اصول مهندسی زهکشی

دکتر فرید اجلالی مهندس مریم دهقانی

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

فهرست مطالب کتاب

پیشگفتار	**سیزده**
فصل اول	**۱**
هدف کلی	۱
هدف‌های رفتاری	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۱-۲ کلیات زهکشی	۲
۱-۳ تعریف زهکشی	۳
۱-۴ تاریخچه زهکشی	۴
۱-۵ اهداف و اثرات زهکشی در کشاورزی	۶
۱-۶ فواید زهکشی	۷
۱-۷ معایب زهکشی	۸
۱-۸ نام‌گذاری سیستم‌های زهکشی	۹
۱-۸-۱ زهکشی سطحی	۹
۱-۸-۲ زهکشی عمقی	۹
۱-۸-۳ زهکشی کنترل شده	۱۰
خلاصه فصل اول	۱۰
فصل دوم	**۱۱**
هدف کلی	۱۱
هدف‌های رفتاری	۱۱
۲-۱ مقدمه	۱۱
۲-۲ رطوبت خاک	۱۲

www.PnuNews.com

۲-۳ چگالی ذرات جامد خاک (دانسیته واقعی خاک) ۱۳
۲-۴ چگالی ظاهری خاک خشک (دانسیتهٔ ظاهری خاک خشک) ۱۴
۲-۵ تخلخل ۱۴
۲-۶ نسبت پوکی ۱۵
۲-۷ درجهٔ اشباع ۱۵
۲-۸ رطوبت جرمی و حجمی خاک ۱۵
۲-۹ نگهداری و حرکت آب در خاک ۱۸
۲-۱۰ نمایه‌های رطوبتی خاک ۲۰
۲-۱۰-۱ آب ثقلی ۲۰
۲-۱۰-۲ گنجایش زراعی ۲۱
۲-۱۰-۳ رطوبت نقطهٔ پژمردگی ۲۱
۲-۱۰-۴ آب هیگروسکوپیک ۲۲
۲-۱۱ پتانسیل آب خاک ۲۲
اجزای پتانسیل آب خاک ۲۳
۲-۱۱-۱ پتانسیل ثقلی ۲۳
۲-۱۱-۲ پتانسیل ماتریک و فشاری ψ_m و ψ_P ۲۵
۲-۱۱-۳ پتانسیل اسمزی ψ_S ۲۵
۲-۱۱-۴ اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک ۲۶
۲-۱۲ منافذ قابل زهکشی، تخلخل قابل زهکشی، آبدهی ویژه، تخلخل مؤثر ۲۶
۲-۱۳ سطح ایستابی ۳۲
۲-۱۴ فشار آب در خاک ۳۲
۲-۱۴-۱ فشار آب در بالای سطح ایستابی ۳۳
۲-۱۴-۲ فشار در زیر سطح ایستابی ۳۴
۲-۱۵ حرکت آب در خاک ۳۴
۲-۱۶ قانون دارسی ۳۵
خلاصه فصل دوم ۳۶

فصل سوم **۳۷**
هدف کلی ۳۷
هدف‌های رفتاری ۳۷
۳-۱ حدود مطالعه و بررسی ۳۸
۳-۲ فاکتورهای مورد نیاز مطالعه ۳۸
۳-۳ مرور بر اطلاعات موجود ۳۸
۳-۴ مطالعه و بررسی مقدماتی صحرایی ۳۹
۳-۵ مطالعات زیرزمینی ۴۰
۳-۶ شناسایی لایه غیرقابل نفوذ ۴۰
۳-۷ مطالعات زمین‌شناسی ۴۰

www.PnuNews.com

۳-۸ مطالعات منابع آب ۴۱
۳-۸-۱ کلیات ۴۱
۳-۸-۲ نزولات جوی ۴۲
۳-۸-۳ آبیاری ۴۲
۳-۸-۴ نشت آب ۴۲
۳-۸-۴ فشار هیدرواستاتیک ۴۳
۳-۹ مطالعات آب زیرزمینی ۴۳
۳-۹-۱ کلیات ۴۳
۳-۱۰ آب زیرزمینی جمع شده در زهکش‌ها ۴۴
۳-۱۱ توپوگرافی ۴۵
۳-۱۲ ویژگی‌های خاک ۴۶
۳-۱۲-۱ شوری و قلیائیت ۴۶
۳-۱۳ بررسی‌های قابلیت زهکشی خاک و اراضی ۴۷
خلاصه فصل سوم ۵۰

فصل چهارم **۵۳**
هدف کلی ۵۳
هدف‌های رفتاری ۵۳
۴-۱ روش‌های آزمایشگاهی ۵۳
۴-۲ اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک به روش صحرایی در زیر سطح ایستابی ۵۵
۴-۲-۱ روش چاهک ۵۵
۴-۲-۲ روش پیزومتری ۶۵
۴-۲-۳ آزمایش افت سطح ایستابی تک‌چاهی برای اندازه‌گیری هدایت آبی ۶۸
۴-۳ اندازه‌گیری هدایت آبی به روش صحرایی در بالای سطح ایستابی ۷۰
۴-۳-۱ روش نفوذسنجی ۷۰
۴-۳-۲ روش چاهک معکوس ۷۱
۴-۴ هدایت هیدرولیکی در خاک‌های مطبق ۷۴
۴-۵ خطوط هم‌پتانسیل ۷۵
۴-۶ خطوط جریان ۷۶
خلاصه فصل چهارم ۷۶

فصل پنجم **۷۹**
هدف کلی ۷۹
هدف‌های رفتاری ۷۹
۵-۱ تعاریف کلی و اهمیت موضوع ۸۰
۵-۲ موارد نیاز به احداث سیستم زهکشی سطحی ۸۱
۵-۳ شکل دادن به اراضی برای زهکشی سطحی ۸۱

www.PnuNews.com

۵-۳-۱ صاف کردن سطح اراضی ۸۲
۵-۳-۲ شیب دادن به اراضی ۸۳
۵-۴ سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی مسطح ۸۴
۵-۴-۱ سیستم بسترسازی ۸۴
۵-۴-۲ سیستم زهکشی مزرعه‌ای موازی ۸۷
۵-۴-۳ سیستم زهکشی سطحی نامنظم ۹۰
۵-۴-۴ سیستم نهرچه‌های باز موازی ۹۱
۵-۵ سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی شیب‌دار ۹۱
۵-۵-۱ سیستم نهرچه عمود بر شیب ۹۲
۵-۵-۲ تراس‌های استاندارد کنترل فرسایش ۹۴
۵-۶ تخلیه و انحراف آب ۹۵
۵-۶-۱ تخلیه آب در اراضی مسطح ۹۵
۵-۶-۲ تخلیه آب در اراضی شیب‌دار ۹۶
۵-۶-۳ انحراف و دفع آب ۹۸
۵-۷ مبانی طراحی زهکش روباز ۹۸
۵-۷-۱ سرعت جریان در داخل زهکش‌های روباز ۹۸
۵-۷-۲ عمق زهکش‌های سطحی ۱۰۰
۵-۷-۳ مقطع زهکش‌های سطحی ۱۰۱
۵-۸ ظرفیت‌های طراحی کانال‌های زهکش سطحی ۱۰۲
۵-۹ کانال‌های طبیعی ۱۰۲
۵-۱۰ اجرای مرحله‌ای حفر زهکش روباز ۱۰۲
۵-۱۱ ضوابط و مبانی طراحی زهکش‌های روباز در مزارع ۱۰۳
۵-۱۲ زهکش‌های روباز ۱۰۴
۵-۱۲-۱ محاسن زهکش‌های روباز ۱۰۴
۵-۱۲-۲ معایب زهکش‌های روباز ۱۰۴
خلاصه فصل پنجم ۱۰۵

فصل ششم **۱۰۷**
هدف کلی ۱۰۷
هدف‌های رفتاری ۱۰۷
۶-۱ تعاریف کلی و اهمیت موضوع ۱۰۸
۶-۱-۱ سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۰۸
۶-۱-۲ موارد نیاز به احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۱۰
۶-۲- انواع سیستم‌های زهکشی ۱۱۱
۶-۲-۱ ترانشه‌ها ۱۱۱
۶-۲-۲ انهار زهکشی ۱۱۱
۶-۲-۳ زهکش‌های لانه موشی ۱۱۲

www.PnuNews.com

۶-۳ آرایش شبکه زهکشی زیرزمینی ۱۱۴
۶-۳-۱ شبکه زهکشی زیرزمینی طبیعی یا نامنظم ۱۱۴
۶-۳-۲ شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی ۱۱۵
۶-۳-۳ شبکه زهکشی زیرزمینی موازی ۱۱۵
۶-۳-۴ سیستم زهکشی زیرزمینی حائل ۱۱۵
۶-۴ انواع آرایش زهکش‌های زیرزمینی ۱۱۶
۶-۴-۱ شبکه زهکشی منفرد ۱۱۶
۶-۴-۲ شبکه زهکشی مرکب ۱۱۸
۶-۴-۳ شبکه زهکشی با لترال‌های بلند (طویل) ۱۲۰
۶-۵ لوله‌های زهکش ۱۲۲
۶-۵-۱ کیفیت لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۲۳
۶-۶ فیلتر و مواد پوششی مورد نیاز زهکش‌های زیرزمینی ۱۲۵
۶-۷ طول زهکش‌ها ۱۲۹
۶-۸ عمق زهکش‌ها ۱۲۹
۶-۱۰ اندازه لوله‌های زهکش ۱۳۱
۶-۱۱ ضریب افت انرژی در ورود به لوله زهکش ۱۳۲
۶-۱۲ ماشین‌های حفاری و نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۳
۶-۱۳ سازه‌های جانبی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۵
۶-۱۳-۱ ورودی‌های سطحی ۱۳۵
۶-۱۳-۲ ورودی‌های کور یا پنهان (زهکش فرانسوی) ۱۳۶
۶-۱۳-۳ حوضچه‌های رسوب‌گیر ۱۳۷
۶-۱۳-۴ چاهک‌های بازدید ۱۳۸
۶-۱۳-۵ سازه‌های زهکشی کنترل شده ۱۳۹
۶-۱۳-۶ لوله‌های کمکی و تهویه‌ای زهکشی ۱۴۰
۶-۱۳-۷ چاه‌های آرتزین کمکی ۱۴۱
۶-۱۴ خروجی‌های سیستم زهکشی زیرزمینی ۱۴۱
۶-۱۴-۱ ویژگی‌های مطلوب خروجی‌ها برای زهکش‌های زیرزمینی ۱۴۱
۶-۱۴-۲ انواع خروجی‌های متداول و مرسوم برای زهکش‌های زیرزمینی ۱۴۱
۶-۱۵ لوله‌های زهکشی ۱۴۳
خلاصه فصل ششم ۱۴۳

فصل هفتم **۱۴۷**
هدف کلی ۱۴۷
هدف‌های رفتاری ۱۴۷
۷-۱ مقدمه ۱۴۷
۷-۲ فرمول‌های زهکشی برای شرایط ماندگار ۱۴۸
۷-۲-۱ معادله هوخهات ۱۴۹

www.PnuNews.com

۷-۲-۲ معادله دونان ۱۵۲
۷-۳ فرمول‌های زهکشی برای شرایط غیرماندگار ۱۵۵
۷-۳-۱ معادله گلور ـ دام ۱۵۵
خلاصه فصل هفتم ۱۵۹

فصل هشتم ۱۶۱
هدف کلی ۱۶۱
هدف‌های رفتاری ۱۶۱
۸-۱ ظرفیت طراحی زهکشی‌های زیرزمینی ۱۶۱
شرایط مناطق مرطوب ۱۶۲
شرایط اراضی تحت آبیاری ۱۶۲
۸-۲ ظرفیت طراحی کانال‌های زهکشی ۱۶۳
۸-۳ رابطه تخمینی بارندگی ـ دبی در اراضی شیب‌دار ۱۶۴
۸-۳-۱ روش استدلالی یا منطقی ۱۶۵
۸-۳-۲ روش مک ـ مث ۱۶۸
۸-۳-۳ روش کوک ۱۶۹
۸-۳-۴ روش شماره منحنی (C_N) ۱۷۴
۸-۴ محاسبات دبی طراحی برای اراضی مسطح ۱۸۲
خلاصه فصل هشتم ۱۸۵

فصل نهم ۱۸۷
هدف کلی ۱۸۷
هدف‌های رفتاری ۱۸۷
۹-۱ بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های زهکشی ۱۸۷
۹-۲ شبکه‌های زهکشی لوله‌ای ۱۸۸
الف)خروجی‌های زهکشی لوله‌ای ۱۸۸
ب) آدم‌روها (محفظه‌های کنترل) یا شن‌گیرها ۱۸۹
ج) نگهداری کلی از زهکشی‌های لوله‌ای ۱۸۹
۹-۳ زهکش‌های روباز ۱۹۱
۹-۴ چاه‌های مشاهداتی زهکشی ۱۹۳
خلاصه فصل نهم ۱۹۳

فصل دهم ۱۹۵
هدف کلی ۱۹۵
هدف‌های رفتاری ۱۹۵
۱۰-۱ مجاری زهکشی بدون پوشش ۱۹۵
۱۰-۲ روش‌های زهکشی سازگار با طبیعت و محیط زیست ۱۹۷

www.PnuNews.com

۱۰-۲-۱ زهکشی زیستی ۱۹۷
۱۰-۲-۲ زهکشی خشک ۱۹۸
۱۰-۲-۳ زهکشی کنترل شده ۱۹۸
۱۰-۳ مبانی طراحی روش‌های زهکشی قائم ۱۹۹
۱۰-۴ زهکشی اراضی از طریق تخلیه چاه‌های آب‌خوان‌های آزاد ۲۰۰
۱۰-۵ زهکشی اراضی شیب‌دار و جریان آب بین دو آبراهه ۲۰۰
۱۰-۵-۱ احداث زهکش حائل برای تعدیل اثر آب‌های ورودی ۲۰۱
خلاصه فصل دهم ۲۰۲

فرهنگ لغات و اصطلاحات مربوط به زهکشی ۲۰۵

منابع ۲۱۱

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

پیشگفتار

w w w . P n u N e w s . c o m

www.PnuNews.com

فصل اول

کلیات زهکشی

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با مفاهیم اولیه زهکشی می‌باشد تا ضمن آشنایی با این مفاهیم بتواند درک بهتری از فصول بعدی داشته باشد.

هدف‌های رفتاری

پس از مطالعه این فصل دانشجو قادر خواهد بود:

۱. زهکشی را تعریف کند.

۲. با تاریخچه مختصری از زهکشی آشنا شود.

۳. اهداف زهکشی را نام ببرد.

۴. فواید زهکشی را نام ببرد.

۵. معایب زهکشی را نام ببرد.

۶. انواع زهکش‌ها را نام برده و تفاوت آن‌ها را شرح دهد.

۱-۱ مقدمه

آب، این مایع حیات و تداوم پیشرفت و تمدن جوامع بشری از زمان پیدایش انسان تاکنون دارای اهمیت خاص بوده و در آینده نیز مهم‌ترین نقش را در عرصهٔ بین‌الملل ایفا خواهد کرد. در حال حاضر بحران آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اهرم‌های

www.PnuNews.com

خودکفایی و استقلال اقتصادی و سیاسی تبدیل شده که تبعات آن در روابط بین‌الملل به‌خوبی قابل مشاهده است.

علیرغم آنکه خاک در ایران به‌عنوان عامل محدودکننده در تولیدات کشاورزی درنظر گرفته نمی‌شود، ولی آبیاری مازاد اراضی دارای بافت خاک سنگین موجب زه‌دار شدن و از بین رفتن قابلیت کشت و تولید پتانسیل محصول خواهد شد. لذا می‌بایست مطالعات زهکشی همراه با مطالعات جامع تأمین آب مورد توجه قرار گیرد، و در راستای احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی عملیات تجهیز و نوسازی اراضی نیز منظور و به اجرا گذاشته شود تا با توجه به سرمایه‌گذاری‌های انجام شده برای تأمین آب استفاده بهینه از خاک نیز مورد توجه قرار گیرد. بنابراین می‌توان گفت مطالعه و اجرای برنامه‌های زهکشی یکی از ارکان اصلی هر پروژه آبیاری موفق می‌باشد. آبیاری را علم مدرن یا علم بقاء نیز نامیده‌اند. از اهداف این علم حفظ تعادل میزان رطوبت، هوا و املاح خاک، در منطقهٔ توسعه ریشه می‌باشد. در این راستا، زهکشی یکی از ابزارهای اساسی تأمین این تعادل است.

تاریخ نشان می‌دهد جایی‌که بشر در زمینه فنون آبیاری به موفقیت‌هایی دست یافته است، روند توسعه قلمرو، رشد جمعیت و بهبود شرایط زندگی تسریع و در زمینه فرهنگی نیز گام‌های بزرگی برداشته است در این میان هر جا زهکشی نادیده گرفته شده است، این پیشرفت و توسعه با شکست مواجه می‌شد بنابراین یکی از مهم‌ترین دلایل شکست پروژه‌های آبیاری در سراسر دنیا، فقدان سیستم‌های زهکشی مناسب می‌باشد. موفقیت دائمی یک طرح آبیاری، مستلزم خروج آب و املاح اضافی از خاک می‌باشد. چنانچه آبیاری را علم بقاء انسان به‌حساب آوریم، می‌توان نتیجه گرفت زهکشی تأمین کنندهٔ بقاء آبیاری است. اهمیت اساسی ایجاد شبکه‌های زهکشی دریافت سود حاصل از آن در طرح‌های آبیاری است.

۱-۲ کلیات زهکشی

گیاهان برای ادامه حیات خود به رطوبت و اکسیژن نیاز دارند زمانی‌که سطح آب شور بالا آمده و بیشتر از ۴۸ ساعت در منطقه توسعه ریشه‌ها باقی بماند صدمات جبران‌ناپذیری به محصولات کشاورزی وارد خواهد نمود.

www.PnuNews.com

وجود اکسیژن کافی در خلل و فرج خاک ناحیه توسعهٔ ریشه‌ها، به اندازهٔ وجود آب در مرحلهٔ جوانه زدن و رشد گیاه ضروری است. اکسیژن موجود در خاک از طریق خاصیت انتشار (پخشیدگی) در خلل و فرج خاک پراکنده شده و میزان این پراکندگی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای به رطوبت موجود در خاک بستگی دارد. به‌طور معمول در خاک‌هایی که رطوبت اولیه پایین دارند خلل و فرج بیشتری حاوی اکسیژن بوده و به‌تدریج با افزایش رطوبت خاک، آب جانشین هوای داخل منافذ گردیده و موجب رانده شدن هوا به سطح خاک و ورود مجدد به داخل اتمسفر می‌گردد. زهکشی مناسب موجب برقراری تعادل بین رطوبت و اکسیژن خاک می‌گردد.

۱-۳ تعریف زهکشی

زهکشی عبارت است از خارج نمودن آب اضافی و املاح از خاک به‌طوری‌که رشد عادی گیاه میسر گردد. (زهکشی کافی و مناسب را می‌توان همچنین به‌صورت میزان زهکشی مورد نیاز جهت تأمین کشت و زرع پایدار و موفق، تعریف نمود.) لکن، این تعریف لزوماً بیان کنندهٔ زهکشی کامل نبوده و این شرایط عموماً ممکن نمی‌گردد. زیرا هزینه جلوگیری از صدمه ناگهانی به محصول ممکن است به تنهایی با میزان خسارت وارده قابل مقایسه نباشد، زیرا توجیه اقتصادی نیز می‌بایست تحت این شرایط قابل قبول گردد.

زهکشی می‌تواند به‌صورت طبیعی یا مصنوعی اجرا گردد. بیشتر اراضی دارای زهکشی طبیعی سطحی یا زیرزمینی می‌باشند. زمانی‌که زهکشی طبیعی قادر نباشد زه‌آب‌های ناشی از نزولات جوی یا آبیاری را تخلیه نماید، زهکشی مصنوعی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. تحت این شرایط، زهکشی مصنوعی یعنی احداث سیستم‌های زهکشی، کمبود زهکشی طبیعی را جبران خواهد کرد. به‌عنوان مثال می‌توان آبراه‌های طبیعی را عمیق‌تر کرد و یا در محل‌هایی که آبراه‌های مناسبی وجود ندارد، مجاری جدید خروج زه‌آب‌های مزرعه را به‌وجود آورد.

در مناطق مرطوب که مشکل حرکت املاح به منطقه توسعه ریشه‌ها مطرح نمی‌باشد، احداث زهکش‌های با کم‌عمق با فواصل نزدیک به‌هم برای پایین آوردن سطح آب زیرزمینی در فصل بهار کافی بوده و موجب می‌گردد بستر بذر جهت انجام

www.PnuNews.com

به موقع کشت بهاره زودتر آماده گردد.

در مناطق خشک فاریاب تحت آبیاری، سطح آب زیرزمینی در اثر ذوب شدن برف، وقوع باران‌های بهاری و نیز آبیاری به طرف سطح زمین صعود می‌نماید. پدیده صعود سطح آب زیرزمینی حاوی املاح محلول تا منطقه توسعه ریشه‌ها، موجب آسیب به جوانه زدن بذرها و همچنین رشد گیاه خواهد شد. در مناطق خشک می‌بایست زهکش‌ها به اندازهٔ کافی عمیق و فاصلهٔ آن‌ها به هم نزدیک باشد تا بتواند بار هیدرولیکی[1] لازم را در فاصلهٔ میانی دو زهکش برای حرکت آب به سمت زهکش‌ها ایجاد نموده و موجب خروج آب مازاد منطقه توسعهٔ ریشه‌ها به داخل زهکش‌ها گردد و محیط مناسبی را از نظر تهویه و رطوبت در فصل رشد گیاه به‌وجود آورد.

۱-۴ تاریخچه زهکشی

احتمالاً زهکشی نیز قدمتی همانند کشاورزی دارد. در کتابی که حدود ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد در چین نوشته شده، نقشه‌هایی از سیستم‌های زهکشی مشاهده شده است. فنون زهکشی زیرزمینی در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد توسط بابلیان شناخته شده بوده و چنین به‌نظر می‌رسد که آن‌ها از لوله‌های گلی جهت زهکشی مزارع خود استفاده می‌کرده‌اند. هرودوت[2] مورخ یونانی در ۴۰۰ سال قبل از میلاد نیز اشاراتی به کاربرد زهکشی در درهٔ نیل دارد. به نظر می‌رسد یونانیان هم‌زمان با مصریان از زهکش‌های مزرعه‌ای برای احیاء اراضی استفاده کرده باشند. در میسنا[3] (واقع در یونان) اسنادی مربوط به طرح‌هایی از شبکه زهکشی سطحی و زیرزمینی جهت زهکشی اراضی پست پیدا شده است. در قرن دوم قبل از میلاد، کاتو[4] اولین دستوالعمل‌های مکتوب در زمینه زهکشی اراضی را تدوین نمود. پلینی[5] در قرن اول قبل از میلاد نوشته است که: زهکش‌های زیرزمینی را می‌توان از طریق پر کردن نیمی از یک ترانشه با قلوه‌سنگ یا شن یا ترکه‌های به‌هم بافته شده درختان و پوشاندن آن‌ها با خاک حاصل از حفاری، احداث کرد. تقریباً هم‌زمان با پلینی، کلیوملا[6] پیشنهاد نمود که زهکش‌های زیرزمینی در

1. Head
2. Herodotus
3. Mycenae
4. Cato
5. Pliny
6. Columella

www.PnuNews.com

عمق یک متری تعبیه گردد.[1]

مهارت‌های علمی و مهندسی که توسط مصریان، یونانیان و رومیان برای احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی اشاعه یافته بود عمدتاً به‌سرعت از بین رفت. تا این‌که پیشرفت‌های علمی و اختراع یا تکمیل ابزارهای مکانیکی در قرون هفدهم و هیجدهم، موجب تحول و بهبود روش‌های طراحی و احداث زهکش‌های سطحی گردید. زهکش‌های زیرزمینی آن‌چنان که امروز متداول است، اولین بار در سال ۱۸۱۰ در کامبرلند شمالی[2] در انگلستان به‌کار گرفته شد و متعاقب آن در قاره اروپا اشاعه یافت.

زهکش‌های اولیه با استفاده از مواد و مصالح محلی از قبیل چوب، ترکه‌های دسته‌شده، شن، سنگ یا مصالح مشابه ساخته می‌شد.

در سال ۱۸۴۵ تولید تنبوشه‌های سفالی در انگلستان آغاز گردید و چند سال بعد دستگاه‌های ساخت تنبوشه‌های سفالی که در آلمان و سایر کشورهای اروپایی شروع به‌کار کردند. شبکه‌های بزرگ زهکشی با استفاده از لوله‌های سفالی (تنبوشه) به‌ویژه در اراضی ساحلی شمال اروپا و اروپای شرقی احداث گردید. همه این زهکش‌ها با نیروی کارگر و به روش دستی حفر و کارگذاری شد. اولین دستورالعمل‌های فنی که در این زمان برای احداث شبکهٔ زهکشی در منطقهٔ سلیسیا[3] تدوین شده هنوز در دسترس می‌باشد.

در حدود سال ۱۹۰۰ در ایالت متحده استفاده از تنبوشه‌های بتنی متداول شد لوله‌های پلاستیکی با جدارهٔ ضخیم برای زهکشی زمین‌های زراعی، برای اولین بار در دههٔ ۱۹۴۰ مورد استفاده قرار گرفت، لیکن هزینه آن‌ها قابل رقابت با تنبوشه‌های سفالی و بتنی نبود. در اویل دهه ۱۹۶۰ لوله‌های پی‌وی‌سی با جدارهٔ صاف و دیوارهٔ نازک و لوله‌های پلاستیکی خرطومی ابداع شد که نسبتاً ارزان بود. کاربرد لوله‌های پلاستیکی خرطومی برای زهکشی به‌سرعت جایگزین تنبوشه‌های سفالی و بتنی گردید.

پیشرفت‌های حاصله در ساخت لوله‌های قابل انعطاف که باعث می‌شود پخش عمدهٔ بارهای وارد شده به زمین به مصالح پوششی (که پیرامون لوله را در برمی‌گیرد) منتقل شود، افزایش طول زهکش‌ها، استفاده از ماشین‌های زهکشی (ترنچر) و

1. Framji, k.k. ,B.C.Gary and S.P.Kaushish (ed), 1987, Design practices for covered drains in an agricultural Land drainage, system, a word wide survey; ICID; Thomson press, New Delhi, India.
2. North Cumberland
3. Selisia

www.PnuNews.com

(ترنچلس) که با سرعت زیاد کار می‌کند و کاربرد دستگاه‌های لیزری برای کنترل شیب، فنون و روش‌های زهکشی را در دو دههٔ گذشته به‌طور چشم‌گیری دگرگون ساخته است.[۱]

۱-۵ اهداف و اثرات زهکشی در کشاورزی

به‌طور کلی هدف از زهکشی به‌عنوان بخشی از مدیریت آب کشاورزی، افزایش رشد محصولات و حفظ حاصل‌خیزی خاک می‌باشد. اهداف اصلی زهکشی در کشاورزی عبارتند از:

- حفظ سطح آب زیرزمینی در تراز مناسب
- کنترل و جلوگیری از ماندابی شدن
- کنترل و جلوگیری از شور شدن اراضی

شبکه‌های زهکشی، شامل مجموعه‌ای از سیستم‌های مصنوعی است که فقط در زمانی که زهکشی طبیعی برای یک شکل مطلوبی از کشاورزی کافی نیست، اجرا می‌شوند. مناطقی که از نظر زهکشی طبیعی دارای محدودیت بوده و نیازمند زهکشی مصنوعی می‌باشند، معمولاً در دشت‌های ساحلی، دره‌های رودخانه‌ای و جلگه‌های مناطق مرطوب که میزان بارش از تبخیر بیشتر است، یا در مناطق خشک که استفاده از آب آبیاری به‌صورت بی‌رویه موجب آب‌ماندگی و شوری ثانویه می‌گردد، واقع شده‌اند. سیستم‌های زهکشی لوله‌ای به‌عنوان یک روش نسبتاً ارزان و ضروری، برای بهبود حاصل‌خیزی اراضی کشاورزی به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک مورد توجه می‌باشد.

شبکه‌های زهکشی زیرزمینی در جهت نیل به اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

۱- احیای اراضی ماندابی که سطح آب زیرزمینی و شوری خاک در آن‌ها خیلی بالا است

۲- کنترل تراز سطح آب زیرزمینی در عمق مناسب و شوری خاک در حد مناسب

---

۱. راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی، شماره ۱۵، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۶

www.PnuNews.com

۳- بهبود وضعیت حاصل‌خیزی در اراضی شور و ماندابی در حد پتانسیل آن‌ها

تحت شرایط خاص، اهداف زیر نیز مورد توجه می‌باشد:

- تسهیل تردد ماشین‌آلات کشاورزی در شرایط غیرماندابی
- افزایش میزان تولید محصول
- امکان ایجاد تنوع کشت محصولات زراعی
- امکان تولید محصولات با ارزش‌تر

و در نهایت از مزایای ثانویه سیستم‌های زهکشی کشاورزی عبارتند از:

- خروج فاضلاب‌ها: پایین آوردن تراز سطح آب زیرزمینی در منطقه، موجب ارتقاء سطح بهداشت مراکز جمعیتی می‌شود.
- بهداشت محیط: پایین آوردن سطح آب زیرزمینی و از بین بردن آب‌های راکد می‌تواند تحت شرایط خاص بیماری‌های مالاریا و ... را کنترل نماید.
- بهبود دسترسی و رفت‌وآمد به اراضی: پایین آوردن سطح آب زیرزمینی و دفع آب سطحی دسترسی به اراضی را بهبود خواهد داد.[۱]
- بهبود شرایط محیط زیست: پایین آوردن سطح آب زیرزمینی و کاهش شوری در اراضی تخریب محیط زیست را از بین برده یا کاهش خواهد داد.

۱-۶ فواید زهکشی

خاک از سه فاز جامد، مایع و گاز تشکیل شده است که مواد غذایی مورد نیاز گیاه، آب و اکسیژن را تأمین می‌نماید در خاک‌های اشباع به‌دلیل فقدان اکسیژن (وجود دو فاز جامد و مایع در خاک) ریشهٔ گیاه نمی‌تواند تنفس کند و رشد ریشه متوقف شده و جذب آب و مواد غذایی غذایی توسط ریشه صورت نمی‌گیرد و همچنین فقدان اکسیژن باعث جلوگیری از تشکیل ازت و گوگرد قابل استفاده گیاه می‌گردد. به‌علاوه ترکیبات آلی و غیرآلی سمی در خاک‌های اشباع پیدا می‌شوند که با عمل زهکشی خاک از حالت اشباع خارج می‌شود و اکسیژن کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد بنابراین اهمیت زهکشی در دائمی بودن شرایط تأمین اکسیژن برای ریشه گیاه می‌باشد. پس

---

[۱]. زهکشی زیرزمینی برنامه‌ریزی، اجرا و بهره‌برداری، شماره ۱۲۰، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۶

www.PnuNews.com

می‌توان فواید زهکشی را موارد زیر دانست:

۱. ساختمان خاک بهتر شده و قدرت حاصل‌خیزی آن را افزایش می‌یابد.
۲. عملیات کاشت و استفاده از ماشین‌آلات را می‌توان زودتر انجام داد.
۳. باعث کاهش بیماری‌های گیاهی می‌گردد
۴. خاک هوازی‌تر گردیده و گاز کربنیک پس داده شده توسط ریشه با اکسیژن هوا بهتر مبادله می‌گردد.
۵. زهکشی باعث افزایش عمق فعالیت ریشه شده و در نتیجه ریشه می‌تواند آب و مواد غذایی بیشتری را از خاک جذب کند.
۶. باعث افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش فرسایش می‌گردد.
۷. باکتری‌های خاک محیط مناسب‌تری جهت رشد خود پیدا می‌کنند.
۸. خاک در شروع فصل کشت زودتر گرم می‌گردد و رژیم حرارتی مطلوب‌تری ایجاد می‌گردد.
۹. با زهکشی املاح اضافی خاک آبشویی می‌گردد که اولین اقدام ضروری جهت حاصل‌خیز نمودن خاک‌های شور و قلیایی است.
۱۰ با زهکشی می‌توان سطح زیر کشت را افزایش داد که باعث تولید بیشتر، انتخاب بیشتر انواع محصولات می‌گردد.
۱۱. زهکشی باعث کاهش یا از بین رفتن پشه مالاریا و سایر حشراتی که در زمین تولیدمثل می‌نمایند می‌شود بنابراین زهکشی می‌تواند به سلامت و بهداشت عمومی کمک می‌کند.

۱-۷ معایب زهکشی

۱. شستن و خروج بعضی از املاح مفید خاک به همراه املاح مضر
۲. هزینه‌بر بودن مطالعه و اجرا
۳. از بین بردن اکوسیستم طبیعی منطقه به‌علت کم کردن رطوبت و درنتیجه غیرقابل زیست شدن آن منطقه برای بعضی از موجودات مانند پرندگان به‌علت کم شدن رطوبت
۴. از بین رفتن علف‌های طبیعی منطقه

www.PnuNews.com

۵. اشغال بخشی از زمین زراعی و تقسیم زمین به قطعات جداگانه
۶. افزایش خطر آتش‌سوزی

۱-۸ نام‌گذاری سیستم‌های زهکشی

نام‌گذاری انواع زهکش‌ها تا اندازه‌ای پیچیده بوده و تحت شرایطی نظیر منشأ آب مازاد، زمان و مکان احداث زهکش‌ها و نیز کار و وظیفهٔ آن‌ها پیدا شده است. زهکش‌ها ممکن است سطحی یا عمقی، باز یا بسته بوده و نیز ممکن است هم‌زمان با توسعهٔ پروژه احداث شده و یا با فاصله زمانی از آن‌ها احداث شده باشد. زهکش‌ها ممکن است شامل انواع چاه‌ها (تغذیه‌ای، تخلیه‌ای، تلمبه‌ای) باشند و برحسب نوع عملی که انجام می‌دهند، در تقسیم‌بندی‌های مختلفی قرار می‌گیرند.

۱-۸-۱ زهکشی سطحی[1]

زهکشی سطحی عبارت است از تخلیه آب مازاد از سطح زمین که منشأ این آب می‌تواند نزولات آسمانی، آبیاری، نشت از کانال‌های انتقال و تأسیسات ذخیرهٔ آب و یا آب تراوش شده از زمین بر اثر اختلاف ارتفاع باشد. کنترل آب‌های سطحی معمولاً با احداث کانال‌هایی که خروج این آب را آسان می‌نماید صورت می‌گیرد.

۱-۸-۲ زهکشی عمقی[2]

زهکشی عمقی شامل تخلیه یا کنترل زه آب تحت‌الارض و یا خارج نمودن یا کنترل املاح مازاد در منطقه توسعه ریشه‌ها می‌باشد. منشأ آب ممکن است ناشی از نزولات آسمانی، آبیاری، نشت از کانال‌ها، زهکش‌ها و یا آب سطح‌الارضی که از سطح بالاتری نفوذ می‌نماید و یا از سفره‌های آبدار آرتزین باشد. به‌طور کلی هر گونه زهکش یا چاه که به‌منظور کنترل یا پایین آوردن سطح آب زیرزمینی طراحی می‌گردد زهکشی عمقی یا زیرزمینی نامیده می‌شود.

1. Surface Drainage
2. Subsurface Drainage

www.PnuNews.com

۱-۸-۳ زهکشی کنترل شده

در این سیستم‌ها باید میزان زهکشی به‌صورت کنترل شده صورت گیرد تا به محیط زیست زیان قابل‌توجهی وارد نیاید.

خلاصه فصل اول

زهکشی عبارت است از خارج نمودن آب و املاح اضافی از خاک در حدی که رشد مطلوب گیاه میسر گردد. که می‌تواند به‌صورت طبیعی یا مصنوعی باشد هدف از زهکشی افزایش رشد محصولات، حفظ حاصل‌خیزی خاک، دفع آب مازاد زیرزمینی و سطحی، دفع نمک‌های محلول به همراه آب اضافی از پروفیل خاک، کنترل سطح ایستابی در تراز مناسب و غیره می‌باشد. و از فواید زهکشی این است که ساختمان خاک بهتر شده، عملیات کاشت زودتر انجام می‌گیرد، باعث کاهش بیماری‌های گیاهی می‌گردد و در کنار آن معایبی همچون شستن و خروج بعضی از املاح مفید خاک به همراه املاح مضر، هزینه‌بر بودن مطالعه و اجرا، از بین بردن اکوسیستم طبیعی و ... می‌باشد. زهکشی‌ها را می‌توان به‌صورت زهکشی سطحی و عمقی نام‌گذاری کرد.

www.PnuNews.com

فصل دوم

فیزیک آب و خاک

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با پارامترهای فیزیکی خاک، خصوصیات آب و تخلخل قابل زهکشی می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

۱. نقش خاک برای رشد گیاه را نام ببرد.
۲. پارامترهای فیزیکی خاک را تعریف کند و نحوه محاسبه آن‌ها را بداند.
۳. انواع آب خاک را نام ببرد.
۴. پتانسیل آب خاک را تعریف کند و انوا آن را نام ببرد.
۵. منافذ قابل زهکشی را تعریف کند و روش‌های محاسبه آن را بداند.
۶. نحوه به کار بردن قانون دارسی برای اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری را بداند.

۲-۱ مقدمه

برای دانستن این موضوع که زهکشی چه تأثیری در تعادل آب خاک دارد نیاز داریم شکل‌های مختلف آب خاک را بدانیم. از نظر متخصص کشاورزی خاک باید بستری مناسب جهت رشد گیاه باشد لذا انتظار می‌رود که خاک خواسته‌های زیر را تأمین کند:

www.PnuNews.com

۱. خاک باید قادر باشد رطوبت کافی را در خود ذخیره کرده و آن را به آسانی در اختیار ریشه‌های گیاه قرار دهد.
۲. لازم است خاک اکسیژن و هوای کافی داشته باشد تا تنفس ریشه‌ها در آن به‌آسانی صورت گیرد. برای این منظور باید تهویه خاک و تبادل هوا در آن به‌سهولت انجام شود.
۳. خاک باید به لحاظ مکانیکی از وضعیت مطلوبی برخوردار باشد تا ریشه‌ها در آن توسعه پیدا کرده و بتوانند به‌عنوان یک لنگر، استحکام و پابرجایی گیاه را تأمین نماید. البته خصوصیات مکانیکی خاک نباید مانع از انجام عملیات خاک‌ورزی و یا آماده‌سازی آن برای انجام عملیات زراعی گردد.
۴. خاک باید محتوی عناصر و مواد غذایی باشد تا ریشه‌های گیاه آن را جذب و به مصرف رشد و نمو برساند اگر خاک فاقد عناصر غذایی باشد به‌صورت مصنوعی این مواد وارد خاک می‌شوند.

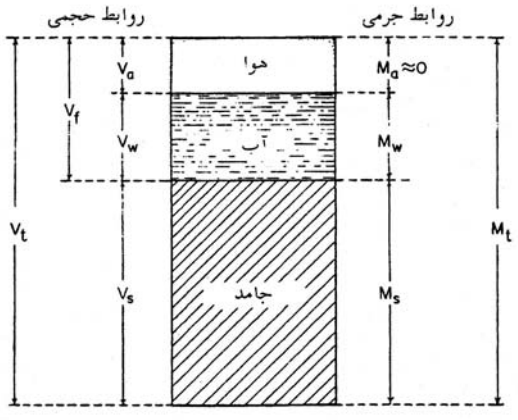
۲-۲ رطوبت خاک

خاک زراعی را می‌توان یک مجموعه یا سیستم سه‌جزئی دانست که در آن بخشی از خاک را ذرات جامد[1] تشکیل می‌دهد و دو جزء دیگر آن آب[2] و هوا[3] می‌باشند. خاک‌های اشباع و خشک هر دو سیستم‌های دو جزئی به‌شمار می‌روند که در اولی به‌دلیل اشباع بودن، هوا وجود ندارد و دومی به‌دلیل خشک بودن فاقد آب است در هیچ‌کدام از این خاک‌های دو جزئی امکان کشت و زرع فراهم نیست زیرا ریشه‌های گیاه برای رشد خود به هر سه جزء خاک نیاز دارند. اگر یک واحد حجم یا وزن خاک مرطوب را در نظر بگیریم می‌توانیم مطابق شکل (۲-۱) مقادیر اجزاء جامد، آب و هوای آن را به‌طور فرضی، مجزا شده از هم بررسی نماییم. در شکل مذکور ستونی از خاک که سطح مقطع آن یک واحد در نظر گرفته شده است مقادیر V_s، V_w و V_a که در سمت چپ شکل نشان داده شده‌اند به‌ترتیب حجم‌های مربوط به جزء جامد، آب و هوا می‌باشد. در این صورت V_f که جمع مقادیر V_w و V_a می‌باشد حجم منافذ

1. solids
2. water
3. air

www.PnuNews.com

خالی خاک است ($V_f = V_a + V_w$) که بخشی از آن توسط آب و بخش دیگر توسط هوا پر شده است. V_t نیز نشان‌دهندهٔ حجم کل خاک می‌باشد که عبارت است از $V_t = V_f + V_s = V_a + V_w + V_s$ به‌طور مشابه در سمت راست شکل جرم‌های این اجزاء نشان داده شده است. مقادیر M_a، M_w، M_s، M_t به‌ترتیب جرم هوا (که مقدار جرم هوا صفر فرض شده است)، جرم آب، جرم جزء جامد و جرم کل خاک می‌باشد. اندازه‌های جرمی خاک را می‌توان برحسب وزن آن‌ها (حاصل‌ضرب جرم در شتاب ثقل زمین) نیز توصیف کرد. براساس این شکل ما می‌توانیم پارامترهای فیزیکی را که در روابط آب و خاک به‌کار می‌بریم به‌صورت کمّی توصیف نماییم که برخی از آن‌ها عبارتند از:



شکل ۲-۱. نمایش شماتیک اجزای تشکیل‌دهنده خاک

۲-۳ چگالی ذرات جامد خاک (دانسیته واقعی خاک)

برحسب تعریف دانسیته واقعی خاک[1] که با علامت (ρ_s) نشان داده می‌شود عبارت است از حاصل بخش جرم ذرات جامد خاک به حجم ذرات خاک یعنی: مقدار چگالی واقعی در خاک‌های زراعی بین ۲٫۶ تا ۲٫۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \qquad (۱-۲)$$

1. Particle density

www.PnuNews.com

گاهی‌اوقات چگالی برحسب وزن مخصوص[1] که نسبت چگالی یک ماده به چگالی آب است توصیف می‌شود. در سیستم متریک چون چگالی آب یک است لذا وزن مخصوص و چگالی از نظر عددی (نه از نظر ابعادی) برابر می‌باشند.

۲-۴ چگالی ظاهری خاک خشک (دانسیتهٔ ظاهری خاک خشک)

چگالی یا دانسیتهٔ ظاهری خاک خشک[2] عبارت است از حاصل بخش جرم ذرات جامد خاک به حجم کل خاک

$$\rho_b = \frac{m_s}{v_t} = \frac{m_s}{v_s + v_a + v_w} \qquad (۲-۲)$$

مسلماً دانسیتهٔ ظاهری خاک خشک کمتر از دانسیتهٔ واقعی آن خاک است به‌طوری‌که اگر منافذ خاک نیمی از حجم خاک را تشکیل دهند ρ_b نصف ρ_s خواهد بود. به‌طور کلی مقدار ρ_b در خاک‌های معمولی زراعی بین ۱٫۳ تا ۱٫۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. البته در یک خاک شنی ممکن است مقدار ρ_b تا ۱٫۶ نیز برسد، همان‌طور که در خاک‌های رسی تا ۱٫۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب نیز می‌باشد.

۲-۵ تخلخل

مهم‌ترین نمایه مقدار نسبی منافذ خاک تخلخل (f) می‌باشد به لحاظ کمّی مقدار تخلخل عبارت است از

$$f = \frac{v_f}{v_t} = \frac{v_a + v_w}{v_s + v_a + v_w} \qquad (۲-۳)$$

تخلخل در خاک‌های زراعی بین ۳۰ تا ۶۰ درصد متغیر است. هرچه بافت خاک ریزتر باشد مقدار تخلخل آن بیشتر خواهد بود. در خاک‌های رسی تخلخل بیشتر از خاک‌های شنی تغییر می‌کند، زیرا بسته به وضعیت ساختمانی، این خاک‌ها متورم، منقبض، پراکنده و یا سله‌ای شده و حجم منافذ موجود در آن تغییر می‌کند.

---

1. Specific gravity
2. Dry bulk density

www.PnuNews.com

۲-۶ نسبت پوکی

نمایه دیگر توصیف منافذ خاک نسبت پوکی (e) آن است. نسبت پوکی که به‌صورت زیر به‌دست می‌آید رابطهٔ حجم منافذ به حجم جزء جامد خاک است نه حجم کل خاک

$$e = \frac{(v_a + v_w)}{v_s} = \frac{v_f}{v_t - v_f} \qquad (۴-۲)$$

مزیت این نمایه بر تخلخل آن است که اگر حجم منافذ تغییر کند در نسبت پوکی فقط صورت کسر تغییر می‌کند درصورتی‌که در تخلخل هم صورت و هم مخرج کسر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. مقدار نسبت پوکی در خاک‌های زراعی معمولاً ۰٫۴ تا ۱٫۵ متغیر است.

۲-۷ درجهٔ اشباع

بیانگر حجم آب موجود در خاک نسبت به حجم منافذ آن است. درجهٔ اشباع که با علامت s نشان داده می‌شود عبارت است از:

$$s = \frac{v_w}{v_f} = \frac{v_w}{v_a + v_w} \qquad (۵-۲)$$

۲-۸ رطوبت جرمی و حجمی خاک

برحسب تعریف مقدار جرمی رطوبت خاک (θ_m) عبارت است از نسبت جرم آب موجود در خاک (M_w) به جرم جزء جامد خاک (M_s) و رطوبت حجمی (θ_v) نسبت حجم آب (V_w) به حجم کل خاک (V_t) می‌باشد به‌عبارت دیگر

$$\theta_m = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم جزء جامد خاک}} = \frac{M_w}{M_s} \qquad (۶-۲)$$

$$\theta_v = \frac{\text{حجم آب}}{\text{حجم کل خاک}} = \frac{v_w}{v_t} = \frac{v_w}{v_s + v_f} \qquad (۷-۲)$$

از طرف دیگر رابطهٔ زیر بین رطوبت حجمی و رطوبت وزنی خاک برقرار است

www.PnuNews.com

$$\theta_v = \rho_b \times \theta_m \qquad (۸-۲)$$

بنابراین رطوبت حجمی خاک برابر با حاصل‌ضرب نسبت جرمی رطوبت در جرم مخصوص ظاهری خاک خشک

اگر مکعبی از یک خاک به سطح مقطع A و ارتفاع D درنظر بگیریم و فرض کنیم که نسبت حجمی رطوبت در آن θ_v باشد در این صورت خواهیم داشت:

$$\theta_v = \frac{\text{حجم آب}}{\text{حجم کل خاک}} = \frac{\text{ارتفاع آب} \times \text{سطح مقطع آب}}{\text{ارتفاع خاک} \times \text{سطح مقطع خاک}}$$

با این فرض که اگر بتوان آب موجود در خاک را روی هم انباشته کرد ارتفاع آن معادل d شود در این صورت می‌توان نوشت:

$$\theta_v = \frac{(A)\,(d)}{(A)\,(D)} = \frac{d}{D} \qquad (۹-۲)$$

بدیهی است چنانچه D برابر یک متر باشد، $\theta_v = d$ خواهد شد. لذا نسبت‌حجمی رطوبت همان ارتفاع آب موجود در خاک در هر متر عمق خاک می‌باشد. در بسیاری از مسایل آبیاری و به‌خصوص کارهای عملی، رطوبت معمولاً برحسب درصدحجمی و یا ارتفاع آب موجود در هر متر عمق خاک توصیف می‌شود.[۱]

مثال ۱-۱

خاکی به جرم ۳۸۵ گرم را خشک کرده و مشاهده شده است که پس از خشک شدن جرم آن به ۳۱۵ گرم تقلیل پیدا می‌کند. چنانچه جرم مخصوص ظاهری این خاک ۱٫۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد مقادیر جرمی و حجمی رطوبت آن را به‌دست آورید.

$$\text{جرم آب} \quad M_w = ۳۸۵ - ۳۱۵ = ۷۰ gr$$

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

۱. علیزاده، ۰۱، ۱۳۷۸، رابطه آب و خاک و گیاه، دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۵۳ صفحه

www.PnuNews.com

$$\theta_m = \frac{۷۰}{۳۱۵} = ۰/۲۲ \text{ نسبت جرمی رطوبت}$$

$$\text{درصد جرمی رطوبت} = ۰/۲۲ \times ۱۰۰ = ۲۲\%$$

$$\text{نسبت حجمی رطوبت} = \rho_b \cdot \theta_m$$

$$\text{نسبت حجمی رطوبت} = ۱/۳۵ \times ۰/۲۲ = ۰/۲۹۷$$

$$\text{درصد حجمی رطوبت} = ۰/۲۹۷ \times ۱۰۰ = ۲۹/۷\%$$

مثال ۲-۲

نسبت جرمی رطوبت در یک خاک ۰/۲۵ و جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. ارتفاع رطوبت در هر متر خاک چقدر است؟

$$\theta_v = (\theta_m)(\rho_b)$$

$$\theta_v = (۰/۲۵)(۱/۴) = ۰/۳۵$$

$$d = ۰/۳۵ \, m/m = ۳۵۰ \frac{mm}{m}$$

بنابراین ارتفاع رطوبت خاک ۰/۳۵ m (۳۵ سانتی‌متر یا ۳۵۰ میلی‌متر) در هر متر از عمق خاک می‌باشد.

حال اگر بخواهیم با داشتن جرم مخصوص ظاهری (ρ_b) و درصد جرمی رطوبت خاک (θ_m) ارتفاع آب موجود در لایه‌ای به ضخامت D متر از خاک را به‌دست آوریم می‌توان از فرمول کلی زیر استفاده کرد:

$$d = (\rho_b)(\theta_m)(D) = (\theta_v)(D)$$

D عمق خاک بر حسب متر و d ارتفاع آب موجود در خاک (متر) است. در عمل می‌توان به‌جای D ضخامت لایه توسعهٔ ریشه‌ها را قرار داد.

www.PnuNews.com

مثال ۲-۳

ضخامت لایه خاکی ۰٫۵ متر است پس از آبیاری مقدار رطوبت جرمی خاک ۲۸ درصد بوده است. جرم مخصوص ظاهری آن ۱٫۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. در این لایه چند میلی‌متر آب ذخیره شده است.

حل:

$$d = (\rho_b)(D)(\theta_m)$$

$$d = (۱٫۳۵)(۰٫۵)(۰٫۲۸) = ۰٫۱۸۹\,m$$

$$\rightarrow d = ۱۸۹\,mm$$

مثال ۲-۴

خاکی که جرم مخصوص ظاهری آن ۱٫۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد اشباع شده است چنانچه نسبت جرمی رطوبت در این حالت ۰٫۳۵ باشد در لایه توسعهٔ ریشه‌ها به عمق ۷۵ سانتی‌متر چند میلی‌متر آب وجود دارد:

$$d = (\rho_b)(D)(\theta_m)$$

می‌توان به‌جای D که عمق خاک است عمق توسعهٔ ریشه‌ها را قرار داد.

$$d = (۱٫۴)(۰٫۷۵)(۰٫۳۵) = ۰٫۳۶۷۵\,m$$
$$\rightarrow d = ۳۶۷٫۵\,mm$$

۲-۹ نگهداری و حرکت آب در خاک

روابط آب و خاک شامل ظرفیت نگهداری خاک برای آب قابل‌دسترس گیاهان و حرکت آب در خاک، در مناطقی که آبیاری انجام می‌شود (و یا حتی در دیم‌زارها) اهمیت ویژه‌ای دارند. نگهداری و جریان آب بستگی به اندازه و چگونگی توزیع خلل و فرج، میزان مواد آلی و نیز قدرت جذب آب توسط ذرات خاک دارد. با افزایش مواد

www.PnuNews.com

آلی، قدرت نگهداری آب در خاک افزایش می‌یابد. با بزرگ شدن انـدازهٔ خلـل و فـرج خاک، آب سریع‌تر حرکت می‌کند.

خاک یک محیط متخلل با خلل و فرج ریز و درشت می‌باشد که نگهداری آب در آن توسط نیروهای مکش و کشش، و برخلاف نیروی ثقل، صورت می‌گیرد. زمانی‌که آب به خاک اضافه می‌شود ابتدا سطح ذرات خاک، سپس خلل و فرج ریز و بعد خلل و فرج درشت (با راندن هوا به بیرون) را اشغال می‌کند. در این حالت، خاک به حد اشباع می‌رسد.

زمانی‌که آبیاری متوقف می‌گردد، ابتدا خروج تدریجی آب از خلل و فرج درشت در اثر نیروی ثقل شروع می‌شود. پس از مدتی مشخص، آب در خلل و فرج ریز قرار می‌گیرد. در این حالت، خاک به گنجایش زراعی (Fc) رسیده است که در آن نیروی ثقل برابر مکش ماتریک است. گیاهان در گنجایش زراعی، آب را به‌راحتی جذب می‌کنند. با کاهش رطوبت، نیروی مکش افزایش می‌یابد و گیاهان باید نیروی بیشتری را صرف جذب آب خاک نمایند.

انواع خاک‌ها دارای مقادیر متفاوتی از ظرفیت نگهداری آب می‌باشند. به‌طورکلی، ظرفیت نگهداری آب در خاک به عوامل زیر بستگی دارد:

الف) بافت خاک

ب) ساختمان خاک

ج) اندازهٔ و توزیع خلل و فرج خاک

د) تبادل کاتیونی در خاک

هـ) مقدار مواد آلی خاک

خلل و فرج ریز اهمیت فراوانی در نگهداشت آب و خلل و فرج درشت در انتقال آب دارند. خاک‌های ریزبافت دارای ظرفیت نگهداری آب بیشتر نسبت به خاک‌های درشت بافت هستند.

در محدوده بین خاک اشباع تا خاک خشک بی‌نهایت حالت مختلف وجود دارد که گیاه با آن مواجه است. اما در این بازهٔ رطوبتی نقاطی هستند که از نظر کاربردی در روابط آب و خاک اهمیت زیادی دارند که از آن‌ها به‌عنوان نقاط پتانسیلی مهم خاک ذکر می‌شود.

www.PnuNews.com

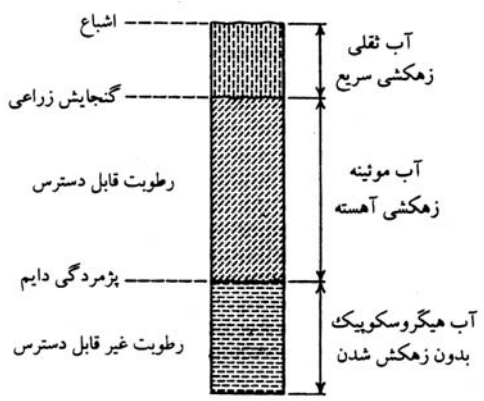
۲-۱۰ نمایه‌های رطوبتی خاک

مفهوم ثابت‌های رطوبتی خاک که در تصمیمات مدیریتی آب آبیاری اهمیت زیادی دارند عبارتند از:

۱. آب ثقلی یا آزاد
۲. ظرفیت مزرعه (گنجایش زراعی)
۳. نقطهٔ پژمردگی موقت و دائم
۴. آب هیگروسکوپیک (آب غشایی)
۵. PF برای بیان میزان رطوبت برحسب پتانسیل ماتریک خاک از این نمایه استفاده می‌شود

$$PF = \log(\Psi_m)$$

Q_m: پتانسیل ماتریک خاک (برحسب cm بدون درنظر گرفتن علامت منفی)



شکل ۲-۲ کلاس‌های آب قابل‌دسترس برای گیاهان و خصوصیات زهکشی در حد فاصل دو کلاس متوالی

۲-۱۰-۱ آب ثقلی

زمانی‌که آب به خاک خشک اضافه می‌شود، در اطراف ذرات خاک توزیع شده و به‌وسیلهٔ نیروهای چسبندگی و پیوستگی (ادهیژن و کوهیژن) نگهداری می‌شود. آب

www.PnuNews.com

اضافه شده جایگزین هوا شده و نهایتاً خلل و فرج را پر می‌کند. پس از این که تمام خلل و فرج ریز و درشت از آب پر شد، خاک به نقطه اشباع رسیده است و این بیشترین مقدار آبی است که خاک می‌تواند نگهداری کند. آب در خلل و فرج درشت آزادانه تحت تأثیر نیروی ثقل حرکت می‌کند و از دسترس ریشه گیاه خارج می‌شود، این آب، آب ثقلی یا آزاد نامیده می‌شود که برای گیاه نیز غیرقابل استفاده است.

۲-۱۰-۲ گنجایش زراعی

پس از این که تمام آب ثقلی از خاک اشباع خارج شد، خلل و فرج درشت پر از هوا شده، اما خلل و فرج ریز هنوز آب دارند. این حالت را که حدوداً ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از آبیاری اتفاق می‌افتد، ظرفیت زراعی[1] گویند پتانسیل رطوبت خاک در ظرفیت زراعی از ۰٫۱تا ۰٫۳ بار است. (۰٫۱ برای خاک شنی و ۰٫۳ برای خاک رسی) در عمل، مدت زمان رسیدن خاک از اشباع کامل به ظرفیت زراعی بستگی به بافت خاک دارد. هرچه بافت خاک سنگین‌تر باشد زمان طولانی‌تری نیاز است و برعکس گنجایش زراعی مطلوب‌ترین میزان رطوبت قابل دسترس برای گیاهان را دارد.

۲-۱۰-۳ رطوبت نقطهٔ پژمردگی

با افزایش مکش ماتریک خاک، مقدار رطوبت قابل‌دسترس خاک برای گیاه کاهش می‌یابد. در مکش ۱۵ بار اکثر گیاهان قادر به جذب آب نیستند. اگر در طول روز، گیاه علائمی از پژمردگی را به سبب تلفات سنگین از طریق تعرق نشان دهد، ممکن است با آبیاری مجدد رفع شود. این حالت، پژمردگی موقت[2] نامیده می‌شود. اما درصورتی‌که پژمردگی گیاه با آبیاری مجدد رفع نشود، حالت پژمردگی دائم[3]) رخ داده است. پتانسیل ماتریک خاک در نقطه پژمردگی دائم برای گیاهان مختلف به مقاومت آن‌ها بستگی دارد. میزان رطوبت در نقطهٔ پژمردگی دائم تابعی از نوع خاک، دمای خاک، سیستم توزیع ریشه در خاک و نوع گیاه است.

1. Field Capacity
2. Temporary wilting
3. Permanent wilting

www.PnuNews.com

۲-۱۰-۴ آب هیگروسکوپیک[1]

تبخیر دائمی از سطح خاک و جذب آب توسط گیاه، مقدار رطوبت خاک را به حدی کاهش می‌دهد که دیگر هیچ آبی به‌وسیلهٔ نیروی موئینگی حرکت نمی‌کند. این آب به‌صورت لایهٔ نازکی به سطح ماتریکس خاک چسبیده است و با نیروی بسیار زیادی جذب سطوح ذرات خاک می‌شود تحت این شرایط نیروی ثقل و موئینگی قادر به انتقال آن نیست و گیاه نیز نمی‌تواند از آن استفاده کند. این حد رطوبت خاک را آب هیگروسکوپیک یا غشایی نامند. آب غشایی با نیرویی حدود ۳۰ بار نگهداری می‌شود.[2]

۲-۱۱ پتانسیل آب خاک

توصیف رطوبت خاک برحسب درصد جرمی یا حجمی نمی‌تواند بیان‌کنندهٔ تمامی حالات آب در خاک باشد لذا علاوه بر مقدار آب، انرژی آب در خاک نیز یکی از ویژگی‌های مهم فیزیک خاک است. آب در خاک، مانند سایر اجسام در طبیعت، شامل فرم‌ها و مقادیر مختلف انرژی می‌باشد. فیزیک کلاسیک دو فرم اصلی انرژی، یعنی انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل را تعریف کرده است. از آنجایی که انرژی جنبشی متناسب با توان دوم سرعت است و آب در خاک به‌کندی حرکت می‌کند، انرژی جنبشی آب در خاک قابل صرف‌نظر کردن می باشد. به‌عبارت دیگر، انرژی پتانسیل، که بستگی به وضعیت و شرایط داخلی خاک دارد، دارای اهمیت بیشتری در تعیین میزان انرژی آب در خاک می‌باشد. انرژی پتانسیل آب در خاک در یک محدوده وسیع تغییر می‌کند. اختلاف انرژی پتانسیل آب بین نقاط مختلف سبب حرکت آب در خاک می‌شود. حرکت آب از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر، و نه از رطوبت بیشتر به رطوبت کمتر، صورت می‌گیرد. نسبت کاهش انرژی پتانسیل به فاصله عامل حرکت است. اطلاع از مقدار نسبی انرژی آب در خاک در هر نقطه، امکان ارزیابی نیروی حرکت آب را در مسیرهای مختلف می‌دهد و همچنین در تعیین مسافتی که آب طی می‌کند تا به تعادل پتانسیل برسد کمک می‌کند. پتانسیل آب در هر نقطه از سیستم آب و فاضلاب مقدار انرژی است که لازم است به یک واحد آب موجود در آن نقطه وارد کرد تا آن را

1. Hygroscopic Water
2. Hansen, V.E. , O.W. Israelsen and G.E.Stringham, 1980 , Irrigation principles and practices, 4th Edition, John wiley and sons, Inc. , N. Y. 417 p.

www.PnuNews.com

از موقعیتی که دارا می‌باشد خارج کرده و در موقعیتی که به‌عنوان مبنا یا مقایسه درنظر می‌گیریم قرار دهد. در سیستم آب و خاک معمولاً وضعیت آب در سطح ایستابی را به‌عنوان مبنا یا سطح مقایسه درنظر می‌گیریم.

عواملی که بر پتانسیل آب در خاک و موقعیت سطح مرجع اثر می‌گذارند شامل میزان جذب آب به ذرات خاک، میزان املاح محلول در خاک، ارتفاع آب خاک از سطح مرجع و فشار کاربردی (منفی یا مثبت) می‌باشد.

اجزای پتانسیل آب خاک

به‌طورکلی می‌توانیم پتانسیل‌های موجود را به‌صورت زیر تقسیم‌بندی کنیم:

۲-۱۱-۱ پتانسیل ثقلی

هر جسمی در سطح زمین به‌وسیلهٔ نیروی جاذبه به سمت مرکز زمین کشیده می‌شود. بالا بردن جسم برخلاف نیروی جاذبه نیاز به صرف کار دارد. این کار به‌صورت انرژی پتانسیل ثقلی در جسم بالا برده شده ذخیره می‌گردد. مقدار این انرژی بستگی به موقعیت جسم در میدان جاذبه زمین دارد.

