جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه زاری

(آبیاری ثقلی)

جلد دوم

ضوابط مبانی آبیاری و تسطیح اراضی کشاورزی

نشریه شماره ۲-۳٤٦

وزارت جهاد کشاورزی

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

معاونت آب و خاک
دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز
و نوسازی اراضی کشاورزی

معاونت برنامه‌ریزی
مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی
و اقتصاد کشاورزی

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۵/۰۰/۸۲

۱۳۸۵

فهرست‌برگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه زاری (آبیاری ثقلی)/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ وزارت جهاد کشاورزی، معاونت آب و خاک، دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی؛ معاونت برنامه‌ریزی مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۵.

۵ج.: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۴۶) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۵/۰۰/۸۱ – ۸۵/۰۰/۸۵)

ISBN 964-425-815-0 (set)

مندرجات: ج. ۱. کلیات، تعاریف و مفاهیم پایه.- ج.۲. ضوابط مبانی آبیاری و تسطیح اراضی کشاورزی.- ج.۳. زهکشی.- ج.۴. سازه‌های آبی و جاده‌های دسترسی.-ج.۵. یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی.

۱. آبیاری- امکان‌سنجی. ۲. تسطیح اراضی- امکان‌سنجی. ۳. زهکشی - امکان‌سنجی. ۴. سازه‌های هیدرولیکی - طرح و محاسبه. ۵. یکپارچه‌سازی اراضی - امکان‌سنجی. ۶. کشاورزی - تأمین آب - امکان‌سنجی. الف. ایران. وزارت جهاد کشاورزی. دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی. ب. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. ج. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. د. عنوان. هـ فروست.

۱۳۸۵ ش. ۳۴۶ ۲۴ س/ ۳۶۸ TA

شابک ۶-۸۱۲- ۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-812-6

مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه زاری (آبیاری ثقلی)، جلد دوم: ضوابط مبانی آبیاری و تسطیح اراضی کشاورزی

تهیه‌کننده: معاونت امور فنی. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

چاپ اول، ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۸۰۰۰ ریال

سال انتشار: ۱۳۸۵

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ اتحاد

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۱۰۰/۷۴۸۰۷
	تاریخ:	۱۳۸۵/۵/۴

موضوع:
مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی جلد دوم: آبیاری و تسطیح اراضی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه کشور و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی به پیوست نشریه شماره ۲-۳۴۶ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «**مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی جلد دوم: آبیاری و تسطیح اراضی**» از نوع گروه دوم، ابلاغ می‌شود.

شایسته است، دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را - ضمن تطبیق با شرایط کاری خود - در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

فرهاد رهبر
معاون رییس جمهور و رییس سازمان

پیشگفتار

تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی به کلیه عملیاتی اطلاق می‌گردد که جهت استفاده بهینه از پتانسیل‌های آب و خاک در داخل واحد مزرعه صورت می‌گیرد و شامل اجزای زیر است:

- احداث سامانه‌های آبیاری و زهکشی داخل مزرعه و ابنیه مربوط به آن؛
- آرایش مناسب هندسی، قطعه‌بندی و تسطیح اراضی؛
- احداث جاده‌های دسترسی؛ و
- تجمیع و یکپارچه‌سازی اراضی.

اهدافی که در این عملیات مد نظر است فهرست‌وار عبارتند از :

- تنظیم و آرایش هندسی قطعات زراعی نامنظم؛
- قرار دادن آب در بالاترین نقطه قطعات زراعی و پخش یکنواخت آب در سطح آنها؛
- توزیع آب بین قطعات زراعی؛
- جمع‌آوری، هدایت و تخلیه مازاد آب آبیاری و بارندگی در واحدهای مزرعه؛
- زهکشی زیرزمینی اراضی؛ و
- ایجاد امکان دسترسی و ارتباط بین قطعات زراعی جهت انجام عملیات زراعی و مکانیزاسیون کشاورزی.

تمامی اهداف فوق به منظور دست‌یابی به استفاده بهینه از منابع آب و خاک و حصول به عملکرد هرچه اقتصادی تر محصول با استفاده از عملیات مکانیزه کاشت، داشت و برداشت می‌باشد.

نشریاتی که اینک در دسترس علاقمندان و دست‌اندرکاران قرار می‌گیرد، به "ضوابط و مبانی طراحی تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی به منظور آبیاری ثقلی" اختصاص دارد. این نشریه ها در پنج جلد به شرح زیر منتشر می‌شوند :

- جلد اول : کلیات؛
- جلد دوم : آبیاری؛
- جلد سوم : زهکشی؛
- جلد چهارم : سازه‌های آبی و جاده‌های دسترسی؛ و
- جلد پنجم : یکپارچه‌سازی اراضی.

این نشریات، همانگونه که از نام آنها بر می‌آید، منحصر به آبیاری سطحی بوده و سامانه‌های تحت فشار را در بر نمی‌گیرند. علاوه بر این، مفاد این نشریات به آبیاری زراعتهای معمولی محدود می‌شود و مزارع شالیزاری، باغات، قلمستانها، گلکاریها و نظایر آن را شامل نمی‌شود.

امید است که مجموعه این پنج جلد که در حقیقت اجزای جدا ناشدنی یکدیگر به حساب می‌آیند، بتواند جای خالی ضوابط و مبانی طراحی تجهیز و نوسازی اراضی به منظور آبیاری ثقلی را تا حدود زیادی پر کند.

این نشریه، جلد دوم از یک مجموعه پنج جلدی مربوط به « ضوابط و مبانی طراحی تجهیز و نوسازی اراضی بـه منظـور آبیـاری ثقلی» است که به « آبیاری» اختصاص دارد.

در این نشریه ابتدا مطالعات کلی آبیاری مورد بحث قرار می گیرد و سپس ضوابط و مبانی طراحی روشهای آبیاری ارائه می شـود. پس از آن مبانی طراحی مجاری آب (کانالهای خاکی، بتن درجا، بتنی پیش ساخته و لوله های کم فشار) و در پایان ضـوابط و مبـانی طراحی تسطیح اراضی کشاورزی ارائه شده است.

متن اصلی این نشریه توسط مهندسین مشاور آبساران تهیه گردیده و در کمیته فنی متشکل از نمایندگان دفتر توسعه شبکه‌هـای آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی آقایان مهندس ادیمی، مهندس عادلی نوری و مهندس ابوالحسنی و نماینـدگان مؤسسـه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی آقایان مهندس پالوج، مهندس دهقان و مهندس سـعیدنیا و سـرکار خـانم مـاهوتی پـور و نمایندگان دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله آقایان مهنـدس علیرضـا دولتشـاهی و مهنـدس خشـایار اسفندیاری و نمایندگان مشاور، آقایان مهندس مجتبی اکرم و مهندس سید طاهر اسماعیلی نهایی گردیده است.

معاونت امور فنی از تمامی کسانی که در تهیه و تنظیم این نشریه همکاری داشته‌اند و بـه ویـژه جنـاب آقـای مهنـدس کـاظمی ریاست محترم مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی و جناب آقای مهندس سجادی مـدیر کـل محتـرم دفتـر توسـعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی تشکر و قدردانی به عمل می‌آورد.

در پایان از تمامی متخصصان و کارشناسان تقاضا دارد با ابراز نظرات سازنده، این معاونت را در تحقق اهداف خود یاری نمایند.

حبیب امین‌فر

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مطالعات کلی آبیاری ۱

۱-۱- روشهای مناسب برآورد نیاز آبی گیاهان ۱

۱-۲- برآورد دبی ویژه (هیدرومدول) ۳

۱-۲-۱- برآورد دبی ویژه برای الگوی تک کشتی ۴

۱-۲-۳- محاسبه دبی ویژه با درصد احتمال معین ۵

۱-۲-۴ تعیین هیدرومدول با استفاده از روابط تجربی ۷

۱-۲-۵- تعیین دبی ویژه برای طراحی کانالها و سازه های آبی ۸

۱-۳- استفاده از رابطه خطّی ۹

۱-۳- استفاده از رابطه نمایی ۱۰

۱-۳- ضریب انعطاف در تعیین ظرفیت کانالهای آبیاری ۱۳

۱-۴- تعیین ظرفیت سازه های آبیاری ۱۴

فصل دوم- طراحی روشهای آبیاری سطحی ۱۵

۲-۱- آبیاری نشتی ۱۵

۲-۱-۱- تعریف ۱۵

۲-۱-۲- کاربرد سیستم ۱۵

۲-۱-۳- محدودیت کاربرد ۱۵

۲-۱-۴- پارامترهای طراحی ۱۵

۲-۱-۴-۱- شیب شیار (نشتی) ۱۵

۲-۴-۱- شیب عرضی زمین عمود بر شیارها ۱۶

۲-۱-۴-۳- نوع خاک و گیاه ۱۶

۲-۱-۴-۴- مهارت زارع یا آبیار ۱۶

۲-۱-۴-۵- محدودیتهای طراحی ۱۶

۲-۱-۴-۶- روشهای کنترل جریان در شیار ۱۷

۲-۱-۴-۷- روابط طراحی آبیاری شیاری ۱۷

۲-۱-۴-۷-۱- شیار با انتهای باز ۱۸

۲-۱-۴-۷-۱-۱- زمان پیشروی آب در شیار ۱۸

۲-۱-۴-۷-۱-۲- زمان نفوذ ۱۹

۲-۱-۴-۷-۱-۳- نفوذ تجمعی ۲۰

۲-۱-۴-۷-۱-۴- زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آب در خاک ۲۰

۲-۱-۴-۷-۱-۵- میانگین عمق آب نفوذی ۲۱

۲-۱-۴-۷-۱-۶- رواناب ۲۱

۲-۱-۴-۷-۱-۷- نفوذ عمقی ۲۱

۲-۱-۴-۷-۱-۸- راندمان کاربرد آبیاری ۲۱

۲-۱-۴-۷-۲- کاهش جریان در شیار با انتهای باز ۲۱

۲-۱-۴-۷-۳- شیار تراز (شیار ته بسته) ۲۲

۲-۱-۴-۷-۴- روش ساده طراحی آبیاری شیاری ۲۳

۲-۲- آبیاری نواری ۲۷

۲-۲-۱- تعریف ۲۷

۲-۲-۲- کاربرد آبیاری نواری ۲۷

۲-۲-۳- محاسن روش آبیاری نواری ۲۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۲-۴- معایب یا محدودیتهای آبیاری نواری ۲۸
۲-۲-۵- طراحی سیستم آبیاری نواری ۲۸
۲-۲-۵-۱- معادلات طراحی ۲۸
۲-۲-۵-۱-۱- دبی ورودی به نوار ۲۸
۲-۲-۵-۱-۲- زمان تأخیر ۲۹
۲-۲-۵-۱-۳- زمان آبیاری ۳۰
۲-۲-۵-۱-۴- راندمان آبیاری (کاربرد) ۳۱
۲-۲-۵-۲- محدودیت‌های طراحی ۳۳
۲-۲-۵-۲-۱- حداکثر دبی واحد عرض ۳۳
۲-۲-۵-۲-۲- حداکثر عمق جریان ۳۳
۲-۲-۵-۲-۲-۱- عمق جریان در نوارهای با شیب تند ۳۳
۲-۲-۵-۲-۲-۲- عمق جریان در نوارهای با شیب کم ۳۳
۲-۲-۵-۲-۳- حداقل دبی واحد عرض ۳۴
۲-۲-۵-۲-۴- حداکثر شیب مجاز ۳۴
۲-۲-۵-۲-۵- حداکثر طول نوار ۳۸
۲-۲-۵-۳- طراحی نوار ته بسته ۴۰
۲-۲-۵-۳-۱- افزایش طول نوار ۴۰
۲-۲-۵-۳-۲- کاهش دبی ورودی ۴۱
۲-۲-۵-۳-۳- عرض نوار: ۴۱
۲-۳-آبیاری کرتی ۴۲
۲-۳-۱- تعریف ۴۲
۲-۳-۲- کارآیی آبیاری کرتی ۴۲
۲-۳-۳- محدودیتهای آبیاری کرتی ۴۲
۲-۳-۴- طراحی ۴۳
۲-۳-۴-۱- ملاحظات طراحی ۴۳
۲-۳-۴-۲-۱- زمان نفوذ آب به خاک ۴۴
۲-۳-۴-۲-۱-۱- زمان پیشروی ۴۴
۲-۳-۴-۲-۱-۲- طول کرت و میزان آب ورودی به کرت ۴۵
۲-۳-۴-۲-۱-۳- زمان آبیاری ۴۶
۲-۳-۴-۲-۱-۴- حداکثر عمق جریان به کرت ۴۶
۲-۳-۴-۲-۱-۵- تعیین ابعاد کرت ۴۹

فصل سوم- مبانی طراحی مجاری آب ۵۱

۳-۱- کانالهای خاکی ۵۱
۳-۱-۱- محدودیتهای خاک در احداث کانالهای خاکی ۵۲
۳-۱-۲- تعیین ظرفیت و طراحی کانال خاکی ۵۲
۳-۱-۲-۱- ویژگی‌های هیدرولیکی کانالهای خاکی ۵۲
۳-۱-۲-۱-۱- شیب کانال ۵۳
۳-۱-۲-۱-۲- ضریب زبری (مقاومت در مقابل جریان) ۵۴
۳-۱-۲-۱-۳- مقطع مناسب برای کانالهای خاکی ۵۵
۳-۱-۲-۱-۴- فضای آزاد بالای سطح آب ۵۶
۳-۱-۲-۱-۵- رقوم کانال نسبت به سطح اراضی ۵۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۱-۲-۲- ملاحظات اجرایی کانالهای خاکی ۵۷
۳-۱-۲-۳- ابنیه فنی لازم در کانالهای خاکی ۵۸
۳-۲- کانالهای پوشش دار ۵۸
۳-۲-۱- مصالح پوشش کانال ۵۸
۳-۲-۲- ظرفیت کانالهای پوشش دار ۵۹
۳-۲-۳- رقوم ارتفاعی و شیب کانالهای پوشش دار ۵۹
۳-۲-۴- نکاتی چند در مورد پوشش بتنی ۶۰
۳-۳-کانالهای پیش‌ساخته ۶۳
۳-۳-۱- مزایای کاربرد کانال‌های پیش ساخته ۶۳
۳-۳-۲- معایب کاربرد کانالهای پیش‌ساخته ۶۳
۳-۳-۳- مقاطع استاندارد کانالهای پیش‌ساخته نیمدایره ۶۳
۳-۳-۴- ملاحظات هیدرولیکی در استفاده از کانالهای پیش‌ساخته با مقطع نیمدایره ۶۴
۳-۳-۵- مقاطع استاندارد کانالهای پیش‌ساخته نیم‌بیضی ۶۶
۳-۳-۶- ملاحظات هیدرولیکی در کانالهای پیش‌ساخته با مقطع نیم‌بیضی ۷۵
۳-۳-۷ - اجزاء و متعلقات مربوط به کانالهای پیش‌ساخته ۷۷
۳-۴-سامانه لوله های کم فشار ۸۷
۳-۴-۱ـ کاربری ۸۷
۳-۴-۲ـ انواع سامانه های کم فشار ۸۷
۳-۴-۲-۱ـ سیستم قابل حمل توسط کارگر (سطحی) ۸۷
۳-۴-۲-۲ـ سیستم ترکیبی (لوله های سطحی و لوله های مدفون) ۸۷
۳-۴-۲-۳ـ سیستم زیرزمینی ۸۷
۳-۴-۳ـ موقعیت استقرار لوله ها ۸۸
۳-۴-۴ـ ظرفیت انتقال آب لوله ها ۸۸
۳-۴-۴-۱ـ دبی خروجی از دریچه ها ۸۸
۳-۴-۴-۲ـ دبی لوله ۸۹
۳-۴-۵ـ افت بار در طول لوله ۸۹
۳-۴-۵-۱ـ روش دارسی ـ ویسباخ ۸۹
۳-۴-۵-۲ـ روش هیزن ـ ویلیامز ۹۱
۳-۴-۵ ـ۳ـ روش اسکوبی ۹۳
۳-۴-۵-۴ـ روش مانینگ ۹۳
۳-۴-۶ـ افت بار در اتصالات ۹۴
۳-۴-۷ـ تعیین قطر لوله ها ۹۶
۳-۴-۷-۱ـ تعیین قطر اقتصادی لوله ها (در شبکه های غیر حلقوی) ۹۶
۳-۴-۸ ـ جنس لوله ها ۹۹
۳-۴-۸-۱ـ انواع لوله های قابل استفاده در سیستم سطحی ۹۹
۳-۴-۸-۲ـ سیستم لوله های مدفون ۱۰۱
۳-۴-۸-۲-۱ـ لوله های پلاستیکی ۱۰۱
۳-۴-۸-۲-۲ـ لوله های بتنی ۱۰۳
۳-۴-۸-۲-۳- لوله های آزبست سیمان ۱۰۴
۳-۴-۸-۲-۴- لوله های جدید ۱۰۴
۳-۴-۸-۳-آبگیری لوله های آبیاری از پمپ ۱۰۴
۳-۴-۹-نصب شیر آلات روی لوله های زیرزمینی کم فشار توسط Gate Stand ۱۰۶
۳-۴-۱۰-رایزرهای مخصوص آبگیری ۱۱۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۴-۱۱- بهره برداری و نگهداری لوله های کم فشار ۱۱۲

فصل چهارم- تسطیح اراضی کشاورزی ۱۱۳

۴-۱- کلیات ۱۱۳
۴-۱-۱- دامنه کار ۱۱۳
۴-۱-۲- هدف تسطیح اراضی کشاورزی ۱۱۳
۴-۱-۳- عوامل مؤثر در طرح تسطیح ۱۱۳
۴-۱-۳-۱- توپوگرافی ۱۱۳
۴-۱-۳-۲- منابع خاک ۱۱۳
۴-۱-۳-۳- شبکه آبیاری و زهکشی ۱۱۴
۴-۱-۳-۴- نوع محصول و روش آبیاری ۱۱۴
۴-۱-۳-۵- مالکیت اراضی ۱۱۴
۴-۱-۳-۶- انتخاب زمان مناسب برای اجرای طرح تسطیح اراضی ۱۱۴
۴-۱-۳-۷- برآورد ماشین‌آلات، نیروی انسانی و زمان لازم جهت اجرای طرح تسطیح ۱۱۵
۴-۱-۳-۸- هماهنگی با سایر عملیات طرحهای عمرانی ۱۱۵
۴-۲- ضوابط طراحی تسطیح اراضی ۱۱۶
۴-۲-۱- تقسیم بندی نوع تسطیح ۱۱۶
۴-۲-۲- نسبت خاکبرداری به خاکریزی ۱۱۶
۴-۲-۳- محدودیت شیب ۱۱۷
۴-۲-۴- حداکثر رقوم ارتفاعی قطعه تسطیح ۱۱۸
۴-۲-۵- تقسیم قطعه زراعی به چند قطعه تسطیح ۱۱۸
۴-۲-۶- انواع صفحات تسطیح ۱۱۹
۴-۲-۷- نحوه طراحی صفحه تسطیح مستوی ۱۱۹
۴-۲-۷-۱- روش حداقل مربعات ۱۲۰
۴-۲-۷-۲- روش نیمرخ میانگین ۱۲۰
۴-۲-۷-۳- روش تنظیم خطوط تراز ۱۲۱
۴-۲-۷-۴- روش آزمون و خطا ۱۲۱
۴-۲-۷-۵- روش برنامه ریزی خطی ۱۲۱
۴-۲-۷-۶- روش باقیمانده‌های متقارن ۱۲۲
۴-۲-۸- نحوه محاسبه حجم عملیات خاکی ۱۲۳
۴-۲-۸-۱- روش منشوری ۱۲۳
۴-۲-۸-۲- روش تقسیم بندی ۱۲۵
۴-۲-۸-۳- روش چهار نقطه ۱۲۶
۴-۲-۸-۴- روش انتگراسیون ۱۲۶
۴-۲-۹- مقایسه روش های محاسبه حجم عملیات خاکی ۱۲۶
۴-۳- مشخصات یک نرم افزار مناسب برای طرح تسطیح اراضی ۱۲۷
۴-۳-۱- سادگی دریافت اطلاعات مورد نیاز ۱۲۷
۴-۳-۲- مشخص بودن روش یا روش های مورد استفاده ۱۲۷
۴-۳-۳- ارائه مناسب نقشه های تسطیح ۱۲۷
۴-۳-۴- معتبر بودن و داشتن سابقه استفاده در پروژه های مختلف ۱۲۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۴- مشخصات نقشه‌ها و گزارش‌های تسطیح اراضی ۱۲۸
۴-۴-۱- نقشه‌های توپوگرافی ۱۲۸
۴-۴-۲- نقشه‌های مالکیت اراضی (نقشه‌های کاداستر) ۱۲۸
۴-۴-۳- نقشه‌های شبکه آبیاری و زهکشی ۱۲۹
۴-۴-۴- نقشه های طرح تسطیح اراضی ۱۲۹
۴-۴-۵- گزارش طرح‌های مطالعاتی مرحله شناسایی ۱۳۰
۴-۴-۶- گزارش طرح‌های مطالعاتی مرحله اول ۱۳۰
۴-۴-۷- گزارش طرح‌های مطالعاتی مرحله دوم ۱۳۱
۴-۵-بهره‌برداری و نگهداری تسطیح اراضی ۱۳۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- محاسبه دبی ویژه با دوره برگشت های مختلف ۷
شکل ۱-۲- برآورد q از رابطه خطی یا نمایی ۸
شکل ۱-۳- منحنی تغییرات دبی ویژه نسبت به مساحت ۱۳
شکل ۳-۱ ـ نمونه ای از نمودار تعیین قطر اقتصادی لوله ها برای داده های مشخص ۹۸
شکل ۳-۲ ـ نحوه اتصال Stand به لوله برای کنترل فشار ۱۰۵
شکل ۳-۳- Vent برای تخلیه هوا در لوله های کم فشار ۱۰۶
شکل ۳-۴- یک Stand Pipe برای تنظیم فشار و یا آزاد نمودن آب توسط By Pass در لوله‌های کم فشار همراه با آبگیر مزرعه ۱۰۷
شکل ۳-۵- یک Stand دارای شیر کنترل جریان (a) و Stand دیگر با جریان کنترل شونده توسط سرریز (b) ۱۰۸
شکل ۳-۶- یک ابنیه برای آبگیر مزرعه و کنترل سطح آب توسط یک همریز و همچنین کنترل جریان مستقیم به پائین دست توسط یک شیر که در مواقع لزوم امکان تخلیه کامل آب خط لوله کم فشار را فراهم می‌کند ۱۰۸
شکل ۳-۷- آبگیری از یک Stand توسط دریچه‌هائی که توسط کشوهای داخل Stand قابل کنترل هستند ۱۰۹
شکل ۳-۸- نمایش یک Stand همراه با شیر شناور که جریان آب را به طور خودکار کنترل می‌نماید ۱۰۹
شکل ۳-۹- یک شیر alfalfa نصب شده روی یک سطح stand برای آبگیری مزرعه ۱۱۰
شکل ۳-۱۰- آبگیری مزرعه توسط شیر از نوع Orchard Valve ۱۱۰
شکل ۳-۱۱- آبگیری مزرعه از stand توسط دریچه‌هایی که از بیرون توسط یک کشو قابل کنترل هستند ۱۱۰
شکل ۳-۱۲- یک Stand برای لوله‌های کم فشار که در آن از یک شیر برای کنترل بار آبی (Head) در بالادست استفاده شده است ۱۱۱
شکل ۴-۱ ـ محاسبه حجم خاکبرداری به روش منشوری ۱۲۴
شکل ۴-۲ ـ محاسبه حجم عملیات خاکی به روش تقسیم بندی ۱۲۵

نقشه‌ها

نقشه ۳-۱ – تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (مشخصات هندسی برش زین، جزئیات و جدول آهن‌بندی – تیپ ۷۰) ۸۰
نقشه ۳-۲ – تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (مشخصات هندسی برش کانال و اطلاعات فنی – تیپ ۷۰) ۸۱
نقشه ۳-۳- تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (برش تیپ، جدول اندازه‌ها و توضیحات (زین) ۸۲
نقشه ۳-۴ – تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (جزئیات و جدول آهن‌بندی پایه به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر – تیپ ۷۰ – ۸۰ – ۱۰۰) 83
نقشه ۳-۵– تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (برش تیپ، جدول اندازه‌ها و توضیحات پایه) ۸۵
نقشه ۳-۶– تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (جزئیات و جدول آهن‌بندی پایه به ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متر – تیپ ۱۰۰۰) ۸۶
نقشه ۳-۷– تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (ابعاد کفشکهای با عرض ۸۰ سانتی‌متر) ۸۷

پیوست

نمونه نقشه‌های تسطیح اراضی

نمونه نقشه‌های تسطیح اراضی

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- نمونه ای از خروجی سند ملی آب ۲
جدول ۱-۲- نمونه خروجی برآورد نیاز آبی گیاهان مندرج در کتاب موسسه تحقیقات خاک و آب ۳
جدول ۱-۳ محاسبه دبی ویژه با درصد احتمال ۶
جدول۱-۴- نیاز آبی خالص گیاهان الگوی کشت منطقه سیکان (میلی متر) ۱۱
جدول۱-۵- نیاز آبی ناخالص گیاهان ترکیب کشت (متر مکعب در هکتار) ۱۲
جدول۱-۶- ضریب انعطاف (تجربی) ۱۴
جدول ۲-۱-گروههای نفوذپذیری و پارامترهای مرتبط با آن (ضریب معادلات نفوذ تجمعی) ۱۸
جدول ۲-۲- حداکثر طول پیشنهادی شیار (m) با توجه به نوع خاک ، شیب شیار و عمق آبیاری(cm) ۲۴
جدول ۲-۳- ضرایب مانینگ با توجه به شرایط خاک و نوع محصول ۲۸
جدول ۲-۴- زمان تأخیر (فروکش جریان) T_l (دقیقه) در نوارهای کم شیب ۳۰
جدول ۲-۵- راندمان کاربرد پیشنهادی (درصد) در نوارهای شیبدار با توجه به شیب نوار و گروههای نفوذ مختلف ۳۲
جدول ۲-۶- عمق جریان نرمال در ابتدای نوار در نوارهای شیبدار ۳۴
جدول ۲-۷- حداکثر دبی واحد عرض نوار برای محصولات متراکم (چمنی) و غیر متراکم ۳۶
جدول ۲-۸- عمق جریان d (mm) در نوارهای با شیب کم ۳۷
جدول ۲-۹- مقادیر حداقل نسبت Qu/L برای شیبها (S_o) و ضرایب مانینگ (n) مختلف ۳۸
جدول ۲-۱۰- حداکثر شیب مجاز S_o max در آبیاری نواری که به وسیله حداقل عمق جریان و یا حداقل طول نوار (در حد ۳۰ متر) محدود شده است .. ۳۹
جدول ۲-۱۱- فاکتورهای نفوذ و زبری برای برآورد پتانسیل رواناب ۴۰
جدول ۲-۱۲- طول نوار در خاکهای مختلف (پیشنهاد L. J. Booher) ۴۱
جدول ۲-۱۳- حداکثر عرض نوار بر اساس پیشنهادات SCS با توجه به شیب ۴۲
جدول ۲-۱۴-نسبت زمان پیشروی به زمان خالص آبیاری (R) ۴۵
جدول ۲-۱۵- مقادیر ضریب مانینگ در کرتها برای شرایط مختلف زراعی ۴۵
جدول ۳ -۱- حداکثر سرعت مجاز در کانالهای خاکی با مصالح مختلف ۵۴
جدول ۳- ۲ - مقادیر n برای کانالهای خاکی با مشخصات مختلف ۵۵
جدول ۳-۳- ضریب زبری مانینگ برای پوشش های مختلف ۵۹
جدول ۳-۴- ویژگی های بتن در اقالیم مختلف (از ASAE) ۶۰
جدول ۳-۵- حداقل ضخامت بتن در شرایط اقلیمی مختلف ۶۱
جدول ۳-۶- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1250 (n=0.014)) ۶۸
جدول ۳-۷- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1000 (n=0.014)) ۶۹
دنباله جدول ۳-۷- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1000 (n=0.014)) ۷۰
جدول ۳-۸- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1000 همراه با پارامترهای جریان بحرانی ۷۰
جدول ۳-۸- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1000 همراه با پارامترهای جریان بحرانی ۷۱
جدول ۳-۹- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ ۴۵۰ (عرض بالا ۹۰/۸، عمق کامل ۶۳/۱) (n=0.013)) ۷۱
جدول ۳-۱۰- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ ۴۵۰ (عرض بالا ۹۰/۸، عمق کامل ۶۳/۱) ۷۳
جدول ۳-۱۲ - زبری مطلق برای مواد مختلف ۹۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱۳- ضریب ثابت K1 در معادله هیزن ـ ویلیامز ۹۲
جدول ۳-۱۴ ـ ضریب اصطکاک ، C ، در رابطه هیزن ـ ویلیامز برای لوله های با جنس مختلف ۹۲
جدول ۳-۱۵ ـ ضریب کاهنده افت متناسب با تعداد دریچه(USDA,SCS,1976) ۹۳
جدول ۳-۱۶ ـ ضریب K در اتصالات لوله ها ۹۵
جدول ۳-۱۷ ـ محاسبه هزینه ثابت معادل سالیانه برای قطرهای مختلف لوله ۹۶
جدول ۳-۱۸ ـ اطلاعات لازم برای تهیه منحنی انتخاب اقتصادی قطر لوله ها با فرض داشتن ارقام مربوط به CRF ۹۹
جدول ۳-۱۹ ـ حداقل و حداکثر عرض کانال برای قرار دادن لوله زیرزمینی ۱۰۲
جدول ۴-۱ ـ طبقه بندی نوع تسطیح اراضی کشاورزی ۱۱۶
جدول ۴-۲ ـ رابطه نسبت خاکبرداری به خاکریزی با نوع تسطیح ۱۱۷
جدول ۴-۳- شیب مناسب در روشهای مختلف آبیاری سطحی در جهت آبیاری ۱۱۸

فصل اول

مطالعات کلی آبیاری

۱-۱- روشهای مناسب برآورد نیاز آبی گیاهان

به منظور برآورد نیاز آبی گیاهان، روشهای زیر مورد توجه قرار می گیرد:

- استفاده از نتایج پژوهشهای محلی و منطقه ای
- استفاده از سند ملی آب
- استفاده از روشهای تجربی برآورد نیاز آبی گیاهان

بدون شک، دقیق ترین برآورد می تواند متکی بر نتایج پژوهشهای محلی و منطقه ای باشد. در این پژوهشها، ویژگیهای آب و هوایی و خصوصیات گیاهی به نحوی واقعی خودنمایی می کنند. به عنوان نمونه می توان گفت که در حالی که در سایر روشها، گیاه مشخصی (مثل گندم) مورد توجه قرار می‌گیرد، در این روش، گونه مشخص گیاهی (مثل روشن یا امید) مورد بررسی واقع می‌شود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که نتایجی دقیق تر عاید کند. به هرحال، استفاده از این روش، مستلزم انجام پژوهش در منطقه مورد نظر و برای گیاه مشخص به مدت کافی است. متاسفانه چنین اطلاعاتی، به ندرت در دسترس قرار دارد.

