه بر جلوگیری از آلودگی، منافع اقتصادی از طریق افزایش راندمان مصرف ازت عاید کرد.

کنترل و مدیریت سطح ایستابی علاوه بر کاهش غلظت No_3-N باعث می‌شود دیگر مواد شیمیایی مثل PO_4-P (فسفر به صورت فسفات) و سموم نباتی توسط باکتری‌های خاک طی فعالیت‌های بیولوژیکی به ترکیبات بی‌ضرر تبدیل گردند (Jebelli and Parsher, 1999). علاوه‌نمودان به کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توانند به منبع شماره (۱) مراجعه نمایند.

بلچر و فوگیل (Belcher and Fogiel, 1991) در کارولینای شمالی مقدار کاهش غلظت PO_4-P را در حالت زهکشی کنترل شده نسبت به زهکشی زیرزمینی آزاد و بدون کنترل ۱۱ درصد گزارش نموده‌اند. بدین ترتیب مدیریت سطح ایستابی به عنوان بهترین اقدام مدیریتی در کارولینای شمالی شناخته شده است.

۳-۳- جلوگیری از خروج زهآب‌ها در دوره‌های زمانی خاص

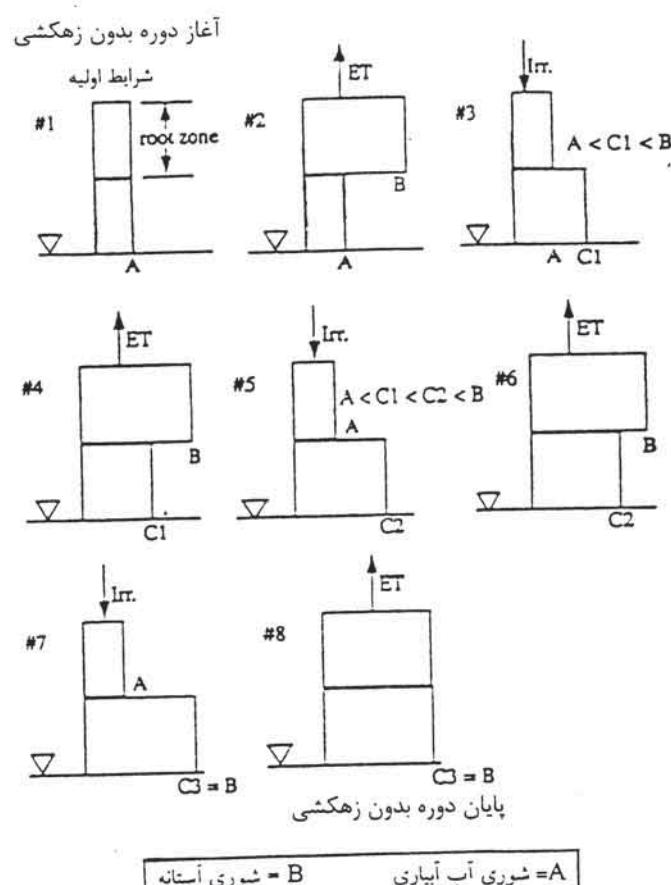
در برخی مناطق با متوقف نمودن خروج زهآب‌ها در دوره‌ها زمانی خاص می‌توان نوسانات سطح ایستابی و شوری خاک در ناحیه ریشه‌ها را کنترل کرد. این امر در صورتی امکان‌پذیر است که آب آبیاری از کیفیت خوبی برخوردار بوده و همچنین گیاه قادر باشد از آب زیرزمینی استفاده نماید. استفاده گیاه از آب زیرزمینی که همان آبیاری زیرزمینی می‌باشد، باعث موثر واقع شدن آبیاری و در حقیقت افزایش راندمان می‌شود. اگر سیستم آبیاری بر این اساس برنامه‌ریزی گردد، فواصل آبیاری و تعداد آبیاری کاهش می‌یابد و در نتیجه از حجم زهآبها کاسته می‌شود. در این حالت در دوره‌های زمانی خاص می‌توان با مسدود نمودن زهکشها از زهکشی جلوگیری نمود که «دوره بدون زهکشی» (No Drainage Cycle) نامیده می‌شود. در این دوره، گیاه آب مورد نیاز خود را از آب زیرزمینی تأمین می‌نماید و آبیاری فقط به منظور کنترل شوری در ناحیه ریشه‌ها صورت می‌گیرد. در شکل (۲) دوره بدون زهکشی به طور شماتیک نشان داده شده است.