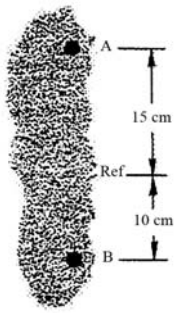
پتانسیل ثقلی آب در هر نقطه به‌وسیلهٔ ارتفاع آن نقطه نسبت به سطح مرجع دلخواه تعیین می‌گردد و خصوصیات شیمیایی آب خاک و شرایط فشار بر آن تأثیر ندارد. به‌عبارت دیگر افزایش یا کاهش پتانسیل آب خاک به‌وسیله تغییر در ارتفاع را مولفه پتانسیل ثقلی می‌نامند. سطح مرجع پتانسیل ثقلی دارای ارتفاع دلخواه است و انتخاب آن اختیاری است. پتانسیل ثقلی در این ارتفاع برابر صفر می‌باشد. این ارتفاع معمولاً سطح خاک، سطح ایستابی و یا هر ارتفاع دیگر می‌تواند باشد پتانسیل در بالای این سطح مرجع مثبت و در پایین آن منفی است. سطح مبنای انتخابی باید در طول محاسبات ثابت باشد. اختلاف پتانسیل ثقلی از مکانی به مکان دیگر در سیستم خاک – گیاه نسبت به مقدار مطلق پتانسیل ثقلی مهم‌تر است.

مثال ۲-۵

دو نقطهٔ A و B را که موقعیت آن‌ها نسبت به سطح مقادیر در شکل مشخص شده

www.PnuNews.com

است در نظر بگیرید. مقادیر پتانسیل ثقلی آب برای این نقاط چقدر است و اختلاف پتانسیل ثقلی بین این دو نقطه چند سانتی‌متر می‌باشد.



شکل ۲-۳

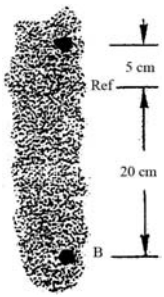
$$\psi_{gA} = +۱۵cm$$

$$\psi_{gB} = -۱۰cm$$

$$\Delta\psi_g = \psi_{gA} - \psi_{gB}$$

$$\Delta\psi_g = (+۱۵) - (-۱۰) = +۲۵$$

سطح مقایسه به‌صورت اختیاری انتخاب می‌شود و گرچه انتخاب محل آن مقادیر پتانسیل ثقلی را تغییر می‌دهد اما اختلاف پتانسیل تقلی بین نقاط، مستقل از محل سطح مقایسه بوده و همواره ثابت است. حال اگر سطح مقایسه را تغییر دهیم، داریم:



www.PnuNews.com

$$\psi_{gA} = +۵cm$$

$$\psi_{gB} = -۲۰cm$$

$$\Delta\psi = \psi_{gA} - \psi_{gB}$$

$$\Delta\psi_g = (+۵) - (-۲۰) = +۲۵$$

همان‌طورکه مشاهده می‌شود با تغییر سطح مبنا در مثال بالا، اختلاف پتانسیل ثقلی تغییر نمی‌کند.

۲-۱۱-۲ پتانسیل ماتریک و فشاری ψ_m و ψ_P

در خاک‌های غیراشباع مولکول‌های آب با یک نیروی جاذبه به جسم یا ماتریکس خاک می‌چسبند و لذا جدا کردن آن‌ها از خاک مستلزم کاری است که باید در جهت عکس به آن وارد شود. این نیرو را پتانسیل ماتریک گویند. پتانسیل ماتریک (ψ_m) در خاک‌های اشباع که در آن آب آزادانه می‌تواند حرکت کند صفر است. اما هرچه خاک خشک شود مقدار پتانسیل ماتریک زیادتر می‌شود (بیشتر منفی می‌شود) زیرا آب باقی مانده در خاک خشک با نیروی بیشتری به ذرات خاک می‌چسبد. بدین ترتیب مقدار پتانسیل ماتریک همیشه منفی و یا حداکثر صفر است چنانچه خاک اشباع باشد مولکول‌های آب نه تنها به ذرات خاک نچسبیده‌اند بلکه ممکن است تحت فشار مثبت نیز باشند مانند خاک‌های زه‌دار و یا برخی لایه‌های آبدار زیرزمینی. در این صورت به‌جای پتانسیل ماتریک، پتانسیل فشاری (ψ_P) وجود خواهد داشت که مقدار آن مثبت می‌باشد. پتانسیل فشاری برای تمام نقاطی که زیر سطح آب قرار دارند مثبت و برابر فاصله عمودی آن نقطه تا سطح آزاد آب است. همان‌طورکه پتانسیل ماتریک برای تمام نقاطی که در بالای سطح ایستابی قرار دارند منفی و مقدار ان برابر فاصله عمودی آن نقطه تا سطح آزاد آب است.

۲-۱۱-۳ پتانسیل اسمزی ψ_S

وجود نمک‌های محلول سبب کاهش پتانسیل آب نسبت به سطح مبنا که آب خالص

www.PnuNews.com

است می‌گردد. این مؤلفه از پتانسیل آب خاک، پتانسیل اسمزی نامیده می‌شود. پتانسیل اسمزی معمولاً منفی یا صفر است. اما در بحث حرکت آب در خاک درنظر گرفته نمی‌شود زیرا مقدار آن در نقاط مختلف خاک یکسان فرض می‌گردد.

۲-۱۱-۴ اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک

پتانسیل ثقلی به‌صورت ساده و از روی فاصله عمودی نقطه تا سطح مقایسه قابل اندازه‌گیری است. پتانسیل فشاری از روی فاصلهٔ نقطه مورد نظر تا سطح ایستابی اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری پتانسیل فشاری خاک معمولاً از لوله‌های پیزومتر[1] استفاده می‌شود. پیزومتر یک لولهٔ ساده دو سر باز است. اگر یک سر لوله را در خاک در نقطهٔ مورد نظر قرار دهیم درصورت وجود پتانسیل فشاری آب در لوله صعود خواهد کرد. ارتفاعی که آب در لوله بالا می‌آید برابر پتانسیل فشاری در آن نقطه است. درصورتی‌که در پیزومتر آب وجود نداشته باشد، به این معنی است که نقطهٔ مورد نظر فاقد پتانسیل فشاری بوده و دارای پتانسیل ماتریک است که پتانسیل ماتریک را با وسیله‌ای به‌نام تانسیومتر[2] اندازه‌گیری می‌کنند.[3]

۲-۱۲ منافذ قابل زهکشی، تخلخل قابل زهکشی، آبدهی ویژه، تخلخل مؤثر

اگر همهٔ خلل و فرج خاک پر از آب باشد آن خاک اشباع است بر اثر نیروی ثقل مقداری از آب اشباع از خاک خارج می‌شود تا به‌جایی که دیگر بر اثر نیروی ثقل آبی از خاک خارج نمی‌شود این آب با نیروی کاپیلاری (نیروی تنش سطحی) در خلل و فرج خاک نگهداری می‌شود زیرا در این مرحله نیروی تنش سطحی از نیروی ثقلی بیشتر بوده و دیگر آبی به‌صورت ثقلی از خاک خارج نمی‌شود. هرچه بافت خاک ریزتر باشد نیروی تنش سطحی آن بیشتر است بنابراین حجم آب خارج شده از خاک کمتر خواهد بود عکس آن هم برای خاک‌های درشت‌دانه صادق است. بنابراین منافذ قابل زهکشی (μ) حجم آب خارج شده از آکیفر غیرمحصور بر واحد سطح آکیفر به‌ازای یک واحد کاهش سطح ایستابی است.

---

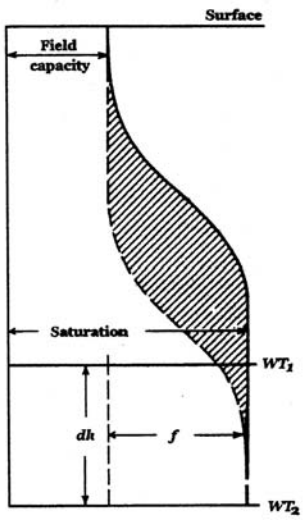
1. Piezometer
2. tensiometer
3. Jones, T.L. 1995, Description of water potential components Dept. of Agronomy and Horticulture, New Mexico state university.

www.PnuNews.com

خلل و فرج ریز نمی‌توانند نقشی در منافذ قابل زهکشی داشته باشند زیرا نیروهای نگهدارندهٔ آب در خلل و فرج ریز بزرگ‌تر از وزن آب است. از این‌رو، آبی از خلل و فرج ریز خاک به‌وسیلهٔ زهکشی ثقلی خارج نخواهد شد. منافذ قابل زهکشی μ نسبت بین تغییرات مقدار آب به عمق سطح ایستابی می‌باشد.

$$\mu = \frac{\text{تغییر مقدار آب ذخیره‌شده درخاک}}{\text{تغییر عمق سطح ایستابی}} \qquad (۱۱-۲)$$

دقت شود که منافذ قابل‌زهکشی یک خاک دست‌نخورده عددی ثابت نیست و به تغییرات عمق سطح ایستابی بستگی دارد. منافذ قابل‌زهکشی حجم آبی است که از واحد حجم خاک تخلیه می‌گردد موقعی که فشار رطوبت خاک از مقدار فشار اتمسفری به مقدار معین منفی کاهش می‌یابد. به طور مثال شکل ۲-۴ پروفیل توزیع رطوبت خاک را برای دو موقعیت مختلف سطح ایستابی نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴ پروفیل‌های رطوبت خاک برای دو مرحله از تغییرات سطح ایستابی نسبت به عمق خاک

منحنی مقادیر رطوبت خاک را در مقابل بالا و پایین رفتن سطح ایستابی نشان می‌دهد. این مقادیر نسبت به عمق به تعادل رسیده است یعنی زمانی اندازه‌گیری رطوبت

www.PnuNews.com

صورت گرفته است که آب برای یک فاصله زمانی ساکن و بدون حرکت بوده است و سطح ایستابی در آن فاصلهٔ زمانی تغییر نکرده است. اگر جابه‌جایی سطح ایستابی سریع باشد شکل توزیع رطوبت متفاوت خواهد بود.

حال فرض کنید سطح ایستابی به موقعیت جدید h_2 رسیده باشد پس از گذشت زمان طولانی مقادیر رطوبت خاک مطابق منحنی ۲ خواهد بود. مقدار آبی که از خاک خارج شده است برابر با کاهش مقدار رطوبتی است که در بالای سطح ایستابی اتفاق افتاده است.

روش دیگر تخمین تخلخل قابل زهکشی ترسیم مجدد منحنی رطوبتی خاک است. تفاوت میزان رطوبت حجمی خاک در حالت اشباع با رطوبت حجمی خاک در پتانسیل کاپیلاری معین برابر با حجم آب قابل زهکشی است.

برای مثال فرض کنید مقدار رطوبت وزنی خاک در نقطهٔ اشباع و فشار صفر برابر ۳۵٪ است. زمانی‌که فشار کاپیلاری به‌اندازهٔ ۱۰۰ cm افزایش می‌یابد رطوبت وزنی خاک ۳۰٪ می‌شود وزن مخصوص ظاهری خاک نیز $۱٫۴ \ {gr}/{cm^3}$ می‌باشد بنابراین رطوبت حجمی خاک برای این دو نقطه برابر است با

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b \quad \text{رطوبت حجمی خاک}$$

$$\theta_v = ۰٫۳۵ \times ۱٫۴ \quad \text{نقطهٔ اشباع}$$

$$\theta_v = ۰٫۴۹ \ {cm^3}/{cm^3} \quad \text{نقطهٔ اشباع}$$

$$\theta_v = ۰٫۳ \times ۱٫۴ \quad \text{نقطهٔ دوم}$$

$$\theta_v = ۰٫۴۲ \ {cm^3}/{cm^3} \quad \text{نقطهٔ دوم}$$

بنابراین

$$\mu = ۰٫۴۹ - ۰٫۴۲ = ۰٫۰۷$$

مقدار ۰٫۰۷ برابر تخلخل قابل زهکشی به‌ازای فشار کاپیلاری ۱۰۰ cm می‌باشد انـدازه

www.PnuNews.com

cm^3 ۰/۰۷ آب از cm^3 ۱ سطح خاک به‌ازای پایین افتادن سطح ایستابی به‌اندازهٔ cm ۱۰۰ از خاک، آب خارج خواهد شد.

در این مثال تغییرات مقدار رطوبت برای $1cm^3$ از سطح خاک درنظر گرفته شده است. کل حجم آبی که از نیمرخ خاک خارج می‌شود. از جمع جبری آب خروجی از ستون‌های کوچک‌تر خاک به‌دست می‌آید. برای المان کوچکی از خاک منافذ قابل زهکشی (μ) تابعی از مقدار فشار کاپیلاری (h) می‌باشد پس می‌توانیم بنویسیم μ تابعی از h است. اگر سطح ایستابی از h_1 به h_2 پایین بیاید مقدار آبی که از این المان خاک خارج می‌شود برابر است با:

$$q = \int_{h_2}^{h_1} f(h)\,dh$$

تابع $f(h)$ را به‌صورت‌های مختلف می‌توان تعریف کرد از آنجاییکه تخلخل قابل زهکشی و فشار کاپیلاری رابطهٔ مستقیم با هم دارند تابع $f(h)$ به‌صورت یک معادلهٔ خطی با شیب a تعریف می‌شود تحت این شرایط مقدار آب خارج شده برابر است با

$$q = \int_{h_2}^{h_1} a \cdot h \cdot dh = \frac{a}{2}(h_1^2 - h_2^2) \qquad (۱۲-۲)$$

گاهی به منافذ قابل زهکشی آبدهی ویژه، تخلخل قابل زهکشی، حجم خلل و فرج قابل زهکشی، تخلخل مؤثر نیز اطلاق می‌شود. از نظر ابعادی مقدار آن به‌صورت درصد بیان می‌شود که کمترین مقدار آن ۵٪ برای خاک‌های رسی و ۳۵٪ برای خاک‌های شنی و شن‌های ماسه‌ای می‌باشد. آبدهی ویژه[1] حجم آبی است که از یک حجم معین خاک اشباع تحت نیروی ثقل خارج می‌گردد. آبدهی ویژه به‌صورت درصدی از کل حجم خاک اشباع بیان می‌گردد:

$$S = \frac{\text{کل حجم خاک اشباع}}{\text{حجم آب زهکشی‌شده}} \times ۱۰۰ \qquad (۱۳-۲)$$

آبدهی ویژه یا ضریب تخلخل مؤثر (قابل زهکشی) اراضی را می‌توان به‌طور

1. Specific yield

www.PnuNews.com

مستقیم از طریق برداشت نمونه‌های دست نخورده، در آزمایشگاه فیزیک خاک تعیین نمود. متأسفانه چنین آزمون‌هایی دقت لازم را نداشته و کاربرد عملی آن با اشکالاتی به همراه است، ضمن آن‌که روش پرهزینه‌ای نیز محسوب می‌گردد. از جمله عوامل مهم در پرهزینه بودن این روش، تعددّ نمونه‌برداری‌ها از نیم‌رخ خاک می‌باشد.

در روش آزمایشگاهی تعیین ضریب آبدهی ویژه یا تخلخل مؤثر خاک، ابتدا نمونه‌های دست نخورده خاک، از منطقه مورد نظر تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه و انجام مراحل اندازه‌گیری نتایج به‌دست آمده با ساختمان و بافت خاک مربوطه تطبیق و از نظر همبستگی کنترل می‌شود و در نهایت اطلاعات حاصله با ارقام تجربی و نظری دیگر جهت افزایش دقت سنجیده و مقایسه می‌گردد. پس از انجام این آزمایشات می‌توان از ارقام به‌دست آمده متناسب با گروه‌های مختلف خاک‌های منطقه به‌طور موقت استفاده نمود.

از آن‌جایی که آبدهی ویژه یا تخلخل مؤثر مقدار آب موجود در خاک است که تحت تأثیر نیروی ثقل و سایر نیروهای داخلی خاک از آن خارج می‌شود و به‌طور معمول، سهم نیروی ثقل چندین برابر سایر نیروهای داخلی است، بنابراین آبدهی ویژه تقریباً برابر مقدار آبی است که بین حد اشباع[1] و ظرفیت مزرعه[2] قرار دارد. به‌طور معمول برای برآورد آبدهی ویژه از روش‌های تجربی استفاده می‌شود. در یکی از این روش‌های تقریبی، مقدار آبدهی ویژه از رابطهٔ زیر تخمین زده می‌شود.

$$S = \sqrt{k} \qquad (۱۴-۲)$$

که در آن:

s: آبدهی ویژه یا تخلخل قابل زهکشی (مؤثر) به‌صورت درصد

k: هدایت هیدرولیکی اشباع خاک برحسب (سانتی‌متر در روز)[3]

مثال ۲-۶

از یک ستون خاک اشباع به شعاع ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر، ۴ لیتر آب بر

1. Saturation percentage
2. Field capacity
3. Kadam, u.s. , Thokal, R.T, Gorantiwar, S.D and A.G. power, 2008, Agricultural Drainage principles and practices, New Delhi, 539 p

www.PnuNews.com

اثر زهکشی تخلیه شده است. آبدهی ویژهٔ خاک را تعیین کنید:

$$S = \frac{\text{حجم آب زهکشی‌شده}}{\text{کل حجم خاک اشباع}} \times ۱۰۰$$

$$S = \frac{۴ \times ۱۰۰۰\,cm^۳}{(\pi \times ۱۲^۲ \times ۱۲۰)} \times ۱۰۰ \Rightarrow S = ۷/۴\%$$

مثال ۲-۷

در مزرعه‌ای هدایت هیدرولیکی خاک ۲۰ میلی‌متر در ساعت تعیین شده است تخلخل مؤثر مزرعه را حساب کنید.

$$k = \frac{۲۰\,mm}{hr} \times \frac{۱cm}{۱۰\,mm} \times \frac{۲۴\,hr}{۱day} = ۴۸\frac{cm}{day}$$

$$S = \sqrt{k}$$
$$S = \sqrt{۴۸}$$
$$S = ۷\%$$

مثال ۲-۸

از یک ستون خاک اشباع تحت عمل زهکشی ۳/۲ لیتر آب خارج شده است. اگر سطح مقطع ستون خاک ۴۵۰ سانتی‌متر مربع و آبدهی ویژه آن ۹ درصد باشد افت سطح ایستابی در ستون خاک را حساب کنید

$$S = \frac{\text{حجم آب زهکش‌شده}}{\text{کل حجم خاک اشباع}} \times ۱۰۰$$

$$۹ = \frac{۳/۲ \times ۱۰۰۰}{۴۵۰ \times h} \times ۱۰۰$$

$$h = ۷۹\,cm$$

www.PnuNews.com

۲-۱۳ سطح ایستابی

سطح ایستابی حد فاصل بین منطقهٔ آبدار زیرزمینی و منطقهٔ غیراشباع خاک است. بـرای مشاهده آن کافی است چاهکی در خاک حفر شود، محلی که آب در داخل چاهـک بـه حال تعادل قرار می‌گیرد موقعیت سطح ایستابی آب را نشان می‌دهد.

در منطقهٔ اشباع زیر سطح ایستابی تمام خلل و فرج خاک از آب پر شده است و شامل دو فاز جامد خاک و مایع آب می‌باشد. در حالی که منطقهٔ غیراشباع بالای این سطح سه فاز جامد، مایع و هوای خاک وجود داشته و خلل و فرج خاک از آب و هوا پر شده است.

۲-۱۴ فشار آب در خاک

فشار میزان نیرو در واحد سطح مقطع است معمولاً با علامت P نشان می‌دهند. در آحاد بین‌المللی واحد نیرو، نیوتن (نیرویی که بتواند جرم یک کیلوگرم را با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه به حرکت درآورد) و واحد فشار پاسـکال (نیـوتن بـر مترمربـع) اسـت در سیستم آب و خاک غالباً فشار را برحسب ارتفاع آب یا ارتفاع هیدرولیکی[1] و یا به‌طـور اختصار ارتفاع یا بار (head) توصیف می‌کنند که عبارت است از:

$$P = \rho_w \cdot g \cdot H \qquad (۱۵-۲)$$

P: فشار برحسب پاسکال (P_a)

ρ_w: چگالی آب در شرایط نرمال دمای خاک (برابر $۱۰^۳ \ kg/m^۳$)

g: شتاب ثقل زمین (برابر $۹٫۸ \ m/sec^۲$)

H: بار فشار برحسب متر

در فشارهای زیاد می‌توان از واحدهای بار (bar) و اتمسفر نیز استفاده نمود

پاسکال $۱۰^۵$= یک بار

۱٫۰۱۳۲ Bar= یک اتمسفر

یا به‌طور تقریب:

1. Hydraulic head

www.PnuNews.com

(متر ارتفاع آب) ۱۰= یک اتمسفر = یک بار

برای نشان دادن فشار منفی رطوبت خاک از واژهٔ شدت رطوبت PF استفاده می‌شود که مقدار آن برابر است با

$$PF=\log |\psi_m| \qquad (۱۶-۲)$$

(ψ_m پتانسیل ماتریک خاک بر حسب سانتی‌متر)

۲-۱۴-۱ فشار آب در بالای سطح ایستابی

در بالای سطح ایستابی دو نوع نیرو حکم‌فرماست که عبارتند از نیروهای موئینه‌ای و نیروهای جذب سطحی که اگر این دو نیرو را بر سطح مقطع تقسیم کنیم فشار آب در بالای سطح ایستابی به‌دست می‌آید.

الف) نیروهای موئینه‌ای (کاپیلاری): این نیرو اساساً به دلیل نیروهای کشش سطحی است که بستگی به چسبندگی[1] بین مولکول‌های آب و خاک و کوچک بودن منافذ خاک دارد. به‌دلیل وجود نیروهای کاپیلاری، سطح آب در داخل لوله‌های موئینه هلالی‌شکل است. فشار در زیر سطح هلالی‌شکل منفی می‌باشد که فشار موئینه‌ای می‌نامند مقدار آن برابر است با:

$$P_{cap}=\frac{-2\tau}{R\rho_w g} \qquad (۱۷-۲)$$

P_{cap}: فشار موئینه‌ای (معادل ارتفاع ستون آب)

τ: کشش سطح آب[2] (برابر با $۰/۰۷۳ \ N/m$) (در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)

R: شعاع انحناء هلالی‌شکل سطح آب که معمولاً برابر شعاع لوله درنظر می‌گیرند (متر)

ρ_w: چگالی آب (برابر با $۱۰^۳ \ kg/m^۳$)

g: شتاب ثقل زمین (برابر با $۹/۸ \ m/sec^۲$)

1. Adhesion
2. Surface tension

www.PnuNews.com

ب) نیروهای جذب سطحی: این نیروها شامل نیروهای وان در والس[1] و الکترواستاتیک می‌باشند که به‌وسیلهٔ ذرات باردار کلوئیدی به آب وارد می‌شود. مقدار نیروهای جذب سطحی در خاک‌های کلوئیدی (رسی) زیاد و در خاک‌های غیرکلوئیدی (شنی) اندک می‌باشد.

نیروهای جذب سطحی و کاپیلاری باعث می‌شوند که رطوبت موجود در خاک به ذرات تشکیل‌دهندهٔ اسکلت خاک چسبیده و لذا رطوبت در بالای سطح ایستابی نگهداشته شود. در غیراین‌صورت تمام آب‌های موجود در خاک سرانجام وارد سطح ایستابی می‌شدند. فشار در رطوبت خاک منفی است که به آن تنش یا مکش خاک نیز می‌گویند که با تانسیومتر اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۱۴-۲ فشار در زیر سطح ایستابی

مقدار فشار در سطح ایستابی آزاد برابر فشار اتمسفر است ولی در زیر سطح ایستابی، فشار در هر نقطه برابر است با فشار اتمسفر به‌اضافهٔ فشاری معادل ارتفاع ستون آبی که در بالای آن نقطه قرار گرفته است. پس در زیر سطح ایستابی فشار بزرگتر از فشار اتمسفر است که مقدار آن را می‌توان به‌وسیلهٔ پیزومتر اندازه‌گیری کرد. پیزومتر لوله‌ای گالوانیزه دو سر باز می‌باشد که به داخل زمین تا نقطه‌ای که قرار است فشار آن نقطه اندازه‌گیری گردد رانده می‌شود. قطر پیزومتر بایستی به اندازهٔ کافی بزرگ باشد تا نیروی کاپیلاری اثری نداشته باشد و همچنین وسایل اندازه‌گیری سطح آب به‌راحتی به داخل پیزومتر فرو رود. از طرف دیگر هر اندازه قطر پیزومتر کوچکتر باشد هزینهٔ آن کمتر و نصب آن راحت‌تر خواهد بود.[2]

۲-۱۵ حرکت آب در خاک

سیستم آب و خاک ممکن است به‌صورت دو جزئی و یا سه جزئی باشد در حالت دو جزئی خاک اشباع و فاقد هوا می‌باشد بنابراین حرکت آب در این حالت را حرکت در

---

1. Vander waals

۲. علیزاده، ۰۱، ۱۳۸۴، زهکشی جدید (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۹۶ صفحه.

www.PnuNews.com

حالت اشباع گویند. در وضعیت سه‌جزئی، علاوه‌بر آب، مقداری هوا نیز در خاک موجود است. بنابراین حرکت آب در چنین خاک‌هایی به‌صورت غیراشباع می‌باشد. در حالت اشباع قسمت عمدهٔ جریان آب از منافذ درشت خاک عبور می‌کند و کمتر در برخورد و تماس با دانه‌های خاک قرار می‌گیرد درحالی‌که حالت غیراشباع جریان آب از منافذ ریز خاک عبور کرده و درنتیجه اصطکاک بیشتری با ذرات خاک پیدا می‌کند به‌همین علت جریان آب در حالت اشباع سریع و در حالت غیراشباع بسته به درجهٔ خشکی خاک کند و اندک می‌باشد. با این وجود، هم در جریان اشباع و هم در جریان غیراشباع، عامل اصلی که باعث حرکت یک مولکول آب از یک نقطه به نقطهٔ دیگر می‌شود اختلاف پتانسیل هیدرولیکی است که بین دو نقطه ممکن است وجود داشته باشد.

۲-۱۶ قانون دارسی

دارسی در سال ۱۸۵۶ میلادی معادله اساسی جریان آب زیرزمینی در خاک را ارائه داد طبق این معادله حجم آبی که در یک خاک شنی در واحد زمان در حال حرکت است با سطح مقطع جریان و اختلاف بار هیدرولیکی ($\Delta h = h_1 - h_2$) رابطه مستقیم و با طول ستون خاک رابطهٔ معکوس دارد بنابراین می‌توان نوشت:[1]

$$Q = k\frac{\Delta h}{L}A \qquad (۱۸-۲)$$

Q: دبی (m^3/sec)

Δh: اختلاف بار هیدرولیکی بر حسب (m)

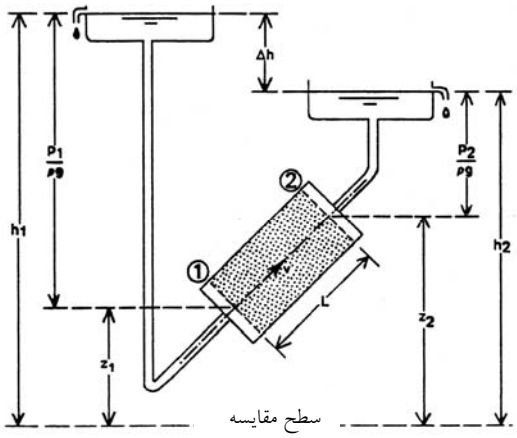
K: ضریب نفوذپذیری که هدایت هیدرولیکی نامیده می‌شود (m/sec)[2]

L: طول مسیر ستون خاک (m)

A: سطح مقطع ستون خاک (m^2)

1. Kadam, u.s. , Thokal, R.T, Gorantiwar, S.D and A.G. power, 2008, Agricultural Drainage principles and practices, New Delhi, 539 p
2. Hydravlic conductivity

www.PnuNews.com



شکل ۲- ۵

خلاصه فصل دوم

خاک بایستی اکسیژن، آب و مواد غذایی را در اختیار گیاه قرار دهد و لنگرگاه محکمی برای گیاه باشد. از پارامترهای فیزیکی خاک می‌توان چگالی واقعی و ظاهری خاک، تخلخل، نسبت پوکی، درجه اشباع، رطوبت جرمی و حجمی خاک را تعریف کرد. بر اساس میزان آبی که در خاک وجود دارد می‌توان آب ثقلی، گنجایش زراعی، نقطه پژمردگی موقت و دائم و آب هیگروسکوپیک را نام برد. آب خاک دارای پتانسیل‌های ثقلی، ماتریک یا فشاری و پتانسیل اسمزی است که به‌وسیله پیزومتر پتانسیل فشاری و به کمک تانسیومتر پتانسیل ماتریک اندازه‌گیری می‌گردد. بر اساس میزان آبی که بتواند از خاک خارج شود منافذ قابل زهکشی، تخلخل قابل زهکشی، آبدهی ویژه و تخلخل مؤثر تعریف می‌شود.

فشار در بالای سطح ایستابی برابر مجموع نیروهای موئینه‌ای و جذب سطحی بر سطح مقطع و در سطح ایستابی آزاد برابر فشار اتمسفر و در زیر سطح ایستابی در هر نقطه برابر با فشار اتمسفر به اضافه فشاری معادل ستون آبی که در بالای آن نقطه قرار گرفته است، می‌باشد.

www.PnuNews.com

فصل سوم

مطالعات زهکشی

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با فاکتورهای مورد نیاز مطالعه زهکشی می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

۱. لایه غیر قابل نفوذ را تعریف کند.
۲. ارتباط لایه‌های مختلف زمین‌شناسی با مسئله زهکشی را شرح دهد.
۳. منشأ آب اضافی که زهکشی اراضی را ایجاب می‌نماید نام ببرید.
۴. روش‌های خارج نمودن آب‌های اضافی خاک را با سیستم زهکشی مناسب توضیح دهد.
۵. راه‌های اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی را نام ببرد.
۶. عمق مجاز سطح ایستابی را بداند و چگونگی استفاده از اطلاعات سطح ایستابی در مسائل زهکشی را بیان کند.
۷. موارد استفاده از نقشه‌های توپوگرافی در مسئله طراحی زهکش‌ها را نام ببرد.
۸. ویژگی‌هایی از خاک را که با مسائل زهکشی ارتباط دارند را نام ببرد.
۹. عواملی که بر قابلیت زهکشی خاک و اراضی تأثیر می‌گذارند را شرح دهد.

www.PnuNews.com

۳-۱ حدود مطالعه و بررسی

اختلاف و تنوع زیاد مسائل زهکشی ایجاب می‌کند که در ابتدای کار هر بررسی خاص، تحلیل و درک روشنی از هدف آن داشته باشیم. می‌بایست حدود مطالعه و بررسی و سطح گزارش مستقیماً متوجه مقاصد خاص آن باشد، می‌بایست اهداف نیز با توجه به دورنمای اقتصادی و مناسبت آن هدف بنا نهاده شوند. لازم‌است حداقل اطلاعات پایه مورد نیاز تعیین گردند. باید اطلاعات موجود را ارزیابی نموده و بهترین وسیله دستیابی به اطلاعات اضافی لازم را تعیین نماییم.

می‌بایست هر پروژه زهکشی و یا هر قطعه از احداث آن توجیه اقتصادی داشته باشد. کار اصلی مهندس زهکشی برپا نمودن یک سیستم قابل اجرای زهکشی با حداقل هزینه می‌باشد. بعضی از مسایل زهکشی ساده بوده و حل آن‌ها نیز به‌سرعت امکان‌پذیر می‌باشد و بنابراین نیاز به بررسی محدودی خواهند داشت، لکن اکثر مسائل زهکشی پیچیده بوده و نیاز به مطالعه کامل روابط بین خاک، آب، گیاه، املاح و روش‌های آبیاری دارند.

۳-۲ فاکتورهای مورد نیاز مطالعه

عوامل عمده در هر مطالعه زهکشی شامل توپوگرافی، خاک، املاح، آب زیرزمینی و نیز منابع و مقادیر آب اضافی می‌باشند. می‌بایست در هر مطالعه به این سؤالات پاسخ داده شوند:

- آیا آب و نمک اضافی در حال حاضر وجود دارد یا در آینده وجود خواهد داشت؟
- منبع آب و نمک اضافی چیست؟
- بهترین سیستم زهکشی کدام است؟
- چه مقدار آب و نمک می‌بایست خارج گردند؟
- آیا انجام زهکشی می‌تواند اقتصادی باشد.

۳-۳ مرور بر اطلاعات موجود

اولین اقدام در مطالعات زهکشی، جمع‌آوری، مرور و تجزیه و تحلیل داده‌های موجود می‌باشد. اطلاعات زمین‌شناسی، خاک، توپوگرافی، سطوح آب و نوسانات، نزولات

www.PnuNews.com

جوی، املاح، مقدار آب زیرزمینی و جریان سطحی از این جمله می‌باشند. تجزیه و تحلیل این داده‌ها، کافی بودن و یا میزان و نوع اطلاعات مورد نیاز اضافی را تعیین خواهد نمود.

۳-۴ مطالعه و بررسی مقدماتی صحرایی

این بخش از مطالعات یکی از مهم‌ترین گام‌ها در مطالعات مسائل زهکشی است. اطلاعات اولیه و اثرات آن‌ها در ارزیابی شرایط جاری و برنامه‌ریزی مطالعات اضافی بسیار ارزشمند خواهد بود درصورت امکان می‌بایست در بررسی و مطالعهٔ صحرائی محقق با فردی آشنا به منطقه، همراه گردد.

در صورت دست‌یابی بررسی‌کننده به اطلاعات زیر مطالعهٔ اولیه میدانی کامل‌تر خواهد بود:

الف) محل قرار گرفتن و ظرفیت مجاری هرز آب طبیعی

ب) محل قرار گرفتن و شرایط آبراهه‌های خروجی

ج) بالاترین داغ‌آب یا اطلاعات دیگری که ممکن است در ارزیابی جریان‌های سیل به‌کار روند.

د) محل قرار گرفتن و مشخصات کانال‌های اصلی و فرعی، چاه‌ها، چشمه‌ها، استخرها، محل‌های ذخیرهٔ آب و سایر منابع ممکن آب تحت‌الارضی

هـ) روش‌های محلی آبیاری شامل روش‌های کاربرد آب و راندمان آبیاری

و) برآوردی از سطح ایستابی فعلی آب زیرزمینی و اطلاعاتی در مورد نوسان و جهت حرکت آن

ز) وضعیت فعلی کشت و کار و شرایط کشت و بررسی تغییرات احتمالی در آینده

ح) نوع، محل استقرار، فاصله، عمق و تأثیر هر نوع زهکشی در منطقهٔ مورد مطالعه یا مناطق مجاور، تجزیه و تحلیل زهکش‌های مناطق مجاور یکی از مهم‌ترین موارد بررسی می‌باشد. زهکش در مناطق مشابه می‌توانند دقیق‌ترین پایه ارزیابی نیاز زهکشی در منطقه مورد مطالعه باشند.

ط) وضعیت توپوگرافی منطقه که به‌طور بارزی در محل قرار گرفتن زهکش‌ها مؤثر می‌باشند.

www.PnuNews.com

ی) تعیین شوری یا قلیائیت

۳-۵ مطالعات زیرزمینی

یک بررسی خوب شرایط و وضعیت زیرزمینی نشان‌دهندهٔ تعادل بین داده‌های موجود، میزان و نوع اطلاعات اضافی مورد نیاز و نیز زمان، پول و نیروی انسانی قابل دسترسی می‌باشد. اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی نشان‌دهندهٔ بیشترین سرمایه‌گذاری از نظر زمان، پول و نیروی انسانی است. اما داده‌های به‌دست آمده از آن، مهم‌تر از همه داده‌های استخراج شده از مطالعات زیرزمینی می‌باشد. بنابراین می‌بایست هدایت هیدرولیکی از طریق بهترین تکنیک‌ها اندازه‌گیری شود.

۳-۶ شناسایی لایه غیرقابل نفوذ

بر اساس تعریف دفتر عمران اراضی لایه غیر قابل نفوذ به لایه‌ای اطلاق می‌گردد که دارای هدایت آبی آن برابر یا کمتر از $\frac{۱}{۱۰}$ هدایت هیدرولیکی وزنی طبقات روی خود باشد.

۳-۷ مطالعات زمین‌شناسی

اغلب تحولات زمین‌شناسی مناطقی را به‌وجود می‌آورد که پوشش خاکی در روی تشکیلاتی قرار می‌گیرد که مشخصات آن‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای با مشخصات تشکیلات زیر آن متفاوت می‌باشد. ممکن‌است خاک‌های لایه‌های زیرین دارای سطحی ناهموار با عوارض مشهود باشد. چنانچه این لایه‌ها دارای نفوذپذیری کمتری نسبت به خاک رویی باشد ممکن‌است بر حرکت آب زیرزمینی تأثیر بگذارد. در این صورت این تشکیلات مانع نفوذ عمقی آب و یا حرکت افقی آب زیرزمینی خواهند شد.

اگر سطح لایه‌های زیرین دارای عوارض قابل ملاحظه‌ای باشد موجب می‌گردد آب زیرزمینی به‌صورت کانال به سمت نقاط پست‌تر از نظر توپوگرافی هدایت گردیده و مناطق اطراف نیز به‌صورت تغذیه کننده این کانال طبیعی درآید. تحت این شرایط کلید زهکشی موفق منطقه سوراخ کردن کانال ایجاد شده با تعدادی زهکش و چاه

www.PnuNews.com

می‌باشد. از طرف دیگر ممکن است توپوگرافی سطح لایه‌های زیرین در مقابل حرکت جانبی آب زیرزمینی و جریان آن به درون مجرای خروجی طبیعی یا ساخته شده به حالت بند یا سد عمل نماید. در هر دو صورت بررسی دقیق مناطقی که احتمال برخورد ناجور تشکیلات غیرقابل نفوذ زیرین با لایهٔ بالایی خود را دارند ضروری می‌باشد.

ممکن‌است سیستم چاهک مشاهده‌ای معمول نشان‌دهنده شرایط واقعی تحت‌الارضی نباشد. در مناطقی که یک لایه شیست رسی (shale) شناسایی گردیده و نیز در مناطقی که حفاری‌های عمقی وجود طبقات غیرقابل نفوذ موج‌دار را به اثبات رسانده است، تعیین محل و نیز تهیهٔ نقشهٔ سطح لایهٔ غیرقابل نفوذ از طریق حفر تعداد زیادی چاهک نزدیک به‌هم ضروری می‌باشد.

۳-۸ مطالعات منابع آب

۸-۳-۱ کلیات

منشأ آب اضافی که موجب به‌وجود آمدن مسئله زهکشی می‌گردد معمولاً به یکی از موارد زیر مربوط می‌گردد

۱. نزولات جوی
۲. آبیاری
۳. نشت یا تراوش سطحی
۴. فشار هیدرواستاتیکی از یک لایه آبدار آرتزین

می‌بایست منشأ آب زهکشی معلوم گردد تا بتوان روش مناسب در جلوگیری از آن اتخاذ نمود چنانچه منشأ آب به‌وجود آورنده مسئله زهکشی، نزولات جوی باشد، راه‌حل آن در احداث زهکش‌های سطحی اضافی خواهد بود. در صورتی‌که مسئله بر اثر آبیاری مازاد باشد راه‌حل آن تخلیه آب اضافی به‌کار رفته به داخل زهکش‌ها می‌باشد. (باید این مطلب را در نظر داشت که در عمل خاک‌های مناطق خشک به آبیاری زیادتری از حد مصرف خود به منظور کنترل نمک نیاز دارند).

در شرایطی که منشأ زه‌آب تراوش سطحی باشد راه‌حل آن پوشش کانال‌ها می‌باشد. درصورتی‌که منشأ زه‌آب خاک، فشار هیدروستاتیکی باشد، راه‌حل آن می‌تواند پمپاژ آب اضافی به‌وسیلهٔ حفر چاه (زهکش عمودی) باشد. می‌توانند تمام راه‌حل‌های

www.PnuNews.com

ذکر شده در فوق در ترکیب با زهکش‌های گشایشی یا حایل به‌کار روند.

۸-۳-۲ نزولات جوی

میزان نزولات جوی جهت مطالعه هم‌بستگی بین بارندگی و هرز آب را از نقطه نظر اثر آن روی رواناب سطحی و همچنین نوسانات آب زیرزمینی می‌بایست مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. لازم است رابطهٔ تغییرات سطح ایستابی با توزیع بارندگی تعیین و همچنین هم‌بستگی آمارهای درازمدت بارندگی با هیدروگراف‌های بلندمدت سطح ایستابی تعیین گردد.

۸-۳-۳ آبیاری

عمدتاً مسائل زهکشی از عملیات آبیاری ناشی می‌گردد. به‌منظور تعیین این‌که آیا آبیاری اضافی موجب مسئله زهکشی در اراضی می‌شود بایستی موارد زیر مورد بررسی قرار گیرد:

۱. اثر هر آبیاری بر سطح آب زیرزمینی
۲. نوسانات سطح ایستابی در طول فصل آبیاری و نیز در زمان فقدان آبیاری (فصل غیر آبیاری)
۳. درصورت امکان تغییرات سطح ایستابی در طی چند سال قبل و بعد از شروع آبیاری

می‌بایست میزان آبیاری متناسب با تیپ خاک و نیاز محصول باشد و دادن آب در حد نیاز محصول و فقط بیلان نمک ایده‌آل خواهد بود.

۸-۳-۴ نشت آب

نشت آب می‌تواند منبع عمدهٔ حرکت آب زیرزمینی به داخل بسیاری از مناطق مبتلا به مسائل زهکشی باشد. قسمت اعظم نشت آب از توسعهٔ تأسیسات آبیاری از قبیل ایجاد انهار اصلی و فرعی ایجاد مخازن ذخیره آب و یا آبیاری اراضی مرتفع و درنتیجه تراوش آب به پایین‌دست ناشی می‌شود. در بعضی حالات نشت آب درنتیجهٔ بارندگی یا ذوب برف در مناطق مرتفع بالادست حاصل می‌شود. از طریق مقایسه نوسانات سطح ایستابی با سطح آب در کانال‌ها و مخازن ذخیره آب و یا آب آبیاری مورد مصرف در

www.PnuNews.com

مناطق مرتفع بالادست می‌توان به منشأ تراوش یا نشت پی برد. رشد گیاهانی نظیر نی باغی، بید و سایر گیاهان آب‌دوست در نهرهای پایین‌دست تشکیل شده از تراوش احتمالی، نشانهٔ بالا آمدن سطح آب تحت‌الارضی خواهد بود.

سایر روش‌های پی‌بردن به نشت آب شامل کاربرد مواد رادیوایزوتوپ، رنگ‌ها، املاح و استفاده از چاهک‌های مشاهده‌ای و پیزومترها می‌باشند.

۸-۳-۴ فشار هیدرواستاتیک

ممکن است در بعضی مناطق فشار هیدروستاتیک ناشی از طبقات آبدار زیرین موجب خسارت شود. فشار هیدرواستاتیکی یا آرتزین در جایی که یک لایه کم نفوذپذیر بر روی یک لایه اشباع نفوذپذیر تحت فشار قرار گرفته باشد پیدا می‌شود. بر اثر فشار هیدرواستاتیک آب از طریق لایه کم‌نفوذپذیر یا از طریق شکستگی‌های موجود در این لایه به سمت بالا حرکت می‌نماید. ممکن‌است آب آرتزین در مناطقی که چاه‌های قدیمی آرتزین در قسمت‌های زیرین نشت می‌نمایند و یا در مناطقی که آزادانه آب چاه بدون داشتن تأسیسات تخلیه جریان بر روی زمین جاری می‌گردند، موجب صدمه گردد.

۹-۳ مطالعات آب زیرزمینی

۹-۳-۱ کلیات

مطالعات آب زیرزمینی اطلاعات لازم را در حل مسئله زهکشی را تهیه می‌نماید. می‌بایست مناطقی که در آن سطح آب زیرزمینی تا نزدیکی‌های سطح زمین بالا آمده و یا پیش‌بینی می‌شود صعود خواهد نمود را نقشه‌برداری کرد. اطلاعات مربوط به عمق، جهت حرکت و نیز حرکت‌های آب جهت درک مسئله ضروری می‌باشد. بررسی آب زیرزمینی نیازمند اطلاعاتی در زمینهٔ وضع، شرایط، وسعت و نوسانات سطح ایستابی مقدار و مسیر حرکت آب زیرزمینی و نیز تعیین منابع و مناطق تخلیه آن‌ها می‌باشد. بررسی‌ها از طریق چاهک‌های مشاهده‌ای و پیزومترها و نیز تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌های متناوب انجام خواهد شد.

تناوب زمان اندازه‌گیری‌های انجام‌شده از طریق چاهک‌های مشاهده‌ای و

www.PnuNews.com

پیزومترها بستگی به مسئله خاص مورد مطالعه دارد. ممکن‌است تناوب قرائت سطح ایستابی از روزانه تا فصلی تغییر نماید امّا به‌طورکلی لازم‌است قرائت‌ها به‌صورت ماهانه انجام شود. هدف اندازه‌گیری‌ها شامل ثبت نوسانات آب زیرزمینی در طول یک دورهٔ زمانی که منعکس‌کنندهٔ همه عوامل مؤثر در سطح آب زیرزمینی است. حداقل قرائت یک دورهٔ کامل یک‌ساله قبل از تعیین محل و طراحی سیستم زهکشی، مورد نیاز می‌باشد.

داده‌های مشاهده شده سطح ایستابی بدون تجزیه و تحلیل اهمیت آن‌ها بی‌معنی خواهند بود. درواقع جمع‌آوری صرف داده‌ها، هزینه بی‌مورد بوده مگر در شرایطی که موضوع به شکلی با به نقشه درآوردن اطلاعات برای مطالعه و تفسیر نتایج، دنبال گردد. تفسیر توسط شخص جمع‌آوری‌کننده اطلاعات آغاز می‌گردد و می‌بایست که به تغییرات سریع در شرایط توجه نموده و آن را در کار خود منظور دارد.

۳-۱۰ آب زیرزمینی جمع شده در زهکش‌ها

آب زیرزمینی بخشی از چرخه هیدرولوژی بوده که در آن قسمتی از نزولات وارد شده به سطح زمین به داخل خاک نفوذ کرده تا وارد آب زیرزمینی شوند. آب زیرزمینی به آهستگی از سطوح مرتفع‌تر به سطوح پایین‌تر حرکت می‌نماید. با گذشت زمان مخازن آب زیرزمینی مجدداً با نزولات جوی نفوذ یافته، پر شده و به داخل یک خروجی طبیعی نظیر چشمه یا آبراهه جاری می‌گردد. درنتیجه این گردش طبیعی، سطح آب زیرزمینی در طول دوره نزولات سنگین و نفوذ عمقی بیشتر بالا آمده و موجب افزایش جریان در مجرای طبیعی می‌گردد. کاهش نزولات جوی پایین رفتن سطح آب زیرزمینی و تقلیل جریان در مجرای طبیعی را به دنبال دارد. در شرایطی که تغذیه آب زیرزمینی و تخلیه طبیعی به یک میزان تغییر نمایند حالت پایدار سفره آب زیرزمینی ایجاد می‌گردد.

اجرای آبیاری موجب افزایش نفوذ عمقی و برهم زدن این تعادل دینامیکی می‌گردد. تحت این شرایط سطح آب زیرزمینی صعود کرده و تخلیه در مجرای طبیعی افزایش می‌یابد. چنانچه افزایش سالانه آب بیش از توان تخلیه مجاری طبیعی باشد، سطح آب زیرزمینی در جستجوی خروجی‌های دیگر بالا خواهد آمد. چنانچه آب زیرزمینی تا نزدیکی سطح زمین صعود نماید موجب صدمه به محصولات کشاورزی

www.PnuNews.com

گردیده و در این حالت می‌بایست مجاری تخلیه آب مازاد به شکل مصنوعی با استفاده از سیستم‌های زهکشی توسط انسان احداث گردد. زهکش‌ها مانع رسیدن سطح آب به منطقهٔ توسعهٔ ریشه می‌گردند. معمولاً عمق سطح ایستابی ۰/۹ الی ۱/۵ متر، بسته به شرایط منطقه‌ای و نوع محصول مطلوب می‌باشد.

داده‌های مشاهده شده از سیستم‌های زهکشی موجود را می‌توان برای تعیین ظرفیت طراحی و نیازهای یک شبکه جدید زهکشی، در صورت مشابه بودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، الگوی کشت، آب و هوا، مدیریت آبیاری و سایر شرایط مورد استفاده قرار داد. قبل از کاربرد اطلاعات به‌دست آمده از پروژه‌های زهکشی موجود، باید کارایی این سیستم‌ها مورد بررسی قرار گیرد. در صورت تأمین انتظارات طرح می‌توان از اطلاعات آن‌ها در طراحی سیستم‌های جدید استفاده کرد.

۳-۱۱ توپوگرافی

توپوگرافی یکی از مهم‌ترین عواملی است که در طرح کلی زهکشی تأثیر داشته و نحوه قرار گرفتن زهکش‌های انتقالی، خروجی و جمع‌کننده‌ها براساس توپوگرافی زمین تعیین می‌شود.

توپوگرافی می‌تواند در تصمیم‌گیری برای احداث یک سیستم زهکشی سبک یا سنگین تأثیر داشته باشد. در شرایطی که شیب سطحی زمین مناسب باشد. نزولات جوی اضافی و آب آبیاری با سرعت بیشتری به سمت خروجی حرکت می‌کند. این حرکت سریع آب اضافی موجب کاهش نفوذ عمقی آب می‌گردد. تحت این شرایط با توپوگرافی مناسب می‌توان به‌جای احداث زهکشی زیرزمینی از یک سیستم زهکشی سطحی با هزینه کمتر استفاده نمود.

تهیه نقشه‌های توپوگرافی در مطالعات تفصیلی زهکشی، ضروری است. این نقشه‌ها نشان‌دهندهٔ شیب طولی و عرضی زمین، سیستم‌های زهکشی طبیعی و موجود، شرایط نقطه خروجی و سایر شرایط ویژه‌ای که در زهکشی مؤثرند، می‌باشند. به‌علاوه این نقشه‌ها اغلب راهنمای انتخاب نوع سیستم زهکشی مورد نیاز و تا حدی قابل اجرا بودن این سیستم‌ها می‌باشند. برای مطالعات شناسایی، کاربرد نقشه‌هایی با مقیاس ($\frac{۱}{۵۰۰۰}$ تقریباً $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$) معمولاً کافی می‌باشد ولی نقشه‌هایی با مقیاس‌های دیگر نیز

www.PnuNews.com

ممکن است به‌کار برده شود. برای مناطق با وسعت کمتر یا به‌منظور مطالعهٔ تفصیلی‌تر استفاده از نقشه‌هایی با مقیاس ($\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$ تقریباً $\frac{۱}{۲۵۰۰۰}$) مفید خواهد بود مطالعات تفصیلی مناطق با مسئله خاص و نیز تعیین مسیر و طرح اجرایی شبکهٔ زهکشی نیاز به استفاده از مقیاس ($\frac{۱}{۵۰۰۰}$ تقریباً $\frac{۱}{۱۰۰۰۰}$) را خواهد داشت. نقشه‌های توپوگرافی می‌بایست حاوی فاصلهٔ خطوط تراز مناسب با مقیاس به‌کار گرفته شده، اندازه منطقهٔ نقشه‌برداری‌شده باشند. نقشه‌های توپوگرافی علاوه بر نشان دادن پستی و بلندی زمین بایستی نشان‌دهندهٔ مکان چشمه‌ها، محل‌های نشت آب، چاه‌ها، جاده‌ها، راه‌آهن‌ها، آبگذرها، خطوط لوله و نیز خطوط تقسیم اراضی باشند. در مطالعات مقدماتی زهکشی عکس‌های هوایی نیز مفید می‌باشند. نقشه‌های حاصل از این عکس‌ها می‌تواند در ارائه یک تصویر کلی از وضعیت آبراهه‌های طبیعی و مصنوعی، به‌خصوص شرایط نقطه خروجی زهکش مؤثر باشند به‌علاوه با تفسیر نتایج این عکس‌ها می‌توان محل قرار گرفتن اراضی زه‌دار از قبیل مناطق نشت، رسوبات، شوری و قلیایی بودن را که ممکن‌است معرف منابع آب اضافی باشند را در فاز اولیه مطالعات شناسایی کرد.

۳-۱۲ ویژگی‌های خاک

از عمده مطالبی که در ارزیابی نیاز به زهکشی زیرزمینی مطرح می‌باشد تعیین و تشخیص قابلیت عبور افقی و عمودی آب از خاک می‌باشد ظرفیت خاک در قابلیت انتقال آب تابعی از میزان هدایت هیدرولیکی، عمق مؤثر ناحیهٔ اشباع و نیز شیب هیدرولیکی می‌باشد. ویژگی‌های دیگر خاک شامل تراکم، خلل و فرج، اندازهٔ ذرات، پراکندگی دانه‌ها، بافت، ساختمان، خاصیت شیمیایی و ظرفیت نگهداری آب بر روی حرکت آب از داخل خاک مؤثر می‌باشند که این عوامل در مسایل زهکشی جزء اصول پایه می‌باشند.

۳-۱۲-۱ شوری و قلیائیت

با وجود آنکه عوامل زیادی در توسعه شرایط شوری خاک مؤثرند. صعود موئینگی آب زیرزمینی از سفره‌های شور و نیز آبیاری نامناسب با آب محتوی املاح، نقش عمده‌ای

www.PnuNews.com

در شور شدن خاک دارند. غلظت‌های نمک در خاک به مقدار زیاد به‌صورت افقی و عمودی و بسته به شرایطی نظیر تنوع بافت، میزان رشد نبات و هدایت هیدرولیکی تغییر می‌نماید. عامل شوری و قلیاییت خاک در احداث و ظرفیت زهکش‌ها نقش مهمی دارند.

۳-۱۳ بررسی‌های قابلیت زهکشی خاک و اراضی

مطالعات قابلیت زهکشی خاک، از طریق بررسی‌های میدانی در ارتباط با تعیین عمق، شیب، چگونگی نوسانات سطح ایستابی سفره اول، وجود یا عدم وجود آبخوان‌های تحت فشار (آرتزین) یا نیمه تحت فشار، ضخامت و چگونگی نفوذپذیری افق‌های موجود در نیم‌رخ خاک و به ویژه لایه‌های زیرین انجام می‌شود. این مطالعات که به‌وسیلهٔ متخصص امور زهکشی انجام می‌شود شامل موارد زیر است:

۱. تهیه برنامه و ارایه پیشنهادات لازم در خصوص احداث شبکه چاهک‌های مطالعاتی برای بررسی چگونگی وضعیت نوسانات سطح ایستابی اراضی محدوده مورد نظر
۲. ارایه برنامه لازم برای انجام حفاری‌های مورد نیاز در زمینهٔ شناخت طبقات خاک (لایه‌بندی) و تعیین محل استقرار لایه محدودکننده در گستره منطقهٔ مطالعاتی
۳. ارائه برنامه و پیشنهادات مورد نیاز برای اجرای آزمون‌های مزرعه‌ای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک‌ها در اراضی محدودهٔ مورد نظر
۴. ارایه برنامه و پیشنهادات لازم درخصوص تعداد و روش‌های مناسب اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها
۵. ارائه برنامه و توصیه‌های لازم در مورد انجام بررسی‌های تکمیلی و یا اندازه‌گیری‌های صحرایی عوامل مرتبط با موارد زهکشی و یا مطالعات اصلاح خاک و اراضی

علاوه بر آن‌چه بدان اشاره شد موارد لازم در مورد بررسی‌های قابلیت زهکشی خاک و اراضی با این پیش‌فرض که قبلاً گروه‌های اصلی خاک‌ها و نحوهٔ پراکنش اراضی در محدودهٔ مورد بررسی به انجام رسیده و در این ارتباط تبادل نظرهای لازم بین کارشناس شناسایی خاک و طبقه‌بندی اراضی و متخصص امور زهکشی، اصلاح و بهسازی خاک‌ها منتج به حصول توافق علمی و فنی گردیده است، را می‌توان به شرح

www.PnuNews.com

زیر و به‌صورت خلاصه ارایه نمود:

الف) منطقهٔ مورد مطالعه ابتدا بایستی به‌طور اجمالی و در ارتباط با نوع پوشش گیاهی، ویژگی‌های خاک از نظر مسایل شوری و سدیمی بودن، تعیین مناطق زه‌دار و ماندابی و ضرورت احداث نوع زهکش کمکی (قبل از اجرای شبکهٔ آبیاری) مورد بررسی قرار گیرد.

ب) پس از تشخیص موقعیت عمومی اراضی مسئله‌دار می‌توان نسبت به احداث شبکهٔ نقاط مطالعاتی اقدام نمود. به‌طور معمول احداث ردیف‌های نقاط مورد نظر می‌تواند در جهت خطوط میزان منحنی، هم‌جهت با جریان آب در رودخانه و یا آبراهه‌های سطحی اصلی به‌انجام برسد.

در مراحل بررسی‌های صحرایی یک پروژه بزرگ، نقاط مورد بررسی می‌تواند با فواصل یک تا دو کیلومتر بین خطوط و دو تا پنج کیلومتر روی خطوط میزان منحنی باشد. هرگاه تغییرات خاک‌ها بسیار زیاد باشد، انتخاب نقاط اضافی الزامی است. در این قبیل نقاط بایستی نسبت به شناسایی افق‌های خاک (به‌خصوص از نظر بافت) تا اعماق سه تا پنج متری اقدام نمود. انجام این بررسی بایستی به‌وسیلهٔ کارشناس خاک‌شناسی به انجام رسد و موارد لازم به عنایت خاص در مورد هر افق و نقطه مطالعاتی به دقت بررسی و ثبت گردد.

- بافت خاک هر لایه و چگونگی هوازدگی آن، به‌طوری‌که مجموع اطلاعات هر نقطه وضعیت لایه‌بندی افق‌های خاک آن نقطه را ارایه نماید.
- وضعیت زهکشی، از طریق چگونگی وضعیت نفوذپذیری نمونه‌های خاک که قضاوت در مورد آن بایستی برمبنای ساختمان خاک، میزان تخلل، جرم مخصوص ظاهری، مجاری نفوذ ریشهٔ گیاهان، چگونگی توزیع ریشه‌ها در طبقهٔ مربوطه، عمق لایه آهکی، نوع و چگونگی توسعه لکه‌های رنگی (رنگدانه) و نحوه استقرار طبقات متفاوت در نیم‌رخ خاک انجام می‌شود.
- اظهار نظر در مورد تفاوت بین مقادیر نفوذپذیری عمودی و افقی در هر لایه با در نظر داشتن ساختمان خاک لایه مورد بررسی
- بررسی میزان و چگونگی سخت شدن لایه‌های مختلف در نیم‌رخ خاک در نقطه مطالعاتی

www.PnuNews.com

– برآورد یا تعیین محل استقرار لایهٔ محدودکننده و یا نیمه نفوذپذیر در نیم‌رخ خاک

پ) اجرای آزمون‌های مزرعه‌ای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک‌ها در نقاط معرف اراضی

ت) چاهک‌های مشاهده‌ای را بایستی عمدتاً در مناطق زهدار و یا ماندابی محدوده مورد مطالعه مستقر نمود. علاوه‌بر آن ضرورت دارد در سایر نقاطی که زهدار یا ماندابی بودن در آن‌ها در مرحلهٔ نخست به سهولت قابل تشخیص نمی‌باشد نیز نسبت به تعبیه چاهک‌های مشاهده‌ای اقدام نمود.

به‌طور تقریبی بایستی حدود یک‌سوم چاهک‌های مشاهده‌ای را تا عمق ۹ متری تعمیق و بررسی نمود.

ث) در مرحله مقدماتی مطالعات و برای بررسی وضعیت کمی و کیفی آب زیرزمینی می‌توان چاهک‌های مطالعاتی را در همان محل‌های تعیین بافت خاک مستقر نمود مگر در شرایطی که در آن مناطق مشکل زهکشی وجود نداشته باشد. با بررسی و تعمق در روند تغییرات و نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌توان نسبت به احداث و تجهیز یک سری چاهک‌های مشاهده‌ای تکمیلی به‌نحوی که فواصل بین نقاط شبکه اولیه را پوشش دهد اقدام نمود.

ج) در مواردی که احتمال فشار آرتزین آب زیرزمینی از طریق آبخوان‌های محصور تا نیمه‌محصور سازندهای زیرین وجود داشته باشد تهیه و نصب پیزومتریک مرکب در محل ضروری‌است. تعبیه یا نصب پیزومترها به‌وسیلهٔ ابزار دستی و یا دستگاه مولد فشار آب امکان‌پذیر می‌باشد و بدین‌وسیله می‌توان فشار هیدرواستاتیک محل ورود آب به انتهای پیزومتریک نصب شده را اندازه‌گیری نمود.

چ) تعیین ارتفاع دقیق محل استقرار چاهک‌های مشاهده‌ای و پیزومترهای ساده یا مرکب ضرورت دارد.

ح) قرائت و ثبت رقوم سطح آب زیرزمینی از محل چاهک‌های مشاهده‌ای و پیزومترها برای مدت حداقل یک سال (چهار فصل) و یا به‌طور ترجیحی دوره طولانی‌تری و با تواتر زمانی معقول (حداکثر یک ماهه) بایستی به انجام برسد تا بدین‌وسیله بتوان روند تغییرات نوسانات سطح ایستابی را پایش نمود در ادوار بارندگی‌ها قابل ملاحظه (متراکم و شدید) انجام اندازه‌گیری و قرائت‌های اضافی رقوم

www.PnuNews.com

آب‌های زیرزمینی توصیه می‌شود.

خ) هرگاه خصوصیات پدولوژیکی و زمین‌شناسی طبقات زیرین در نیم‌رخ خاک‌ها حدوداً یکنواخت باشد اندازه‌گیری میزان دبی جریان‌ها در آبراهه‌های موجود، برای بررسی چگونگی و میزان تحرک آب زیرزمینی بایستی به انجام رسد.

د) انجام تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های آب برداشت شده از محل چاهک‌های مشاهده‌ای، قنوات، چشمه‌ها و چاه‌های موجود در محدوده و زهکش‌های ایجاد شده در مطالعات و بررسی‌های قابلیت زهکشی خاک منطقه مورد نظر ضروری می‌باشد.

ذ) در فرآیند تجزیه و تحلیل ارقام و اطلاعات گردآوری‌شده، تهیهٔ نقشه‌های مرتبط با مسئلهٔ مورد بررسی یعنی: نقشه‌های خطوط هم‌تراز و هم‌عمق سطوح ایستابی، نیم‌رخ سطوح آب، نیم‌رخ پیزومترها، هیدروگراف چاهک‌های مطالعاتی و کل محدودهٔ طرح، نقشه هم‌تراز هدایت هیدرولیکی اشباع نیم‌رخ خاک‌ها و نقشه عمق استقرار لایه محدود کننده ضروری می‌باشد.[1]

خلاصه فصل سوم

اولین اقدام در مطالعات زهکشی، جمع‌آوری، مرور و تجزیه و تحلیل داده‌های موجود همچون اطلاعات زمین‌شناسی، خاک‌ها، توپوگرافی، لایه‌بندی، سطوح آب زیرزمینی و نوسانات آن‌ها، نزولات جوی، شوری آب و خاک، حرکت و نوسانات آب زیرزمینی و جریانات سطحی می‌باشند. در مطالعات منابع آب به منشأ آب اضافی که موجب به‌وجود آمدن مسئله زهکشی می‌گردد توجه می‌کنند که این منابع می‌توانند نزولات جوی، آب آبیاری نشت یا تراوش سطحی، فشار هیدروستاتیکی و ترکیبی از این عوامل باشد.