سند ملی آب، که توسط وزارت جهاد کشاورزی تهیه شده و به تصویب هیئت وزیران رسیده، به عنوان سندی لازم الاجرا شناخته می شود. در این سند، نیاز آبی گیاهان مختلف در مناطق متفاوت در دهه های مختلف ماه ارائه شده است. جدول ۱-۱ نمونه‌ای از این اطلاعات را برای پنبه در گنبد نشان می دهد.

روشهای نظری و تجربی زیادی برای برآورد نیاز آبی گیاهان وجود دارد. این روشها بر یک یا چند اصل زیر استوارند:

- تراز انرژی، همانند روش جانسون[۱] ، روش هارگریوز[۲] ، روش جنسن-هیز[۳] و روش بلینی- کریدل[۴] ؛
- تبخیر، همانند تبخیر از سطح تشتک استاندارد؛
- روشهای ترکیبی، همانند روش پنمن[۵] ، روش پنمن- رایت[۶] و پنمن- مونتیس[۷] .

سازمان خواربار و کشاورزی جهانی، فائو، در پژوهشی، تعداد زیادی از این روشها را مورد بررسی قرار داده و چنین نتیجه گیری کرده است که روش پنمن- مونتیس در نقاط مختلف دنیا بهترین پاسخها را ارائه می کند. از این رو، در ایران نیز این روش مقبولیت بیشتری یافته و مبنای محاسبات سند ملی آب قرار گرفته است.

---

1) Johnson
2)Hargreaves
3)Jensen- Haise
4) Blaney - Criddle
5)Penman
6) Penman- Wright
7) Penman- Monteith

موسسه تحقیقات خاک و آب وابسته به وزارت جهاد کشاورزی، در سال ۱۳۷۶ دو جلد کتاب تحت عنوان « برآورد نیاز آبی گیاهان عمده زراعی و باغی کشور» منتشر کرده است. این کتاب ها نیز نیاز آبی گیاهان مختلف را در نقاط متفاوت برآورد می کنند. این برآوردها نیز بر مبنای روش پنمن- مونتیس صورت گرفته است. جدول ۱-۲ نیاز آبی پنبه را در گنبد نشان می دهد.

برای سهولت انجام محاسبات، فائو نرم افزاری را تحت عنوان CROPWAT تهیه کرده است. مبنای محاسبات در این نرم‌افزار، روش پنمن- مونتیس است.

جدول ۱-۱- نمونه ای از خروجی سند ملی آب

وزارت جهاد کشاورزی-سازمان هواشناسی کشور
(طرح بهینه‌سازی الگوی مصرف آب کشاورزی)
نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی

دشت گرگان-گنبد		استان گلستان			حوضه آبریز گرگانرود			
محصول پنبه‌بهاره					(طول دوره رشد ۱۶۵ روز)			
ماه	دهه	تبخیر تعرق (میلیمتر)	باران موثر (میلیمتر)	نیاز خالص آبیاری	ماه	دهه	تبخیر تعرق (میلیمتر)	باران موثر (میلیمتر)	نیاز خالص آبیاری
	۱					۱	۲۳	۱۰	۱۳
فروردین	۲				مهر	۲	۱۷	۱۴	۳
	۳					۳			
	جمع					جمع	۴۰	۲۴	۱۶
	۱					۱			
اردیبهشت	۲	۱۰	۱۰	۰	آبان	۲			
	۳	۱۲	۹	۳		۳			
	جمع	۲۲	۱۹	۳		جمع			
	۱	۱۲	۰	۱۲		۱			
خرداد	۲	۱۶	۰	۱۶	آذر	۲			
	۳	۲۶	۰	۲۶		۳			
	جمع	۵۴	۰	۵۴		جمع			
	۱	۳۱	۸	۲۳		۱			
تیر	۲	۳۷	۰	۳۷	دی	۲			
	۳	۴۷	۰	۴۷		۳			
	جمع	۱۱۵	۸	۱۰۷		جمع			
	۱	۴۲	۰	۴۲		۱			
مرداد	۲	۳۹	۶	۳۳	بهمن	۲			
	۳	۴۴	۷	۳۷		۳			
	جمع	۱۲۵	۱۳	۱۱۲		جمع			
	۱	۳۷	۰	۳۷		۱			
شهریور	۲	۳۳	۰	۳۳	اسفند	۲			
	۳	۳۰	۱۲	۱۸		۳			
	جمع	۱۰۰	۱۲	۸۸		جمع			

جمع (میلیمتر)	تبخیر-تعرق	باران موثر	نیاز خالص آبیاری *
	۴۵۶	۷۶	۳۸۰
نیاز خالص آبیاری (مترمکعب در هکتار)			۳۸۰۰

جدول ۱-۲- نمونه خروجی برآورد نیاز آبی گیاهان مندرج در کتاب موسسه تحقیقات خاک و آب

Climate file: GONBADGH Crop : COTTON پنبه				Climate station: GONBAD-GHABOUS گنبد قابوس			
MONTH	DEC	STAGE	Coeff	Etcrop	Etcrop	Eff.kain	Irreq.
			KC	mm/day	mm/dec	mm/dec	
اردیبهشت	۳	init	۰.۴	۱.۸۵	۱۸.۵	۱۶.۱	۲.۴
خرداد	۱	init	۰.۴	۲.۰۳	۲۰.۳	۱۵.۴	۴.۹
	۲	init	۰.۴	۲.۲	۲۲	۱۴.۷	۷.۳
	۳	in/de	۰.۴۳	۲.۵۵	۲۵.۵	۱۱.۷	۱۳.۷
تیر	۱	deve	۰.۵۴	۳.۳۸	۳۳.۸	۸.۸	۲۵
	۲	deve	۰.۶۷	۴.۵۱	۴۵.۱	۵.۸	۳۹.۲
	۳	deve	۰.۸۱	۵.۴۲	۵۴.۲	۵.۹	۴۸.۴
مرداد	۱	deve	۰.۹۵	۶.۳	۶۳	۵.۹	۵۷.۲
	۲	deve	۱.۰۸	۷.۲۵	۷۲.۵	۵.۹	۶۶.۶
	۳	mid	۱.۱۵	۷.۴	۷۴	۷.۵	۶۶.۵
شهریور	۱	mid	۱.۱۵	۷.۰۹	۷۰.۹	۹.۲	۶۱.۷
	۲	mid	۱.۱۵	۶.۷۹	۶۷.۹	۱۰.۹	۵۷
	۳	mid	۱.۱۵	۶.۱۷	۶۱.۷	۱۰	۵۱.۷
مهر	۱	mid	۱.۱۵	۵.۵۶	۵۵.۶	۹.۱	۴۶.۴
	۲	mid	۱.۱۵	۴.۹۵	۴۹.۵	۸.۳	۴۱.۲
	۳	late	۱.۱	۴.۳۳	۴۳.۳	۹	۳۴.۳
آبان	۱	late	۱	۳.۵۷	۳۵.۷	۹.۶	۲۶
	۲	late	۰.۹	۲.۸۸	۲۸.۸	۱۰.۳	۱۸.۵
	۳	late	۰.۸	۲.۲۱	۲۲.۱	۱۲.۳	۹.۸
آذر	۱	late	۰.۷	۱.۶۳	۱۶.۳	۱۴.۳	۲
TOTAL					۸۸۰.۶	۲۰۰.۷	۶۷۹.۹

۱-۲- برآورد دبی ویژه (هیدرومدول)

تعریف: دبی ویژه یا هیدرومدول عبارتست از مقدار آبی که برای آبیاری یک هکتار (تک کشتی یا چند کشتی) در زمان معین موردنیاز است . دبی ویژه با واحد لیتر در ثانیه در هکتار و یا به صورت واحد طول در واحد زمان مانند میلیمتر در روز بیان میشود . در کشور ما دبی ویژه بیشتر به صورت لیتر در ثانیه در هکتار به کار برده میشود .

۱-۲-۱- برآورد دبی ویژه برای الگوی تک کشتی

برای طرحهایی که در آن تنها یک نوع محصول کشت می شود (مانند نیشکر)، دبی ویژه از رابطه زیر بدست می آید:

$$q_d = \frac{ET_C * 100}{E_O * 864 * D} \qquad (۱-۱)$$

که در آن :

ET_C : نیاز آبی گیاه (میلیمتر در دوره مورد نظر)؛

E_O : راندمان آبیاری (اعشاری) ؛

q_d : مدول آبیاری (لیتر در ثانیه در هکتار)؛ و

D : تعداد روزهای دوره (روز) است.

۱-۲-۲- برآورد دبی ویژه برای الگوی چند کشتی

در طرحهایی که الگوی کشت از چند نوع گیاه تشکیل شده استف دبی ویژه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q_d = \frac{(\sum_{i=1}^{n} A_i * ET_{ci})100}{D * 864 E_O \sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad (۱-۲)$$

که در آن :

A_i : مساحت محصول i ام (هکتار)؛

ET_{ci}: نیاز آبی گیاه i ام (میلیمتر در دوره مورد نظر)؛

E_O : راندمان آبیاری (اعشاری)؛

D : تعداد روزهای دوره (روز)؛ و

q_d : مدول آبیاری الگوی کشت (لیتر در ثانیه در هکتار) است.

نکته ۱ : q_d، مدول آبیاری، که از روابط فوق حساب میشود به E_O راندمان آبیاری وابسته است بدین معنی که اگر فقط راندمان کاربرد آب در قطعه آبیاری در نظر گرفته شده باشد، مدول فقط در سطح قطعه آبیاری کاربرد دارد و چنانچه راندمان کل آبیاری منظور شده باشد، مدول برای نقطه تحویل آب در ابتدای شبکه بدست می آید . ضمناً در راندمان آبیاری علاوه بر رواناب و نفوذ عمقی ممکن است نیاز آبی برای شستشوی خاک نیز ملحوظ گردد .

نکته ۲ : با توجه به اینکه نیاز آبی گیاه با تغییر شرایط جوی تغییر میکند، q_d نیز از تغییرات آن متأثر خواهد شد. از این رو در صورت وجود آمار کافی (بیش از ۲۰ سال) می توان با درصد احتمال موردنظر نسبت به انتخاب هیدرومدول اقدام نمود .

نکته ۳ : دبی ویژه که تاکنون در مورد آن بحث شد برای تعیین ظرفیت کانالها و برنامه ریزی آبیاری مورد استفاده قرار می گیرد .

(لازم به ذکر است نرم افزار Cropwat 4 Windows مقدار دبی ویژه را برای هر دوره زمانی که برای محاسبات انتخاب شود محاسبه و ارائه مینماید .)

۱-۲-۳- محاسبه دبی ویژه با درصد احتمال معین

هنگامی که داده های خام عوامل اقلیمی در دسترس باشد روش محاسبه به ترتیب زیر است :

۱ـ جمع آوری داده های نیاز آبی روزانه گیاه ؛

۲ـ مرتب کردن این داده ها به ترتیب افزایش (از پایین به بالا) در یک جدول ؛

۳ـ شماره دادن به هریک از داده ها از پایین به بالا (R)؛ و

۴ـ محاسبه احتمال وقوع با رابطه : $P = (1 - \frac{R}{M+1})100$ و نوشتن مقدار P در مقابل R مربوطه در جدول .

در روابط فوق :

P : درصد احتمال وقوع ؛

R : شماره ترتیب داده ها ؛ و

M : تعداد داده هاست .

۵ـ محاسبه دوره بازگشت از رابطه $RP = \frac{100}{P}$ محاسبه می شود که در آن :

RP : دوره بازگشت به سال ؛ و

P : درصد احتمال است .

۶ـ محاسبه W تبدیل ویبول (Weibull Transform) برای احتمال P

$$W = Log[-Log(\frac{P}{100})] \qquad (۳-۱)$$

۷ـ ترسیم q_d ها در مقابل W ها در یک سیستم مختصات معمولی ؛

۸ـ تعیین مقدار W معادل درصدهای احتمال P مورد نظر (۵۰ ، ۲۰ ، ۱۰ و ۵ درصد) ؛ و

۹ـ قرائت q_d از منحنی ترسیم شده در مرحله ۶ به ازای W های معادل با P های موردنظر یا دوره برگشت های متناظر با آن (۲ ، ۵ ، ۱۰ و ۲۰ سال).

برای روشن شدن موضوع مثال زیر ذکر می شود.

داده ها : مقادیر نیاز آبی روزانه q_d برای یک مزرعه در یک دوره ۲۲ ساله موجود است

خواسته ها : مقادیر q_d برای احتمال وقوع ۵۰ ، ۲۰ ، ۱۰ و ۵ درصد (به ترتیب دوره برگشتهای ۲ ، ۵ ، ۱۰ و ۲۰ ساله) را تعیین نمائید.

حل : مطابق گامهای ذکر شده :

۱و ۲ ـ داده های در دسترس، در ستون ۱ جدول به صورت صعودی درج می شود .

۳ـ شماره ترتیب R در جدول در ستون ۲ ثبت می شود .

جدول ۱-۳ محاسبه دبی ویژه با درصد احتمال

Qd_s (mm)	Rank (R)	P	RP (years)	W
۷,۱	۱	۴۵,۶۵	۱,۰۴	-۱,۷۱
۷,۴	۲	۴۱,۳۰	۱,۱۰	-۱,۴۰
۷,۹	۳	۸۶,۹۶	۱,۱۵	-۱,۲۲
۸,۱	۴	۸۶,۶۱	۱,۲۱	-۱,۰۸
۸,۴	۵	۷۸,۲۶	۱,۲۸	-۰,۹۷
۸,۴	۶	۷۳,۹۱	۱,۳۵	-۰,۸۸
۸,۶	۷	۶۹,۵۶	۱,۴۴	-۰,۸۰
۸,۹	۸	۶۵,۲۲	۱,۵۳	-۰,۷۳
۸,۹	۹	۶۰,۸۷	۱,۶۴	-۰,۶۷
۸,۹	۱۰	۵۶,۵۲	۱,۷۷	-۰,۶۱
۹,۱	۱۱	۵۲,۱۷	۱,۹۲	-۰,۵۵
۹,۱	۱۲	۴۷,۸۳	۲,۰۹	-۰,۴۹
۹,۱	۱۳	۴۳,۴۸	۲,۳۰	-۰,۴۴
۹,۴	۱۴	۳۹,۱۳	۲,۵۶	-۰,۳۹
۹,۷	۱۵	۳۴,۷۸	۲,۸۸	-۰,۳۴
۹,۷	۱۶	۳۰,۴۴	۳,۲۹	-۰,۲۹
۹,۷	۱۷	۲۶,۰۹	۳,۸۳	-۰,۲۳
۹,۹	۱۸	۲۱,۷۴	۴,۶۰	-۰,۱۸
۹,۹	۱۹	۱۷,۳۹	۵,۷۵	-۰,۱۲
۱۰,۲	۲۰	۱۳,۰۴	۷,۶۷	-۰,۰۵
۱۰,۲	۲۱	۸,۷۰	۱۱,۵۰	۰,۰۳
۱۰,۹	۲۲	۴,۳۵	۲۳,۰۰	۰,۱۳

۴ـ مقادیر P محاسبه می گردد و در ستون ۳ جدول نوشته می شود مثلاً برای q_d برابر ۷/۹ میلیمتر در روز

$$P = (1-\frac{3}{22+1})*100 = 86/96$$ درصد

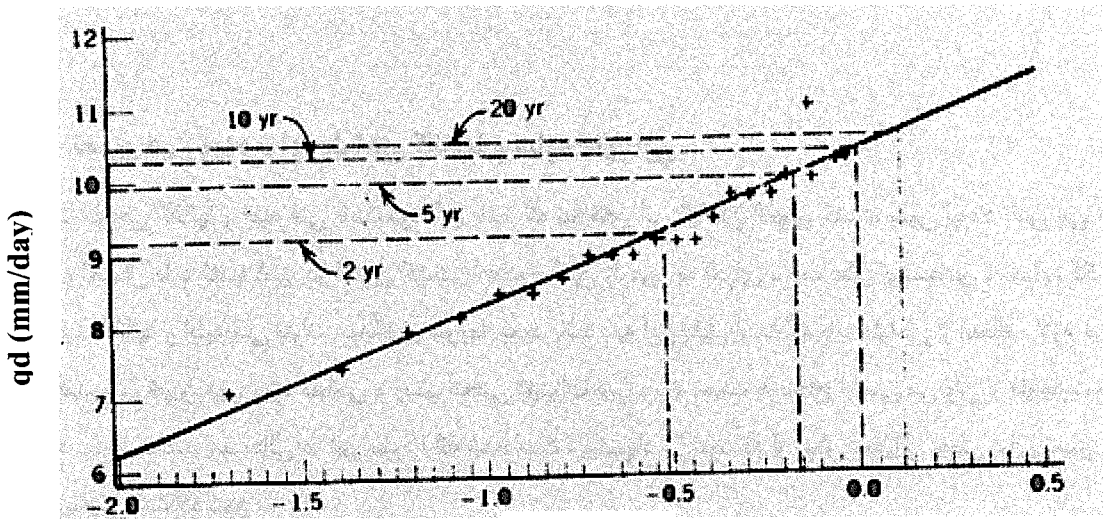
۵ـ محاسبه دوره بازگشت با استفاده از رابطه $RP = \frac{100}{P}$ و ثبت آن در ستون چهارم جدول

$$RP = \frac{100}{89/86} = 1/15$$ سال

۶ـ تبدیل W ویبول برای احتمال P حساب می شود . مثلاً برای همان عدد q_d برابر ۷/۹

$$W = Log[-Log(\frac{89/96}{100})] = -1/22$$

۷ـ مقادیر q_d و W در سیستم مختصات رسم میشوند .



شکل ۱-۱- محاسبه دبی ویژه با دوره برگشت های مختلف

۸ـ مقادیر W متناظر با درصدهای احتمال ۵۰ ، ۲۰ ، ۱۰ و ۵ درصد W شرح ذیل در جدول میان یابی میشوند .

P=50%	W=-0/52
P=20%	W=-0/16
P=10%	W=0/0
P=5 %	W=0/11

۹ـ با استفاده از مقادیر W بدست آمده ، مقادیر q_d متناظر از منحنی استخراج میشود .

P=50%، (RP=2Years)	q_d=9/2mm/day = 1/06 l/s/ha
P=20%، (RP=5Years)	q_d=9/9mm/day = 1/14 l/s/ha
P=10%، (RP=10Years)	q_d=10/2mm/day = 1/18 l/s/ha
P=5%،(RP=20Years)	q_d=10/4mm/day = 1/2 l/s/ha

۱-۲-۴ تعیین هیدرومدول با استفاده از روابط تجربی

با استفاده از مقادیر تبخیر و تعرق متوسط ماه حداکثر مصرف و رطوبت قابل جذب مجاز در خاک‌های مختلف می توان رابطه ای برای مدول آبیاری تعریف نمود مشابه آنچه که توسط SCS برای شرایط ایالات متحده ارائه شده است .

$$q_d = 0/034 ET_m^{1/09} AD^{-0/09} \qquad (۴-۱)$$

که در آن :

q_d : نیاز آبیاری روزانه (mm/day) ؛

ET_m : متوسط نیاز آبی در ماه حداکثر مصرف (mm)؛ و

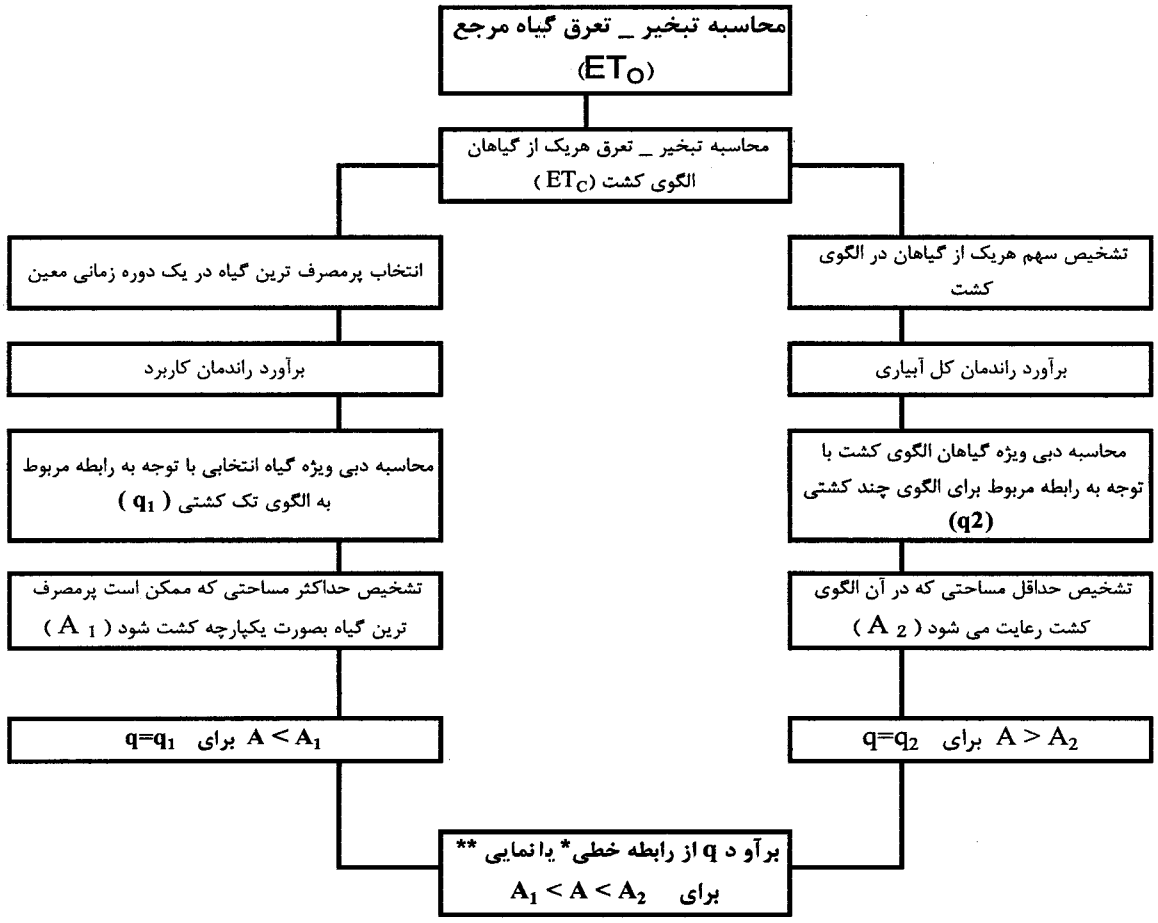
AD : مقدار رطوبت تخلیه شده از خاک بین دو آبیاری (mm) است .

مثال : متوسط تبخیر و تعرق یک محصول در ماه مرداد ۱۹۵ میلیمتر است و مقدار رطوبت تخلیه شده مجاز از خاک بین دو آبیـاری ۲۱۵ میلیمتر می باشد . مدول آبیاری برای این ماه چقدر است ؟

$$q_d = 0.034 * 195^{1/09} * 215^{-0/09} = 6.57 \quad \text{mm/day} = 0.76 \text{ l/s/ha}$$

۱-۲-۵- تعیین دبی ویژه برای طراحی کانالها و سازه های آبی

ظرفیت طراحی کانالها و ابنیه فنی باید بگونه ای باشد که نیازهای آبی گیاهان الگوی کشت، بدون ایجاد تنش آبی تأمین شود . با این حال ، احتمال دارد که با تغییر در الگوی کشت یا عدم تمکین زارعین به اجرای برنامه های پیشنهادی و اجرای الگوی کشت مقرر ، ظرفیت کانالها و ابنیه فنی نتواند جوابگوی شرایط جدید باشد . به این دلیل است که باید طرّاحی از انعطاف لازم نیز تا حدودی برخوردار باشد.برای تعیین دبی ویژه طرّاحی و رسم منحنی تغییرات دبی ویژه نسبت به سطح اراضی می‌توان از فلوچارت شکل ۱-۲ استفاده کرد . در صفحات بعد مثالی در این مورد ارائه شده است . پیشنهاد می‌شود که از روش میانیابی خطی برای تعیین دبی ویژه در سطوح بینابینی استفاده شود .



شکل ۱-۲- برآورد q از رابطه خطی یا نمایی

$$*\ q = q_1 + (q_2 - q_1)(\frac{A - A_1}{A_2 - A_1})$$

$$**\ q = q_1 \,.\, A_1^{-x} \,.\, A^x \quad ; \quad x = \frac{\log q_1 - \log q_2}{\log A_1 - \log A_2}$$

مثال- محاسبه دبی ویژه هنگامی که عوامل اقلیمی با درصد احتمال معین در دسترس باشد.

دبی ویژه طرّاحی را برای شرایط زیر بدست آورید :

داده ها :

- خالص نیاز آبی گیاهان الگوی کشت مطابق جدول شماره۱-۲
- سهم هریک از گیاهان در الگوی کشت مطابق ستون اول جدول شماره ۱-۳
- راندمان کاربرد آبیاری ۶۰ درصد
- راندمان کل آبیاری ۵۰ درصد
- حداکثر مساحتی که پرمصرف ترین گیاه (یونجه) می تواند در آن بصورت یکپارچه کشت شود ۱۲ هکتار
- حداقل مساحتی که پیش بینی می شود الگوی کشت در آن رعایت شود ۲۰۰ هکتار

خواسته : رسم منحنی تغییرات دبی ویژه نسبت به سطح زیر کشت

حل :

۱- با استفاده از جدول شماره ۱-۲ مشخص می شود که یونجه پرمصرف ترین گیاه در طول یک دوره معین است که در تیرماه به ۱۷۹ میلیمتر آب خالص نیازمند است . با توجه به راندمان کاربرد ۶۰ درصد ، ناخالص آب مورد نیاز گیاه ۲۹۸ میلیمتر در ماه است . اگر آبیاری بمدت ۲۴ ساعت در شبانه روز باشد ، دبی ویژه ۱/۱۱ لیتر در ثانیه در هکتار خواهد بود.

$$\frac{298*10000*1000}{1000*31*24*3600}=1.11$$

بنابراین دبی ویژه برای سطوح کوچکتر از ۱۲ هکتار ۱/۱۱ لیتر در ثانیه به ازای هر هکتار خواهد بود. بنابراین :

$$q=1.1 lit/\sec/ha \quad \text{برای} \quad A\langle 12 \quad ha$$

۲- با استفاده از جدول شماره ۱-۴ مشخص می شود که بیشترین مصرف گیاهان الگوی کشت در فروردین ماه و معادل ۱۴۴۹ متر مکعب در هکتار است (ناخالص آب آبیاری با درنظر گرفتن راندمان کل ۵۰ درصد) . اگر آبیاری به مدت ۲۴ ساعت در شبانه روز باشد، دبی ویژه ۰/۵۴ لیتر در ثانیه در هکتار خواهد بود . این دبی ویژه برای مساحتهای بیش از ۲۰۰ هکتار ، که در آن الگوی کشت رعایت می شود ، صادق است .

بنابراین : $q=0.54 lit/\sec/ha \quad \text{برای} \quad A\rangle 200 \quad ha$

۳- برای سطوح بین ۱۲ و ۲۰۰ هکتار می توان رابطه خطی یا رابطه نمایی را به کار برد .