در شروع دوره (مرحله ۱)، شوری ناحیه ریشه و پایین‌تر از آن تا عمق سطح ایستابی یکسان بوده و تقریباً برابر شوری آب آبیاری با کیفیت خوب می‌باشد. با گذشت زمان و تبخیر و تعرق گیاه، مقدار شوری ناحیه ریشه به حد آستانه مجاز می‌رسد (مرحله ۲). سپس جهت کاهش شوری، آبیاری صورت می‌گیرد تا مقدار شوری منطقه ریشه‌ها به مقدار اولیه یعنی شوری آب آبیاری برسد. این کار باعث می‌شود تا نمکها به قسمت پایین‌تر انتقال یابند (مرحله ۳). این مراحل دوباره تکرار شده تا این که نهایتاً شوری در منطقه توسعه ریشه‌ها و پایین‌تر از آن به حد آستانه‌ای برسد (مرحله ۸). این مرحله انتهای دوره بدون زهکشی است. سپس مجرای زهکشها باز می‌گردد و «دوره زهکشی» (Drainage Cycle) شروع می‌شود. هدف از این دوره آبشویی مؤثر نمکهای تجمع یافته در منطقه توسعه ریشه‌ها و پایین‌تر از آن می‌باشد.

با اتخاذ این روش، حجم آب و نمک واردہ به سیستم زهکشی کاهش می‌یابد. همچنین در یک دوره زمانی

طولانی از خروج زهآبها جلوگیری می‌شود. بنابراین می‌توان در یک زمان مناسب زهآبها را در محیط رها نمود (دوره زهکشی).

منگورا و همکاران (Manguera et al. 1997) با استفاده از یک مدل که بر اساس حل معادله حاکم بر جریان آب و املاح در هر دو محیط اشباع و غیراشباع با روش تفاضل‌های محدود، عمل می‌نمود شرایط یک مزرعه با دوره‌های «بدون زهکشی» و «با زهکشی» را شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی کامپیوتروی آنان



شكل ۲- تغییرات شوری ناحیه ریشه در اثر آبیاری و تبخیر و تعرق در طول دوره بدون زهکشی

نشان داد که با استفاده از این روش مدیریتی، حجم زهآب‌هادر حدود ۵۰-۵۸ درصد و مقدار نمکها ۱۵-۲۹ درصد نسبت به سیستم‌های رایج کاهش می‌یابد.

۴-۳- مشخص کردن مناطقی که بیشترین سهم آلودگی را دارند

زهآب‌های موجود در زهکش اصلی شامل زهآب قسمت‌های مختلف منطقه تحت شبکه زهکشی است که توسط زهکش‌های فرعی به داخل آن ریخته می‌شود. برای برآورده و پیش‌بینی غلظت نهایی عناصر و املاح موجود در زهآب‌های کل منطقه که وارد محیط می‌گردند، اطلاعات مربوط به غلظت هر کدام از این عناصر و املاح در قسمت‌های مختلف منطقه به تنهایی کافی نمی‌باشد، و باستی زهآب‌ها و مقدار بار املاح موجود در آنها برای هر منطقه به طور جداگانه مشخص گردد. به همین منظور باستی رابطه جریان - بار املاح (*Load-Flow*) تعیین گردد. با استفاده از این رابطه می‌توان زهآب‌های تخلیه شده در محیط را به نحوی کنترل نمود تا غلظت نهایی آن بیش از حد استاندارد نباشد.