در مطالعات آب زیرزمینی مناطقی که در آنجا آب زیر زمینی بالا آمده و پیش‌بینی بالا آمدن آن‌ها می‌شود باید نقشه‌برداری نمود معمولاً عمق ایستابی ۰/۹ الی ۱/۵ متر، بسته به شرایط منطقه‌ای و نوع محصول بلا اشکال می‌باشد ولی اگر عمق آب زیرزمینی کمتر از این مقادیر شد بایستی یک زهکش مصنوعی در منطقه احداث نمود. در بیشتر مناطق محل قرار گرفتن زهکش‌های انتقالی، نقطه خروجی و جمع‌کننده‌ها بر

1. Drainage manual (1995), A water Resource Technical publications , u.s. , Dept of Interior, Bureau of Reclamation.

www.PnuNews.com

اساس نقشه توپوگرافی منطقه می‌باشد و این نقشه‌ها نشان‌دهنده شیب‌های طولی و عرضی زمین، محل و جهت زهکشی طبیعی، شرایط نقطه خروجی می‌باشند. هدایت هیدرولیکی عمودی و افقی از ویژگی‌های مهم خاک در مسئله زهکشی می‌باشد ویژگی‌های دیگر خاک شامل تراکم، تخلخل، پراکندگی دانه‌ها، بافت، ساختمان، خاصیت شیمیایی و ظرفیت نگهداری آب بر حرکت آب در خاک مؤثر می‌باشند.

بیشتر خاک‌ها بر اثر صعود موئینه یا آبیاری با آب محتوی املاح، دچار شوری می‌شوند که شوری بسته به شرایطی نظیر تنوع بافت، میزان رشد نبات و هدایت هیدرولیکی تغییر می‌کند مسئله شوری را در احداث زهکش‌ها درنظر می‌گیرند و در بررسی قابلیت زهکشی خاک و اراضی مسائل مرتبط با آن را شرح می‌دهند.

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

فصل چهارم

هدایت هیدرولیکی

هدف کلی

هدف از این فصل آشنایی دانشجو با هدایت هیدرولیکی خاک و روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

پس از مطالعه این فصل دانشجو قادر خواهد بود:

۱. هدایت هیدرولیکی را تعریف کند.

۲. روش اندازه‌گیری آزمایشگاهی هدایت هیدرولیکی را بداند و مزایا و معایب آن را شرح دهد.

۳. روش‌های اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در زیر سطح ایستابی را شرح دهد و ارزیابی کلی از این روش‌ها داشته باشد.

۴. روش‌های اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی را شرح دهد و ارزیابی کلی از این روش‌ها داشته باشند.

۵. هدایت هیدرولیکی معادل افقی و عمودی را در خاک‌های مطبق محاسبه کند.

۶. تعریف خطوط پتانسیل و خطوط جریان را بداند.

۴-۱ روش‌های آزمایشگاهی

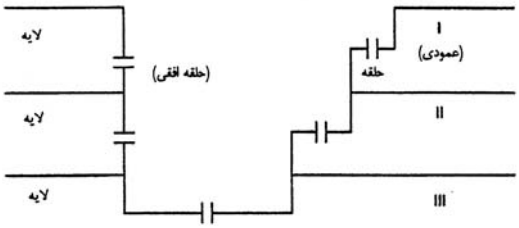
در این روش‌ها، اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی خاک (K) روی نمونه‌های

www.PnuNews.com

خاک انجام می‌گیرد. صحت نتایج تا اندازه زیادی بستگی به کیفیت نمونه‌هایی که از محل برداشت شده است. با توجه به تغییر زیاد خاک در سطح مزرعه لازم‌است نمونه‌برداری از تعداد زیادی نقاط صورت گرفته و در هر نقطه حداقل ۲ تا ۳ نمونه تکراری مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین باید دقت شود تا از به هم خوردن نمونه‌ها جلوگیری به عمل آید. برای این منظور نمونه‌های دست نخورده (undisturbed) برداشت می‌شود که در آن سیلندرهایی که دو سر آن باز است در زمین کوبیده می‌شود تا خاک وارد آن شود. قطر داخلی و ارتفاع این سیلندرها حدود ۵ سانتی‌متر است (حجم دقیق آن ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب می‌باشد).

در شکل (۴-۱) موقعیت یک گودال حفر شده در خاک و محل برداشت نمونه‌های دست‌نخورده مشاهده می‌گردد. نمونه‌های دست‌نخورده را، بسته به این‌که بخواهیم هدایت هیدرولیکی در جهت عمودی (K_v) یا افقی (K_h) اندازه گرفته شود، به‌صورت عمودی یا افقی برداشت می‌کنیم.

اساس اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در تمام روش‌ها این است که جریان آب از داخل نمونه عبور داده می‌شود و به‌طور مرتب میزان جریان و افت ارتفاع ناشی از آن ثبت می‌گردد. در طی اندازه‌گیری، ارتفاع آب روی نمونه ممکن است ثابت نگه داشته شود[1] و یا آن‌که به‌تدریج تقلیل پیدا می‌کند[2]. در روش اخیر، مقدار جریانی که از داخل نمونه می‌گذرد طی آزمایش کاهش پیدا می‌کند. با ثبت ارتفاع (بار) و مقدار جریان و با استفاده از قانون دارسی می‌توان ضریب K را به‌دست آورد. البته در هنگام آزمایش باید نمونه کاملاً از آب اشباع شود و سعی گردد که هیچ‌گونه هوایی در داخل آن محبوس باقی نماند.



شکل ۴-۱. برداشت نمونه دست‌نخورده از یک چاهک

1. constant head
2. Falling head

www.PnuNews.com

معایب روش آزمایشگاهی اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک (K)

الف) بزرگ‌ترین نقطه ضعفی که در اندازه‌گیری آزمایشگاهی K وجود دارد این‌است که حجم نمونه کوچک بوده و ضریب به‌دست آمده قطعهٔ کوچکی از خاک را شامل می‌شود. برای رفع این نقص حتی‌الامکان باید تعداد زیادی نمونه برداشت شود.

ب)در خاک‌های رسی، مقدار زیادی آب از داخل شکاف‌های آن عبور می‌کند و اگر نمونه مثلاً از بین دو ترک یا شکاف برداشت شده باشد ممکن است هدایت هیدرولیکی آن صفر باشد حال آن‌که در صحرا چنین نبوده و ضریب K صفر نیست. دیگر این‌که اشباع شدن خاک‌های رسی در آزمایشگاه بسیار مشکل بوده و تورم آن در شرایط غیرمحصور آزمایشگاهی بیشتر است.

موارد استفاده از روش آزمایشگاهی جهت اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک

به‌طورکلی، اندازه‌گیری صحرایی ضریب K نسبت به اندازه‌گیری آزمایشگاهی آن ارجح است و روش اخیر باید به‌عنوان مکمل روش اول، آن هم در موارد زیر به‌کار برده شود:

الف) تعیین ضریب K در بالای سطح ایستابی، برای این منظور اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و صحرایی هر دو دقیق نخواهند بود.

ب) جدا کردن K_h و K_v

ج) پیش‌بینی تأثیر نمک و دیگر خصوصیات فیزیکی بر هدایت هیدرولیکی[1]

۴-۲ اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک به روش صحرایی در زیر سطح ایستابی

اندازه‌گیری ضریب K در زیر سطح ایستابی و بالای سطح ایستابی متفاوت از یکدیگر می‌باشند. برای اندازه‌گیری ضریب K در زیر سطح ایستابی روش‌های دقیق‌تری پیشنهاد شده است حال آن‌که در روش‌های تعیین هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی چندان دقیق نمی‌باشد.

۴-۲-۱ روش چاهک[2]

یکی از ساده‌ترین روش‌های صحرایی اندازه‌گیری K در زیر سطح ایستابی روش

---

۱. علیزاده، ا. ۱۳۸۴، زهکشی جدید برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۹۴ صفحه

2. Auger-Hole

www.PnuNews.com

چاهک می‌باشد که نسبتاً دقیق و ساده است. در این روش ابتدا یک چاهک استوانه‌ای شکل با استفاده از اُگر[1] دستی به شعاع تقریبی ۵ سانتی‌متر و تا عمق ۹۰-۷۰ سانتیمتر در زیر سطح ایستابی ایجاد می‌شود. بعد از حفر چاهک مدتی صبر کرده تا سطح آب در داخل چاهک با سطح آب زیرزمینی به تعادل رسد. سپس آب داخل چاهک را به‌وسیلهٔ یک پمپ دستی[2] به بیرون انتقال می‌دهیم و بلافاصله بالا آمدن سطح آب را با زمان اندازه‌گیری می‌نماییم. شکل (۴-۲) تجربیات محققین نشان داده است که برای محاسبه K بایستی از ارقام بین $Y_\circ$ و $۰/۸Y_\circ$ ($۰/۸Y_\circ \le Y \le Y_\circ$) استفاده گردد. $Y_\circ$ و Y به‌ترتیب عبارتند ار فاصله از سطح آب داخل چاهک تا سطح ایستابی در زمان شروع آزمایش ($t_\circ$) و زمان مشخص (t) بعد از شروع آزمایش. چاهک ایجاد شده بایستی کاملاً عمودی با جداره‌های داخلی مستقیم و صاف باشد. همچنین آب برداشت شده از چاهک نباید سطح آب زیرزمینی محدوده آزمایش را تحت تأثیر قرار دهد. قبل از شروع آزمایش باید مطمئن شد جداره‌های داخلی چاهک حالت طبیعی خود را حفظ کرده درصورت احتمال مسدود شدن منافذ جداره داخلی چاهک بهتر است عمل پمپاژ بیش از یک بار تکرار شود. قبل از شروع آزمایش جهت جلوگیری از تخریب ساختمان سطحی کف چاهک معمولاً یک‌پارچه منفذدار در کف چاهک قرار می‌دهند. برای انجام آزمایش از یک سه‌پایه که روی آن صفحه‌ای افقی با اشل ۰/۰۱ فوت قرار دارد استفاده می‌شود. نخی که شاخصی روی آن قرار دارد از یک طرف به جسم شناوری در داخل چاهک و از طرف دیگر به جسمی که اندکی از جسم شناور سبک‌تر است متصل می‌باشد. با بالا رفتن سطح آب در داخل چاهک، شاخص در مقابل اشل حرکت می‌کند معمولاً هر ۱۰ ثانیه یک بار صفحهٔ مدرج در مقابل شاخص علامت‌گذاری می گردد. قرائت اعداد تا زمانی ادامه می‌یابد که عمق آب به $۰/۸Y_\circ$ برسد. چون K تابعی از قطر چاهک است برای محاسبه دقیق قطر چاهک از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\pi r_b^2 B = \pi r^2 Y_\circ$$

$$r = r_b\sqrt{\frac{B}{Y_\circ}} \qquad (۴-۱)$$

در روابط فوق:

1. Auger
2. Bailer

www.PnuNews.com

B: عمق آب در استوانه پمپ دستی

r_b: شعاع استوانه پمپ دستی

r: شعاع واقعی چاهک

$Y_\circ$: فاصله از کف چاهک یا از سطح آب درون چاهک تا سطح تعادل در زمان شروع آزمایشی ($t = \circ$)

بعد از رسم Y نسبت به t و به‌دست آوردن شیب خط ($\frac{\Delta Y}{\Delta t}$) هدایت آبی خاک (K) از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$K = c\frac{\Delta Y}{\Delta t} \qquad (۲-۴)$$

C از دسته منحنی‌های موجود در شکل‌های ۴-۳ و ۴-۴ به‌دست می‌آید. ΔY برحسب فوت و Δt برحسب ثانیه است که در این‌صورت K برحسب فوت در روز به‌دست می‌آید. شکل (۵-۳) برای حالتی است که فاصله کف چاهک از لایه غیرقابل نفوذ بی‌نهایت باشد. شکل ۴-۴ برای حالتی است که کف چاهک بر روی لایه غیرقابل نفوذ واقع شده باشد. برای استفاده از شکل‌های فوق بایستی مقادیر $\frac{H}{r}$ و $\frac{\overline{Y}_n}{r}$ قبلاً محاسبه شود.

$\overline{Y}_n$: میانگین عمق‌های قرائت شده

H: فاصله از کف چاهک تا سطح تعادل

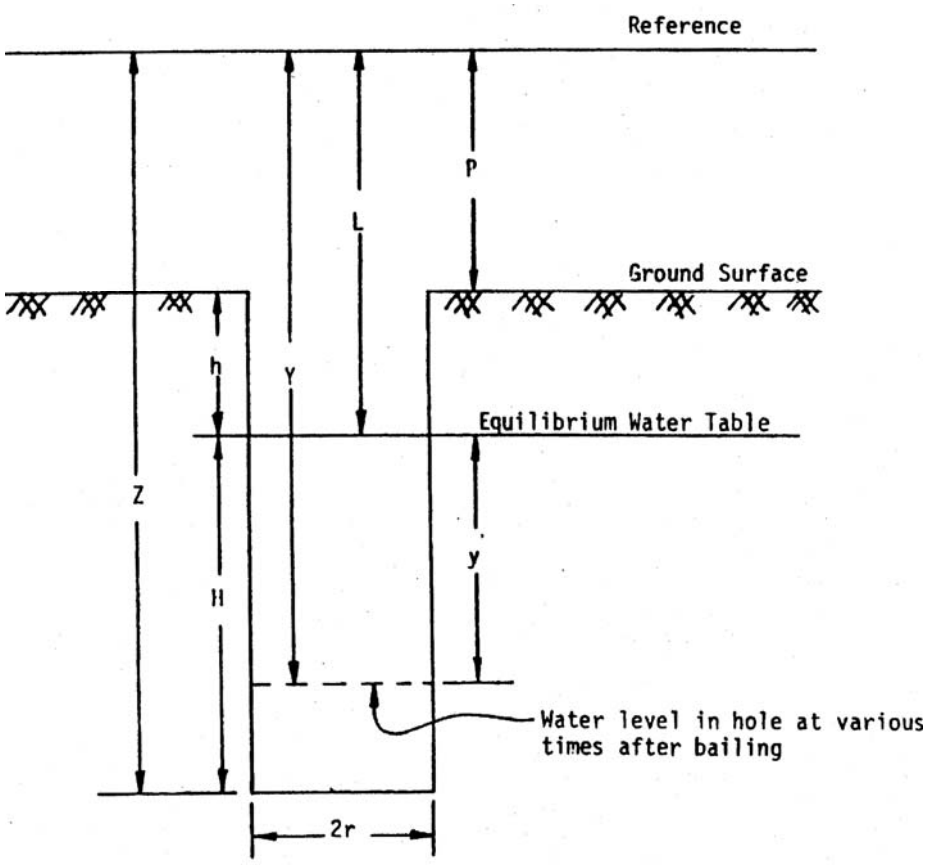
اگر خاک دارای لایه‌های با هدایت آبی متفاوت باشد و یا تعیین تغییرات هدایت هیدرولیکی نسبت به عمق، مورد نظر باشد از روش ارائه شده در شکل (۴-۵) استفاده می‌شود. در این روش ابتدا چاهک تا اولین لایه حفر می‌گردد و آزمایش به روشی که قبلاً توضیح داده شد انجام می‌گیرد. سپس حفر چاهک به عمق جدید ادامه می‌یابد و آزمایش تکرار می‌گردد. انجام این عمل تا رسیدن به عمق مورد نظر ادامه می‌یابد. در هر عمق محاسبات K برای کل چاهک صورت می‌گیرد. در نهایت برای تعیین هدایت آبی لایه مورد نظر (K_{xn}) از فرمول ارائه شده در شکل (۴-۵) استفاده می‌شود.

$$K_{xn} = \frac{K_n D_n - K_{n-۱} D_{n-۱}}{d_n} \qquad (۳-۴)$$

www.PnuNews.com

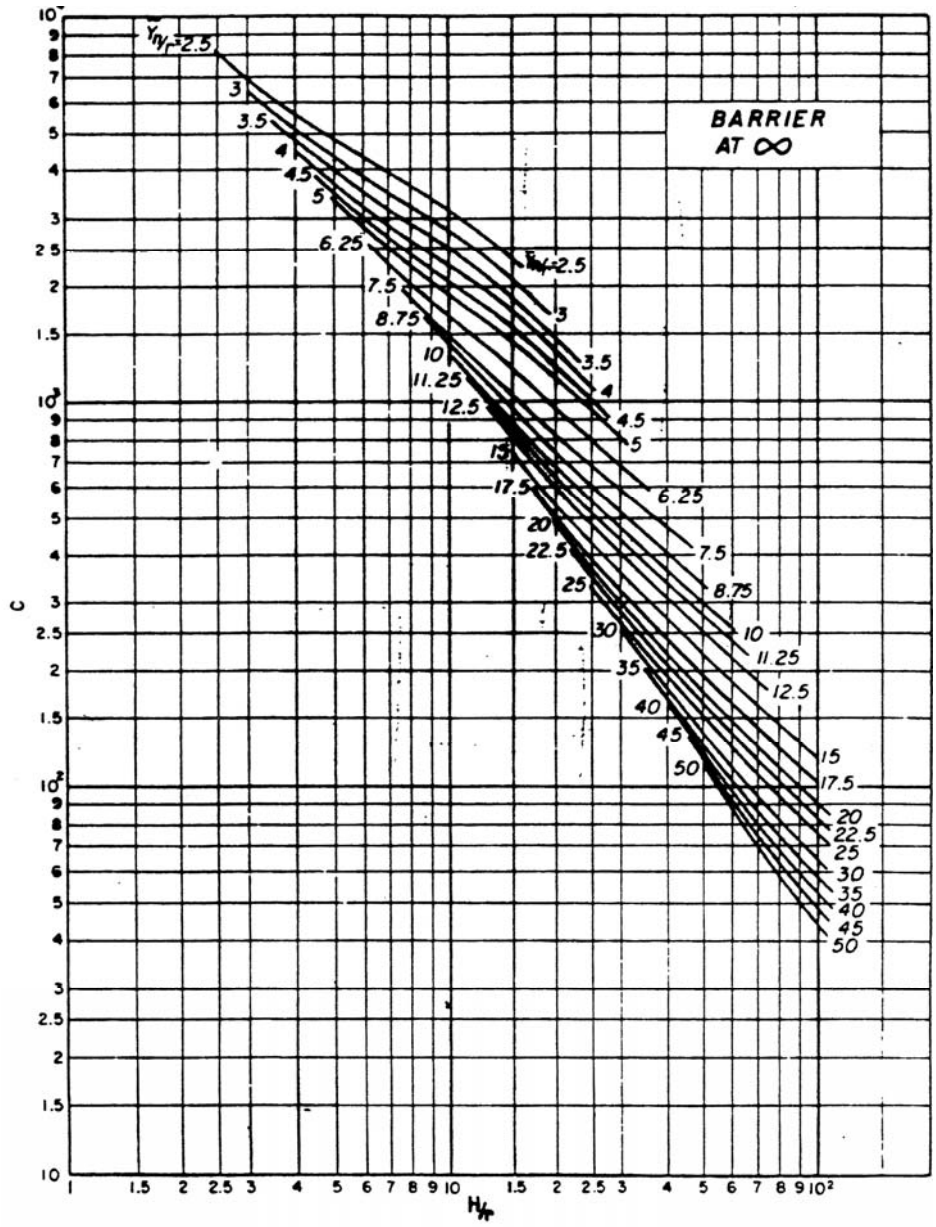
K_{xn}: هدایت آبی مجهول لایه nام
K: هدایت آبی کل لایه‌ها شامل لایه nام
D: ضخامت کل لایه‌ها شامل لایه nام
K_{n-1}: هدایت آبی لایه‌های بالای لایه nام
D_{n-1}: ضخامت کل لایه‌های بالای لایه nام

نکته: اگر $K_{n-1} >> K_{xn}$ باشد مقدار K_{xn} از دقت زیادی برخوردار نیست.



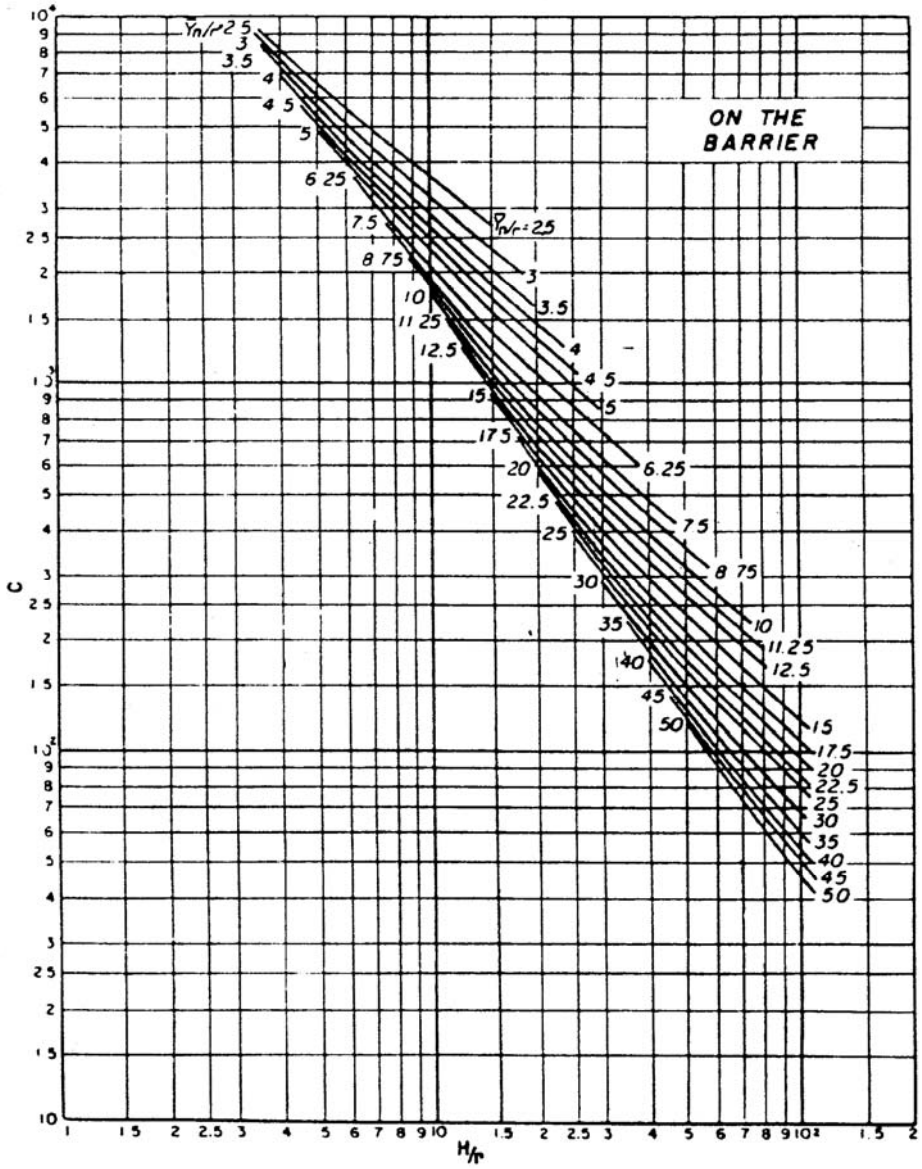
شکل ۴-۲. شرح تصویری روش چاهک برای اندازه‌گیری هدایت آبی

www.PnuNews.com



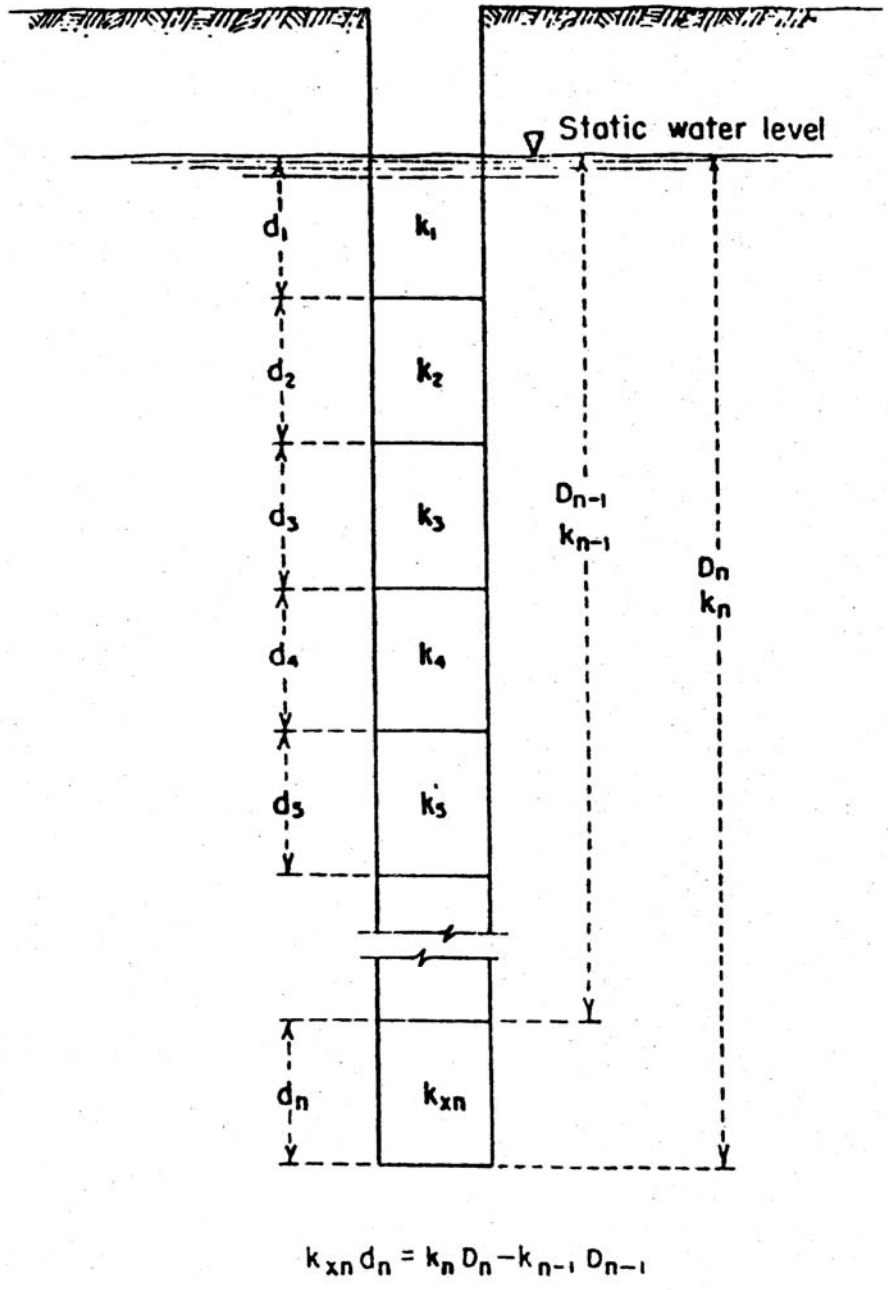
شکل ۴-۳. مقادیر c برای حالتی که کف چاهک بالای لایه غیرقابل نفوذ واقع شده است

www.PnuNews.com



شکل ۴-۴. مقادیر c برای حالتی که کف چاهک بر روی لایه غیرقابل نفوذ واقع شده باشد.

www.PnuNews.com



شکل ۴-۵. آزمایش چاهک در خاک‌های لایه‌ای

www.PnuNews.com

مسئله ۴-۱

در یک مزرعه در زیر سطح ایستابی ارقام زیر با استفاده از روش چاهک به‌دست آمده است هدایت آبی خاک را محاسبه کنید.

فوت ۰/۱۶۷= شعاع چاهک

فوت ۰/۱۵۱= شعاع استوانه پمپ دستی

فوت ۰/۸۵ =L

فوت ۳/۸ =Z

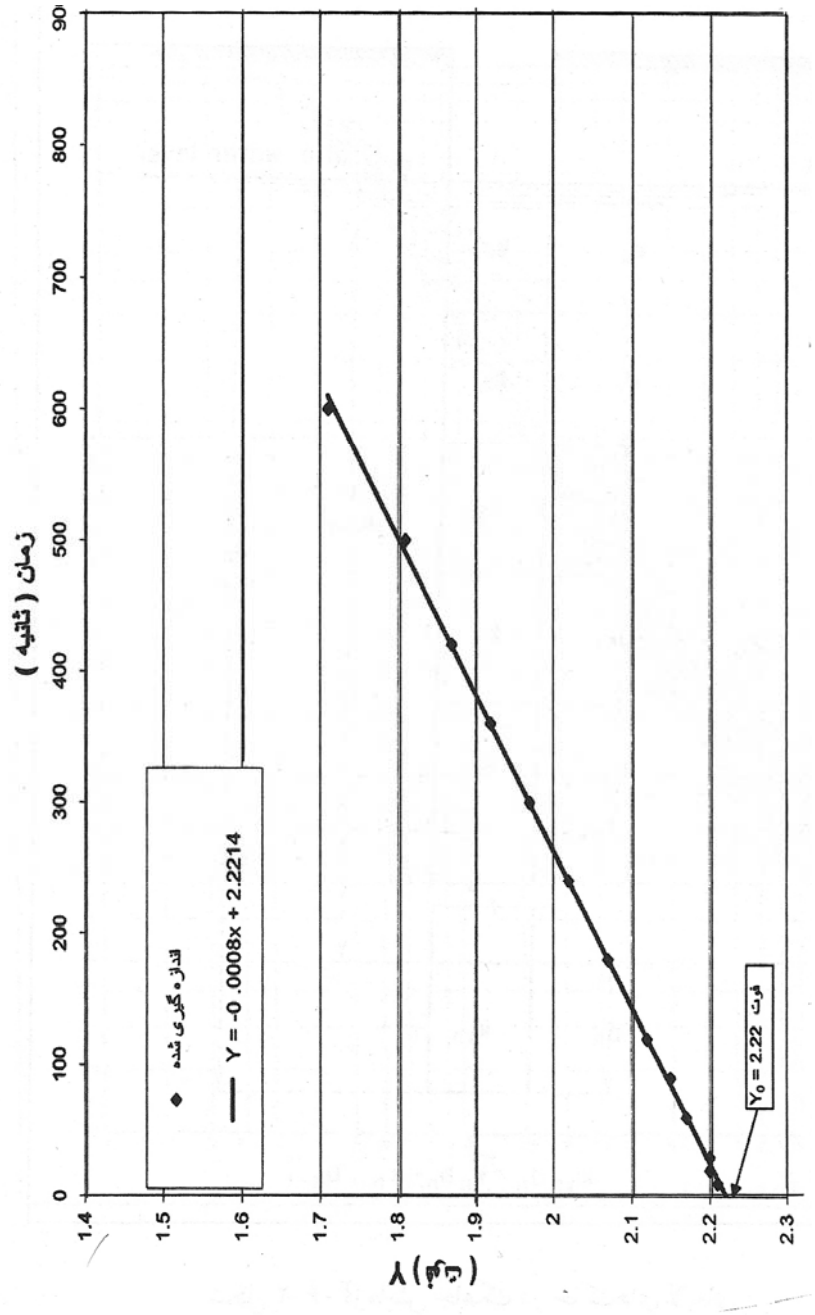
فوت ۲/۹ =B

Y (فوت)	زمان (ثانیه)	Y (فوت)	زمان (ثانیه)
۱/۹۷	۳۰۰		۰
۱/۹۲	۳۶۰	۲/۲۱	۱۰
۱/۸۷	۴۲۰	۲/۲	۲۰
۱/۸۱	۵۰۰	۲/۲	۳۰
۱/۷۱	۶۰۰	۲/۱۷	۶۰
۱/۶۲	۷۵۰	۲/۱۵	۹۰
۱/۵۲	۹۰۰	۲/۱۲	۱۲۰
۱/۴۴	۱۰۵۰	۲/۰۷	۱۸۰
۱/۲۷	۱۸۰۰	۲/۰۲	۲۴۰

حل:

با استفاده از اطلاعات مسئله ابتدا عددی برای $Y_{\circ}$ تخمین زده می‌شود. مثلاً فوت $Y_{\circ}=۲/۲۱$، سپس با توجه به محدودهٔ $۰/۸Y_{\circ} \le Y \le Y_{\circ}$ مقدار فوت $۰/۸\times۲/۲=۱/۷۷$ که حداکثر مقدار Y مورد استفاده در رسم نمودار است تعیین می‌گردد و Y نسبت به t ترسیم و شیب خط و محل تقاطع خط با محور عمودی $Y_{\circ}$ تعیین می‌گردد.

www.PnuNews.com



شکل ۴-۶. رسم y نسبت به t و تعیین شیب خط برای روش چاهک

www.PnuNews.com

$$\frac{\Delta Y}{\Delta t} = ۸/۴۲ \times ۱۰^{-۴}$$

$$\pi r_b^۲ B = \pi r^۲ Y_\circ$$

$$r = r_b \sqrt{B / Y_\circ}$$

$$r = ۰/۱۵ \sqrt{\frac{۲/۹}{۲/۲۲}} = ۰/۱۷۳ \quad \text{فوت}$$

$$H = z \quad L = ۳/۸ - ۰/۸۵ = ۲/۹۵ \quad \text{فوت}$$

$$\frac{H}{r} = \frac{۲/۹۵}{۰/۱۷۳} = ۱۷$$

$$\bar{Y} = (۲/۲۲ + \ldots + ۱/۸۱) / ۱۳ = ۲/۰۷ \quad \text{فوت}$$

$$\frac{\bar{Y}}{r} = \frac{۲/۰۷}{۰/۱۷۳} = ۱۱/۹۶$$

برابر حالتی که کف چاهک بالای لایه غیرقابل نفوذ واقع شده باشد c از شکل ۵-۳ برای ۷۵۰ تخمین زده می‌شود در نتیجه K برابر خواهد بود با:

$$K = c \frac{\Delta Y}{\Delta t}$$

$$K = ۸۸۰ \times ۸/۴۲ \times ۱۰^{-۴} = ۰/۷۴۰ \quad \text{فوت در روز}$$

برای حالتی که کف چاهک بر روی لایه غیرقابل نفوذ واقع شده باشد c از شکل ۵-۴ برابر ۸۸۰ تخمین زده می‌شود در نتیجه K برابر خواهد بود با:

$$K = c \frac{\Delta Y}{\Delta t}$$

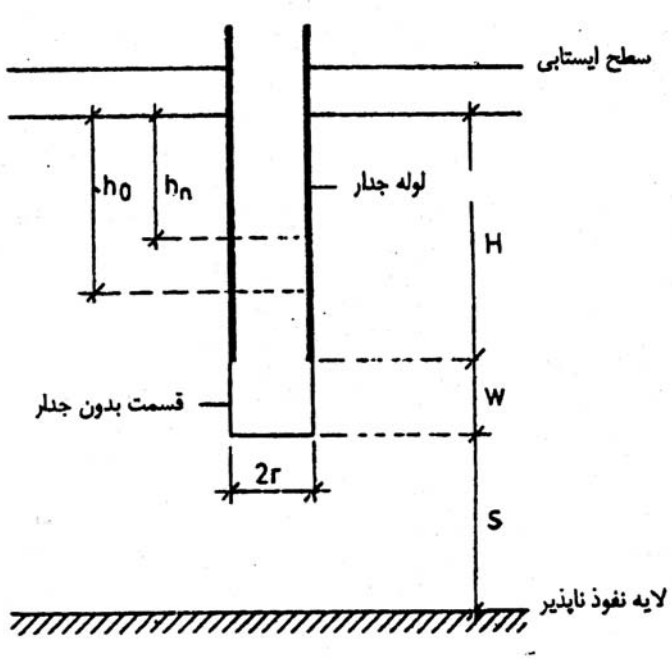
$$K = ۸۸۰ \times ۸/۴۲ \times ۱۰^{-۴}$$

$$K = ۰/۷۴ \quad \text{فوت در روز}$$

www.PnuNews.com

۴-۲-۲ روش پیزومتری[1]

در این روش، هدف اندازه‌گیری هدایت آبی خاک در زیر سطح ایستابی و در لایه مشخصی است. با استفاده از این روش می‌توان هدایت آبی لایه‌های مختلف را تعیین نمود و لایه غیرقابل نفوذ را تشخیص داد. این روش از بسیاری جهات شبیه روش چاهک است. لوله‌ای (قطر داخلی ۳ تا ۸ سانتی‌متر) که دو سر آن باز است طوری در خاک کار گذاشته می‌شود که قسمتی از آن در زیر سطح ایستابی قرار می‌گیرد. مطابق شکل (۵-۷) لوله طوری در خاک قرار داده می‌شود که در انتهای آن حفره‌ای خالی وجود داشته باشد. برای این منظور ابتدا چاهکی با مته حفر می‌شود و سپس لوله در داخل آن چاهک طوری قرار می‌گیرد که به کف آن برخورد ننماید سپس از آن سطح آب داخل پیزومتر به خارج پمپ شده و سپس به حال خود رها می‌شود تا بالا آمدن سطح آب و زمان مربوط به آن یادداشت شود.



شکل ۴-۷. تصویری از شکل پیزومتر

1. Piezometry

www.PnuNews.com

با درنظر گرفتن فرضیاتی که برای روش چاهک به عمل آمده است، که کرکهام (۱۹۴۵)[1] براساس حل معادله لاپلاس فرمول زیر را برای روش پیزومتر به‌دست آورده است:

$$K = \frac{\pi r^{2}}{c} \times \frac{Ln(\frac{h_{\circ}}{h_n})}{(t_n - t_{\circ})} \qquad (۶-۴)$$

در این فرمول:

r: شعاع حفره خالی زیر چاهک (cm)

h_n و $h_{\circ}$: ارتفاع آب در زمان‌های $t_{\circ}$ و t_n (cm)

$t_{\circ}$ و t_n: فاصله زمانی (ثانیه، دقیقه)

c: ضریب مربوط به شکل و ابعاد پیزومتر (واحد طول cm)

ضریب c بستگی به H، r، w و s دارد و مقادیر آن در جدول (۵-۱) ذکر شده است. در این جدول ارقام برحسب $\frac{c}{r}$، که بدون بعد است، آمده است و برای حدود خارج از جدول می‌توان به طریق گرافیکی آن را توسعه داد.

ارزیابی روش پیزومتری برای محاسبه هدایت آبی

الف) این روش مخصوص جاهایی است که خاک از لایه‌های نازک و مشخصی تشکیل شده و عمق آن به قدری زیاد است که انجام روش چاهک در آن عملی نمی‌باشد.

ب) اشتباهاتی که در روش چاهک بروز می‌کند در این روش نیز محتمل است.

ج) شکل حفره خالی تـه پیزومتـر مـنعکس‌کننـده هـدایت هیـدرولیکی افقـی K_h (در شرایطی که حفره طویل $\frac{w}{r} = ۸$ باشد) یا هدایت هیدرولیکی عمودی K_v (در شرایطی که کف پیزومتر دایره مسطح باشد) است.

1. Kirkham

www.PnuNews.com

جدول ۴-۱. ضریب شکل $\frac{c}{r}$ برای استفاده در روش پیزومتر

W/r	H/r	S/r(برای لایه نفوذناپذیر)						
		∞	8.0	4.0	2.0	1.0	0.5	0
0	20	5.6	5.5	5.3	5.0	4.4	3.6	0
	16	5.6	5.5	5.3	5.0	4.4	3.6	0
	12	5.6	5.5	5.4	5.1	4.5	3.7	0
	8	5.7	5.6	5.5	5.2	4.6	3.8	0
	4	5.8	5.7	5.6	5.4	4.8	3.9	0
0.5	20	8.7	8.6	8.3	7.7	7.0	6.2	4.8
	16	8.8	8.7	8.4	7.8	7.0	6.2	4.8
	12	8.9	8.8	8.5	8.0	7.1	6.3	4.8
	8	9.0	9.0	8.7	8.2	7.2	6.4	4.9
	4	9.5	9.4	9.0	8.6	7.5	6.5	5.0
14	20	10.6	10.4	10.0	9.3	8.4	7.6	6.3
	16	10.7	10.5	10.0	9.4	8.5	7.7	6.4
	12	10.8	10.6	10.2	9.5	8.6	7.8	6.5
	8	11.0	10.9	10.5	9.8	8.9	8.0	6.7
	4	11.5	11.4	11.2	10.5	9.7	8.8	7.3
2.0	20	13.8	13.5	12.8	11.9	10.9	10.1	9.1
	16	13.9	13.6	13.0	12.1	11.0	10.2	9.2
	12	14.0	13.7	13.2	12.3	11.2	10.4	9.4
	8	14.3	14.1	13.6	12.7	11.5	10.7	9.8
	4	15.0	14.9	14.5	13.7	12.6	11.7	10.5
4.0	20	18.6	18.0	17.3	16.3	15.3	14.6	13.6
	16	19.0	18.4	17.6	16.6	15.6	14.8	13.8
	12	19.4	18.8	18.0	17.1	16.0	15.1	14.1
	8	19.8	19.4	18.7	17.6	16.4	15.5	14.5
	4	21.0	20.5	20.0	19.1	17.8	17.0	15.8
8.0	20	26.9	26.3	25.5	24.0	23.0	22.2	21.4
	16	27.4	26.6	25.8	24.4	23.4	22.7	21.9
	12	28.3	27.2	26.4	25.1	24.1	23.4	22.6
	8	29.1	28.2	27.4	26.1	25.1	24.4	23.4
	4	3.08	30.2	29.6	28.0	26.9	25.7	24.5

www.PnuNews.com

۴-۲-۳ آزمایش افت سطح ایستابی تک‌چاهی برای اندازه‌گیری هدایت آبی

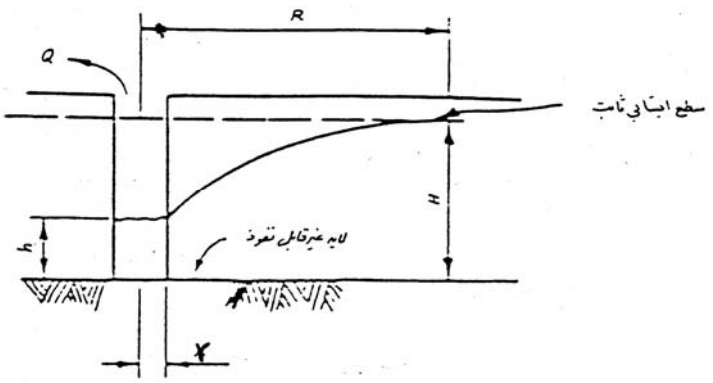
انجام آزمایشات به روش چاهک در زیر سطح ایستابی (با پمپاژ آب) و روش پیزومتری در شن‌های درشت و سنگ‌ریزه مشکل می‌باشد. تحت این شرایط گزینه دیگر آزمـایش پمپاژ آب را می‌توان اعمال نمود و تقریبی از هدایت آبی را به‌دست آورد. این آزمـایش مقیاس کوچکی از آزمایش پمپاژ منظم برای چاه‌های بزرگ می‌باشد.

وسایل مورد نیاز این آزمایش مشابه تجهیزاتی است که در روش چاهک اعمال گردید به‌جز این‌که صفحه ثبت‌کننده و سه پایه به‌کار نمی‌رود. بهتر است پمپ چرخشی بنزینی با خروجی سوپاپ‌دار به‌کار رود. جهت تعیین مقدار جریان، سطلی مدرج و تایمر مورد استفاده قرار می‌گیرد. آماده نمودن سوراخ بسیار شبیه روش چاهک می‌باشد. به هر صورت حفاری با دست معمولاً بسیار مشکل می‌باشد. همین‌که چاهک آماده گردید و سطح ایستابی اندازه‌گیری شد، آب در چاهک به میزان ثابتی پمپاژ می‌شود. بعد از مدتی سطح آب در چاهک به سطحی با جریان پایدار خواهد رسید می‌توان فرض کرد وقتی‌که افت سطح آب در چاهک کمتر از ۳ سانتی‌متر در مدت ۲ ساعت باشد جریان پایدار وجود دارد. موقعی که شرایط جریان پایدار موجود است مقدار جریان و عمق آب در چاهک یادداشت می‌شود. این داده‌ها به همراه فاصله سطح ایستابی از کف چاهک در یکی از معادلاتی که در شکل (۴-۸) ارائه شده است، به‌کار می‌رود. از معادله‌ای استفاده می‌شود که به شرایط آزمایشی نزدیک باشد.

بهتر است این روش فقط در شن‌ها، سنگ‌ریزه‌ها با نفوذپذیری زیاد زمانی که روش‌های چاهک و پیزومتری نتایج رضایت‌بخشی نمی‌دهد، اعمال گردد.[1]

1. Drainage manual (1995): A water Resourcesw Technical Publications, U.S, Dept of Interior , Bureau of Reclamation

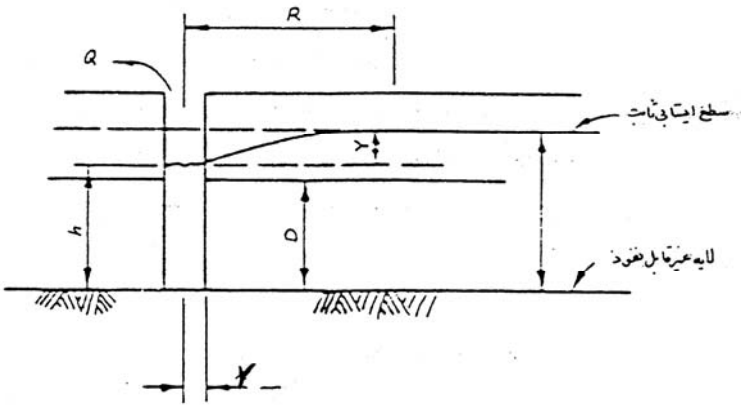
www.PnuNews.com



$$K = \frac{a \log_e(\frac{R}{r})}{\pi(H^2 - h^2)}$$

در اکثر موارد R=۵۰۰r فرض می‌شود.

الف) پمپاژ از یک طبقه یکنواخت، سطح ایستابی در طبقه پمپاژ



$$K = \frac{Q \log_e(\frac{R}{r})}{2\pi YD}$$

ب) پمپاژ از یک طبقه محصور، سطح ایستابی بالای طبقه پمپاژ می‌شود.

شکل ۴-۸. تعیین هدایت آبی به روش پمپاژ از یک طبقه یکنواخت یا محصور

www.PnuNews.com

K: هدایت هیدرولیکی برحسب فوت مکعب در فوت مربع در روز
Q: مقدار جریان در شرایط پایدار برحسب فوت مکعب در روز
Y=H-h افت سطح ایستابی بر حسب فوت
H: عمق آب در چاهک در شرایط پمپاژ در حالت پایدار برحسب فوت
D: ضخامت بین کف چاهک و لایه محصور شده روی آن برحسب فوت
R: فاصله از خط مرکزی چاه تا نقطه افت صفر برحسب فوت
r: شعاع مؤثر چاه برحسب فوت

۴-۳ اندازه‌گیری هدایت آبی به روش صحرایی در بالای سطح ایستابی

این روش‌ها معمولاً در طرح‌های آبیاری کاربرد دارد که در آن سطح ایستابی در عمق زیادی قرار گرفته ولی این احتمال وجود دارد که سطح ایستابی در اثر آبیاری به بالا صعود نماید. در این شرایط لازم است بررسی‌های نسبتاً دقیقی صورت گیرد تا هزینه زهکشی زیرزمینی که ممکن است در آینده مورد نیاز باشد مشخص گردد.

۴-۳-۱ روش نفوذسنجی

در این روش از دستگاه نفوذسنج یک یا دوحلقه‌ای استفاده می‌شود. اندازه‌گیری را می‌توان در سطح زمین یا در اعماق مختلف خاک انجام داد. برای این منظور گودالی حفر می‌شود که یکی از دیوارهای آن به‌صورت پلکانی بوده و نفوذسنج روی هریک از پله‌ها می‌تواند قرار گیرد (به شکل ۴-۱ مراجعه شود). سرعت نفوذ آب برطبق قانون دارسی از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید

$$I = K_\theta \frac{h + z - p}{z} \qquad (۴-۷)$$

در این فرمول:

I: سرعت نفوذ $(\frac{m}{day})$

K_θ: هدایت هیدرولیکی خاک در رطوبت θ $(\frac{m}{day})$

h: ارتفاع آب که روی سطح خاک قرار گرفته است (m)

www.PnuNews.com

z: عمق جبهه رطوبتی خاک (m) یا عمقی که آب نفوذ کرده است.
p: فشار آب در جبهه رطوبت (m)

رطوبت خاک در منطقه انتقال رطوبت در حدود رطوبت اشباع بوده و چون رطوبت به سمت رطوبت اشباع میل می‌کند لذا فشار به سمت صفر نزدیک می‌شود (این موضوع در مورد اغلب خاک‌های با بافت متوسط یا سنگین صادق است ولی در مورد خاک‌های دانه‌درشت صادق نیست). وقتی $\theta \to \theta_{sat}$ مقدار $K_\theta \to K_{sat}$ میل می‌کند و پس از مدتی z در مقایسه با $h - p$ زیاد شده و درنتیجه گرادیان هیدرولیکی به سمت یک میل می‌کند.

ارزیابی روش نفوذسنجی

الف) در این روش فقط مؤلفه عمودی هدایت هیدرولیکی اندازه گیری می‌شود.
ب) روش بسیار آسان و ساده است ولی از دقت زیادی برخوردار نمی‌باشد
- به‌دلیل تغییرات موضعی خاک در هر نقطه آزمایش حداقل سه بار تکرار می‌شود.
- در موقع نصب نفوذسنج، خاک تا اندازه‌ای به هم می‌خورد که از دقت آزمایش کاسته می‌شود

ج) در خاک‌های شنی صحت عمل بسیار کم است.
د) به دلیل تورم در خاک‌های رسی، به‌خصوص اگر آب شیرین مصرف شود، از دقت عمل کاسته می‌شود. در این شرایط سعی می‌شود از آب شور برای آزمایش استفاده گردد.

۴-۳-۲ روش چاهک معکوس[1]

از این روش برای تعیین هدایت آبی خاک در بالای سطح ایستابی استفاده می‌شود. این روش عکس روش چاهک است و به نام روش پورشه معروف است برای انجام آزمایش با استفاده از اگر دستی چاهکی در مزرعه حفر نموده و سپس چاهک را تا سطح دلخواه پر از آب نموده و افت سطح آب داخل چاهک را نسبت به زمان اندازه‌گیری می‌نماییم. آزمایش تا زمانی ادامه می‌یابد که به هدایت آبی اشباع خاک که مقدار ثابتی است رسیده باشیم.

1. Invert auger hole method

www.PnuNews.com

محاسبات

با استفاده از رابطه دارسی و با فرض گرادیان هیدرولیکی واحد می‌توان نوشت:

$$Q = K(۲\pi r h + \pi r^۲)$$
$$Q = ۲K\pi r(h + \frac{r}{۲}) \qquad ۸-۴$$

که در آن:

Q: دبی آب نفوذیافته از چاهک

K: هدایت آبی خاک

h: عمق آب در چاهک

r: شعاع چاهک

از طرف دیگر باتوجه به افت سطح آب داخل چاهک نسبت به زمان می‌توان نوشت:

$$Q = \pi r^۲ \frac{dh}{dt} \qquad (۹-۴)$$

با تساوی قرار دادن معادلات (۴-۸) و (۴-۹) داریم:

$$۲K\pi r(h + \frac{r}{۲}) = \pi r^۲ \frac{dh}{dt}$$
$$۲K\pi(h + \frac{r}{۲}) = \pi r \frac{dh}{dt} \qquad (۱۰-۴)$$

با ساده کردن رابطه فوق:

$$۲K\pi = \pi r \frac{dh}{dt(h + \frac{r}{۲})} \qquad (۱۱-۴)$$

یا

$$۲K\pi dt = \pi r \frac{dh}{h + \frac{r}{۲}} \qquad (۱۲-۴)$$

www.PnuNews.com

که درنتیجه معادله زیر حاصل می‌گردد

$$\frac{۲K}{r}dt = \frac{dh}{h + \frac{r}{۲}} \qquad (۱۳-۴)$$

اگر از معادله ۱۱ نسبت به حدود زیر انتگرال گرفته شود می‌توان نوشت:

$$t = t_{\circ} \text{ و } h = h_{\circ}$$

$$t = t \text{ و } h = h_{\circ}$$

$$\int \frac{۲K}{r}dt = \int \frac{dh}{(h + \frac{r}{۲})} \qquad (۱۴-۴)$$

$$\frac{۲K}{r}t = Ln(h_{\circ} + \frac{r}{۲}) - Ln(h_t + \frac{r}{۲}) \qquad (۱۵-۴)$$

$$K = \frac{\frac{۱}{۲}r[Ln(h_{\circ} + \frac{r}{۲})[Ln(h_t + \frac{r}{۲})]}{t} \qquad (۱۶-۴)$$

درصورتی‌که معادله فوق در پایه لگاریتم معمولی باشد می‌توان نوشت:

$$K = \frac{۱/۱۵r[\log(h_{\circ} + \frac{r}{۲}) - \log(h_t + \frac{r}{۲})]}{t} \qquad (۱۷-۴)$$

درصورتی‌که بر روی یک کاغذ نیمه لگاریتمی $h_t + \frac{r}{۲}$ را بر روی محور لگاریتمی عمودی و t را بر روی محور افقی رسم نماییم شیب خط حاصله $tg\alpha$ خواهد بود که در این‌صورت می‌توان معادله (۴-۱۷) را به‌صورت زیر نوشت:

$$K = ۱/۱۵r\,tg\alpha \qquad (۱۸-۴)$$

ارزیابی روش چاهک معکوس

این روش نیز دارای همان محدودیت‌های روش نفوذسنجی با حلقه است. درواقع چون

www.PnuNews.com

در روش چاهک معکوس جریان بیشتر افقی است تا عمودی (مقدار جریـان از دیـواره چاهک به مراتب بیشتر از کف آن است) لذا فرض یک بودن گرادیان هیدرولیکی زیـاد قابل قبول نمی‌باشد.[1]

۴-۴ هدایت هیدرولیکی در خاک‌های مطبق

در طبیعت، خاک‌ها به‌ندرت همگن و ایزوتروپ هستند بلکه معمولاً از چندین لایـه بـا هدایت هیدرولیکی‌های مختلف تشکیل شده‌انـد. بـرای کـاربرد قـانون دارسـی در ایـن خاک‌ها باید از هدایت هیدرولیکی معادل استفاده کـرد. زمـانی‌کـه جریـان آب افقـی و موازی لایه‌های خاک باشد شکل ۴-۹، هدایت هیدرولیکی معادل از رابطه زیر به‌دسـت می‌آید:

$$\bar{K} = \frac{K_1 d_1 + K_2 d_2 + \ldots + K_n d_n}{d_1 + d_2 + \ldots + d_n}$$

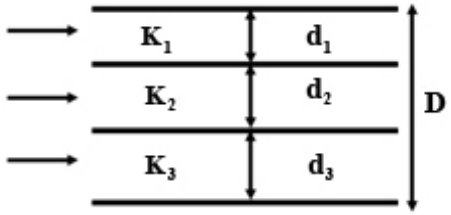
$$\bar{K} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i\, d_i}{\sum_{i=1}^{n} d_i} \qquad (۱۹-۴)$$

که در آن:

d_i: ضخامت لایه iام

$\bar{K}$: هدایت هیدرولیکی معادل افقی

K_i: هدایت هیدرولیکی لایه iام



شکل ۴-۹. جریان افقی لایه‌بندی خاک

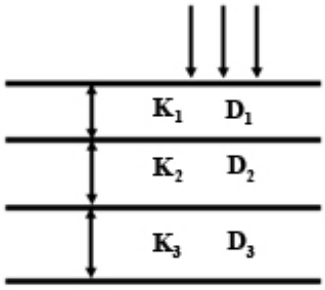
1. Kadam, u.s, Thokal, R.T, Gorantiewase, S.D and A.G. power, (2008): Agricultureal Drainage principles and practices, New Delhi, 539 P

www.PnuNews.com

زمانی‌که جریان عمود بر لایه‌های خاک باشد شکل ۴-۱۰، هدایت هیدرولیکی معادل از رابطه (۴-۲۰) محاسبه می‌شود

$$\bar{K} = \frac{d_1 + d_2 + \ldots + d_n}{\frac{d_1}{K_1} + \frac{d_2}{K_2} + \ldots + \frac{d_n}{K_n}}$$

$$\bar{K} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{K_i}} \qquad (۲۰-۴)$$



شکل ۵-۹. جریان عمود بر لایه‌بندی خاک

۴-۵ خطوط هم‌پتانسیل[1]

اگر در خاکی تعدادی فشارسنج[2] قرار دهیم و صعود آب را در آن‌ها یادداشت کنیم، سپس فاصله انتهای هریک از این پیزومترها را از سطح یا مبدأ مقایسه تعیین نماییم و این دو مقدار را به هم بیفزاییم، ملاحظه می‌کنیم که نقاطی در داخل خاک وجود دارد که بار آبی[3] یا مجموع این دو کمیت برای آن‌ها مساوی است. این نقاط دارای پتانسیل یکسانی هستند و اگر با خطی به هم مربوط شوند هریک از این خطوط را یک خط هم‌پتانسیل[4] می‌نامیم.

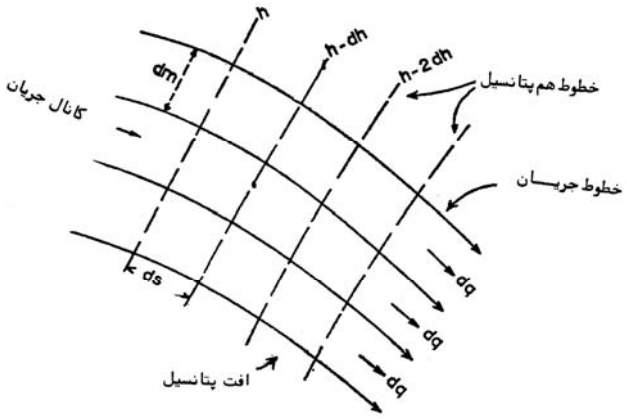
1. Equipotential
2. piezometer
3. hydraulic head
4. Equipotential

www.PnuNews.com

۴-۶ خطوط جریان[1]

خطوط جریان نیز مسیر جریان را در خاک نشان می‌دهد و اغلب با به‌کار بردن محلول‌های رنگین به‌جای آب می‌توان این خطوط را مشاهده کرد. پس از آن‌که پتانسیل کلیه نقاط حوزه جریان مورد نظر و درنتیجه خطوط هم‌پتانسیل تعیین شد، می‌توانیم سرعت جریان را در هریک از این نقاط نیز بدانیم زیرا متناسب با شیب پتانسیل است. از طرفی می دانیم که شیب پتانسیل در جهت عمود بر خطوط پتانسیل حداکثر است زیرا کوتاه‌ترین فاصله بین دو خط هم‌پتانسیل بوده و در این مسیر نیروی انتقال‌دهنده آب نیز حداکثر می‌باشد.[2]

خطوط جریان و خطوط هم‌پتانسیل را بر روی هم شبکه جریان[3] می‌گویند و در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۰. نمایش خطوط هم‌پتانسیل و خطوط جریان

خلاصه فصل چهارم

با استفاده از سیلندر، می‌توانیم از خاک مزرعه نمونه برداریم و بر اساس روابط موجود و شکل نمونه‌برداری، هدایت هیدرولیکی عمودی و افقی خاک را اندازه‌گیری نماییم. بزرگ‌ترین عیب روش آزمایشگاهی دقت کم آن می‌باشد که با استفاده از مقدار زیادی

---

1. stream lines

۲. بای‌بوردی، م. ۱۳۷۸، اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۱ صفحه

3. flow net

www.PnuNews.com

نمونه این مشکل برطرف می‌شود و در خاک‌های رسی دقت لازم را ندارد از مزایای روش آزمایشگاهی این است که می‌توان هدایت هیدرولیکی را بالای سطح ایستابی اندازه‌گیری کرد یا هدایت هیدرولیکی عمودی و افقی خاک را جدا نمود و تأثیر نمک و دیگر خصوصیات فیزیکی بر هدایت هیدرولیکی را پیش‌بینی نمود.

در روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در صحرا این پارامتر در بالای سطح ایستابی و زیر سطح ایستابی اندازه‌گیری می‌شود. با روش‌های چاهک، پیزومتری و افت سطح ایستابی تک‌چاهی این پارامتر در زیر سطح ایستابی اندازه‌گیری می‌شود که از روش‌های اندازه‌گیری بالای سطح ایستابی دقیق‌تر است با روش پیزومتری می‌تواند هدایت هیدرولیکی لایه نازکی از خاک را اندازه‌گیری کرد.

با دستگاه نفوذسنج و روش چاهک معکوس می‌توان هدایت هیدرولیکی بالای سطح ایستابی را اندازه‌گیری نمود. دستگاه نفوذسنج هدایت هیدرولیکی عمودی خاک را اندازه‌گیری می‌کند که روش ساده و آسانی است ولی دقت زیادی ندارد. به کمک فرمول‌های داده شده می‌توان هدایت هیدرولیکی عمودی و افقی خاک‌های مطبق را اندازه‌گیری نمود. نقاطی که دارای پتانسیل یکسان هستند تشکیل خطوط هم‌پتانسیل می‌دهند وخطوط عمود بر خطوط پتانسیل تشکیل خطوط جریان می‌دهند که در مجموع به این خطوط شبکه جریان می‌گوییم.

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

فصل پنجم

سیستم‌های زهکشی سطحی

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با زهکشی سطحی، چگونگی اجرای آن و محاسن و معایب زهکشی سطحی می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

۱. زهکشی سطحی برای چه زمین‌هایی به‌کار می‌رود.
۲. موارد نیاز به احداث سیستم زهکشی سطحی را توضیح دهید.
۳. چه زمین‌هایی علاوه بر زهکشی سطحی نیاز به شکل دادن (تسطیع، صاف کردن و شیب‌بندی زمین) هم دارند.
۴. عملیات شکل دادن به اراضی چگونه انجام می‌شود.
۵. صاف کردن سطح اراضی چیست و چگونه و با چه وسائلی می‌تواند انجام شود.
۶. شیب دادن به اراضی چیست و چگونه و با چه وسائلی می‌تواند انجام شود.
۷. روش‌های انجام زهکشی سطحی در اراضی مسطح را نام ببرد و هر یک را به‌طورکلی نحوه عمل و اجرای آن را شرح دهد.
۸. روش‌های انجام زهکشی سطحی در اراضی شیب‌دار را نام ببرد.

www.PnuNews.com

۹. نحوه تخلیه روناب حاصل از زهکشی سطحی در اراضی مسطح را توضیح دهد و علت ایجاد آبشار را نیز شرح دهد.
۱۰. نحوه تخلیه آب در اراضی شیب‌دار را شرح دهد و موارد فنی آن را نیز توضیح دهد.
۱۱. سرعت جریان آب در زهکش‌های روباز را به کمک معادله مانینگ محاسبه کند.
۱۲. عمق زهکش‌های سطحی به چه عواملی وابسته است.
۱۳. بهترین مقطع زهکش‌های روباز چه مقطعی می‌باشد.
۱۴. عوامل مؤثر بر ظرفیت طراحی کانال‌های زهکشی را توضیح دهد.
۱۵. اجرای مرحله‌ای زهکشی روباز را شرح دهد.
۱۶. انواع زهکش‌هایی که در مزرعه می‌توان به‌کار برد را نام ببرد.
۱۷. محاسن و معایب زهکش‌های سطحی نسبت به زهکش‌های زیرزمینی را شرح دهد.