۳-۱- استفاده از رابطه خطّی

$$q=q_1+(q_2-q_1).(\frac{A-A_1}{A_2-A_1})$$

$$q_1=1/11 \quad ; \quad q_2=0/54 \quad ; \quad A_1=12 \quad ; \quad A_2=200$$

$$q=1/146-0/003A$$

۳-۲- استفاده از رابطه نمایی

$$q = q_1 A_1^{-X} . A^X \quad ; \quad x = \frac{Log\ q_1 - Log\ q_2}{Log\ A_1 - Log\ A_2}$$

$$-x = -0.256$$

$$q = 2.097 A^{-0.256}$$

۴- منحنی تغییرات دبی ویژه نسبت به مساحت در شکل ۱-۳ نشان داده شده است . با توجه به تغییر تدریجی منحنی تغییرات نمایی ، به نظر می رسد که استفاده از رابطه خطی منطقی تر باشد .

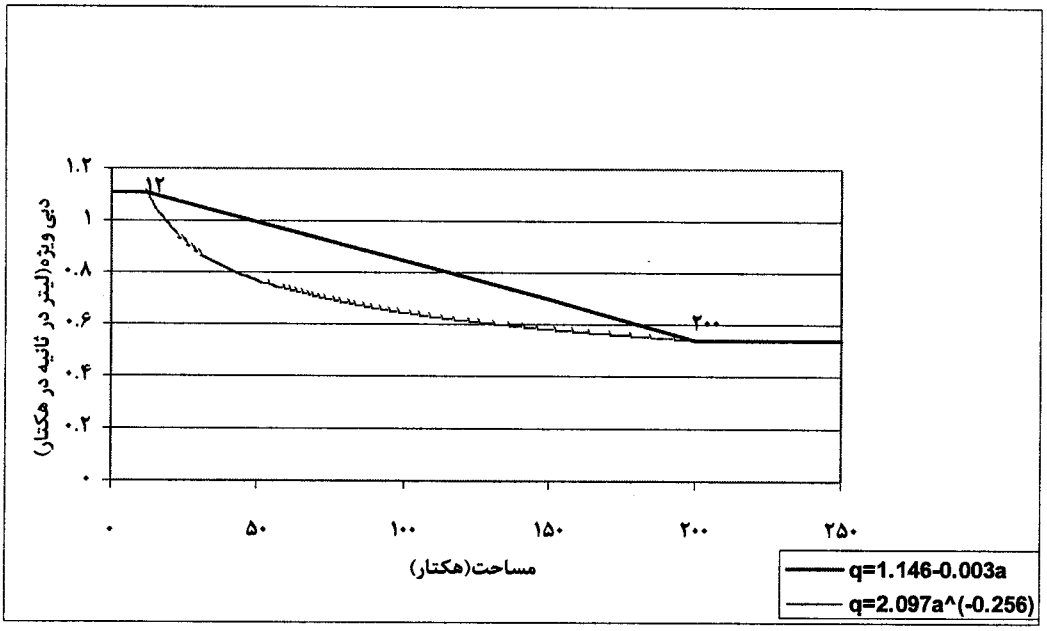
جدول۱-۴- نیاز آبی خالص گیاهان الگوی کشت منطقه سیکان (میلی متر)

گیاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
گندم	116	20	0	0	0	0	0	72	21	31	47	78	384
جو	46	0	0	0	0	0	0	71	21	32	47	78	294
ذرت دانه ای	0	0	0	125	138	165	118	20	0	0	0	0	567
مرکبات	64	89	102	104	98	85	66	31	10	10	16	34	708
یونجه	109	152	174	179	167	139	70	41	25	26	36	59	1177
سیب زمینی	127	164	47	0	0	0	0	0	0	0	89	69	496
کلزا	0	0	0	0	0	0	96	38	29	35	38	0	236
گوجه فرنگی	105	177	205	178	0	0	0	0	0	0	0	84	748
هندوانه	98	152	163	24	0	0	0	0	0	0	50	43	530
خیار بهاره	104	152	160	0	0	0	0	0	0	0	50	47	513
لوبیا	0	0	50	94	171	163	63	0	0	0	0	0	541

جدول۱-۵- نیاز آبی ناخالص گیاهان ترکیب کشت (متر مکعب در هکتار)

با راندمان ۵۰٪

گیاه	درصد در ترکیب کشت	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
گندم	20	463	80	0	0	0	0	0	287	83	126	186	310	1536
جو	13	119	0	0	0	0	0	0	186	53	84	121	202	764
ذرت دانه ای	10	0	0	0	250	277	331	237	40	0	0	0	0	1134
مرکبات	5	64	89	102	104	98	85	66	31	10	10	16	3	678
یونجه	10	219	303	348	359	333	278	140	81	49	53	71	119	2353
سیب زمینی	6	153	197	56	0	0	0	0	0	0	0	106	83	595
کلزا	5	0	0	0	0	0	0	96	38	29	35	38	0	236
گوجه فرنگی	5	105	177	205	178	0	0	0	0	0	0	0	84	748
هندوانه	6	118	182	196	28	0	0	0	0	0	0	60	52	636
خیار بهاره	10	208	304	321	0	0	0	0	0	0	0	100	94	1027
لوبیا	10	0	0	100	187	342	326	126	0	0	0	0	0	1082
جمع	100	1449	1333	1327	1107	1050	1020	665	663	225	307	699	947	10790



شکل ۱-۳- منحنی تغییرات دبی ویژه نسبت به مساحت

۱-۳- ضریب انعطاف در تعیین ظرفیت کانالهای آبیاری

اعمال ضریب انعطاف پذیری نسبت به ظرفیت نرمال کانالهای آبیاری به دلایل زیر اجتناب ناپذیر است :

- امکان افزایش میزان آب در دسترس و در نتیجه امکان تغییر در الگو و تراکم کشت متناسب با این افزایش ؛
- امکان تغییر ترکیب و تراکم کشت در اثر تغییر در وضعیت اقتصاد کشاورزی و تمایل زارعین به کشت محصولات باصرفه‌تر که ممکن است با افزایش نیاز آبی همراه باشد؛
- احتمال بکارگیری تعدادی از مزارع بصورت متمرکز بعنوان کشت تک محصولی ؛
- پایین تر بودن راندمان آبیاری نسبت به مقادیر پیش بینی شده و لزوم تأمین آب کافی برای محصولات ؛ و
- کاهش تعداد ساعات آبیاری در شبانه روز در مقایسه با ساعات آبیاری پیش بینی شده.

ضریب انعطاف در سطوح مختلف می تواند مقادیر متفاوتی داشته باشد . در جدول ۱-۴ به نمونه‌ای از سطوح بزرگتر از سطوح متداول شبکه فرعی اشاره شده است .

در انتخاب ضریب انعطاف باید دقت کافی بعمل آید . انتخاب بیش از حدّ این ضریب موجب می شود که :

- در انجام هزینه های ساخت زیاده روی شود ؛
- انگیزه مصرف کمتر آب به ازای واحد سطح یا به ازای واحد تولید محصول از بین برود؛
- در مواقع کم آبی ، مشکلاتی از نظر آبگیری بروز کند؛ و
- تمایل زارعین برای استفاده از روشهای آبیاری با کارآیی بیشتر ، کاهش یابد .

چنانچه درنظر باشد که زارعین به سمت استفاده از سیستمهای آبیاری با کارآیی بیشتر (از جمله آبیاری تحت فشار) سوق داده شوند و یا با کم آبیاری ، از واحد آب استفاده بیشتری بعمل آید ، لازم است که این ضریب ، هرچه کوچکتر درنظر گرفته شود .

جدول۱-۶- ضریب انعطاف (تجربی)

سطح اراضی	ضریب انعطاف
بیشتر از ۱۰۰۰ هکتار	۱
۱۰۰۰ – ۸۰۰ هکتار	۱/۱
۸۰۰ – ۶۰۰ هکتار	۱/۱۵
۶۰۰ – ۴۰۰ هکتار	۱/۲۵
۴۰۰ – ۲۰۰ هکتار	۱/۳۵
کمتر از ۲۰۰ هکتار	۱/۵

۱-۴- تعیین ظرفیت سازه های آبیاری

ظرفیت سازه های آبیاری موجود در مسیر کانالهای آبیاری با توجه به سطح اراضی تحت پوشش ، مدول آبیاری حداکثر و ضریب انعطاف پذیری تعیین می گردد . توصیه می شود ضریب انعطاف پذیری بزرگتری برای سازه های آبیاری شبکه فرعی در نظر گرفته شود.

فصل دوم
طراحی روشهای آبیاری سطحی

۲-۱- آبیاری نشتی

۲-۱-۱- تعریف

آبیاری نشتی[1] عبارت است از جاری نمودن آب در انهار یا جویچه‌های کوچک شیبدار به موازات و با فاصله از یکدیگر که فاصله شیارها متناسب با نوع محصول و بافت خاک متفاوت خواهد بود. مناسبترین خاک برای بهره گیری از این سیستم، خاکهای با بافت ریز و نفوذپذیری کم وشیب اندک می‌باشد.

۲-۱-۲- کاربرد سیستم

این سیستم آبیاری برای اغلب محصولات بجز برنج قابل کاربرد می‌باشد. گیاهانی که نسبت به قرار گرفتن در آب حساس می‌باشند، با این روش هماهنگی خوبی دارند. این محصولات معمولاً در روی پشته ها و در فاصله بین شیارها کشت می‌شوند.

۲-۱-۳- محدودیت کاربرد

باتوجه به نکاتی که مطرح شد یکی از محدودیتهای آبیاری شیاری، کاربرد آن در اراضی شیبدار و در مناطق با بارشهای شدید می‌باشد چون شدت جریان ایجاد شده در شیارها ممکن است باعث فرسایش زیاد و خسارت عمده به محصول گردد. خاکهای شور و یا آبهای شور مورد استفاده در آبیاری شیاری موجب تجمع نمک در حاشیه شیارها شده و به‌محصول خسارت وارد می‌کند. همچنین در خاکهای درشت دانه، نفوذ آب به‌صورت جانبی بسیار کم است و ممکن است گیاهان از این بابت با کم‌آبی مواجه شوند.

۲-۱-۴- پارامترهای طراحی

در طراحی سیستم آبیاری نشتی پارامترهایی نظیر شیب شیار، دبی ورودی به شیار، زمان آبیاری و نوع خاک، طول شیار، نوع گیاه، مقدار آب در دسترس و تعداد شیارهایی که در هر نوبت آبیاری خواهند شد باید تعیین و مورد بررسی قرار گیرند به نحوی که سیستم طراحی شده با راندمان، یکنواختی، کفایت لازم و سادگی مورد نظر تطبیق داشته باشد.

۲-۱-۴-۱- شیب شیار (نشتی)

نفوذ آب در شیار در خاکهای درشت دانه و شنی لومی عمدتاً درجهت مسیر جریان و به اعماق می‌باشد و در جهات جانبی بسیار ناچیز است . از این رو، در اینگونه خاکها بایستی طول شیار خیلی کوتاه، زمان آبیاری کم و همچنین فاصله شیارها و عمق آبیاری کم باشد تا راندمان آبیاری قابل قبول باشد.

1- Furrow Irrigation

شیب شیار باید بگونه‌ای باشد که رواناب انتهای شیار از حد قابل قبولی تجاوز نکند. عموماً شیب طولی شیار حدود ۰/۱ درصد یا کمتر درنظر گرفته می‌شود. در مناطق خشک این مقدار تا ۰/۳ درصد نیز قابل افزایش است. در مناطق مرطوب شیب نباید از ۰/۳ درصد تجاوز نکند. درصورتیکه طول شیارها کوتاه باشد، میزان شیب را می‌توان تا ۰/۵ درصد نیز درنظر گرفت. در مناطق مرطوب حداقل شیب، بین ۰/۰۳ تا ۰/۰۵ درصد درنظر گرفته می‌شود. حداکثر شیب در خاکهای فرسایشی را می‌توان از رابطه زیر برآورد نمود:

$$S_{\max} = 67/(p_{30})^{1/3} \qquad (۱-۲)$$

که در آن : P_{30} بارش ۳۰ دقیقه‌ای با دوره برگشت ۲ سال برحسب میلی متر و $S_{\max}$ حداکثر شیب مجاز برحسب درصداست.

۲-۴-۱- شیب عرضی زمین عمود بر شیارها

شیب عرضی درصورتیکه شیب طولی شیار ۰/۵ درصد یا بیشتر باشد حدود ۱ درصد و در شیب‌های کمتر معادل ۰/۵ درصد درنظر گرفته می‌شود. بهرحال این شیب باید بگونه‌ای باشد که قطعه زراعی حالت یکنواخت داشته باشد. هنگامی که از لوله های دریچه دار به منظور آبیاری استفاده شود، می توان شیب عرضی را بیشتر درنظر گرفت.

۲-۱-۴-۳- نوع خاک و گیاه

از دیگر پارامترهای اساسی طراحی، اطلاعات مربوط به گروه نفوذ خاک مورد نظر است. ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و ویژگی‌های گیاه مورد نظر، عمق ریشه و نحوه توزیع ریشه در خاک نیز در طراحی مؤثرند. توپوگرافی اراضی نیز نحوه جانمایی قطعات، جهت شیارها، طول شیار، شیب شیار را تعیین می‌کند.

۲-۱-۴-۴- مهارت زارع یا آبیار

مهارت زارع در نوع سیستم انتخابی، نحوه کنترل آب در دسترس برای آبیاری، میزان جریان وارده به نشتی، زمان آبیاری و تغییرات آن در طول دوره رشد تأثیرگذار است و طراح بایستی به این نکات توجه نماید.

۲-۱-۴-۵- محدودیتهای طراحی

- دبی شیار نباید بیش از ظرفیت شیار باشد (باتوجه به مقطع و شکل شیار، شیب طولی شیار و زبری جداره شیار)
- دبی بیش از ظرفیت شیار موجب فرسایش شیار می‌شود. در خاکهای حساس به فرسایش سرعت جریان باید به ۱۵ سانتی‌متر در ثانیه محدود شود. در خاکهای غیرفرسایشی این مقدار تا ۱۸ سانتی‌متر در ثانیه قابل افزایش است.
- ضریب زبری در شیارهای معمولی حدود ۰/۰۴ درنظر گرفته می شود.
- زمان فروکش[1] جریان در خاکهای معمولی و در شیبهای بیش از ۰/۰۵ درصد، کم و قابل چشم‌پوشی است. در سایر شرایط، زمان فروکش یکی از بخشهای اساسی زمان نفوذ آب به خاک، بویژه در شیارهای با شیب کم (تقریباً تراز) است و این موضوع باعث نفوذ عمقی[2] زیاد می‌شود. نفوذ عمقی نباید بیش از ۲۰ الی ۲۵ درصد عمق آبیاری شود.

1- Recession Time
2 - Deep Percolation

۲-۱-۴-۶- روشهای کنترل جریان در شیار

۱- شیار با انتهای باز : در شیارهای دارای شیب طولی نسبتاً زیاد، معمولاً انتهای شیار باز است ولی مقدار آب وارده به آن نسبتاً کم است، بطوری که تا پایان زمان آبیاری جریان خواهد داشت و آب اضافی از انتهای شیار جمع‌آوری و در صورت امکان مجدداً به مصرف آبیاری می‌رسد.

۲- کاهش جریان در شیارهای با انتهای باز[1] : در اینگونه شیارها مقدار جریان پس از رسیدن آب به انتهای شیار کاهش داده می‌شود و زمان آبیاری ادامه می‌یابد تا مقدار آب مورد نظر به خاک نفوذ نماید.

۳- شیارهای تراز: در این شیارها که شیب طولی آن تقریباً صفر است، آبیاری پس از رسیدن آب به انتهای مسیر آنقدر ادامه می‌یابد تا آب کافی (مورد نظر طرح) به عمق توسعه ریشه‌ها نفوذ نماید.

۲-۱-۴-۷- روابط طراحی آبیاری شیاری

در اینجا روابط طراحی برای سه روش فوق (شیار با انتهای باز، آبیاری با کاهش جریان و شیار تراز) ارائه می‌شود. در این روابط، عمق آبیاری معادل عمق آبیاری در روشهای دیگر می‌باشد؛ تنها اختلاف در این است که به جای محیط خیس شده باید از محیط خیس شده اصلاح شده استفاده کرد:

$$P = 0.256\left(Q.n / S^{0.5}\right)^{0.425} + 0.227 \qquad (۲-۲)$$

که در آن :

P	محیط خیس شده اصلاح شده	متر
Q	دبی ورودی به شیار	لیتر در ثانیه
n	ضریب زبری مانینگ	-
S	شیب طولی شیار	متر/متر

توجه : مقدار P بدست آمده از رابطه فوق نباید از فاصله بین شیارها (W) بیشتر باشد.

2- Cut Back

جدول شماره ۲-۱-گروههای نفوذپذیری و پارامترهای مرتبط با آن (ضریب معادلات نفوذ تجمعی)

گروه نفوذپذیری IF	a (mm)	b	c (mm)	f	g
۰/۰۵	۰/۵۳۳۴	۰/۶۱۸	۷	۷/۱۶	۱/۰۸۸ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۱۰	۰/۶۱۹۸	۰/۶۶۱	۷	۷/۲۵	۱/۲۵۱ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۱۵	۰/۷۱۱۰	۰/۶۸۳	۷	۷/۳۴	۱/۴۱۴ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۲۰	۰/۷۷۷۲	۰/۶۹۹	۷	۷/۴۳	۱/۵۷۸ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۲۵	۰/۸۵۳۴	۰/۷۱۱	۷	۷/۵۲	۱/۷۴۱ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۳۰	۰/۹۲۴۶	۰/۷۲۰	۷	۷/۶۱	۱/۹۰۴ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۳۵	۰/۹۹۵۷	۰/۷۲۹	۷	۷/۷۰	۲/۰۶۷ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۴۰	۱/۰۶۴	۰/۷۳۶	۷	۷/۷۹	۲/۲۳۰ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۴۵	۱/۱۳۰	۰/۷۴۲	۷	۷/۸۸	۲/۳۹۳ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۵۰	۱/۱۹۶	۰/۷۴۸	۷	۷/۹۷	۲/۵۵۶ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۶۰	۱/۳۲۱	۰/۷۵۷	۷	۸/۱۵	۲/۸۸۳ × ۱۰$^{-۴}$
۰/۷۰	۱/۴۴۳	۰/۷۶۶	۷	۸/۳۳	۳/۲۰۹× ۱۰$^{-۴}$
۰/۸۰	۱/۵۶۰	۰/۷۷۳	۷	۸/۵۰	۳/۵۳۵× ۱۰$^{-۴}$
۰/۹۰	۱/۶۷۴	۰/۷۷۹	۷	۸/۶۸	۳/۸۶۲ × ۱۰$^{-۴}$
۱/۰۰	۱/۷۸۶	۰/۷۸۵	۷	۸/۸۶	۴/۱۸۸ × ۱۰$^{-۴}$
۱/۵۰	۲/۲۸۴	۰/۷۹۹	۷	۹/۷۶	۵/۸۱۹× ۱۰$^{-۴}$
۲/۰۰	۲/۷۵۳	۰/۸۰۸	۷	۱۰/۶۵	۷/۴۵۱ × ۱۰$^{-۴}$
۳/۰۰	۳/۶۵۰	۰/۸۱۶	۷	۱۲/۴۴	۱۰/۷۱۷ × ۱۰$^{-۴}$
۴/۰۰	۴/۴۴۵	۰/۸۲۳	۷	۱۴/۲۳	۱۳/۹۸۱ × ۱۰$^{-۴}$

۲-۱-۴-۷-۱- شیار با انتهای باز

۲-۱-۴-۷-۱-۱- زمان پیشروی آب در شیار

زمان پیشروی آب در شیار با استفاده از نتایج آزمایشات متعدد و بکارگیری رابطه همبستگی بین طول، جریان ورودی به شیار و شیب بدست می آید.

$$T_t = \frac{x}{f} e^{\beta} \qquad (۳-۲)$$

که در آن :

T_t زمان پیشروی آب در شیار	دقیقه
x فاصله پیشروی از ابتدای شیار تا نقطه مورد نظر (حداکثر مقدار x در واقع همان طول شیار یا L می‌باشد)	متر
Q دبی ورودی به شیار	لیتر در ثانیه
S شیب طولی شیار	متر/متر

f و g ضرایب پیشروی هستند که مربوط به گروه نفوذپذیری خاک بوده و از جدولی که به همین منظور تهیه شده است (جدول ۲-۱) استخراج و یا از روابط زیر به دست می‌آیند.

$$f = ۷/۰۷۶۵ \times ۱/۷۸۸۲ + I_f \qquad (۴-۲)$$

$$g = ۰/۹۲۵۲ \times ۱۰^{-۴} + ۳۲۶۴,۰ \times ۱۰^{-۳} \times I_f \qquad (۵-۲)$$

If گروه نفوذپذیری خاک است.

β پارامتری است که خود از رابطه زیر به دست می آید:

$$\beta = \frac{gx}{Qs^{0/5}} \qquad (۶-۲)$$

e عدد پایه لگاریتم نپرین می باشد که معادل ۲/۷۱۸۳ است.

۲-۱-۴-۷-۱-۲- زمان نفوذ

زمان نفوذ[1] در هر نقطه از شیار برابر است با زمان جریان آب در شیار، منهای زمان پیشروی آب تا آن نقطه بعلاوه زمان پس از قطع جریان که آب روی شیار باقی خواهد ماند. یا به عبارت دیگر:

$$T_o = T_1 - T_t + T_r \qquad (۷-۲)$$

که در آن :

T_o زمان نفوذ (فرصت نفوذ) دقیقه

T_1 زمان جریان آب در شیار دقیقه (که برای یک آبیاری معین رقم ثابتی می باشد)

T_t زمان پیشروی آب در شیار دقیقه

T_r زمان فروکش جریان آب دقیقه (که معمولاً صفر در نظر گرفته می شود)

با شرح و فرضیات فوق زمان نفوذ در شیارهای شیبدار به شکل زیر خواهد بود.

$$T_o = T_1 - \frac{x}{f}e^{\beta} \qquad (۸-۲)$$

معادله نفوذ متوسط برای شیار، از انتگرالگیری معادله فوق بین صفر و نقطه ای به فاصله x از ابتدای شیار و تقسیم نتیجه حاصل بـه x از رابطه زیر به دست می آید:

$$T_{(o-x)} = T_1 - \frac{0/0929}{fx\left[\frac{0/305\beta}{x}\right]^2}\left[(\beta - 1)e^{\beta} + 1\right] \qquad (۹-۲)$$

زمان متوسط نفوذ برای کل طول (L) از رابطه فوق به دست می آید و کافی است به جای x مقدار L در نظر گرفته شود.

مقدار آب داده شده به زمین (ناخالص) :

$$F_g = \frac{60.QT_1}{W.L} \qquad (۱۰-۲)$$

1- Opportunity Time

که در آن :

F_g عمق ناخالص آب داده شده به زمین — میلی متر

W فاصله بین دو شیار — متر

L طول شیار — متر

Q دبی ورودی — لیتر در ثانیه

T_1 زمان آبیاری — دقیقه

۲-۱-۴-۷-۱-۳- نفوذ تجمعی

مقدار نفوذ تجمعی معمولاً به صورت مقدار آب ذخیره شده در واحد طول و متناسب با فاصله بین شیارهاست و از رابطه زیر برآورد میشود :

$$F_{(o-x)} = (aT^{b}_{(o-x)} + c)\frac{P}{W} \qquad (۱۱-۲)$$

که در این رابطه :

$F_{(O-x)}$ مقدار آب نفوذیافته درفاصله صفر تا x از ابتدای شیار — میلی متر

a ، b و c ضرایب نفوذ متناسب با گروه نفوذپذیری خاک (جدول۳-۱)

P پیرامون خیس شده شیار — متر

W فاصله شیارها — متر

۲-۱-۴-۷-۱-۴- زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آب در خاک

برای تعیین زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آب موردنظر، معادله نفوذ (با ملحوظ نمودن پیرامون خیس شده و فاصله شیارها) حل می‌شود.

$$T_n = \left[\frac{\left(F_n \frac{w}{p} - c\right)}{a}\right]^{1/b} \qquad (۱۲-۲)$$

در رابطه فوق :

T_n زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آب در خاک — دقیقه

a، b و c ضرایب نفوذ

W و P به ترتیب فاصله بین دو شیار و پیرامون خیس شده — متر

F_n عمق خالص آب نفوذیافته — میلی متر

۲-۱-۴-۷-۱-۵- میانگین عمق آب نفوذی

متوسط عمق آب نفوذیافته در طول شیار با استفاده از معادله (۱۱) و با جاگذاری زمان (T_{o-L}) به دست می آید.

۲-۱-۴-۷-۱-۶- رواناب

محاسبه رواناب خروجی از انتهای شیار : مقدار رواناب خروجی از انتهای شیار در واقع اختلاف بین عمق ناخالص آبیاری و متوسط عمق نفوذیافته است:

$$R_o = F_g - F_{(O-L)} \qquad (۱۳-۲)$$

مقدار F_g از رابطه (۱۰) و مقدار $F_{(O-L)}$ از رابطه (۱۱) به دست می آید. در این صورت مقدار R_o بر حسب میلی متر خواهد بود.

۲-۱-۴-۷-۱-۷- نفوذ عمقی

نفوذ عمقی عبارت است از عمق معادل آبی که بیش از عمق مورد نظر به خاک نفوذ می‌نماید و از رابطه زیر برآورد می‌شود.

$$Dp = F_{(O-L)} - F_n \qquad (۱۴-۲)$$

که در آن :

DP مقدار نفوذ عمقی برحسب میلی متر است.

اگر نیاز باشد که مقدار نفوذ در طولی از شیار به فاصله x از ابتدای آن محاسبه شود، می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود.

$$DP = (F_{O-x} - F_n)\frac{x}{L}$$

۲-۱-۴-۷-۱-۸- راندمان کاربرد آبیاری

راندمان کاربرد آبیاری از رابطه زیر بدست می آید:

(۱۵-۲)

$$E = 100\frac{F_n}{F_g}$$

راندمان آبیاری در یک طول معین از شیار از رابطه زیر به دست می آید:

$$E = 100\,(F_{O-x} - DP)/F_g \qquad (۱۶-۲)$$

۲-۱-۴-۷-۲- کاهش جریان در شیار با انتهای باز

همانطور که اشاره شد، در صورت امکان رواناب انتهای شیار را برای استفاده مجدد در آبیاری مورد استفاده قرار می دهند. در صورتیکه چنین امکانی وجود نداشته باشد یا اجرای آن مشکل باشد، برای کاهش رواناب، جریان ورودی به شیار را کاهش می دهند. اینکار به ویژه در خاکهای با گروه نفوذ ۱/۰ و کمتر توصیه می شود اگر چه که اجرای این روش همراه با مشکلاتی بوده و نیاز به نیروی انسانی زیادی دارد.

مراحل کار طراحی به شرح زیر است :

۱- برای محاسبه زمان مناسب برای کاهش جریان از رابطه (۲-۳) استفاده می شود.

۲- مقدار جریان، نصف دبی ورودی اولیه در نظر گرفته می شود (البته ممکن است طراح مقادیر متفاوتی را در نظر داشته و عمل نماید).

۳- محیط خیس شده اصلاح شده (P1) از رابطه (۲-۲) برآورد می شود.

۴- زمان نفوذ لازم برای نفوذ Fn (عمق خالص در نظر گرفته شده) در طول شیار (L) از رابطه (۲-۱۲) حساب می شود (بعد از جاگذاری P1 به جای P قبلی) .

۵- کل زمان در نظر گرفته شده برای آبیاری عبارت خواهد بود از :

$$T_1=T_n+T_r \qquad (۹-۲)$$

۶- متوسط زمان لازم برای نفوذ در موقع پیشروی برابر است با قسمت دوم معادله (۹) که به شکل زیر خواهد بود (در حالی که به جای x مقدار L یعنی طول شیار قرار داده شود):

$$T_{o_{avg}} = T_{(O-L)} = \frac{0/0929}{f.L\left[\frac{0/305\beta}{L}\right]2}\left[(\beta-1)e^{\beta}+1\right]$$

۷- متوسط نفوذ در تحت شرایط کاهش جریان برابر است با :

$$F_{(O-L)} = \left[a(T_1 - T_{oavg})^b + c\right]\frac{P_1}{W} + \left[a(T_{oavg})^b + c\right]\frac{F - P_1}{W} \qquad (۱۷-۲)$$

۸- عمق ناخالص آب نفوذ یافته به خاک عبارت است از :

$$F_g = \frac{60}{WL}(QT_t + \frac{Q}{2}T_n) \qquad (۱۸-۲)$$

۹- محاسبه مقادیر رواناب سطحی، نفوذ عمقی و راندمان کاربرد با معادلات ذکر شده برای شیار با انتهای باز قابل انجام است.

۲-۱-۴-۷-۳- شیار تراز (شیار ته بسته)

در شیار تراز[1] یا شیار ته بسته[2] یا با شیب تقریباً صفر (تراز)، رواناب سطحی از انتهای شیار وجود ندارد. در این سیستم مقدار آب مورد نظر با دبی مناسبی وارد شیار می شود به گونه ای که در زمان نسبتاً کوتاهی به انتهای شیار برسد. سپس آن قدر در شیار باقی می ماند تا نفوذ کند. زمان مناسب برای رسیدن آب به انتهای شیار بایستی از ۱/۵ برابر زمان لازم برای نفوذ (عمق آب مورد نظر) کمتر باشد. ضمناً مقدار دبی نیز باید به گونه ای باشد که ضمن رعایت نکته فوق موجب فرسایش نشود.

مبانی و روابط طراحی شیارهای تراز به شرح زیر است:

۱- حجم آب وارد شده به شیار بایستی برابر مقدار متوسط نفوذ در طول شیار باشد.