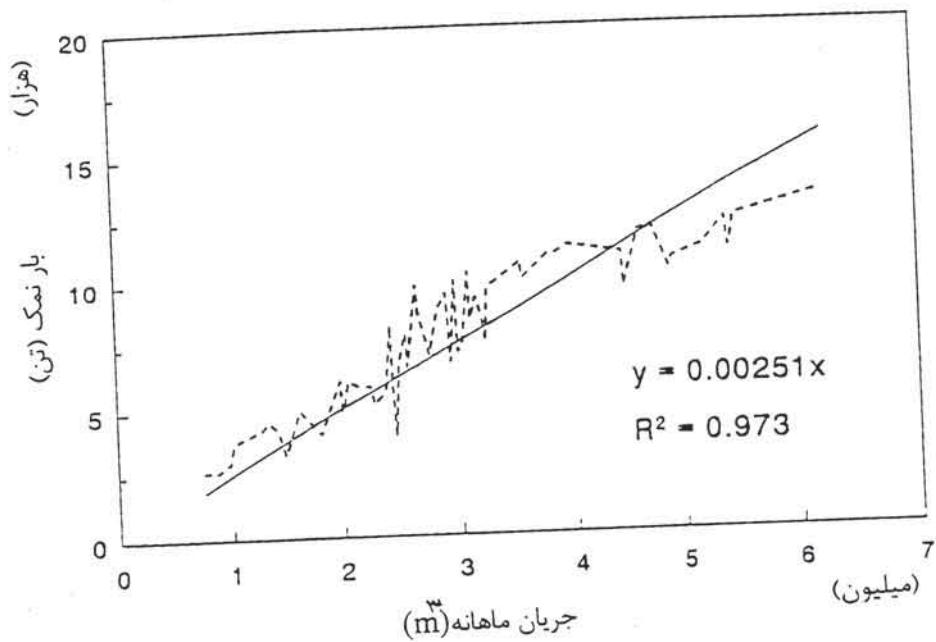
رابطه جریان و بار املاح، با محاسبه وزن نمکها (غلظت \times دبی) و ترسیم آن به صورت تابعی از حجم جریان تعیین می‌گردد.

با استفاده از این روش می‌توان مناطقی را که زهآب‌های آلوده وارد محیط نموده و بیشترین سهم را در آلودگی دارند تشخیص داده و آنها را کنترل نمود. در ناحیه آبیاری و زهکشی پانوج (*Panoche*) آمریکا این رابطه به صورت $y = ax$ برای تمامی نقاط زهکشی (نقطه زهکشی به خروجی‌های فرعی که در آنها زهآب‌ها نمایان می‌گردد گفته می‌شود). تعیین گردیده است. در این رابطه لابار ماهیانه سلنیوم، بُر یا نمک، x جریان ماهیانه و a ضریب همبستگی می‌باشد. در جدول (۵) برای نقطه زهکشی PE-14 مقادیر a به طور خلاصه برای نمک، سلنیوم و بُر ارائه شده است. همچنین در شکل (۳) تغییرات ماهیانه بار نمک با جریان ماهیانه نشان داده شده است.

جدول ۵- خلاصه ضرایب همبستگی رابطه جریان - بار املاح زهآب PE-14 واقع در ناحیه

آبیاری و زهکشی پانوج

	a	R^2
نمک	$2/5(gl^{-1})$.97
سلنیوم	$.0054(mgl^{-1})$.88
بُر	$5/5(mgl^{-1})$.93



شکل ۳- رابطه جریان - بار املاح ماهیانه برای بار نمک موجود در زه آب PE-14 واقع در ناحیه آبیاری و زهکشی پانوج

۴. نتیجه‌گیری

معیارهای رایج طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی، تهویه و کنترل شوری در ناحیه ریشه گیاد می‌باشدند. رهاسازی زدآب‌ها در محیط باعث بروز مسائل زیست محیطی گردیده و اهمیت این مسائل روز به روز بیشتر می‌گردد. بنابراین معیار دیگری بایستی به معیارهای فوق الذکر افزوده شود که همان معیار کیفیت آب و اثرات زیست محیطی آن می‌باشد. در کنار طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی با در نظر گرفتن جنبه‌های زیست محیطی، حتماً بایستی مدیریت سیستم آبیاری را نیز مدنظر داشت و بدون این مقوله کنترل اثرات زیست محیطی شبکه‌های زهکشی مشکل خواهد بود.

در تمامی روش‌هایی که برای کنترل و بهبود کیفیت زدآب‌ها مطرح شد، بر روی استفاده گیاد از آب زیرزمینی کم‌عمق تأکید شده است که این کار باعث کاهش مصرف آب آبیاری و به تبع آن افزایش فاصله زهکشها و کاهش حجم زدآب‌ها می‌گردد.

اصلاح سیستم‌های آبیاری در جهت افزایش راندمان و یکنواختی پخش در سطح مزرعه باعث کاهش تلفات نفوذ عمقی و در نتیجه کاهش حجم زدآب‌ها و املاح موجود خواهد شد و نهایتاً آسودگی ناشی از رهاسازی این زدآب‌ها در محیط کاهش خواهد یافت.