۵-۱ تعاریف کلی و اهمیت موضوع

یک زمین ماندابی را با روش‌های زهکشی سطحی، زهکشی زیرزمینی، پمپاژ آب زیرزمینی و مدیریت بارندگی و یا ترکیبی از این روش‌ها را می‌توان برای تولید محصول احیا کرد.

زهکشی سطحی عبارت‌است از تخلیه آب اضافی از روی سطح و یا بخشی از لایه سطحی نیم‌رخ خاک از طریق سیستم کانال‌های باز و هدایت زه آب‌های حاصله به محل تخلیه و دفع مناسب است. در اراضی مسطح، مسئله اصلی، تخلیه گاه به گاه آب‌های جمع شده در گودال‌هاست. در حالی‌که در اراضی شیب‌دار، معمولاً تخلیه آب اضافی بدون ایجاد فرسایش خاک مورد نظر است.

زهکشی سطحی معمولاً برای زمین‌های مسطح با نفوذ کم یا نفوذپذیری پایین خاک یا مناطقی که دارای بارندگی با شدت زیاد می‌باشد معمولاً به کار می‌رود این روش زهکشی شرایط ماندابی زمین را با خروج جریان آب به بیرون زمین بدون این‌که خاک دچار فرسایش شود برطرف می‌کند.

در قاره اروپا، روش زهکشی سطحی طی قرون ۱۶ و ۱۷ میلادی از طریق ایجاد

www.PnuNews.com

جویچه‌های ته بسته یا نهرچه‌های کوچک از طریق عملیات شخم و تبدیل این قبیل اراضی به بستر کشت گیاهان زراعی به انجام می‌رسیده است. در چند دهه اخیر، زهکشی سطحی کاربرد وسیعی یافته است.

۵-۲ موارد نیاز به احداث سیستم زهکشی سطحی

به‌طورکلی در مناطق مرطوب که بارندگی با شدت زیاد اتفاق می‌افتد و به‌خصوص در شرایطی که بافت خاک سنگین تا بسیار سنگین باشد، ایجاد نوعی سیستم زهکشی سطحی اجتناب‌ناپذیر است. احداث سیستم زهکشی سطحی در صورت وجود یک یا چند مورد از حالت‌های زیر نیز لازم است.

۱- بروز حالت آب‌ماندگی در گودال‌ها یا اراضی پست برای مدت چند روز پس از یک دوره بارندگی سنگین

۲- رنگ خاک لایه‌های زیرین نیم‌رخ خاک (از ۲۰ – ۴۰ سانتی‌متر به پایین) دارای نشانه‌هایی به رنگ‌های خاکستری یا آبی و یا دارای رنگ‌دانه‌های قهوه‌ای یا زرد رنگ باشد.

۳- وجود یک سخت لایه یا طبقه متراکم در افق‌های فوقانی نیم‌رخ خاک.

۴- خاک لایه‌های زیرین نیم‌رخ خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری، حتی پس از یک دوره بارندگی سنگین کاملاً خشک (بدون رطوبت) باشد.

۵- رستنی‌هایی مانند نی، بوریا (لوئی)، علف‌های هرز و گیاهانی که در شرایط رطوبتی زیاد خاک رشد می‌نمایند به تدریج در جویچه‌های ته بسته و یا در فرورفتگی‌های کم عمق شروع به رشد و نمو می‌نماید.

۵-۳ شکل دادن به اراضی برای زهکشی سطحی

گاهی احداث سیستم زهکش سطحی، که قادر به انتقال جریان‌های سطحی آن‌هم طی دوره‌های زمانی به‌خصوصی باشد، به عنوان راه حل مشکل زهکشی سطحی مزارع غیر کافی است، زیرا آب می‌تواند به‌صورت ساکن در گودال‌ها و فرورفتگی‌های موجود در سطح اراضی باقی بماند، بنابراین گاهی ضرورت دارد که علاوه بر ساخت سیستم

www.PnuNews.com

کانال‌ها، تغییراتی دایمی بر روی وضعیت توپوگرافی اراضی نیز به انجام رسد. این اقدام تحت عنوان شکل دادن به اراضی[1] نامیده می‌شود.

شکل دادن به اراضی نه تنها موجب بهبود جریان آب بر سطح اراضی می‌گردد، بلکه شرایط کاربرد موثر ماشین‌های کشاورزی در مزرعه را نیز افزایش می‌دهد. از دیدگاه عملیات زهکشی سطحی شکل دادن به سطح اراضی در مقایسه با اهداف آبیاری و جلوگیری از فرسایش خاک، اقدام جدیدی محسوب می‌گردد. شکل دادن به اراضی نه تنها از نظر فنی توجیه‌پذیر است. بلکه از جنبه‌های اقتصادی نیز اقدام قابل ملاحظه و مطلوبی محسوب می‌گردد. در عملیات شکل دادن به اراضی زراعی دو مفهوم کلی بایستی مورد نظر باشد که عبارتند از: صاف کردن سطح اراضی[2] وشیب دادن به اراضی[3] که اقدام دوم حجم عملیات خاکی بیشتری را در مقایسه با مورد نخست ایجاب می‌نماید.

۵-۳-۱ صاف کردن سطح اراضی

صاف کردن اراضی به معنی تسطیح مختصر سطح اراضی محدوده مورد نظر بدون ایجاد تغییر در وضعیت توپوگرافی کلی آن است. عملیات صاف کردن، موجب برطرف شدن اختلاف ارتفاع‌های کم و ایجاد نوعی شیب کلی از کلیه نقاط مزرعه به سمت زهکش سطحی مزرعه‌ای می‌گردد به عبارت دیگر صاف کردن اراضی، به حالت تسطیح مختصر سطح اراضی محدوده مورد نظر به‌وسیله عملیات ماله‌کشی و به منظور برطرف کردن گودال‌های کوچک و برآمدگی‌های کم ارتفاع و بدون تغییر در وضعیت توپوگرافی کلی قطعه اراضی مربوط توصیف شده است. برای حصول اطمینان در عملیات صاف کردن اراضی بهتر است سطح اراضی مورد نظر کاملاً خشک و شخم خورده باشد.

عملیات صاف کردن سطح اراضی یکی از ارزان‌ترین و در عین حال موثرترین اقدامات برای زهکشی سطحی است. انجام این عملیات از طریق اتصال یک قطعه

1. Land forming
2. land smoothing
3. Land Grading

www.PnuNews.com

چوبی که به وسیله تراکتور کشیده می‌شود (روش قدیمی) تا به کارگیری ادوات پیشرفته‌ای نظیر انواع تسطیح کننده های کششی عملی است.

۵-۳-۲ شیب دادن به اراضی

شیب‌بندی اراضی برای اهداف زهکشی سطحی مشتمل بر شیب دادن وضعیت ظاهری اراضی از طریق عملیات خاک‌برداری، خاک‌ریزی و صاف کردن سطح اراضی به صورت پیوسته و مورد نظر می‌باشد. به طور کلی، شیب‌بندی اراضی اقدامی‌است که فقط یک‌بار به مرحله اجرا در می‌آید و بدین منظور از ماشین‌هائی نظیر بولدوزر، گریدر و اسکریپر استفاده می‌شود و مشتمل بر حمل و نقل خاک بر مبنای رقوم خاک‌برداری و خاک‌ریزی بر پایه شیب‌های غالب اراضی مورد نظر است. انتخاب ماشین‌های مورد نیاز مرتبط با فاصله جابجایی خاک، عمق خاک برداری و شرایط خاک مزرعه می‌باشد. شیب‌بندی اراضی برای اهداف زهکشی سطحی با عملیات تسطیح اراضی برای عملیات آبیاری تفاوت کلی دارد زیرا در حالت زهکشی، نیاز به اعمال شیب یکنواخت وجود ندارد و بدین ترتیب شیب‌های طولی (ردیف‌ها) می‌تواند تا حدی متغیر باشد. گرچه این امر متضمن عملکرد مطلوب زهکشی سطحی با حداقل میزان عملیات شیب بندی است، لیکن شیب اراضی در جهت زهکش‌ها بایستی پیوسته بوده و مقدار آن می‌تواند از حداقل ۰/۰۵ ٪، به‌طور ترجیحی ۰/۱ ٪، تا حداکثر ۰/۵ ٪ طراحی گردد.

به‌طورکلی، عملیات تسطیح اراضی با اهداف آماده نمودن زمین با شیب یکنواخت و مناسب در قطعات زراعی برای افزایش راندمان‌های توزیع و کاربرد آب آبیاری، فراهم شدن شرایط مطلوب برای تخلیه جریان‌های زهکشی سطحی، ایجاد تسهیلات لازم برای اجرای عملیات کاشت، داشت و برداشت محصولات تولیدی (زراعی و باغی) به‌انجام می‌رسد که نتیجه نهایی آن افزایش کمی و کیفی محصولات تولیدی است.

برداشت خاک لایه سطحی برای عملیات شیب دادن به سطح اراضی موجب کاهش عملکرد محصول به دلیل فقیر بودن خاک لایه‌های زیرین از مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌گردد که در مورد اراضی که خاک‌های کم عمق دارند این موضوع تشدید

www.PnuNews.com

خواهد شد. بدین دلیل کاربرد مواد معدنی و آلی در سطح اراضی شیب داده شده، توصیه می‌گردد. در فرآیند عملیات شیب دادن به سطح اراضی، خاک مزرعه متراکم می‌شود. میزان این فشردگی در شرایطی که خاک خشک و شخم خورده و فاصله حمل و نقل خاک در مزرعه زیاد نباشد، کاهش خواهد یافت. سطح خاک‌های متراکم شده را بایستی با استفاده از ادوات مخصوص (ریپیر یا زیرخاک کن معمولی و یا ویبره) به حالت غیر متراکم یا پوک درآورد. پس از عملیات شیب‌بندی اراضی مناطق خاک‌ریزی شده نشست خواهد نمود و بالعکس در مناطق خاک‌برداری شده پس از اعمال عملیات شخم، خاک متورم می‌گردد. بدین دلیل محاسبات خاک‌ریزی و خاک‌برداری را بایستی قبل از اجرای عملیات شیب‌بندی تنظیم نمود.

طرح شیب دادن به سطح اراضی مشتمل بر عملی‌ترین شیب قابل اجرا در سطح مزرعه با منظور داشتن سیستم‌های آبیاری، زهکشی و جاده‌های مزرعه‌ای است. برای اجرای عملیات شیب دادن بایستی سطح اراضی مورد نظر از پوشش گیاهی پاک گردیده و برای اجرای عملیات تسطیح آماده شده باشد.

۵-۴ سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی مسطح

سیستم‌های زهکشی سطحی اراضی مسطح (حداکثر شیب ۲٪) با روش‌های مناسب برای اراضی شیب‌دار متفاوت می‌باشند. زیرا در اراضی مسطح، عامل محدود کننده فقدان شیب کافی است در حالی که در اراضی شیب‌دار، عامل محدودکننده شیب تند و خطرات ناشی از فرسایش خاک، تلقی می‌گردد.

چهار نوع سیستم زهکشی سطحی برای اراضی مسطح در این بخش مورد بحث قرار می‌گیرد که عبارتند از: سیستم‌های بسترسازی، زهکش‌های مزرعه‌ای موازی، زهکش‌های غیر منظم و سیستم نهرچه‌های باز موازی.

۵-۴-۱ سیستم بسترسازی[1]

این روش یکی از قدیمی‌ترین روش‌های زهکشی سطحی است که به‌طور عمده در

1. Bedding system

www.PnuNews.com

اراضی مسطح با شرایط زهکشی ضعیف و نفوذپذیری کم قابلیت کاربرد دارد. بسترسازی قطعات اراضی، یکی از روش‌های زهکشی سطحی است که از طریق اجرای عملیات شخم بر روی سطح اراضی محدوده مورد نظر به نحوی اعمال می‌گردد که منتج به حصول چند سری بستر گود (غیر مرتفع یا پست) که به‌وسیله زهکش‌های مزرعه‌ای از یکدیگر جدا می‌شوند گردد. انجام عملیات خاک ورزی در اراضی طی سالیان متمادی در امتداد شیب غالب اراضی موجب تشکیل نوعی بستر کشت می‌گردد که قطعات مربوطه به وسیله نهرچه‌های ته بسته‌ای از یکدیگر تفکیک می‌گردند. به جزء عملیات شخم که همواره بایستی به موازات نهرچه‌ها به‌انجام رسد، سایر عملیات زراعی را می‌توان در هر دو جهت اعمال نمود. عملیات بسترسازی در اراضی با شیب طولی ۱/۵ درصد قابلیت کارایی مطلوبی را نمودار ساخته است. عرض بستر مرتبط با کاربری اراضی، شیب مزرعه، وضعیت نهرچه‌های ته بسته، نفوذپذیری خاک، چگونگی اجرای عملیات زراعی و عرض کار ماشین‌ها و ادوات کشاورزی است. عرض مناسب بستر در ارتباط با وضعیت زهکشی داخل خاک‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۵-۱. عرض توصیه شده برای عملیات بسترسازی در رابطه با وضعیت زهکشی داخلی خاک‌ها

ردیف	وضعیت زهکشی داخلی خاک‌ها	مقدار هدایت هیدرولیکی (سانتی‌متر در روز)	عرض‌های توصیه شده (متر)
۱	خیلی آهسته	۰/۵	۸-۱۲
۲	آهسته	۵-۱۰	۱۵-۱۷
۳	مناسب	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰

طول قطعات بستر بین ۳۰۰-۱۰۰ متر متفاوت است. ارتفاع بستر در اکثر خاک‌ها می‌تواند برای مرتع ۴۰ سانتی‌متر و در سایر موارد ۲۰ سانتی‌متر باشد. چنین ارتفاع بسترسازی را می‌توان از طریق تکرار عملیات شخم در یک جهت (با حفظ نهرچه ته بسته در محل اولیه) به مرور ایجاد نمود و یا این‌که از ماشین‌های جابجایی خاک استفاده کرد.

www.PnuNews.com

آب از طریق نهرچه‌های ته بسته به زهکش مزرعه‌ای که در پایین‌ترین بخش مزرعه و به صورت عمود بر نهرچه‌های ته بسته احداث گردیده تخلیه می‌شود. زهکش مزرعه‌ای نیز به زهکش فرعی مزرعه‌ای (لترال) متصل می‌گردد تا بدین‌وسیله آب‌های مازاد را به زهکش اصلی تخلیه و دفع نماید. زهکش‌های مزرعه‌ای از نوع کم عمق (با متوسط عمق ۲۵ سانتی‌متر)، با شیب جانبی ملایم ۱:۸ تا ۱:۱۰ و دارای شیب طولی حداقل ۰/۱ درصد است. معایب سیستم بسترسازی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

۱- شیب جانبی نهرچه‌ها در اکثر حالت‌ها غیرکافی است، به‌خصوص در شرایطی که به‌وسیله عملیات شخم ایجاد شده باشند.

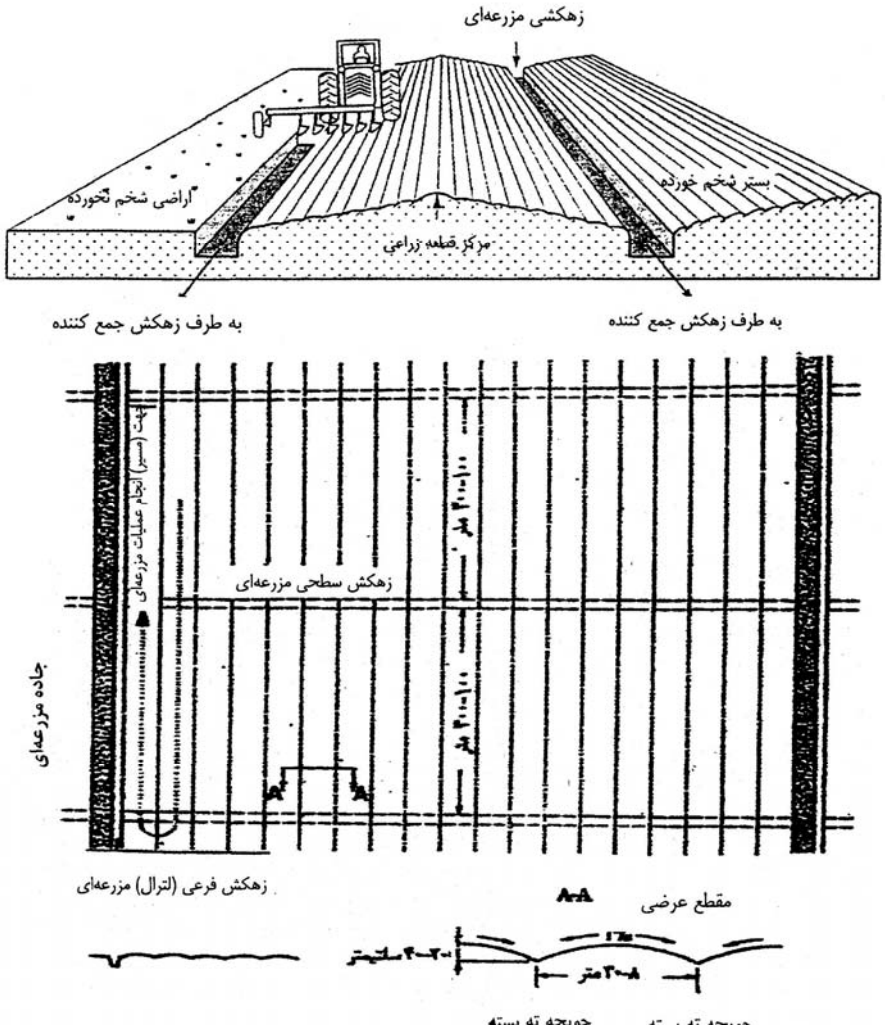
۲- در عملیات بسترسازی خاک لایه سطحی کناره‌های بستر به بخش میانی انتقال داده می‌شود. بدین دلیل ممکن‌است کاهش عملکرد محصول در حواشی نهرچه‌ها حاصل گردد.

۳- نهرچه‌های ایجاد شده به نگهداری منظم نیاز دارند علاوه بر آن جلوگیری از رویش علف‌های هرز که آن‌ها همواره بایستی به انجام رسد.

۴- ایجاد سیستم بسترسازی ممکن است در شرایطی موجب اختلال در امور مربوط به مکانیزاسیون عملیات مزرعه‌ای شود.

هرگاه عملیات کشت و کار گیاهان زراعی به‌صورت ردیف‌هایی به موازات نهرچه‌های ته بسته به‌انجام رسد، سیستم بسترسازی اراضی از دیدگاه زهکشی سطحی نتایج رضایت بخشی را حاصل نمی‌نماید، زیرا پشته‌های ایجاد شده مانع از حرکت جانبی آب به‌روی سطح اراضی و به سمت نهرچه‌های ته بسته می‌گردد. بدین ترتیب جویچه‌های کشت بایستی الزاماً به زهکش مزرعه‌ای تخلیه و یا به این منظور نوعی زهکش کمکی عمودی بر جویچه‌های کشت ایجاد و نگهداری گردد. بنابراین سیستم بسترسازی قطعات منحصراً برای اهداف کاربری اراضی به‌صورت مرتع و یا کشت گیاهان علوفه‌ای و یا هر نوع زراعتی که امکان صاف کردن سطح اراضی را فراهم می‌آورد، توصیه می‌گردد. حتی در شرایطی که سطح اراضی نیز بسیار مسطح باشد. احداث سیستم زهکش‌های مزرعه‌ای موازی ترجیح داده می‌شود. مراحل ساخت و اجزای سیستم بسترسازی زهکشی سطحی در مزرعه در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.

www.PnuNews.com



شکل ۵-۱. مراحل ساخت و اجزای سیستم بسترسازی زهکشی سطحی در یک قطعه زراعی اصلی

۵-۴-۲ سیستم زهکشی مزرعه‌ای موازی

سیستم زهکشی مزرعه‌ای یکی از موثرترین روش‌های زهکشی سطحی است. این سیستم به‌خصوص برای اراضی مسطح با شرایط زهکشی ضعیف که ناهمواری‌های متعددی داشته باشد قابلیت کاربرد دارد و موفقیت کارایی این سیستم در آن‌است که

www.PnuNews.com

شکل دادن به اراضی در آن به‌نحو مطلوبی به‌انجام رسد تا در نتیجه آن نوعی شیب مناسب برای ردیف‌های کشت حاصل گردد. چنین ردیف‌هایی جریان خود را به زهکش‌های مزرعه‌ای موازی که در محل مناسبی در مزرعه احداث گردیده‌اند تخلیه می‌نمایند. این گونه زهکش‌های مزرعه‌ای مشتمل بر نهرچه‌های شیب‌داری با شیب جانبی ملایم می‌باشند که امکان عبور ماشین‌ها و ادوات کشاورزی را فراهم می‌آورد. ابعاد زهکش مزرعه‌ای بیشتر با امکانات ایجاد و نگهداری از آن مرتبط است. بدین دلیل معیارهای هیدرولیکی طراحی در درجه اهمیت بعدی قرار دارد. به طور کلی این قبیل زهکش‌های مزرعه‌ای دارای شیب جانبی ۸:۱ تا ۱۰:۱ با حداقل عمق ۲۵ سانتی‌متر و مساحت سطح مقطع آن‌ها حدود ۰/۵ مترمربع با میزان شیب طولی ۰/۱ تا ۰/۳ درصد می‌باشند جدول (۵-۲) بعضی ابعاد توصیه شده برای ایجاد زهکش‌های مزرعه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۲. ابعاد توصیه شده برای احداث زهکش‌های مزرعه‌ای

ردیف	شکل سطح مقطع (تیپ زهکش)	عمق زهکش (متر)	عرض کف (متر)	شیب جانبی (عمودی به افقی)	ملاحظات کاربردی
۱	مثلثی	۰/۳ –۰/۱۵	–	۱۰ :۱ یا ملایم‌تر	قابل عبور و پاک‌سازی
۲	ذوزنقه‌ای	۰/۵ –۰/۲۵	۲/۵	۱:۸ یا ملایم‌تر	قابل عبور و پاک‌سازی

پاک‌سازی به معنی تخریب و صاف نمودن مجدد محل زهکش ساخته شده است. فاصله بین زهکش‌ها با هدایت هیدرولیکی خاک، نوع گیاه، وضعیت توپوگرافی و شیب اراضی پس از عملیات تسطیح ارتباط دارد. در عمل این فاصله از ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر در اراضی به طور نسبی مسطح (با شیب های کمتر از ۰/۵ درصد) متفاوت است که پس از عملیات شیب‌بندی، اراضی شیب یک طرفه خواهند داشت. ردیف‌های کشت به‌طور مستقیم به زهکش‌های مزرعه‌ای متصل می‌گردند. بدین دلیل بایستی شیبی در حدود ۰/۱ تا ۰/۲ درصد را داشته باشند. هرگاه خاک فرسایش‌پذیر نباشد. شیب طولی را می‌توان تا حدود ۰/۵ درصد نیز افزایش داد. در این شرایط باید اراضی به موازات

www.PnuNews.com

زهکش‌های مزرعه‌ای شخم زده شوند و سایر عملیات مزرعه‌ای را نیز بایستی در جهت عمود بر زهکش‌های مزرعه‌ای به‌انجام رسانید.

این سیستم زهکشی سطحی در مقایسه با سایر روش‌ها بیشترین هزینه را داراست در عوض، متضمن برقراری شرایط زهکشی مطلوبی برای کلیه بخش‌های سطح مزرعه گردیده و مانعی برای اجرای عملیات مکانیزاسیون ایجاد نمی‌نماید. برای دور زدن ادوات و ماشین‌های کشاورزی، یک نوار گردش[1] در دورترین قسمت پایین سطح مزرعه در نظر گرفته می‌شود. این نوار گردش مکان مناسبی برای پخش خاک‌های اضافی حاصل از عملیات پاک‌سازی دوره‌ای زهکش‌های سطحی باز محسوب می‌گردد.

برای مزارع کاملاً مسطح نوع خاص و تطابق یافته‌ای از شیب به‌نام «شیب‌سازی اراضی[2]» قابل اجرا می‌باشد که طی آن با جابجایی خاک نسبت به احداث پشته‌هائی کم ارتفاع، هم‌زمان با ایجاد نهرچه‌های زهکشی با فاصله ۳۰ تا ۱۰۰ متر به انجام می‌رسد. در این حالت به اراضی نوعی شیب مصنوعی داده می‌شود که می‌تواند از نظر زهکشی سطحی شرایط بسیار مطلوبی را حاصل نماید لیکن این اقدام مشتمل بر جابجایی مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای خاک است و هزینه‌های مرتبط با نگهداری زهکش‌ها نیز بسیار قابل‌ملاحظه خواهد بود. آب جمع‌آوری شده از طریق زهکش‌های مزرعه‌ای به زهکش‌های فرعی مزرعه‌ای (لترال‌ها) تخلیه می‌گردد. این قبیل زهکش‌ها خود بخشی از سیستم زهکشی اصلی مزرعه محسوب می‌گردند. طراحی سطح مقطع زهکش‌های مزرعه‌ای بایستی به‌نحوی انجام شود که ظرفیت انتقال، جلوگیری از فرسایش، عمق، شیب جانبی، شرایط نگهداری و ... را مورد توجه قرار داده باشد.

جدول (۵-۳) شیب‌های جانبی قابل توصیه را در ارتباط با عمق مورد نیاز نشان می‌دهد. به‌طورکلی دو نوع سطح مقطع مثلثی (V شکل) و ذوزنقه‌ای برای زهکش‌های فرعی مزرعه‌ای با مشخصات ارائه شده در جدول قابل توصیه است.

1. turn strip
2. Land Crowning

www.PnuNews.com

جدول ۵-۳. ابعاد توصیه شده برای زهکش‌های فرعی مزرعه‌ای

ردیف	نوع سطح مقطع زهکش	عمق زهکشی (متر)	شیب‌های جانبی توصیه شده (عمودی به افقی)	حداقل شیب جانبی (عمودی به افقی)
۱	مثلثی (V)	۰/۳ – ۰/۶	۱:۶	۱:۳
۲	مثلثی (V)	>۰/۶	۱:۴	۱:۳
۳	ذوزنقه‌ای	۰/۳–۱	۱:۴	۱:۲
۴	ذوزنقه‌ای	>۱	۱:۱/۵	۱:۱

۵-۴-۳ سیستم زهکشی سطحی نامنظم

سیستم زهکشی نامنظم به‌طور گسترده در شرایطی به‌کار برده می‌شود که در سطح اراضی محدوده مورد نظر گودال‌های کوچک لیکن پراکنده‌ای وجود داشته باشد. هر گاه این فرورفتگی‌ها دارای ابعاد قابل ملاحظه‌ای نیز باشند، پر نمودن آن‌ها به‌وسیله عملیات خاک‌ریزی و شکل دادن به سطح اراضی از نظر اقتصادی قابل توجیه نیست و بهتر است از طریق نهرچه‌های روباز و یا زهکش‌های سطحی نامنظم زهکشی شوند در صورت امکان بهتر است که با ایجاد زهکش‌هایی، گودالی را به فرورفتگی دیگر متصل کرده و در نهایت آن‌ها را به نقطه خروجی مناسب هدایت نمود. عمق احداث این قبیل زهکش‌های سطحی با توجه به وضعیت توپوگرافی اراضی و ظرفیت تخلیه می‌تواند حداقل ۲۵ سانتی‌متر باشد. شیب جانبی این قبیل زهکشی‌ها را می‌توان ۱:۱۰ یا ۱:۸ در شرایط تردد ماشین‌های کشاورزی منظور نمود. در شرایطی که عملیات مزرعه‌ای به موازات زهکش‌ها به انجام می‌رسد، شیب جانبی را می‌توان ۴ : ۱ نیز طراحی نمود. خاک اضافی حاصل از حفاری زهکش‌های سطحی نامنظم را می‌توان برای پر نمودن گودال‌های کوچک موجود در سطح مزرعه که به سیستم زهکشی متصل نمی‌باشند به‌کار برد. کاربرد این سیستم با توجه به تعداد گودال یا فرورفتگی‌هایی که بایستی به یکدیگر مرتبط گردند محدود می‌شود زیرا احداث تعداد زیادی زهکش، عملیات ماشینی را در سطح مزرعه با مشکل مواجه ساخته و علاوه بر آن هزینه‌های مرمت و نگهداری سیستم را نیز افزایش می‌دهد. زهکش‌های نامنظم (سطحی) در شرایطی که اراضی محدوده مورد نظر مسطح بوده و نفوذپذیری کمی نیز داشته باشند، به‌همراه

www.PnuNews.com

سیستم بسترسازی به‌کار گرفته می‌شود. درصورتی‌که شرایط نفوذپذیری خاک ایجاب نماید، این سیستم را می‌توان توام با سیستم زهکشی زیرزمینی به کار گرفت.

۵-۴-۴ سیستم نهرچه‌های باز موازی

سیستم نهرچه‌های باز موازی در مورد خاک‌هایی کاربرد دارد که اراضی آن نیاز به هر دو نوع سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و سطحی را داشته باشند. این روش مشابه سیستم زهکش‌های مزرعه‌ای موازی است، به‌جز آن‌که در این حالت نهرچه‌های زهکشی به‌وسیله نهرچه‌های باز جایگزین می‌گردند. این نهرچه‌ها به‌طور معمول ۶۰ سانتی‌متر تا ۱ متر عمق داشته و دارای شیب جانبی ۱:۱ تا ۱:۱/۵ بسته به نوع خاک می‌باشند که گاهی می‌تواند به حد ۱:۴ نیز برسد. حداکثر فاصله آن‌ها بین ۶۰ تا ۲۰۰ متر متغیر است. به‌دلیل آن‌که این نوع نهرچه‌ها در سطح مزرعه امکان تردد ماشین‌های کشاورزی را با اشکال مواجه می‌نمایند، کلیه عملیات مزرعه‌ای بایستی به موازات نهرچه‌ها به‌انجام برسد. امکان تخلیه آب سطحی اضافی ردیف‌های کشت از طریق زهکش‌های ردیفی فراهم می‌گردد. این روش به‌طور عمده در اراضی با مواد آلی زیاد به‌کار برده می‌شود. در خاک‌های معدنی، استفاده از روش‌های دیگری از جمله سیستم زهکش‌های مزرعه‌ای موازی، به‌عنوان زهکش سطحی و سیستم لوله‌های زهکشی زیرزمینی، به دلیل سهولت اجرایی می‌تواند مورد توجه و اقدام قرار گیرد.

۵-۵ سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی شیب‌دار

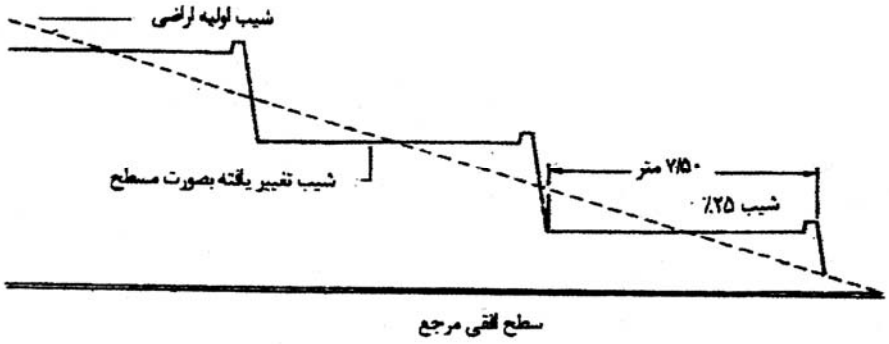
روش‌های زهکشی سطحی که در اراضی شیب‌دار به‌کار گرفته می‌شود (شیب‌های بیشتر از ۲ درصد) تا اندازه زیادی به مسائل جلوگیری از فرسایش خاک مرتبط می‌باشند. این روش‌ها مشتمل بر مواردی است که شرایط مطلوب را به‌نحوی ایجاد نماید که قادر به تنظیم و یا قطع جریان روی سطحی (رواناب) قبل از آن‌که به‌عنوان نیروی فرساینده شود، گردد. که این نوع عملیات در واقع نوعی تراس‌بندی[1] محسوب می‌شود.

جلوگیری از فرسایش خاک، تنها دلیل ایجاد تراس در اراضی شیب‌دار نیست،

1. Terracing

www.PnuNews.com

بلکه در بعضی شرایط، هدف اصلی حفظ و ذخیره آب می‌باشد. در این شرایط تراس‌هائی از نوع سکوئی یا پلکانی ساخته می‌گردد. برای این منظور شیب اولیه اراضی شیب‌دار به نحوی تغییر داده می‌شود که تعدادی تراس پلکانی و عمودی احداث گردد. این قبیل تراس‌ها بایستی مسطح بوده و کانال‌های مربوط به هر ردیف تراس نیز فاقد شیب طولی است. مشخصات ساخت تراس‌های سکوئی یا پلکانی در اراضی شیب‌دار در شکل (۵-۲) نشان داده شده است تراس‌هایی که به‌منظور زهکشی و جلوگیری از فرسایش خاک در اراضی شیب‌دار احداث می‌گردند، از نظر اصول فنی مشتمل بر دو نوع: سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب و تراس‌های استاندارد جلوگیری از فرسایش خاک می‌باشند.



شکل ۵-۲. مشخصات ساخت (ایجاد) تراس‌های نوعی سکوئی یا پلکانی در اراضی شیب‌دار

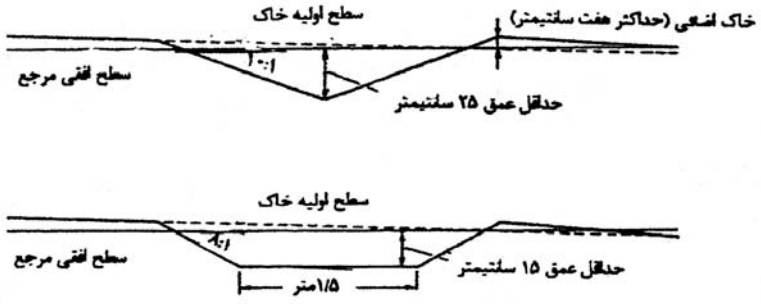
۵-۵-۱ سیستم نهرچه عمود بر شیب

سیستم نهرچه عمود بر شیب نوعی تراس شیب‌دار و کانال است که به نام تراس نیکولز[1] نیز نامیده می‌شود. موارد کاربرد آن در اراضی با شیب تا ۴٪ می‌باشد. سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب را می‌توان در اراضی با شیب‌های کم و در حدود ۰/۵ تا ۰/۷۵ درصد نیز با موفقیت به‌کار برد. این سیستم در خاک‌هایی که از نظر وضعیت زهکشی داخلی ضعیف بوده و دارای شیب طولی قابل ملاحظه و منظمی به همراه فرورفتگی‌های جزئی است، نیز می‌تواند قابلیت کاربرد موثر داشته باشد. در این حالت

1. Nichols Terrance

www.PnuNews.com

نهرچه‌ها بایستی به‌طور تقریبی به موازات خطوط تراز، شیب‌ها منطبق بر شرایط توپوگرافی محدوده، امتداد داشته باشند. استفاده از شیب‌های متغیر اغلب موجب انتخاب مسیرهای مطلوب‌تری برای تراس گردیده و باعث تطابق‌پذیری مناسب‌تر تراس در سطح مزرعه می‌شود. در این حالت بایستی اراضی بین دو نهرچه کاملاً صاف گردیده و عملیات زراعی به موازات نهرچه‌ها به‌انجام رسد. خاک اضافی حاصل از عملیات حفاری نهرچه‌ها را می‌توان برای پر کردن فرورفتگی‌های جزئی و گاهی برای ساخت جاده های بین مزارع به‌کار برد و یا این‌که می‌توان آن را طوری بر روی سطح اراضی (پایین دست نهرچه) پخش نمود که لایه‌ای به ضخامت حداکثر ۷ سانتی‌متر را ایجاد نماید. نهرچه‌های عمود بر شیب می‌تواند مثلثی و یا ذوزنقه‌ای باشد. در هر حالت، شیب جانبی آن‌ها می‌تواند از ۱:۴ تا ۱:۱۰ متغیر باشد. سطح مقطع این قبیل نهرچه‌ها می‌تواند بین۰/۴ تا ۰/۷ مترمربع تغییر کند. عمق این گونه نهرچه‌ها بین ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر و عرض بالای آن‌ها ۷–۵ متر می‌تواند باشد. طول حداکثر نهرچه زهکشی یک جهت به تنهایی می‌تواند ۴۵۰–۳۵۰ متر طراحی گردد. فاصله بین دو نهرچه مرتبط با عوامل متغیری از قبیل شیب، شدت بارندگی، درجه فرسایش‌پذیری خاک و نوع گیاه است که به هر حال از ۳۰ متر در اراضی با شیب ۴ درصد تا ۴۵ متر در اراضی با شیب ۰/۵ درصد متغیر می‌باشد. با کاربرد سیستم نهرچه عمود بر شیب، بین ۸۰ – ۱۰۰ ٪ آب موجود در نهرچه زیر سطح اولیه اراضی قرار می‌گیرد بدین ترتیب خطرات احتمالی شکست خاک زیر اراضی پایین دست نهرچه کاهش می‌یابد. مقطع عرضی و اجزای سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب در شکل (۵–۳) نشان داده شده است.



شکل ۵–۳. مقطع عرضی و اجزای سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب

www.PnuNews.com

۵-۵-۲ تراس‌های استاندارد کنترل فرسایش

تراس استاندارد کنترل فرسایش نوعی تراس پشته‌ای و شیب‌دار است که به‌نام تراس منگام[1] نیز نامیده می‌شود و در اراضی که شیب آن تا ۱۰٪ است مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاوت بین نهرچه عمود بر شیب و تراس کنترل فرسایش در آن‌است که در نوع اخیر، خاک اضافی حاصل از احداث کانال، برای ساختن پشته نسبتاً مرتفعی در اراضی پایین‌دست (شیب) به‌کار گرفته می‌شود. در این قبیل کانال‌ها فقط ۵۰٪ آب موجود در کانال زیر سطح اولیه اراضی قرار می‌گیرد. برای ذخیره بیشتر آب، احتیاج به جابجایی مقادیر بیشتری خاک می‌باشد. در چنین شرایطی شکستگی پشته‌های ساخته شده نیز افزایش می‌یابد. نهرچه‌های عمود بر شیب، همانند کانال‌های مربوط به تراس‌های جلوگیری از فرسایش بایستی حدوداً به‌موازات خطوط تراز سطح اراضی، به‌همراه شیب یکنواخت و یا متغیری که بین ۰/۱ تا ۰/۶ درصد است، ایجاد گردند. در مورد ایجاد این قبیل تراس‌ها بایستی دقت لازم به‌عمل آید تا محل و مسیر احداث آن‌ها با موانع طبیعی (عوارض فیزیکی) برخورد ننموده و دارای قوس‌های تند نیز نباشد. هرگاه بریدگی ناگهانی در شیب اراضی وجود داشته باشد. حسب ضرورت بایستی نسبت به احداث یک رشته کانال در حد بالایی بریدگی اراضی اقدام نمود. فاصله بین کانال‌ها مشابه در طراحی نهرچه‌های عمود بر شیب از جمله شیب اراضی، شدت ریزش باران، وضعیت فرسایش‌پذیری خاک و گیاه بستگی دارد، در این راستا رابطه تجربی زیر برای کاربرد در کشور ایالات متحده آمریکا ارائه شده است.

$$v_i = a.s + b$$

که در آن:

v_i: فاصله قائم بین تراس‌های متوالی (فوت)

s: شیب متوسط اراضی (درصد)

a: ثابت تجربی که مقدار آن ۰/۳ تا ۰/۶ متغیر می‌باشد.

b: ثابت تجربی (b = ۱ برای خاک‌های فرسایش‌پذیر با پوشش ضعیف و b=۲ برای خاک‌های مقاوم در مقابل فرسایش با پوشش گیاهی خوب) است.

---

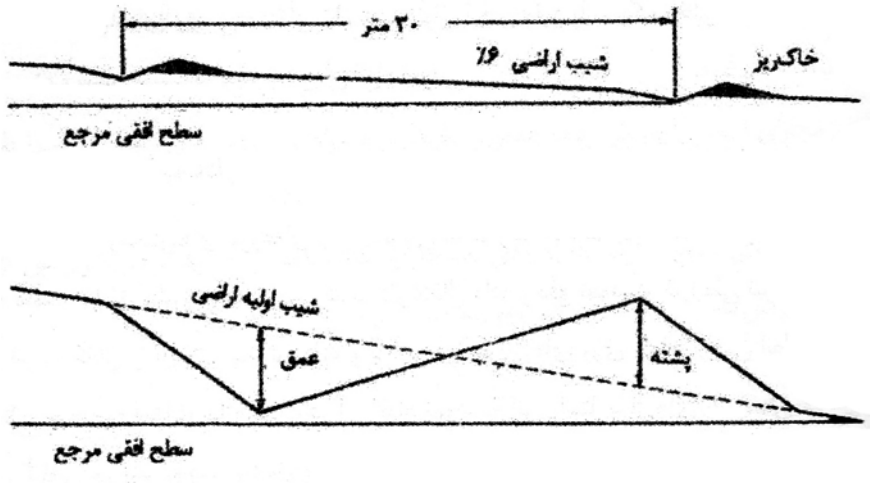
1. Mangum Terrace

www.PnuNews.com

طول تراس‌ها و به تبع آن طول کانال‌ها معمولاً مرتبط با وجود آبراهه مناسبی جهت تخلیه و دفع زه‌آب‌ها می‌باشد. این قبیل تراس‌ها از نظر طول نبایستی آن‌قدر کوتاه باشند که موجب اختلال در عملیات زراعی گردند.

همچنین نبایستی آن‌قدر طویل طراحی شوند که مقادیر قابل ملاحظه‌ای عملیات خاکی را ایجاب نمایند. حداکثر طول یک رشته کانال مربوط به تراس که زهکشی یک سمت را به‌انجام می‌رساند می‌تواند بین ۴۵۰–۳۵۰ متر باشد.

مقطع عرضی و اجزای تراس‌های استاندارد کنترل فرسایش خاک (فرسایش آبی) در شکل (۵-۴) نشان داده شده است.



شکل ۵-۴. مقطع عرضی و اجزای تراس‌های استاندارد کنترل فرسایش خاک (فرسایش آبی)

۵-۶ تخلیه و انحراف آب

۵-۶-۱ تخلیه آب در اراضی مسطح

رواناب هر ردیف و یا یک قطعه زراعی نبایستی به طور مستقیم به زهکش فرعی مزرعه (لترال) تخلیه گردد، زیرا این اقدام ممکن است فرسایش دیواره جانبی زهکش فرعی مزرعه را فراهم آورد. بدین ترتیب رواناب بایستی ابتدا در یک زهکش مزرعه که دیواره آن دارای شیب جانبی ملایمی (مسطحی) هستند، جمع‌آوری شده و سپس به

www.PnuNews.com

سیستم زهکشی اصلی مزرعه تخلیه و سپس دفع گردد.

در این خصوص، احتمالاً ایجاد نوعی سازه مانند آبشار قائم[1] در محل اتصال زهکش جمع‌کننده به زهکش فرعی مزرعه‌ای برای جلوگیری از آب شستگی بستر کانال فرعی ضروری خواهد بود. برای کاهش هزینه ایجاد تعدادی سازه آبشار قائم، در شرایطی امکان جمع‌آوری و هدایت زه آب‌ها به یک زهکش جمع‌کننده عمیق‌تر و سپس تخلیه آب جمع‌آوری شده تنها از طریق ایجاد یک سازه آبشار می‌تواند مورد نظر قرار گیرد.

ممکن‌است مشکلاتی نیز در رابطه با تخلیه و دفع آب در مزارع با فرورفتگی‌های پراکنده پیش آید و یا امکان دارد در شرایطی، گودال‌ها به قدری بزرگ باشند که زهکشی آن‌ها از طریق سیستم نهرچه‌های غیرمنظم مستلزم عملیات خاک‌برداری قابل ملاحظه‌ای باشد. در حالت‌هایی نیز می‌توان با تعبیه یک لوله زهکشی در عمیق‌ترین محل گودال آن را به یک زهکشی باز هدایت و تخلیه نمود. راه حل دیگر آن است که از طریق یک زهکش قسمتی و یا کل آب موجود در یک فرورفتگی را به گودال دیگری هدایت نموده و در نهایت آن‌ها را به یک نهرچه زهکشی و یا محل خروجی مناسبی تخلیه و دفع نمود. در شرایطی که سطح آب زیرزمینی کاملاً عمیق و لایه‌های زیرین دارای نفوذپذیری بسیار مناسبی باشند، عمل تخلیه و دفع آب‌های مازاد را می‌توان از طریق یک زهکش قائم[2] و یا چاه معکوس[3] به انجام رسانید. در شرایطی که راه کارهای بیان شده عملی نباشند، می‌توان آب‌های مازاد را به یک مخزن فاضلاب عمودی که در کف گودال ایجاد می‌گردد، هدایت نموده و سپس نسبت به پمپاژ و دفع آن اقدام نمود.

۵-۶-۲ تخلیه آب در اراضی شیب‌دار

در اراضی شیب‌دار که در آن زهکش‌های مزرعه به طور تقریبی به موازات خطوط تراز امتداد دارند، آب مازاد را بایستی از طریق یک کانال زهکشی به سمت مناطق پایین دست اراضی شیب‌دار انتقال داده و دفع نمود. در شرایطی نیز وضعیت شیب اراضی به

1. Drop structure
2. Vertical Drain
3. Inverted Well

www.PnuNews.com

نحوی است کـه بـه دلیـل تنـدی شـیب، کانـال را بایسـتی پوشـش داده و یـا آن را بـا جریان‌های روی سطح اراضی انطباق داد و برای جلوگیری از آب شستگی بستر کانـال، نسبت به احداث سازه آبشار قائم در آن اقدام نمود. در این راستا کانال‌هایی بـا پوشـش گیاهی می‌تواند اولویت داشته باشد. پوشش‌های گیاهی دایمی، متراکم و چمنی از جمله مناسب‌ترین پوشش‌های گیاهی برای این قبیل کانال‌ها محسوب می‌گردند هر چنـد کـه انتخاب نوع گیاه مرتبط با شرایط آب و هوایی، خاک و گونه‌های گیاهی قابل دسترسـی در منطقه نیز می‌باشد.

در طراحی مجاری آب بر با پوشش گیاهی، ضریب زبری بستر را می‌توان ۰/۰۴ در نظر گرفت. این رقم مترادف با شرایطی است که پوشش گیاهی مجرا تمیز شده باشد. هرگاه حداکثر رواناب در ایامی حاصل گردد که پوشش گیاهی کانال به دلیل رشد رویشی بیشترین ظرفیت بازداشت را دارا باشد، بایستی رقمی معادل ۱۵-۱۰ سانتی‌متر را به‌عمق محاسبه شده طراحی اضافه نمود تا از عدم سرریز شدن جریان آب در کانال در حین عبور اطمینان حاصل گردد.

سطح مقطع مجاری آب بر می‌تواند سهمی، مثلثی و یا ذوزنقه‌ای باشد. شیب جانبی این قبیل مجاری انتقال آب نبایستی تندتر از ۱:۴ طراحی گردد تا عبور ماشین‌های کشاورزی در اراضی زراعی امکان‌پذیر باشد. حداقل عرض کف معادل ۲/۵ متر منظور می‌گردد. بنابراین هرگاه میزان دبی معلوم و شیب‌های جانبی و سرعت مجاز نیز انتخاب گردند، مناسب‌ترین ترکیب عرض کف، عمق جریان و شیب طولی آبراهه را می‌توان محاسبه کرد.

سایر موارد لازم را می‌توان به‌شرح زیر خلاصه نمود:

۱. مجرای آب‌بر با پوشش گیاهی نبایستی به طور مداوم مرطوب باشد. توجـه بـه ایـن مطلب برای جلوگیری از انهدام یا تخریب پوشش گیاهی کانـال لازم اسـت. هرگـاه آب زیرزمینی در این مجرای آب‌بر پوشش‌دار جریان داشته باشد، چنـین جریـانی را بایستی از طریق یک لوله زهکشی حائل، قطع نمود. هرگاه جریان سـطحی مـداومی وجود داشته باشد، می‌توان آن را از طریق یک کانال پوشش‌دار که در کـف مجـرای آب‌بر ساخته می‌شود، انتقال داد.

۲. موارد حاصل‌خیزی خاک در مجرای آب‌بر بـا پوشـش گیـاهی نبایسـتی از نظـر دور بماند.

www.PnuNews.com

۳. برای ایجاد پوشش گیاهی مطلوب در بستر مجـرای آب‌بـر، کشـت مخلـوط گیاهـان یک‌ساله با رشد سریع، گیاهان چمنی و گیاهان دایمی توصیه می‌شود.
۴. پوشش گیاهی مجرای آب‌بر را بایستی به‌نحو مطلـوبی نگهـداری و مواظبـت نمـود. بدین دلیل در شرایطی که خاک بستر آبراهـه مرطـوب اسـت نبایسـتی ماشـین‌هـای کشاورزی از روی آن تردّد نمایند.
۵. توجهات خاصی به مجاری خروجی تراس‌هـا (ورودی بـه مجـاری آب‌بـر) بایسـتی معطوف گردد تا پوشش گیاهی بستر کانال پوشش‌دار بـه درون تـراس‌هـا حتـی بـه فاصله کم نفوذ ننماید.

۵-۶-۳ انحراف و دفع آب

برای حفاظت اراضی مسطح از جریان‌های سیلابی اراضی مجاور و مرتفع، بایـد نـوعی سازه انحراف یا نهر حایل در حد فاصل اراضی شیب‌دار و مسطح ایجاد گردد. در اکثـر شرایط برای قطعاتی که مساحت آن‌ها بیشتر از ۲/۵-۲ هکتار نمی‌باشد، می‌تـوان سـازه انحراف یا نهرچه‌های حایل زهکشی را طوری ایجاد نمـود کـه تـراس‌هـای مربوطـه را احاطه نماید. برای اراضی وسیع‌تر، باید زهکشی حائـل را بـه صـورت آبراهـه‌هـائی بـا پوشش گیاهی متراکم ایجاد نمود.

در ارتباط با موارد طراحی، مبانی گفته شده قبلی در خصوص نهرچه‌های تراسی و یا مجاری آب‌بر با پوشش گیاهی می‌تواند به کار گرفته شود. در هر حال، عمق نهرچه‌ها در حدود ۰/۴۵ متر و سطح مقطع آن در حد ۰/۷ متر مربع بایستی به عنوان مقادیر حداقل در امور طراحی مورد نظر قرار گیرد.[1]

۵-۷ مبانی طراحی زهکش روباز

۵-۷-۱ سرعت جریان در داخل زهکش‌های روباز

سطح مقطع A، برای میزان جریان Q از معادلهٔ $A = \frac{Q}{v}$ به‌دست می‌آید. می‌توان سرعت v را براساس فرمول مانینگ به‌دست آورد

1. Kadam, u.s. Thokal, R.T, and power A.G. (2008): Agricultureal Drainage principles and practices, New Delhi, 539p (page 260-270).

www.PnuNews.com

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2}$$

v = سرعت برحسب متر در ثانیه

r = شعاع هیدرولیکی آبراهه یا کانال برحسب متر

s = شیب طولی کانال زهکشی برحسب متر بر متر

n = ضریب زبری جدار (بستر)

حداکثر سرعت مجاز برای زهکش‌های روباز با مسافت مختلف به شرح زیر می‌باشد.

بافت خاک	سرعت مجاز برحسب متر بر ثانیه
رسی	۱٫۲
لوم شنی	۰٫۷۵
شنی ریز	۰٫۴۵

ممکن‌است در بعضی خاک‌ها برای تعیین مقاومت کانال زهکشی اندازه‌گیری نیروی کششی لازم باشد. هدف این‌است که کانال نسبتاً پایداری ساخته شود به‌طوری‌که نه فرسایش پیدا نموده و نه در معرض رسوب‌گذاری غیرقابل قبول مواد قرار گیرد و باید حداکثر شیب مجاز با توجه به خصوصیات خاک اعمال گردد. به شرط این‌که کمتر از مقداری که موجب فرسایش قابل ملاحظه، سیلابی با دوره برگشت ۵ ساله می‌گردد باشد. در جاهایی‌که شیب‌های سطحی تند می‌باشد ایجاد ساختمان‌های کنترل سرعت ضروری‌است.

حداقل شیب ایده‌آل در زهکشی شیبی است که در جریان‌های کم دارای سرعت کافی بوده و از رسوب‌گذاری و رشد گیاهان آبزی جلوگیری به‌عمل آورد. این سرعت در حدود ۲۲ تا ۳۰ سانتی‌متر در ثانیه برای جلوگیری از رسوب سیلت و شن ریز و ۴۵ تا ۶۰ سانتی‌متر در ثانیه برای جلوگیری از علف‌های هرز و چمن و ۷۵ سانتی‌متر در ثانیه یا بیشتر برای ممانعت از رشد گیاهان آبزی می‌باشد. در مناطقی که سرعت‌های مطلوب را نمی‌توان تأمین کرد باید زهکش‌ها با سرعت حداقل ۳۰ سانتی‌متر در ثانیه برای جریان طبیعی طراحی شود. در بعضی زهکش‌های جمع‌کننده به دلیل شکل توپوگرافی زمین ایستگاه‌های پمپاژ را در محل‌هایی که شیب لازم را در داخل زهکش‌ها

www.PnuNews.com

باید ایجاد کرد، قرار می‌دهند، احداث ایستگاه‌های پمپاژ در زهکش‌ها، زیان‌های ناشی از نگهداری دائمی، هزینهٔ اجرا و یخ‌زدگی زمستانه را دارا می‌باشد. باید فقط موقعی که سرعت‌های طبیعی از ۳۰ سانتی‌متر در ثانیه کمتر است این ایستگاه‌ها را به‌کار برد. معمولاً نباید شیب‌های مجرای خروجی زهکش‌های طبیعی را تغییر داد به‌جز در مواردی‌که می‌توان شیب را با مستقیم کردن مسیر کانال افزایش داد.

حداقل شیب‌ها در کانال نیازمند حداکثر نگهداری است. بنابراین موقعی که شیب‌هایی در کانال به‌کار می‌رود که نتیجهٔ آن ایجاد سرعت‌هایی مانند ۳۰ سانتی‌متر یا کمتر برای جریان طبیعی آب می‌باشد. باید تدارکاتی به‌منظور کوتاه کردن فاصلهٔ زمانی بین لایروبی زهکش‌ها صورت گیرد.

۵-۷-۲ عمق زهکش‌های سطحی

عمق یک زهکش روباز جهت انتقال آب سطحی با میزان آب انتقالی کنترل می‌شود. درصورتی‌که عمق یک زهکش روباز عمیق که برای انتقال آب زیرزمینی طراحی می‌شود با خواص هیدرولیکی و فیزیکی خاک، عمق مجاز سطح ایستابی، تجهیزات ساختمانی و میزان آبی که باید انتقال یابد کنترل می‌گردد. مشکل‌ترین حالت طراحی این‌است که زهکش، رواناب را از زهکش‌های فرعی بگیرد و همچنین لازم باشد که آب زیرزمینی در سرتاسر مسیر وارد این زهکش‌ها شود. بنابراین بایستی این زهکش به‌اندازه کافی عمیق باشد به‌طوری‌که سطح طبیعی آب پایین‌تر از سطح ایستابی قرار گرفته و امکان اخذ آب زیرزمینی نیز فراهم گردد. همچنین زهکش به‌اندازهٔ کافی بزرگ باشد تا میزان تخلیه آب فرعی را پذیرا باشد. نباید ارتفاع سطح طبیعی آب در زهکش جمع‌کننده بلندتر از زهکش فرعی باشد تا آب بتواند از زهکش فرعی وارد زهکش جمع‌کننده شود. معمولاً طراحی ظرفیت انتقال جریان‌های سیلابی در شبکهٔ زهکشی کاملاً باز مشکل نمی‌باشد. موقعی‌که دو نیازمندی اولیه برآورده شود، معمولاً ظرفیت کافی خواهد بود اگر اکثر جریان‌های سیلابی را انتقال دهد. ممکن است به‌طور موقت جریان سیلابی سطح آب را در زهکش به نقطه‌ای بالاتر از سطح ایستابی بالا برد. این عمل مانع گرفتن آب زیرزمینی به‌وسیلهٔ زهکش می‌شود اما به محصولات کشاورزی آسیبی نخواهد رساند. چنان‌چه بیش از ۴۸ ساعت ادامه پیدا نکند در جایی‌که وقوع

www.PnuNews.com

سیلاب فراوان اتفاق می‌افتد و خاک‌ها شدیداً قابل فرسایش می‌باشند اقتصادی‌تر خواهد بود اگر در شبکه‌های زهکشی عمق و شبکه‌های انتقالی سیلاب را جداگانـه طراحـی و اجرا نمود.

چنان‌چه زهکش‌های فرعی از نوع زهکش‌های بسته باشد بایستی ارتفاع طبیعی سطح آب در جمع‌کنندهٔ روباز در زیر ارتفاع معکوس زهکش بسته (زیرزمینی) و در فاصلهٔ کافی از آن قرار گیرد به‌طوری‌که امکان ورود بخشی از جریان سیلابی را به داخل زهکش روباز بدون تأثیر بر روی زهکش بسته فراهم نماید. این وضعیت از برگشت آب به داخل زهکش بسته جلوگیری می‌کند. چنان‌چه عملی باشد باید این فاصله اضافی ۴۵ سانتی‌متر باشد اما اگر دیواره‌های زهکش پایدار باشد می‌توان آن را به ۱۵ سانتی‌متر نیز تقلیل داد در غیر این‌صورت عمق زهکش نامطلوب خواهد بود. خیز موقت سطح آب در بالای زهکش‌های بسته به‌واسطهٔ وقوع سیلاب‌ها زیان‌آور نمی‌باشد. به‌طور کلی باید زهکش‌های عمیق بین ۲٫۴ تا ۳ متر عمق داشته باشند تا بهترین تعادل اقتصادی بین هزینه‌های زهکشی و فاصل زهکش‌ها تأمین شود. ممکن‌است در بعضی موارد برحسب شرایط محلی زهکش‌های سطحی‌تر یا عمیق‌تری مورد نیاز باشد. مهم‌ترین پارامتر محل استقرار لایه نفوذپذیر یا غیرقابل نفوذ خواهد بود.

۵-۷-۳ مقطع زهکش‌های سطحی

بیشترین راندمان هیدرولیکی کانال روباز مربوط به کانالی است که حـداکثر ظرفیـت را برای شیب و سـطح مقطـع معینـی دارا باشـد. سـطح مقطعـی کـه کـوچکترین محـیط خیس‌شده را داشته باشد دارای بیشترین راندمان است. با توجه به موارد مـذکور مقطـع نیم‌دایره بیشترین راندمان را در بین سایر مقاطع دارد. امّا به‌دلیل مشکلات ساخت از این مقطع اسـتفاده نمـی‌شـود اغلـب کانـال‌هـا بـا مقـاطع ذوزنقـه سـاخته مـی‌شـوند و از اقتصادی‌ترین نوع مقطع برای کانال‌های خاکی می‌باشد.

در زهکش روباز ذوزنقه‌ای شکل پایداری شیب‌های جانبی بستگی به خصوصیات خاک دارد. ممکن است شیب جانبی از شیب ۱ به ۳ (عمودی به افقی) یا بیشتر در خاک شنی تا شیب‌های جانبی تقریباً عمودی در خاک بسیار آلی تغییر نماید. به‌طور کلی نباید به‌علت مشکلات نگهداری، سکویی بین لبه قسمت خاک‌برداری‌شده و

www.PnuNews.com

جاده سرویس یا خاکریز کناره‌ای ایجاد نموده به هر صورت ممکن‌است ایجاد سکو در جایی‌که خاک‌ها ناپایدار بوده و بار خاکریزی زیان‌آور است، لازم باشد: حداقل عرض کف زهکش‌ها به نوع دستگاه موجود حفاری و نگهداری زهکش بستگی دارد.

۵-۸ ظرفیت‌های طراحی کانال‌های زهکش سطحی

کانال‌های زهکش سطحی برای کنترل جریان سیلابی طراحی می‌شوند نه برای تلفات آب آبیاری. زیرا معمولاً مقدار جریان سیلابی بسیار بیشتر از تلفات آبیاری بوده به‌طوری‌که تلفات مذکور در مقابل جریان سیلابی قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد به‌طورکلی باید جریان‌های سیلابی را برای سیل‌هایی با دورهٔ برگشت ۵ ساله برآورد نمود مگر این‌که اطلاعات موجود استفاده از جریان‌های دیگری را ایجاب نماید.

حداقل ظرفیت زهکش‌های سطحی ۸۵ تا ۱۴۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. در برآوردهای ظرفیت زهکش‌های سطحی جمع‌آوری سیلاب‌های مزرعه مدنظر قرار می‌گیرد. اما نباید اجازه داد که در اراضی بیش از ۴۸ ساعت آب در سطح مزرعه جمع شود. غرقاب شدن بیش از ۴۸ ساعت اراضی زراعی موجب کاهش میزان محصولات شده و بسیاری از محصولات کاملاً از بین می‌روند.

۵-۹ کانال‌های طبیعی

در بسیاری از موارد نهر طبیعی به‌عنوان زهکش روباز برای انتقال هرز آب سطحی و سیلاب به‌کار می‌رود به‌علاوه هرز آب سطحی (یا در بعضی موارد جریان‌های زیرزمینی) حداقل برای فصل آبیاری اغلب از حالت خشک طبیعی به جریان دائمی تغییر خواهد یافت. این وضعیت با تغییر از خشکه رود (رودخانه فصلی) به روان رود (رودخانه دائمی) مطابقت دارد. زمانی که جریان سیلابی است ممکن است خیسی دائمی دیواره‌های کانال طبیعی، سبب وضع ناپایدار در کانال شود.