۲- زمان نفوذ در آخرین نقطه پوشانیده شده با آب باید معادل زمان متوسط نفوذ در طول شیار باشد.

---

1 - Level impoundment furrows

2 -Diked end furrow

۳- بیشترین زمان نفوذ در هر نقطه از شیار باید به گونه ای باشد که موجب نفوذ عمقی بیش از حد نشود.

۴- اگر چه انتهای شیار بسته است، ولی جریان ورودی نیز باید به گونه ای باشد که در مقطع شیار بگنجد و از آن سرریز نشود. این مقدار را می توان با رابطه زیر برآورد نمود:

$$d_i = 0/0875\ Q^{0/342} \qquad (۱۹-۲)$$

که در آن:

d_i عمق جریان ورودی متر

Q دبی ورودی لیتر در ثانیه

۵- شیب هیدرولیکی متوسط در شیار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{1}{L}(0/0875Q^{0/342}) \qquad (۲۰-۲)$$

۶- محیط خیس شده از رابطه (۲-۲) برآورد می شود.

۷- زمان خالص نفوذ Tn از رابطه (۲-۱۲) به دست می آید.

۸- متوسط زمان نفوذ از حاصل جمع زمان خالص نفوذ و زمان پیشروی بدست می آید:

$$T_{oavg} = T_n + \frac{0/0929}{f.L\left[\frac{0/305\beta}{L}\right]^2}\left[(\beta-1)e^{\beta}+1\right] \qquad (۲۱-۲)$$

۹- زمان آبیاری (زمان ورود آب به شیار) از رابطه زیر بدست می آید:

$$T_1 = \frac{PL}{60Q}\left[a(T_{oavg})^b + c\right] \qquad (۲۲-۲)$$

۱۰- عمق ناخالص آبیاری از رابطه شماره (۲-۱۰) به دست می آید.

$$F_g = \frac{60QT_1}{W.L}$$

۱۱- نفوذ عمقی عبارت است از اختلاف بین F_g عمق ناخالص آبیاری، و عمق خالص مورد نظر F_n

$$DP = F_g - F_n \qquad (۲۳-۲)$$

۱۲- راندمان آبیاری (کاربرد) با استفاده از رابطه (۲-۱۵) محاسبه می شود.

$$AE = 100\ F_n/F_g$$

۲-۱-۴-۷-۴- روش ساده طراحی آبیاری شیاری

مشخصات شیار شامل حداکثر طول، شیب شیار، عمق متوسط آبیاری و نوع خاک توسط L. J. Booher پیشنهاد و در سال ۱۹۷۴ توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO) منتشر گردیده است. جدول شماره ۲-۲ مشخصات مذکور را برای شیار ارائه می‌دهد. لازم به ذکر است که از اعداد این جدول به عنوان راهنمای کلی می توان استفاده نمود ولی برای اقدامات اجرایی بهتر است ضمن انجام آزمایشات لازم از روش های طراحی که قبلاً توضیح داده شده استفاده شود.

جدول ۲-۲- حداکثر طول پیشنهادی شیار (m) با توجه به نوع خاک ، شیب شیار و عمق آبیاری(cm)

شیب شیار (درصد)	عمق متوسط آبیاری (سانتی متر)											
	۷/۵	۱۵	۲۲/۵	۳۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵
	خاکهای رسی				خاکهای لومی				خاکهای شنی			
۰/۰۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۲۰/	۲۷۰	۴۰۰	۴۰۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰
۰/۱	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۵۰۰	۱۸۰	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۹۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۰/۲	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۶۲۰	۲۲۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۰/۳	۴۰۰	۵۰۰	۶۲۰	۸۰۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۸۰	۴۰۰
۰/۵	۴۰۰	۵۰۰	۵۶۰	۷۵۰	۲۸۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۱/۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۲۰
۱/۵	۲۵۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۰۰	۲۲۰	۲۸۰	۳۴۰	۴۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۹۰	۱۹۰
۲/۰	۲۲۰	۲۷۰	۳۴۰	۴۰۰	۱۸۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۴۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰

مثال : طراحی آبیاری شیاری (نشتی) :

داده ها :

گروه نفوذپذیری خاک	۰/۳
طول زمین	۲۷۵ متر
شیب زمین	۰/۰۰۴
فاصله شیارها	۰/۷۵ متر
ضریب زبری مانینگ	۰/۰۴
عمق خالص آبیاری	۷۵ میلی متر
دبی ورودی به شیار	۰/۶ لیتر در ثانیه

خواسته ها :

- زمان ورود آب به شیار (زمان آبیاری)
- مقدار رواناب از انتهای شیار
- مقدار نفوذ عمقی
- راندمان آبیاری

الف – شیار معمولی

حل : با استفاده از جدول (۲-۱-) مقادیر a، b ، c ، f و g به شرح ذیل استخراج می‌شود.

$a=۰/۹۲۵$ $b=۰/۷۲۰$ $c=۰/۷$

$f=۷/۶۱$ $g=۱/۹۰۴ \times ۱۰^{-۴}$

تعیین مقدار زمان ورود آب به شیار

$T_1=T_t+T_n$

$$T_t=\frac{L}{f}e^{\beta}\Rightarrow\beta=\frac{L\times g}{Q\sqrt{s}}=\frac{275\times1/904\times10^{-4}}{0/6\sqrt{0/004}}\Rightarrow\beta=1/38$$

$$T_t=\frac{275}{7/61}e^{\beta}=143/6\min$$

$$T_n=\left[(F_n\times\frac{W}{P}-C)/a\right]^{1/b}$$

$$P=0/265(Q.\frac{n}{\sqrt{s}})^{0/425}+0/227\Rightarrow P=0/265(0/6\times\frac{0/04}{\sqrt{0/004}})^{0/425}+0/227\Rightarrow P=0/4m$$

$$T_n=\left[\frac{(75\times\frac{0/75}{0/4}-7/0}{0/925}\right]^{\frac{1}{0/720}}=999\min$$

$$T_1=T_t+T_n=143/6+999=1143\min$$

تعیین مقدار رواناب از انتهای شیار

$RO=F_g-F_{(O-L)}$

$$F_g=\frac{60.Q.T_1}{W.L}=\frac{60\times0/6\times1143}{0/75\times275}=200mm$$

$$F_{(O-L)}=(aT^{b}{}_{(o-L)}+c)P/W$$

$$T_{(O-L)}=T_1-\frac{0/0929}{f.L\left[\frac{0/305\beta}{L}\right]^2}\left[(\beta-1)e^{\beta}+1\right]$$

$$T_{(O-L)}=1143-\frac{0/0929\left[(1/38-1)e^{1/38}+1\right]}{7/61\times275\left[\frac{0/305\times1/38}{275}\right]^2}$$

$$T_{(o-L)}=1095\min$$

$$F_{(O-L)}=(0/925\times1095^{0/720}+7/0)\frac{0/4}{0/75}=79/85=80mm$$

رواناب:

$$R_o=200-80=120mm$$

تعیین مقدار نفوذ عمقی DP

$DP=F_{(O-L)}-F_n$

$DP=80-75=5$ mm

تعیین راندمان آبیاری AE

$$AE = \frac{100 \times F_n}{F_g} = \frac{100 \times 75}{200} = 37/5$$ درصد

ب- طراحی شیار با کاهش جریان

داده ها : مانند قسمت قبلی

خواسته ها : مانند خواسته های قبل به اضافه زمان قطع جریان

حل : زمان قطع جریان موقعی است که مرحله پیشروی کامل شده باشد یعنی بایستی زمان T_t محاسبه شود که در واقع معادل زمان قطع جریان (کاهش جریان) است.

- مقدار T_t مانند قسمت اول مثال (شیار با انتهای باز) می باشد. $T_t = 144 \text{ min}$
- محیط خیس شده اصلاح شده نیز مانند قسمت قبل بوده و معادل P = ۰/۴ می باشد ولی محیط خیس شده با دبی کاهش یافته یعنی $Q_{uc} = \frac{Q_u}{2}$ بایستی محاسبه شود.

$$P_1 = 0/265\left[\frac{(0/3)(0/04)}{\sqrt{0/004}}\right]^{0/425} + 0/227 = 0/36m$$

- زمان آبیاری خالص معادل زمانی است که بایستی آب روی زمین بماند و برابر است با زمانی که لازم است تا عمق خالص مورد نظر در خاک نفوذ نماید.

$$T_n = \{[(Fn.W / P1) - C]/a\}^{1/b}$$

$$T_n = \{\left[75 \times \frac{0/75}{0/36} - 7/0\right]0/0925\}\frac{1}{0/720} = 1165 \text{ min}$$

- زمان ورود آب به شیار

$T_1 = T_t + T_n = 144 + 1165 = 1309 \text{ min}$

- زمان متوسط نفوذ مانند قسمت قبل محاسبه می شود که معادل ۴۷/۶ دقیقه می باشد.

$T_{oavg} = 47/6 \text{ min}$

متوسط نفوذ در طول شیار برابر است با : $F_{(O-L)} = (aT^b{}_{O-L} + c)\frac{P}{W} + (aT^b{}_{oavg} + c)\frac{(P - P_1)}{W} =$

$$\left[0/925(1309 - 47/6)^{0/720} + 7/0\right] \times \frac{0/36}{0/75} + (0/925 \times 47/6 + 7/0)\left(\frac{0/4 - 0/36}{0/75}\right) = 79 + 1 = 80mm$$

عمق خالص آبیاری $F_g = \frac{60.Q.T_1}{W.L}$

$$F_g = \frac{60}{0/75 \times 275}\left[0/6 \times 144 + \frac{0/6}{2} \times 1165\right] = 127mm$$

مقدار رواناب $R_O = F_g - F_n = 127 - 80 = 47 \text{ mm}$

- مقدار نفوذ عمقی $D_P = F_{O-L} - F_n = 80 - 75 = 5 \text{ mm}$
- راندمان آبیاری $AE = 100\ F_n/F_g = 100 \times 75/127 = 59$ درصد

۲-۲- آبیاری نواری

۲-۲-۱- تعریف

آبیاری نواری[1] در واقع پخش آب در نوارهای شیبداری است که توسط خاکریزهای کوچک یا مرز محدود شده است. معمولاً انتهای نوار بسته نیست. آب در ابتدای نوار وارد آن می‌شود و به صورت یک صفحه، سطح نوار را پوشانده و به سمت انتهای نوار جاری می‌شود. دبی ورودی باید به گونه‌ای باشد که عمق آب مورد نظر در زمان لازم برای نفوذ یا در زمانی کمتر از آن به خاک وارد شود. وقتی این عمق به خاک نفوذ نمود، جریان ورودی قطع می‌شود. آب موجود در سطح که نفوذ نکرده است به سمت انتهای نوار حرکت نموده و آبیاری را تکمیل می‌کند. در برخی موارد انتهای نوار بسته می‌شود و آب در انتهای نوار به صورت غرقاب باقی می‌ماند تا نفوذ کند.

۲-۲-۲- کاربرد آبیاری نواری

نوع گیاه : آبیاری نواری برای کلیه گیاهان متراکم یعنی گیاهانی که به صورت بذرپاشی کشت می‌شوند، گیاهان ردیفی و غیره بجز برنج مناسب است. این سیستم آبیاری برای گیاهانی مثل خانواده بقولات، گراسها و گیاهان دانه‌ریز بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بعضی موارد، مرکبات و باغات انگور را نیز با این روش آبیاری می‌کنند.

نوع خاک : آبیاری نواری در اغلب خاکها قابل کاربرد است. این سیستم برای خاکهای با نفوذپذیری نسبتاً کم تا نسبتاً زیاد توصیه می‌شود. این روش در خاکهای دانه درشت با نفوذپذیری بالا بازده خوبی نخواهد داشت مگر اینکه طول نوارها خیلی کوتاه در نظر گرفته شود. همچنین خاکهای با نفوذپذیری خیلی کم نیز برای این سیستم مناسب نیستند مگر اینکه دبی ورودی خیلی کم باشد و روی خاک را کاملاً بپوشاند.

شیب : بهترین شیب برای آبیاری نواری شیبهای کمتر از ۰/۵ درصد است. درصورتی که گیاهان غیر متراکم کاشت شده باشند، می‌توان در زمینهای تا شیب ۲ درصد از این روش بهره گرفت. در صورت کشت گیاهان متراکم، امکان بکارگیری این روش تا ۴ درصد نیز وجود دارد. مسئله فرسایش خاک در اراضی با شیب زیاد به ویژه در شرایط بارشهای تند باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۲-۳- محاسن روش آبیاری نواری

- راندمان آبیاری در این روش از حد خوب تا عالی قابل حصول است به شرطی که طراحی و اجرای آن به خوبی انجام گیرد.
- به هزینه‌های کارگری نسبتاً کمی نیاز دارد.
- امکان به کارگیری ماشین‌آلات به راحتی فراهم است.
- هزینه‌های تسطیح نسبتاً پائین است.
- امکان زهکشی سطحی در این سیستم به خوبی میسر است.
- با بستن انتهای نوار امکان کاهش رواناب وجود دارد.

1- Border Irrigation

۲-۲-۴- معایب یا محدودیتهای آبیاری نواری

- گاهی ویژگی‌های توپوگرافیک زمین اجازه تسطیح و آماده سازی را برای آبیاری نواری نمی دهد.
- در زمینهای با نفوذپذیری کم، امکان استفاده از دبی زیاد وجود ندارد. بنابراین زمان آبیاری طولانی خواهد شد.
- در برخی شرایط لازم است شیب عرضی زمین به کلی از بین برود و این مستلزم کار زیادی است.

۲-۲-۵- طراحی سیستم آبیاری نواری

مبانی طراحی : مبنای طراحی سیستم آبیاری نواری ایجاد توازن بین منحنی‌های پیشروی آب و فروکش جریان به منظور ایجاد فرصت زمانی برابر برای کلیه نقاط در نوار است به نحوی که خاک میزان آب کافی را به خود جذب کند. در اراضی مناسب برای آبیاری نواری اگر دو شرط زیر محقق شود این توازن نیز محقق خواهد شد.

الف– حجم آب وارد شده به نوار آن قدر باشد که بتواند عمق متوسط آب معادل عمق ناخالص آبیاری را به خاک نفوذ دهد.

ب – فرصت نفوذ در ابتدای نوار برابر زمانی باشد که در آن زمان امکان نفوذ عمق خالص آبیاری مورد نظر فراهم گردد.

نفوذپذیری خاک : در طراحی سیستم آبیاری نواری، داشتن اطلاعات کافی از گروه نفوذپذیری خاک مورد نیاز است. این اطلاعات با انجام آزمایشات نفوذپذیری فراهم می گردد. سپس ضرایب نفوذ با استفاده از جدول گروههای نفوذ استخراج می شود (ضرایب a، b، c، f و g).

ضریب مانینگ : یکی از پارامترهای ذیربط در طراحی سیستم آبیاری نواری ضریب مانینگ است که بسته به شرایط خاک و نوع کشت متفاوت است. در جدول ۲-۳ اطلاعات مربوط به ضریب زبری مانینگ ارائه شده است.

جدول شماره ۲-۳- ضرایب مانینگ با توجه به شرایط خاک و نوع محصول

شرایط خاک و نوع گیاه	n
زمین لخت، صاف و کشت نشده، مالچ پاشی شده توسط مالچهای نفتی	۰/۰۴
محصولات ردیفی کشت شده موازی در طول نوار، غلات دانه‌ریز	۰/۱۰
یونجه، غلات دانه‌ریز و محصولات مشابه	۰/۱۵
محصولات متراکم (چمن-گراس)، محصولات ردیفی و غلات دانه‌ریز کشت شده در جهت عمود بر امتداد نوار	۰/۲۵

در کاربرد ضریب مانینگ با محافظه‌کاری می‌بایست عدد مربوط به شرایط بدتر را در نظر گرفت.

۲-۲-۵-۱- معادلات طراحی

۲-۲-۵-۱-۱- دبی ورودی به نوار

دبی ورودی به نوار معمولاً به صورت دبی در واحد عرض نوار در نظر گرفته می شود و مقدار آن با توجه به عمق خالص موردنظر F_n از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Q_u = \frac{0/00167 F_n . L}{(T_n - T_l)E} \qquad (۲۴-۲)$$

در این رابطه :

Q_u : دبی واحد یا دبی نوار در واحد عرض نوار — مترمربع برثانیه

F_n : عمق خالص آبیاری (مورد نظر) — میلی‌متر

L : طول نوار — متر

T_n : زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آبیاری — دقیقه

T_l : زمان تأخیر[1] (زمانی که بعد از قطع جریان هنوز آب از ابتدای نوار محو نشده است) — دقیقه

E : راندمان آبیاری

۲-۲-۵-۱-۲- زمان تأخیر

زمان تأخیر در محاسبه دبی واحد عرض در نوارهای با شیب بیش از ۰/۴ درصد قابل صرفنظر کردن است. به هر حال مقدار زمان تأخیر از رابطه (۲-۲۵) قابل محاسبه است.

$$T_l = \frac{Q_u^{0/2} n^{1/2}}{120 \times S_o^{1/6}} \qquad (۲۵-۲)$$

در رابطه فوق :

$T_l V_l$: زمان تأخیر — دقیقه

n : ضریب زبری مانینگ

S_o : شیب طولی نوار — متر / متر

Q_u : دبی واحد عرض نوار — مترمربع بر ثانیه

لازم به ذکر است که زمان تأخیر در شیبهای کمتر از ۰/۴ درصد قابل توجه است و لذا بایستی از رابطه (۲-۲۶) مقدار آن را محاسبه و در برآوردها در نظر گرفت.

$$T_l = \frac{n^{1/2} Q_u^{0/2}}{120\left[S_o + \left(\frac{0/0094 . n . Q_u^{0/175}}{T_n^{0/88} S_o^{0/5}}\right)\right]^{1/6}} \qquad (۲۶-۲)$$

در این رابطه پارامترها مانند رابطه (۲-۲۵) بوده و T_n زمان لازم برای نفوذ عمق آبیاری مورد نظر می‌باشد. مقدار زمان تأخیر را می‌توان از جدول ۲-۴ نیز استخراج نمود.

---

1 - Lag time

جدول شماره ۲-۴- زمان تأخیر (فروکش جریان) T_l (دقیقه) در نوارهای کم شیب

زمان نفوذ	شیب نوار S_o (m/m)											
	۰/۰۰۰۵				۰/۰۰۱				۰/۰۰۲				۰/۰۰۴			
	دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)				دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)				دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)				دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)			
	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
ضریب مانینگ ۰,۰۴																
۱۰	۱,۹	۲,۲	۲,۳	۲,۳	۱,۱	۱,۵	۱,۹	۲,۰		۱,۱	۱,۱					
۲۵	۳,۱	۴,۰	۴,۸	۵,۱	۱,۴	۲,۰	۲,۸	۳,۱		۱,۲	۱,۴					
۵۰	۳,۹	۵,۴	۷,۱	۷,۷	۱,۶	۲,۳	۳,۴	۳,۸		۱,۳	۱,۵					
۱۰۰	۴,۴	۶,۵	۹,۲	۱۰,۱	۱,۶	۲,۵	۳,۸	۴,۳		۱,۴	۱,۶					
۲۰۰	۴,۸	۷,۳	۱۰,۸	۱۲,۱	۱,۷	۲,۶	۴,۱	۴,۶		۱,۴	۱,۶					
۵۰۰	۵,۱	۷,۹	۱۲,۱	۱۳,۷	۱,۷	۲,۷	۴,۲	۴,۹		۱,۴	۱,۶					
۱۰۰۰	۵,۲	۸,۱	۱۲,۶	۱۴,۴	۱,۷	۲,۷	۴,۳	۴,۹		۱,۴	۱,۷					
۲۰۰۰	۵,۲	۸,۲	۱۲,۹	۱۴,۸	۱,۷	۲,۸	۴,۴	۵,۰		۱,۴	۱,۷					
ضریب مانینگ 0.15																
۱۰	۲,۵	۲,۴	۲,۲	۲,۱	۲,۵	۲,۷	۲,۷	۲,۷	۱,۶	۲,۱	۲,۵	۲,۶	۱,۱	۱,۵	۱,۶	
۲۵	۶,۱	۶,۳	۶,۳	۶,۲	۴,۴	۵,۴	۶,۲	۶,۴	۲,۲	۳,۰	۴,۱	۴,۴	۱,۳	۱,۹	۲,۱	
۵۰	۱۰,۱	۱۱,۶	۱۲,۵	۱۲,۷	۵,۷	۷,۷	۹,۸	۱۰,۴	۲,۴	۳,۶	۵,۱	۵,۷	۱,۴	۲,۱	۲,۳	
۱۰۰	۱۴,۵	۱۸,۴	۲۱,۹	۲۲,۷	۶,۸	۹,۷	۱۳,۴	۱۴,۶	۲,۶	۳,۹	۵,۹	۶,۶	۱,۴	۲,۲	۲,۵	
۲۰۰	۱۸,۴	۲۵,۳	۳۲,۹	۳۵,۲	۷,۵	۱۱,۲	۱۶,۳	۱۸,۱	۲,۷	۴,۲	۶,۴	۷,۳	۱,۴	۲,۳	۲,۶	
۵۰۰	۲۲,۱	۳۲,۵	۴۶,۳	۵۱,۲	۸,۱	۱۲,۴	۱۸,۹	۲۱,۴	۲,۸	۴,۳	۶,۸	۷,۷	۱,۵	۲,۳	۲,۶	
۱۰۰۰	۲۳,۷	۳۶,۰	۵۳,۶	۶۰,۲	۸,۳	۱۲,۹	۲۰,۰	۲۲,۸	۲,۸	۴,۴	۶,۹	۷,۹	۱,۵	۲,۳	۲,۷	
۲۰۰۰	۲۴,۷	۳۸,۲	۵۸,۴	۶۶,۲	۸,۴	۱۳,۲	۲۰,۷	۲۳,۶	۲,۸	۴,۴	۷,۰	۸,۰	۱,۵	۲,۳	۲,۷	
ضریب مانینگ ۰,۲۵																
۱۰	۲,۴	۲,۲	۱,۹	۱,۸	۲,۸	۲,۸	۲,۷	۲,۶	۲,۲	۲,۷	۲,۹	۳,۰	۱,۲	۱,۷	۲,۱	۲,۳
۲۵	۶,۵	۶,۴	۶,۰	۵,۸	۵,۸	۶,۶	۷,۰	۷,۱	۳,۴	۴,۴	۵,۶	۶,۰	۱,۵	۲,۱	۳,۰	۳,۴
۵۰	۱۲,۳	۱۳,۰	۱۳,۱	۱۲,۹	۸,۵	۱۰,۶	۱۲,۵	۱۲,۹	۴,۱	۵,۸	۷,۹	۸,۵	۱,۶	۲,۴	۳,۵	۴,۰
۱۰۰	۱۹,۹	۲۳,۳	۲۵,۶	۲۶,۰	۱۰,۹	۱۴,۹	۱۹,۱	۲۰,۴	۴,۵	۶,۷	۹,۷	۱۰,۸	۱,۶	۲,۵	۳,۹	۴,۴
۲۰۰	۲۸,۱	۳۶,۰	۴۳,۵	۴۵,۵	۱۲,۸	۱۸,۵	۲۵,۶	۲۸,۱	۴,۸	۷,۴	۱۱,۱	۱۲,۴	۱,۷	۲,۶	۴,۱	۴,۶
۵۰۰	۳۶,۹	۵۲,۱	۷۰,۵	۷۶,۵	۱۴,۳	۲۱,۷	۳۲,۲	۳۶,۰	۵,۰	۷,۸	۱۲,۱	۱۳,۸	۱,۷	۲,۷	۴,۲	۴,۸
۱۰۰۰	۴۱,۳	۶۱,۲	۸۸,۰	۹۷,۵	۱۵,۰	۲۳,۱	۳۵,۵	۳۹,۹	۵,۱	۸,۰	۱۲,۵	۱۴,۳	۱,۷	۲,۷	۴,۳	۴,۹
۲۰۰۰	۴۴,۱	۶۷,۳	۱۰۰,۷	۱۱۳,۳	۱۵,۳	۲۴,۰	۳۷,۲	۴۲,۴	۵,۲	۸,۱	۱۲,۸	۱۴,۶	۱,۷	۲,۷	۴,۳	۴,۹

ترجمه : از زمان تأخیر کمتر از یک دقیقه صرف نظر و حذف شده

۲-۲-۵-۱-۳- زمان آبیاری

زمان آبیاری[1] عبارت است از تفاضل زمان نفوذ خالص و زمان تأخیر .

$$T_a = T_n - T_l \qquad (۲۷-۲)$$

1 - Inflow time (Application time)

لازم به ذکر است زمان آبیاری به میزان دبی واحد عرض Q_u، شیب نوار، ضریب زبری مانینگ و زمان نفوذ خالص T_n و عمق خالص نفوذ F_n وابسته است.

۲-۲-۵-۱-۴- راندمان آبیاری (کاربرد)

راندمان آبیاری در سیستم آبیاری نواری به شدت به جنبه‌های مدیریتی وابسته است. در نوارهای با شیب ملایم می‌توان به راندمانهای بالایی نسبت به نوارهای با شیب تند دست یافت و همچنین در خاکهای با نفوذپذیری متوسط راندمان آبیاری بهتر از خاکهای با نفوذپذیری خیلی کم و یا خیلی زیاد خواهد بود. در جدول ۲-۵ راندمانهای توصیه شده برای طراحی آبیاری نواری ارائه شده است.

جدول شماره ۲-۵- راندمان کاربرد پیشنهادی (درصد) در نوارهای شیبدار با توجه به شیب نوار و گروههای نفوذ مختلف

شیب نوار	گروههای نفوذ																																			
	۰/۳				۰/۵					۱/۰					۱/۵					۲/۰					۳/۰					۴/۰				
S۰ (m/m)	Fn (mm)				Fn (mm)					Fn (mm)					Fn (mm)					Fn (mm)					Fn (mm)					Fn (mm)				
	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
۰/۰۰۰۵	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۰	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۰	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰
۰/۰۰۱۰	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	70	70	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۰	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰
۰/۰۰۲۰	۶۰	۶۰	۵۵	۵۰	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	65	65	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۵	۷۵	۷۵	70	70	۷۵	۷۵	۷۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰
۰/۰۰۳۰	۵۵	۵۵	۵۰		۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	65	65	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰
۰/۰۰۴۰	۵۵	۵۰			۶۰	۶۰	۶۵	۶۰	۵۵	60	60	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵
۰/۰۰۵۰	۵۰				۶۰	۶۰	۶۰	۵۵	۵۰	60	60	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵
۰/۰۰۷۵					۵۵	۵۵	۵۰			60	60	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵
۰/۰۱۰۰					۵۵	۵۵				60	60	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵
۰/۰۱۵۰					۵۵					۵۵	۵۵	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵
۰/۰۲۰۰					۵۰					۵۵	۵۵	۶۰	۵۵	۵۰	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵
۰/۰۲۵۰										۵۵	۵۵	۵۵	۵۰		۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵	۶۰	۶۵	۶۵	۶۵		۶۰	۶۰	۶۰
۰/۰۳۰۰										۵۵	۵۵	۵۰			۵۵	۵۵	۶۰	۶۰	۶۰	۵۵	۵۵	۶۰	۶۰	۶۰	۵۵	۶۰	۶۰	۶۰		۶۰	۶۰	۶۰
۰/۰۴۰۰										۵۰	۵۰				۵۵	۵۵	۶۰	۶۰	۵۵		۵۵	۶۰	۶۰	۶۰		۶۰	۶۰	۶۰				
۰/۰۵۰۰															۵۵	۵۵	۶۰	۵۵	۵۰		۵۵	۶۰	۶۰	۶۰								
۰/۰۶۰۰															۵۰	۵۰	۵۵	۵۰				۵۵	۵۵	۵۵								

Fn عمق خالص آبیاری (مورد انتظار) است.

۲-۲-۵-۲- محدودیت‌های طراحی

در طراحی سیستم آبیاری نواری مقادیر دبی واحد عرض، عمق جریان در نوار، شیب طولی نوار و طول نوار بایستی در محدوده معینی باشند.

۲-۲-۵-۲-۱- حداکثر دبی واحد عرض

دبی واحد عرض بایستی غیر فرسایشی باشد و مقدار آن در شرایط مختلف از روابط زیر به دست می‌آید:

۱- در شرایطی که گیاهان غیر متراکم کشت شده است (یونجه، غلات دانه‌ریز)

$$Q_{umax} = (1/765\times10^{-4})\, S_o^{-0/75} \qquad (۲۸-۲)$$

۲- برای گیاهان متراکم (شبیه چمن)

$$Q_{umax} = (3/53\times10^{-4})\, S_o^{-0/75} \qquad (۲۹-۲)$$

در رابطه فوق Q_{umax} دبی واحد عرض (حداکثر) مترمربع بر ثانیه

S_o شیب نوار متر / متر

(مقدار دبی حداکثر را می‌توان از جدول شماره ۲-۷ استخراج نمود)

۲-۲-۵-۲-۲- حداکثر عمق جریان

عمق جریان در ابتدای نوار هیچگاه نباید از ارتفاع پشته یا مرز نوار بیشتر باشد، بلکه بایستی جریان به گونه‌ای باشد که عمق آب ۲۵ درصد کمتر از ارتفاع پشته‌ها باشد. حداکثر عمق جریان معمولاً ۱۵۰ میلی متر در نظر گرفته می‌شود. در برخی شرایط نادر عمق به ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر هم می‌رسد.