۵-۱۰ اجرای مرحله‌ای حفر زهکش روباز

در بعضی مواقع که باید زهکش روباز را در خاک ناپایدار اشباع مانند شن ریز، لوم شنی ریز، سیلت و لوم لیمونی حفر نمود اجرای مرحله‌ای اعمال می‌گردد. در اجرای

www.PnuNews.com

مرحلهٔ اول آن بخش از قسمت زهکش که نسبتاً پایدار خواهد بود حفر می‌شود و قبل از شروع مرحله بعدی حفاری، دیواره‌های آن زهکشی و خشک می‌شود، این نحوهٔ اجرا تا رسیدن به شیب طراحی ادامه می‌یابد. زهکش‌هایی که به این نحوهٔ اجرا نیاز دارند را می‌توان به‌آسانی در طی بررسی‌های اولیه منطقه موقعی که معلوم می‌شود نصب لوله جدار برای خطوط چاهک‌های حفر شده با مته دستی الزامی است معین نمود.

برآورد هزینه‌ها جهت اجرا مرحله‌ای زهکشی مشکلاتی به دنبال دارد زیرا تعیین دفعات انجام کار و زمان بین مراحل اجرا سرعت انجام پروژه را با مشکل مواجه خواهد کرد. چنان‌چه بتوان اجرای کار را به فصل غیر آبیاری موکول نمود، در این شرایط می‌توان از افت سریع سطح آب جهت رسیدن به زهکشی وضعیت پایدار بهره جست. درصورتی‌که فصل غیرآبیاری کوتاه باشد و سطح آب به‌طور دایم تغذیه شود باید مرحلهٔ اجرا ۱ یا ۲ سال به‌طول انجامد. در چنین وضعیتی اقتصادی‌تر خواهد بود اگر هر مرحله را جداگانه به پیمان برده یا اجرای کار با برنامه زمان‌بندی‌شده به‌وسیلهٔ پرسنل در زمانی که شرایط حفاری مناسب است، انجام پذیرد. هزینه‌های اجرای مرحله‌ای، برای زهکش‌های روباز تحت تأثیر عوامل، بسیار متغیر است اما می‌تواند تا ۵۰ درصد بیشتر از هزینه زهکشی یک مرحله‌ای اجرا شود.

۵-۱۱ ضوابط و مبانی طراحی زهکش‌های روباز در مزارع

عملیات زهکشی، اصلاح و بهسازی فیزیکی خاک‌ها و اراضی را می‌توان در شرایط فنی، اقتصادی- اجتماعی و اجرایی مختلف به‌وسیله انواع زهکش‌های سطحی، زیرزمینی و یا تلفیقی به انجام رسانید. واضح است که در تعیین قطعی نوع زهکش‌هایی که بایستی در هر منطقه ایجاد گردد، علل و عوامل طبیعی و غیرطبیعی مانند حالت‌های ماندابی بودن، زه‌داری، شوری و سدیمی شدن منابع خاک و اراضی نیز بایستی به‌طور دقیق مطالعه و مورد نظر قرار بگیرد. به‌طورکلی زهکش‌های مزرعه می‌تواند مشتمل بر یک و یا احتمالاً چند مورد از انواع زیر باشد:

۱. زهکش‌های باز یا نهرچه‌های زهکشی

۲. مجاری زهکشی[1] یا حفره‌های بدون پوشش زیرزمینی

1. Mole Drains

www.PnuNews.com

۳. لوله‌های زهکش زیرزمینی (تنبوشه‌های زهکشی) که ممکن است از انواع سفالی، سیمانی و یا پلاستیکی (صاف و یا موج‌دار) باشند که در عمق معینی از خاک استقرار می‌یابند.

در طبقه‌بندی دیگری، زهکش‌های مزرعه‌ای را می‌توان به دو گروه: زهکش‌های باز و زیرزمینی (مجاری زهکشی و لوله‌های زهکشی زیرزمینی) نیز دسته‌بندی نمود. در این بخش ضوابط و مبانی طراحی زهکش‌های روباز مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۱۲ زهکش‌های روباز

این قبیل زهکش‌ها ممکن است به‌طور طبیعی در منطقه‌ای وجود داشته و یا به‌طور مصنوعی ایجاد شوند. در مقایسه با زهکش‌های زیرزمینی (لوله‌ای)، کانال‌های روباز دارای مزایا و معایب زیر می باشند:

۵-۱۲-۱ محاسن زهکش‌های روباز

۱. این نوع زهکش‌ها را می‌توان به‌منظور تخلیه آب زیرزمینی (زه‌آب) و رواناب سطحی و یا به‌صورت دو منظوره مورد بهره‌برداری قرار داد.

۲. در مقایسه با لوله‌های زهکشی زیرزمینی، میزان شیب لازم برای انتقال آب به مراتب کمتر است. به‌طوری‌که اگر گرادیان مطلوب برای نهرچه‌های باز زهکشی ۰/۰۰۱ باشد این میزان برای زهکش‌های لوله‌ای زیرزمینی حدود ده برابر (بیشتر) بایستی درنظر گرفته شود. بدین‌علت ظرفیت انتقال دبی در زهکش‌های روباز در مقایسه با زهکش‌های زیرزمینی به‌مراتب بیشتر است.

۳. بازرسی و بررسی نحوهٔ عملکرد زهکش‌های باز آسان بوده، احداث آن سهل‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر از سایر انواع زهکش‌هاست.

۵-۱۲-۲ معایب زهکش‌های روباز

۱. چنین زهکش‌هایی معمولاً و به‌ویژه درصورتی‌که شیب جانبی احداث آنان ملایم باشد، مساحت قابل‌توجهی از سطح اراضی را اشغال می‌نماید.

www.PnuNews.com

۲. هزینه‌های نگهداری از آن به سبب لزوم جلوگیری از رویش علف‌های هرز آب‌دوست و فرسایش آبی گران است.
۳. با ایجاد این قبیل زهکش‌ها، اراضی زراعی به قطعات مجزا تفکیک می‌گردد که برای دسترسی به قطعات مجاور یکدیگر احداث پل یا سازه‌های مرتبط‌کننده الزامی است. این مسئله در حالت‌هایی که فاصله زهکش‌های باز به‌طور نسبی کم باشد، تشدید می‌گردد.

خلاصه فصل پنجم

زهکشی سطحی عبارت است از تخلیه آب اضافی از روی سطح و یا بخشی از لایه سطحی نیم‌رخ خاک از طریق سیستم کانال‌های روباز و هدایت زه‌آب‌های حاصله به محل تخلیه و دفع مناسب است. این روش زهکشی معمولاً برای زمین‌های مسطح با نفوذپذیری کم یا مناطقی که دارای بارندگی زیاد می‌باشد به‌کار می‌رود. احداث سیستم زهکشی سطحی در صورت وجود یک یا چند مورد از عواملی همچون آب‌ماندگی برای مدت چند روز پس از یک بارندگی سنگین، رنگ خاکستری یا آبی لایه‌های زیرین خاک، وجود لایه سخت در افق فوقانی خاک، خشک بودن لایه زیرین خاک بعد از بارندگی یا رشد گیاهانی مانند نی، بوریا و علف هرز در ته جویچه لازم و ضروری می‌شود.

در مزارعی که سطح زمین صاف نمی‌باشد احداث زهکش سطحی کافی نیست و نیاز است به زمین شکل دارند که این عمل به دو صورت صاف کردن سطح اراضی بدون تغییر شیب زمین و یا شیب دادن به اراضی انجام می‌شود.

در اراضی مسطح به چهار طریق سیستم بسترسازی، زهکش‌های مزرعه موازی، زهکش‌های غیرمنظم و سیستم نهرچه‌های باز موازی می‌توان زهکش سطحی را انجام داد هر کدام از روش‌ها برای شرایط خاصی کاربرد دارد.

در اراضی شیب‌دار می‌توان با ایجاد سیستم نهرچه عمود بر شیب و تراس‌های استاندارد کنترل فرسایش مبادرت به زهکشی سطحی خاک‌های مشکل‌دار نمود و هر روش اصول طراحی مخصوص به خود دارد.

در هنگام تخلیه آب حاصل از زهکش سطحی مزارع مسطح، برای جلوگیری از

www.PnuNews.com

فرسایش، زهکش مزرعه بایستی ابتدا رواناب در یک زهکش ملایم جمع شده و سپس وارد زهکش اصلی مزرعه شود و در صورت نیاز در مسیر یک آبشار قائم برای جلوگیری از آب‌شستگی کانال فرعی ایجاد نمود. در اراضی شیب‌دار آب زهکش مزرعه معمولاً در یک کانال زهکشی تخلیه می‌شود و می‌توان در این کانال‌ها با ایجاد پوشش‌های گیاهی مانع از فرسایش خاک شد و برای جلوگیری از آب‌شستگی کانال می‌توان یک آبشار قائم ایجاد نمود. برای اندازه‌گیری سرعت آب در کانال زهکش می‌توان از فرمول مانینگ استفاده نمود.

عمق زهکش باز به آب انتقالی بستگی دارد. اگر زهکش باز برای انتقال آب زیرزمینی نیز مورد استفاده قرار گیرد بایستی عمق زهکش با خواص هیدورلیکی و فیزیکی خاک، عمق مجاز سطح ایستابی، تجهیزات ساختمانی و میزان آبی که باید انتقال یابد کنترل گردد. در انتخاب بهترین مقطع کانال زهکشی بایستی سطح مقطعی که کوچک‌ترین محیط خیس شده را دارد انتخاب شود. مقطع ذوزنقه‌ای با شیب ۱ به ۳ یا بیشتر در خاک شنی تا شیب‌های جانبی تقریباً عمودی در خاک بسیار آلی می‌توانیم طراحی کنیم. ظرفیت کانال‌های زهکشی بر اساس جریان‌های سیلابی با دوره برگشت ۵ ساله طراحی می‌گردند. زهکش روباز نسبت به زهکش‌های زیرزمینی دارای محاسنی مانند دو منظوره بودن زهکش‌ها، نیاز کمتر به شیب و بازرسی و بررسی آسان‌تر می‌باشد و در مقابل زهکش روباز دارای معایبی همچون هدر رفتن زمین، هزینه بالای نگهداری و قطعه‌قطعه شدن زمین زراعی را نسبت به زهکش زیرزمینی داشته باشد.

www.PnuNews.com

فصل ششم

سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با سیستم‌های زهکشی زیرزمینی نحوه طراحی و اجرای آن می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

پس از مطالعه این فصل دانشجو قادر خواهد بود:

۱. زهکش زیرزمینی را تعریف کند و هدف از اجرای آن را بیان کند.
۲. معایب آب اضافی موجود در نیم‌رخ خاک را توضیح دهد.
۳. اقداماتی که می‌توان برای مناطق مسئله‌دار انجام داد را نام ببرد.
۴. انواع سیستم‌های زهکشی زیرزمینی را نام ببرد.
۵. انواع آرایش‌های شبکه زهکش زیرزمینی را بنویسد.
۶. آرایش شبکه زهکشی زیرزمینی را نام ببرد و مزایا و معایب هر کدام را نیز شرح دهد.
۷. بر اساس نحوه خروج آب به طرف جمع‌کننده‌ها بتواند زهکش زیرزمینی را تقسیم‌بندی کند و مزایا و معایب هر روش را شرح دهد.
۸. ویژگی مطلوب لوله‌های زهکش زیرزمینی را شرح دهد.

www.PnuNews.com

۹. انواع لوله‌هایی که در زهکشی کاربرد دارند را نام ببرد و خصوصیات کلی هر کدام را شرح دهد.
۱۰. فیلتر چیست چرا استفاده می‌شود و چه شرایطی بایستی داشته باشد.
۱۱. عوامل مؤثر بر انتخاب طول زهکش‌ها را نام ببرد و حدود طولی که انتخاب می‌کنند را ذکر کند.
۱۲. عواملی که بر انتخاب عمق زهکش تأثیر می‌گذارند را نام ببرد و عمق متداول را ذکر کند.
۱۳. شیب زهکش‌ها با توجه به چه عواملی انتخاب می‌شود.
۱۴. قطر لوله‌های زهکش را چگونه تعیین می‌کنند.
۱۵. ضریب افت انرژی در ورود به لوله زهکش را تعریف کند و عوامل مؤثر بر آن را نام ببرد.
۱۶. ماشین‌های حفاری و نصب لوله‌های زهکش زیرزمینی را نام ببرد و مزایا و معایب هر کدام را ذکر کند.
۱۷. سازه‌های جانبی سیستم‌های زهکش زیرزمینی را شرح دهد.
۱۸. ویژگی‌های مطلوب خروجی زهکش زیرزمینی را شرح دهد.
۱۹. انواع خروجی سیستم‌های زهکش زیرزمینی را شرح دهد.

۶-۱ تعاریف کلی و اهمیت موضوع

۶-۱-۱ سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

زهکشی زیرزمینی عبارت است از تخلیه آب اضافی و یا رطوبت موجود در نیم‌رخ خاک، در زمین‌هایی که آب اضافی آن‌ها به طور طبیعی و در اثر نیروی ثقل دفع نمی‌شود، عمل زهکشی با استفاده از روش‌های مصنوعی مقدور می‌شود. بدین ترتیب اراضی جهت استفاده بیشتر انسان‌ها و برای بهره‌برداری‌های متفاوت آماده می‌گردند. در کشاورزی، هدف از عملیات زهکشی، به‌طور عمده، افزایش تولید محصولات زراعی و باغی و کاهش هزینه‌های تولید است.

به‌طور کلی وجود آب اضافی در محدوده رشد و نمو گیاهان ممکن است با انبارش کوتاه‌مدت، موضعی و زهدار بودن کامل به‌همراه باشد. در شرایط خشک و نیمه

www.PnuNews.com

خشک شبیه ایران، در اکثر حالات، شرایط ماندابی و زهدار بودن اراضی با مشکلات عدیده شوری و یا شوری و سدیمی بودن خاک‌ها نیز توام است.

نخستین اثر آب اضافی در نیم‌رخ خاک، اشغال خلل و فرج و در نتیجه جایگزینی آب با هواست. در این حالت، کمبود اکسیژن موجب آسیب‌رسانی به رشد گیاهان می‌گردد. در محیط‌های اشباع، تهویه خاک به‌خوبی به‌انجام نرسیده و علاوه بر کمبود اکسیژن، تراکم و یا عدم جابه‌جایی گاز کربنیک در خاک و یا اثر مشترک آن‌ها، ممکن‌است موجب تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در وضعیت فیزیولوژیکی ریشه گیاهان گردیده و در نتیجه آن اثرات نامطلوب بر تنفس، جذب آب و یون‌ها به وجود آید. پی‌آمد کمبود اکسیژن در خاک، تشدید واکنش‌های احیاءکننده در محیط خاک است. بدین دلیل مواد سمّی به‌خصوصی توسط مواد آلی موجود در شرایط بی‌هوازی خاک ایجاد می‌گردد. از جهت دیگر در شرایط اشباع و یا ماندابی بودن خاک، جذب عناصر غذایی، به ترتیب پتاسیم، ازت، فسفر، کلسیم و منیزیم به‌وسیله ریشه گیاهان زراعی و باغی کاهش یافته و علائم کمبود این عناصر در جوانه‌های گیاهی مشاهده می‌گردد.

به‌دلیل کمبود اکسیژن، جمعیت میکروارگانیسم‌های هوازی در خاک به‌تدریج کاهش می‌یابد و جمعیت انواع غیرهوازی آن ازدیاد حاصل می‌نماید. فساد و تجزیه مواد آلی خاک در شرایط بی‌هوازی کاهش حاصل می‌نماید که بدین دلیل، آزاد شدن ازت معدنی در خاک به حداقل ممکن نقصان می‌یابد. در چنین شرایطی، نیاز به کاربرد و مصرف کودهای معدنی بیشتری خواهد بود.

کاهش میزان واکنش (PH) خاک در شرایط زهدار بودن فصلی اراضی و یا حالت ماندابی، احیاء شدن ترکیباتی از قبیل آهن، منگنز و گوگرد را موجب گردیده که بدین ترتیب انواع مواد سمّی و مضر در خاک تولید خواهد شد.

شرایط بیان شده محیط زیست نامناسبی را برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌آورد. علاوه بر آن، پائین ماندن دمای خاک در ابتدای فصل زراعی را می‌توان عامل دیگری از اثرات منفی زهدار و ماندابی بودن اراضی برشمرد.

این شرایط موجب عدم توسعه و یا تخریب ساختمان خاک شده و در نتیجه نامطلوب شدن بیشتر ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها را در پی خواهد داشت. بنابراین ملاحظه می‌گردد که کاربرد روش‌های مناسب زهکشی در اراضی کشاورزی می‌تواند

www.PnuNews.com

متضمن بهبود و توسعه ساختمان خاک گردیده و در افزایش و بقا قدرت باروری خاک‌ها کاملاً موثر باشد. اعمال زهکشی اراضی، پیش‌نیاز اجتناب‌ناپذیر در اصلاح و بهسازی خاک اراضی شور، شور و سدیمی، ماندابی و زهدار می‌باشد.

از نظر کشاورزی شرایط شوری، سدیمی، شور و سدیمی بودن، ماندابی و زهدار بودن اراضی موجب می‌شود که محصولات تولیدی از کمیت و کیفیت مطلوبی برخوردار نباشند.

نتیجه این‌که، از نظر اقتصادی، کشاورزی در زمین‌های زهدار فوق نمی‌تواند کاملاً انتفاعی باشد بدین دلیل در برنامه‌های توسعه کشاورزی در مناطق مسئله‌دار اجرای موارد زیر ضروری است:

الف) ایجاد شرایط مناسب تولید اقتصادی گیاهان به وسیله اصلاح فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی خاک‌ها

ب) انجام اقدامات خاص جهت جلوگیری از گسترش حالات زهدار، ماندابی بودن ، شوری و سدیمی شدن اراضی

ج) ایجاد شرایط مناسب و مطلوب برای انجام عملیات کاشت، داشت و برداشت تولیدات کشاورزی

۶-۱-۲ موارد نیاز به احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

موارد انتخاب و کاربرد این سیستم‌ها عمدتاً به دلایل زیر است:

۱. کنترل سطح ایستایی، زیرا در غیر این‌صورت سطح سفره آب زیرزمینی در اثر نفوذ عمقی بالا آمده و در طولانی‌مدت، به سطح خاک نزدیک می‌گردد. این امر در حالتی که آب زیرزمینی کیفیت نامطلوبی داشته باشد، موجب گرایش به شوری و یا شوری و سدیمی شدن خاک‌ها خواهد شد.

۲. بهبود شرایط زهکشی داخلی در نیم‌رخ خاک در اراضی سنگین بافت که معمولاً دارای نفوذپذیری نسبی کمی می‌باشند. بهبود شرایط زهکشی طبیعی خاک‌ها موجب حرکت آزاد آب و هوا در خاک می‌گردد.

www.PnuNews.com

۶-۲- انواع سیستم‌های زهکشی

سیستم زهکش ممکن است شامل یک یا همه انواع زیر باشد:

زهکش‌های روباز مزرعه: ترانشه‌ها یا انهار زهکشی

زهکش‌های لوله‌ای: شامل لوله‌های پلاستیکی، سفالی یا بتنی، که در عمق معینی در زیرزمین نصب می‌شود.

زهکش‌های لانه موشی: مجاری پوشش نشده زیرزمینی

۶-۲-۱ ترانشه‌ها

ترانشه‌ها معمولاً انهار کم عمقی هستند که به موازات هم حفر می‌گردد و همانند زهکشی‌های زیرزمینی عمل می‌نماید. عمق آن‌ها تا ۰/۶ متر زیر سطح زمین می‌رسد. از ترانشه‌ها می‌توان برای زهکشی در خاک‌های آلی یا خاک‌های رسی متورم شونده استفاده نمود.

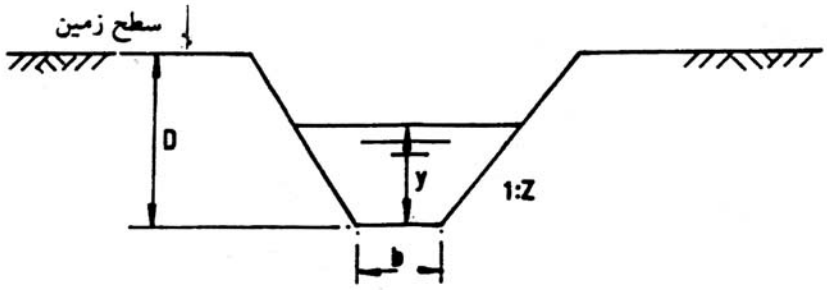
۶-۲-۲ انهار زهکشی

انهار زهکشی را می‌توان به منظورهای گوناگون و در طرح‌های مختلف احداث نمود. اگر عمق آن‌ها حدود ۱/۵-۱ متر زیر سطح زمین باشد، می‌توانند همانند زهکش‌های زیرزمینی عمل نماید. در این صورت فواصل و عمق آن‌ها مشابه طراحی سیستم‌های زهکش لوله‌ای تعیین می‌گردد.

اگر نهرهای زهکشی جمع‌کننده باشد، فواصل آن‌ها به‌وسیله پارامترهایی از قبیل اندازه مزارع یا طول زهکش‌های مزرعه تعیین می‌شود. در اراضی مسطح با شبکه زهکش‌های منفرد، فواصل انهار غالباً در حدود ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر است. سطح آب در انهار جمع کننده می‌باید زیر عمق تخلیه زهکش‌های لوله‌ای حفظ شود. چنان‌چه ظرفیت تخلیه مورد نیاز و نوع خاک شناخته شده باشد، مقطع عرضی، شیب‌های جانبی، شیب طولی و سازه‌ها، برای زهکش‌های جمع‌کننده و زهکش‌های اصلی با روش مشابهی محاسبه و انتخاب می‌گردد. محاسبات برای تعیین ابعاد مورد نیاز در انهار زهکشی غالباً به مقادیری آن‌چنان کوچک منتج می‌شود که از نظر اجرا و نگهداری نامتعارف و غیرعملی است و بدین سبب در عمل ابعاد انهار زهکشی از حدود معینی

www.PnuNews.com

کمتر در نظر گرفته نمی‌شود. شکل (۶-۱) مقطع عرض تیپ یک نهر زهکشی را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱. مقطع عرضی تیپ نهر زهکشی

اندازه‌ها و ابعاد متداول مقطع به شرح زیر است:

عرض کف (b): ۰/۵ متر

عمق (D): به‌گونه‌ای محاسبه می‌شود که سطح آب حدود ۰/۴ تا ۰/۵ متر زیر محل ریزش زهکش‌های لوله‌ای باشد.

شیب جانبی (Z): خاک‌های رسی ۰/۵ : ۱ و ۰/۷۵ :۱

خاک‌های ماسه‌ای ۱/۵ : ۱ تا ۱:۲

موقعیت انهار با در نظر گرفتن عوامل متعددی تعیین و انتخاب می‌شود. در بعضی موارد انهار جمع‌کننده به عنوان محدوده بین مالکیت‌های اراضی نیز عمل می‌کند، لیکن در هر حال این انهار می‌بایستی در پست‌ترین قسمت اراضی احداث شود تا حداقل حفاری را لازم داشته باشد.

۶-۲-۳ زهکش‌های لانه موشی

زهکشی‌های لانه موشی مجاری پوشش نشده زیرزمینی است که به وسیله خیش‌های مخصوص احداث می‌شود. این زهکش‌ها به ویژه برای خاک‌های رسی و متراکم با نفوذپذیری کم، مناسب است. هدف اصلی از احداث این نوع زهکش‌ها تخلیه آب

www.PnuNews.com

اضافی از قشر سطحی خاک می‌باشد. آب عمدتاً از میان درز و شکاف‌هایی که هنگام احداث زهکش‌های لانه موشی ایجاد می‌شود به‌داخل مجرا جریان می‌یابد. طول مناسب این زهکش‌ها بسته به نوع خاک و شکل زمین بین ۲۰ تا ۸۰ متر است و برحسب تجربه تعیین می‌گردد. مجاری لانه موشی با عملکرد خوب با عمر بیشتر از ۲۰ سال در خاک‌های پایدار رسی آهکی مشاهده شده است. لیکن به عنوان یک قاعده عمومی لازم‌است هر ۳ تا ۷ سال، زهکش‌ها مجدداً بازسازی شود. در بعضی خاک‌های رسی این زهکش‌ها بیشتر از یک سال کار نمی‌کند.

توقف جریان آب در داخل مجاری زهکش‌های لانه موشی باعث ریزش دیواره‌ها و تخریب نابهنگام زهکش می‌گردد. بنابراین تأمین شیب کافی و تخلیه‌گاه خوب برای پیش‌گیری از این عوارض واجد اهمیت است. در عین حال شیب زیاد ممکن‌است سبب فرسایش مجرا یا در صورت طویل بودن زهکش سبب تخریب آن شود. شیب مطمئن در حدود ۰/۳ –۰/۲ درصد می‌باشد.

چنان‌چه شیب زمین مناسب باشد زهکش‌های لانه موشی معمولاً در جهت شیب زمین احداث می‌شود. فقط بعضی از خیش‌های مخصوص احداث مجاری لانه موشی امکان ایجاد شیب منظم و صحیح را فراهم می‌نماید. در هر حال زمانی‌که سطح اراضی نسبتاً ناهموار باشد. ایجاد پاره‌ای بی‌نظمی‌ها در شیب مجاری احداث شده دور از انتظار نیست.

جریان زهکش‌های لانه موشی را می‌توان به‌صورت حفاظت نشده یا با حفاظ مستقیماً در یک زهکش جمع‌کننده تخلیه کرد. برای حفاظت محل تخلیه می‌توان از یک لوله به طول ۱ تا ۲ متر که به داخل مجرا فرو برده شده است استفاده کرد. روش بهتر این‌است که جریان مجاری لانه موشی را از طریق احداث ترانشه‌های قابل نفوذ که به‌صورت متوالی در جهت عمود بر مجاری لانه موشی احداث می‌شود جمع‌آوری و تخلیه نمود بدین‌ترتیب برای زهکش‌های لانه موشی، تخلیه‌گاه مطمئن ایجاد شده و این امکان را به‌وجود می‌آورد که در مزارع وسیع این نوع زهکش‌ها را در طول‌های کوتاه‌تر احداث نمود برای این منظور ابتدا ترانشه‌های زهکشی و سپس زهکش‌های لانه موشی به‌صورت متقاطع با ترانشه‌ها احداث می‌شود. ترانشه‌ها می‌تواند به‌طور موازی و در فواصل معین از هم احداث شود یا به تبعیت از توپوگرافی زمین در انتهای مزرعه و

www.PnuNews.com

نقاط گود به هم برسد. ترانشه‌ها به لوله زهکش تجهیز شده روی لوله تا بالای مجرای لانه موشی با شن و ماسه پر می‌شود تا تخلیه آب از زهکش لانه موشی به داخل لوله زهکش به‌سهولت انجام گیرد.

زهکش‌های لانه موشی به‌طور معمول نسبت به بارندگی به‌سرعت عکس‌العمل نشان می‌دهد. میزان تخلیه نیز می‌تواند قابل توجه باشد. شن و ماسه بایستی تمیز بوده و قطر آن‌ها از حدود ۳ تا ۵ میلی‌متر کمتر نباشد. هم‌چنین لوله زهکش بایستی برای جوابگوئی به عکس‌العمل سریع در برابر بارندگی ظرفیت کافی داشته باشد.

۶-۳ آرایش شبکه زهکشی زیرزمینی

شبکه‌های زهکشی زیرزمینی به‌طورکلی عبارتند از: شبکه‌های طبیعی یا نامنظم[1]، جناقی[2]، موازی[3] و نوع زهکش‌های حایل یا قطع کننده[4] ترکیب دو یا چند نوع از شبکه‌ها به منظور اجرای کامل عملیات زهکشی زیرزمینی در بعضی مناطق خاص ضرورت اجرا می‌یابد.

۶-۳-۱ شبکه زهکشی زیرزمینی طبیعی یا نامنظم

شبکه زهکشی زیرزمینی (لوله‌ای) طبیعی یا نامنظم در مزارعی قابلیت کاربرد دارد که در آن‌ها نیاز به اجرای عملیات زهکشی کامل اراضی وجود نداشته باشد. این سیستم زهکشی زیرزمینی از نظر طراحی شرایط انعطاف‌پذیری را داراست و از نظر اقتصادی نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای مقرون به صرفه می‌باشد زیرا خطوط زهکشی به‌طور عمده از خطاالقعرها و یا از آبراهه‌های طبیعی موجود در سطح اراضی محدوده مورد نظر عبور داده می‌شوند.

1. Natural or Random
2. Herringbone
3. Gridiron
4. Cutoff or Interceptor

www.PnuNews.com

۶-۳-۲ شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی

شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی برای محدوده‌هایی کاربرد دارد کـه اراضـی مـورد نظـر سطح مقعری داشته و آبراهه یا مجرای طبیعی باریکی از بخش میانی آن عبور می‌نماید، به‌طوری‌که اراضی محدوده از دو سمت به طرف آبراهه طبیعی شیب‌دار می‌باشند. خـط زهکش اصلی طوری طراحی می‌گردد که هم‌جهت با شیب طبیعـی و در نزدیکـی و یـا هم‌جوار با آبراهه طبیعی باشد.

۶-۳-۳ شبکه زهکشی زیرزمینی موازی

این شبکه زهکشی شبیه سیستم زهکشی جناقی است، با این تفـاوت کـه زهکـش‌هـای فرعی ولترال‌ها فقط از یک سمت به زهکش اصلی وارد و زه‌آب‌های دریافتی را بـه آن تخلیه می‌نمایند. این نوع شبکه از جمله معمولی‌ترین و متداول‌ترین سیستم زهکش‌های زیرزمینی است. الگوی شبکه زهکشی زیرزمینی موازی در مقایسـه بـا شـبکه زهکشـی زیرزمینی جناقی اقتصادی‌تر است زیـرا تعـداد نقـاط اتصـال دو خـط زهکـش لولـه‌ای زیرزمینی کاهش می‌یابد. هرگاه آبراهه طبیعی (مجرای واقع در خط القعر) عـرض قابـل ملاحظه‌ای داشته باشد، بایستی در هر قسمت آبراهه طبیعی یک خط زهکش جمع‌کننده تعبیه نمود که تحت عنوان سیستم با دو زهکش اصلی[1] نامیـده مـی‌شـود. بـدین‌ترتیـب خطوط زهکش زیرزمینی به دو دسته تفکیک می‌شـوند کـه هـر کـدام از زهکـش‌هـای جمع‌کننده نقش دریافت و انتقال زه‌آب‌های یک دسته خطوط زهکش زیرزمینی مـوازی را عهده‌دار خواهد بود. به‌دلیل عدم نیاز به قطع زهکش‌های اصلی یـا فرعـی از آبراهـه طبیعی فرسایش آبی در این شرایط پیش نمی‌آید. توصیه می‌گردد که اتصال دو زهکـش زیرزمینی حتی المقدور به صورت عمـود بـه انجـام نرسـد و اتصـال دو خـط زهکـش زیرزمینی با زاویه‌ای کمتر از قائمه طراحی و مورد اجرا قرار گیرد.

۶-۳-۴ سیستم زهکشی زیرزمینی حائل

سیستم زهکشی حائل (کنترل جریان‌های ورودی زیرزمینی) به‌طور معمول در دامنـه یـا

1. Double – main system

www.PnuNews.com

بخش بالادست اراضی ماندابی نصب می‌گردد. شرایط طبیعی عامل حالت‌های مرطوبی اراضی به دلایل برآمدگی لایه غیر قابل نفوذ و یا وجود نوعی طبقه با نفوذپذیری کم در اعماق سطحی، می‌باشد. در اکثر حالت‌ها چنین شرایطی در طول آبراهه‌های طبیعی وجود دارد. در این قبیل مناطق، نصب زهکشی حائل در دو طرف مجرای طبیعی (آبراهه) ضرورت اجرا می‌یابد. در مناطق مرطوب، نصب زهکش‌های حائل برای جلوگیری از جریان‌های ورودی زیرزمینی در بخش بالادست منطقه تراوش[1] که در آن میزان نشت منتج از عمق کم و یا بیرون‌زدگی (رخنمون) لایه غیر قابل نفوذ در سطح اراضی است، به انجام می‌رسد. در مناطق تحت آبیاری، میزان نشت حاصل از کانال‌های آبیاری بدون پوشش در اکثر حالت‌ها موجب مرطوب شدن اراضی و ایجاد خسارت بر روی گیاهان در محل محدوده بخش زیردست است. فاصله اولین خط زهکش زیرزمینی حائل از کانال و یا نهرچه به طوری‌که قادر باشد بخش قابل ملاحظه‌ای از جریان‌های ورودی زیرزمینی را دریافت، انتقال و تخلیه نماید در مراجع مربوطه مورد بحث قرار گرفته است لیکن تعیین فاصله خط زهکش بعدی را می‌توان با کاربرد معادله‌های متعارف محاسبه نمود مشروط بر آن‌که شیب اراضی مورد نظر کمتر از ۱۰٪ باشد.

۶-۴ انواع آرایش زهکش‌های زیرزمینی

۶-۴-۱ شبکه زهکشی منفرد[2]

شبکه زهکشی منفرد شامل زهکش‌های زیرزمینی است که زه‌آب را مستقیماً به صورت ثقلی به جمع‌کننده‌های رو باز تخلیه می‌کنند. شبکه منفرد در دو نوع متفاوت طراحی می‌شود. (شکل ۶-۲)

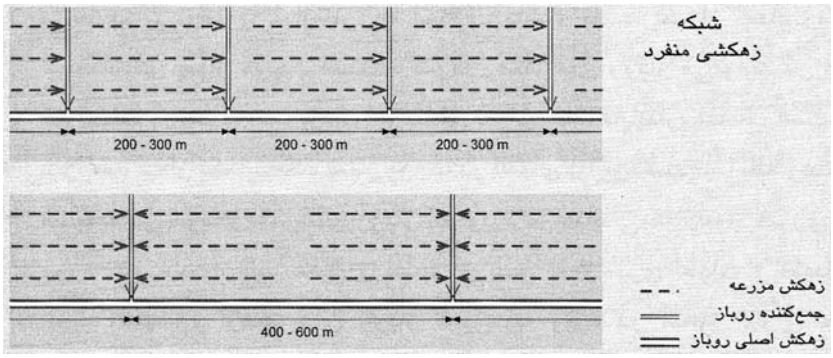
- تخلیه یک طرفه (برای مناطق شیب‌دار)
- تخلیه دو طرفه (برای مناطق مسطح)

حداکثر طول زهکش مزرعه که ماشین‌آلات و تجهیزات موجود قادر به تمیز

1. Seepage Area
2. Singular Drainage System

www.PnuNews.com

کردن آن می‌باشد، ۳۰۰ متر است. زهکش‌های مزرعه باید دارای شیب مناسب به سمت جمع‌کننده‌های روباز باشند. تراز آب در جمع‌کننده روباز نیز باید از سطح خروجی عمیق‌ترین زهکش، پایین‌تر باشد. در صورت نیاز به پمپاژ، تخلیه باید از جمع‌کننده‌های روباز به زهکش‌های اصلی انجام شود. اختلاف تراز بین عمق زهکش در ابتدا و انتها در مناطق مسطح برای لوله‌های زهکش به طول ۳۰۰ متر از ۰/۱۵ تا ۰/۲ متر متغیر است.



شکل ۶-۲. شبکه زهکشی منفرد: زهکش‌های مزرعه (الف) یک‌طرفه و (ب) دوطرفه

۶-۴-۱-۱ مزایای شبکه زهکشی منفرد

- طراحی و کارگذاری زهکش‌های منفرد ساده می‌باشد. تا هنگامی‌که خروجی هر زهکش مزرعه بالاتر از سطح آب حداکثر زهکش رو باز باشد و زهکش‌ها در عمق معین کارگذاری شده باشد، تخلیه هر زهکش، مستقل از هم بوده و ارتباطی با هم ندارند.
- به‌طور معمول، از لوله زهکش با قطر ثابت استفاده می‌شود.
- بازرسی کارکرد هر خط زهکشی، از طریق نقطه خروجی آن، به‌سادگی قابل مشاهده است.
- تمیز کردن لوله‌ها نسبتاً آسان است و به‌طور مستقیم از نقطه خروجی انجام می‌شود.
- اختلاف تراز مورد نیاز بین انتهای زهکش‌های مزرعه و سطح آب در زهکشی روباز کم است. (تنها به اندازه شیب زهکش مزرعه)

www.PnuNews.com

۶-۴-۱-۲ معایب شبکه زهکشی منفرد

- جمع‌کننده‌های روباز از هر ۳۰۰ تا حداکثر ۶۰۰ متری احداث می‌شوند و به اتصالات گران قیمت (چون کالورت[1] یا پل) نیاز دارند که علاوه بر افزایش هزینه، موانعی در اجرای عملیات کشاورزی مکانیزه محسوب می‌شوند.
- به‌طور معمول، هزینه نگهداری جمع‌کننده‌های روباز بیش از جمع‌کننده‌های لوله‌ای است.
- تعداد بیشتری محل خروجی (یک خروجی برای هر زهکش مزرعه) مورد نیاز است. این خروجی‌ها به ویژه در هنگام انجام عملیات لایه و بی‌زهکش‌های روباز در معرض آسیب و خسارت هستند.

۶-۴-۲ شبکه زهکشی مرکب[2]

شبکه زهکش مرکب شامل زهکش‌های زیرزمینی است که به جمع‌کننده لوله‌ای تخلیه می‌شوند (شکل ۶-۳)

شبکه زهکش مرکب دارای دو نوع متفاوت زیر است:

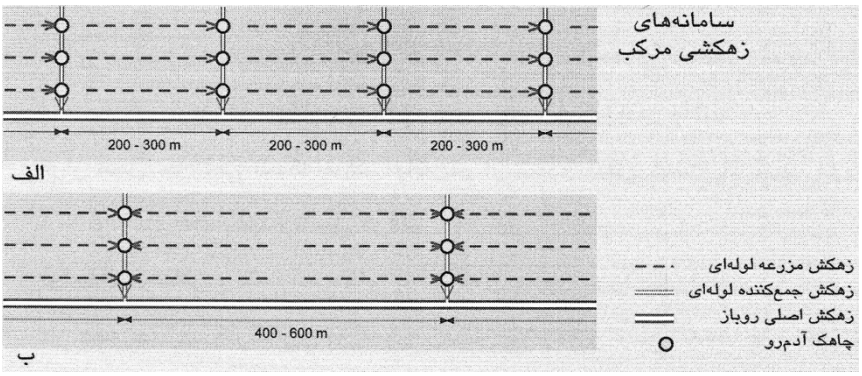
- یک‌طرفه (برای مناطق شیب‌دار)
- دو طرفه (برای مناطق مسطح)

در شبکه زهکش مرکب، در محل اتصال زهکش مزرعه به جمع‌کننده، یک سازه که اغلب چاهک بازرسی است، برای دسترسی به لوله و تمیز نمودن آن احداث می‌شود. طول زهکش مزرعه حداکثر ۳۰۰ متر است که دستگاه‌های موجود قادر به تمیز کردن آن می‌باشند. حداقل شیب هیدرولیکی مورد نیاز زهکش‌های مزرعه و لوله‌های کولکتور ۰/۷-۰/۵ در هزار است. این شیب، اختلاف تراز مورد نظر را تأمین می‌نماید. به‌عنوان مثال با این شیب در یک شبکه با زهکش‌های به طول مزرعه ۳۰۰ متر و طول جمع‌کننده ۱۰۰۰ متر، اختلاف تراز ابتدای زهکش مزرعه و خروجی جمع‌کننده بین ۰/۶۵ و ۰/۹ متر متغیر است. این شیب باید به عمق مورد نظر برای نصب زهکش، اضافه شود تا بالاترین تراز قابل قبول آب در نقطه خروجی زهکش اصلی روباز (برای مناطق مسطح) تعیین شود. اگر تراز آب در زهکش اصلی خیلی بالا باشد، در انتهای

1. Culvert
2. Composits

www.PnuNews.com

جمع‌کننده، پمپ نصب می‌شود. این پمپ می‌تواند زه‌آب را به زهکش اصلی روباز کم‌عمق تخلیه نماید در غیر این صورت، برای تأمین تراز سطح آب مناسب، پمپ بر روی زهکش روباز مستقر می‌گردد.



شکل ۶-۳. شبکه زهکشی مرکب: (الف) یک‌طرفه (ب) دوطرفه

۶-۴-۲-۱ مزایای شبکه زهکشی مرکب

۱. در شبکه‌های مرکب زهکش روباز با فواصل زیادتری احداث می‌شوند و از این رو این شبکه‌ها از نظر انجام عملیات کشاورزی، بدون محدودیت و یا دارای محدودیت کم هستند.
۲. نگهداری شبکه مرکب اغلب ساده‌تر و ارزان‌تر می‌باشد. زیرا در آن، طول زهکش روباز مورد نیاز در واحد سطح کمتر است.
۳. در شرایط نیاز به پمپاژ، نصب پمپ در نقطه تخلیه جمع‌کننده‌ها، نسبتاً به ارزانی و سادگی انجام می‌شود.
۴. در هر شبکه تنها یک محل خروجی کافی است.

۶-۴-۲-۲ معایب شبکه زهکشی مرکب

۱. در مراحل طراحی و ساخت، تراز زهکش‌های مزرعه و جمع‌کننده‌ها باید به‌طور کامل با یکدیگر منطبق باشند.
۲. بررسی عملکرد زهکش‌ها در شبکه‌های مرکب مشکل‌تر از شبکه‌های منفرد است.

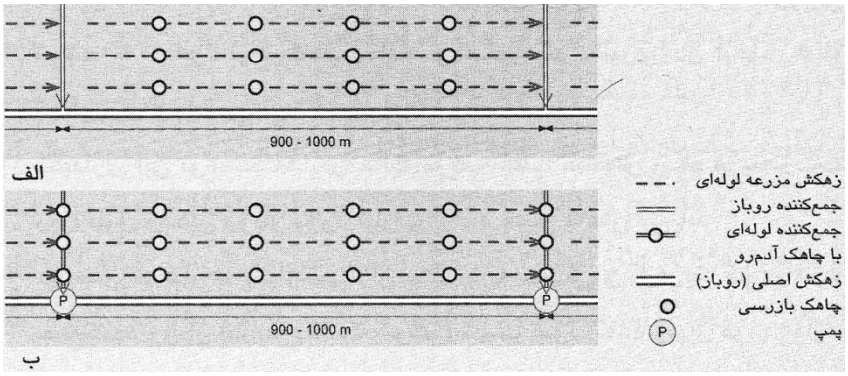
www.PnuNews.com

۳. برای عملیات شستشوی زهکش‌های مزرعه، سازه‌های خاص مورد نیاز است که از طریق آن دسترسی به زهکش مزرعه امکان‌پذیر باشد.
۴. تراز محل خروجی شبکه مرکب پایین تراز شبکه منفرد است، تا شیب مورد نیاز لوله‌های جمع‌کننده تأمین گردد.
۵. لوله‌های زهکش و جمع‌کننده‌های با قطرهای متغیر مورد نیاز است.
۶. در همه حالات، کارگذاری لوله‌های زهکش مزرعه و جمع‌کننده‌ها با تجهیزات مشابه امکان‌پذیر نیست.
۷. بررسی عملکرد هر زهکش مزرعه مشکل است.

۶-۴-۳ شبکه زهکشی با لترال‌های بلند (طویل)[1]

شبکه‌های زهکشی با لترال‌های بلند نوع دیگری از شبکه‌های منفرد یا مرکب هستند. تفاوت اصلی این شبکه‌ها با شبکه‌های منفرد یا مرکب معمولی، طویل بودن لوله زهکش مزرعه تا ۱۰۰۰ متر است. انواع شبکه‌های طویل عبارتند از (شکل ۶-۴):

۱- زهکش طویل منفرد یک طرفه
۲- زهکش طویل منفرد دو طرفه (در شکل نشان داده نشده است.)
۳- زهکش طویل مرکب یک طرفه
۴- زهکش طویل مرکب دو طرفه (در شکل نشان داده نشده است.)



شکل ۶-۴. زهکش‌های طویل مزرعه (الف) منفرد ب (مرکب)

1. Extended Field drain System

www.PnuNews.com

به‌منظور تمیز کردن زهکش‌های طویل، از سازه‌های مناسب و به‌طور معمول از چاهک‌های بازرسی در فواصل ۳۰۰ تا حداکثر ۳۵۰ متری استفاده می‌شود. زهکش‌های طویل سطح وسیع‌تری را زهکشی می‌کنند. بنابراین باید دارای قطر بیشتری باشند که هزینه طرح را تا حدودی افزایش می‌دهد. افزایش قطر لوله‌ها در جهت جریان به سمت پایین دست، یک اقدام اقتصادی محسوب می‌شود. تغییر قطر لوله‌ها معمولاً در محل چاهک‌های بازرسی انجام می‌پذیرد. اختلاف تراز هیدرولیکی ابتدا و انتهای زهکش مزرعه در یک شبکه منفرد به طول زهکش ۱۰۰۰ متر بین ۰/۵ و ۰/۷ متر است. در شبکه مرکب که طول جمع‌کننده‌ها نیز ۱۰۰۰ متر باشد، اختلاف تراز بین ۱/۲ تا ۱/۶ متر می‌باشد. تراز کف انتهای شبکه‌های زهکش طویل از شبکه‌های منفرد یا مرکب معمولی در عمق بیشتری قرار می‌گیرد.

۶-۴-۳-۱ مزایای شبکه زهکشی با لترال‌های بلند

۱. در این شبکه‌ها زهکش‌های روباز کمتری مورد نیاز است، بنابراین خروجی‌ها نسبت به سایر انواع کاهش یافته و محدودیت کمتری در انجام عملیات کشاورزی ایجاد می‌شود.
۲. نگهداری این نوع شبکه‌ها در حالت منفرد، اغلب ساده‌تر و کم هزینه‌تر است، زیرا طول زهکش روباز مورد نیاز در واحد سطح کاهش می‌یابد.
۳. در صورت نیاز به پمپاژ می‌توان پمپ را به‌سادگی و با هزینه کم در انتهای جمع‌کننده روباز (در نوع شبکه منفرد) نصب نمود. نقاط پمپاژ مورد نیاز در این حالت در واحد سطح، کمتر از شبکه‌های منفرد معمولی هستند.
۴. تعداد خروجی‌ها در شبکه طویل در واحد سطح، کمتر از شبکه‌های منفرد و مرکب معمولی است.

۶-۴-۳-۲ معایب شبکه زهکشی با لترال‌های بلند

۱. تراز زهکش‌های مزرعه و جمع‌کننده‌ها در شبکه‌های مرکب باید به‌طور کامل با یکدیگر منطبق باشند.

www.PnuNews.com

۲. تراز کف زهکش‌ها و جمع‌کننده‌ها در انتهای خط در عمق بیشتری نسبت به شبکه‌های معمولی قرار می‌گیرند. زیرا شیب بیشتری در امتداد طول زهکش بلند مورد نیاز است. بنابراین کل شبکه (از جمله لوله‌های جمع‌کننده) باید عمیق‌تر نصب گردند که ممکن است عملیات نصب را مشکل‌تر نماید.
۳. سازه‌های مورد نیاز برای تمیز کردن لوله‌ها (اگر از چاهک بازرسی استفاده شود) در انجام عملیات کشاورزی محدودیت ایجاد می‌نمایند.
۴. لوله‌های زهکش مزرعه با قطر بزرگ مورد نیاز است. بنابراین قطر جمع‌کننده‌ها (در نوع مرکب) نیز بزرگ‌تر از شبکه‌های مرکب معمولی خواهد بود.
۵. بررسی عملکرد هر زهکش در شبکه طویل مشکل است.[۱]

۶-۵ لوله‌های زهکش

به‌طورکلی، لوله‌های پلاستیکی موج‌دار از نظر وزنی سبک بوده (تقریباً حدود $\frac{۱}{۲۵}$ وزن لوله‌های زهکشی سیمانی و یا سفالی هم‌قطر آن‌ها) در برابر واکنش‌های شیمیایی درون خاک مقاوم هستند و تولید آن‌ها در طول‌های زیاد نیز امکان‌پذیر است. اتصال آن‌ها به یکدیگر ساده می‌باشد و به‌دلیل وزن کم امکان جابه‌جایی آن‌ها در سطح مزرعه به‌سادگی مقدور می‌باشد.

کاربرد یا نصب این قبیل لوله‌ها از طریق خیش‌های بدون ایجاد ترانشه امکان‌پذیر می‌باشد. از نظر نیروی کار، در مقایسه با لوله‌های سیمانی یا سفالی نیاز به نیروی کار کمتری دارند. لوله‌های پلاستیکی موج‌دار (CPT) ممکن‌است به‌وسیله جوندگان صدمه ببینند و ضریب زیری آن‌ها به‌طور نسبی زیادتر از انواع سفالی است. به‌دلیل جرم مخصوص ظاهری کم، در آب به‌صورت شناور در می‌آیند و در شرایط بسته‌بندی به‌صورت کلاف، شکل انحنا به‌خود می‌گیرند. این نوع لوله‌ها ممکن‌است در روی سطح جانبی دارای سوراخ یا شیار باشند. نحوه تعبیه سوراخ و یا شیار بر روی سطح جانبی این قبیل لوله‌ها به‌صورت سه ردیف یا بیشتر است.

در انواعی از این قبیل لوله‌ها ممکن‌است نوع صافی (فیلتر مصنوعی) متخلخل در

---

۱. زهکشی زیرزمینی برنامه‌ریزی، اجرا و بهره‌برداری، شماره ۱۲۰، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (۱۳۸۶).

www.PnuNews.com

فرآیند تولید و ساخت در کارخانه بر روی آن‌ها تعبیه شده باشد که اعمال این مهم به‌منظور جلوگیری از عبور و ورود ذرات ریز معلق و یا همراه زه‌آب‌های ورودی به درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی از نوع پلاستیکی می‌باشند.

۶-۵-۱ کیفیت لوله‌های زهکشی زیرزمینی

در احداث شبکه زهکش‌های زیرزمینی بایستی از لوله‌هائی با کیفیت بسیار مطلوب استفاده نمود و از کاربرد لوله‌های تولیدی درجه دوم یا با کیفیت نامرغوب، اجتناب کرد.

۶-۵-۱-۱ ویژگی‌های مطلوب لوله‌های زهکشی زیرزمینی

لوله‌های زهکشی زیرزمینی بتونی و یا سفالی دارای خصوصیات عمومی زیر باشند.

الف) مقاومت در مقابل هوازدگی و عوامل تخریبی درون خاک

ب) دارا بودن استحکام کافی در برابر فشارهای استاتیک

ج) توانایی جذب اندک آب که بدین دلیل بایستی تراکم زیادی داشته باشند.

د) مقاوم بودن در برابر یخزدگی

ذ) نداشتن صدمات ظاهری از قبیل ترک‌خوردگی و ناصاف بودن جدار داخلی، خارجی و سطوح مقطع فوقانی و زیرین

هـ) دارا بودن شکل ظاهری موزون و ضخامت دیواره و سطح جانبی یکنواخت

۶-۵-۱-۲ لوله‌های بتونی

لوله‌های بتونی باید از مواد و مصالح با کیفیت بسیار مرغوب تهیه شده و دوره مراقبت از آن‌ها به‌خوبی به انجام رسیده باشد. لوله‌های بتونی که با کیفیت مطلوب تهیه شده باشند، در مقابل پدیده‌های یخزدگی مقاوم بوده، لیکن ممکن‌است در شرایط خاک‌های با واکنش (PH) اسیدی یا قلیایی صدمه دیده و مورد تخریب قرار گیرند. بدین دلیل هرگاه استقرار لوله‌های بتونی در خاک‌های اسیدی یا قلیایی مورد نظر باشد، لوله‌های تولیدی باید از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار بوده و سیمان به کار رفته در ساخت و تولید آن‌ها از ویژگی‌های شیمیایی به‌خصوصی بهره‌مند باشد. روش‌های مراقبت از

www.PnuNews.com

لوله‌های تولید شده، برحسب این‌که استقرار آن‌ها در خاک‌های با واکنش PH اسیدی و یا قلیایی مورد نظر باشد تفاوت می‌نماید.

۶-۵-۱-۳ لوله‌های سفالی

لوله‌های سفالی بایستی به‌نحو بسیار مطلوبی در کوره پخته شوند و از نظر ظاهری هیچ‌گونه درز و ترک، نقاط برآمده یا فرو رفته در سطح جانبی و بخش‌های فوقانی و زیرین نداشته باشند و هرگاه به‌وسیله جسم فلزی به آن ضربه وارد شود بایستی از آن صوتی کوتاه و یکنواخت شنیده شود. لوله‌های سفالی زهکشی به اندازه کاشی در کوره پخته نمی‌شوند. لوله‌های سفالی ساخته شده از کانی شیست رسی[1] از نظر استحکام و جذب کمتر آب در مقایسه با لوله‌های سفالی تولید شده از نوع رس لایه‌های سطحی خاک به‌مراتب محکم‌تر و بادوام‌تر هستند. لوله‌های سفالی به‌طور معمول تحت‌تأثیر واکنش (PH) خاک‌های اسیدی و یا قلیایی قرار نمی‌گیرند، لیکن در شرایطی که به تناوب موارد یخ‌زدگی و ذوب آن مطرح می‌باشد بهتر آن است که از لوله‌های بتونی استفاده شود. هر چند اغلب لوله‌های سفالی در مقابل یخ‌بندان مقاوم می‌باشند، در شرایطی که عمق نصب لوله کمتر از ۰/۷ متر باشد، توصیه می‌شود که از انواع استاندارد با کیفیت عالی استفاده شود. در اکثر خاک‌های معدنی نوع لوله‌های زهکشی زیرزمینی (سفالی یا بتونی) به اندازه رعایت و انتخاب کیفیت لوله با اهمیت نمی‌باشند.

۶-۵-۱-۴ لوله‌های پلاستیکی موج‌دار

لوله‌های پلاستیکی موج‌دار از نظر ویژگی‌های شیمیایی و واکنش خاک‌ها مقاوم بوده و از این نظر از صدمات و خسارات احتمالی مصون می‌باشند. به‌دلیل سبکی وزن، امکان تولید آن‌ها به‌صورت کلاف‌های طویل و دایره‌ای شکل مقدور بوده و بدین دلیل حمل و نقل آن‌ها به‌سهولت امکان‌پذیر می‌باشد. این نوع لوله‌ها از نظر ظاهری دارای رنگ یکنواخت و مشابه بوده، جرم مخصوص یکسانی داشته و هیچ‌گونه صدمه قابل مشاهده‌ای اعم از فرورفتگی غیر عادی، له‌شدگی برش طولی یا عرضی ناقص، پاره‌شدگی غیرمتعارف و برآمدگی خارج از حد استاندارد و امثال آن نداشته باشند.

---

1. Shale

www.PnuNews.com

۶-۶ فیلتر و مواد پوششی مورد نیاز زهکش‌های زیرزمینی

پس از ایجاد ترانشه جهت تعبیه لوله‌های زهکشی به‌طور معمول چنین مرسوم است که اطراف آن را با فیلتر یا مواد متخلخل می‌پوشانند. کاربرد چنین موادی در اطراف لوله‌های زهکشی زیرزمینی برای موارد زیر است:

الف) جلوگیری از حرکت و انتقال ذرات خاک به درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی که امکان دارد موجب گرفتگی فیزیکی لوله‌های زهکشی را فراهم آورد.

ب) ایجاد محیط تراوایی در اطراف لوله‌های زهکشی زیرزمینی به طوری که جریان آب با مقاومت کمتر وارد لوله‌های زهکشی گردد.

ج) ایجاد بستر مناسبی برای استقرار لوله‌های زهکشی زیرزمینی

خاک‌های مناطق مرطوب عموماً دارای ساختمان نسبتاً پایداری هستند. در چنین شرایطی شاید نیاز به استفاده از فیلتر یا مواد پوششی برای جلوگیری از ورود مواد بسیار ریز به‌درون لوله‌های زهکشی نباشد و در اکثر مواقع از خاک لایه سطحی که محتوی مواد آلی بیشتری نسبت به خاک لایه‌های زیرین می‌باشد، به‌عنوان پوشش در اطراف تنبوشه‌های زهکشی استفاده به‌عمل می‌آید. لیکن در مناطق خشک و نیمه خشک خاک‌ها معمولاً از نظر ساختمان بسیار ناپایدار بوده که این حالت با افزایش عمق خاک تشدید می‌گردد. از طرفی وجود مقادیری یون سدیم در آب و محلول خاک موجب تسهیل در امر ناپایداری خاک‌دانه‌ها می‌شود. نقش فیلتر یا مواد پوششی تسریع در عبور آب و جلوگیری از ورود و تحرک موادی از قبیل لای، ماسه ریز و غیره می‌باشد، بنابراین مواد متخلخلی که در اطراف لوله‌های زهکشی قرار داده می‌شوند، در واقع نوعی لایه پوششی محسوب می‌گردند که امکان دارد ذرات رس معلق در آب را از خود عبور دهند، از آن‌جا که تعلیق مواد رسی در آب مدت‌ها ادامه خواهد داشت، این مواد بدون ایجاد رسوبات قابل‌توجهی به‌وسیله جریان زه‌آب‌ها از طریق لوله‌های زهکشی خارج خواهند شد.

کاربرد فیلتر یا مواد پوششی انواع مختلفی دارند، از قبیل مواد آلی، مواد مصنوعی (پشم شیشه و انواع زمین بافت‌ها) و بالاخره مواد معدنی. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در سطح شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور تا زمان حاضر، کاربرد شن و ماسه رودخانه‌ای (طبیعی) مناسب‌تر تشخیص داده شده است.

www.PnuNews.com

شن و ماسه‌ای که به‌عنوان مواد پوششی به‌کار گرفته می‌شود بایستی دارای دانه‌بندی به‌خصوصی باشد. بنابراین ضرورت دارد که در ابتدا چگونگی دانه‌بندی خاک محل استقرار زهکش‌های زیرزمینی مشخص گردد. سپس دانه‌بندی مواد پوششی که بدین منظور کاربرد آن مورد نظر است تعیین و جهت اخذ تصمیم در مورد انتخاب و تناسب کاربرد آن از روابط ذیل می‌توان استفاده نمود.

$$\frac{D_{۵۰}\ (\text{فیلتر})}{D_{۵۰}(\text{خاک})} = ۱۲ \text{ تا } ۵۸ \qquad (۱-۶)$$

$$\frac{D_{۱۵}\ (\text{فیلتر})}{D_{۱۵}(\text{خاک})} = ۱۲ \text{ تا } ۴۰ \qquad (۲-۶)$$

که در این روابط:

$D_{۵۰}$: قطری از ذرات می باشد که در منحنی تجمعی دانه‌بندی مواد پوششی یا خاک ۵۰ ٪ وزنی ذرات از آن کوچک‌تر باشند.

$D_{۱۵}$: قطری از ذرات خاک یا مواد پوششی است که ۱۵٪ وزنی ذرات از آن کوچک‌تر باشند.

در حالتی خاص که خاک درون ترانشه هم‌چنین شن و ماسه‌ای که کاربرد آن مورد نظر است، از دانه‌بندی یکنواختی برخوردار باشند از رابطه زیر نیز می‌توان استفاده نمود:

$$\frac{D_{۱۵}\ (\text{فیلتر})}{D_{۸۵}\ (\text{خاک})} < ۵ \qquad (۳-۶)$$

همان طوری که در بعضی مراجع معتبر توصیه شده است بیش از ۱۰٪ از ذرات شن و ماسه‌ای که به‌عنوان مواد پوششی به‌کار گرفته می‌شود نبایستی از الک شماره ۶۰ (قطر سوراخ‌ها ۰/۲۵ میلی‌متر) عبور نماید و هم‌چنین قطر ۸۵٪ ذرات از نصف قطر سوراخ‌هایی که بر روی سطح جانبی لوله‌های زهکشی زیرزمینی وجود دارد نباید کمتر باشد. ضخامت مواد پوششی، شن و ماسه به‌طور معمول در حدود ده تا هشت سانتی‌متر توصیه گردیده است.

www.PnuNews.com

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که عدم موفقیت برخی از پروژه‌های زهکشی به دلیل نامتناسب بودن نوع فیلتر یا مواد پوششی به‌کار رفته بوده است.

همان‌گونه‌که در بالا بیان گردید در مناطق مرطوب تکامل خاک‌ها به صورت مطلوب‌تری به‌انجام می‌رسد از این نظر خاک‌دانه‌های حاصله دارای پایداری مناسبی می‌باشند که در اثر جریان آب پایداری خود را حفظ می‌نماید، بالعکس در مناطق خشک و نیمه خشک به‌دلیل کمبود یا فقدان پوشش گیاهی، آب حاصل از ریزش‌های آسمانی و یا آب آبیاری کاربردی، همواره مقادیری از خاک را شسته و با جریان‌های حاصله به زهکش‌ها منتقل می‌نماید. شواهد عملی این حالت از رسوبات حاصل در انواع لوله‌های زهکشی سفالی یا سیمانی به‌خوبی قابل ملاحظه است. در خصوص ارزیابی انواع مواد پوششی زهکشی روش‌های متنوعی ابداع گردیده که یکی از معروفترین آنان رابطه ذیل است:

که در آن:

$$\frac{F}{A}=\frac{F(D_{50})}{A(D_{50})} \qquad (۴-۶)$$

$\frac{F}{A}$: نسبت بین درشتی ذرات مواد پوششی به ذرات خاک می‌باشد (هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، نفوذپذیری مواد پوششی کاهش خواهد یافت)

D_{50}: نیز قطری از ذرات می‌باشد که ۵۰٪ ذرات خاک بایستی از آن کوچک‌تر باشد خاک‌های غیر چسبنده (که نیروی جاذبه بین ذرات آنان ناچیز است) عمدتاً پایدار نبوده و D_{50} آن‌ها حدود ۰/۰۶ تا ۰/۱۲ میلی‌متر برآورد شده است. در جدول (۶-۱) ضخامت مواد پوششی مورد نیاز به‌عنوان تابعی از نسبت $(\frac{F}{A})$ نشان داده است.

جدول ۱-۶. ضخامت فیلتر به عنوان تابعی از نسبت F/A

ردیف	نسبت $(\frac{F}{A})$	ضخامت فیلتر سانتی‌متر
۱	۱۲	۱/۵−۲/۵
۲	۱۲-۱۴	۸
۳	۱۴-۲۸	۱۵
۴	۲۸-۴۰	۲۲

www.PnuNews.com

به‌طور معمول در شرایطی که ضخامت مواد پوششی از حدود ۸ سانتی‌متر بیشتر باشد، کاربرد آن مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد.

از این نظر توصیه گردیده است موادی که به‌عنوان فیلتر یا مواد پوششی انتخاب می‌گردند بایستی دارای نسبت $(\frac{F}{A})$ کمتر از ۲۴باشند.

با توجه به آن‌چه در بالا در مورد فیلتر و مواد پوششی لوله‌های زهکشی زیرزمینی بیان گردید موارد ذیل قابل استنتاج کلی است:

اولین اقدام در مورد انتخاب ویژگی‌های فیلتر یا مواد پوششی مناسب، تجزیه مکانیکی خاک مجاور فیلتر یا مواد پوشاننده و ترسیم منحنی دانه‌بندی آن می‌باشد. نمونه‌برداری از خاک بایستی از اعماقی معادل عمق استقرار احتمالی زهکش‌های زیرزمینی به‌عمل آمده و آزمایش‌های لازم برای مشخص نمودن دانه‌بندی آن به‌انجام رسد. تعداد نمونه‌های خاک بستگی به درجه یکنواختی و حدود تغییرات خاک در اطراف لوله‌های زهکشی زیرزمینی خواهد داشت.