۲-۲-۵-۲-۲-۱- عمق جریان در نوارهای با شیب تند

عمق جریان در ابتدای نوار با شیب بیش از 0/4 درصد از رابطه زیر برآورد می‌شود.

$$d_n = 1000\, Q_u^{0/6}\, .n^{0/6}.\, S_o^{-0/3} \qquad (۳۰-۲)$$

در این رابطه d_n عمق نرمال به میلی‌متر و بقیه پارامترها قبلاً تعریف شده‌اند. (مقدار dn را می‌توان از جدول شماره ۲-۶ استخراج نمود).

۲-۲-۵-۲-۲-۲- عمق جریان در نوارهای با شیب کم

عمق جریان d(mm) در نوارهای با شیب کمتر از 0/4 درصد از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$. N^{\frac{9}{16}} . Q_u^{\frac{3}{16}} d = 2454\, T_l \qquad (۳۲-۲)$$

(مقدار d را می‌توان از جدول شماره ۲-۸ استخراج نمود)

۲-۲-۵-۲-۳- حداقل دبی واحد عرض

دبی ورودی باید آنقدر بزرگ باشد که بتواند کل سطح نوار را در عرض بپوشاند و به سمت انتهای نوار جریان یابد. مقدار دبی ورودی حداقل از رابطه (۲-۳۲) محاسبه می‌شود.

$$Q_{umin} = (5/95 \times 10^{-6}.L.S_o{}^{0/5})/n \qquad (۳۲-۲)$$

۲-۲-۵-۲-۴- حداکثر شیب مجاز

حداکثر شیب مجاز در نوار در شرایط عمق آبیاری معین، راندمان و گروه نفوذ معین از رابطه (۲-۱۰) برآورد می‌شود.

$$S_o max = \left(\frac{n.F_n}{0/0117.E.T_n}\right)^2 \qquad (۳۳-۲)$$

در مورد شیب نوار به ویژه در نوارهای با شیب بیش از ۴ درصد بایستی حساسیت به فرسایش مورد توجه باشد. گفته می‌شود کاربرد سیستم آبیاری نواری در شیبهای بیش از ۶ درصد حتی با طول کوتاه مورد سئوال است.

جدول شماره ۲-۶- عمق جریان نرمال در ابتدای نوار در نوارهای شیبدار

شیب نوار S_o (m/m)	دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)	عمق جریان نرمال dn-dn(mm)		
		ضریب مانینگ n		
		۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۲۵
۰,۰۰۵	۰,۰۰۰۵	-	۱۶,۴	۲۲,۳
	۰,۰۰۱	-	۲۴,۹	۳۳,۸
	۰,۰۱	۴۴,۸	۹۹,۱	۱۳۴,۶
	۰,۰۲	۶۷,۹	۱۵۰,۲	۲۰۴,۰
۰,۰۰۷۵	۰,۰۰۰۵	-	۱۴,۵	۱۹,۸
	۰,۰۰۱	-	۲۲,۰	۲۹,۹
	۰,۰۱	۳۹,۷	۸۷,۷	۱۱۹,۲
	۰,۰۲	۶۰,۲	۱۳۳,۰	۱۸۰,۷
۰,۰۱	۰,۰۰۰۵	-	۱۳,۳	۱۸,۱
	۰,۰۰۱	-	۲۰,۲	۲۷,۵
	۰,۰۱	۳۶,۴	۸۰,۵	۱۰۹,۳
	۰,۰۲	۵۵,۲	۱۲۲,۰	۱۶۵,۷
۰,۰۱۵	۰,۰۰۰۵	-	۱۱,۸	۱۶,۰
	۰,۰۰۱	-	۱۷,۹	۲۴,۳
	۰,۰۱	۳۲,۲	۷۱,۳	۹۶,۸
	۰,۰۲	۴۸,۹	۱۰۸,۰	۱۴۶,۷
۰,۰۲	۰,۰۰۰۵	-	-	۱۴,۷
	۰,۰۰۱	-	۱۶,۴	۲۲,۳
		۲۹,۶		

۸۸,۸	۶۵,۴	۴۴,۸	۰,۰۱	
۱۳۴,۶	۹۹,۱		۰,۰۲	
۱۳,۸	-	-	۰,۰۰۰۵	۰,۰۲۵
۲۰,۹	۱۵,۴	-	۰,۰۰۱	
۸۳,۱	۶۱,۱	۲۷,۷	۰,۰۱	
۱۲۵,۹	۹۲,۷	۴۱,۹	۰,۰۲	
۱۳,۰	-	-	۰,۰۰۰۵	۰,۰۳
۱۹,۷	۱۴,۵	-	۰,۰۰۱	
۷۸,۶	۵۷,۹	۲۶,۲	۰,۰۱	
۱۱۹,۲	۸۷,۷	۳۹,۷	۰,۰۲	
۱۲,۰	-	-	۰,۰۰۰۵	۰,۰۴
۱۸,۱	۱۳,۳	-	۰,۰۰۱	
۷۲,۱	۵۳,۱	۲۴,۰	۰,۰۱	
۱۰۹,۳	۸۰,۵	۳۶,۴	۰,۰۲	
	-	-	۰,۰۰۰۵	۰,۰۵
۱۶,۹	۱۲,۵	-	۰,۰۰۱	
۶۷,۵	۴۹,۷	۲۲,۵	۰,۰۱	
۱۰۲,۳	۷۵,۳	۳۴,۱	۰,۰۲	
	-	-	۰,۰۰۰۵	۰,۰۶
۱۶,۰	۱۱,۸	-	۰,۰۰۱.	
۶۳,۰	۴۷,۰	۲۱,۳	۰,۰۱	
۹۶,۸	۷۱,۳	۳۲,۲	۰,۰۲	

توجه : ارقام ارائه شده در این جدول نتایج حاصل از فرمول (۲-۳۰) می‌باشد. در عمل دقت ۱± میلی‌متر قابل قبول است.

جدول شماره ۲-۷- حداکثر دبی واحد عرض نوار برای محصولات متراکم (چمنی) و غیر متراکم

شیب نوار S_o	محصول	
	غیر چمنی $10^{-3}\ m^2/s$	چمنی $10^{-3}\ m^2/s$
۰/۰۰۰۵	۵۲/۸	۱۰۶
۰/۰۰۱	۳۱/۴	۶۲/۸
۰/۰۰۲	۱۸/۷	۳۷/۳
۰/۰۰۳	۱۳/۸	۲۷/۵
۰/۰۰۴	۱۱/۱	۲۲/۲
۰/۰۰۵	۹/۳۹	۱۸/۸
۰/۰۰۷۵	۶/۹۳	۱۳/۹
۰/۰۱	۵/۵۸	۱۱/۲
۰/۰۱۵	۴/۱۲	۸/۲۴
۰/۰۲	۳/۳۲	۶/۶۴
۰/۰۲۵	۲/۸۱	۵/۶۲
۰/۰۳	۲/۴۵	۴/۹۰
۰/۰۴	۱/۹۷	۳/۹۵
۰/۰۵	۱/۶۷	۳/۳۴
۰/۰۶	۱/۴۶	۲/۹۱

جدول شماره ۲-۸- عمق جریان d (mm) در نوارهای با شیب کم

زمان نفوذ	شیب نوار S_o (m/m)											
	۰/۰۰۰۵				۰/۰۰۱				۰/۰۰۲			۰/۰۰۴
	دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)				دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)				دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)			دبی واحد عرض Q_u (m^2/s)
	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱
ضریب مانینگ ۰/۰۴																
۱۰	۴/۷	۱۷/۴	۶۴/۴	۹۵/۳	۴/۲	۱۶/۳	۶۲/۰	۹۲/۵	۳/۶	۱۴/۲	۵۵/۲	۸۳/۱	۳/۰	۱۱/۸	۴۶/۷	۷۰/۶
۲۵	۵/۱	۱۹/۵	۷۴	۱۱۰/۱	۴/۴	۱۷/۲	۶۶/۹	۱۰۰/۶	۳/۷	۱۴/۵	۵۷/۲	۸۶/۳	۳/۰	۱۱/۹	۴۷/۴	۷۱/۷
۵۰	۵/۳	۲۰/۷	۷۹/۵	۱۱۹/۰	۴/۵	۱۷/۷	۶۹/۳	۱۰۴/۵	۳/۷	۱۴/۶	۵۸/۰	۸۷/۷	۳/۰	۱۲/۰	۴۷/۶	۷۲/۱
۱۰۰	۵/۵	۲۱/۴	۸۳/۴	۱۲۵/۴	۴/۶	۱۷/۹	۷۰/۷	۱۰۶/۹	۳/۷	۱۴/۷	۵۸/۴	۸۸/۵	۳/۰	۱۲/۰	۴۷/۸	۷۲/۴
۲۰۰	۵/۵	۲۱/۹	۸۵/۹	۱۲۹/۵	۴/۶	۱۸/۱	۷۱/۶	۱۰۸/۳	۳/۷	۱۴/۸	۵۸/۷	۸۸/۹	۳/۰	۱۲/۰	۴۷/۸	۷۲/۵
۵۰۰	۵/۶	۲۲/۲	۸۷/۸	۱۳۲/۸	۴/۶	۱۸/۲	۷۲/۲	۱۰۹/۳	۳/۷	۱۴/۸	۵۸/۹	۸۹/۲	۳/۰	۱۲/۰	۴۷/۹	۷۲/۶
۱۰۰۰	۵/۶	۲۲/۳	۸۸/۵	۱۳۴/۰	۴/۶	۱۸/۲	۷۲/۴	۱۰۹/۷	۳/۷	۱۴/۸	۵۸/۹	۸۹/۳	۳/۰	۱۲/۰	۴۷/۹	۷۲/۶
۲۰۰۰	۵/۶	۲۲/۴	۸۸/۹	۱۳۴/۷	۴/۶	۱۸/۲	۷۲/۵	۱۰۹/۹	۳/۷	۱۴/۸	۵۹/۰	۸۹/۴	۳/۰	۱۲/۰	۴۷/۹	۷۲/۶
ضریب مانینگ ۰/۱۵																
۱۰	۸/۰	۲۹/۱	۱۰۴/۳	۱۵۳/۰	۸/۰	۲۹/۸	۱۰۹/۱	۱۶۱/۰	۷/۴	۲۸/۳	۱۰۷/۱	۱۵۹/۴	۶/۴	۲۵/۱	۹۷/۳	۱۴۶/۱
۲۵	۹/۵	۳۵/۰	۱۲۷/۵	۱۸۷/۸	۸/۹	۳۳/۹	۱۲۷/۲	۱۸۹/۰	۷/۸	۳۰/۴	۱۱۷/۵	۱۷۶/۲	۶/۶	۲۵/۹	۱۰۱/۷	۱۵۳/۳
۵۰	۱۰/۴	۳۹/۲	۱۴۵/۱	۲۱۴/۷	۹/۴	۳۶/۳	۱۳۸/۵	۲۰۶/۸	۸/۰	۳۱/۴	۱۲۲/۷	۱۸۴/۷	۶/۶	۲۶/۲	۱۰۳/۶	۱۵۶/۵
۱۰۰	۱۱/۲	۴۲/۷	۱۶۱/۱	۲۳۹/۶	۹/۷	۳۷/۹	۱۴۶/۹	۲۲۰/۴	۸/۱	۳۲/۰	۱۲۶/۰	۱۹۰/۱	۶/۶	۲۶/۴	۱۰۴/۶	۱۵۸/۳
۲۰۰	۱۱/۷	۴۵/۳	۱۷۳/۹	۲۶۰/۲	۹/۹	۳۸/۹	۱۵۲/۵	۲۲۹/۷	۸/۲	۳۲/۳	۱۲۷/۹	۱۹۳/۴	۶/۷	۲۶/۵	۱۰۵/۲	۱۵۹/۳
۵۰۰	۱۲/۱	۴۷/۵	۱۸۵/۴	۲۷۹/۰	۱۰/۰	۳۹/۷	۱۵۶/۷	۲۳۶/۸	۸/۲	۳۲/۶	۱۲۹/۳	۱۹۵/۷	۶/۷	۲۶/۶	۱۰۵/۶	۱۶۰/۰
۱۰۰۰	۱۲/۳	۴۸/۴	۱۹۰/۶	۲۸۷/۶	۱۰/۱	۴۰/۰	۱۵۷/۴	۲۳۹/۷	۸/۲	۳۲/۷	۱۲۹/۸	۱۹۶/۶	۶/۷	۲۶/۶	۱۰۵/۷	۱۶۰/۲
۲۰۰۰	۱۲/۴	۴۹/۰	۱۹۳/۷	۲۹۲/۸	۱۰/۱	۴۰/۱	۱۵۸/۴	۲۴۱/۳	۸/۲	۳۲/۷	۱۳۰/۱	۱۹۷/۱	۶/۷	۲۶/۶	۱۰۵/۸	۱۶۰/۴
ضریب مانینگ ۰/۲۵																
۱۰	۹/۷	۳۴/۶	۱۲۳/۳	۱۸۰/۷	۹/۹	۳۶/۴	۱۳۱/۷	۱۹۳/۷	۹/۵	۳۶/۰	۱۳۳/۸	۱۹۸/۳	۸/۵	۳۲/۹	۱۲۶/۳	۱۸۸/۸
۲۵	۱۱/۷	۴۲/۴	۱۵۳/۰	۲۲۴/۸	۱۱/۴	۴۲/۶	۱۵۷/۶	۲۳۳/۱	۱۰/۳	۳۹/۷	۱۵۱/۳	۲۲۵/۹	۸/۸	۳۴/۵	۱۳۴/۸	۲۰۲/۸
۵۰	۱۳/۱	۴۸/۵	۱۷۷/۱	۲۶۱/۲	۱۲/۳	۴۶/۷	۱۷۵/۶	۲۶۱/۰	۱۰/۷	۴۱/۶	۱۶۱/۰	۲۴۱/۵	۸/۹	۳۵/۲	۱۳۸/۶	۲۰۹/۲
۱۰۰	۱۴/۴	۵۴/۱	۲۰۰/۹	۲۹۷/۵	۱۲/۸	۴۹/۷	۱۹۰/۳	۲۸۴/۴	۱۰/۹	۴۲/۸	۱۶۷/۶	۲۵۲/۴	۹/۰	۳۵/۶	۱۴۰/۹	۲۱۳/۱
۲۰۰	۱۵/۳	۵۸/۷	۲۲۲/۰	۳۳۰/۶	۱۳/۲	۵۱/۸	۲۰۱/۰	۳۰۱/۹	۱۱/۰	۴۳/۶	۱۷۱/۷	۲۵۹/۲	۹/۰	۳۵/۹	۱۴۲/۳	۲۱۵/۳
۵۰۰	۱۶/۱	۶۲/۹	۲۴۳/۰	۳۶۴/۳	۱۳/۵	۵۳/۳	۲۰۹/۷	۳۱۶/۴	۱۱/۱	۴۴/۱	۱۷۴/۶	۲۶۴/۲	۹/۱	۳۶/۰	۱۴۳/۲	۲۱۶/۹
۱۰۰۰	۱۶/۵	۶۴/۸	۲۵۳/۳	۳۸۱/۳	۱۳/۶	۵۴/۰	۲۱۳/۴	۳۲۲/۶	۱۱/۱	۴۴/۳	۱۷۵/۸	۲۶۶/۲	۹/۱	۳۶/۱	۱۴۳/۵	۲۱۷/۴
۲۰۰۰	۱۶/۷	۶۶/۰	۲۵۹/۸	۳۹۲/۲	۱۳/۷	۵۴/۳	۲۱۵/۵	۳۲۵/۱	۱۱/۲	۴۴/۴	۱۷۶/۴	۲۶۷/۲	۹/۱	۳۶/۱	۱۴۳/۷	۲۱۷/۸

توجه : ارقام ارائه شده در این جدول نتایج حل معادله (۲-۳۱) می باشد. در عمل دقت ۱ ± میلی متر کافی است.

جدول شماره ۲- ۹- مقادیر حداقل نسبت Qu/L برای شیبها (S_o) و ضرایب مانینگ (n) مختلف

شیب نوار	ضرایب مانینگ n		
S_o (m/m)	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۲۵
<۰/۰۰۰۵	10^{-5} m^2/s	10^{-5} m^2/s	10^{-5} m^2/s
۰/۰۰۰۵	۰/۳۳۲۴	۰/۰۸۸۶	۰/۰۵۳۲
۰/۰۰۱	۰/۴۷۰۱	۰/۱۲۵۴	۰/۰۷۵۲
۰/۰۰۲	۰/۶۶۴۹	۰/۱۷۷۳	۰/۱۰۶۴
۰/۰۰۳	۰/۸۱۴۳	۰/۲۱۷۱	۰/۱۳۰۳
۰/۰۰۴	۰/۹۴۰۳	۰/۲۵۰۷	۰/۱۵۰۴
۰/۰۰۵	1/۰۵۱۲	۰/۲۸۰۳	۰/۱۶۸۲
۰/۰۰۷۵	۱/۲۸۷۵	۰/۳۴۳۳	۰/۲۰۶۰
۰/۰۱	۱/۴۸۶۷	۰/۳۹۶۴	۰/۲۳۷۹
۰/۰۱۵	۱/۸۲۰۸	۰/۴۸۵۵	۰/۲۹۱۳
۰/۰۲	۲/۱۰۲۵	۰/۵۶۰۷	۰/۳۳۶۴
۰/۰۲۵	۲/۳۵۰۶	۰/۶۲۶۸	۰/۳۷۶۱
۰/۰۳	۲/۵۷۵۰	۰/۶۸۶۷	۰/۴۱۲۰
۰/۰۴	۲/۹۷۳۴	۰/۷۹۲۹	۰/۴۷۵۷
۰/۰۵	۳/۳۲۴۳	۰/۸۸۶۵	۰/۵۳۱۹
۰/۰۶	۳/۶۴۲۰	۰/۹۷۱۱	۰/۵۸۲۷

۲-۲-۵-۲-۵- حداکثر طول نوار

از دیدگاه تئوری حداکثر طول نوار با انتهای باز به عواملی نظیر حداکثر دبی ورودی مجاز (در واحد عرض)، شیب نوار و ارتفاع پشته‌ها (در نوارهای کم شیب) وابسته است.

طول مجاز نوار در خاکهای با نفوذپذیری کم و شیب کم در صورتی که با رابطه (۲-۳۴) برآورد شود ممکن است از مقدار عملی تجاوز نماید. مسایل و مشکلات مربوط به تنظیم میزان جریان و بازدید از نحوه جریان در طول نوار، این مقادیر (طول به دست آمده از رابطه تئوری) را غیر عملی می‌نماید. به هر حال طول نوار به ندرت ممکن است از ۴۰۰ متر تجاوز نماید.

$$L_{\max} = \frac{Q_u.E(T_n - T_l)}{0/00167F_n} \qquad (۳۴-۲)$$

در جدول شماره ۲-۱۰ حداکثر شیب برای نوارهای آبیاری با توجه به محدودیتهای عمق جریان و حداقل طول، نوار ارائه شده است.

جدول شماره ۲-۱۰- حداکثر شیب مجاز S_o max در آبیاری نواری که به وسیله حداقل عمق جریان و یا حداقل طول نوار (در حد ۳۰ متر) محدود شده است

گروه شوند	عمق خالص Zn آبیاری	ضریب مانینگ															
		۰/۰۴						۰/۱۵						۰/۲۵			
		راندمان آبیاری (درصد)						راندمان آبیاری (درصد)						راندمان آبیاری (درصد)			
		۵۰	۵۵	۴۰	۶۵	۷۰	۷۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵
۰/۳	۲۵	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۳			۱/۱۲	۰/۹۳	۰/۷۸	۰/۶۶			۳/۱۱	۲/۵۷	۲/۱۶	۱/۸۴		
	۵۰	*	*	*	*			۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۴			۱/۱۱	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۶۶		
	۷۵	*	*	*	*			۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۳		۰/۷۰	۰/۵۸	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۳۶	
	۱۰۰	*	*	*	*			۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۰		۰/۵۲	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۷	
۰/۵	۲۵	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۳			۳/۰۸	۲/۵۴	۲/۱۴	۱/۸۲			۸/۵۵	۷/۰۶	۵/۹۴	۵/۰۶		
	۵۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵			۱/۲۳	۱/۰۲	۰/۸۵	۰/۷۳			۳/۴۲	۲/۸۳	۲/۳۷	۲/۰۲		
	۷۵	۰/۰۶	۰/۰۵	*	*			۰/۸۲	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۴۹	۰/۴۲		۲/۲۹	۱/۸۹	۱/۵۹	۱/۳۵	۱/۱۷	
	۱۰۰	*	*	*	*			۰/۶۴	۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۳۳		۱/۷۸	۱/۴۷	۱/۲۳	۱/۰۵	۰/۹۱	
	۱۲۵	*	*	*	*			۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۲۷		۱/۴۸	۱/۲۲	۱/۰۳	۰/۸۸	۰/۷۶	
۱/۰	۲۵	۰/۸۰	۰/۶۶	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۳۶	۶/۹۱	۷/۸	۷/۸۴	۶/۶۹	۵/۷۶	۵/۰۲	۶/۹۱	۷/۸۱	۸/۷۱	۹/۷۱	۱۰/۷۱	۱۱/۸۱
	۵۰	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۵۶	۴/۹۲	۴/۰۷	۳/۴۲	۲/۹۱	۲/۵۱	۲/۱۸	۱۱/۹۱	۱۱/۳	۹/۴۹	۸/۰۹	۶/۹۷	۶/۰۸	
	۷۵	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۳/۴۵	۲/۸۵	۲/۳۹	۲/۰۴	۱/۷۶	۱/۵۳	۹/۵۷	۷/۹۱	۶/۶۵	۵/۶۶	۴/۸۸	۴/۲۵	
	۱۰۰	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۹	۲/۷۶	۲/۲۸	۱/۹۲	۱/۶۳	۱/۴۱	۱/۲۳	۷/۶۶	۶/۳۳	۵/۳۲	۴/۵۴	۳/۹۱	۳/۴۱	
	۱۲۵	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۲/۳۵	۱/۹۴	۱/۶۳	۱/۳۹	۱/۲۰	۱/۰۴	۶/۵۳	۵/۴۰	۴/۵۳	۳/۸۶	۳/۳۳	۲/۹۰	
۱/۵	۲۵	۱/۶۶	۱/۳۷	۱/۱۵	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۷۴	۴/۲	۴/۸ &	۵/۴ &	۶/۰ &	۶/۶ &	۷/۲ &	۴/۲ &	۴/۸ &	۵/۴ &	۶/۰ &	۶/۶ &	۷/۲ &
	۵۰	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۵۲	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۳۳	۷/۱	۸/۱ &	۷/۳۴ &	۶/۲۶ &	۵/۴	۴/۷ &	۷/۱ &	۸/۱ &	۹/۱ &	۱۰/۱ &	۱۱/۲ &	۱۲/۳ &	
	۷۵	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۴	۷/۵۶	۶/۲۵	۵/۲۵	۴/۴۷	۳/۸۶	۳/۳۶	۸/۹ &	۱۰/۱ &	۱۱/۴ &	۱۲/۴۲	۱۰/۷۱ &	۹/۳۳	
	۱۰۰	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۹	۶/۱۴	۵/۰۷	۴/۲۶	۳/۶۳	۳/۱۳	۲/۷۳	۱۰/۳ &	۱۱/۶ &	۱۱/۸۳	۱۰/۰۹	۸/۷۰	۷/۵۸	
	۱۲۵	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۷	۵/۲۸	۴/۳۷	۳/۶۷	۳/۱۳	۲/۷۰	۲/۳۵	۱۱/۳ &	۱۲/۱۳	۱۰/۱۹	۸/۶۹	۷/۴۹	۶/۵۲	
۲/۰	۲۵	۲/۸۰	۲/۳۱	۱/۹۴	۱/۶۵	۱/۴۳	۱/۲۴	۳/۰ &	۳/۴ &	۳/۸ &	۴/۲ &	۴/۷ &	۵/۱ &	۳/۰ &	۳/۴ &	۳/۸ &	۴/۲ &	۴/۷ &	۵/۱ &
	۵۰	۱/۳۰	۱/۰۷	۰/۹۰	۷/۶	۶/۶	۵/۸	۵/۰ &	۵/۶ &	۶/۳ &	۷/۰ &	۷/۸ &	۸/۱	۵/۰ &	۵/۶ &	۶/۳ &	۷/۰ &	۷/۸ &	۸/۵ &
	۷۵	۰/۹۴	۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۴۲	۶/۲ &	۷/۰ &	۷/۹ &	۷/۸۱	۶/۷۴	۵/۸	۶/۲ &	۷/۰ &	۷/۹ &	۸/۷ &	۹/۶ &	۱۰/۶
	۱۰۰	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۳۴	۷/۰ &	۸/۰ &	۷/۵	۶/۴۰	۵/۵۲	۴/۸۱	۷/۰ &	۸/۰ &	۸/۹ &	۱۰/۰ &	۱۱/۰ &	۱۲/۰ &
	۱۲۵	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۰	۷/۷ &	۷/۷۵	۶/۵	۵/۵۵	۴/۷۸	۴/۱۷	۷/۷ &	۸/۷ &	۹/۸ &	۱۰/۹ &	۱۲/۰ &	۱۱/۵۷
۳/۰	۲۵	۱/۸۱	۲/۷ &	۲/۳ &	۲/۶ &			۱/۸ &	۲/۱ &	۲/۳ &	۲/۶ &			۱/۸ &	۲/۱ &	۲/۳ &	۲/۶		
	۵۰	۲/۷۷	۲/۲۹	۱/۹۲	۱/۶۴			۳/۰ &	۳/۴ &	۳/۸ &	۴/۲ &			۳/۰ &	۳/۴ &	۳/۸ &	۴/۲		
	۷۵	۲/۰۲	۱/۶۷	۱/۴۱	۱/۲۰	۱/۰۳		۳/۷ &	۴/۲ &	۴/۷ &	۵/۲ &	۵/۸ &		۳/۷ &	۴/۲ &	۴/۷ &	۵/۲	۵/۸	
	۱۰۰	۱/۶۷	۱/۳۸	۱/۱۶	۰/۹۹	۰/۸۵		۴/۲ &	۴/۷ &	۵/۳ &	۵/۹ &	۶/۵ &		۴/۲ &	۴/۷ &	۵/۳ &	۵/۹	۶/۵	
	۱۲۵	۱/۴۶	۱/۲۰	۱/۰۱	۰/۸۶	۰/۷۴		۴/۶ &	۵/۲ &	۵/۸ &	۶/۵ &	۷/۱ &		۴/۶ &	۵/۲ &	۵/۸ &	۶/۵	۷/۱	
۴/۰	۲۵	۱/۳ &	۱/۵ &	۱/۶ &	۱/۸ &			۱/۳ &	۱/۵ &	۱/۶ &	۱/۸ &			۱/۳ &	۱/۵ &	۱/۶ &	۱/۸ &		
	۵۰	۲/۱ &	۲/۴ &	۲/۷ &	۳/۰ &			۲/۱ &	۲/۴ &	۲/۷ &	۳/۰ &			۲/۱ &	۲/۴ &	۲/۷ &	۳/۰ &		
	۷۵	۲/۶ &	۲/۸۷ &	۲/۴ &	۲/۰۶ &	۱/۷۷		۲/۶ &	۲/۹ &	۳/۳ &	۳/۶ &	۴/۰ &		۲/۶ &	۲/۹ &	۳/۳ &	۳/۶ &	۴/۰ &	
	۱۰۰	۲/۸۹	۲/۳۹	۲/۰۹	۱/۷۱	۱/۴۷		۲/۹ &	۳/۳ &	۳/۷ &	۴/۱ &	۴/۵ &		۲/۹ &	۳/۳ &	۳/۷ &	۴/۱ &	۴/۵ &	
	۱۲۵	۲/۵۳	۲/۰۹	۱/۷۶	۱/۵۰	۱/۲۹		۳/۲ &	۳/۶ &	۴/۰ &	۴/۵ &	۵/۰ &		۳/۲ &	۳/۶ &	۴/۰ &	۴/۵ &	۵/۰ &	

* = برای نوار شیبدار قابل استفاده نیست

& = این شیبها با طول محدود می‌شود (تا ۳۰ متر)

۲-۲-۵-۳- طراحی نوار ته بسته

دستیابی به راندمان بالا و حذف رواناب از انتهای نوار آبیاری با انجام اصلاحاتی در طراحی نوار امکان‌پذیر است. این کار با افزایش طول نوار یا کاهش دبی ورودی و بستن انتهای نوار عملی می‌شود.

۲-۲-۵-۳-۱- افزایش طول نوار

طول نوار را با در نظر گرفتن دو ضابطه زیر افزایش داده و سپس جواب هر یک کمتر بود به اجرا گذاشته می‌شود.