براساس اصول کلی تدوین شده در استانداردهای بین‌المللی در ارتباط با خاک مجاور مواد پوششی، موارد به شرح زیر قابل توصیف است. اگر اندازه ۵۰٪ ذرات خاک در اعداد ۱۲ و ۵۸ ضرب گردند ارقام حاصل به‌ترتیب حد بالایی و پایینی اندازه مناسب ۵۰٪ ذرات مواد پوششی خواهد بود.

به عبارتی دیگر اندازه ۵۰٪ ذرات فیلتر یا مواد پوششی بایستی در درون این دامنه واقع گردد با ضرب نمودن اندازه ۱۵٪ ذرات خاک مجاور مواد پوششی در اعداد ۱۲ و ۴۰ ارقام حداقل و حداکثری حاصل خواهد آمد که اندازه ۱۵٪ مواد مصرفی بایستی در آن دامنه قرار گیرد. از نظر شکل نیز، منحنی دانه‌بندی مواد پوششی بایستی حتی‌الامکان موازی با منحنی دانه‌بندی خاک تغییر نماید.

علاوه بر آن کلیه ذرات مواد مورد استفاده بایستی از الک ۱/۵ اینچ (با اندازه سوراخ‌های ۳۷/۵ میلی‌متر) عبور نموده و ۹۰٪ آن نیز از الک $\frac{۳}{۴}$ اینچ (با اندازه سوراخ‌های ۱۹ میلی‌متر) بگذرد و بیش از ۱۰ ٪ چنین موادی نبایستی از الک شماره ۶۰ عبور نماید.

کران بالایی اندازه ذرات مواد پوششی، لوله‌های زیرزمینی زهکشی را در مقابل

www.PnuNews.com

تخریب یا تغییر مسیر و یا جمع شدن محافظت نموده و حد الک شماره ۶۰ (با اندازه سوراخ‌های ۰/۲۵ میلی‌متر) نیز زیاد بودن درصد مواد ریز درون مواد پوششی که منجر به گرفتگی احتمالی منافذ (روزنه‌ها) است جلوگیری می‌نماید.

پس از قرار دادن فیلتر یا مواد پوششی، بایستی با دقت مقداری خاک طبقات سطحی بر روی آن واریخته و تا حدودی کوبیده و متراکم شود. پس از آن می‌توان سایر خاک‌های حفاری شده را به درون ترانشه جایگزین نمود.

۶-۷ طول زهکش‌ها

خطوط لوله زهکشی را باید با رعایت محدودیت‌های فیزیکی و اقتصادی سیستم زهکشی تا حد ممکن طویل انتخاب نمود. طول زهکش‌ها ممکن‌است به علت عوامل زیر محدود شود:

۱- شیب اراضی

۲- رقوم زهکش‌های اصلی، سازه‌های زهکشی و خروجی تخلیه‌گاه‌ها

۳- ظرفیت و توانایی ماشین‌آلات مورد استفاده

۴- قیمت لوله‌های مورد استفاده

۵- مسائل و مشکلات نگهداری

۶- ظرفیت جریان لوله‌ها

در اراضی مسطح، طول زهکش‌ها معمولاً بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ متر انتخاب می‌شود. درشرایطی که شیب اراضی و سایر عوامل موثر اجازه دهد، ممکن‌است طول زهکش‌ها را بیش از ۴۰۰ متر و تا حدود ۲۰۰۰ متر نیز انتخاب نمود.

۶-۸ عمق زهکش‌ها

عمق مطلوب برای زهکش‌های مزرعه متأثر از نفوذپذیری خاک، فواصل زهکش‌ها، عمق مطلوب سطح ایستابی، حدود شوری قابل تحمل برای گیاه، عمق لایه غیر قابل نفوذ و تراز ارتفاعی در محل تخلیه آب زیرزمینی است، بنابراین تا حد امکان این لوله‌ها می‌باید در لایه نسبتاً درشت بافت تعبیه شود. رقوم و یا عمق تخلیه‌گاه می‌باید طوری باشد که امکان نصب زهکش‌های مزرعه را در عمق مورد نیاز فراهم نموده و جریان‌های زهکشی را بدون مانع از خود عبور دهد.

www.PnuNews.com

به‌طور معمول زهکش‌های مزرعه با در نظر گرفتن ظرفیت و توان ماشین‌آلات نصب زهکش‌ها و هزینه‌های احداث و نگهداری آن‌ها، تا حدی که از نظر اجرایی و اقتصادی قابل توجیه باشد عمیق نصب می‌شود. هم‌چنین به‌طور معمول در محدوده هر پروژه، منطقه یا دشت، زهکش‌ها در عمق کم و بیش مشابه تعبیه می‌شود. در شرایط خاک‌های عمیق و یکنواخت، عمق بهینه کارگذاری مطلوب زهکش‌ها را می‌توان از طریق مقایسه اقتصادی هزینه‌های نصب زهکش‌ها در اعماق مختلف تعیین نمود.

عمق متداول برای نصب زهکش‌ها در شرایط زهکشی در فصل زراعی و یا خارج از فصل زراعی در حدود ۰/۹ تا ۱/۵ متر است. در زهکشی برای کنترل شوری، به‌ویژه چنان‌چه دوره آیش در تابستان قرار گیرد، عمق بیشتری در حدود ۱/۵ تا ۲/۵ متر مورد نیاز است تا شور شدن اراضی تحت تأثیر خیز موئینه‌ای از آب زیرزمینی در طی دوره توقف آبیاری به حداقل برسد.

۶-۹ شیب زهکش‌ها و سرعت جریان

شیب زهکش‌ها تا حد امکان می‌باید طوری باشد که بتواند سرعت غیر رسوب‌گذار را که در حدود ۰/۴ متر بر ثانیه است تأمین کند و در عین حال کمتر از میزانی باشد که باعث ایجاد جریان متلاطم و تخریب بستر زهکش‌ها نگردد. در شرایطی که خطر رسوب‌گذاری وجود داشته و سرعت جریان کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه باشد، می‌توان به‌وسیله پوشش دور لوله‌ها و ایجاد رسوب‌گیرهای متوالی، از نهشته‌شدن رسوب در درون لوله‌ها ممانعت به‌عمل آورد. (سرویس حفاظت خاک آمریکا – ۱۹۷۳)

چنان‌چه زهکش‌ها به‌گونه‌ای نصب شود که سرعت جریان در آن‌ها بیشتر از ارقام ارائه شده در زیر باشد، برای محافظت لوله‌های زهکشی، باید تدابیر ویژه به کار برده شود.

جدول ۶-۲. ارتباط بین بافت خاک و حداکثر سرعت جریان آب در زهکش‌ها

بافت خاک	سرعت جریان (متر در ثانیه)
ماسه و لوم ماسه‌ای(SL و S)	۱/۱
سیلت ولوم سیلتی (Sil و Si)	۱/۵
لوم سیلتی رس (Sicl)	۱/۸
رس و لوم رس (CL و C)	۲/۱
ماسه درشت و شن	۲/۷

www.PnuNews.com

۶-۱۰ اندازه لوله‌های زهکش

برای تعیین قطر لوله‌های زهکش‌های مزرعه و جمع‌کننده‌ها، به دو شیوه زیر عمل می‌شود:

۱- جریان در لوله یکنواخت و برابر با دبی(طراحی) در خروجی لوله فرض می‌شود.

۲- جریان در لوله غیریکنواخت فرض می‌شود، بدین صورت که در ابتدای لوله صفر بوده و در انتها تا دبی (طراحی) افزایش می‌یابد.

روش اول در امریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این روش زهکش‌ها بزرگ‌تر از حد نیاز طراحی می‌شود که خود ضریب اطمینانی برای جبران خطرات رسوب‌گذاری و خطاهای اجرایی خواهد بود. روش دوم در بیشتر کشورهای اروپایی به‌کار برده می‌شود. کاربرد این روش منجر به انتخاب اندازه‌های کوچک‌تر برای لوله‌های زهکشی در قسمت‌های ابتدایی مسیر می‌شود. در روش اخیر، ضریب اطمینان طراحی به‌صورت جداگانه و از طریق افزایش دبی طراحی (تا حدود ۳۳ درصد) اعمال می‌گردد.

محاسبات هیدرولیکی جریان آب در هر دو روش معمولاً بر اساس فرمول مانینگ انجام می‌گیرد. در بیشتر انواع لوله‌ها، ضریب زبری (n) در حدود ۰/۰۱۴ تا ۰/۰۱۵ می‌تواند مورد استفاده قرار گردد. در لوله‌های موج‌دار (خرطومی) با قطر زیاد، ضرایب زبری بزرگ‌تری بایستی اعمال گردد. ضریب m در فرمول مانینگ(m = ۱/n) برای لوله‌های موج‌دار تابعی از قطر داخلی D و فاصله بین موج‌ها S است (ایروین[1] ۱۹۸۲) و توسط رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$M = ۰/۰۵۳ \frac{S^{۰/۳۸}}{D^{۰/۲۱}} \qquad (۵-۶)$$

S و D به متر است (بومنز[2] ۱۹۸۶)

به‌طور معمول لوله‌های زهکشی در اقطار معین و استاندارد تولید می‌شود. روش متداول و عملی برای طراحی این‌است که حداقل قطر مورد نیاز با در نظر داشتن ضریب اطمینان محاسبه نموده و سپس از بین لوله‌ها استاندارد موجود اولین قطر با اندازه بزرگ‌تر را انتخاب نمود. وقتی طول زهکش‌های مزرعه نسبتاً کم است می‌توان از

1. Irwin
2. Boumans

www.PnuNews.com

یک قطر واحد برای تمام مسیر استفاده کرد. لیکن در طول مسیر زهکش‌های طویل و نیز در جمع‌کننده‌ها، لوله‌هایی با قطرهای متفاوت که به سمت خروجی بزرگ‌تر می‌شود به‌کار می‌رود.

دبی طراحی برای تعیین قطر زهکش‌های مزرعه را می‌توان معادل دبی طراحی در شرایط ماندگار در نظر گرفت. در زهکش‌های طویل و در جمع‌کننده‌ها، ضریب کاهش سطح اعمال می‌شود. بدین معنی که که با افزایش مساحت زمین‌های زیر پوشش لوله زهکش، دبی ویژه زهکشی کاهش می‌یابد.

۶-۱۱ ضریب افت انرژی در ورود به لوله زهکش

جریان آب به سمت زهکش‌ها و عبور آن از میان منافذ نسبتاً محدود لوله‌های زهکش، باعث می‌گردد بخشی از بار هیدرولیکی تلف شود. این افت بار، افت ورودی نامیده می‌شود. برای شدت جریان ثابت، لوله‌هایی که سطح منافذ آن کم باشد افت بار بیشتری از لوله‌هایی که سطح منافذ آن بیشتر است خواهد داشت. ویژگی‌های ورود جریان در لوله‌های مختلف به‌وسیله ضریب مقاومت با یکدیگر مقایسه می‌شود. رابطه ضریب مقاومت و افت به قرار زیر است:

$$h_e = \alpha \frac{Q}{K} \qquad (۶-۶)$$

که در آن:

h_e: افت بار ورودی (متر)

α: ضریب مقاومت

Q: شدت جریان ورودی به یک متر از لوله (مترمکعب در روز)

K: هدایت هیدرولیکی مواد پوششی لوله (متر در روز)

حدود تغییرات α به شرح زیر است:

لوله‌های سفالی و بتنی ۰/۲-۰/۴

لوله‌های پلاستیکی صاف ۰/۴-۰/۶

لوله‌های پلاستیکی موج‌دار ۰/۰۵-۰/۱

لوله‌های سفالی و بتنی به‌واسطهٔ فاصله نسبتاً زیاد بین نقاط ورود آب به داخل

www.PnuNews.com

لوله، دارای مقاومت ورودی بالاتری نسبت به سایر لوله‌ها است، لوله‌های پلاستیکی موج‌دار، به‌واسطهٔ اینکه مجموع مساحت منافذ موجود در جدار آن بیشتر از منافذ لوله‌های پلاستیکی صاف است، دارای حداقل مقاومت می‌باشد. انتخاب صحیح مقدار α به منظور انتخاب نوع مناسب پوشش دور لوله‌های زهکش واجد اهمیت می‌باشد.

۶-۱۲ ماشین‌های حفاری و نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی

معمولی‌ترین انواع ماشین‌های زهکشی[1] که برای نصب لوله‌های زهکشی در مزرعه به‌کار گرفته می‌شوند را می‌توان به دو دسته: ماشین‌های ترانشه‌بردار[2] و ماشین‌های بدون ایجاد ترانشه[3] تقسیم‌بندی نمود. ماشین‌های ترانشه‌بردار، ترانشه‌ای حفر می‌نمایند که لوله را می‌توان در درون آن نصب کرد. در حالی که ماشین‌های بدون ایجاد ترانشه عملیات خاک‌برداری را هم‌زمان با نصب لوله‌های زهکشی به‌انجام می‌رساند.

ماشین‌های ترانشه‌بردار، ابتدا ترانشه‌ای را ایجاد و سپس نسبت به نصب لوله و پوشش دادن اطراف آن را به‌وسیله مواد پوششی (درصورت لزوم) اقدام می‌کنند. در ترانشه ایجاد شده پس از استقرار لوله و مواد پوششی در اطراف آن به‌وسیله تراکتوری که مجهز به تیغه پرکننده می‌باشد، عملیات واریختن خاک به‌انجام می‌رسد. ترانشه ایجاد شده بایستی در همان روز حفاری برای جلوگیری از حالت ریزش دیوارها در شرایط تغییرات میزان رطوبت (به‌دلیل آبیاری، بارندگی و خیز سطح ایستابی) پر شود. خاک‌های واریخته در ترانشه بایستی با عبور چرخ تراکتور از روی آن و افزایش مجدد خاک‌های باقی مانده در مسیر (به‌دلیل نشست خاک درون ترانشه) و ضمن عبور مجدد چرخ تراکتور از روی آن، شرایط تراکم خاک واریخته درون ترانشه را تا حد مورد نیاز فراهم آورد. اعمال این اقدام موجب فشردگی خاک‌های لایه‌های بالایی ترانشه گردیده و خاک‌های لایه‌های زیرین درون ترانشه به‌صورت مناسبی نفوذپذیر باقی می‌مانند که مقاومت ورودی کمی را برای جریان آب ایجاد می‌نماید.

لوله‌های زهکشی موج‌دار با قطر کم به‌عنوان لوله‌های زهکشی زیرزمینی مزرعه‌ای، از طریق قرقره‌ای که بر روی ماشین‌های زهکشی قرار دارد، در درون ترانشه

1. Drainage Machinery
2. Trenchers
3. Trenchless

www.PnuNews.com

کارگذاری می‌شود. لوله‌های موج‌دار زهکشی با قطر زیاد (به‌عنوان زهکش جمع‌کننده)، ابتدا از حالت کلاف خارج گردیده و پس از اتصال به یکدیگر از قبل آماده و سپس به‌صورت پیوسته از سطح خاک برداشته و به‌وسیله ماشین زهکشی در حین حرکت در درون ترانشه قرار داده می‌شود. لوله‌های نوع سفالی و سیمانی به‌وسیله نوعی ناودان شیب‌دار[1] که در بخش انتهای زنجیر حفاری قرار دارد، درون ترانشه قرار داده می‌شوند.

فیلترهای غیرمعدنی و مصنوعی یا آلی در شرایط عادی به دور لوله‌های موج‌دار از قبل پیچیده شده‌اند. در مورد کاربرد مواد پوششی (شن و ماسه) می‌توان آن را از طریق قیفی که در انتهای ماشین زهکشی نصب گردیده و به‌وسیله تریلری که در امتداد ماشین زهکشی حرکت می‌نماید، مواد پوششی را از طریق تسمه نقاله به قیف تغذیه نمود برای دستیابی به حالت پوشش کامل اطراف لوله زهکشی بایستی دو عدد قیف را به ماشین زهکشی متصل نمود که یکی از آن‌ها می‌تواند مواد پوششی را قبل از نصب لوله و قیف دوم پس از استقرار لوله زهکشی عملیات پوشش دادن را به‌انجام می‌رساند.

دو نوع کلی ماشین‌های زهکشی بدون ایجاد ترانشه وجود دارند که عبارتند از: خیش عمودی[2] و خیش V شکل[3]. خیش عمودی به‌عنوان نوعی زیر خاک کن عمل می‌نماید. خاک را پوک نموده به‌طوری‌که مجاری و حفره‌های ریز و درشت در عمق مربوطه ایجاد می‌گردد درحالی‌که خیش V شکل درون نیم‌رخ خاک، ستونی مثلثی شکل ایجاد می‌نماید و هم‌زمان عمل نصب لوله‌های زهکشی را نیز انجام می‌دهد و بدین دلیل ضرورتی برای واریختن خاک به‌علت عدم ایجاد ترانشه وجود ندارد. به هر حال هرگاه لوله‌ها به‌وسیله خیش عمودی نصب گردند بخش بالایی (خاک دست خورده ترانشه) بایستی متراکم شود. برای این منظور یکی از راه کارهای معمولی، عبور چرخ ماشین زهکشی از روی خط لوله زهکشی نصب شده، در هنگام برگشت ماشین زهکشی است. در مورد خاک‌های رسی و خشک ممکن‌است تراکمی که بدین ترتیب حاصل می‌شود غیر کافی باشد.

لوله‌های پلاستیکی موج‌دار تنها گزینه مطلوب و مناسب برای کاربرد به‌وسیله ماشین‌های زهکشی بدون ایجاد ترانشه هستند. خیش V شکل قادر است لوله‌هایی با

1. chute
2. vertical plough
3. V-plough

www.PnuNews.com

قطر خارجی حداکثر (به‌علاوه مواد پوششی) ۰/۱۲۵–۰/۱ متر را درون نیم‌رخ خاک قرار دهد. خیش عمودی می‌تواند لوله‌های با قطرهای زیادتر را نیز درون نیم‌رخ خاک نصب نماید. قابل ذکر است که کاربرد مواد پوششی معدنی (شن و ماسه) نیز به‌وسیله ماشین زهکشی بدون ایجاد ترانشه امکان‌پذیر می‌باشد. لیکن به‌دلیل خطرات گرفتگی قیف و مشکلات مرتبطه جهت تغذیه قیف با توجه به سرعت حرکت ماشین زهکشی انجام آن توصیه نگردیده است. در چنین شرایطی راه‌حل عملی استفاده از موادی است که از قبل به دور لوله‌های زهکشی پیچیده شده باشند.

آماده‌سازی اراضی یا تعیین مسیر حرکت و برطرف نمودن موانع فیزیکی بسیار با اهمیت است. علاوه بر آن تهیه لوله‌های مورد نیاز و مواد پوششی، از پیش نیازهای اجرای عملیات زهکشی مطلوب در طرح ایجاد سیستم زهکشی زیرزمینی است.

۶-۱۳ سازه‌های جانبی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

سازه‌های جانبی مرتبط با سیستم‌های زهکشی زیرزمینی مشتمل بر سازه‌های به‌خصوصی است که از آن جمله می‌توان: ورودی‌های سطحی، حوضچه‌های رسوب‌گیر، ورودی‌های کور یا پنهان که در زیر ارائه می‌گردند، نام برد.

۶-۱۳-۱ ورودی‌های سطحی[1]

ورودی سطحی که گاه ورودی باز نیز نامیده می‌شود، نوعی سازه ساده آب‌گیری است که آب‌های مازاد سطحی را از گودال‌ها، نهرچه‌های کنار جاده‌ای، سایر مناطق فرو رفته و یا از محدوده درون مزارع دریافت می‌نماید. بهتر آن‌است که آب‌های اضافی را از طریق نهرچه‌های زهکشی سطحی جمع‌آوری، هدایت و دفع نمود. این قبیل ورودی‌های سطحی که به زهکش‌های زیرزمینی لوله‌ای متصل می‌گردند را بایستی با دقت مکان‌یابی نموده و سپس نسبت به ساخت آن‌ها اقدام نمود.

مناسب‌ترین محل برای احداث آن‌ها در پست‌ترین نقاط موجود در سطح مزرعه، هم‌جوار و در امتداد حصار مزارع و یا در مناطق دارای پوشش گیاهی دائمی است. هرگاه این ورودی‌ها در مزارع تحت کشت و بهره‌برداری واقع شده باشند، ضرورت

1. surface Inlets or open Inlets

www.PnuNews.com

دارد که اطراف آن‌ها را با نوعی گیاه علفی پوشش دائمی داده و از آن‌ها در مقابل عوامل گرفتگی محافظت نمود.

ورودی سطحی را بایستی با استفاده از یک سه راهی در بخش زیرین سطح خاک به زهکش جمع‌کننده یا اصلی متصل نموده و محل‌های اتصال قطعات عمودی و جانبی را با استفاده از مواد مناسب آب‌بندی نمود. طول قسمت لوله‌ای که بدین ترتیب غیر قابل نفوذ گردیده، از محل سه‌راهی مربوط باید حداقل ۲ متر از هر طرف فاصله داشته باشد. در این مورد استفاده از لوله‌های فلزی گالوانیزه و یا لوله‌های قیراندود، ساخت چاهک آدم‌رو[1] از نوع بتونی یا با استفاده از بلوک سیمانی و یا آجر با ملات سیمان نیز منظور را عملی می‌نماید. در بخش فوقانی ورودی در سطح زمین ایجاد یک طوقه بتونی گسترده در اطراف درپوش مشبک آبگیر برای جلوگیری از رویش گیاهان و نگهداری سازه در محل احداث ضرورت دارد. توصیه می‌شود که درپوش مشبک بر روی لوله قائم ورودی از نوع چدنی یا فلزی نصب شود به‌طوری‌که از ورود آشغال به درون سازه ورودی ممانعت به‌عمل آید.

۶-۱۳-۲ ورودی‌های کور یا پنهان (زهکش فرانسوی)

در شرایطی که که میزان رواناب سطحی به طور نسبی کم و مقدار رسوبات در حدی باشد که شرایط احداث ورودی‌های سطحی باز را امکان‌پذیر ننماید، ساخت ورودی‌های کور یا پنهان هر چند به‌طور غیردائم می‌تواند شرایط زهکشی اراضی را بهبود بخشد. گرچه این قبیل ورودی‌ها عمر مفیدی در حد بیشتر از چند سال ندارند، لیکن احداث آن‌ها اقتصادی بوده و در عین حال مشکلاتی برای عملیات مزرعه‌ای حاصل نمی‌نمایند. ورودی کور از طریق واریختن ترانشه محل نصب زهکش‌های زیرزمینی (حداقل به طول ۲ متر) با استفاده از مواد با دانه‌بندی‌های متفاوت ایجاد می‌گردد، به‌طوری‌که مواد درشت دانه‌تر بلافاصله بر روی سطح لوله‌های زهکشی زیرزمینی قرار داده می‌شوند و هر چه از عمق ترانشه به سطح خاک نزدیک‌تر گردد، دانه‌بندی مواد پوششی کوچک‌تر می‌شود. قابل ذکر است که واریختن مواد دانه‌بندی شده بر روی لوله زهکش زیرزمینی و درون ترانشه از قواعد مربوط به کاربرد مواد

1. manhole

www.PnuNews.com

پوششی متعارف تبعیت نمی‌نماید و بدین دلیل است که طول عمر مفید این قبیل ورودی‌ها دائمی نیست. از آن جایی‌که خاک تمایل به انسداد و ایجاد قشر نفوذناپذیر یا کم نفوذپذیر را در سطح اراضی داراست، برای تعدیل این مشکل، سطح محدوده محل ایجاد ورودی‌های کور یا پنهان بایستی همواره دارای پوشش گیاهی و حتی‌المقدور دائمی باشد.

۶-۱۳-۳ حوضچه‌های رسوب‌گیر

خاک‌هایی که محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای ذرات ماسه ریز هستند، اغلب موجب گرفتگی می‌شوند زیرا این ذرات به درون مجاری ورود آب و یا روزنه‌های لوله‌های زهکشی نفوذ می‌نماید. حوضچه رسوب‌گیر می‌تواند مشتمل بر هر نوع سازه‌ای باشد که بتواند رسوبات را جمع‌آوری نموده و از ورود و ترسیب آن‌ها در درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی جلوگیری به‌عمل آورد. حوضچه‌های رسوب‌گیر را می‌توان، در محل کاهش شیب در مسیر پایین دست، در شرایطی که چند خط لترال در یک نقطه به‌هم می‌پیوندد و یا در مکان‌هایی که آب‌های سطحی وارد سیستم زهکش زیرزمینی می‌گردند، احداث نمود. حوضچه‌های رسوب‌گیر در محل خروجی دارای لوله‌های زانویی وارونه می‌باشند. دلیل تعبیه چنین سیستم خروجی آن است که در حالتی که مخزن حوضچه رسوب‌گیر انباشته از رسوبات گردد، سازه می‌تواند جریان خروجی را با تأخیر به‌انجام رساند. اگر حوضچه رسوب‌گیر مجهز به چنین خروجی نباشد، این بدان معنی است که موضوع لایروبی و تمیز کردن مخزن آن در سیستم نادیده گرفته شده است.

جعبه‌های اتصال[1] را بایستی در مناطقی احداث نمود که در آن محل چند خط لوله زهکشی زیرزمینی با اختلاف ارتفاع‌های متفاوت به یکدیگر متصل می‌شوند. به‌جز در مورد حوضچه‌های زهکشی سایر سازه‌های اتصال و یا رسوب‌گیر از نظر ساختمانی تقریباً مشابه می‌باشند. برای ایجاد تسهیلات لازم در امور و عملیات مزرعه‌ای، سطح فوقانی چنین سازه‌هایی بایستی حداقل به عمق ۰/۳ متر زیر سطح خاک مدفون باشد.

1. Junction Boxes

www.PnuNews.com

۶-۱۳-۴ چاهک‌های بازدید[1]

چاهک‌های بازدید به‌طور معمول در سیستم لوله‌های زهکشی زیرزمینی و برای اهـدافی نظیر: اتصال دو خط لوله، حوضچه رسوب‌گیـر (لای و ماسـه)، چـاه‌هـای مشـاهده‌ای، استقرار تجهیزات اندازه‌گیری دبی‌جریان، مـدخل مناسـبی بـرای عملیـات نگهـداری از زهکش و سهولت تشخیص محل نصب خـط لولـه زهکشـی بـه‌کـار بـرده مـی‌شـوند. به‌طورکلی، برای فواصل نصب چاهک‌هـای آدم‌رو معیارهـای مشخصـی وجـود نـدارد. لیکن به‌طور معمول این قبیل سازه‌ها در نقطه اتصـال دو خـط لولـه زهکشـی در محـل تغییر قابل ملاحظه مسیر زهکش‌های جمع‌کننده و خروجی‌های فرعی زهکش‌ها ایجـاد می‌شوند. احداث چاهک‌های بازدید در هر نقطه اتصال و با فواصـل نزدیـک (کمتـر از ۲۵۰ متر) برای لوله‌های کمکی، زهکش‌های حایل و یا زهکش‌های جمـع‌کننـده مـورد نیاز نمی‌باشد. هم‌چنین ایجاد این چاهک‌ها به‌طور معمول در محل تغییر شـیب، هرگـاه شیب مسیر پایین‌دست تندتر گردد، نیز ضروری نیست. به‌هر حال بایسـتی اهتمـام لازم به‌عمل آید تا ایجاد این سازه‌ها مشکلاتی بـرای عملیـات زراعـی (بـه‌عنـوان عـوارض فیزیکی) ایجاد ننماید.

هر گاه برای اهداف گفته شده در بالا، ایجاد چاهک بازدید امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از سه‌راهی‌های ساده (T یا Y شکل) یا ایجاد حفره بر روی زهکش جمع‌کننده برای اتصال لوله کمکی و یا زهکش‌های حایل به زهکش جمع‌کننده استفاده نمود. به هر حال در صورت امکان بهتر است که تغییر قطر لوله‌های زهکشی زیرزمینی در محل چاهک بازدید به‌انجام رسد.

برای سهولت در مشاهده چاهک‌های بازدید بایستی بخش بالایی آن در حدود حداقل ۰/۳ متر و حداکثر ۰/۶ متر مرتفع‌تر از سطح مزرعه باشد. در صورت امکان محل نصب این قبیل سازه‌ها بایستی در مجاورت حصار مزارع و یا در سایر محل‌های مناسب که مزاحمت فیزیکی را برای عملیات مزرعه‌ای فراهم نیاورد، در نظر گرفته شود. برای بخش انتهایی خطوط لوله زهکشی احداث چاهک آدم‌رو و یا سازه برای تمیز نمودن لوله‌ها، ضروری نیست. در این شرایط بخش انتهایی لوله زهکشی بایستی به‌وسیله درپوش یا وسایل مشابه « پوشیده» نگهداری می‌شود و محل نصب و عمق آن

1. manhole

www.PnuNews.com

بر روی نقشه‌های ساخت و کتابچه مزرعه به‌دقت مشخص و ثبت شده باشد. در شرایطی که به‌منظور عملیات شستشوی لوله‌های زهکشی زیرزمینی نوعی «بالاآورنده»[1] در بخش انتهایی آن نصب می‌گردد، زاویه اتصال بایستی به‌گونه‌ای باشد که امکان عبور تجهیزات تمیزکننده را از مخرج به درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی امکان‌پذیر نماید.

درون چاهک بازدید می‌توان با ایجاد آبشار قائم، شیب خط لوله را اصلاح کرد. این راه حل مناسب و ضروری، در شرایطی در اراضی مسطح که شیب طولی بیشتر از شیب سطح زمین طبیعی باشد، ممکن است مشکل‌ساز باشد.

کف تمام شده چاهک آدم‌رو بایستی در حدود ۰/۵–۰/۴۵ متر پایین‌تر از بخش انتهایی لوله زهکشی زیرزمینی ورودی باشد. بدین‌ترتیب حوضچه‌ای برای ترسیب موادی که به لوله‌های زهکش وارد می‌گردد، ایجاد خواهد شد. پس از اتمام عملیات ساخت هر خط لوله زهکشی، کلیه مواد رسوب‌یافته در حوضچه رسوب‌گیر درون چاهک آدم‌رو بایستی کاملاً پاک‌سازی گردیده و درب چاهک بازدید به صورت بسته نگهداری شود. عملیات تمیز کردن رسوبات درون چاهک آدم‌رو بایستی به‌صورت دوره‌ای و به‌عنوان یکی از موارد عملیات نگهداری در نظر گرفته شود.

برای ساخت این قبیل سازه‌ها هم‌چنین می‌توان از لوله‌های فلزی موج‌دار قیر اندود شده و یا آزبست استفاده نمود، هر گاه مقادیر شوری خاک و آب قابل ملاحظه نباشد و یا استفاده از لوله‌های سیمانی به‌دلیل عدم پایداری خاک (به علت سنگینی وزن لوله‌های بتونی) مشکل باشد از لوله‌های گفته شده می‌توان برای ساخت چاهک‌های آدم‌رو استفاده نمود.

۶-۱۳-۵ سازه‌های زهکشی کنترل شده

سازه‌های کنترل در خطوط زهکش برای نگهداری آب زیرزمینی در سطح مورد نظر مشابه با حوضچه‌های رسوب‌گیر می‌باشند، با این تفاوت که یک عدد سرریز لبه‌دار در محل مناسبی بر روی سازه نصب می‌گردد تا سطح آب را در عمق مشخص، حفظ و نگهداری نماید. از نظر اصولی، این نوع سازه‌ها همانند سدهای کنترل سطح آب در کانال‌ها یا نهرچه‌های باز زهکشی می‌باشند. اعمال عملیات زهکشی کنترل شده در

1. Riser

www.PnuNews.com

خاک‌های آلی بسیار با اهمیت است و از جمله عملیات مدیریتی خاک و اراضی محسوب می‌گردد، زیرا مسئله نشست کنترل شده خاک‌ها را موجب می‌گردد. شیرفلکه‌هایی نیز برای نصب بر روی خروجی لوله‌های زهکشی وجود دارد که با استفاده از آن‌ها می‌توان نسبت به عملیات زهکشی کنترل شده و هم‌چنین اجرای سیستم آبیاری زیرزمینی اقدام نمود.

۶-۱۳-۶ لوله‌های کمکی و تهویه‌ای زهکشی[1]

لوله‌های کمکی و تهویه‌ای نوعی بالا آورنده قائم با قطر کم می‌باشند که از محل نصب بر روی خط زهکش زیرزمینی تا سطح خاک امتداد دارند. این قبیل لوله‌ها بایستی از جنس فلزی و یا انواعی مواد سخت، بادوام و غیرقابل نفوذ باشند. محل استقرار مناسب آن‌ها در کنار خطوط حصار مزارع است، به‌طوری‌که در هر شرایطی از صدمه مصون بمانند. به‌طور معمول لوله‌های تهویه‌ای بر روی خطوط زهکش طویل نصب می‌گردند تا از ایجاد پدیده خلأ جلوگیری نمایند. بعضی نتایج حاصل از آزمون مدلی نشان داده است که هرگاه شیب طولی لوله‌های زهکشی زیرزمینی بیش از ۱ درصد باشد، در شرایطی که لوله‌ها با جریان پر زه‌آب‌ها را انتقال دهند، فشار منفی می‌تواند در درون لوله زهکشی ایجاد گردد، نصب شیرهای تخلیه هوا در زهکشی مرسوم نمی‌باشد زیرا از قبل مشخص نیست که در چه زمانی و در کدام محل فشار منفی (خلا) در اثر جریان به‌وقوع می‌پیوندد. بسیاری از مهندسین طراح در مورد تعبیه لوله‌های تهویه‌ای بر روی زهکش‌های زیرزمینی علاقه‌ای نشان نمی‌دهند.

لوله‌های کمکی برای تعدیل اثرات منفی فشار اضافی آب در لوله‌های زهکشی و به‌خصوصی در ایامی که جریان خروجی زیاد است به‌کار گرفته می‌شوند که بدین ترتیب از سرریز شدن جریان و یا فروپاشی لوله جلوگیری به عمل می‌آید. لوله کمکی را بایستی در محلی که مقطع تند یک لوله زهکشی اصلی به مقطع ملایمی تغییر می‌یابد، نصب نمود، مگر آن‌که ظرفیت مقطع غیر تند از ظرفیت مقطع تند به اندازه ۲۵٪ زیادتر باشد که در این صورت شاید تعبیه آن ضروری نباشد.

---

1. Relief pipes and Breathers

www.PnuNews.com

۶-۱۳-۷ چاه‌های آرتزین کمکی

در شرایطی که آبخوان‌های محصور موجب بروز مسائل زهکشی در منطقه‌ای می‌گردد. حفر تعدادی چاه تا درون آب‌خوان محصور می‌تواند باعث کاهش فشار پایین به بالای جریان و افت سطح ایستایی گردد. در بعضی شرایط این قبیل چاه‌های احداث شده به‌طور مستقیم به نوعی مجرای زهکشی (کانال، نهرچه یا آب‌راهه) متصل و ضمن تخلیه میزان دبی حاصله، جریان آب به‌صورت ثقلی و بدون نیاز به عملیات پمپاژ تخلیه و دفع می‌گردد. در این مورد نقشه‌های هم‌تراز سطح ایستایی و یا تراز سطح پیزومتریک قبل از طراحی سیستم زهکشی مورد نیاز خواهد بود.

۶-۱۴ خروجی‌های سیستم زهکشی زیرزمینی

۶-۱۴-۱ ویژگی‌های مطلوب خروجی‌ها برای زهکش‌های زیرزمینی

اهمیت ویژگی‌های مناسب خروجی‌ها برای عملیات زهکشی زیرزمینی اراضی در محدوده‌های مورد نظر بدان دلیل‌است که درصد قابل‌توجهی از عدم موفقیت سیستم‌های زهکشی مربوط به انتخاب خروجی نادرست برای سیستم‌های زهکشی مربوطه بوده است.

خروجی مطلوب سیستم زهکشی بایستی دارای ویژگی‌های زیر باشد:

الف) خروجی و جریان آزاد را با حداقل هزینه‌های نگهداری فراهم آورد.

ب) دبی تخلیه را بدون ایجاد فرسایش و یا صدمه به لوله‌های زهکشی، انتقال و دفع نماید.

ج) عاری از جانوران کوچک و به‌خصوص جوندگان زیان‌آور باشد.

د) بخش انتهای لوله‌های زهکشی را که به آن وارد می‌شوند، در مقابل صدمات ناشی از پایکوب شدن به‌وسیله چارپایان، هم‌چنین پدیده‌های جدی یخ‌زدگی و ذوب آن مصون باشد.

هـ) از ورود جریان‌های سیلابی حداقل به‌مدت چند ساعت ممانعت به‌عمل آورد.

۶-۱۴-۲ انواع خروجی‌های متداول و مرسوم برای زهکش‌های زیرزمینی

دو نوع خروجی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی متداول است که عبارتند از خروجی‌های

www.PnuNews.com

ثقلی و پمپاژ زه‌آب‌های حاصل از عملیات زهکشی اراضی محدوده مورد نظر.

خروجی غیرثقلی (پمپاژ) در شرایطی کاربرد دارد که سطح آب در محل خروجی (آبراهه‌های طبیعی و سایر مجاری انتقال آب) بالاتر از محل خروجی زهکش‌های زیرزمینی طی ایام قابل توجهی از دوره بهره‌برداری در طول سال باشد و یا این‌که به‌طورکلی رقوم ارتفاعی کف آبراهه یا مسیر مورد نظر مرتفع‌تر از خروجی زهکش‌های زیرزمینی باشد. خروجی‌های ثقلی که کاربرد متداول‌تری دارند مشتمل بر آبراهه‌های طبیعی یا ساخته شده و چاه‌های تخلیه زه‌آب‌ها، رودخانه‌ها و دریاهاست. نهرچه‌های خروجی بایستی ظرفیت لازم برای انتقال رواناب سطحی و آب‌های حاصل از زهکشی زیرزمینی را داشته باشد.

برای اتصال لوله‌های زهکشی زیرزمینی به کانال‌ها یا نهرچه‌های باز زهکشی، بخش انتهایی لوله‌های زهکشی باید به لوله‌های سخت یا لوله‌های فلزی موج‌دار تبدیل گردد. در محل خروجی لوله‌ها و تخلیه آن به کانال‌های باز زهکشی تعبیه نوعی شبکه فلزی (توری) و یا دریچه یک‌طرفه برای جلوگیری از ورود جانوران کوچک به‌خصوص جوندگان و عدم برگشت آب به درون لوله‌های زهکشی در اوقات پر آبی توصیه می‌شود هرگاه احتمال ورود جریان‌های طغیانی یا سیلابی به درون زهکش‌های زیرزمینی در مزرعه وجود داشته و یا موجب پس‌زدگی جریان‌های خروجی گردد، نصب دریچه خودکار جزر و مدی به‌جای دریچه یک‌طرفه بایستی مورد توجه قرار گیرد. کف لوله زهکشی خروجی که به کانال یا نهرچه باز تخلیه می‌گردد بایستی حداقل ۰/۳ متر از ارتفاع عادی سطح آب در محل خروجی بالاتر باشد. طول بخش ابتدایی (لوله سخت یا موج‌دار فلزی) نبایستی بیشتر از ۵ متر درنظر گرفته شود. قطر این لوله‌ها بایستی مشابه و یا بزرگتر از قطر لوله‌های زهکشی زیرزمینی باشد. در محل اتصال لوله فلزی به کانال زهکشی، ایجاد طوقه بتونی توصیه می‌گردد. در برخی موارد ممکن است ایجاد آبشار قائم یا سایر سازه‌های پایدارکننده خروجی‌ها نیز ضروری باشد.

خروجی‌های قائم زهکشی، چاه‌هایی هستند که در درون سازندهای متخلخل زیر سطح خاک و یا در تشکیلات صخره‌ای طبقات زیرین احداث می‌شوند. وجود طبقات

www.PnuNews.com

مناسب از جمله شرایط و حالت‌های استثنایی و نه متعارف است.[1]

۶-۱۵ لوله‌های زهکشی

لوله‌های زهکشی می‌تواند از انواع سیمانی، سفالی یا تنبوشه (رسی)، لوله‌های پلاستیکی موج‌دار (خرطومی) و یا سایر انواع مشابه و مشبک باشد. لوله‌های مشبک زیرزمینی به طور معمول برای کاربرد به‌عنوان زهکش‌های زیرزمینی که به‌طور مستقیم زه‌آب را از درون نیم‌رخ خاک دریافت می‌نمایند مورد استفاده قرار می‌گیرند. تنبوشه‌های رسی به‌طور معمول ۰/۳ متر طول داشته و قطر آن‌ها بین ۷۵۰ – ۷۵ میلی‌متر و ضخامت دیواره آن‌ها تقریباً ۱:۱۲ قطر آن‌ها می‌باشد تنبوشه‌های زیرزمینی ابتدا به‌صورت نر و ماده در کف ترانشه قرار داده می‌شود. سپس ترانشه به‌وسیله خاک پر می‌گردد. در اکثر حالت‌ها مواد پوششی نیز در اطراف لوله‌های زهکش یا تنبوشه‌های زیرزمینی قرار داده می‌شود. بعضی از انواع تنبوشه‌ها (سفالی یا سیمانی) نیز ممکن است همانند لوله‌های موج‌دار دارای سطح جانبی مشبک باشند. جریان آب به درون لوله‌های زهکش زیرزمینی معمولاً از طریق فاصله بین دو تنبوشه (محل اتصال) و یا از طریق جدار مشبک آن‌ها به‌انجام می‌رسد.

لوله‌های پلاستیکی موج‌دار یا خرطومی (CPT) در سال ۱۹۶۷ به صورت تجاری تولید و از سال۱۹۷۳ به‌طور بسیار قابل ملاحظه‌ای در امور زهکشی اراضی جایگزین لوله‌های سیمانی و سفالی به‌عنوان زهکش‌های فرعی با قطر کم گردید. در حال حاضر لوله‌های پلی‌اتیلن با دانسیته زیاد (HDPE) نیز به‌صورت گسترده‌ای به‌کار برده می‌شود. در کشورهای اروپایی لوله‌های پلاستیکی مورد مصرف به‌عنوان لوله‌های زهکشی زیرزمینی اراضی، به‌طور عمده از نوع پلی‌ونیل کلراید (PVC) می‌باشند.

خلاصه فصل ششم

زهکش زیرزمینی عبارت است از تخلیه آب اضافی زمین‌هایی که به‌طور طبیعی توانایی انجام کار را ندارند به‌صورت مصنوعی می‌باشد و این عمل باعث افزایش تولید

1. Drainage Manual, 1995, A water Resourses Technical publication, U.S, Dept of Interior, Bureau of Reclamation.

www.PnuNews.com

محصول و کاهش هزینه تولید می‌شود. آب اضافی در خاک باعث کمبود اکسیژن برای گیاه، عدم تهویه خوب خاک، عدم جابه‌جایی گازکربنیک در خاک و اثرات نامطلوب جذب آب و یون‌ها می‌شود که باعث خسارت به گیاه می‌گردد. با انجام زهکشی این معایب برطرف می‌گردد و باعث ایجاد شرایط مناسب تولید اقتصادی و اصلاح خاک‌های شور و سدیمی و شرایط مناسب و مطلوب‌تر کشاورزی گردد. یک سیستم زهکشی ممکن است شامل یک و یا همه انواع زهکش‌های زوباز مزرعه، زهکش‌های لوله‌ای و زهکش‌های لانه موشی باشد. زهکش روباز مزرعه ترانشه‌های کم‌عمق‌تری هستند که به‌موازات هم حفر می‌گردند و مانند زهکش زیرزمینی عمل می‌کنند و برای خاک‌های آلی یا خاک‌های رسی متورم شونده استفاده می‌شوند یا انهار زهشکی هستند که طبق استاندارد طراحی می‌گردند و زهکش‌های لانه موشی مجاری پوشش نشده زیرزمینی می‌باشند که به‌وسیله خیش‌های مخصوص احداث می‌شود و برای خاک‌های رسی و متراکم با نفوذپذیری کم مناسب است.

آرایش شبکه‌ای زهکشی زیرزمینی به‌طورکلی به‌صورت شبکه‌های طبیعی یا نامنظم که بیشتر در مزارعی که نیاز به زهکشی کل مزرعه نباشد، شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی که در اراضی که سطح مقعری داشته و آبراهه یا مجرای طبیعی باریکی از بخش میانی آن عبور می‌نماید، شبکه زهکشی زیرزمینی موازی که شبیه جناقی است با این فرق که زهکش‌های فرعی و لترال‌ها از یک سمت به زهکش اصلی وارد می‌شوند و شبکه زهکش‌های زیرزمینی حائل که در دامنه یا بخش پایین‌دست اراضی ماندابی نصب می‌گردند قابل اجرا می‌باشند.

وقتی زهکش‌ها طراحی شدند بر اساس نحوه خارج کردن آب اضافی به شبکه زهکش منفرد، شبکه زهکش مرکب و هر یک با شبکه لترال‌های معمولی و بلند تقسیم می‌شوند در شبکه زهکش منفرد آب به کانال روباز و در شبکه زهکش مرکب به جمع‌کننده لوله‌ای تخلیه می‌شود از مزایای شبکه زهکش منفرد اجرای ساده آن، ثابت بودن طول لوله زهکش، بازرسی راحت سیستم و تمیز کردن راحت لوله‌ها می‌باشد و از معایب شبکه زهکش منفرد ایجاد مانع در برابر عملیات کشاورزی احتیاج به اتصالات گران‌قیمت، بالا بودن هزینه نگهداری وافزایش تعداد محل خروجی می‌باشد در مقابل شبکه زهکش مرکب دارای مزایایی همچون محدودیت کم برای انجام عملیات کشاروزی، سهولت عملیات نگهداری، نصب آسان پمپ و داشتن تنها یک خروجی

www.PnuNews.com

می‌باشد و از معایب آن حفظ سطح تراز بین زهکش مزرعه و جمع کننده، مشکل بودن بررسی عملکرد زهکش‌ها، نیاز به سازه‌های خاص برای شستشو زهکش‌ها، نیاز به قطرهای مختلف لوله زهکشی و مشکل بودن بررسی عملکرد زهکش مزرعه می‌باشد. شبکه زهکش با لترال‌های بلند نوع دیگری از شبکه منفرد یا مرکب می‌باشد که طول لوله‌های زهکش مزرعه طویل است و تا ۱۰۰۰ متر می‌رسد و به انواع مختلف تقسیم می‌شود این سیستم‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند. لوله‌هایی که برای انجام زهکشی استفاده می‌شود بایستی در مقابل هوازدگی و عوامل تخریبی درون خاک، فشارهای استاتیکی، یخ‌زدگی مقاوم باشند واز نظر ظاهری ترک‌خوردگی و ناصافی جدار نداشته باشند واز لوله‌های بتونی، سفالی و پلاستیکی موج‌دار می‌توان برای این منظور استفاده نمود، اطراف لوله‌ها را معمولاً موادی به عنوان فیلتر می‌ریزند که انجام این کار مانع گرفتگی لوله‌ها، آسان وارد شدن آب درون زهکش‌ها و ایجاد بستر مناسب برای نصب لوله‌های زهکش می‌شود. از مواد آلی، مواد مصنوعی و مواد معدنی به‌عنوان فیلتر می‌توان استفاده نمود که در ایران شن و ماسه رودخانه‌ای مناسب‌تر تشخیص داده شده است. طول زهکش‌ها را بایستی تا حد ممکن طویل انتخاب نمود ولی عواملی مانند شیب اراضی، رقوم زهکش‌ها، ظرفیت ماشین‌آلات، قیمت لوله‌ها، مسائل و مشکلات نگهداری و ظرفیت جریان لوله‌ها بر انتخاب طول زهکش‌ها، عمق مطلوب سطح ایستابی، حدود شوری قابل تحمل برای گیاه، عمق لایه غیرقابل‌نفوذ و تراز ارتفاعی در محل تخلیه آب زیرزمینی است انتخاب عمق‌هایی بین ۰/۹ تا ۲/۵ متر برای نصب لوله‌های زهکش مطلوب است شیب زهکش‌ها بایستی در محدوده‌ای انتخاب شود که مواد در مسیر رسوب نکنند و از طرفی باعث تخریب بستر زهکش‌ها نگردد، از سرعت جریان آب در زهکش‌ها کمک می‌گیرند و قطر لوله زهکش بر اساس دبی طرح تعیین می‌گردد.

برای نصب لوله‌های زهکشی از ماشین‌های ترانشه‌بردار و ماشین‌های بدون ایجاد ترانشه استفاده می‌شود. سازه‌های جانبی از جمله ورودی‌های سطحی، حوضچه‌های رسوب‌گیر، ورودی‌های کور یا پنهان را می‌توان در سیستم زهکشی به‌کار برد. خروجی سیستم زهکش بایستی با حداقل هزینه نگهداری ایجاد شود و دبی تخلیه را بدون ایجاد فرسایس یا صدمه به لوله زهکش عبور دهد در مقابل صدمات نیز مقاوم باشند دو نوع خروجی ثقلی و غیر ثقلی از طریق پمپاژ زه‌آب‌های حاصله می‌توان استفاده نمود.

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

فصل هفتم

محاسبهٔ فاصلهٔ زهکش‌ها

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی با تئوری‌های زهکشی برای تخمین فاصله زهکش‌ها می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

۱. عوامل مؤثر بر تعیین فاصله زهکش‌ها را نام ببرد.
۲. فاصله زهکش‌ها را برای شرایط ماندگار با فرمول‌های مربوطه حساب کند.
۳. فاصله زهکش‌ها را برای شرایط غیرماندگار با فرمول‌های مربوطه حساب کند.

۷-۱ مقدمه

تقریباً تمام مناطق تحت آبیاری سرانجام نیاز به احداث زهکشی‌هایی با فواصل معین دارند. تعیین فاصله درست این زهکش‌ها بسیار مهم بوده اما در مناطقی که تجربه مزرعه‌ای ناکافی یا موجود نمی‌باشد این عمل مواجه با مشکل می‌شود. تعیین فواصل زهکش‌ها بستگی به بررسی کامل عواملی مانند عمق زهکشی، عمق لایه کم نفوذپذیر یا محدودکننده، هدایت هیدرولیکی، تخلخل موثر خاک، عمق مورد نیاز تهویه خاک برای رشد گیاه، تأثیر آبیاری در نفوذ عمقی، مقدار نفوذ عمقی آب شرایط آب و هوایی

www.PnuNews.com

و کیفیت آب آبیاری دارد.

باید سعی شود تا اطلاعاتی از شبکه‌های اجرا شده زهکشی در مجاورت منطقه مورد مطالعه یا در مناطقی مشابه از نقطه نظر خاک، توپوگرافی، آب و هوا و سایر شرایط مربوطه امکان مقایسه را می‌دهد، به‌دست آورد. چنین اطلاعاتی ممکن است نیازمندی‌های زهکشی را که با تجزیه و تحلیل ریاضی تعیین شود. تایید نماید. چنان‌چه اختلاف فاحشی در فاصله مورد نیاز زهکشی بین مشاهدات صحرایی و راه حل ریاضی وجود داشته باشد بایستی آمار و اطلاعات صحرایی برای تعیین این‌که آیا عملیات آبیاری، نیازمندی‌های رطوبتی و شرایط سطح ایستابی برای رشد بهینه گیاه رضایت‌بخش است، کنترل شود.

اکثر روش‌هایی که برای تخمین فواصل زهکشی به‌کار می‌رود تجربی بوده و به منظور برآورد ساختن خصوصیات ویژه منطقه معینی به‌دست آمده است. بعضی روش‌ها براساس شرایط جریان پایدار که در آن بار آبی نسبت به زمان ثابت است و روش‌های دیگر با شرایط جریان غیرپایدار که در آن بار آبی با زمان متغیر است، در نظر گرفته شده است. طبیعت بسیاری از بارندگی‌ها و عملیات آبیاری دلالت بر آن دارد که تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی از رژیم جریان ناپایدار یا غیر همگام پیروی می‌کند.

۷-۲ فرمول‌های زهکشی برای شرایط ماندگار

در فرمول‌های زهکشی برای شرایط ماندگار فرض بر این است که میزان تغذیه سفره آب زیرزمینی برابر با میزان زهکشی از آن بوده و سطح ایستابی ثابت باقی می‌ماند. در بین این فرمول‌ها فرمول‌های هوخهات[1]، دونان[2]، ارنست[3] و کرکهام[4] کاربرد بیشتری داشته است. فرمول هوخهات جریان آب به سمت زهکش‌ها را به‌صورت دو بعدی و مرکب از دو بخش جریان افقی و جریان شعاعی، و فرمول دونان جریان را به صورت یک بعدی « جریان افقی» در نظر گرفته است. معادله ارنست در خاک‌های دو لایه کاربرد دارد و مخصوصاً برای خاک‌های دو لایه‌ای که لایه بالایی دارای هدایت

1. Hooghoudt
2. Donnan
3. Ernst
4. Kirkham

www.PnuNews.com

هیدرولیکی کمتری نسبت به لایه پایین است، مناسب می‌باشد. کرکهام یک راه‌حل تحلیلی برای جریان دو بعدی در خاک‌های مطبق ارائه کرده است. معادلات هوخهات و کرکهام تقریباً نتایج یکسانی به‌دست می‌دهد.

۷-۲-۱ معادله هوخهات

یکی از روش‌های متداول محاسبه فاصله زهکش‌ها روش هوخهات می‌باشد که جریان ماندگار[1] فرض می‌شود. در روش هوخهات کاهش سطح آب زیرزمینی متعادل با شدت آبیاری یا بارندگی درنظر گرفته می‌شود.

به‌طورکلی فرضیات هوخهات عبارتند از:

۱. خاک همگن است با هدایت آبی مشخص

۲. زهکش‌ها با فاصله مشخص S و یا L از یکدیگر قرار دارند.

۳. شیب هیدرولیکی در هر نقطه برابر است با شیب سطح آب زیرزمینی در بالای آن نقطه

۴. قانون دارسی در مورد حرکت آب در خاک صادق است.

۵. لایه غیرقابل نفوذ به فاصله d از زهکش‌ها واقع شده است.

۶. شدت تخلیه از سفره آب زیرزمینی برابر است با q.

۷. مرکز مختصات در زیر مرکز یکی از زهکش‌ها و بر روی لایه غیر قابل نفوذ واقع شده است.

هوخهات فرمول زیر را برای محاسبه فاصله زهکش‌ها به‌کار برد که در مورد زهکش‌های روباز یا زیرزمینی (شکل ۷-۱) کاربرد دارد. جهت اهداف عملی معمولاً زهکش خالی فرض می‌شود. که در این صورت می‌توان نوشت:

فرمول هوخهات $$L^2 = \frac{4k_1.h^2 + 8k_2.d.h}{q} \qquad (۱-۷)$$

که در آن:

L= فاصله بین زهکش‌ها (متر)

1. Equilibrium water table

www.PnuNews.com

q= شدت تخلیه یا زهکشی از واحد سطح (متر در روز)

k_1 = هدایت هیدرولیکی لایه بالای عمق نصب زهکش (متر در روز)

k_2 = هدایت هیدرولیکی لایه زیر عمق نصب زهکش (متر در روز)

D= فاصله لایه غیر قابل نفوذ تا زیر عمق نصب زهکش‌ها (متر)

H = ارتفاع سطح ایستابی (در وسط دو زهکشی) از لایه غیر قابل نفوذ (متر)

h= بار هیدرولیکی (متر)

H–D = ارتفاع سطح ایستابی در بخش فوقانی محل استقرار زهکش‌ها (متر)

d= عمق معادل کمتر از D بوده و برای منظور کردن مقاومت سفره در برابر جریان شعاعی در محاسبات وارد می‌شود. d تابعی از D و L و شعاع لوله زهکش بوده و از جداول، نمودار و یا از فرمول مخصوصی که برای محاسبه ارائه شده به دست می‌آید.

برای شرایطی که $D < \frac{1}{4}L$ باشد:

$$d = \frac{D}{\frac{8D}{\pi L}\ln\frac{D}{u} + 1} \qquad (۲-۷)$$

برای شرایطی که $D > \frac{1}{4}L$ باشد:

$$d = \frac{\pi L}{8\ln\frac{L}{u}} \qquad (۳-۷)$$

مثال

فاصله لوله‌های زهکش را با استفاده از اطلاعات زیر حساب کنید. هدایت هیدرولیکی لایه اول ۲ متر در روز، هدایت هیدرولیکی لایه دوم ۱ متر در روز، فاصله از مرکز زهکش تا سطح زمین ۱ متر، فاصله از مرکز زهکش تا لایه غیرقابل نفوذ ۳ متر، فاصله سطح ایستابی مورد نظر تا سطح زمین ۰٫۶ متر، شدت زهکشی ۷ میلی‌متر در روز، محیط خیس شده زهکش ۰٫۳ متر و زهکش‌ها حد واسط دو لایه قرار دارند.

www.PnuNews.com

حل مسأله به طریق آزمون و خطا

ابتدا برای L مقدار ۴۰ متر را فرض می‌کنیم بنابراین $L = ۴۰m$ و با توجه بـه داده‌هـای مسأله $u = ۰٫۳m, D = ۳m$ داریم

$$D = ۳ \frac{۱}{۴} L = \frac{۱}{۴} \times ۴۰ = ۴$$

بنابراین $D < \frac{۱}{۴} L$ می‌باشد از فرمول ۷-۲ مقدار d عمق معادله را به‌دست می‌آوریم

$$d = \frac{۳}{\frac{۸ \times ۳}{۳٫۱۴ \times ۴۰} Ln \frac{۳}{۰٫۳} + ۱}$$

$$d = ۲m$$

حال مقادیر را در فرمول ۷-۱ قرار می‌دهیم

$$L^۲ = \frac{۴k_۱.h^۲ + ۸k_۲.d.h}{q}$$

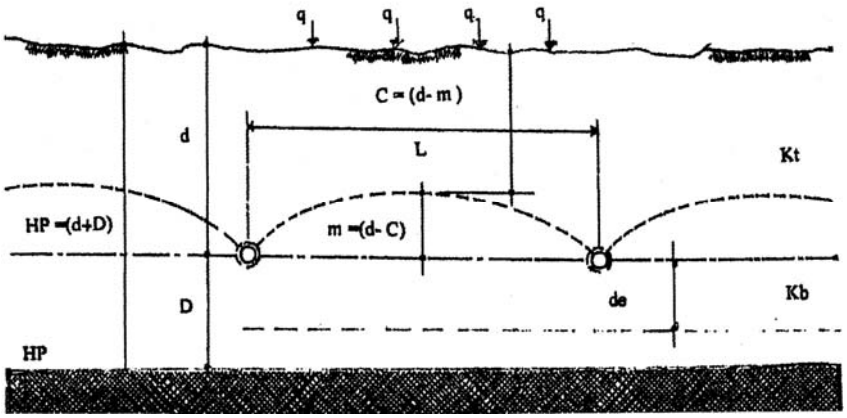
$$L^۲ = \frac{۴ \times ۲ \times ۰٫۴^۲ + ۸ \times ۱ \times ۲ \times ۰٫۴}{۰٫۰۰۷}$$

$$L^۲ = ۱۰۹۷$$

$$L = ۳۳$$

دوباره $L = ۳۳$ فرض می‌شود و از ابتدا مسـأله حـل مـی‌شـود در ایـن حالـت مقـادیر محاسبه شده و فرض شده L با یکـدیگر تقریبـاً مسـاوری مـی‌شـوند بنـابراین فاصـله زهکش‌ها ۳۳ متر خواهد بود.

www.PnuNews.com



شکل ۷-۱. علائم و نشانه‌های به‌کار رفته در اشتقاق معادله «هوخهات» و حالت تعدیل شده آن

۷-۲-۲ معادله دونان[1]

یکی از فرمول‌های محاسبه فاصله زهکش‌ها به روش ماندگار که در مزارع تحت آبیاری آمریکا کاربرد زیاد دارد معادله دونان به‌شرح زیر می‌باشد:

$$L^2 = \frac{4k\left(b^2 - a^2\right)}{Q_d} \qquad \text{فرمول دونان} \qquad (۴-۷)$$

که در آن:

L= فاصله زهکش‌ها

K= هدایت هیدرولیکی خاک

b= حداکثر فاصله مجاز بین سطح آب زیرزمین تا لایه غیرقابل نفوذ

a= فاصله زهکش تا لایه غیرقابل نفوذ

Q_d= شدت تغذیه

از طریق تجربه، مهندسین به این نتیجه رسیده‌اند که از تقسیم فرونشت عمقی بر دور آبیاری در مرحله حداکثر نیاز آبیاری تخمین خوبی برای Q_d به‌دست می‌آید. این

1. Donnan

www.PnuNews.com

تخمین برای Q_d در حالتی است که زهکش‌ها بالای لایه غیرقابل نفوذ واقع شده باشند. در حالتی که زهکش‌ها روی لایه غیرقابل نفوذ قرار گیرند رقم Q_d به‌دست آمده در حالت اول بر ۲ تقسیم می‌گردد.

مثال ۱

زهکش‌ها بالای لایه غیرقابل نفوذ قرار دارند. فرونشت عمقی برابر ۰٫۰۸۳ فوت است. فاصله آبیاری در زمان حداکثر نیاز آبی گیاه ۱۴ روز است. فاصله از لایه غیرقابل نفوذ تا زهکش برابر ۲۲ فوت است عمق زهکش ۸ فوت، عمق محدوده فعالیت ریشه ۴ فوت و میانگین وزنی هدایت آبی خاک از لایه غیرقابل‌نفوذ تا حداکثر ارتفاع سطح آب زیرزمینی ۱۰ فوت در روز می‌باشد. فاصله زهکش‌ها را حساب کنید.

حداکثر ارتفاع ایستابی $y_0 = ۸ - ۴ = ۴\,ft$

$a = ۲۲\ ft$

$b = a + y_0$

$b = ۲۲ + ۴ = ۲۶$

$$Q_d = \frac{۰٫۰۸۳}{۱۴} = ۰٫۰۰۵۹\ ft/day$$

$$L^۲ = \frac{۴K(b^۲ - a^۲)}{Q_d}$$

$$L^۲ = \frac{۴\times ۱۰(۲۶^۲ - ۲۲^۲)}{۰٫۰۰۵۹}$$

$$L = ۱۱۴۰\ ft$$

مثال ۲

با استفاده از داده‌های مثال فوق فاصله زهکش‌ها را برای حالتی که زهکش‌ها بر روی لایه غیرقابل نفوذ واقع شده‌اند حساب کنید.