ضابطه ۱ : طول نوار را آن قدر افزایش می‌دهند که بتوان در قسمت انتهایی (قسمت افزایش یافته) عمق ماکزیمم معادل عمق خالص آبیاری مورد نظر ایجاد نمود. یعنی :

$$L_e = \frac{F_n}{(1000 * S_o)} \qquad (۳۵-۲)$$

که در این رابطه : L_e طول اضافه شده به نوار — متر

F_n عمق خالص آبیاری (مورد نظر) — میلی متر

S_o شیب نوار — متر/متر

ضابطه ۲ : طولی برای افزایش در نظر گرفته می‌شود که بتوان با رواناب انتهایی نوار، آن را آبیاری نمود. این طول نوار به فاکتورهای تجربی r_i و r_n وابسته است که در جدول ۲-۱۱ ارائه شده است.

$$Le = \left(1 - \frac{E}{100}\right).r_i.r_n.L \qquad (۳۶-۲)$$

در رابطه ۲-۳۶ :

L_e : طول اضافه شده — متر

L : طول اولیه نوار — متر

E راندمان آبیاری (کاربرد) — درصد

r_i و r_n فاکتورهای مربوط به گروه نفوذ و ضریب زبری — بدون بعد

جدول ۲-۱۱- فاکتورهای نفوذ و زبری برای برآورد پتانسیل رواناب

گروه نفوذ	r_i ضریب مرتبط با گروه نفوذ	n ضریب مانینگ	r_n ضریب مربوط به زبری
۰/۳	۰/۹۰	۰/۱۰	۰/۸
۰/۵	۰/۸۰	۰/۱۵	۰/۷۵
۱/۰	۰/۷۰	۰/۲۰	۰/۷۰
۱/۵	۰/۶۵	۰/۲۵	۰/۶۵
۲/۰	۰/۶۰		
۳/۰	۰/۵۰		
۴/۰	۰/۴۰		

۲-۲-۵-۳-۲- کاهش دبی ورودی

در زمینهایی که امکان افزایش طول نوار وجود ندارد، برای افزایش راندمان می‌توان با بستن انتهای نوار از خروج رواناب جلوگیری نمود. بدین منظور لازم است دبی ورودی به نوار کاهش داده شود تا رواناب زیاد از انتهای نوار سرریز ننماید. میزان دبی کاهش یافته از رابطه (۲-۳۷) برآورد می‌شود.

$$Q_{ue} = \frac{Q_u}{1 + r_i . r_n (1 - \frac{E}{100})} \qquad (۳۷-۲)$$

توجه : کاهش دبی نباید آنقدر زیاد شود که موجب تغییر زیادی در زمان تأخیر در فروکش جریان گردد. پس از برآورد دبی کاهش یافته مقدار افزایش طول نوار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{Q_{ue}}{Q_u} = \frac{L}{l + L_e} \qquad (۳۸-۲)$$

در این رابطه :

Q_{ue} دبی کاهش یافته	مترمربع بر ثانیه
Q_u دبی ورودی (قبل از کاهش)	مترمربع بر ثانیه
L طول اولیه نوار	متر
L_e طول اضافه شده به نوار	متر

طول‌های پیشنهادی نوار بر اساس تجربیات L.J. Booher در جدول شماره ۲-۱۲ آورده شده است. این ارقام با توجه به نوع خاک و تجربیات حاصل از کارهای انجام شده در جنوب غربی ایالات متحده پیشنهاد شده است و می‌توان از آنها به عنوان یک راهنمای کلی استفاده کرد.

جدول شماره ۲-۱۲- طول نوار در خاکهای مختلف (پیشنهاد L. J. Booher)

نوع خاک	طول نوار (متر)
خاک رسی	۱۸۰-۳۵۰
لوم رسی	۹۰-۳۰۰
لوم شنی	۹۰-۲۵۰
شن لومی	۷۵-۱۵۰
خاک شنی	۶۰-۹۰

۲-۲-۵-۳-۳- عرض نوار:

حداقل عرض نوار بایستی آن قدر باشد که امکان عبور عریض‌ترین ماشین کشاورزی از آن میسر باشد. ضمناً در طراحی باید به این نکته توجه شود که در صورت امکان و با توجه به میزان آب در دسترس و توانایی زارع در آبیاری، عرض نوار همواره بایستی مضرب زوجی از عرض بزرگترین ماشین کشاورزی ذیربط باشد (۲، ۴، ۶ و ...). در برآورد اولیه برای عرض نوار پیشنهاداتی توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) در سال ۱۹۷۴ ارائه شده است که در جدول ۲-۱۳ آمده است.

جدول شماره ۲-۱۳- حداکثر عرض نوار بر اساس پیشنهادات SCS با توجه به شیب

شیب زمین (درصد)	حداکثر عرض نوار (متر)
تراز	۶۰
۰,۰-۰,۱	۳۵
۰,۱-۰,۵	۲۰
۰,۵-۱,۰	۱۵
۱,۰-۲,۰	۱۲
۲,۰-۴,۰	۹
۴,۰-۶,۰	۶

۲-۳-آبیاری کرتی

۲-۳-۱- تعریف

برای انجام آبیاری کرتی[1] زمین به قطعات مستطیلی تقسیم و در اطراف هر قطعه مرز یا خاکریز ایجاد می‌گردد. آب از سمت بلندتر قطعه توسط یک یا چند دریچه آبگیر وارد کرت می‌شود. میزان آب ورودی باید آن قدر زیاد باشد که سطح کرت را به سرعت بپوشاند به نحوی که در انتهای کرت حداقل ۶۰ تا ۷۵ درصد زمان مورد نیاز برای نفوذ آب به خاک فراهم گردد.

۲-۳-۲- کارآیی آبیاری کرتی

اغلب محصولات زراعی را می توان با این روش آبیاری نمود. آبیاری کرتی برای یونجه، گراسها، غلات، برنج، محصولات ردیفی، چغندرقند، ذرت، سورگوم و پنبه و درختان ... قابل کاربرد است.

این سیستم آبیاری در خاکهای با نفوذپذیری متوسط تا کم (۵ میلی متر در ساعت و کمتر) قابل اجراست. در خاکهای با نفوذپذیری زیاد یا خیلی زیاد هم امکان آبیاری کرتی وجود دارد، به شرطی که اندازه کرتها خیلی کوچک در نظر گرفته شود.

آبیاری کرتی در اراضی مسطح یا دارای شیب خیلی کم و خاکهای یکنواخت کارآیی بسیار خوبی خواهد داشت. از ویژگی‌های این سیستم آبیاری این است که در صورت مسطح بودن اراضی می توان کرتهای بسیار بزرگ حتی تا ۱۶ هکتار هم ایجاد نمود و محصولات مختلفی را بدون ایجاد تغییرات زیاد در طراحی در این کرتها کاشت. رواناب در این سیستم صفر و نفوذ عمقی بسیار کم است. از باران استفاده حداکثر به عمل آمده و امکان شستشوی خاک بسیار بالا می‌باشد.

۲-۳-۳- محدودیتهای آبیاری کرتی

آبیاری کرتی نیاز به تسطیح دارد. ایجاد پشته‌های اطراف کرت در خاکهای شنی مشکل است. در صورت مدیریت ضعیف، گیاهان حساس به غرقاب شدن طولانی از بین خواهند رفت. در برخی موارد نیاز به زهکشی سطحی وجود خواهد داشت که بایستی در طراحی مد نظر باشد.

1- Basin Irrigation

برای کنترل جریان در مناطق شیبدار نیاز به کانالهای پوشش داده شده، شیب شکن‌ها و حتی لوله‌های انتقال آب می‌باشد. میزان جریان آب ورودی به سیستم بایستی قابل توجه باشد و در این صورت در ورودی کرتها بایستی تاسیسات کنترل فرسایش احداث گردد.

۲-۳-۴- طراحی

میزان آب وارده به کرت باید آن قدر زیاد باشد که در کوتاهترین زمان ممکن به انتهای کرت برسد تا راندمان بالایی حاصل گردد. حجم آب وارد شده به کرت بایستی معادل متوسط ناخالص آبیاری باشد. زمان نفوذ در تمام نقاط کرت باید به گونه‌ای باشد که آب نفوذ یافته به منطقه ریشه برابر عمق آب مورد نظر یا بیشتر از آن باشد. در عین حال زمان غرقاب بودن کرت به گونه‌ای باشد که موجب از بین رفتن محصولات و یا نفوذ عمقی زیاد نگردد. عمق آب در کرت باید متناسب با ارتفاع پشته‌های اطراف کرت (مرز) باشد.

۲-۳-۴-۱- ملاحظات طراحی

- محاسبات طراحی در واحد عرض کرت یا به عبارت دیگر در یک نوار انجام می‌گیرد.
- در هر شرایطی میزان نفوذ عمقی به صورت معکوس و عمق جریان به صورت مستقیم با دبی واحد عرض تغییر می کند. بنابراین اگر حد معینی برای عمق جریان در نظر گرفته شود، میزان نفوذ عمقی در صورت کوتاه شدن طول کرت کاهش می‌یابد. در صورتی که برای عمق جریان و نفوذ عمقی حدودی تعیین شود، در آن صورت بایستی برای طول کرت نیز حدی در نظر گرفته شود.
- دبی ورودی به کرت باید با ارتفاع پشته‌ها متناسب باشد.
- متوسط نفوذ عمقی (اختلاف بین عمق خالص و ناخالص آبیاری) باید به حداقل رسانده شود. چون در برخی شرایط نفوذ عمقی زیاد باعث بروز مسائل زهکشی قابل توجه خواهد شد، به همین دلیل راندمان طرح نباید هیچگاه کمتر از ۸۰ درصد در نظر گرفته شود. این راندمان موقعی به دست خواهد آمد که زمان حرکت آب به انتهای کرت هیچگاه بیش از ۶۰ درصد زمان مورد نیاز برای نفوذ آب خالص مورد نیاز به منطقه ریشه نباشد. راندمان طراحی ۷۰ درصد فقط در مواردی که خاک دارای زهکشی داخلی بسیار خوب باشد مجاز است. در شرایطی که هزینه آب بالا، احتمال بروز مسائل زهکشی زیاد و مشکلات ناشی از غرقاب شدن محصولات مطرح باشد، باید راندمان طرح بیش از ۹۰ درصد در نظر گرفته شود. رسیدن به این سطح از راندمان در شرایطی که تسطیح مناسب (توسط ماشین آلات مدرن) انجام شده باشد امکان پذیر است.
- شیب کرتها در جهت حرکت آب موجب تسریع در رسیدن آب به انتهای کرت می‌شود و در صورت وجود شیب معکوس، معضلات غرقاب شدن زیاد محصولات و نفوذ عمقی زیاد را در پی خواهد داشت. حداکثر شیب مجاز (اختلاف ابتدا و انتهای کرت) در کرت معادل نصف عمق آب خالص آبیاری می‌باشد.
- پیش‌بینی‌های لازم برای تخلیه آب مازاد ناشی از آبیاری بیش از اندازه یا رگبارهای تند در طراحی کرتها مورد توجه قرار گیرد. معمولاً در موقع احداث مرز کرتها، جویچه‌های نسبتاً عمیقی ایجاد می‌شود که می‌تواند برای توزیع سریع آب در کرت

و همچنین تخلیه آب مازاد در شرایط اضطراری مفید باشد. تعبیه امکانات تخلیه آب مازاد در شرایط نفوذپذیری کم خاک و یا در منطقه ای که دارای بارشهای تند باشد از ضروریات است.

- عرض پشته‌ها (مرز کرتها) در بالا حداقل باید برابر ارتفاع آنها باشد. ارتفاع پشته‌ها بعد از نشست خاک بایستی حداقل برابر یا بیشتر از عمق ناخالص آبیاری و یا برابر عمق حداکثر ناخالص جریان آب به علاوه ۲۵ درصد عمق (به عنوان فضای آزاد باشد.

مبانی طراحی آبیاری کرتی عبارتند از :

۱- ایجاد توازن بین حجم آب وارد شد. به واحد عرض کرت در خلال پیشروی آب از ابتدا به انتهای کرت و حجم آب قابل جذب توسط خاک به علاوه ذخیره سطحی موقت وروی نوار ذکر شده (عرض واحد کرت) در همان دوره زمانی یعنی زمان پیشروی آب از ابتدا به انتهای کرت

۲- طراح بایستی با توجه به ویژگی های نفوذپذیری خاک، ضریب زبری n (ضریب مانینگ) را متناسب با نوع محصولی که آبیاری خواهد شد انتخاب نماید.

۳- عمق خالص آبیاری نیز از پارامترهای دیگری است که طرح بایستی به صورت صحیح انتخاب نماید.

۲-۳-۴-۲-۱- زمان نفوذ آب به خاک

زمان خالص نفوذ [1] (T_n) یا فرصتی که بایستی به آب داده شود تا عمق خالص آبیاری به خاک نفوذ نماید از رابطه نفوذ تجمعی آب به خاک که بر حسب T_n مرتب شده است به دست می‌آید.

$$T_n= [(F_n-c)/a]^{1/b} \qquad (۳۹-۲)$$

در این رابطه :

T_n زمان خالص آبیاری — دقیقه

F_n عمق خالص آبیاری — میلی‌متر

a و b و c ضرایبی هستند که با توجه به گروه نفوذپذیری خاک از جدول شماره ۲-۱ استخراج می‌شوند.

۲-۳-۴-۲-۱-۱- زمان پیشروی

زمان پیشروی [2] زمانی است که طی آن دبی واحد عرض، طول کرت (از ابتدا تا انتها) را طی می‌نماید. برای محاسبه زمان پیشروی T_t، کافی است زمان خالص آبیاری در نسبت زمان پیشروی به زمان خالص که از جدول شماره ۲-۱۴ به دست می‌آید ضرب شود یعنی:

$$T_t= T_n * R \qquad (۴۰-۲)$$

---

[1] - Net application time (Opportunity time)
[2] - Advance time

جدول شماره ۲-۱۴-نسبت زمان پیشروی به زمان خالص آبیاری (R)
به ازای راندمانهای مختلف (E)

$R= T_t/T_u$	E٪ راندمان
۰/۱۶	۹۵
۰/۲۸	۹۰
۰/۴۰	۸۵
۰/۵۸	۸۰
۰/۸۰	۷۵
1/۰۸	۷۰
۱/۴۵	۶۵
۱/۹۰	۶۰
۲/۴۵	۵۵
۳/۲۰	۵۰

E : راندمان کاربرد عبارت است از نسبت متوسط عمق خالص آبیاری (F_n) به عمق ناخالص آبیاری (F_g)

۲-۳-۴-۲-۱-۲- طول کرت و میزان آب ورودی به کرت

با استفاده از معادله بیلان جرم می‌توان طول کرت را به ازای دبی واحد عرض (Q_u) و زمان پیشروی (T_t) به دست آورد.

$$L=\frac{6\times10^4 Q_u.T_t}{\frac{aT_t^b}{1+b}+7+1798.n^{3/8}.Q_u^{9/16}.T_t^{3/16}} \qquad (۴۱-۲)$$

که در آن :

L طول کرت — متر

Q_u دبی واحد عرض کرت — مترمربع بر ثانیه

T_t زمان پیشروی مورد نیاز برای رسیدن به راندمان مورد نظر — دقیقه

a، b و c ضرایب ثابت در معادله نفوذ تجمعی مربوط به گروه نفوذپذیری خاک

n ضریب مانینگ

جدول شماره ۲-۱۵ مقادیر n را برای شرایط مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۵- مقادیر ضریب مانینگ در کرتها برای شرایط مختلف زراعی

شرایط زراعی	ضریب مانینگ n
کرتهای آبیاری شده و صاف	۰/۰۲
کرتهای کشت نشده و صاف	۰/۰۴
کرتهای کشت شده با محصولات فشرده نظیر یونجه وگیاهان مشابه	۰/۱۵
کرتهای کشت شده با گیاهان ردیفی نظیر چغندر قند، پنبه و گیاهان مشابه	۰/۲۵

قابل ذکر است که طول کرت را می‌توان با داشتن پارامترهای فوق به طور مستقیم و از رابطه (۲-۴۱) به دست آورد ولی برای محاسبه دبی واحد عرض Q_u نمی‌توان به صورت مستقیم و با داشتن پارامترهای دیگر یعنی طول کرت و راندمان اقدام نمود بلکه بایستی با محاسبات تکراری سعی و خطا Q_u را به دست آورد.

۲-۳-۴-۲-۱-۳- زمان آبیاری

برای محاسبه زمان مورد نیاز جهت ورود حجم آب نا خالص آبیاری به کرت می‌توان از رابطه (۲-۴۲) استفاده نمود.

$$T_a = \frac{F_n.L}{600 \times Q_u.E} \qquad (۴۲-۲)$$

که در آن :

T_a زمان آبیاری	دقیقه
Q_u دبی واحد عرض کرت	مترمربع برثانیه
F_n عمق خالص آبیاری	میلیمتر
L طول کرت	متر
E راندمان آبیاری	درصد

۲-۳-۴-۲-۱-۴- حداکثر عمق جریان به کرت

حداکثر عمق آب وارد شده به کرت از رابطه (۲-۴۳) محاسبه می‌گردد.

$$\mathbf{d} = 2250\ n^{\frac{3}{16}}\ T_a^{\frac{9}{16}}.\ Q_u^{\frac{3}{8}} \qquad (۴۳-۲)$$

که در آن :

D عمق حداکثر جریان آب در ابتدای کرت بر حسب میلیمتر و بقیه پارامترها قبلاً تعریف شده اند.

نکته۱: درصورتی که زمان پیشروی T_t بزرگتر از زمان آبیاری T_a باشد، مقدار T_t به جای T_a در رابطه (۲-۴۳) جاگذاری خواهد شد.

نکته ۲ : مقدار Q_u را نمی‌توان به صورت مستقیم از رابطه (۲-۴۳) محاسبه نمود بلکه بایستی با سعی و خطا به دست آید.

مثال: به منظور آشنایی با نحوه استفاده از روابط یک، نمونه طراحی کرت در مثال ذیل ارائه میگردد:

داده‌های اولیه

گروه نفوذپذیری خاک	IF	۰/۵
راندمان مورد نظر	E	۸۰ درصد
دبی واحد عرض	Q_u	۰/۰۰۵ m^2/s
حداکثر عمق مجاز جریان در ابتدای کرت	d	۱۵۰ mm
عمق آبیاری مورد نظر	F_n	۱۰۰ mm
ضریب زبری بستر جریان (مانینگ)	n	۰/۱۵

خواسته‌ها

زمان لازم برای نفوذ عمق آب مورد نظر	T_n
طول کرت	L
زمان آبیاری	T_a
حداکثر عمق جریان	d

نکته : در طراحی مشخصات مرز کرت یا پشته های اطراف کرت بایستی ارتفاع مرز حداقل ۱/۲۵ برابر عمق جریان باشد. بنابراین اگر در برآورد اولیه عمق جریان معین گردد، بایستی بعد از تعیین زمان خالص برای نفوذ آب مورد نظر و زمان پیشروی و طول کرت، نسبت به تعیین عمق جریان اقدام شود. در صورتی که عمق محاسبه شده کمتر یا برابر عمق در نظر گرفته شده اولیه باشد پذیرفته می‌شود. در غیر این صورت با تغییر دبی واحد فرضی، محاسبات مجدداً تکرار و نتایج حاصل کنترل می‌شود تا در محدوده مورد نظر باشد. شیب جانبی خاکریز پشته ها باید ۱ : ۲/۵ (۱ در قائم، ۲/۵ در افق) باشد.

حل : ابتدا از جدول شماره ۲–۱ گروههای نفوذپذیری، ضرایب معادلات نفوذ تجمعی مربوط به گروه نفوذپذیری ۰/۵ استخراج می‌شود.

a = ۱/۱۹۶ b = ۰/۷۴۸ c = ۷

با استفاده از رابطه (۲–۳۹) و ضرایب فوق مقدار T_n زمان خالص برای نفوذ آب (عمق خالص F_n) حساب می‌شود.

$$T_n = \left(\frac{100-7}{1.196}\right)^{1/0.748} = 337\,\text{min}$$

با توجه به راندمان مورد نظر و زمان خالص نفوذ، T_n ، و جدول شماره ۲–۱۴ (نسبت زمان پیشروی به زمان خالص نفوذ، R ، به ازای راندمان E) مقدار T_t یعنی زمان پیشروی جبهه آب تا انتهای کرت محاسبه می‌شود.

به ازای راندمان E = ۸۰٪ R =0/58

T_t = ۰/۵۸ * ۳۳۷ =۱۹۵ min

محاسبه طول کرت : L با استفاده از رابطه (۲–۴۱)

$$L = \frac{(6\times10^4)(0/005)(195)}{\frac{(1/196)(195)^{0/748}}{1+0/748} + 7/0 + (1798)(0/15)^{\frac{3}{8}}(0/005)^{\frac{9}{16}}(195)^{\frac{3}{16}}} = 359m$$

محاسبه زمان آبیاری T_a با استفاده از رابطه (۲–۴۲)

$$T_a = \frac{(100)(359)}{(600)(0/005)(80)} = 149/58 = 150\text{min}$$

محاسبه حداکثر عمق جریان d با استفاده از رابطه (۲–۴۳) و با توجه به اینکه $T_t > T_a$ می‌باشد.

$$d = 2250\,(0/15)^{\frac{3}{8}}\,(0/005)^{\frac{9}{16}}(195)^{\frac{3}{16}} = 150/75\ \text{mm}$$

توجه : همانگونه که دیده می‌شود عمق محاسبه شده یعنی ۱۵۱ میلی‌متر با عمق مطرح شده در داده‌های اولیه تقریباً برابر است؛ بنابراین قابل قبول است. در صورتی که عمق محاسبه شده بزرگتر از عمق داده شده اولیه می‌شد، می‌بایست در مقدار جریان ورودی تغییراتی داده می‌شد.

مثال : مقدار دبی واحد عرض یک کرت با مشخصات زیر چقدر باید باشد؟

طول کرت	۲۵۰ متر
عمق جریان در ابتدای کرت	۱۴۰ میلی‌متر
گروه نفوذپذیری خاک	۰/۳
راندمان مورد نظر	۸۵ درصد
عمق آبیاری خالص	۱۱۰ میلی‌متر
نوع محصول یونجه	n_l = ۰/۱۵

حل : با توجه به جدول شماره ۲-۱ ضرایب گروه نفوذپذیری به شرح ذیل می‌باشند.

$a = 0/9264 \quad b = 0/72 \quad c = ۷$

$$T_n = \left(\frac{100-7}{1/196}\right)^{\frac{1}{0/72}} = 694 \text{ min}$$

$$T_t = T_n \times R = 694 \times 0/4 = 277 \text{ min}$$

با تشکیل جدولی به ازای مقادیر مختلف برای Q_u، مقدار L کنترل می‌شود تا رقم در نظر گرفته شده برای طول کرت به دست آید.

Q_u m2/sec	L (m)
۰/۰۰۱	۱۸۴
۰/۰۰۲	۲۹۰

با توجه به اینکه طول مورد نظر ۲۵۰ متر می‌باشد با در نظر گرفتن Q_u = ۰/۰۰۱۵ مقدار L برابر ۲۴۱ متر به دست می آید و با مقدار Q = ۰/0016 مقدار L برابر ۲۵۱/۶ متر حاصل می‌گردد. با توجه به اینکه اختلاف طول به دست آمده اخیر با طول مورد نظر کم می‌باشد، دبی واحد عرض معادل ۰/۰۰۱۶ مترمربع بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود. در شرایط این مسئله حداکثر عمق آب d_{max} برابر خواهد بود با :

$$d_{max} = 2250(0/15)^{\frac{3}{8}} (0/0016)^{\frac{9}{16}} (T_a)^{\frac{3}{16}}$$

برای جاگذاری T_a بایستی مقدار آن از رابطه شماره (۲-۴۲) محاسبه شود.

$$T_a = \frac{F_n \times L}{600 \times Q_u \times E} = \frac{110 \times 250}{600 \times 0/0016 \times 85} = 337 \text{ min}$$

$$d_{max} = 2250(0/15)^{\frac{3}{8}} (0/0016)^{\frac{9}{16}} (337)^{\frac{3}{16}} = 87/۹۹ = 88 \text{ min}$$

بنابراین ارتفاع نهایی پشته‌ها بعد از نشست خاک باید حداقل ۱/۲۵ برابر d_{max} یعنی حدود ۱۱۵ میلی‌متر باشد. عرض پشته‌ها در مثال بالا نیز حدود ۱۱۰ میلی‌متر و شیب خاکریز پشته‌ها ۱ : ۴/۵ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۴-۲-۱-۵- تعیین ابعاد کرت

اگر چه ابعاد کرت به پارامترهایی نظیر گروه نفوذپذیری خاک، مقدار آب در دسترس، نوع کشت و ... بستگی دارد، ولی در تخمینهای اولیه می‌توان از جدولی که به صورت تجربی توسط Booher, 1974 توصیه شده است سطح کرت را متناسب با میزان دبی موجود انتخاب و با توجه به طول محاسبه شده، عرض کرت را به دست آورد. البته پارامتر دیگر در انتخاب عرض کرت فاصله ردیفهای کشت در محصولات ردیفی و عرض ماشین‌آلات کشاورزی در مراحل کاشت، داشت و برداشت می‌باشد.

مثال : عرض کرت در شرایط مثال ۲ و با توجه به میزان دبی ۳۰ لیتر در ثانیه چقدر باید باشد (محدودیتی از نظر هندسی برای اراضی وجود ندارد). بافت خاک رسی می‌باشد.

عرض قابل آبیاری کرتها $W= Q/Q_u = 0/03 \times 0/0016 = 18/75$ m

با استفاده از جدول Booher با توجه به دبی ۳۰ لیتر در ثانیه و نوع خاک (رسی) مساحت کرت ۰/۲ هکتار به دست می‌آید. از طرفی با توجه به طول کرت که معادل ۲۵۰ متر است عرض کرت معادل ۸ متر خواهد بود چون :

$$W = \frac{Area}{L} = \frac{0.2\times10000}{250} = 8m$$

با مقایسه دو عدد ۱۸/۷۵ و ۸ به نظر می‌رسد با دبی موجود ۲ کرت را می‌توان به طور همزمان آبیاری نمود.

۱۸,۷۵/۸ = ۲/۳ کرت

با مختصر اصلاحی در دبی واحد عرض، طول جدید کرت به دست خواهد آمد و نهایتاً عرض کرتها تعیین می‌شود. مثلاً اگر دبی واحد را Q_u = ۰/۰۰۱ متر مربع بر ثانیه در نظر بگیریم طول کرت حدود ۱۸۵ متر و ابعاد کرت به شرح زیر خواهدبود.

$$\text{عرض کرتها (کل)} = \frac{0/03}{0/001} = 30m$$

$$\text{عرض کرت با توجه به طول محاسبه شده} = \frac{0/2\times10000}{185} = 10/8 = 10m$$

$$\text{تعداد کرتها N} = \frac{\text{عرض یک کرت}}{\text{کرت 3}} = \frac{30}{10}$$

بنابراین تعداد کرتها ۳ عدد و ابعاد هر یک ۱۸۵ متر طول و ۱۰ متر عرض خواهد بود.

توجه: تعداد کرتهای مورد آبیاری در هر نوبت که به عرض هر کرت وابسته است از رابطه ذیل نیز قابل محاسبه است.

$$N_b = \frac{N_t.T_a.D_a.E}{144000.D}$$

که در آن :

N_b تعداد کرتهائی که در هر نوبت آبیاری می‌شوند.

N_t تعداد کل کرتها

T_a زمان آبیاری (زمانی که آب وارد کرتها می‌شود)	دقیقه
D_a نیاز آبی روزانه گیاه	میلی‌متر در روز
E راندمان آبیاری	درصد
D عمق آبیاری مورد نظر	میلی‌متر

فصل سوم
مبانی طراحی مجاری آب

مقدمه

کانالهای مزارع وظیفه انتقال آب دریافتی از کانالهای درجه ۱ و ۲، مخازن ذخیره یا چاه را به اراضی داخل مزرعه به عهده دارند. این کانالها بطور معمول از نوع درجه ۳ هستند. ظرفیت اینگونه کانالها در حدود ۰/۳ متر مکعب در ثانیه یا کمی بیشتر و کمتر بوده و بطور معمول دارای پوشش بتنی و گاهی بدون پوشش می‌باشند. در مواردی شبکه داخل مزارع به صورت لوله‌های کم فشار مدفون و یا در سطح زمین وظیفه انتقال و توزیع آب را ایفاء می‌کنند. در صورتیکه از لوله‌ها برای اینگونه مقاصد استفاده شود، مزایای ذیل را در بر خواهد داشت.

۱- عدم وجود مشکلات ناشی از علفهای هرز

۲- کاهش تلفات آب در اثر نشت و عدم بروز مسئله ماندابی شدن اراضی حاشیه کانال

۳- امکان افزایش سطح زیر کشت و سهولت در امر استفاده از ماشینهای کشاورزی

البته استفاده از لوله‌ها مستلزم رعایت برخی مسایل ایمنی نیز می‌باشد که در مقایسه با کانالهای روباز چندان زیاد نیست. در مواردی که بار رسوبی آب مورد استفاده زیاد باشد، به کار گیری لوله توصیه نمی‌شود.

کانالهای پوشش نشده (خاکی) موجب تلفات زیاد آب در اثر نشت می‌شوند. مقدار تلفات آب از ۲۵ تا ۳۰ درصد در کانالهای معمولی و تا ۵۰ درصد در کانالهای با مصالح شنی می‌باشد. این موضوع موجب از دست دادن منابع آب با ارزش می‌شود. هزینه بهره‌برداری و نگهداری در این کانالها بالا می‌باشد. از این رو، با توجه به معایب ذکر شده برای اینگونه کانالها بایستی از آنها فقط در موارد موقت یا به عبارت دیگر کانالهای ابتدای قطعات آبیاری[1] استفاده شود. این کانالها معمولاً همراه عملیات خاک‌ورزی (آماده کردن زمین) احداث و در پایان دوره زراعی از بین برده می‌شوند. برای طرح کانالهای داخل مزارع بایستی به نکاتی توجه نمود که در ادامه آورده می‌شود.

۳-۱- کانالهای خاکی

استفاده از کانالهای خاکی در دنیا به دلیل سهولت در ساخت و ارزان بودن مرسوم است. اگر این کانالها به صورت دایم ایجاد شوند (کانالهای درجه ۳)، معمولاً سطح آنها توسط گیاهان پوشیده می‌شود. (چمن، مرغ و ...) و در صورتی که موقتی باشند دارای پوشش خاکی خواهند بود.

گاهی ممکنست کانالهای درجه ۴ نیز برای مدت طولانی (چند دوره زراعی) در زمین باقی بمانند که در اینصورت سطح دیواره آنها نیز توسط گیاهان پوشیده می شود.

1- Head ditch

۳-۱-۱- محدودیتهای خاک در احداث کانالهای خاکی

کانالهای خاکی معمولاً در مزارع با استفاده از خاک مزرعه که برای کشت و کار مناسب می‌باشد احداث می‌شوند(کانالهای درجه ۴). لذا بایستی به این نکته توجه شود که خاکهای مورد استفاده حساس به فرسایش و آب شستگی نباشد و امکان ایجاد ابنیه فنی مورد نیاز در آنها فراهم باشد. از طرف دیگر می‌بایست نشت از این کانالها در حداقل ممکن باشد.

نشت از کانالهای خاکی معمولاً به نفوذپذیری خاک و کیفیت آب بستگی دارد. نفوذپذیری در خاکهای دارای رس وقتی با آب دارای SAR بالا در تماس باشد کمتر از مواقعی است که این خاک با آب با SAR کمتر در تماس است. در برخی خاکهای رسی که دارای خاصیت تورم و انقباض بالا هستند به دلیل ایجاد درز و ترک تلفات نفوذ زیاد خواهد بود.

خاکهای دارای بافت سبک و متوسط که درصد رس آنها کم است به راحتی شسته شده و فرسایش می‌یابند. ابنیه احداث شده در اینگونه خاکها در معرض زیرشویی و تخریب قرار خواهند گرفت.

در اراضی ای که قبلاً آبیاری شده باشد، بطور معمول مقدار گچ موجود در خاک قابل توجه نیست ولی در خاکهائی که قرار است جدیداً برای آبیاری توسعه داده شود ممکن است میزان گچ زیاد باشد. در هر حال توصیه میشود از خاکهایی که میزان گچ محلول آنها بیش از ۱۰ درصد باشد برای احداث کانال استفاده نشود (بویژه در کانالهای درجه ۳) .

همچنین اگر میزان مواد آلی خاک بیش از ۱۰ درصد باشد برای احداث کانال درجه ۳ مناسب نیست و استفاده از آن در کانالهای درجه ۴ نیز جای تامل دارد.

طراحی کانالهای خاکی بایستی بر مبنای حداکثر سرعت مجاز (با توجه به نوع خاک) باشد تا در عمل با فرسایش مواجه نشوند. کانالهای خاکی دارای پوشش گیاهی از پایداری خوبی برخوردار هستند.

۳-۱-۲- تعیین ظرفیت و طراحی کانال خاکی

ظرفیت کانال بر اساس نیاز آبی گیاه در دوره حداکثر مصرف و در نظر گرفتن تلفات ناشی از نشت و عملیات آبیاری تعیین می‌گردد. تلفات آب با توجه به نوع شبکه، مدیریت آبیاری، سیستم آبیاری مورد استفاده، نوع گیاه، خاک و ... و دیگر پارامترها که در مبحث راندمان به آنها اشاره شده است، متغیر خواهد بود. در شرایط مدیریت صحیح و مناسب بودن عوامل دیگر، راندمان آبیاری در مزرعه در حدود ۶۰ درصد برای آبیاری نواری و شیاری و حتی تا ۸۰ تا ۹۰ درصد برای آبیاری کرتی پیش‌بینی می‌شود.

با عنایت به مسایل اقتصادی، ابعاد کانال خاکی نباید بزرگتر از حد متعارف در نظر گرفته شود بلکه بایستی به گونه‌ای باشد که نیازهای آبی گیاه را متناسب با سیستم آبیاری موجود برطرف نماید. در مناطقی که بارندگی می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز آبی گیاه را برآورده نماید، بایستی به عنوان یک عامل کاهنده در تعیین ظرفیت کانال در نظر گرفته شود.

۳-۱-۲-۱- ویژگی‌های هیدرولیکی کانالهای خاکی

در طراحی کانالهای داخل مزارع معمولاً جریان یکنواخت، پایدار، آرام، با سرعت کم و عدد فرود کمتر از ۱ مد نظر است. عدد فرود با رابطه (۳-۱) تعریف می‌شود.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} \qquad (۱-۳)$$

که در آن :

Fr عدد فرود است و شاخصی است که با آن نوع جریان را طبقه بندی می‌کنند. در صورتی که Fr بزرگتر از ۱ باشد. جریان فوق بحرانی و در صورتی که Fr کوچکتر از ۱ باشد جریان زیربحرانی است . در حالتی که Fr برابر یک باشد، می‌گویند جریان بحرانی است. در طراحی کانال باید این رقم کمتر از یک باشد. برای اطمینان بیشتر، در عمل اجازه داده نمی شود که این عدد از ۰/۸ تجاوز کند.

V = سرعت جریان آب متر برثانیه

g= شتاب ثقل متربر مجذورثانیه

y= عمق جریان متر

$$D = \frac{A}{T}$$

A= سطح خیس شده مترمربع

T= عرض سطح آزاد آب متر

۳-۱-۲-۱-۱- شیب کانال

شیب در کانالهای خاکی معادل شیب خط انرژی می باشد. بنابراین جریان در کانالهای خاکی مزارع یکنواخت بوده و شیب کف کانال با شیب سطح آب و شیب خط انرژی موازی می‌باشد. سرعت جریان در کانال متاثر از شیب کف کانال است، لذا بایستی این عامل به گونه‌ای انتخاب و در نظر گرفته شود که سرعت غیر فرسایشی در کانال برقرار شود. در عین حال حد پائین سرعت به گونه‌ای باشد که موجبات رسوبگذاری یا رشد علفهای هرز فراهم نگردد.

حداقل شیب در کانالهای خاکی ۰/۰۰۰۴ یا ۰/۴ متر در هر ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. در این شیب کنترل آب بسیار آسان است ولی در صورت وجود مواد رسوبی در آب امکان رسوبگذاری در کانال وجود دارد. در اغلب موارد کانالهای خاکی را با شیب ۰/۰۰۱ یا یک در هزار (یک متر در هزار متر) طراحی می‌کنند. در این صورت امکان استفاده از سیفون برای آبیاری وجود خواهد داشت ولی لازم است در هر ۱۵۰ الی ۲۰۰ متر طول کانال، یک آب بند[1] احداث شود. استفاده از شیبهای تندتر فقط در کانالهای خیلی کوچک ممکن است. در شیبهای بزرگتر از ۰/۰۰۲ استفاده از سیفون برای آبیاری مشکل است ولازم است در فواصل کوتاه از آب بند استفاده گردد.

در شرایطی که شیب اراضی تند باشد و قرار باشد از کانالهای خاکی در این اراضی استفاده شود، بایستی با احداث آبشار شیب را تعدیل نمود. گاهی این آبشارها را با آب بند[2] ترکیب نموده و آنها را در نقاط مناسب احداث می‌کنند.

حداکثر سرعت غیر فرسایشی مجاز در کانالهای خاکی به نوع و بافت خاک وابسته است. این مقدار در خاکهای دانه‌ریز و غیر کلوئیدی شنی حدود ۰/۵ تا ۰/۷۵ متر در ثانیه و در خاکهای لومی و سخت تا بیش از یک متر در ثانیه و در خاکهای کلوئیدی و دانه درشت متغیر است. جدول ۳-۱ می تواند به عنوان راهنمایی برای حداکثر سرعت مجاز درنظر گرفته شود.

1- Check
2- Check drop

جدول شماره ۳ -۱- حداکثر سرعت مجاز در کانالهای خاکی با مصالح مختلف

جنس مصالح کانال	سرعت m/s با توجه به آب صاف و یا آب حاوی مواد سیلتی غیر کلوئیدی
شن دانه‌ریز غیر کلوئیدی	۰/۴۵
لوم شنی غیر کلوئیدی	۰/۵۰
لوم سیلتی و سیلت رسوبی غیر کلوئیدی	۰/۶۰
لوم سخت معمولی، خاکستر آتشفشانی و گراول دانه‌ریز	۰/۷۵
رس سخت و سیلت رسوبی کلوئیدی	۱/۱۵
خاک دانه بندی شده از لوم تا قلوه سنگ	۱/۱۵
خاک دانه‌بندی شده از سیلت تا قلوه سنگ	۱/۲۰
گراول درشت غیر کلوئیدی	۱/۲۰
قلوه سنگ و تخته سنگ	۱/۵۰
تخته سنگ شیل و صفحات رسی سخت	۱/۸۰
ارقام فوق در کانالهای مستقیم با شیب کم و عمق آب کمتر از یک متر صحیح است (Chow 1959)	

۳-۱-۲-۱-۲- ضریب زبری (مقاومت در مقابل جریان)

جریان آب منحرف شده از کانال اصلی یا هر منبع دیگر به کانال مزرعه، پس از یک مرحله جریان بینابینی به حالت یکنواخت تبدیل می‌شود. جریان یکنواخت آب با رابطه مانینگ تعریف می‌شود.

$$V = CR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad (۳-۲)$$

که در آن :

V : سرعت جریان متر بر ثانیه

C : ضریب مقاومت در مقابل جریان که معادل ۱/n بوده و n که همان ضریب زبری مانینگ است بسته به نوع بستر جریان مقادیر متفاوتی خواهد داشت در جدول ۳-۲ آورده شده است.

R= شعاع هیدرولیکی متر

شعاع هیدرولیکی عبارت است از نسبت سطح مقطع جریان به محیط خیس شده یعنی: $R = \frac{A}{P}$

که در آن :

A سطح مقطع جریان مترمربع

P محیط خیس شده متر

S شیب خط انرژی که در جریان یکنواخت همان شیب کف کانال می‌باشد متر بر متر

مقدار جریان در واحد زمان از رابطه پیوستگی به دست می‌آید.

$$Q = A.V \qquad (۳-۳)$$

در این رابطه :

Q مقدار جریان در واحد زمان مترمکعب بر ثانیه

A سطح مقطع جریان متر مربع

V سرعت جریان متر برثانیه

وقتی شکل مقطع جریان و عمق آب در مقطع معین باشد، دبی (مقدار جریان) را می‌توان مستقیماً از رابطه(۳-۴) به دست آورد که در واقع ترکیب دو معادله (۳-۲) و (۳-۳) می‌باشد.

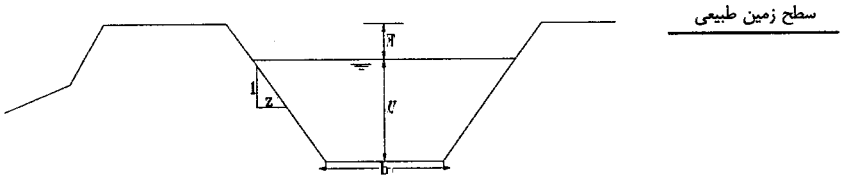
$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad (۳-۴)$$

جدول شماره ۳- ۲ - مقادیر n برای کانالهای خاکی با مشخصات مختلف

نوع کانال	مقدار n		
	حداقل	معمولی	حداکثر
a) کانال خاکی مستقیم و یکنواخت			
۱- تمیز و تازه ساز و متراکم شده	۰/۰۱۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰
۲- تمیز ولی بعد از گذشت مدتی از ساخت	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵
۳- گراول با مقطع یکنواخت	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰
۴- با پوشش گراس و تعدادی علف هرز	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۰/۰۳۳
b) کانال خاکی دارای پیچ و خم و گلی و لجنی			
۱- بدون پوشش گیاهی	۰/۰۲۳	۰/۰۲۵	/۰۳۰
۲- دارای پوشش گراس و تعدادی علف هرز	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۳
۳- دارای گیاهان آبزی متراکم و عمق زیاد	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰
۴- کف خاکی و دیواره‌های قلوه‌سنگی	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵
۵- کف سنگی و دیواره‌های پوشیده از علف	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰
۶- کف سنگی و دیواره‌های تمیز	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰

۳-۱-۲-۱-۳- مقطع مناسب برای کانالهای خاکی

با توجه به عدم پایداری دیواره عمودی در کانالهای خاکی، بهترین مقطع در کانالهای بدون پوشش مقاطعی هستند که دیواره آنها دارای شیب باشد تا از پایداری مناسبی برخوردار باشند. شیب دیواره در کانالهای خاکی کوچک (کانالهای داخل مزارع) معمولاً ۱:۱ (۱ در افق : ۱ در قائم) در نظر گرفته می‌شود. با توجه به مقدار دبی، مقطع ممکن است به صورت مثلث یا ذوزنقه باشد که مورد اول برای دبی‌های کم و مورد دوم (ذوزنقه) برای دبی‌های نسبتاً زیادتر مناسب است. بنابراین در کانالهای داخل مزارع غالباً مقطع ذوزنقه‌ای انتخاب می‌شود.



پارامترهای هیدرولیکی در مقطع ذوزنقه‌ای با روابط ذیل تعیین می‌گردد:

سطح مقطع جریان $$A = by + Zy^2$$ (۵-۳)

محیط خیس شده $$P = b + 2y\sqrt{1+Z^2}$$ (۶-۳)

شعاع هیدرولیکی $$R = \frac{A}{P} = \frac{by + Zy^2}{b + 2y\sqrt{1+Z^2}}$$ (۷-۳)

برای ایجاد کانال ابتدا مسیر مورد نظر به عرض مناسب (با توجه به نیاز یا عدم نیاز به جاده سرویس یا دسترسی) خاکریزی و کوبیده می‌شود و سپس با استفاده از ماشین‌آلات مناسب، مقطع مورد نظر در خاکِ کوبیده شده خاکبرداری می‌شود. شیب خاکریزی دیواره‌های کناری خاکریز معمولاً ۱ : ۱/۵ (۱/۵ در افق : ۱ در قائم) در نظر گرفته می‌شود.

۳-۱-۲-۱-۴- فضای آزاد بالای سطح آب

فضای آزاد بالای سطح آب[1] در کانالهای خاکی با توجه به نوع کانال، اندازه و کاربری آن متفاوت است. بطور معمول این اندازه در کانالهای خاکی دایم ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود تا امکان کنترل تغییرات سطح آب فراهم شده و فضایی نیز برای رسوبگذاری وجود داشته باشد.

حداقل فضای آزاد با توجه به ظرفیت کانالها به شرح زیر است :

- کانالهای با ظرفیت ۳۰ تا ۱۵۰ لیتر در ثانیه ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر
- کانالهای با ظرفیت ۱۵۰ تا ۳۰۰ لیتر در ثانیه ۱۵ الی ۳۰ سانتی‌متر
- در کانالهای با ظرفیت کم ۱۰ سانتی‌متر.

در شرایطی که احتمال رسوبگذاری، رشد علفهای هرز، خسارات جانوران موذی (جوندگان حفار) و غیره وجود دارد بر حسب مورد فضای آزاد افزایش داده می‌شود.

۳-۱-۲-۱-۵- رقوم کانال نسبت به سطح اراضی

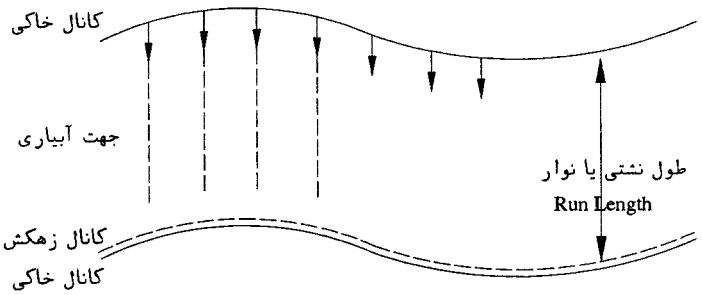
رقوم کانال بسته به اینکه کانال وظیفه انتقال آب یا توزیع آب و یا آبیاری داشته باشد و با توجه به توپوگرافی اراضی و نوع خاک تعیین می‌شود.

1- Free board

- در شرایط انتقال آب هر چه امکان داشته باشد رقوم کانال را پایین‌تر در نظر می‌گیرند (نسبت به سطح زمین) تا مقدار خاکریزی به حداقل برسد و هزینه ها کاهش یابد.
- در شرایط توزیع آب یا آبیاری، رقوم کانال به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شودکه امکان بالا آوردن آب حداقل به ۱۵ سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین وجود داشته باشد (توسط آب بند یا بدون آب بند) تا ارتفاع کافی برای انجام آبیاری فراهم باشد.
- در سیستمهای آبیاری شیاری (جویچه و جوی و پشته) با توجه به اینکه کف شیارها پائین‌تر از سطح زمین می‌باشد، ارتفاع بسیار کمی می‌تواند جریان مورد نظر را به زمین ایجاد نماید (حداقل حدود ۵ سانتی‌متر).
- در سیستمهای آبیاری نواری و کرتی بایستی اختلاف ارتفاع سطح آب در کانال و نوار یا کرت زیردست آن بیش از ۱۵ سانتی متر باشد.
- در زمینهای ناهموار یا زمینهای با شیب خیلی کم ممکن است کانال به گونه‌ای احداث شود که در برخی از قسمتها پائین‌تر از سطح زمین و در برخی از قسمتها بالاتر از سطح زمین قرار گیرد.
- در زمینهای با نفوذ پذیری بالا (خاکهای شنی) امکان کنترل و حفاظت کانال کم است. لذا در اینگونه خاکها سعی می‌شود کانال در سطحی ساخته شود که سطح آب در شرایط معمولی پائین‌تر از سطح زمین باشد و فقط در موقع آبیاری توسط آب بند بالا آورده شود.

۳-۱-۲-۲- ملاحظات اجرایی کانالهای خاکی

- کانالهای خاکی غالباً به گونه‌ای احداث می‌شوند که بتوان از شیب عمومی زمین برای آبیاری استفاده کرد.
- در احداث کانالهای خاکی روی خط تراز[1] سعی می‌شود مسیر آنها تقریباً موازی یکدیگر باشد تا حتی الامکان طول نوار یا نشتی‌ها به طور مساوی بین آنها قرار گیرد.



- در صورتی که شیب مورد نظر کانال با شیب زمینهای تحت پوشش متفاوت باشد، ممکن است ایجاد خاکریزی برای رسیدن به شیب دلخواه ضرورت یابد.
- در خاکریزی برای ایجاد کانال باید توجه شود ضخامت لایه‌های خاکریزی ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر باشد و به خوبی کوبیده و متراکم گردد تا از نشست‌های ناخواسته جلوگیری شود.

1- Contour ditch

- شیب دیواره بیرونی خاکریزها نباید از ۱ : ۱/۵ تندتر باشد (یک در قائم: یک و نیم در افق)
- باید توجه داشت که خاکریزها ممکن است در معرض تخریب توسط جانوران موذی (جوندگان حفار) بوده و نشت داشته باشند.
- برای عبور کانال از گودی‌ها در صورتی که نیاز به خاکریزی با عمق بیش از یک متر باشد بهتر است از لوله استفاده شود.
- سکوی[1] کناری در کانالهای خاکی و دایم که در خاکریز احداث می‌شوند بایستی حداقل ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر باشد. این مقدار در کانالهای خاکی موقت نباید از عمق آب در کانال کمتر و حداقل باید ۳۰ سانتی متر باشد.
- برای خاکریزی مسیر کانالهای خاکی نباید قرضه از اراضی اطراف مسیر گرفته شود چون موجب ماندابی شدن و رشد علفهای هرز می‌گردد.

۳-۱-۲-۳- ابنیه فنی لازم در کانالهای خاکی

یکی از عوامل مهم اثرگذار در کارآیی شبکه آبیاری و زهکشی، وجود ابنیه فنی متناسب با عملکرد مورد انتظار در شبکه می‌باشد. ابنیه فنی ممکن است به صورت موقت یا دایم در مسیر کانالها و زهکشها احداث شوند و هر یک به تناسب عملکرد دارای ویژگی‌هایی باشند که در افزایش راندمان و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از طریق کاهش تعداد نیروی انسانی مورد نیاز برای آبیاری مؤثر هستند. جزئیات ابنیه فنی مورد نیاز در شبکه کانالها و زهکشهای مزارع (درجه ۳ و ۴) در جلد چهارم این مجموعه ارائه گردیده است.

۳-۲- کانالهای پوشش دار

ایجاد پوشش کانال یکی از راههای مؤثر برای کنترل فرسایش، جلوگیری از خسارات ناشی از جوندگان، کاهش تلفات نشت، کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و جلوگیری از رشد علفهای هرز و تأمین آب کافی مطمئن می‌باشد. با کنترل نشت از کانال، در واقع اراضی اطراف کانال در مقابل ماندابی شدن و شور شدن نیز حفاظت می‌شوند. طرح و اجرای پوشش باید با دقت انجام گردد تا در اثر یخبندانها و ذوب یخ، عبور حیوانات و رشد گیاهان خراب نشود.

۳-۲-۱- مصالح پوشش کانال

انتخاب مصالح برای پوشش کانال به عوامل متعددی وابسته است از جمله :

- وجود مصالح در محل
- دستگاههای مناسب برای ایجاد پوشش
- اندازه کانال
- شرایط آب و هوایی
- زیرسازی پوشش

1- Berm

- نوع سیستم آبیاری
- نحوه گردش آب (دایمی یا تناوبی)

بتن یکی از بهترین مواد برای پوشش کانالها می‌باشد؛ اگر چه در مواردی می‌توان از آسفالت، آجر، پوششهای پلاستیکی، فلز، مواد شیمیایی و یا خاکهای ریز دانه با نفوذپذیری بسیار کم نیز استفاده نمود. مواد فوق‌الذکر در صورت انتخاب صحیح و شرایط مناسب، عملکرد مناسبی خواهند داشت. کانالهای پوشش دار در هر خاکی قابل اجرا می‌باشند ولی محدودیتهای موجود در خاکها بایستی قبل از اجرای پوشش مد نظر قرار گیرد؛ در غیر این صورت ضمن کوتاه شدن عمر پوشش، هزینه‌های نگهداری قابل توجهی به پروژه تحمیل خواهد نمود.

پوشش‌های سخت نظیر بتن بایستی در خاکهای زهکشی شده اجرا شود. درصورتیکه خاک دارای زهکشی مناسبی نباشد بایستی ضخامت بتن بیشتر شده و یا اینکه از شبکه آرماتور برای تقویت آن استفاده شود. گاهی نیز با توجه به شرایط محلی و امکانات موجود ممکنست از تهیه و اجرای فیلتر و شیرهای یکطرفه (بارباکان) استفاده شود. شیرهای یک طرفه به این صورت عمل میکنند که وقتی آب در داخل کانال وجود دارد و فشار آب بر فشار آب زیرزمینی غالب است دریچه بسته و از فرار آب از کانال جلوگیری می کند و در صورت معکوس، دریچه باز و آب زیرزمینی می تواند وارد کانال شده و فشار زیر بتن را مستهلک نماید.

۳-۲-۲- ظرفیت کانالهای پوشش دار

ملاحظات مربوط به تعیین ظرفیت کانال در صفحات قبل توضیح داده شد. بعد از تعیین ظرفیت، ابعاد کانال با استفاده از رابطه مانینگ و با توجه به ضریب زبری مانینگ با در نظر گرفتن نوع پوشش (جدول ۳-۳) معلوم می‌گردد.

جدول شماره ۳-۳- ضریب زبری مانینگ برای پوشش های مختلف

نوع پوشش	ضریب مانینگ n
بتن ماله‌کشی شده	۰/۰۱۵
آجر	۰/۰۱۷
بتن پاششی	۰/۰۱۶
صفحات بتنی	۰/۰۱۶
صفحات فلزی، روکش‌های انعطاف‌پذیر	۰/۰۱۳
خاک متراکم	مانند ضریب ذکر شده در بخش کانالهای خاکی

۳-۲-۳- رقوم ارتفاعی و شیب کانالهای پوشش دار

طراحی کانالهای پوشش دار نیز مانند آنچه در مورد کانالهای خاکی ذکر شد باید به گونه‌ای انجام شود که سطح آب در آبگیر مزرعه به اندازه کافی برای پوشش دادن سطح زمین بالا باشد.

درصورتیکه برای بالا آوردن سطح آب در کانال از تأسیسات لازم نظیر آب‌بند استفاده شود، بایستی اثر برگشت آب مد نظر قرار گرفته و سپس فضای آزاد برآورد شود. ارتفاع سطح آب نسبت به زمین مزرعه با توجه به نوع آبگیر و مقدار آب دریافتی توسط مزرعه متفاوت خواهد بود.

- حداقل ارتفاع سطح آب نسبت به زمین نبایستی از ۱۲ سانتیمتر کمتر باشد.

- حداقل فضای آزاد در کانالهای پوشش دار در مواقعی که تأسیسات کنترل سطح آب فعال هستند، آبهای ناشی از رگبارها وارد کانال می‌شود و یا وجود هر عامل دیگری که موجب تغییرات در سطح آب شود، نبایستی کمتر از ۷/۵ سانتیمتر باشد.
- سرعت آب در کانالهای پوشش دار همواره بایستی در حد کمتر از سرعت بحرانی[1] باشد. در موارد استثنایی که مسیر کانال مستقیم باشد و در انتها به تأسیسات کنترل ختم شود، حداکثر سرعت می تواند به ۱/۷ برابر سرعت بحرانی محدود شود؛ در غیر اینصورت موجب ایجاد امواج ناپایدار در سطح آب و در نتیجه عدم کنترل جریان در کانال خواهد شد. حداکثر سرعت در این شرایط حدود ۴/۵ متر در ثانیه خواهد بود (مسیرهای مستقیم و منتهی به تاسیسات کنترل).
- حداکثر سرعت در کانالهای با پوشش مواد پاشیدنی باید به ۱ متر در ثانیه محدود شود.
- حداکثر سرعت در مورد پوششهای غشایی مدفون مشابه کانالهای خاکی می‌باشد.

۳-۲-۴- نکاتی چند در مورد پوشش بتنی

پوشش بتنی در مقابل سرعتهای بالا و خسارات مکانیکی مقاوم بوده و از نفوذ آب به صورت نشت جلوگیری می‌کند ولی محدودیتهایی در کاربرد بتن وجود دارد که بایستی مورد توجه طراح باشد.

- وضعیت زهکشی خاکی که در آن پوشش بتنی اجرا می‌شود مناسب باشد.
- خاکهای دارای نمکهای سولفاته عمر بتن را کاهش می‌دهند.
- در مناطق دارای یخبندانهای شدید، بتن مقاومت خود را از دست می‌دهد.
- با توجه به نکات فوق بایستی طراحی کانال بتنی به گونه‌ای باشد که اثرات نامطلوب حذف و یا به حداقل کاهش یابد. در این خصوص توجه به موارد ذیل مفید است:
- آب بتن به اندازه‌ای باشد که امکان کار کردن روی آن در بدنه کانال وجود داشته باشد و در عین حال آن قدر روان نباشد که در شیب کناری کانال استقرار نیابد. از طرف دیگر در مواردی که از قالبهای لغزنده در پوشش کانال استفاده می‌شود، شیب دیواره‌ها تندتر از ۱:۱ نباشد (در کانالهای با عمق ۱ متر)
- مقاومت فشاری بتن شاخص خوبی برای دوام بتن است. این شاخص (مقاومت فشاری) در اقلیمهای ناموزون (تغییرات اقلیمی شدید) بایستی بزرگ باشد . در جدول ۳-۴ ویژگی‌های بتن برای اقالیم مختلف ارائه شده است.