در این حالت Q_d نصف مقدار قبل می‌شود بنابراین:

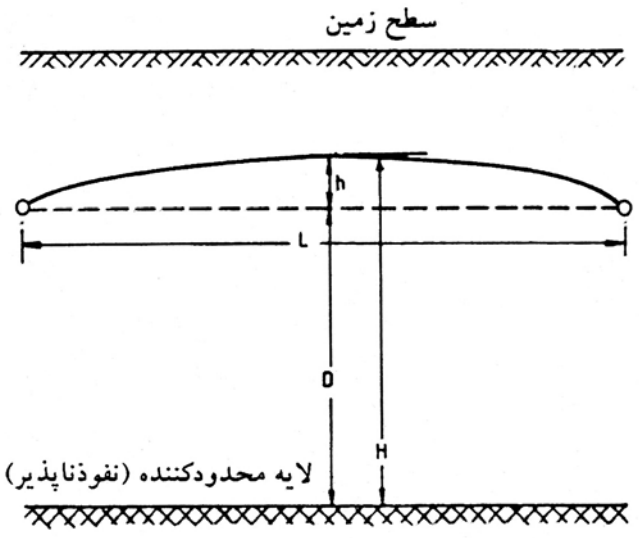
www.PnuNews.com

$$Q_d = \frac{۰٫۰۰۵۹}{۲} == ۰٫۰۰۲۹۵$$

$$L^۲ = \frac{۴\times۱۰\times(۲۶^۲ - ۲۲^۲)}{۰٫۰۰۲۹۵}$$

$$L = ۱۶۱۳ \text{ ft}$$

در سال ۱۹۷۱ توکسوز[1] و کرکهام راه حل تحلیلی خود در مورد جریان آب زیرزمینی به سمت زهکش‌ها در خاک‌های مطبق را ارائه دادند. استفاده از این راه حل که برای لایه‌های متعدد در نیم‌رخ خاک قابلیت کاربرد دارد با پیچیدگی همراه است، لیکن اگر امکانات کامپیوتری به‌کار گرفته شود می‌توان به‌آسانی از آن استفاده کرد. در سال ۱۹۸۰ گویون[2] () یک راه‌حل تحلیلی برای خاک‌هایی که هدایت هیدرولیکی آن‌ها نسبت به عمق به‌طور پیوسته تغییر می‌نماید، ارائه داد. در این خاک‌ها تخلخل قابل زهکشی و هدایت هیدرولیکی معادل می‌تواند با استفاده از روش آزمایش پمپاژ گویون اندازه‌گیری و تعیین شود.



شکل ۷-۲. نمایش جریان در سیستم زهکشی زیرزمینی

1. Toksoz
2. Goyon

www.PnuNews.com

۷-۳ فرمول‌های زهکشی برای شرایط غیرماندگار

در شرایط تغذیه غیرماندگار، سطح ایستابی نسبت به زمان نوسان می‌نماید. در مناطقی که دارای آبیاری‌های دوره‌ای یا بارندگی‌های سنگین است سطح ایستابی دارای نوسان خواهد بود و ازاین‌رو شرایط جریان زهکشی نیز در آن‌ها غیرماندگار و متغیر می‌باشد.

۷-۳-۱ معادله گلور ـ دام

در شرایطی که سطح ایستابی نسبت به زمان متغیر درنظر گرفته می‌شود می‌توان از معادله گلور ـ دام برای محاسبه فاصله زهکش‌ها استفاده نمود. بر اساس این معادله ارتفاع سطح ایستابی در نقطه وسط بین دو زهکش (h_t) در زمان t نسبت به ارتفاع سطح ایستابی (t_0) در زمان قبل از شروع زهکشی به‌صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\frac{h_t}{h_\circ} = ۱٫۱۶e^{-\alpha t} \qquad (۵-۷)$$

$$\alpha = \frac{۱۰Kd}{\mu L^۲} \qquad (۶-۷)$$

که در آن:

t= زمان بر حسب روز

$h_\circ$ = بار اولیه سطح ایستابی در زمان قبل از شروع زهکشی برحسب متر

h_t = بار سطح ایستابی در زمان t بر حسب متر

α= ضریب عکس‌العمل برحسب روز به توان منفی یک

μ= تخلخل قابل زهکشی برحسب مترمکعب در مترمکعب

L= فاصله بین زهکش‌ها برحسب متر

d= عمق معادل تا لایه غیرقابل‌نفوذ برحسب متر

K= هدایت هیدرولیکی خاک برحسب متر در روز

از ترکیب معادلات (۷-۵) و (۷-۶) معادله زیر به‌دست می‌آید:

$$L^۲ = \frac{۱۰Kdt}{\mu}[Ln۱٫۱۶\frac{h_\circ}{h_t}]^{-۱} \qquad (۷-۷)$$

www.PnuNews.com

در این فرمول فرض شده است که شکل سطح ایستابی در زمان افت از چندجمله‌ای درجه ۴ پیروی می‌کند. برای آنکه فرمول گلور ـ دام در زهکش‌های لوله‌ای نیز صادق باشد، مقاومت در برابر جریان‌های شعاعی نیز از طریق جایگزین کردن D به‌وسیله d (عمق معادله هوخهات) ملحوظ شده است.

مثال

در یک مزرعه سطح ایستابی قبل از شروع زهکشی هم سطح زمین است و عمق مطلوب سطح ایستابی بعد از ۴ روز از شروع زهکشی ۰٫۸ متر می‌باشد. در صورتی که هدایت هیدرولیکی خاک ۲ متر در روز، فاصله از مرکز زهکش تا سطح زمین ۱٫۲ متر، فاصله از مرکز زهکشی تا لایه غیرقابل‌نفوذ ۴ متر، محیط خیس شده لوله زهکش ۰٫۲ متر و تخلخل قابل زهکشی ۰٫۰۵ باشد فاصله زهکش‌ها را حساب کنید.

الف) راه حل مستقیم

$$h_{\circ} = ۱٫۲ - ۰ = ۱٫۲ \text{ m}$$

$$h_{۴} = ۱٫۲ - ۰٫۸ = ۰٫۴ \text{ m}$$

$$\frac{h_t}{h_{\circ}} = ۱٫۱۶e^{-\alpha t}$$

$$\frac{۰٫۴}{۱٫۲} = ۱٫۱۶e^{-۴\alpha}$$

$$\alpha = ۰٫۳۱$$

$$\alpha = \frac{۱۰Kd}{\mu L^{۲}}$$

$$L^{۲} = \frac{۱۰ \times ۲ \times d}{۰٫۰۵ \times ۰٫۳۱} = ۱۲۹۰d$$

از آنجایی که L تابعی از d است برای حل معادله فوق از روش آزمون و خطا استفاده می‌شود.

آزمون اول:

با فرض L برابر ۳۰ متر عمق معادل هوخهات برابر ۲٫۲ متر به‌دست می‌آید که در این

www.PnuNews.com

صورت

$$L = \sqrt{۱۲۹۰ \times ۲٫۲} = ۵۳٫۳$$

آزمون دوم

با فرض L برابر با ۶۰ متر عمق معادل برابر ۲٫۸ به‌دست می‌آید که در این صورت

$$L = \sqrt{۱۲۹۰ \times ۲٫۸} = ۶۰٫۵$$

دو عدد به هم نزدیک هستند بنابراین $L = ۶۰$ متر درنظر گرفته می‌شود.

راه‌حل‌های جریان غیرماندگار توسط گلور–دام[1]، کراینهوف[2] وان – د – لور[3]، ماسلند[4]، گویون[5]، عامر[6] و وان شیلفگارد[7] ارائه شده است. معادله گلور – دام تغذیه لحظه‌ای را درنظر می‌گیرد در حالی‌که روش‌های کراینهوت، وان–د–لور، ماسلند برای جریان‌های متغیر روزانه قابل استفاده است. بدین ترتیب این روش‌ها به ویژه برای شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی ناشی از تغذیه توسط بارندگی یا آبیاری مناسب می‌باشد. در همه فرمول‌های مذکور از جریان در بالای زهکش‌ها چشم‌پوشی شده و سطح ایستابی اولیه را افقی یا به‌صورت سهمی درجه چهارم فرض می‌نماید. این معادلات هم‌چنین مقاومت شعاعی جریان ورودی به زهکش‌ها در لایه‌های بین عمق نصب زهکش تا لایه غیر قابل نفوذ (تقارب خطوط جریان) را به‌حساب نمی‌آورد. تأثیر تقارب خطوط جریان می‌تواند از طریق جایگزینی عمق واقعی لایه غیر قابل نفوذ با عمق معادل جریان ماندگار (d) در نظر گرفته شود.

در کتاب راهنمای عملی زهکشی، USBR (۱۹۷۸)، براساس معادله گلور – دام روشی برای تعیین فواصل زهکش‌ها در اراضی تحت آبیاری، ارائه شده است.

هم‌چنین براساس معادله گلور–دام، ژانگ ویزن[8] فرمولی در شرایط غیرماندگار برای یک شبکه منظم متعامد همانند شبکه‌ای مشتمل بر زهکش‌های مزرعه و زهکش

---

1. Glover–Dumm 1954
2. Kraijenhoff
3. Van de Leur
4. Massland 1959
5. 1964
6. Amer 1965
7. Van Schilfgaarde
8. zhang weizhen 1955–1983

www.PnuNews.com

جمع‌کننده ارائه داده است.

گویون و وان شیلفگارد با فرض این‌که شکل سطح ایستابی افتان در دوره بحرانی ثابت باقی بماند. (به‌صورت بیضوی یا هر شکل دیگر) و در شرایطی که زهکش‌ها روی لایه محدود کننده قرار گیرد، فرمولی به صورت زیر ارائه نمودند:

$$t = \frac{s.c.l^{۲}}{k.۴}\left(\frac{۱}{h_t} - \frac{۱}{h_۰}\right) \qquad (۸-۷)$$

که در آن، c ضریب شکل بوده و چنان‌چه سطح ایستابی بیضوی باشد، برابر با $\frac{۸}{۹}$ است. فرمول مشابهی نیز برای شرایطی که زهکش‌ها بالای لایه محدودکننده قرار می‌گیرد ارائه شده که در آن تأثیر تقارب خطوط جریان با استفاده از عمق معادل d از فرمول هوخهات یا گویون منظور می‌گردد.

فرمول‌های متعددی برای تعیین عمق معادل ارائه شده است لوول[1] و یانگر[2] و له‌سافر[3] این فرمول‌ها را بازبینی نموده مورد بحث قرار داده‌اند. در لوله‌های نیم‌پر و آب‌خوان‌های عمیق($\frac{d}{L} > ۰/۲۵$) عمق معادل d برابرست با (هوخهات ۱۹۴۰، کرکهام ۱۹۵۸):

$$d = \frac{\pi}{۸}.\frac{۱}{Ln(\frac{۱}{\pi.r})} \qquad (۹-۷)$$

عامر ولوتین[4]، پس از ادغام روابط پیوستگی و جریان و انتگرال‌گیری نسبت به t، رابطه زیر را ارائه داده‌اند:

$$L = \frac{\pi.k.t}{s.Ln(\frac{h_۰}{h_t}).Ln(\frac{L}{\pi.r})} \qquad (۱۰-۷)$$

لوول ویانگز (۱۹۸۴) راه حل عمومی برای شرایط ماندگار را به‌شرح زیر ارائه کرده‌اند.

---

1. Lovell
2. Youngs1984
3. Lesaffre 1988
4. lutnin 1965

www.PnuNews.com

$$q = k.(\frac{۲h}{L})^{\delta} \qquad (۱۱-۷)$$

که در آن درصورتی‌که $\frac{d}{L}$ <۰/۱۸ باشد، δ=۱/۳۶ و در صورتی‌که $\frac{d}{L}$ >۰/۱۸ باشد:

$$\delta = ۲.(\frac{۲d}{L})^{\frac{۲d}{L}} \qquad (۱۲-۷)$$

خلاصه فصل هفتم

برای تعیین فاصله زهکش‌ها بایستی عواملی مانند عمق زهکشی، عمق لایه کم‌نفوذپذیر هدایت هیدرولیکی، تخلخل مؤثر خاک، عمق مورد نیاز تهویه خاک، تأثیر آبیاری‌ها در نفوذ عمقی، مقدار نفوذ آب و کیفیت آب آبیاری را درنظر گرفت. اگر شرایط را ماندگار در نظر بگیریم می‌توانیم با فرمول‌های هوخهات، دونان، ارنست و کرکهام فاصله زهکش‌ها را تعیین نمود و در شرایط غیرماندگار به‌وسیله فرمول‌های گلور ــ دام، کراینهوف، فان ـ دی ـ لور، ماسلند، گویون، عامر و فان شیلفگارد می‌توان فواصل زهکش‌ها را تعیین نمود.

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

فصل هشتم

تعیین دبی طرح

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با روش تعیین دبی طرح می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

۱. ضریب زهکش را در مناطق مرطوب محاسبه کند.
۲. ضریب زهکشی را تعریف کند و مقدار آن را برای اراضی تحت آبیاری محاسبه کند.
۳. ظرفیت طراحی کانال‌های زهکشی را بداند.
۴. روش‌های محاسبه حداکثر میزان رواناب را برای اراضی شیب‌دار بداند.
۵. دبی طرح را برای اراضی مسطح محاسبه کند.

۸-۱ ظرفیت طراحی زهکشی‌های زیرزمینی

دبی طراحی برای لوله‌های زهکشی زیرزمینی بیشتر مرتبط با تعیین اندازه قطر آن‌ها است. ظرفیت‌های طراحی برای مناطق مرطوب و شرایط اراضی تحت آبیاری، از نظر اصولی مبتنی بر معیارهای کاملاً متفاوتی می‌باشد. در هر کدام از این حالت‌ها ضریب زهکشی[1] واژه ساده‌ای برای بیان میزان جریان محسوب می‌گردد ضریب زهکشی عبارت است از میزان آبی که بایستی در مدت ۲۴ ساعت از طریق زهکش‌ها تخلیه

1. Drainage coefficient

www.PnuNews.com

گردد. در مناطق مرطوب ضریب زهکش معمولاً بین ۳ تا ۲۵ میلی‌متر در روز متغیر می‌باشد. مقدار آن بستگی به میزان آبشویی مورد نیاز، شدت بارندگی و میزان رواناب سطحی دارد که بایستی توسط زهکش‌ها تخلیه گردد. ضریب زهکشی به دبی مخصوص یا دبی واحد یا دبی به ازای هر واحد سطح نیز معروف است. در این صورت واحد ضریب زهکشی به‌صورت حجم بر واحد زمان بر واحد سطح مثلاً لیتر در ثانیه در هکتار بیان می‌گردد.

شرایط مناطق مرطوب

به‌طور معمول محدوده مورد زهکشی هر یک از لترال‌ها از حاصل‌ضرب طول و فاصله بین دو خط زهکشی محاسبه می‌شود در شرایطی که آب‌های سطحی از طریق ورودی‌های سطحی نیز به شبکه زیرزمینی وارد شود، مجموع زهاب زیرزمینی و سطحی خواهد بود.

در مناطق مرطوب، ضریب زهکشی به صورت معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای با مقدار و شدت بارندگی بستگی دارد از این رو برآورد ضریب زهکشی دشوار است.

انتخاب ضریب زهکشی، بیش از همه مبتنی بر تجربیات محلی و قضاوت کارشناس است. به هر حال ضریب زهکشی باید به نحوی انتخاب گردد که بتوان آب اضافی را با سرعت کافی از محدوده مورد نظر تخلیه و دفع نموده به طوری که از این نظر خسارت جدی متوجه گیاهان نگردد. هرگاه لایه‌های زیرین از نوع شن و ماسه و سایر مواد متخلخل باشد ضریب زهکشی را باید تعدیل نمود. هرگاه مشخص باشد که سطح ایستابی باید روزانه چقدر کاهش یابد می‌توان ضریب زهکشی را از مقدار تخلخل مؤثر یا قابل زهکشی خاک محاسبه نمود.

شرایط اراضی تحت آبیاری

در این قبیل اراضی حجم آب تخلیه شده به وسیله زهکشی می‌تواند بین ۱۰-۵۰ درصد آب کاربردی در امر آبیاری باشد. در شرایطی که تمامی قطعات به طور هم زمان آبیاری شود، ضریب زهکشی به مساحت اراضی وابسته است. از آن‌جا که به طور معمول کلیه اراضی محدوده هم‌زمان آبیاری نمی‌شوند، میزان ضریب زهکشی باید متناظر با مساحتی

www.PnuNews.com

که به‌طور هم‌زمان مورد آبیاری قرار می‌گیرد، تعدیل گردد. در این شرایط، در هنگام برآورد ضریب زهکشی، مقادیر نشت از بالا دست نیز بایستی مورد ملاحظه قرار گیرد. ضریب زهکشی بر مبنای نشت آب از کانال‌ها (آبیاری یا آب‌رسانی در سطح قطعه زراعی) از طریق معادله (۸-۱) قابل برآورد می‌باشد.

$$q = \frac{I(p+s)}{۱۰۰T} \qquad (۱-۸)$$

که در آن:

q= ضریب زهکش (میلی‌متر در روز)

p= نفوذ عمقی حاصل از عملیات آبیاری و یا آبشویی املاح محلول (LR)

s= نشت آب از کانال‌های مزرعه‌ای (درصد)

I= عمق آب کاربردی در آبیاری (میلی‌متر)

T= فاصله بین دو دور آبیاری (روز)

سازمان حفاظت خاک ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۷۳ ضمن بررسی‌های انجام شده در ایالات غربی آن کشور، میزان دبی تخلیه لوله‌های زهکشی زیرزمینی را بسیار متغیر به دست آورده است. بنابراین انجام بررسی‌های محلی برای امور طراحی زهکش‌های زیرزمینی بسیار توصیه شده است. به عنوان مثال برای ناحیه‌ای در ایالت کالیفرنیا رابطه زیر ارائه گردیده است:

$$q = ۱/۵۶\, A^{۰/۷۵} \qquad (۲-۸)$$

q = حداکثر شدت جریان (لیتر در ثانیه)

A = محدوده مورد زهکشی (هکتار)

۸-۲ ظرفیت طراحی کانال‌های زهکشی

فقط باید کانال زهکش سطحی برای جریان سیلابی طراحی شود نه برای تلفات آب آبیاری. زیرا معمولاً مقدار جریان سیلابی بسیار زیادتر از تلفات آبیاری بوده به‌طوری‌که تلفات مذکور در مقابل جریان سیلابی قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد. به‌طورکلی باید

www.PnuNews.com

جریان‌های سیلابی را برای سیل‌های با دورهٔ برگشت ۵ ساله برآورد نمود مگر این که اطلاعات موجود دلالت بر استفاده از جریان‌های دیگری را نماید.

حداقل ظرفیت زهکش‌های سطحی ۸۵ تا ۱۴۰ لیتر در ثانیه می‌باشد. در برآوردهای ظرفیت زهکش سطحی جمع شدن سیلاب‌ها در مزرعه مدنظر قرار می‌گیرد. اما نباید اجازه داد که در اراضی بیش از ۴۸ ساعت آب در سطح مزرعه جمع شود. غرقاب شدن بیش از ۴۸ ساعت اراضی زراعی موجب کاهش میزان محصولات شده و بسیاری از محصولات کاملاً از بین می‌روند.

ظرفیت زهکش حائل روباز و زهکش‌های گشایشی که منظور اولیه آن کنترل سطح ایستابی می‌باشد، باید برای انتقال آب زیرزمینی پیوسته تخمینی به اضافه تخمین تلفات آبی ناشی از آبیاری مزرعه کفایت نماید با توجه به اینکه ارتفاع سطح آب زهکش برابر یا بیشتر از عمق زهکشی مؤثر مورد نیاز باشد سیلاب‌های مزارع که از میان دهانه‌ها و مجاری منظم زهکش‌ها وارد آن‌ها می‌شود در طراحی مورد توجه قرار نخواهد گرفت مگر اینکه در مقاومت زهکش مسأله‌ای ایجاد کند چونکه معمولاً نه مقدار و نه مدت جریان اثر معکوس بر راندمان زهکش نخواهد داشت

باید ظرفیت‌های زهکش‌های جمع‌کننده روباز برای انتقال افزایش‌ها و تجمع‌های طبیعی جریان آب زیرزمینی، ضایعات سطحی آبیاری، جریان تخمنی سیلاب و مقادیر جریان آبی که به‌وسیله زهکش‌های گشایشی و حائل تحویل زهکش‌های جمع‌کننده می‌گردد، کافی باشد لازم است که ظرفیت زهکش‌های روباز اصلی و درجه یک کافی برای انتقال جریان‌های آب زهکش‌های جمع‌کننده باشد

در بعضی اوقات هرز آب‌های کانال‌های تخلیه به جای اینکه جداگانه به نقطه مصرف انتقال یابد به داخل زهکش‌ها برگردانده می‌شود که در این مورد بایستی طراحی کانال زهکش با در نظر گرفتن هرز آب پیش‌بینی شده صورت گیرد

۸-۳ رابطه تخمینی بارندگی ـ دبی در اراضی شیب‌دار

یکی از مسائل بسیار مهمی که در زمین‌های شیب‌دار اتفاق می‌افتد این است که بلافاصله پس از باران، به‌خصوص اگر بارندگی کوتاه‌مدت و شدید باشد، جریان‌های بسیار تندی در سطح زمین به وقوع می‌پیوندند که اگر برای آن چاره‌اندیشی نشود

www.PnuNews.com

خطرناک خواهد بود. بنابراین در اراضی شیب‌دار، سیستم‌های زهکشی سطحی بایستی مقدار روان‌آب حداکثر را با احتمال وقوع مشخصی تخلیه و دفع نمایند. چنین مقادیر روان‌آب حداکثری به‌طور معمول از طریق الگوی زهکشی طبیعی حوضه آبخیز مشخص می‌گردد.

روش‌هایی که در این قسمت ارائه می‌گردد، مربوط به حوضه‌های زهکشی کشاورزی با مساحت کم، در ارتباط با بارندگی‌هایی با شدت زیاد که در مدت کوتاهی اتفاق می‌افتد، است. در این حوضه‌ها اثرات کاربری اراضی بر روی رابط «بارندگی ـ رواناب» تحت تأثیر جریان‌های آبراهه‌ای و یا ذخیره آب‌های زیرزمینی قرار نمی‌گیرد. با این تعریف اندازه حوضه‌های کوچک ممکن است از چند هکتار تا حدود ۴۰۰ هکتار و حتی در شرایطی تا ۱۰۰۰۰ هکتار را نیز شامل گردد این روش‌ها عبارتند از

- روش استدالی یا منطقی[1] Rational Method
- روش مک ـ مث[2]
- روش کوک[3]
- روش شماره منحنی[4]

۸-۳-۱ روش استدلالی یا منطقی

این روش از نظر اصولی برای حوضه‌های آبریز شهری توسعه یافته است. فرضیات اولیه که در این روش به‌کار رفته است، به‌طور تقریبی در آن صدق می‌نماید، این روش را می‌توان برای حوضه‌های کوچک زهکشی اراضی کشاورزی، هرگاه مساحت آن از ۴۰ تا ۸۰ هکتار تجاوز ننماید نیز به‌کار رود.

۸-۳-۱-۱ مبانی

با احتمال وقوع مجدد یکسان، متوسط حداکثر شدت بارندگی با افزایش دوره تناوب مورد نظر کاهش خواهد یافت. هرگاه مدت بارندگی از زمان تمرکز بیشتر شود، متوسط شدت بارندگی کمتر از متوسط شدت طی مدت زمان برابر با زمان تمرکز خواهد بود. در نتیجه به دلیل آنکه کلیه اراضی در حال تولید رواناب خواهند بود، میزان رواناب

1. Rational method
2. Mac Math
3. Cook Method
4. Cure Number Method

www.PnuNews.com

حوضه آبخیز کمتر است. از جهت دیگر هرگاه مدت بارندگی کمتر از زمان تمرکز باشد، شدت بارندگی مورد نظر بیشتر خواهد بود، لیکن فقط بخشی از اراضی حوضه آبخیز در حال تولید رواناب خواهند بود.

بدین ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حداکثر میزان رواناب زمانی حاصل می‌شود که دوره بارندگی در حوضه معادل با زمان تمرکز باشد. بنابراین حداکثر دبی خروجی از یک حوضه را می‌توان از فرمول زیر به‌دست آورد.

$$Q_P = ۰٫۰۰۲۸C.I.A \qquad (۳-۸)$$

Q_P = حداکثر میزان رواناب (متر معکب بر ثانیه)
C= ضریب رواناب (بدون بعد، مثبت و کوچک‌تر از واحد)
I= متوسط شدت بارندگی در مدتی برابر با زمان تمرکز (میلی‌متر در ساعت)
A= مساحت اراضی حوضه آبخیز (هکتار)

۸-۳-۱-۲ تعیین زمان تمرکز (T_c)

زمان تمرکز طبق تعریف به دوره زمانی بین شروع بارندگی و لحظه‌ای گفته می‌شود که کلیه محدوده مورد نظر و بالادست نقطه خروجی رواناب تولید می‌نماید. طبق تعریف بیان شده رابطه تجربی زیر ارائه شده است:

$$T_C = ۰٫۰۱۹۵L^{۰٫۷۷}S^{-۰٫۳۸۵} \qquad (۴-۸)$$

T_c= زمان تمرکز (دقیقه)
L= حداکثر طول آبراهه در حوضه آبخیز (متر)
H= اختلاف ارتفاع بین دورترین نقطه تا محل خروجی (متر)

۸-۳-۱-۳ شدت بارندگی (I)

به‌طورکلی، برای فراوانی مشخص، شدت بارندگی (I) را برای زمان تمرکز (T_c) می‌توان از منحنی‌های «فراوانی ــ مدت بارندگی» به‌دست آورد. از طرفی در روش

www.PnuNews.com

استدلالی یا منطقی، شدت بارندگی در طول مدت بارش بایستی یکنواخت باشد و بارندگی تمامی سطح حوضه آبخیز را بپوشاند (توزیع یکنواخت در زمان و مکان) بدین دلیل است که موارد کاربرد این روش فقط برای حوضه‌های کوچک توصیه شده است. همچنین شدت بارندگی برحسب دوره بازگشت طرح انتخاب می‌گردد و مدت بارندگی معادل زمان تمرکز حوضه آبخیز انتخاب می‌شود.

۸-۳-۱-۴ ضریب رواناب (c)

کلیه عواملی که به روی رواناب سطحی مؤثرند، به جز موارد مرتبط با مساحت اراضی حوضه آبخیز (A) و شدت بارندگی (I)، در مقدار ورواناب (c) درنظر گرفته می‌شوند. ضریب رواناب سطحی به ویژگی‌های هندسی حوضه، پوشش گیاهی، وضعیت خاک، میزان رطوبت اولیه خاک، شدت نفوذ اراضی حوضه و سرانجام میازن بارندگی حوضه آبخیز وابسته است.

از طرفی ضریب رواناب با شدت بارندگی رابط مستقیمی دارد و تابعی از میزان نفوذ سطحی حوضه آبخیز است. رابطه بین ضریب رواناب (C) و شدت بارندگی (I) غیرخطی می‌باشد. آزمایش‌های به انجام رسیده نمایانگر آنست که مقدار رواناب با افزایش شدت بارندگی، افزایش می‌یابد. ضریب رواناب را می‌توان به‌صورت زیر نیز ارائه نمود.

$$C = \frac{Q_p}{A.I} \qquad (۵-۸)$$

با اندازه‌گیری یا محاسبه شدت بارندگی (I) و حداکثر میزان رواناب (Q_p) و با استفاده از معادله گفته شده می‌توان ضریب رواناب (C) را محاسبه نمود. برای شرایط آرمانی مقدار (C) را می‌توان نمایانگر «نسبت حجم رواناب به حجم بارندگی» درنظر گرفت یعنی:

$$C = \frac{Q_p}{A.I} = \frac{۲T_C \cdot \frac{۱}{۲} Q_p}{A.I.T_c} = \frac{\text{حجم رواناب}}{\text{حجم بارندگی}}$$

www.PnuNews.com

به دلیل آنکه شرایط به‌ندرت آرمانی است، درنتیجه مقدار (C) می‌توان به میزان معنی‌داری کمتر از نسبت حجم رواناب به حجم بارندگی باشد.

یکی از مشکلات تجزیه و تحلیل مقدار ضریب رواناب (C)، آن است که از لحظه‌ای به لحظه دیگر به دلیل تغییر در عوامل مؤثر بر روی رواناب سطحی و به‌خصوص در رابطه با شرایط رطوبتی خاک متغیر است. برای طراحی سیستم‌های زهکشی سطحی، معمولاً مقادیری به کار گرفته می‌شود که مرتبط با خاک‌های اشباع و در زمانی است که بارندگی آغاز می‌شود. این بدان معنی است که بایستی نوعی عامل شناخته نشده را به‌عنوان ضریب اطمینان معرفی نمود تا نقیصه عدم بارش همیشگی را بر روی خاک‌های اشباع تعدیل نمود.

از آنجایی که حوضه‌های آبخیز به ندرت همگن می‌باشند، بهتر آنست که کل محدوده حوضه مورد نظر را به چند قسمت همگن تفکیک نموده و سپس با عنایت بر عوامل متغیر (تیپ خاک‌ها، درصد شیب اراضی و نوع کاربری آن‌ها) برای هر زیر بخش مقدار ضریب رواناب مربوطه (C) را تعیین نموده و به کمک فرمول زیر مقدار آن را محاسبه نمود:

$$C = \frac{\sum C_1 A_1 + C_2 A_2 + \ldots}{\sum A_1 +_2 A_2 + \ldots} \qquad (۶-۸)$$

C_1، C_2 و ... ضرایب رواناب محدوده‌های ۱ و ۲ و ...

A_1، A_2 و ... مساحت حوضه ۱ و ۲ و ...

۸-۳-۲ روش مک ـ مث

این روش برای برآورد حداکثر میزان رواناب در اراضی کشاورزی و تحت آبیاری کوچک ارائه شده است و اساس آن بر مبنای تعدیلاتی است که به روش استدلالی (منطقی) به انجام رسیده است. کاربرد این روش محدود به حوضه‌های کوچک کشاورزی و مناطق روستایی می‌باشد و پیش‌نیاز کاربری آن، معلوم بودن کلیه مشخصات حوضه آبخیز مورد نظر است. معادله مک ــ مث به‌صورت زیر قابل ارائه می‌باشد.

www.PnuNews.com

$$Q_p = ۰٫۰۹۱CIS^{۰٫۲}A^{۰٫۸} \qquad (۷-۸)$$

که در آن

Q_p= حداکثر میزان رواناب (مترمکعب بر ثانیه)

C= ضریب تلفات و آن تابعی از ویژگی‌های حوضه آبخیز مانند تراکم و وضعیت پوشش گیاهی، بافت خاک و شیب حوضه آبخیز است

I= شدت بارندگی در مدتی برابر با زمان تمرکز (میلی‌متر بر ساعت)

S= شیب آبراهه اصلی از محل بلندترین نقطه روی محیط حوضه تا نقطه خروجی مورد نظر (متر بر کیلومتر)

A= مساحت اراضی حوضه آبخیز (کیلومتر مربع)

مقدار ضریب (C) از ۰/۲ تا ۰/۷۵ متغیر است، هرچه پوشش گیاهی کمتر و غیر متراکم‌تر، بافت خاک سنگین‌تر و شیب حوضه آبخیز تندتر باشد، مقدار عددی این ضریب به رقم ۰/۷۵ نزدیک‌تر می‌گردد.

۸-۳-۳ روش کوک

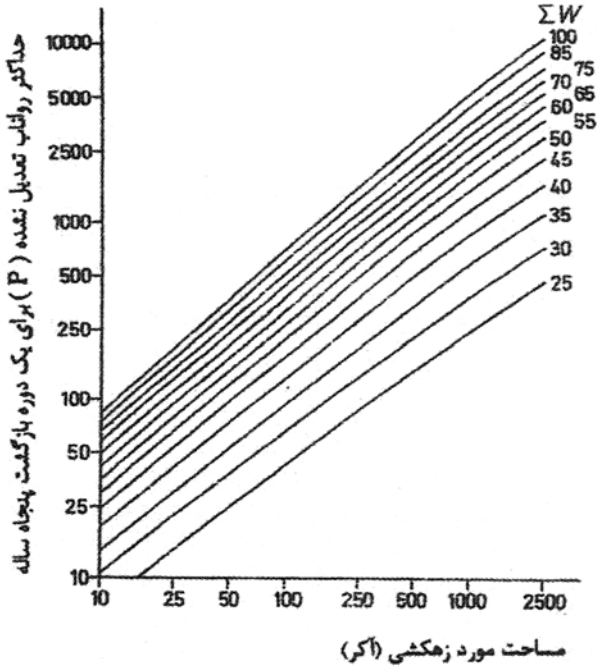
روش کوک رابطه‌ای تجربی است که به‌وسیله سازمان حفاظت خاک (SCS) کشور ایالات متحده آمریکا و برای کاربرد در آن کشور توسعه یافته است و آن را می‌توان فقط برای حوضه‌های کوچک کشاورزی و آبیاری با شرایط طبیعی مشابه آن کشور و مساحت کمتر از ۲۵۰ هکتار به کار برد. همانند روش استدلالی، این روش نیز امکان برآورد مقادیر حداکثر رواناب سطحی را با احتمال وقوع مشخص فراهم می‌آورد. بنیان الین روش بر آن است که حداکثر میزان رواناب (C) را از طریق حاصلضرب سه عامل: میزان حداکثر رواناب تعدیل نشده (p)، بارندگی (R) و فاکتور فراوانی (F) به صورت زیر ارائه می‌نماید.

$$Q_p = P.R.F \qquad (۸-۸)$$

Q_P= حداکثر میزان رواناب

به کمک شکل (۸-۱) میزان حداکثر رواناب تعدیل نشده را می‌توان به‌دست آورد.

www.PnuNews.com



شکل ۸-۱. نمودار تعیین میزان حداکثر رواناب تعدیل نشده بر اساس روش کوک

۸-۳-۳-۱ حداکثر رواناب تعدیل نشده (P)

مقدار (P) از طریق انتساب مقادیر عددی چهار عامل مؤثر در ایجاد رواناب یعنی: پستی و بلندی اراضی، نفوذپذیری خاک، پوشش گیاهی و ذخیره سطحی حاصل می‌گردد. با کاربرد جدول (۸-۱) مجموع مقادیر عددی این عوامل $\sum W = W = (R + I + V_C + S)$ را می‌توان محاسبه نمود و با معلوم بودن مساحت حوضه آبخیز، میزان حداکثر رواناب تعدیل نشده (P) را برای یک دوره بازگشت ۵۰ ساله می‌توان محاسبه و یا از گراف‌های تهیه شده استخراج نمود.

۸-۳-۳-۲ عامل بارندگی (R)

مشکل اصلی کاربرد «روش کوک» خارج از کشور ایالات متحده آمریکا آنست که هیچ‌گونه عامل بارندگی در سایر نقاط وجود ندارد. برای کاربرد این روش در داخل

www.PnuNews.com

کشور ایالات متحده آمریکا و برای هر محل، نوعی عامل بارندگی را می‌توان از نقشه‌های تهیه شده (نقشه‌های عامل بارندگی) استخراج نمود. با مقایسه نمودارهای شدت ـ فراوانی بارندگی که به وسیله سازمان هواشناسی کشور ایالات متحده آمریکا تهیه گردیده و نقشه‌های هر باران آن کشور، نوعی برآورد غیردقیق از عامل بارندگی را می‌توان از طریق منظور نمودن (R) به‌عنوان نیمی از بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای برحسب اینچ با دوره برگشت ده ساله منظور نمود. به هر حال در این مورد انحراف در حد ۱۰٪ غیر قابل انتظار نیست.

۸-۳-۳-۳ عامل فراوانی (F)

همان‌طوری‌که قبلاً گفته شد، استخراج عامل (P) از گراف‌های تهیه شده در اکثر حالت‌ها مربوط به یک دروه بازگشت ۵۰ ساله است. با استفاده از جدول (۸-۲) می‌توان مقادیر P را کاهش داد زیرا عامل فراوانی (F) در جدول اخیر به‌عنوان تابعی از مقادیر میانگین وزنی نفوذپذیری (I) و پوشش گیاه (V_C) بر طبق مندرجات جدول (۸-۱) و معدل سالیانه مقادیر بارندگی برحسب اینچ و میلی‌متر ارائه شده است.

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

جدول ۱-۸. ویژگی‌های موجد رواناب برای حوضه‌های زهکشی بازای مقادیر وزنی (W) (ارقام داخل پرانتز میانگین وزنی می‌باشد.)

ردیف	خصوصیات شاخص حوضه آبخیز	ویژگی‌های موجد رواناب سطحی			
		خیلی زیاد [۱۰۰]	زیاد [۷۵]	معمولی (نرمال) [۵۰]	کم [۲۵]
۱	پستی و بلندی اراضی (وضعیت طبیعی زمین) (R)	(۴۰) شیب‌های تند ، ناهموار با عوارض فیزیکی، شیب‌های متوسط بیش از ۳۰٪	(۳۰) تپه ماهور، با شیب‌های متوسط ۱۰ – ۳۰٪	(۲۰) اراضی ناهموار (دست اندازی)، با شیب‌های متوسط ۵ – ۱۰٪	(۱۰) اراضی تقریباً هموار با شیب‌های متوسط ۰ – ۵٪
۲	میزان نفوذپذیری خاک (I)	(۲۰) بدون پوشش موثر، صخره‌ای یا پوشش خاک ضعیف با ظرفیت نفوذ قابل اغماض	(۱۵) آهسته برای جذب آب ، رس یا سایر خاکها با ظرفیت نفوذپذیری کم مانند خاکهای گلی و سنگین	(۱۰) معمولی (نرمال)، لومی عمیق با نفوذپذیری تقریباً مشابه با خاکهای تیپیک چمن زاری	(۵) زیاد ، ماسه عمیق و یا سایر خاکها که آب را به سرعت و به سهولت دریافت می‌کند
۳	پوشش گیاهی اراضی (V_C)	(۲۰) بدون پوشش گیاهی قابل ملاحظه ، خاک سخت به همراه پوشش گیاهی بسیار تنک	(۱۵) کم تا متوسط، کشت‌های منظم ردیفی با پوشش طبیعی کم ، کمتر از ۱۰٪ محدوده زهکشی زیر پوشش است	(۱۰) خوب تا متوسط ،تقریباً ۵۰٪ محدوده زهکشی علف زار و یا درختستان و یا معادل آن پوشش دارد. بیش از ۵۰٪ اراضی کشت منظم ندارد.	(۵) خوب تا عالی ، تقریباً ۹۰٪ محدوده زهکشی را علف‌زارها و درختستان یا پوشش معادل آن تشکیل می‌دهد.
۴	بازداشت سطحی اراضی (S)	(۲۰) قابل اغماض، معدودی گودال‌های سطحی کم عمق، مجاری زهکشی تند و کوچک، بدون مناطق آب مانده یا باتلاقی	(۱۵) کم، دارای سیستم خوب با آبراهه‌های زهکشی کم ،بدون مناطق آب مانده و یا باتلاقی	(۱۰) معمولی، دارای گودال‌های سطحی با ظرفیت ذخیره زیاد سیستم زهکشی شبیه اراضی مرغزاری ،حوضچه ،دریاچه و باتلاق کمتر از ۲۰٪	(۵) زیاد ،ظرفیت بازداشت درفرو رفتگی‌های زیاد، سیستم زهکشی با شیب تند نیست. ظرفیت زیاد دشت سیلابی ، دریاچه، استخر و باطلاق زیاد

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

جدول ۸-۲. عوامل فراوانی (F) برای کاربرد در روش کوک

نفوذپذیری خاک + پوشش گیاهی اراضی $(I + V_C)$	معدل بارندگی سالیانه برحسب اینچ (میلیمتر)					
	۱۰ (۲۵۴)	۲۰ (۵۰۸)	۳۰ (۷۶۲)	۴۰ (۱۰۱۶)	۶۰ (۱۵۲۴)	۸۰ (۲۰۳۲)
	نسبت : بیست و پنج ساله به پنجاه ساله					
۵	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۵۱
۱۰	۰/۴۱	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۶۶
۱۵	۰/۵۰	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۷
۲۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۷
۲۵	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۹۰	۰/۹۲
۳۰	۰/۶۴	۰/۷۶	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۲
۳۵	۰/۶۷	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲
۴۰	۰/۷۱	۰/۸۵	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲
	نسبت : ده ساله به پنجاه ساله					
۵	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۷
۱۰	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۳۴
۱۵	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۵۱
۲۰	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۶۰	۰/۶۸
۲۵	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۸۰
۳۰	۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۶۲	۰/۷۴	۰/۸۰	۰/۸۰
۳۵	۰/۳۶	۰/۵۸	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
۴۰	۰/۴۲	۰/۶۸	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰

www.PnuNews.com

۸-۳-۴ روش شماره منحنی (C_N)

روش شماره منحنی[1] نیز در سازمان حفاظت خاک (SCS) کشور ایالات متحده آمریکا توسعه یافته است و کاربرد آن برای حوضه‌های وسیع‌تر از آنچه در روش‌های قبل بیان شده می‌باشد. این روش از نظر اصولی مشتمل بر دو بخش است. در گام نخست برآوردی از حجم رواناب حاصل از بارندگی به انجام می‌رسد و در گام بعدی، توزیع زمانی رواناب معین می‌گردد که مشتمل بر میزان رواناب حداکثر می‌باشد.

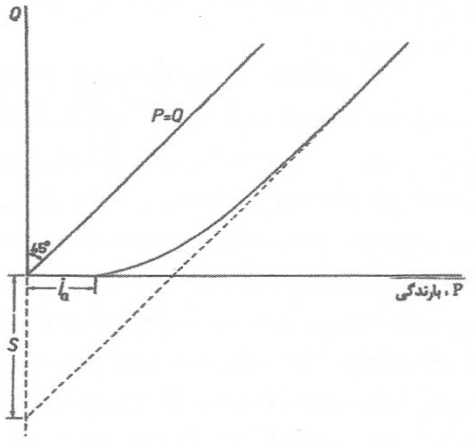
۸-۳-۴-۱ برآورد مقدار رواناب از یک مقدار بارندگی

در اغلب شرایط، ارقام بارندگی قابل دسترس از طریق ایستگاه‌هایی حاصل می‌گردد که فاقد باران‌سنج ثابت می‌باشند، برای کاربرد این قبیل داده‌ها رابطه «بارندگی ـ رواناب» توسعه یافته است. این ارقام به‌طور معمول مشتمل بر مجموع بارندگی یک یا چند رگبار است که در یک روز تقویمی اتفاق می‌افتد و هیچ‌گونه اطلاعی در مورد توزیع زمانی آن‌ها مشخص نمی‌باشد. بدین‌ترتیب در این شرایط عامل زمان، یک متغیر ضمنی (غیرصریح) خواهد بود. با ترسیم مقادیر رواناب (Q) در مقابل مقادیر بارندگی مربوطه (P) می‌توان رابطه بین آن‌ها را به‌دست آورد.

برای مقادیر بارندگی (P) کوچک‌تر از بازداشت یا نگهداری سطحی (I_a) هیچ‌گونه روانابی (Q) به وقوع نخواهد پیوست. بازداشت یا نگهداری سطحی (I_a) به‌طور عمده مشتمل بر نگهداشت به‌وسیله پوشش گیاهی منطقه، ذخیره یا نگهداری در گودال‌ها (فرورفتگی‌ها) و نفوذپذیری (در خاک) قبل از وقوع رواناب به روی سطح اراضی مورد نظر است.

1. Curve Number

www.PnuNews.com



شکل ۸-۲. رابطه بین میزان بارندگی (P) و رونـاب مسـتقیم (Q) در روش شـماره منحنی (C_N)

تعیین عامل نفوذپذیری خاک

در بررسی‌های هیدرولیکی در اکثر حالت‌ها نیاز بر آن اسـت کـه بتـوان بـرای محاسـبه رواناب حاصل از بارندگی، تغییرات میزان نفوذ را طی دوره بارندگی تعیین نمود. بـرای نمایش تغییرات میزان سرعت یا شدت نفوذ نسبت به زمان معادله‌های متعددی پیشـنهاد شده است. یکی از معروف‌ترین آن‌ها که عمومیت کاربرد دارد، مدل یا معادله هورتـون[1] می‌باشد. این رابطه که برای بررسی چگـونگی تغییـرات نفوذپـذیری خـاک در مزرعـه توسعه یافته است، مبتنی بر وضعیت عمومی نفوذ در خاک‌های مختلف و بر پایه نـوعی فرآیند فیزیکی می‌باشد، که آن را به‌صورت زیر می‌توان ارائه نمود.

$$i = i_f + (i_o - i_f)\exp(-\beta.t) \qquad (۹-۸)$$

که در آن:

i= میزان یا شدت نفوذ به‌عنوان تابعی از زمان (t)

i_f= میزان نفوذ نهایی که در زمان طولانی حاصل می‌گردد.

i_o= میزان نفوذ اولیه در لحظه t=۰

1. Horton 1940

www.PnuNews.com

β= پارامتر مرتبط با خاک که بیانگر چگونگی کاهش میزان نفوذپذیری است.
t= عامل زمان از شروع فرآیند نفوذ آب به سطح و درون خاک

کاهش میزان نفوذ با افزایش زمان و پس از شروع فرآیند نفوذپذیری در خاک به‌طور قابل ملاحظه‌ای به‌وسیله عواملی که در سطح خاک وجود دارند، کنترل می‌گردد. این عوامل مشتمل بر تورم کلوئیدهای خاک و بسته شدن درز و ترک‌های کوچک و موجود در سطح خاک است که به‌طور قابل ملاحظه‌ای موجد انسداد سطحی می‌گردد. همچنین متراکم شدن سطح خاک به‌وسیله قطرات باران در شرایطی که خاک فاقد پوشش گیاهی باشد، عامل مهمی است. بررسی‌های به انجام رسیده به‌وسیله پژوهشگران متعدد نمایانگر آن است که کاهش سرعت نفوذ طی مدت ۳-۲ ساعت پس از تولید رواناب حاصل از رگبار اتفاق می‌افتد. به‌طوری‌که میزان نفوذپذیری در نهایت به مقدار ثابتی می‌رسد (سرعت نفوذ نهایی یا پایه اراضی) که در اکثر شرایط مقدار آن از میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کمتر است. محبوس شدن حباب‌های هوای درون منفذی ذرات خاک و غیر اشباع بودن لایه خاک از جمله عوامل موجد فرآیند گفته شده اخیر می‌باشند.

نمایه نفوذپذیری[1]

نمایه نفوذپذیری از جمله روش‌های بسیار متداول و مرسوم برای تعیین میزان هدر رفت مقادیر بارندگی می‌باشد. در این روش ابتدا یک مقدار ثابت به‌عنوان نفوذپذیری از مقدار بارندگی به درون خاک و برای تمامی مدت بارندگی منظور می‌گردد. نمایه نفوذپذیری به نام اندیس فی (φ-index) نیز نامیده می‌شود. روش دیگری در این خصوص اندیس دبلیو (w-Index) می‌باشد که نگهداشت اولیه آب حاصل از بارندگی را شامل می‌گردد. به‌دلیل آنکه تعیین میزان نگهداشت اولیه مشکل می‌باشد، بدین دلیل استفاده از اندیس دبلیو کاربرد مرسومی ندارد.

نمایه نفوذپذیری (φ) معرف میزان نگهداشت متوسط آب حاصل از بارندگی است و بقیه حجم بارندگی که به‌صورت رواناب سطحی از دسترس خارج می‌گردد به نام «حجم بارندگی اضافی» نامیده می‌شود و فرض بر آن است که مقدار آن برابر «حجم رواناب اضافی» است. حجم رواناب اضافی، از طریق حجم رواناب حاصل از آبنمود

1. Infiltration Index

www.PnuNews.com

(هیدروگراف) رگبار پس از تفکیک میزان جریان پایه حاصل می‌گردد. همچنین دروه زمانی که طی آن «بارندگی مازاد» به‌وجود می‌آید به‌عنوان «دروه زمانی مؤثر» دانسته می‌شود.

اقدامات لازم جهت تعیین نمایه نفوذپذیری (φ) به شرح زیر است:

- ترسیم هیتوگراف بارندگی رگباری و محاسبه حجم کل بارندگی
- محاسبه حجم رواناب اضافی، از آبنمود رگبار از طریق تفکیک میزان جریان پایه
- کسر مقدار «حجم رواناب اضافی» از «حجم کل بارندگی» برای مشخص نمودن میزان نفوذ کل بارندگی به درون خاک
- تقسیم میزان نفوذ کل بارندگی به درون خاک بر «دوره زمانی مؤثر» بارندگی برای به‌دست آوردن «نمایه نفوذپذیری (φ)» و بدین ترتیب

$$\varphi_{\text{Index}} = \frac{\text{میزان نفوذ کل بارندگی به درون خاک}}{\text{دوره زمانی مؤثر}} \qquad (۱۰-۸)$$

که در آن، نمایه نفوذپذیری برحسب سانتی‌متر در ساعت می‌باشد. برای دست‌یابی به جواب منطقی و لازم بایستی از روش «تقاریب متوالی» استفاده نمود. پیرو آنچه بر مبحث «برآورد مقدار رواناب از یک مقدار بارندگی» اشاره شد، با افزایش میزان بارندگی، منحنی رواناب (Q) در مقابل بارندگی (P) به‌صورت خط مستقیم مجانب و موازی با خط (P=Q) درمی‌آید. فاصله عمودی بین این دو خط (S) تحت عنوان «پتانسیل نگهداشت حداکثر» نامیده می‌شود. این مقدار، حداکثر میزان آبی است که حوضه آبخیز از مقدار بارندگی می‌تواند نگهداری نماید. بایستی متذکر شد که این امکان به دلیل کاربرد عامل زمان به‌عنوان یک متغیر غیرصریح می‌باشد. بدین ترتیب تعداد زیادی منحنی را می‌توان یافت که شرایط عبور از نقطه (I_a و Q) را دارا بوده و می‌توانند با خط (Q=P-S) به‌صورت مجانب برآیند. بنابراین برای تعریف شکل منحنی بایستی عامل لازم دیگری را نیز معرفی نمود. اعمال این مهم از طریق بیان این موضوع که بازداشت واقعی Q– ($P-I_a$) و پتانسیل نگهداشت حداکثر (S) برابر با نسبت رواناب واقعی (Q) به پتانسیل حداکثر روناب ($P-I_a$) می‌باشد و به‌صورت زیر قابل ارائه است.

$$\frac{[(P-I_a)-Q]}{S} = \frac{Q}{(P-I_a)}$$

www.PnuNews.com

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \qquad (۱۱-۸)$$

تجربیات عملی نشان داده است که نگهداشت اولیه، (I_a) در حدود ۲۰٪ پتانسیل نگهداشت حداکثر یعنی ($I_a = ۰/۲S$) می‌باشد. با معرفی این تساوی، معادله برآورد رواناب به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$Q = \frac{(P - ۰/۲S)^2}{P + ۰/۸S} \qquad (۱۲-۸)$$

رابطه مقدار پتانسیل نگهداشت حداکثر (S برحسب اینچ) با شماره منحنی رواناب (C_N) به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_N = \frac{۱۰۰۰}{۱۰ + S} \qquad \rightarrow \qquad S = \frac{۱۰۰۰}{C_N} - ۱۰ \qquad (۱۳-۸)$$

و برای مقدار پتانسیل نگهداشت حداکثر (S برحسب میلی‌متر) روابط زیر قابل ارائه است:

$$C_N = \frac{۲۵۴۰۰}{S + ۲۵۴} \qquad \rightarrow \qquad S = \frac{۲۵۴۰۰}{C_N} - ۲۵۴ \qquad (۱۴-۸)$$

برای مناطق پوشش‌دار (اندود شده) ($S = ۰$, $C_N = ۱۰۰$) خواهد بود و در شرایطی که هیچ گونه روانابی حاصل نگردد، ($S = \infty$, $C_N = ۰$) می‌باشد. نمودارهایی موجود است که مقادیر برآوردی رواناب مستقیم را از ارقام بارندگی‌های رگباری ارائه می‌دهد (حل گرافیکی معادله رواناب برای شماره منحنی‌های متفاوت). برای تعیین حجم رواناب، بایستی برآوردی برای شماره منحنی (C_N) به انجام رساند. مقدار شماره منحنی بستگی به خصوصیات حوضه آبخیز از جمله موارد کاربری اراضی، شرایط خاک و میزان رطوبت اولیه اراضی حوضه در زمان وقوع بارندگی دارد سه کلاس متفاوت برای وضعیت رطوبت پیشین یا قبلی (AMC) خاک‌ها مشخص گردیده است که در جدول (۸-۳) ارائه شده است.

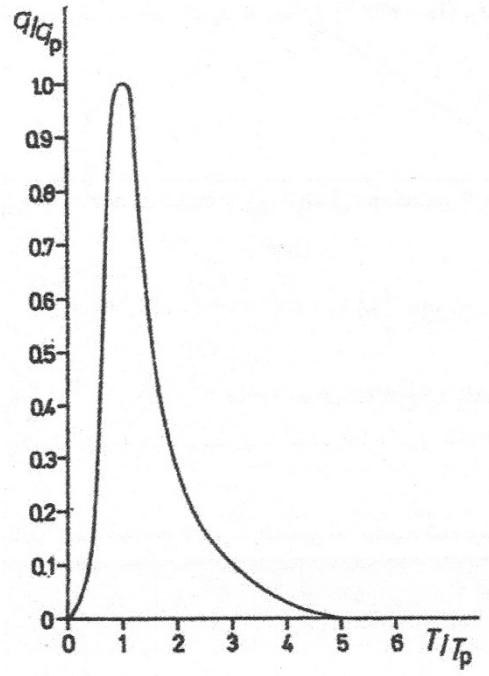
www.PnuNews.com

جدول ۸-۳. حدود بارندگی فصلی برای شرایط رطوبت پیشین کلاس‌های مختلف

ردیف	کلاس‌های وضعیت رطوبت پیشین خاک‌ها (AMC)	مجموع بارندگی‌های پنج روز پیشین (میلی‌متر)	
		فصل خواب	فصل رویش
۱	I	<۱۲/۷	<۳۵/۵
۲	II	۲۷/۹-۱۲/۷	۵۳/۳-۳۵/۵
۳	III	>۲۷/۹	>۵۳/۳

۸-۳-۴-۲ توزیع زمانی رواناب

برای دست‌یابی به توزیع زمانی برای حجم معینی از رواناب، کاربرد هیدروگراف واحد و بدون بعد توسعه یافته به‌وسیله سازمان حفاظت خاک (SCS) کشور ایالات متحده آمریکا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این هیدروگراف در شکل (۸-۳) نشان داده شده است.



شکل ۸-۳. هیدروگراف واحد و بدون بعد توسعه‌یافته به‌وسیلهٔ (SCS)

www.PnuNews.com

بدین‌ترتیب چگونگی توزیع زمانی رواناب از طریق شکل این هیدروگراف واحد و بدون بُعد از قبل می‌تواند متصور باشد. مقیاس زمانی هیدورگراف به‌صورت واحدهایی از زمان اوج هیدروگراف بیان گردیده و مقادیر رواناب نیز به حالت واحدهایی از زمان اوج خیز هیدروگراف ارائه شده است. مقادیر رواناب نیز برحسب واحدهایی از حداکثر میزان رواناب ترسیم و یا به‌صورت جدول (۸-۲) موجود است.

برای تبدیل درجه‌بندی‌های بدون بعد هیدروگراف به مقادیر واقعی بایستی به ناچار دوره زمانی رسیدن به اوج و رواناب حداکثر معلوم باشد. مقدار اخیر را می‌توان از طریق رابطه‌ای که از هیدروگراف مثلثی سنتز حاصل گردیده، به‌دست آورد. هیدروگراف مثلثی سنتز در شکل (۸-۴) نشان داده شده است.

$$q_P = \frac{۲Q}{T_P + T_R} \qquad (۱۵-۸)$$

که در آن:

q_P = حجم رواناب مستقیم

T_P = زمان اوج یا زمان تا حصول حداکثر رواناب

T_R = زمان از ایجاد حداکثر رواناب تا خاتمه آن

ضمن تجزیه و تحلیل تعداد زیادی هیدروگراف مشخص گردید که رابطه ($T_R = ۱٫۶۷T_P$) برقرار است. با جایگزینی این تساوی در معادله بالا نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$q_P = ۰٫۷۵\frac{Q}{T_P} \qquad (۱۶-۸)$$

هر گاه مساحت برحسب کیلومترمربع، رواناب برحسب میلی‌متر و q_P برحسب مترمکعب بر ثانیه و T_P برحسب ساعت بیان شود نتیجه به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

$$q_P = ۰٫۷۵\frac{۰٫۲۷۷۵.A.Q}{T_P} = ۰٫۲۰۸\frac{A.Q}{T_P} \qquad (۱۶-۸)$$

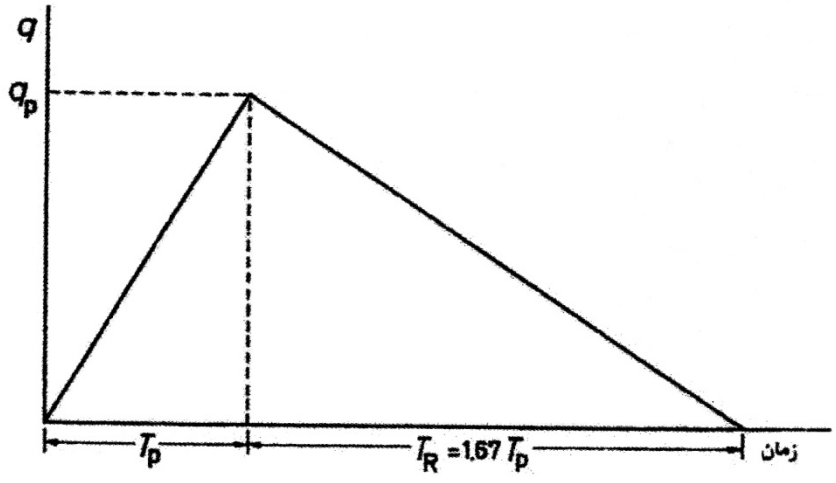
دوره زمانی واحد معمولاً به‌صورت ($\frac{T_P}{۴}$) درنظر گرفته می‌شود و زمان اوج رواناب را

www.PnuNews.com

بدین ترتیب می‌توان از زمان تمرکز و با استفاده از رابطه ($T_P = ۰/۷T_C$) به‌دست آورد. به هر حال بهتر است مقادیر اندازه‌گیری شده (T_P) را به جای برآورد آن از رابطه تجربی گفته شده به‌کار برد.

جدول ۸-۳. مقادیر متوسط (مختصات) هیدروگراف بدون بعد پیشنهاد شده به‌وسیله SCS

ردیف	نسبت زمانی t/T_P	نسبت دبی q_t/q_p	ردیف	نسبت زمانی t/T_P	نسبت دبی q_t/q_p	ردیف	نسبت زمانی t/T_P	نسبت دبی q_t/q_p
۱	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۸	۱/۷۵	۰/۴۵۰	۱۵	۳/۵۰	۰/۰۳۶
۲	۰/۲۵	۰/۱۲۰	۹	۲/۰۰	۰/۳۲۰	۱۶	۳/۷۵	۰/۰۲۶
۳	۰/۵۰	۰/۴۳۰	۱۰	۲/۲۵	۰/۲۲۰	۱۷	۴/۰۰	۰/۰۱۸
۴	۰/۷۵	۰/۸۳۰	۱۱	۲/۵۰	۰/۱۵۰	۱۸	۴/۲۵	۰/۰۱۲
۵	۱/۰۰	۱/۰۰۰	۱۲	۲/۷۵	۰/۱۰۵	۱۹	۴/۵۰	۰/۰۰۹
۶	۱/۲۵	۰/۸۸۰	۱۳	۳/۰۰	۰/۰۷۵	۲۰	۴/۷۵	۰/۰۰۶
۷	۱/۵۰	۰/۶۶۰	۱۴	۳/۲۵	۰/۰۵۳	۲۱	۵/۰۰	۰/۰۰۴



شکل ۸-۴. هیدروگراف مثلثی شکل

www.PnuNews.com

۸-۴ محاسبات دبی طراحی برای اراضی مسطح

اراضی مسطح که در این مبحث مورد نظر است، به‌طور معمول حوضه‌های آبخیز (آبریز) کوچک کشاورزی و آبیاری می‌باشند که متوسط شیب اراضی آن‌ها کمتر از ۱٪ باشد. در این شرایط چنین سؤالی مطرح نیست که مقدار حداکثر رواناب با دوره بازگشت مشخص چقدر می‌باشد. لیکن سؤال این است که دوره زمانی لازم (تناوب زمانی) برای تخلیه حجم مشخصی آب اضافی سطحی که با میزان احتمال وقوع مشخصی به‌وجود می‌آید، چقدر است. این موضوع محاسبه دبی طراحی را برای اراضی مسطح بسیار پیچیده می‌نماید.

روشی که برای محاسبه دبی طراحی در اراضی مسطح در این زیر بخش مورد بحث قرار می‌گیرد، بر مبنای تجربه سالیان متمادی در کشور ایالات متحده آمریکا می‌باشد، که تجربیات متعددی در مورد کاربرد موفقیت‌آمیز آن در پروژه‌های آبیاری و زهکشی کشور نیز وجود دارد.

با تأکید ویژه بر ارزشمندی این روش، بایستی اذعان نمود که کاربرد مستقیم (تعدیل نشده) این رابطه تجربی، ممکن است منتج به حصول پیامدهای ناخواسته و جدی گردد. هر چند بعضی از اهداف این روش، به هر حال و به‌طور دقیق برای برآورد دبی طراحی در مناطق مرطوب خارج از کشور ایالات متحده آمریکا، همچنان ارزشمند است.

رابطه سیپرس ـ کریک[1]

طی سال‌های ۱۹۳۵ تا ۱۹۳۷ تعداد زیادی حوضه‌های آبخیز (زهکش) در کشور ایالات متحده آمریکا با شیب متوسطی معادل ۰/۴۵ درصد مجهز به شاخص اندازه‌گیری جریان گردیدند. مقادیر دبی‌های اندازه‌گیری شده با ارقام و اطلاعاتی که از قبل موجود بوده مورد بررسی، تجزیه و تحلیل قرار گرفت و این در شرایطی بود که قبلاً ۴ ناحیه مختلف و مرطوب در این کشور تفکیک و مشخص گردیده بود. برای هر منطقه لگاریتم میزان دبی متوسط و حداکثر دبی مشاهده شده در ۲۴ ساعت در مقابل لگاریتم مساحت هر حوضه زهکشی ترسیم گردید. همزمان با آن تبادل‌نظرهایی نیز با

1. Cypress Creak

www.PnuNews.com

بهره‌برداران و کارکنان فنی مزرعه‌ای و در رابطه با تجربیات نامبردگان در مورد کفایت سیستم زهکشی، با درنظر گرفتن موارد کاربری اراضی و غیره به انجام رسید. در رابطه با این بررسی دشوار، مشخص گردید که به‌طورکلی امکان ترسیم خط مستقیمی بر روی نمودار لگاریتمی در رابطه با موارد کاربرد خاص اراضی و کفایت سیستم‌های جدید زهکش مقدور می‌باشد. از این خطوط به‌عنوان رهنمودی برای تعیین ظرفیت مورد نیاز سیستم زهکشی می‌توان استفاده نمود. شکل کلی ارائه شده برای محاسبه دبی طراحی به‌صورت رابطه زیر ارائه گردیده است:

$$Q_P = C.A^{\frac{5}{6}} \qquad (۱۸-۸)$$

که در آن:

Q_P = دبی طراحی (مترمکعب بر ثانیه)

C= ضریب جریان که به خصوصیات پوشش گیاهی (کاربری اراضی)، نوع خاک و ارتفاع بارندگی بستگی دارد.

A= مساحت اراضی محدود مورد نظر (برحسب کیلومتر مربع) می‌باشد.

این معادله که به‌عنوان «رابطه سیپرس ـ کریک» نامیده می‌شود، به‌طورکلی نوعی رابطه تجربی است که شرایط هیدرولیکی و همچنین توجیهات اقتصادی را دربر دارد. مقدار دبی طراحی (Q_P) نبایستی با میزان دبی حداکثر تخلیه اشتباه شود. زیرا در شرایطی احتمال دارد که میزان دبی حداکثر (تخلیه) از میزان دبی طراحی (محاسبه شده از رابطه سیپرس ـ کریک) زیادتر باشد که در این مورد به‌عنوان مثال می‌توان دبی حالت سیلابی حاصل از بارش یک رگبار را برشمرد. به هر حال مقدار دبی طراحی (Q_P) به‌طور ضمنی بعضی ملاحظات اقتصادی ناشی از شرایط غرقاب یا ماندابی شدن اراضی را نیز شامل می‌گردد.

در نقاط زیادی از کشور ایالات متحده آمریکا، مقادیر ضریب جریان (C) که بایستی در معادله (۸-۱۷) به‌کار رود، طی سالیان متمادی تجربیات محلی مشخص شده است. بعضی پژوهشگران رابطه‌ای را برای مرتبط نمودن مقدار ضریب جریان (C) با میزان بارندگی اضافی (R_e) به شرح زیر استخراج و ارائه نمود.

www.PnuNews.com

$$C = ۰٫۲۱ + ۰٫۰۰۷۵R_e \qquad (۱۹-۸)$$

که در آن:

R_e= میزان بارندگی مازاد حاصل از یک رگبار برحسب میلی‌متر است که بایستی آن را از مقدار بارندگی‌های شدید ۲۴ ساعته به‌دست آورد.

ضرایب ارائه شده در رابطه بالا، فقط برای مناطق خاصی که رابطه برای آن به‌دست آمده معتبر می‌باشد، بنابراین ضرورت دارد که به روش دست‌یابی به آن نیز اشاره گردد. بارندگی مازاد را می‌توان از شماره منحنی (C_N) به‌دست آورد و موارد کاربری آن در اراضی مسطح بایستی دقیقاً مدنظر باشد که روش شماره منحنی فقط در مواردی کاربرد دارد که شرایط زهکشی آزاد برقرار باشد و کاربری آن منحصراً برای برآورد مؤلفه مستقیم رواناب سطحی مورد توصیه است.

$$S = (\frac{۱۰۰۰}{C_N} - ۱۰) \times ۲۵٫۴ = (\frac{۲۵۴۰۰}{C_N} - ۲۵۴) \qquad (۲۰-۸)$$

$$R_e = P_n = Q = \frac{(P - ۰٫۲S)^۲}{P + ۰٫۸S} \qquad P > ۰٫۲S \qquad (۲۱-۸)$$

که در آن:

$Q = P_n = R_e$ = ارتفاع یا میزان بارندگی مازاد حاصل از یک رگبار برحسب میلی‌متر

P= ارتفاع بارندگی (برحسب میلی‌متر) با دوره بازگشت مشخص

و سایر علائم (شماره منحنی C_N و پتانسیل نگهداشت حداکثر S) قبلاً تعریف شده‌اند و دارای معانی و ابعاد پیشین می‌باشند.

مفهوم کلی تخلیه (دفع) ۲۴ ساعته بر آن مبنا می‌باشد که بارندگی مازاد که از یک رگبار به‌خصوص حاصل می‌گردد بایستی از حوضه آبخیز طی مدت ۲۴ ساعت پس از اتمام بارندگی تخلیه شود، لیکن در حقیقت تخلیه از زمانی آغاز می‌گردد که بارندگی مازاد به‌صورت رواناب توسعه می‌یابد. از آنجایی‌که رگبار بحرانی برای اراضی مسطح ممکن است در مدت زمان قابل‌ملاحظه‌ای حاصل گردد، بنابراین تجزیه و تحلیل برای تعیین بارندگی (R_e) بایستی به‌صورت ترجیحی از طریق کاربرد مقادیر بارندگی حداکثر ۴۸ ساعته و برای آن مقدار فراوانی که اقدامات حفاظتی برای آن لازم است، به انجام

www.PnuNews.com

رسد.

برای این منظور بهتر است، ابتدا مقدار آب مازاد حاصل از بارندگی ۴۸ ساعته را محاسبه نموده و حاصل را بر دو تقسیم نمود (به جای محاسبه آب مازاد ناشی از بارندگی ۲۴ ساعته) و مقدار اخیر را در رابطه محاسبه ضریب جریان (C) به‌کار گرفته و نتیجه حاصل را در «معادله سیپرس ـ کریک» مورد استفاده قرار داد. برای مناطق با تراکم (شدت) بارندگی زیاد (مقدار زیاد R_e)، کاربرد معادله برآورد یا محاسبه ضریب جریان (C)، موجب کاهش «دبی ویژه طراحی» می‌گردد که البته این موضوع به وضعیت اراضی حوضه آبخیز نیز بستگی دارد و بدین ترتیب رابطه زیر ارائه شده است:

$$\alpha = \frac{(۱۶٫۳۹ + ۱۴٫۷۵R_e)A^{۰٫۸۳۲}}{۲۶٫۸۹R_eA} \qquad (۲۲-۸)$$

که در آن

R_e= میزان بارندگی مازاد (اضافی) حاصل از یک بارندگی رگباری برحسب اینچ

A= مساحت اراضی حوضه آبخیز مورد نظر (برحسب مایل مربع)

α= یک ثابت تجربی است که هرگاه در مقدار بارندگی مازاد (R_e) ضرب شود میزان «دبی ویژه طراحی» برحسب میلی‌متر در ۲۴ ساعت به‌دست می‌آید و مقدار آن (α) با افزایش مساحت اراضی مورد نظر (A) کاهش حاصل می‌نماید در نتیجه میزان دبی طراحی (θ_P) محاسبه شده از طریق کاربرد رابطه سیپرس ـ کریک به دلیل کاهش ضریب جریان تعدیل می‌گردد.

خلاصه فصل هشتم

در مناطق مرطوب، ضریب زهکشی از حاصل‌ضرب طول و فاصله بین دو خط زهکشی محاسبه می‌شود.

زهکش‌ها را بایستی طوری طراحی کنیم که توان خارج کردن آب اضافی مزارع را داشته باشند به این منظور برای زهکش‌های زیرزمینی ضریب زهکشی یعنی میزان آبی که بایستی در مدت ۲۴ ساعت از طریق زهکش‌ها خارج شود محاسبه می‌شود که در مناطق مرطوب از مقدار تخلخل مؤثر یا قابل زهکشی خاک محاسبه می‌شود و در

www.PnuNews.com

اراضی تحت آبیاری به کمک فرمول شماره (۸-۱) محاسبه می‌شود. در زهکش‌های سطحی دبی طرح برای مناطق شیب‌دار و مسطح هر کدام جداگانه محاسبه می‌شود در مناطقی که بارندگی کوتاه‌مدت و شدید و حوضه زهکشی دارای مساحت کم و شیب‌دار می‌باشند به‌وسیله روش‌های استدلالی، مک ـ مث، کوک و شماره منحنی می‌توان حداکثر رواناب حاصل از بارندگی را محاسبه نمود. در اراضی مسطح مسئله مهم تخلیه حجم مشخصی آب اضافی سطحی که با میزان احتمال وقوع مشخص به‌وجود می‌آید است که مقدار آن به کمک رابطهٔ سیپرس ـ کرکی محاسبه می‌شود.

www.PnuNews.com

فصل نهم

مدیریت سیستم زهکشی

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با مفاهیم مدیریت سیستم زهکشی می‌باشد.

هدف‌های رفتاری

پس از مطالعه این فصل دانشجو قادر خواهد بود:

۱. چه مراقبت‌هایی از خروجی زهکشی لوله‌ای نیاز است.
۲. چاهک‌های بازرسی را در کجا نصب و چه مراقبت‌هایی از آن‌ها نمود.
۳. مواردی که هنگام نگهداری زهکش‌های لوله‌ای بایستی رعایت شود را نام ببرد.
۴. میزان مراقبت زهکش‌های روباز به چه عواملی بستگی دارد.
۵. زهکش‌های سطحی کم‌عمق به چه مراقبت‌هایی نیاز دارد.
۶. به چه صورت می‌توان از چاه‌های مشاهداتی زهکشی مراقبت نمود.

۹-۱ بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های زهکشی

بایستی شبکه‌های زهکشی کارآمدی در تمام پروژه‌های آبیاری که دارای شرایط زهکشی طبیعی برای خارج نمودن آب اضافی و نمک کافی نمی‌باشد، فراهم گردد. ممکن‌است این آب اضافی ناشی از مازاد آب مزارع تحت آبیاری، هرز آب سطحی ایجاد شده از بارندگی و ذوب برف، نشت و تراوش از سیستم‌های انتقال و توزیع آب،

www.PnuNews.com

آب آرتزین و تراوشی عمقی از مزارع تحت آبیاری باشد. اگر قراراست شبکه‌ها وظایفی را که برای آن‌ها طراحی و اجرا شده‌اند، انجام دهند لازم است که نگهداری منظم و اقداماتی احتیاطی و جلوگیری کننده در شبکه‌های زهکشی صورت گیرد. لازم‌است شبکه‌های زهکشی به صورت ادواری کاملاً مورد بررسی قرار گیرند تا مشخص شود که آیا وظایف خود را به درستی انجام می‌دهند یا این که نیاز به اصلاح و تعمیر دارند.

۹-۲ شبکه‌های زهکشی لوله‌ای

معمولاً شبکه‌های زهکش لوله‌ای که به‌درستی اجرا شده باشند به هنگام بهره‌برداری مطلوب نیاز به نگهداری کمی دارند. در هر صورت شبکه‌های جدید الاحداث که در سال‌های اولیه بهره‌برداری نیاز به مراقبت دقیق دارند. مراقبت کامل شبکه در این دوره بهره‌دهی زهکش‌ها را افزایش داده و اغلب از نگهداری پر هزینه آینده جلوگیری می‌کند. تخریب تمامی یا بخشی از شبکه زهکشی با عدم پایداری خاک همراه بوده که موجب تغییرات در مسیر و شیب لوله، فروریزی و فروپاشی لوله، خرد شدن اتصالات، بسته شدن محفظه‌های کنترل یا آدم‌روها، لوله‌ها و خروجی‌ها می‌گردد.

الف)خروجی‌های زهکشی لوله‌ای

لازم است کلیه خروجی‌های لوله در فصل بهار و بعد از رگبارهای سنگین مورد بازرسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که هنوز سقوط آزاد آب لوله به‌داخل زهکش روباز فراهم بوده و فرسایش در شیب‌های جانبی که می‌تواند باعث جابجائی لوله خروجی شود پیش نیامده است.

لازم است حداقل ماهی یک‌بار دریچه‌های یک‌طرفه که برای جلوگیری از ورود سیلاب از زهکش روباز به داخل زهکش لوله‌ای وجود دارد مورد بازرسی قرار گیرد. بایستی تورهای جلوگیری از ورود جوندگان که در مخرج‌های لوله نصب می‌گردند به‌صورت ادواری مورد کنترل قرار گیرند تا از بودن آن‌ها در محل خود اطمینان حاصل گردد. در جایی‌که تورهای جلوگیری از ورود جوندگان به لوله زهکش نصب نگردیده است لازم‌است خروجی لوله به‌طور متناوب برای تخریب آشیانه جوندگان مورد بازرسی قرار گیرد. بایستی تمام خروجی‌های لوله چنان‌چه حیوانات مزرعه مجاز به

www.PnuNews.com

عبور در منطقه هستند با حصارکشی مورد مراقبت قرار گیرند.

ب) آدم‌روها (محفظه‌های کنترل) یا شن‌گیرها

معمولاً آدم‌روها یا حوضچه‌های کنترل در محل اتصالات و تغییرات عمده در مسیر لوله‌ها و یا هر کجا بر روی لوله که نصب آن قابل توجیه و به‌جا باشد به‌کار می‌رود. حائز اهمیت است که حوضچه‌های کنترل به‌خصوص در دوره بهره‌برداری اولیه تمیز نگهداری شوند. لازم است پس از نصب زهکش، حوضچه‌های کنترل هفته‌ای یک بار مورد بازرسی قرار گیرند، چون اغلب تمیز نکردن آن ها باعث بسته شدن شبکه زهکشی شده است. پمپ هائی موجود است که می‌تواند برای خارج کردن شن از حوضچه‌های کنترل مورد استفاده قرار گیرد. لازم‌است بلافاصله هر نوع فرسایش و نشستی که در اطراف قسمت خروجی حوضچه‌های کنترل پیش می‌آید مرمت شود. نبایستی از این حوضچه‌ها به‌عنوان خروجی‌های مازاد آب سطحی استفاده نمود. نبایستی کسی مجاز باشد بدون داشتن مجوز کتبی از دستگاه نظارت قسمت ۳ فوتی بالای حوضچه را بیرون بیاورد یا درپوش آن را جابه‌جا کند و بدین طریق ساختمان آن را دفن نماید. نبایستی گذاشت که سطح آب در حوضچه‌های کنترل از روی لوله ورودی به آن بالاتر بیاید.

بایستی موقع کاربرد میله‌های تمیزکننده مکانیکی در داخل حوضچه‌های کنترل دقت نمود که حرکات موج‌وار و ناگهانی تمیزکننده به انتهای لوله‌های ورودی و خروجی آسیب نرساند. لازم‌است لایه شن محبوس شده در محفظه‌های کنترل به‌دنبال هر جریان تمیزکننده زهکش تخلیه و تمیز شود.

لازم‌است در تمامی اوقات به‌غیر از زمان‌های تمیز کردن یا بازرسی درپوش‌های محفظه‌های کنترل کاملاً بسته باشند این کار از ورود آشغال به‌داخل محفظه جلوگیری نموده و هم‌چنین مانع افتادن بچه‌های کوچک به داخل آن می‌شود.

ج) نگهداری کلی از زهکشی‌های لوله‌ای

لازم‌است بلافاصله بعد از تکمیل و اتمام زهکش از مقدار جریان آب در هر محفظه کنترل و خروجی زهکش آماربرداری شود. این کار می‌تواند با اندازه‌گیری عمق آب در

www.PnuNews.com

لوله‌های تخلیه شونده به‌داخل محفظه‌های کنترل و با اندازه‌گیری دبی واقعی در خروجی زهکش انجام شود.

چون امکان زیادی دارد که قسمتی از طول زهکش کاملاً یا تا اندازه ای بسته باشد. لازم‌است منطقه امتداد زهکش برای محل‌های خیس، سوراخ‌های ایجاد شده یا ریشه درختان مورد بازرسی قرار گیرند زیرا این‌ها علائم خوبی برای محل‌های ایجاد زحمت و دردسر می‌باشند.

اگر گودی کوچکی پیدا شد لازم‌است آن‌را پر کرد و بعداً آن را برای هر نشست اضافی مورد بازرسی قرار داد. اگر گودی وسیعی پیدا شد لازم‌است حفره نسبتاً وسیعی تا محل زهکش کنده شود. زیرا گودی‌های بزرگ اغلب بر روی لوله شکسته یا روی اتصالات جدا شده ظاهر می‌شوند. اگر لوله شکسته شده بلافاصله باید عوض شود. می‌توان اتصالاتی که شکسته و از هم جدا شده‌اند به‌طور مطلوبی با قرار دادن قطعه‌های شکسته لوله در روی اتصال و پوشاندن اطراف اتصال با سنگ‌ریزه تعمیر نمود.

لکه‌های خیسی که به‌طور ناگهانی بر روی زهکش لوله‌ای پیدا می‌شود علائم خوبی برای بسته شدن کامل لوله یا قسمتی از آن می‌باشد. اگر فقط قسمتی از لوله با رسوبات گرفته شده است می‌توان گرفتگی را با وارد کردن توپی تا اندازه‌ای کوچکتر از قطر لوله از محل خیس بر خلاف جریان باز نمود. این روش با موفقیت برای شستشوی شن و لای از زهکش‌های لوله‌ای انجام شده است. هم‌چنین می‌توان فنر و میله‌های مورد استفاده در باز کردن لوله های فاضلاب را در لوله های سفالی و بتنی برای میل زدن و تمیزکردن زهکش به‌کار برد. در سال‌های اخیر نازل‌های فشار قوی ساخته شده است که به‌خصوص در تمیز کردن زهکش‌های لوله‌ای نوع پلاستیکی مفید می‌باشند در بعضی موارد اجباراً محل گرفتگی در لوله را معین نموده و با باز کردن روی زهکش و تعویض کردن آن قسمت از لوله زهکش مشکل مرتفع می‌شود.

لازم است لوله شکسته، اتصالات خرد شده یا زهکش‌های بسته هر چه زودتر تعمیر شود، به‌طوری‌که شبکه زهکشی مانند قبل وظیفه مربوطه را انجام دهد. معمولاً گرفتگی‌ها در زهکش‌های قدیمی‌تر به‌علت ریشه‌های نبات و درخت ایجاد می‌شود. به‌طور معمول سولفات مس تزریق شده به داخل شبکه زهکش ریشه‌ها را خشک خواهد کرد و سپس با استفاده از یک وسیله تمیزکننده‌ای که در جهت جریان آب عمل

www.PnuNews.com

می‌کند ریشه‌های مرده و خرد شده را با عمل شستشو از نزدیک‌ترین محفظه بازرسی خارج می‌کنند. موقعی‌که محفظه کنترلی وجود نداشته باشد لازم‌است چاهکی در محل بسته زهکش در جهت جریان آب حفر شود و یک یا دو لوله متصل به‌هم خارج شده به‌طوری‌که بتواند دستگاه تمیزکننده وارد لوله شود. لازم‌است همیشه موقع کاربرد این روش از توری بر روی دهانه لوله در جهت جریان آب استفاده شود تا از ورود ریشه یا سایر مواد از این قسمت زهکش جلوگیری شود.

لازم‌است کنترل‌های متناوب در امتداد زهکش‌های لوله‌ای انجام شود تا مطمئن گردید که درختان و بوته‌ها شروع به رشد در روی زهکش یا نزدیک به آن ننموده‌اند. در صورت امکان لازم‌است روئیدنی‌های جدید را با پاشیدن ترکیبات شیمیایی قابل قبول از بین برد. درصورتی‌که درختان یا بوته‌هائی در نزدیک زهکش روئیده که نمی‌توان خارج نمود بایستی با اعمال سولفات مس از زهکش ریشه‌ها را از بین برد. بهتر است این اقدام در فروردین‌ماه یا اردیبهشت صورت گیرد و اگر ریشه‌ها مشکل جدی ایجاد نموده‌اند لازم‌است دومین اقدام در شهریورماه نیز صورت پذیرد. کاربرد سولفات مس رویش جدید ریشه را متوقف نخواهد کرد از این رو اجباراً اقدام سالیانه نیز انجام خواهد شد.

۹-۳ زهکش‌های روباز

زهکش‌های روباز برای انجام کارشان براساس مبانی طراحی نیاز به مراقبت منظم دارند. شدت و میزان مراقبت بستگی به اقلیم، میزان بارندگی و عمق کنترل سطح ایستابی دارد. عموماً زهکش سطحی کم عمق در خاک‌های پایدار فقط نیاز به تمیز نمودن موضعی سالانه داشته و هر پنج‌سال یک‌بار نیز لازم‌است به‌طور کامل لایروبی شوند. در خاک‌های ناپایدار لایروبی سالانه کف زهکش به‌منظور حفظ عمق طراحی ضروری بوده به‌ویژه اگر تخلیه زهکش‌های لوله‌ای در زهکش روباز انجام شود. در خاک‌های پایدارتر و زهکش‌های روباز عمیق استفاده از ترکیبات شیمیائی از رشد علف‌های هرز، جگن، بید جلوگیری نموده یا از بین خواهد برد.

لازم‌است علف‌های هرز را بعد از نابود کردن با ترکیبات شیمیایی از زهکش خارج نموده تا آن قسمت زهکش تمیز باقی بماند. تمام زهکش‌های روباز بعد از وقوع

www.PnuNews.com

طوفان‌های شدید نیاز به نگهداری و مراقبت ویژه دارند. مشکل اصلی زهکش‌های روباز تمیز نمودن آن‌ها از علف‌های هرز رونده بوده که می‌توانند مشکلات جدی فرسایش را در اطراف تأسیسات زهکشی ایجاد نمایند.

لازم است تمام دیواره‌های چمن‌کاری شده را پس از تخریب مجدداً تمیز و صاف کرده و مورد کاشت قرار داد. اساساً این عمل به‌منظور تثبیت خاک دیواره‌ها و جلوگیری از پراکندگی آن با باد یا شسته شدن آن به‌داخل زهکش بوده و راه مناسبی رادر کنار زهکشی برای نگهداری آن فراهم سازد (ایجاد جاده سرویس).

هم‌چنین لازم است شیب‌های جانبی زهکش روباز به‌ویژه آن قسمت‌هائی که در بالای سطح آب است چمن‌کاری شده و هر دو سال یک بار به آن کود داده شود جاده‌های نگهداری نیاز به تعمیرات موضعی در بهار و بعد از هر طوفان شدید دارند.

مجاری‌های ورودی که برای هدایت آب‌های سطحی در دیواره‌های زهکش روباز ساخته می‌شوند بایستی از نوع مجاری لوله‌ای یا کانال‌های پوشش شده باشند. معمولاً این مجاری در صورت نصب درست فقط بعد از وقوع طوفان‌های شدید یا موقعی که زهکش باز مورد لایروبی قرار می‌گیرند نیاز به بازرسی دارند. تحت هیچ شرایطی نباید اجازه داد که در دیواره زهکش مجرائی بدون پوشش تعبیه گردد.

موقعی‌که از لوله‌های کوچک‌تر از قطر ۱۸ اینچ برای ورود جریان‌های سطحی به‌داخل زهکش روباز استفاده می‌شوند، غالباً لازم‌است در فصل بهار مورد بازرسی قرار گیرند تا از بسته‌شدن آن با علف‌های هرز اطلاع حاصل نمود. لازم‌است تمام تأسیسات کنترل‌کننده شیب جریان به‌طور متناوب از نظر نشت یا بریدگی و تخریب شدن از زیر مورد بازرسی قرار گیرند و هم‌چنین معلوم گردد که آشغال‌گیر و دیواره آرام‌کننده مشبک با علف‌های هرز بسته نشده باشند.

باید تمام نقاط دسترسی حیوانات به زهکش برای آب خوردن را با سنگ یا سیمان پوشش و هم‌چنین حصاره‌کشی نمود. لازم‌است تمام حصارهای بین مقاطع زهکش هر بهار و بعد از وقوع طوفان‌های شدید مورد بازرسی قرار گرفته و از علف‌های هرز و آشغال پاک شوند.

بایستی آبراهه‌های طبیعی که به‌عنوان زهکش مورد استفاده قرار می‌گیرند تا آنجا که ممکن‌است در وضع طبیعی خود باقی بمانند. پر کردن موضعی مقاطع فرسایش یافته

www.PnuNews.com

با سنگریزه و سنگ، پایداری کانال طبیعی را حفظ خواهد نمود. هم‌چنین لازم‌است مقاطع کوچک‌تری که تحت جریان دائمی فرسایش یافته‌اند با سنگ پوشش شوند. لازم‌است تمام ورودی‌های انتقال دهنده مازاد آبیاری یا هرزآب ناشی از بارندگی، لوله‌ای بوده و پوششی سنگ‌ریزه در زیر آن قرار گیرد.

۹-۴ چاه‌های مشاهداتی زهکشی

چاه‌های مشاهداتی که به‌درستی تعبیه شوند نیاز به حداقل نگهداری دارند در هر صورت هر تغییر ناگهانی در عمق سطح ایستابی یا ایجاد سطح ایستابی ثابت در دوره بیش از ۳ یا ۴ ماهه حاکی از مسدود شدن چاه می‌باشد. عملیات تمیز کردن چاه متنوع بوده و شامل پمپاژ لایه شن از داخل چاه، بیرون کشیدن لوله از چاه و نصب آن در چاه جدید می‌باشد. متداول‌ترین نیاز به تعمیر ناشی از خم شدن لوله در چاه و یا خرد شدن آن به‌وسیله دستگاه‌ها و تجهیزات بزرگراه یا مزرعه می‌باشد. لازم‌است برای در دست داشتن آمار کامل و درست سطح ایستابی، چاه‌های آسیب دیده دوباره برقرار گردیده و با پست رنگی به ابعاد ۴×۴ محافظت شوند. تمام ثبت‌کننده‌های خودکار نصب شده بر روی چاه‌های مشاهداتی نیاز به نگهداری ثابتی برای حفظ ساعت آن و کار درست ثبت‌کننده دارند.[1]

خلاصه فصل نهم

برای مدیریت سیستم زهکشی بایستی حداقل ماهی یک بار دریچه‌های یک‌طرفه مورد بازرسی قرار گیرد و حصارکشی لازم را داشته باشد و تمیز شوند. زهکش‌های لوله‌ای را با محک آدم‌روها می‌توان کنترل کرد و در صورت گرفتگی مشکل برطرف و لوله‌ها تمیز شود و نیز شکستگی‌ها برطرف گردد. کنترل متناوب روی لوله‌های زهکش انجام شود و درختان و بوته‌هایی که اطراف زهکش‌ها روییده‌اند به کمک ترکیبات شیمیایی از بین بروند.

میزان مراقبت زهکش‌های روباز بستگی به اقلیم، میزان بارندگی و عمق کنترل

1. Drainage manual (1995), A water Resource Technical publications , u.s. , Dept of Interior, Bureau of Reclamation.

www.PnuNews.com

سطح ایستابی دارد. زهکش‌های سطحی کم‌عمق در خاک‌های پایدار نیاز به تمیز کردن سالانه و هر پنج سال یکبار لایروبی کامل دارند و علف‌های هرز را باید به کمک ترکیبات شیمیایی از بین برد و چاه‌های مشاهدات نیز به حداقل نگهداری نیاز دارند و چاه‌های آسیب‌دیده بایستی تعمیر شود.

www.PnuNews.com

فصل دهم

روش‌های دیگر زهکشی

هدف کلی

هدف از این فصل کتاب آشنایی دانشجو با روش‌های دیگر زهکشی

هدف‌های رفتاری

پس از مطالعه این فصل دانشجو قادر خواهد بود:

۱. روش اجرای مجاری زهکشی بدون پوشش را شرح دهد.
۲. زهکشی زیستی را تعریف کند و درختان مناسب برای این روش را نام ببرد.
۳. زهکشی خشک را تعریف کند و نحوه اجرای آن را شرح دهد.
۴. روش اجرای زهکشی کنترل شده را شرح دهد.
۵. زهکشی اراضی به کمک چاه‌های آب‌خوان آزاد در چه مناطقی می‌تواند اجرا شود.
۶. منشأ آب‌های اضافی در اراضی شیب‌دار را بتواند نام ببرد.
۷. زهکش حائل در چه مناطقی استفاده می‌شود.
۸. چه مطالعاتی برای انجام زهکش حائل نیاز است.

۱۰-۱ مجاری زهکشی بدون پوشش

مجاری زهکشی، بدون پوشش به‌طور مصنوعی در لایه‌های زیرین نیم‌رخ خاک، بدون حفر ترانشه احداث می‌گردند. این نوع مجاری شبیه زهکش‌های لوله‌ای هستند با این

www.PnuNews.com

تفاوت که فاقد هر گونه پوششی از قبیل سفال (تنبوشه)، لوله سیمانی، پلاستیکی و یا سایر مواد پایدار کننده‌اند. ایجاد این قبیل زهکش‌ها در واقع با طول عمر کم تلقی می‌گردد. زیرا هرگاه شرایط خاک مناسب باشد، مجاری زهکشی در سالیان اولیه احداث کارایی داشته و سپس به‌تدریج تخریب گردیده و از بین می‌روند. و در صورت ضرورت مجدداً بایستی نسبت به احداث آن‌ها اقدام نمود. حداکثر عمر مفید آن‌ها حدود ۱۰ سال و در شرایطی حتی کمی بیشتر از آن گزارش شده است.

مجاری زهکشی بدون پوشش به‌طورکلی به‌دلیل عدم پایداری مناسب خاک‌ها در اکثر شرایط، عملکرد مطلوب نداشته و به بیانی دیگر کارآیی آن‌ها باعدم موفقیت همراه بوده است. هر چند خاک‌های رسی را برای احداث این سیستم زهکشی مناسب دانسته‌اند. لیکن درصد رس خاک، نمایه خوبی برای توجیه ایجاد مجاری زهکشی نمی‌باشد. به‌عنوان مثال در یک بررسی که بر روی سه نوع خاک با مقادیر متفاوت رس، در ایالت آیوا در کشور ایالات متحده آمریکا به‌انجام رسید، مشخص گردید که در شرایط یکسان بودن سایر متغیرها، هرگاه میزان رس خاک بیشتر باشد، تخریب حفره ایجاد شده در زیر سطح خاک مزرعه سریع‌تر است.

از جمله عوامل مهم در مورد ایجاد مجاری زهکشی بدون پوشش، میزان رطوبت خاک مزرعه در زمان اجرای عملیات است. به‌طورکلی میزان رطوبت نیم‌رخ خاک باید در حدی باشد که خاک قدرت ایستائی لازم برای تردد تراکتور و ایجاد مجاری زهکشی به‌وسیله خیش مربوطه را داشته باشد. قطرهای متداول در ایجاد مجاری بدون پوشش بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر است. به هر صورت، مجاری با قطر کمتر عمر مفید بیشتری دارند.

هر گاه بررسی‌های اولیه نشان دهد که امکان ایجاد و ضرورت احداث مجاری زهکشی در منطقه‌ای توجیه‌پذیر است، می‌توان آن‌ها را در خلاف جهت نصب زهکش‌های زیرزمینی و در بخش فوقانی آن‌ها ایجاد نمود. در این صورت مجاری زهکشی نقش زهکش‌های کمکی و تکمیلی را خواهند داشت. در هر صورت بهتر است خروجی این قبیل زهکش‌ها از نوع لوله‌ای باشد. در شرایطی نیز جمع‌کننده مجاری زهکشی بدون پوشش می‌تواند ترانشه‌ای با شیب و عمق کافی باشد که به‌وسیله شن و ماسه پر شده و زه‌آب‌های تخلیه شده به‌وسیله مجاری زهکشی را جمع‌آوری،

www.PnuNews.com

انتقال و به محل خروجی هدایت نماید. اعماق تجربه شده برای احداث مجاری زهکشی بین ۰/۵ تا حداکثر۱/۲ متر گزارش گردیده که تعیین عمق مطلوب و مناسب آن در منطقه بستگی به وجود لایه پایدار یا غیر ریزشی در نیم‌رخ خاک و امکانات اجرایی دارد. فاصله بین دو خط مجاری زهکشی می‌تواند بین ۵۰ – ۵ متر متغیر باشد. طول این قبیل زهکش‌ها با توجه به شیب اراضی بایستی کمتر از ۵۰۰ متر در نظر گرفته شود.

۱۰-۲ روش‌های زهکشی سازگار با طبیعت و محیط زیست

این قبیل روش‌های زهکشی که گاه تحت عنوان روش های دوستدار طبیعت نیز نامیده می‌شوند، عبارتند از زهکشی زیستی، زهکشی خشک و زهکشی کنترل شده که در زیر کلیاتی در مورد هر کدام ارائه می‌گردد.

۱۰-۲-۱ زهکشی زیستی

این روش زهکشی، غیر سازه‌ای بوده و اهداف زهکشی زیرزمینی از طریق کشت گیاهان (به‌طور عمده درختان غیر مثمر) به‌انجام می‌رسد. انتخاب نوع گیاهان (چند ساله و یا دائمی) باید با در نظر داشتن مقاومت به شوری و یا به‌طور ترجیحی هالوفیت بودن آن‌ها به انجام برسد. برای اجرای این روش زهکشی نوارهایی در مجاورت محدوده‌های زراعی به کشت گیاهان پرمصرف اختصاص داده می‌شود. این قبیل گیاهان به دلیل تعرق زیاد، پتانسیل آبی کمتری را در نیم‌رخ خاک به‌وجود می‌آورند. از این رو زه‌آب‌های زیرزمینی که پتانسیل آبی بیشتری دارند به سمت نوارهای یاد شده حرکت نموده و سطح آب زیرزمینی در محدوده‌های زراعی افت نموده و در واقع عمل زهکشی را به‌طریق زیستی به انجام می‌رسانند. در بررسی‌های مرتبط با روش زهکشی زیستی مواردی از جمله: بیلان آب و املاح، سطح اراضی مورد نیاز برای کشت گیاهان (درختان غیر مثمر)، نیاز آبی گیاهان مورد عمل در روش زهکشی زیستی، کیفیت آب زیرزمینی و گستره تأثیر نوارهای احداث شده بر محدوده‌های زراعی باید مورد نظر باشد. طبق بررسی‌های به‌انجام رسیده درختان مناسب برای این روش زهکشی به‌طور عمده می‌تواند انواع گز، اکاسیا، کهور و اکالیپتوس و ... باشند.

www.PnuNews.com

۱۰-۲-۲ زهکشی خشک

این روش زهکشی نیز غیر سازه‌ای است و اهداف زهکشی زیرزمینی را از طریق عدم کشت و کار نوارهایی در مجاورت محدوده‌های زراعی به‌انجام می‌رساند. برای اجرای این روش زهکشی بایستی نوارهایی از اراضی را به‌صورت موازی ایجاد نموده و به‌طور متناوب به‌صورت کشت شده و کشت نشده نگهداری نمود. در حقیقت این روش زهکشی مشابه با روش زهکشی زیستی می‌باشد با این تفاوت که به جای غرس درختان، نوارهایی از اراضی به‌صورت کشت نشده باقی می‌ماند. در این روش، به جای تبخیر و تعرق در گیاه فرآیند تبخیر از سطح خاک بدون پوشش به‌انجام می‌رسد. بدیهی است که در این روش زهکشی، در بسیاری از موارد، سطح اراضی کشت نشده بایستی بیشتر از سطح اراضی اختصاص داده شده به کشت درختان یا درختچه‌ها در روش زهکشی زیستی در نظر گرفته شود. در روش زهکشی خشک در اثر فرآیند تبخیر، نمک‌های محلول آب زیرزمینی به وسیله نیروی موئینگی به سطح خاک رسیده و بر روی سطح اراضی تجمع می‌یابد. بنابراین ضرورت دارد که هر چند وقت یک‌بار نمک‌های انباشته شده بر روی سطح اراضی کشت نشده به وسیله عملیات مکانیکی گردآوری، تخلیه و دفع گردد.

۱۰-۲-۳ زهکشی کنترل شده

این روش زهکشی در حقیقت تلفیق عملیات آبیاری و زهکشی می‌باشد و از طریق هر دو نوع سیستم‌های زهکشی متعارف، یعنی کانال‌های باز زهکشی و لوله‌های زهکشی زیرزمینی، قابلیت کاربرد دارد. برای اجرای این روش ضروری است که مقادیر زه‌آب‌های خروجی را کنترل نمود. به‌طوری‌که ضمن باز و بسته نمودن خروجی زهکش‌ها، بتوان سطح ایستابی را در نیم‌رخ خاک، در حد مطلوب تثبیت نمود. در این صورت، گیاهان می‌توانند از آب زیرزمینی به‌گونه‌ای استفاده نمایند که به گیاهان مورد عمل آسیبی از نظر حالت زهداری وارد نگردد. این روش زهکشی می‌تواند نقش با اهمیتی را در حفظ آب، افزایش راندمان آبیاری، حفظ مواد غذایی خاک و در نهایت کنترل کیفیت آب اراضی پایین دست داشته باشد. این روش زهکشی سالیان متمادی در کشورهای اروپایی، ایالات متحده آمریکا و حتی شمال آفریقا (کشور مصر) مورد

www.PnuNews.com

استفاده قرار گرفته است. زهکشی کنترل شده می‌تواند به همراه آبیاری زیرزمینی نیز اعمال گردد. در این صورت با معکوس نمودن جریان زهکشی، می‌توان نسبت به آبیاری زیرزمینی اراضی اقدام نمود.

۱۰-۳ مبانی طراحی روش‌های زهکشی قائم

به‌طوری‌که گفته شد منظور از زهکشی اراضی، تخلیه و دفع آب اضافی از سطح زمین و نیم‌رخ خاک است. بدین ترتیب برای تعدیل مشکل زهداری اراضی، تعبیه نوعی سیستم زهکشی برای افت سطح سفره آب زیرزمینی الزامی می‌باشد. در اکثر شرایط، ایجاد سیستم‌های زهکشی افقی باز یا زیرزمینی منظور را عملی می‌نماید. در بعضی حالت‌ها، افت سطح ایستابی تا تخلیه آب‌های اضافی از طریق چاه، عملی بوده و در صورت کیفیت مناسب آب، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.

در روش‌های زهکشی قائم که از طریق تخلیه چاه‌ها به‌انجام می‌رسد، ابتدا نفوذ عمقی حاصل از ریزش‌های آسمانی و یا آبیاری به‌صورت عمودی از سطح اراضی عبور نموده و پس از آن در لایه‌های زیرین و نفوذپذیر نیم‌رخ خاک‌ها به‌صورت افقی به چاه‌ها می‌پیوندد. بدین ترتیب دو معیار «نسبت ضخامت لایه آب‌دار یا آب‌خوان (D) به هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K) که در واقع میزان مقاومت هدایت هیدرولیکی خاک بر حسب روز می‌باشد و هم‌چنین حاصل ضرب هدایت هیدرولیکی اشباع (K) در ضخامت لایه آب‌دار (D) که به عنوان ضریب انتقال‌پذیری سازند آب‌دار (T) بر حسب متر مربع در روز می‌باشند، بایستی مورد نظر قرار گیرند.

در خصوص زهکشی اراضی زهدار از طریق تخلیه چاه‌ها یا روش‌های زهکشی قائم دو مورد مدنظر است که عبارتند از تخلیه، دفع و یا مصرف آب‌های زیرزمینی سفره‌های آزاد به‌منظور افت سطح ایستابی اراضی مسئله‌دار (زهکشی از طریق تخلیه چاه‌ها) و تعدیل اثرات تغذیه‌ای ناشی از فشار آرتزین آب‌های زیرزمینی سفره‌های تحت فشار یا نیمه تحت فشار.

روش زهکشی از طریق تخلیه چاه‌ها در شرایطی که آب زیرزمینی تحت فشار نباشد در مقایسه با تعبیه لوله‌های زهکشی زیرزمینی یا احداث کانال‌های باز زهکشی اقتصادی‌تر است.

www.PnuNews.com

۱۰-۴ زهکشی اراضی از طریق تخلیه چاه‌های آب‌خوان‌های آزاد

به‌طوری‌که بیان شد، این روش در مورد مناطقی که سفره آب زیرزمینی در آن آزاد باشد و به‌منظور پایین انداختن سطح ایستابی کاربرد دارد. برای موفقیت، باید شرایط زیر فراهم باشد:

- حداقل ضخامت لایه آب‌دار یا آب‌خوان بایستی ۱۵-۱۰ متر بوده و سازندهای لایه‌های زیرین همگن باشد.
- ضریب انتقال‌پذیری (T) آب‌خوان یا سفره آب زیرزمینی بیشتر از ۱۰۰ متر مربع در روز باشد.
- میزان آبدهی ویژه یا تخلخل موثر (S) سازندهای آب‌خوان رضایت‌بخش باشد.
- امکان دسترسی به نیروی برق ارزان فراهم باشد.

بدیهی است کیفیت مناسب آب‌های زیرزمینی که امکان استفاده از آب را برای عملیات آبیاری فراهم می‌آورد موجب توجیه بیشتر اقتصادی این قبیل روش‌های زهکشی خواهد شد. در این روش زهکشی بهتر آنست که تثبیت سطح ایستابی در اعماق ۳-۲/۵ متری از سطح خاک به‌انجام رسد تا در اثر بارندگی و یا آبیاری، محدوده توسعه و فعالیت ریشه گیاهان به‌سادگی تحت تأثیر قرار نگیرد. بدین ترتیب مقدار پمپاژ از چاه‌ها کمتر شده و با تواتر زمانی طولانی‌تری به‌انجام خواهد رسید. در نتیجه نیاز به انتخاب و نصب پمپ کوچک‌تری بوده و برای انتقال دبی تخلیه شده به سیستم انتقال و توزیع کوچک‌تری نیز نیاز خواهد بود.

۱۰-۵ زهکشی اراضی شیب‌دار و جریان آب بین دو آبراهه

مقدمه

منشاءآب‌های اضافی در اراضی شیب‌دار عبارتند از:

۱- منشاء آب‌های ورودی، ممکن‌است از اراضی شیب‌دار هم‌جوار باشد و یا این‌که کانال مرتفع آبیاری، چنین مشکلی را ایجاد کند.

۲- منبع آب تغذیه کننده ممکن‌است منشاء موضعی داشته باشد در این مورد می‌توان به تراکم ریزش باران و یا آبیاری متراکم در اراضی شیب‌دار اشاره نمود

جریان‌های ورودی از مناطق و اراضی هم‌جوار و شیب‌دار را می‌توان از طریق

www.PnuNews.com

احداث زه‌کش‌های حائل یا قطع‌کننده مهار نمود. در مورد ایجاد این قبیل زهکش‌ها باید دقت لازم و کافی برای تعیین محل و عمق نصب براساس ویژگی‌های توپوگرافی و شرایط ژئوهیدرولوژیکی اعمال گردد.

۱۰-۵-۱ احداث زهکش حائل برای تعدیل اثر آب‌های ورودی

۱۰-۵-۱-۱ شرایط مناسب برای استفاده از زهکش حائل

در اراضی شیب‌دار، آب زیرزمینی به‌طور معمول در طبقات نفوذپذیری جریان می‌یابد که بر روی طبقه غیر قابل نفوذی از قبیل سنگ بستر و یا صخره‌های سخت قرار داشته باشند. این پدیده تحت عنوان جریان آب زیر سطحی یا زیرپوسته‌ای شناخته می‌شود که موقعیت آن در حد میانی جریان‌های سطحی و زیرزمینی در لایه‌های زیرین است. در شرایطی همانند آن‌چه که در اراضی شیب‌دار، در اثر تغییر شیب اراضی در دامنه‌ها اتفاق می‌افتد و یا در حالت‌هایی که لایه غیر قابل نفوذ زیر سطح اراضی برآمدگی موضعی حاصل می‌نماید، هم‌چنین ممکن‌است آب زیرزمینی به‌سمت سطح اراضی بالا بیاید. نشت از کانال‌های آبیاری یا آب‌رسانی بدون پوشش نیز ممکن‌است منشاء اصلی جریان جانبی افقی به سمت اراضی پست و هم‌جوار گردد.

در کلیه این موارد می‌توان از، زهکش‌های حائل که ممکن است از نوع بسته (لوله‌های زهکشی زیرزمینی) و یا نهرچه‌های باز زهکشی باشند استفاده کرد.

۱۰-۵-۱-۲ لزوم انجام بررسی‌های میدانی

شرایط ژئوهیدرولوژیکی در مناطقی که جریان آب‌های ورودی اراضی هم‌جوار (عمدتاً شیب‌دار) وجود دارد به طور نسبی بسیار پیچیده است. بدین دلیل قبل از اقدام به طراحی و نصب، به‌خصوص برای دستیابی به محل نصب و عمق مطلوب زهکش‌های حائل بایستی بررسی‌های میدانی به انجام رسد. این بررسی‌ها به‌طور عمده می‌تواند مشتمل بر موارد زیر باشد:

۱- تشخیص گستردگی و شدت حالات ماندابی و زهداری اراضی از طریق بازدیدهای صحرایی و بررسی عکس‌های هوایی منطقه

۲- تعیین علت و تشخیص جهت حرکت غالب آب‌های زیرسطحی

www.PnuNews.com

۳- برآورد یا تعیین ضخامت، شیب و هدایت هیدرولیکی لایه آب‌دار

بدیهی است برای تعیین بار هیدرولیکی آب‌خوان‌های آزاد و نصب چاهک مشاهده‌ای و در صورت وجود شرایط تحت فشار و یا نیمه تحت فشار، نصب پیزومتر ضروری است در این مورد در مرحله اول، احداث شبکه چاهک‌های مشاهده‌ای به فواصل ۱۰۰-۲۵۰ متر در جهت حرکت آب زیرزمینی و قرائت رقوم پیزومترها برای تهیه و ترسیم نقشه‌های خطوط هم تراز آب‌های زیرزمینی و خطوط هم‌پتانسیل ضروری می‌باشد.

قرائت رقوم این چاهک‌ها، امکان بررسی و تشخیص علل بروز مشکلات زهکشی را مشخص‌تر می‌نماید و بدین ترتیب امکان تفسیر تفضیلی وضعیت سطح ایستابی فراهم گردیده و مناطق تغذیه و تخلیه نیز مشخص خواهد شد.

مطالعات ژئوفیزیکی را می‌توان از طریق روش‌های متداول برای تعیین عمق لایه غیرقابل‌نفوذ و یا مشخص نمودن چگونگی لایه‌های محدودکننده و یا میزان ناهمواری و فرورفتگی‌های موجود در آن به‌کار گرفت نتایج این قبیل بررسی‌ها می‌تواند در مورد تعیین بهترین محل نصب زهکش‌های حائل بسیار مؤثر باشد. زهکش‌های حائل بایستی عمود بر جهت حرکت آب‌های زیرزمینی طراحی و اجرا گردند. در مورد عمق نصب آن‌ها بایستی سعی شود، تا آنجایی که ممکن است این قبیل زهکش‌ها در سازندهای آب‌دار و در عمق مطلوب و مؤثری تعبیه شوند تا مقادیر قابل ملاحظه‌ای از جریان زیرزمینی را که از اراضی شیب‌دار منشاء می‌یابند، قطع و هدایت نمایند.[۱]

خلاصه فصل دهم

مجاری زهکش بدون پوشش به‌طور مصنوعی بدون حفر ترانشه احداث می‌گردند و عیب آن‌ها طول عمر کم این مجاری می‌باشد و برای خاک‌های رس مناسب می‌باشند. روش زهکشی زیستی غیرسازه‌ای بودو با کاشت درختان غیر مثمر باعث پایین بردن سطح ایستابی می‌شویم، زهکشی خشک نیز شبیه زهکش زیستی است با این تفاوت که

---

۱. مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه‌زاری، نشره شماره ۳-۳۴۶، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۵)

www.PnuNews.com

در نوارهای ایجاد شده درخت کاشته نمی‌شود. زهکش کنترل شده تلفیق عملیات آبیاری و زهکشی می‌باشد و برای اجرای آن مقادیر زه‌آب‌های خروجی را کنترل می‌کنیم.

در مناطقی که سفره آب زیرزمینی در آن آزاد است به کمک حفر چاه در آب‌خوان‌های آزاد، می‌توانیم سطح ایستابی را پایین انداخته و باعث زهکشی منطقه شویم، بایستی حداقل ضخامت لایه آب‌دار ۱۵-۱۰ متر و ضریب انتقال‌پذیری بیشتر از ۱۰۰ متر مربع در روز باشد و امکان دسترسی به نیروی برق ارزان را داشته باشیم. در اراضی شیب‌دار به کمک زهکش حائل می‌توانیم عمل زهکشی را انجام دهیم.

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

فرهنگ لغات و اصطلاحات مربوط به زهکشی

۱. سفره آبدار Aquifer
لایه‌ای از زمین که متخلخل و آبدار باشد

۲. واریختن خاک Back fill
پر کردن یک ترانشه و یا گودی اطراف یک ساختمان با خاک

۳. زهکش کور Blind drain, French drain
نوعی زهکش که با پر کردن ترانشه به‌وسیله مصالح تراوا مانند شن درشت و سنگ شکسته ساخته می‌شود. در این نوع زهکش آب از خلل و فرج این مصالح عبور کرده و به سمت تخلیه‌گاه جریان می‌یابد. به این نوع زهکش، زهکش فرانسوی نیز اطلاق می‌شود زیرا اولین بار در کشور فرانسه احداث شده است.

۴. زهکش فرعی branch drain
زهکشی که آب زهکش‌های جانبی را جمع می‌کند و در زهکش اصلی می‌ریزد.

۵. حاشیه موئینه‌ای capillary
منطقه‌ای بلافاصله بالای سطح ایستابی که در آن آب، به علت خواص موئینگی، بالاتر از سطح ایستابی قرار می‌گیرد.

۶. لوله سفالی یا تنبوشه Clay tile
قطعات کوتاه لوله ساخته شده از رس که در کوره خشک می‌شود و برای زهکشی زیرزمینی به‌کار می‌رود.

۷. زهکش جمع کننده collectore drain, collectore ditch
لوله و یا مجرای روبازی که زه‌آب‌ها را از رهکش‌های مزرعه جمع‌آوری و به زهکش فرعی و یا اصلی تخلیه می‌کند.

۸. لوله پلاستیک خرطومی Corrugated plastic pipe
لوله‌های پلاستیکی که شیارهای محیطی متناوبی در آن ایجاد شده تا لوله را از جهت طولی انعطاف‌پذیر و در جهت عرضی مقاوم سازد.

۹. نهر یا زهکش روباز ditch
زهکش روباز مزرعه که یا نقش زهکش زیرزمینی یا زهکش جمع‌کننده و یا ترکیبی از این دو را بازی می‌کند.

۱۰. زهکش یا کانال زهکش Drain or channel
مجاری طبیعی یا مصنوعی برای خارج کردن آب اضافی زیرزمینی یا سطحی

۱۱. تخلخل مؤثر Drainable porosity
حجم آب زهکشی شده از حجم مشخصی از خاک اشباع تحت تأثیر نیروی ثقل که به‌صورت درصد از کل حجم خاک اشباع به شرح زیر بیان می‌شود:

$$\text{تخلخل مؤثر} = \frac{\text{حجم آب زهکشی شده}}{\text{کل حجم خاک اشباع}} \times ۱۰۰$$

www.PnuNews.com

۱۲. زهکشی Drainage
خارج کردن آب‌های اضافی سطحی و یا زیرزمینی از یک منطقه

۱۳. نمایه (ضریب) زهکشی Drainage coefficient
مقدار آبی که در مدت زمان معین از پهنه زهکشی خارج می‌شود و به‌طور معمول برحسب میلی‌متر در روز (۲۴ ساعت) بیان می‌شود.

۱۴. باران مبنای طرح زهکشی Drainage design rainfall
میزان بارندگی در واحد زمان که در محاسبات میزان نمایه (ضریب) زهکشی به‌کار می‌رود.

۱۵. راندمان زهکشی Drainage efficiency
نسبت حجم خارج شده از زهکش‌ها به میزان بارندگی یا آبی که باید زهکشی شود.

۱۶. دوره (فصل) زهکشی Drainage season
دوره‌ای از سال که آب در سیستم زهکشی جریان دارد.

۱۷. شبکه زهکشی Drainage system
مجموعه زهکش‌های اصلی و درجه دوم و زهکش‌های جمع‌کننده و انهار کوچک همراه با ساختمان‌های آبی مربوطه

۱۸. ظرفیت زهکش Drain capacity
حداکثر جریان قابل انتقال از یک لوله یا کانال زهکشی

۱۹. عمق زهکشی Drain depth
فاصله عمودی بین سطح زمین و کف یک زهکش روباز و یا لوله زهکش گاهی فاصله بین سطح زمین تا محور لوله زهکش به‌عنوان عمق زهکش تعریف می‌شود.

۲۰. لوله زهکش Drain pipe
لوله‌ای که برای جذب، انتقال و تخلیه زه‌آب به‌کار برده می‌شود.

۲۱. فاصله زهکش Drain spacing
فاصله افقی بین محورهای زهکش‌های مجاور یکدیگر

۲۱. تنبوشه Drain tile
لوله‌های کوتاه سفالی یا بتنی و یا امثال آن‌ها که در زهکش زیرزمینی به‌کار می‌رود.

۲۲. ترانشه زهکش Drain trench
کانال حفر شده برای قرار دادن تنبوشه‌ها و یا لوله‌ای زهکش

۲۳. لوله زهکش Drain tube
هر نوع لوله (معمولاً پلاستیکی) که برای زهکشی زیرزمینی به‌کار می‌رود.

۲۴. پوشش Envelope
مخلوطی از مواد تراوا که اطراف لوله و به‌منظور جلوگیری از وارد شدن ذرات خاک به داخل لوله و یا افزایش آبگذری محیط پیرامون لوله زهکش قرار داده می‌شود.

۲۵. مقاومت ورودی Entrance resistance
مقاومت نسبت به عبور جریان آب از درز و یا سوراخ‌های لوله‌های زهکش که به سبب تقارب خطوط جریان ایجاد می‌گردد.

۲۶. افت ورودی Entry loss
افت بار مرتبط با ورود آب از منافذ جدار به داخل لوله

۲۷. خط هم‌پتانسیل Equipotential line
خطی فرضی در یک محیط جریان یکنواخت که مقدار بار هیدرولیکی برای تمام نقاط روی آن مساوی می‌باشد.

۲۸. نهرچه زهکشی مزرعه Field drain

www.PnuNews.com

انهار روباز و یا لوله‌های زهکش که مستقیماً آب‌های سطحی و یا زیرزمینی را از مزارع جمع‌اوری کرده و به زهکش جمع‌کننده تخلیه می‌کنند.

۲۹. زهکشی مزرعه Field drainage

جمع‌اوری آب مازاد سطحی و یا زیرزمینی به‌وسیله شبکه زهکش‌های مزرعه

۳۰. چاهک‌های بازبینی مزرعه Field inspection shaft

چاهک جهت بازبینی عملکرد لوله‌های زهکش مزرعه

۳۱. صافی Filter

قشری از شن و ماسه با دانه‌بندی مناسب جهت جلوگیری از ورود ذرات خاک به داخل لوله‌های زهکشی زیرزمینی

۳۲. پوشش شنی Gravel envelope (gravel filter, gravel jacket, gravel pack

لایه‌ای از ماسه درشت یا شن ریز به ضخامت حدود ۱۵۰–۵۰ میلی‌متر که به‌طور کامل اطراف لوله‌های زهکش زیرزمینی ریخته می‌شود و منظور از آن نگهداری لوله، افزایش آبگذری محیط مجاور لوله و جلوگیری از ورود مواد رسوبی به داخل لوله است.

۳۳. آب زیرزمینی Gravel water

آبی که در زیرزمین و در سفره آبدار قرار داشته و چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها از آن تغذیه می‌شوند.

۳۴. هدایت هیدرولیک Hydraulic conductivity

شدت جریان یک مایع از واحد سطح مقطع یک توده متخلخل با بار آبی واحد

۳۵. بستر ناتراوا Impervious floor

بستر ناتراوا که اجازه نفوذ یا گذر آب را نمی‌دهد.

۳۶. نفوذ سطحی Infiltration

جریان یا نفوذ آب از سطح زمین به درون خاک

۳۷. زهکش حائل Intercepting drain

زهکش سطحی یا زیرزمینی که در پای اراضی شیب‌دار یا به موازات کانال یا در اطراف مخزنی که از آن آب نشت می‌کند و به‌منظور جلوگیری از نفوذ جریان‌های زیرزمینی به مناطق دیگر احداث می‌شود.

۳۸. اتصال Junction

محل اتصال دو یا چند رشته زهکش – محل اتصال زهکش زیرزمینی به زهکش روباز

۳۸. حوضچه اتصال Junction bon

حوضچه، آدم‌رو یا سایر ساختمان‌هایی که برای اتصال دو یا چند رشته زهکش به‌کار می‌رود.

۳۹. آبشویی Leaching

خارج ساختن نمک‌های محلول از خاک به‌وسیله گذراندن آب از آن

۴۰. زهکش اصلی Main drain

مجرای اصلی برای جمع‌آوری جریان آب از مجاری فرعی

۴۱. سیستم زهکشی اصلی Main drainage systeme

مجموعه زهکش‌هایی که آب زهکشی شده به‌وسیله زهکش‌های مزرعه را جمع‌آوری و به تخلیه‌گاه انتهایی منتقل می‌نماید.

۴۲. نگهداری Maintenance

عملیات مربوط به حفاظت و نگهداری انهار آبیاری، زهکشی، تأسیسات هیدرولیکی راه‌های سرویسی و یا تأسیسات دیگر، به‌طوری‌که در وضع مناسب و قابل بهره‌برداری باقی بمانند.

۴۳. چاهک بازرسی Manhole

چاهک‌هایی که در امتداد زهکش‌های زیرزمینی احداث می‌شود و برای نگهداری و بازبینی لوله‌ها به‌کار می‌رود.

۴۴. چاهک لانه موشی Mole drain

www.PnuNews.com

مجرای زهکشی همانند یک نقب کوچک که در زیرزمین احداث می‌شود.

۴۵. چاه مشاهده‌ای Observation well

چاهی که برای مشاهده و اندازه‌گیری تراز ایستابی یا سطح پیزومتری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴۶. تخلیه‌گاه انتهایی Out fall

محل یا جاییکه یک نهر زهکش به یک زهکش بزرگ‌تر، رودخانه و یا دریاچه و غیره تخلیه می‌گردد.

۴۷. آبراهه خروجی Outlet channel

آبراهه یا کانال زهکشی که جریان زهکش‌های روباز و زیرزمینی و هرز آب‌ها را جمع‌اوری و تخلیه نماید.

۴۸. رواناب – هرز آب Overland flow

جریان‌های ناشی از بارندگی در سطح زمین، پیش از آنکه به آبرو معینی برسد.

۴۹. شبکه سوراخ‌ها و منافذ Perforations

سوراخ‌هایی که برای ورود آب در امتداد طول و پیرامون لوله‌های پلاستیکی زهکشی ایجاد می‌گردد.

۵۰. پیزومتر Piezometer

وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری بار آبی که معمولاً به‌صورت یک لوله باریک در سفره اب زیرزمینی و یا مجرای آب نصب می‌شود.

۵۱. تخلخل porosity

نسبت حجم فضاهای خالی در توده‌ای از یک ماده به حجم کلی آن توده که معمولاً برحسب درصد نشان داده می‌شود.

۵۲. لوله پی وی سی PVC pipe

لوله‌ای که از ماده اولیه پلی‌وینیل کلرید (PVC) ساخته می‌شود.

۵۳. زهکش زیرزمینی Relief drainage

زهکش به‌صورت کانال‌های روباز یا لوله‌ای و یا چاه که زه‌آب لایه‌های اشباع شده خاک را جمع‌آوری و تخلیه می‌کند. همچنین زهکشی تراوشی seepage drainage نیز می‌نامند.

۵۴. جریان نشتی seepage flow

نفوذ و جریان آب به درون خاک که سبب زهدار شدن آن می‌گردد.

۵۵. شبکه منفرد Singular system

شبکه زهکشی که در آن زهکش‌های مزرعه مستقیماً وارد زهکش جمع‌کننده روباز می‌شود.

۵۶. آبدهی ویژه Specific yiels

نسبت بین حجم آبی که خاک پس از سیراب (اشباع) شدن در اثر نیروی وزن آزاد می‌کند به کل حجم خاک

$$S = \frac{\text{حجم آب زهکشی شده}}{\text{کل حجم آب اشباع شده}} \times ۱۰۰$$

۵۷. ظرفیت ذخیره Storage capacity

حداکثر حجم آبی که خاک و یا سفره آبدار می‌تواند در خود نگه دارد.

۵۸. رهکش فرعی Submain drain

زهکشی است که آب زهکش‌های جانبی را جمع می‌کند و به زهکش اصلی می‌ریزد.

۵۹. رواناب زیرسطحی Subsurface runoff

بخشی از بار که در زمین تراویده و در زیر لایه سطح خاک روان شده و به‌وسیله زهکش‌های روباز و یا زیرزمینی جمع‌اوری می‌گردد.

۶۰. قابلیت انتقال Transmissivity

حاصل ضرب هدایت هیدرولیکی در ضخامت بخش آبدار سفره آبدار (T=K.D)

www.PnuNews.com

۶۱. جریان غیرماندگار Trainsient flow
جریانی که در آن دبی آب در هر نقطه معین نسبت به زمان تغییر نماید.
۶۲. ترانشه Trench
شکل مخصوصی از گودبرداری برای احداث جاده – کانال و زهکش
۶۳. ترنچر Trencher
دستگاهی که برای کندن ترانشه و قرار دادن لوله‌های زهکش به‌کار می‌رود.
۶۴. زهکش بدون حفر ترانشه Trenchless drainage
زهکش زیرزمینی که در آن لوله‌های زهکش به‌وسیله ماشین ترنچلس و بدون حفر ترانشه در زمین کار گذاشته می‌شود.
۶۵. ماشین زهکشی ترنچلس Tranchless plow
ماشینی که بدون کندن ترانشه و فقط با کمی جابه‌جا نمودن خاک لوله زهکش را در زمین کار می‌گذارد.
۶۶. جریان یکنواخت Uniform flow
جریانی که در طوبل مسیر، عمق، سطح مقطع جریان، سرعت و شیب هیدرولیکی آن ثاب می‌ماند.
۶۷. سیستم زهکشی قائم Vertical subsurface drainage system
سیستم زهکشی که در آن زه‌آب به‌وسیله چاه‌هایی که در طبقات یا سنگ‌های متخلخل زمین حفر شده تخلیه می‌شود.

www.PnuNews.com

www.PnuNews.com

منابع

۱. بای‌بوردی، م. ۱۳۷۸، اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۴۱ صفحه

۲. راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی، شماره ۱۵، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۷۶

۳. زهکشی زیرزمینی برنامه‌ریزی، اجرا و بهره‌برداری، شماره ۱۲۰، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۶

۴. علیزاده ، ۰۱، ۱۳۸۴، زهکشی جدید (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۹۶ صفحه

۵. مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه‌زاری، نشره شماره ۳-۳۴۶، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۵)

۶. مصطفی‌زاده، ب، ۱۳۸۴، مهندسی زهکشی، انتشارات کنکاش، ۴۱۶ صفحه

7. Drainage manual (1995), A water Resource Technical publications , u.s. , Dept of Interior, Bureau of Reclamation.
8. Framji, k.k. ,B.C.Gary and S.P.Kaushish (ed), 1987, Design practices for covered drains in an agricultural Land drainage, system, a word wide survey; ICID; Thomson press, New Delhi, India.
9. Hansen, V.E. , O.W. Israelsen and G.E.Stringham, 1980 , Irrigation principles and practices, 4th Edition, John wiley and sons, Inc. , N. Y. 417 p.
10. Jones, T.L. 1995, Description of water potential components Dept. of Agronomy and Horticulture, New Mexico state university.
11. Kadam, u.s. , Thokal, R.T, Gorantiwar, S.D and A.G. power, 2008, Agricultural Drainage principles and practices, New Delhi, 539 p

www.PnuNews.com