جدول شماره ۳-۴- ویژگی های بتن در اقالیم مختلف (از ASAE)

نوع اقلیم	دوره یخبندان در سال	نوع بتن	مقاومت فشاری ۲۸ روزه	عیار سیمان*
ملایم	۲۰ روز در سال یا کمتر از آن	بدوزر هوا	Mpa ۲۰/۷	Kg/m^3 ۳۰۷
معتدل	۲۰ تا ۸۰ روز در سال	بتن هوادهی شده	Mpa۲۰/۷	Kg/m^3 ۳۲۱
سخت	بیش از ۸۰روز در سال	بتن هوادهی شده	Mpa ۲۴/۱	Kg/m^3 ۳۶۲

1- velocity Critical

- در بتنهای تولید شده با سیمان پرتلند تیپ V (ضد سولفات) بایستی مقدار سیمان به میزان ۲۰ درصد افزایش یابد و تا ۱۵ درصد میزان سیمان (درصد وزنی) با پوزولان جایگزین شود.
- در مناطقی که میزان سولفات در محلول خاک بیش از ۰/۱ درصد باشد، بایستی از سیمان مقاوم به سولفات استفاده شود (سیمانهای تیپ II ، IIA یا V).
- در مواردی که مقدار سولفات خاک بیش از ۰/۳ درصد باشد فقط باید از سیمان تیپ V استفاده شود؛ در این صورت به میزان سیمان نیز باید ۲۰ درصد افزوده شود.
- شن و ماسه مورد استفاده در بتن بایستی مطابق استانداردهای مورد تایید باشد. در صورت استفاده از شن و ماسه محلی باید دارای دانه‌بندی مناسب، تمیز و با دوام باشند.
- حداکثر اندازه قطر دانه‌های شن و ماسه به کار رفته نباید بزرگتر از $\frac{۱}{۳}$ ضخامت بتن باشد.
- آب مورد استفاده در بتن نبایستی اسیدی، قلیایی، دارای روغن، سولفات یا دیگر مواد خارجی مضر باشد. به عبارت دیگر بهترین آب برای ساخت بتن، آبی است که بتوان آن را نوشید.
- ضخامت بتن باید از جنبه‌های مهندسی، مورد بررسی و انتخاب قرار گیرد. به هر حال، ضخامت بتن به مواردی نظیر موقعیت مکانی، اندازه کانال، سرعت جریان آب، وضعیت زیرسازی، نوع بهره‌برداری و شرایط اقلیمی وابسته است. برای برخی شرایط مذکور ضخامت پیشنهادی در جدول شماره ۳–۵ آورده شده است. در این جدول:

جدول شماره ۳–۵– حداقل ضخامت بتن در شرایط اقلیمی مختلف

سرعت جریان (m/s)	شرایط اقلیمی		
	ملایم	معتدل	سخت
	حداقل ضخامت (Cm)		
کمتر از ۱/۸	۴	۵	۶/۵
۲/۷–۱/۸	۵	۵	۶/۵
۳/۷–۲/۷	۶/۵	۶/۵	۶/۵
۴/۶–۳/۷	۷/۵	۷/۵	۷/۵

شرایط اقلیمی :

ملایم : متوسط درجه حرارت در دی ماه بالای ۴/۵ درجه سانتی‌گراد

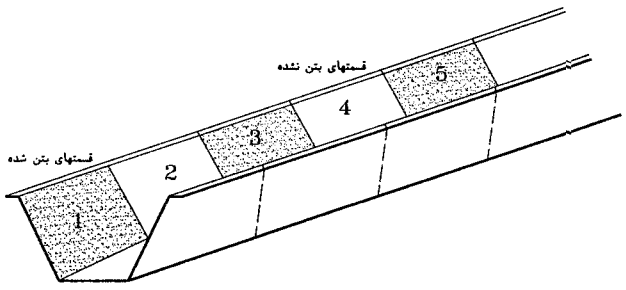
معتدل : متوسط درجه حرارت در دی ماه ۴– تا ۴/۵+ درجه سانتی‌گراد

سخت : متوسط درجه حرارت در دی ماه کمتر از ۴– درجه سانتی‌گراد

حداقل ضخامت ارائه شده در این جدول برای شرایطی است که زیرسازی به خوبی انجام شده، فشار هیدرواستاتیکی خارجی وجود نداشته باشد و همچنین زیرفشار در اثر تورم رس و ورآمدگی توسط فشار یخ ایجاد نشود.

- برای کنترل بتن در مقابل ترک خوردگی در اثر انقباض و تغییرات درجه حرارت، بایستی درز انقباض به پهنای حداقل ۶ میلی‌متر و به عمق حداقل $\frac{۱}{۳}$ برابر ضخامت بتن ایجاد شود. این درزها به فاصله حداکثر ۹ متر و به صورت عمود بر مسیر کانال و متقاطع در نظر گرفته و احداث می‌شوند.
- درزهای اجرایی نیز باید در محل‌های مناسب در نظر گرفته شده و هم سطح بتن اجرا شوند و با مواد مناسبی پر شوند.
- بتن پس از استقرار و صاف شدن سطح بایستی تا مدت ۵ روز مرطوب بماند. این عمل را می‌توان با پاشیدن آب، غرقاب کردن، اسپری کردن آب، پوشانیدن با گونی و یا پارچه خیس، ماسه، کاه و کلش انجام داد. گاهی نیز از مواد شیمیایی مخصوص (curing) برای این کار استفاده می‌شود. این مواد بایستی بلافاصله پس از ماله کشی در سطح بتن پاشیده شود (اسپری). البته بایستی کلیه عملیات لکه‌گیری قبل از اسپری نمودن ماده Curing انجام شده باشد. ضمناً ماده Curing قبل از اسپری شدن باید به خوبی به هم زده و یکنواخت شود تا در روی بتن یک لایه پیوسته ایجاد نموده و از بروز درز و شکاف و ترک و پوسته پوسته شدن جلوگیری نماید.
- در صورتیکه کانال توسط دست و به وسیله کشاورزان نیمه ماهر روکش شود بایستی به صورت زیر عمل گردد.
  - ★ ابتدا سطح کانال صاف و آماده بتن‌ریزی شود.
  - ★ حداقل دو عدد شابلن فلزی متناسب با مقطع کانال ساخته و به فاصله ۳ متر از یکدیگر در مقطع کانال قرار داده شود.
  - ★ بین دو شابلن بتن‌ریزی شده و ماله‌کشی شود. بهتر است ابتدا کف کانال بتن ریزی و سپس دیواره کانال بتن‌ریزی و ماله‌کشی گردد.
  - ★ وقتی یک قطعه ۳ متری بتن‌ریزی شد، قطعه بعدی را رها و در ۳ متری سوم شابلن‌ها نصب می‌شوند و عملیات بتن‌ریزی انجام می‌شود. به عبارت دیگر قطعات بتن‌ریزی به صورت یک در میان اجرا می‌شوند.
  - ★ بعد از گذشت فاصله زمانی مناسبی قطعات باقیمانده را بتن ریخته و ماله‌کشی نمایند.

بتن‌ریزی یک در میان در صورتی که عملیات با دست و توسط کارگر انجام شود.



۳-۳-کانالهای پیش‌ساخته

در کشور ما از سالها پیش تولید و به‌کارگیری کانالهای پیش‌ساخته متداول شده و در پروژه‌های بهبهان، دشت مغان و ... از آن استفاده شده است.

متداول‌ترین نوع کانالهای پیش‌ساخته، کانالهایی با مقاطع نیم‌دایره[1] و نیم بیضی[2] می‌باشند. از آنجا که در تولید این کانالها بایستی از قالبهای فلزی پیش‌ساخته استفاده شود، امکان تولید مقاطعی با اندازه‌های مختلف وجود ندارد و بایستی اندازه مقاطع تیپ‌بندی شوند.

۳-۳-۱- مزایای کاربرد کانال‌های پیش ساخته

استفاده از کانالهای پیش‌ساخته در شبکه کانالهای توزیع به دلایل زیر توصیه می‌شود :

- صرفه‌جویی در مقدار زمینی که برای احداث کانالهای درجا می‌بایست درنظر گرفته شود ؛
- تسریع در عملیات اجرایی ؛
- عدم نیاز به عملیات سنگین آماده‌سازی مسیر و بستر کانال ؛
- امکان ساخت و انبار نمودن قطعات کانال و اجزاء مربوطه در زمان غیرفصل معمولی کار.

۳-۳-۲- معایب کاربرد کانالهای پیش‌ساخته

- آبگیری غیرمجاز از آن[3] ؛
- نیاز به تکنولوژی و سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً پیچیده و زیاد ؛
- احتمال تخریب توسط افراد غیرمسؤل و ناآگاه ؛
- عدم به‌کارگیری ابنیه فنی پیش‌ساخته به‌صورت مناسب.

۳-۳-۳- مقاطع استاندارد کانالهای پیش‌ساخته نیمدایره

مشخصات هیدرولیکی مقاطع استاندارد تولیدی برای کانالهای با مقطع نیمدایره در شش تیپ به‌شرح زیرارائه گردیده است :

- مقطع نیمدایره به‌قطر ۶۰۰ میلیمتر (D-600)
- مقطع نیمدایره به‌قطر ۸۰۰ میلیمتر (D-800)
- مقطع نیمدایره به‌قطر ۱۰۰۰ میلیمتر (D-1000)
- مقطع نیمدایره به‌قطر ۱۲۵۰ میلیمتر (D-1250)

1- Semi Circular
2- Semi Elliptic
۳- آبگیری از کانالهای پیش ساخته توسط سیفون به اندازه ای آسان است که آبگیری غیرمجاز را تسهیل می کند. در هرحال، سهولت آبگیری می تواند به خودی خود عجیب تلقی نشور و حسن به حساب آید.

- مقطع نیمدایره به‌قطر ۱۵۰۰ میلیمتر (D-1500)
- مقطع نیمدایره به‌قطر ۱۷۰۰ میلیمتر (D-1700)

لازم بذکر است که تولید مقاطع نیم‌دایره‌ای بزرگتر نیز امکانپذیر است ولی بدلیل سنگین‌شدن قطعات و پیچیدگیهای اجرایی در مرحله ساخت، درحال حاضر بدان پرداخته نمی‌شود.

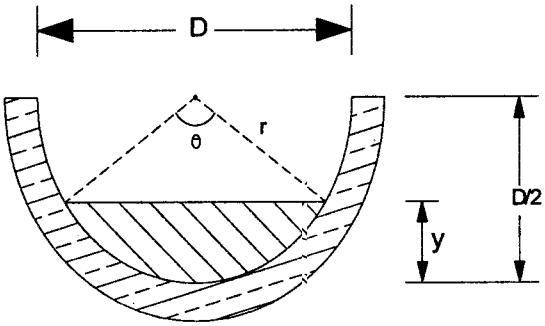
۳-۳-۴- ملاحظات هیدرولیکی در استفاده از کانالهای پیش‌ساخته با مقطع نیمدایره

باتوجه به اینکه این کانالها به‌صورت پیش‌ساخته در دسترس می‌باشند، جداول هیدرولیکی آنها نیز تنظیم و از قبل آماده گردیده و نیازی به انجام محاسبات مجدّد هیدرولیکی آنها وجود ندارد. کافیست که در ساخت آنها از مشخصات درنظرگرفته شده استفاده شده و با شرایط مزرعه تطبیق داده شود. درهرحال، به لحاظ ایجاد و امکان برآورد توسط طراح، درزیر روابط هیدرولیکی حاکم بر آن به‌صورت مختصر ارائه می‌شود :

۱- طراحی و تطبیق شرایط محیطی باید بگونه‌ای باشد که جریان در این کانالها آرام و یکنواخت باشد. بنابراین مقدار دبی با استفاده از فرمول مانینگ محاسبه می‌شود.

$$Q = A.V \qquad (۳-۸)$$

$$A = \frac{1}{2}(\frac{D}{2})^2(\theta - Sin\theta) \qquad (۳-۹)$$



که در آن :

θ = زاویه مرکزی متناسب با وضعیت جریان (برحسب رادیان)

مقدار θ از رابطه ذیل محاسبه می‌شود :

$$\theta = 2Cos^{-1}(1+\frac{2y}{D}) \qquad (۳-۱۰)$$

A = مساحت سطح مقطع جریان است و در صورت جاگذاری مقدارθ که خود از رابطه (۳-۶) بدست می آید.

$$A=\frac{D^2}{8}\{2Cos^{-1}\left(1-\frac{2y}{D}\right)-Sin\left[2Cos^{-1}\left(1-\frac{2y}{D}\right)\right]\} \qquad (۳-۱۱)$$

که در آن :

D =قطر نیم‌لوله

V = سرعت جریان در نیم لوله

y = عمق جریان

V = سرعت جریان در نیم‌لوله

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} . S^{1/2} \qquad (۱۲-۳)$$

R = شعاع هیدرولیکی که از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$R = A/P \qquad (۱۳-۳)$$

A = مساحت مقطع جریان که از رابطه شماره (۳-۱۱) بدست می‌آید

P = محیط خیس شده که از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$P = \frac{D}{2} * \theta \qquad (۱۴-۳)$$

$$P = \frac{D}{2} * Cos^{-1}\left(1 - \frac{2y}{D}\right) \qquad (۱۵-۳)$$

پارامترهای y و D قبلاً تعریف شده‌اند.

n = ضریب مانینگ که در شرایط ساخت در کارخانه معادل ۰/۰۱۳ درنظر گرفته می‌شود.

S = شیب کارگذاری کانال در مسیر موردنظر. مقدار شیب توصیه شده بین ۰/۱ و ۵/۲ در هزار (۰/۱ متر تا ۵/۲ متر در هر کیلومتر) می‌باشد. محاسبات هیدرولیکی در این دامنه شیب انجام و در جداول(۳-۶) ارائه گردیده است.

لازم بذکر است برای ایجاد امکان کنترل جریان و امنیت خط کانال بایستی :

- سرعت جریان هیچگاه از ۸۰ درصد سرعت بحرانی تجاوز نکند.

$$V_{\max} \le 0.8 V_C$$

- عمق جریان در کانال از مقدار $y_{\max} = \frac{D}{2} - \frac{D}{15}$ تجاوز نکند. در رابطه فوق $\frac{D}{15}$ در واقع فضای آزاد[1] می‌باشد.

سرعت بحرانی سرعتی است که در آن انرژی حداقل بوده و با کوچکترین خللی در شرایط جریان، وضعیت از حالت آرام و یکنواخت به حالت متلاطم و غیریکنواخت تبدیل می‌شود. مقدار سرعت بحرانی از رابطه (۳-۱۶) بدست می‌آید.

$$V_c = \sqrt{g y_c} \qquad (۱۶-۳)$$

که در آن :

V_c سرعت بحرانی است. برای تعیین سرعت بحرانی لازمست رابطه (۳-۱۶) برقرار باشد. بنابراین باید همراه با مقدار عددی y که براساس آن مقادیر A، P و R و نهایتاً V حساب می‌شود، طرف دوم رابطه یعنی $\sqrt{gy}$ هم محاسبه شود. هرگاه دو طرف رابطه باهم برابر شوند، مقدار V معادل سرعت بحرانی و مقدار y معادل عمق بحرانی یعنی y_c خواهد بود.

1- جداول ارائه شده برای عمقهای مختلف و شیب های مختلف کارگذاری نیم لوله و نیم بیضی در نشریه شماره ۵۴-ن استاندارد صنعت آب به تفصیل آمده است.

* Open Channel Hydraulics, Richard H.French

در برخی از کتب روابطی برای محاسبه y_c به‌صورت تجربی معرفی شده است که ممکن است دقت کافی را نداشته باشد. از آنجمله می توان به رابطه شماره (۳-۱۷) اشاره کرد که به‌شرح ذیل است:

$$y_c = (\frac{1/01}{D^{0/26}})\left(\alpha Q^2 / g\right)^{0.25} \qquad (۱۷-۳)$$

که در آن :

y_c = عمق بحرانی — متر

D = قطر نیم‌لوله — متر

Q = مقدار جریان در نیم‌لوله — مترمکعب بر ثانیه

g = شتاب ثقل — متر بر مجذور ثانیه

α = ضریب تصحیح انرژی سینتیک که در اینجا معادل یک فرض می‌شود

لازم به ذکر است که جواب حاصل از رابطه فوق دقت چندانی ندارد ولی به‌عنوان یک عدد تقریبی، قابل استفاده خواهد بود. ضمناً مقبولیت جواب این رابطه در محدوده $0/02 \le y_c/D \le 0/85$ می‌باشد.

در نشریه شماره ۵۴-ن استاندارد صنعت آب، جداول مربوط به پارامترهای مختلف هیدرولیکی کانال در شرایط جریان بحرانی و همچنین مقادیر دبی و سرعت برای عمق‌های مختلف در شیبهای مختلف ارائه شده است. بنابراین نیازی به انجام محاسبات تکراری به منظور طراحی نیست. بدین‌ترتیب در کانالهای با قطرهای مختلف، وقتی دبی معینی موردنظر باشد، می‌توان باتوجه به شیب مسیر کانال، عمق موردنظر و سرعت متناظر آن را برای آن دبی بدست آورد. سپس این سرعت را با سرعت بحرانی که در جدول مقادیر بحرانی مربوط به این قطر آمده است مقایسه نمود. همواره سرعت موردنظر بایستی از ۸۰ درصد سرعت بحرانی کمتر باشد.

حداقل ضریب زبری مانینگ در ساخت کانالهای نیم‌لوله به‌روش سانتریفوژ ۰/۰۱۴ درنظر گرفته می‌شود. در شرایط رسوبگذاری مواد معلق، یا وجود ابنیه فنی متعدد در مسیر کانال، این ضریب به ۰/۰۱۵ افزایش خواهد یافت. بنابراین برای استفاده از جداول تهیه شده می‌توان با تقریب قابل قبول، از جدولهائی که برای n= ۰/۰۱۴ تنظیم شده است به شرط زیر اقدام نمود:

الف – عمق آب را با اعمال ضریب ۱/۰۶ در ارقام متناظر عمق در جدول وارد نمود.

ب – سرعت بدست آمده را به ضریب ۱/۰۶ تقسیم نمود.

۳-۳-۵- مقاطع استاندارد کانالهای پیش‌ساخته نیم‌بیضی

کانالهای پیش‌ساخته با مقطع نیم‌بیضی در ده تیپ به شرح زیر معرفی می‌شوند: لازم به‌ذکر است که این کانالها ممکن است در تیپ‌های متعدد دیگری، بیش از آنچه که در اینجا معرفی شده است، تولید و مورد استفاده قرارگیرند.

مقطع نیم‌بیضی تیپ	۷۰	به‌ابعاد	۲۶/۷×۳۳/۴	سانتیمتر (A) × (B)
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۱۰۰	به‌ابعاد	۳۱/۹×۳۹/۹	سانتیمتر
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۱۳۵	به‌ابعاد	۳۷/۱×۴۶/۴	سانتیمتر
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۱۸۰	به‌ابعاد	۴۴/۴×۵۱/۶	سانتیمتر
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۲۳۰	به‌ابعاد	۵۲/۵×۵۵/۸	سانتیمتر

مقطع نیم‌بیضی تیپ	۳۱۵	به‌ابعاد	۶۷/۶×۵۹/۲	سانتیمتر
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۴۵۰	به‌ابعاد	۹۰/۸×۶۳/۱	سانتیمتر
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۶۰۰	به‌ابعاد	۱۱۷/۳×۶۵/۲	سانتیمتر
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۸۰۰	به‌ابعاد	۱۴۲/۷×۷۱/۴	سانتیمتر
مقطع نیم‌بیضی تیپ	۱۰۰۰	به‌ابعاد	۱۵۹/۶×۷۹/۸	سانتیمتر

جدول ۳-۶- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1250 (n=0.014))

S=۰/۹٪			S=۱/۰٪			S=۱/۱٪			S=۱/۲٪		
FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH
CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS
۵	۰.۲۲	۳.۶	۵	۰.۲۳	۳.۸	۵	۰.۲۴	۴	۵	۰.۲۵	۴.۲
۷	۰.۲۷	۷.۴	۷	۰.۲۹	۷.۸	۷	۰.۳	۸.۲	۷	۰.۳۲	۸.۶
۹	۰.۳۲	۱۲.۶	۹	۰.۳۴	۱۳.۳	۹	۰.۳۵	۱۴	۹	۰.۳۷	۱۴.۶
۱۱	۰.۳۶	۱۹.۳	۱۱	۰.۳۸	۲۰.۴	۱۱	۰.۴	۲۱.۴	۱۱	۰.۴۲	۲۲.۳
۱۳	۰.۴۱	۲۷.۵	۱۳	۰.۴۳	۲۸.۹	۱۳	۰.۴۵	۳۰.۴	۱۳	۰.۴۷	۳۱.۷
۱۵	۰.۴۴	۳۷	۱۵	۰.۴۷	۳۹	۱۵	۰.۴۹	۴۰.۹	۱۵	۰.۵۱	۴۲.۸
۱۷	۰.۴۸	۴۸.۱	۱۷	۰.۵۱	۵۰.۷	۱۷	۰.۵۳	۵۳.۱	۱۷	۰.۵۵	۵۵.۵
۱۹	۰.۵۱	۶۰.۵	۱۹	۰.۵۴	۶۳.۸	۱۹	۰.۵۷	۶۶.۹	۱۹	۰.۵۹	۶۹.۹
۲۱	۰.۵۵	۷۴.۳	۲۱	۰.۵۸	۷۸.۳	۲۱	۰.۶	۸۲.۲	۲۱	۰.۶۳	۸۵.۸
۲۳	۰.۵۸	۸۹.۵	۲۳	۰.۶۱	۹۴.۴	۲۳	۰.۶۴	۹۹	۲۳	۰.۶۷	۱۰۳.۴
۲۵	۰.۶۱	۱۰۶	۲۵	۰.۶۴	۱۱۸.۸	۲۵	۰.۶۷	۱۱۷.۲	۲۵	۰.۷	۱۲۲.۵
۲۷	۰.۶۴	۱۲۳.۹	۲۷	۰.۶۷	۱۳۰.۶	۲۷	۰.۷	۱۳۶.۹	۲۷	۰.۷۳	۱۴۳
۲۹	۰.۶۶	۱۴۳	۲۹	۰.۷	۱۵۰.۷	۲۹	۰.۷۳	۱۵۸	۲۹	۰.۷۶	۱۶۵.۱
۳۱	۰.۶۹	۱۶۳.۳	۳۱	۰.۷۳	۱۷۲.۱	۳۱	۰.۷۶	۱۸۰.۵	۳۱	۰.۷۹	۱۸۸.۶
۳۳	۰.۷۱	۱۸۴.۷	۳۳	۰.۷۵	۱۹۴.۷	۳۳	۰.۷۹	۲۰۴.۲	۳۳	۰.۸۲	۲۱۳.۳
۳۵	۰.۷۴	۲۰۷.۴	۳۵	۰.۷۸	۲۱۸.۶	۳۵	۰.۸۱	۲۲۹.۲	۳۵	۰.۸۵	۲۳۰.۴
۳۷	۰.۷۶	۲۳۱.۱	۳۷	۰.۸	۲۴۳.۶	۳۷	۰.۸۴	۲۵۵.۴	۳۷	۰.۸۸	۲۶۶.۸
۳۹	۰.۷۸	۲۵۵.۸	۳۹	۰.۸۲	۲۶۹.۶	۳۹	۰.۸۷	۲۸۲.۸	۳۹	۰.۹	۲۹۵.۴
۴۱	۰.۸	۲۸۱.۵	۴۱	۰.۸۵	۲۹۶.۸	۴۱	۰.۸۹	۳۱۱.۲	۴۱	۰.۹۳	۳۲۵.۱
۴۳	۰.۸۲	۳۰۸.۲	۴۳	۰.۸۷	۳۲۴.۹	۴۳	۰.۹۱	۳۴۰.۷	۴۳	۰.۹۵	۳۵۵.۹
۴۵	۰.۸۴	۳۳۵.۷	۴۵	۰.۸۹	۳۵۳.۹	۴۵	۰.۹۳	۳۷۱.۲	۴۵	۰.۹۷	۳۸۷.۷
۴۷	۰.۸۶	۳۶۴.۱	۴۷	۰.۹۱	۳۸۳.۸	۴۷	۰.۹۵	۴۰۲.۵	۴۷	۱	۴۲۰.۴
۴۹	۰.۸۸	۳۹۳.۲	۴۹	۰.۹۳	۴۱۴.۵	۴۹	۰.۹۷	۴۳۴.۷	۴۹	۱.۰۲	۴۵۴.۱
۵۱	۰.۹	۴۲۳.۱	۵۱	۰.۹۵	۴۴۶	۵۱	۰.۹۹	۴۶۷.۸	۵۱	۱.۰۴	۴۸۸.۶
۵۳	۰.۹۲	۴۵۳.۶	۵۳	۰.۹۷	۴۷۸.۱	۵۳	۱.۰۱	۵۰۱.۵	۵۳	۱.۰۶	۵۲۳.۸
۵۵	۰.۹۳	۴۸۱.۷	۵۵	۰.۹۸	۵۱۰.۹	۵۵	۱.۰۳	۵۳۵.۹	۵۵	۱.۰۸	۵۵۹.۷
۵۷	۰.۹۵	۵۱۶.۳	۵۷	۱	۵۴۴.۳	۵۷	۱.۰۵	۵۷۰.۸	۵۷	۱.۰۹	۵۹۶.۲
۵۹	۰.۹۶	۵۴۸.۴	۵۹	۱.۰۱	۵۷۸.۱	۵۹	۱.۰۶	۶۰۶.۳	۵۹	۱.۱۱	۶۳۳.۳
۶۱	۰.۹۸	۵۸۰.۹	۶۱	۱.۰۳	۶۱۲.۳	۶۱	۱.۰۸	۶۴۲.۲	۶۱	۱.۱۳	۶۷۰.۸
۶۲	۰.۹۸	۵۹۷.۳	۶۲	۱.۰۴	۶۲۹.۶	۶۲	۱.۰۹	۶۶۰.۳	۶۲	۱.۱۴	۶۸۹.۷

جدول ۳-۷- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1000 (n=0.014))

S=۰/۹٪			S=۱/۰٪			S=۱/۱٪			S=۱/۲٪		
FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH
CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS
۵	۰.۲۲	۳.۲	۵	۰.۲۳	۳.۴	۵	۰.۲۴	۳.۵	۵	۰.۲۵	۳.۷
۷	۰.۲۷	۶.۶	۷	۰.۲۹	۶.۹	۷	۰.۳	۷.۳	۷	۰.۳۱	۷.۶
۹	۰.۳۲	۱۱.۲	۹	۰.۳۴	۱۱.۸	۹	۰.۳۵	۱۲.۳	۹	۰.۳۷	۱۲.۹
۱۱	۰.۳۶	۱۷	۱۱	۰.۳۸	۱۸	۱۱	۰.۴	۱۸.۸	۱۱	۰.۴۲	۱۹.۷
۱۳	۰.۴	۲۴.۱	۱۳	۰.۴۲	۲۵.۴	۱۳	۰.۴۴	۲۶.۷	۱۳	۰.۴۶	۲۷.۹
۱۵	۰.۴۴	۳۲.۵	۱۵	۰.۴۶	۳۴.۲	۱۵	۰.۴۹	۳۵.۹	۱۵	۰.۵۱	۳۷.۵
۱۷	۰.۴۷	۴۲	۱۷	۰.۵	۴۴.۳	۱۷	۰.۵۲	۴۶.۴	۱۷	۰.۵۵	۴۸.۵
۱۹	۰.۵۱	۵۲.۷	۱۹	۰.۵۳	۵۵.۶	۱۹	۰.۵۶	۵۸.۳	۱۹	۰.۵۹	۶۰.۹
۲۱	۰.۵۴	۶۴.۶	۲۱	۰.۵۷	۶۸	۲۱	۰.۶	۷۱.۴	۲۱	۰.۶۲	۷۴.۵
۲۳	۰.۵۷	۷۷.۵	۲۳	۰.۶	۸۱.۷	۲۳	۰.۶۳	۸۵.۷	۲۳	۰.۶۶	۸۹.۵
۲۵	۰.۶	۹۱.۵	۲۵	۰.۶۳	۹۶.۴	۲۵	۰.۶۶	۱۰۱.۱	۲۵	۰.۶۹	۱۰۵.۶
۲۷	۰.۶۲	۱۰۶.۵	۲۷	۰.۶۶	۱۱۲.۳	۲۷	۰.۶۹	۱۱۷.۷	۲۷	۰.۷۲	۱۲۳
۲۹	۰.۶۵	۱۲۲.۵	۲۹	۰.۶۸	۱۲۹.۱	۲۹	۰.۷۲	۱۳۵.۴	۲۹	۰.۷۵	۱۴۱.۴
۳۱	۰.۶۷	۱۳۹.۳	۳۱	۰.۷۱	۱۴۶.۹	۳۱	۰.۷۴	۱۵۱.۱	۳۱	۰.۷۸	۱۶۰.۹
۳۳	۰.۶۹	۱۵۷.۱	۳۳	۰.۷۳	۱۶۵.۶	۳۳	۰.۷۷	۱۷۳.۷	۳۳	۰.۸	۱۸۱.۴
۳۵	۰.۷۲	۱۷۵.۶	۳۵	۰.۷۶	۱۸۵.۱	۳۵	۰.۷۹	۱۹۴.۲	۳۵	۰.۸۳	۲۰۲.۶
۳۷	۰.۷۴	۱۹۴.۶	۳۷	۰.۷۸	۲۰۵.۴	۳۷	۰.۸۲	۲۱۵.۵	۳۷	۰.۸۵	۲۲۵
۳۹	۰.۷۶	۲۱۴.۹	۳۹	۰.۸	۲۲۶.۵	۳۹	۰.۸۴	۲۳۷.۵	۳۹	۰.۸۷	۲۴۸.۱
۴۱	۰.۷۸	۲۳۵.۴	۴۱	۰.۸۲	۲۴۸.۲	۴۱	۰.۸۶	۲۶۰.۳	۴۱	۰.۹	۲۷۱.۹
۴۳	۰.۷۹	۲۵۶.۶	۴۳	۰.۸۴	۲۷۰.۵	۴۳	۰.۸۸	۲۸۳.۷	۴۳	۰.۹۲	۲۹۶.۳
۴۵	۰.۸۱	۲۷۸.۲	۴۵	۰.۸۶	۲۹۳.۲	۴۵	۰.۹	۳۰۷.۶	۴۵	۰.۹۴	۳۲۱.۲
۴۷	۰.۸۳	۳۰۰.۲	۴۷	۰.۸۷	۳۱۶.۵	۴۷	۰.۹۲	۳۳۱.۹	۴۷	۰.۹۶	۳۴۶.۷
۴۹	۰.۸۴	۳۲۲.۶	۴۹	۰.۸۹	۳۴۰.۱	۴۹	۰.۹۳	۳۵۹.۷	۴۹	۰.۹۷	۳۷۲.۶
۵۰	۰.۸۵	۳۳.۹	۵۰	۰.۹	۳۵۲	۵۰	۰.۹۴	۳۶۹.۲	۵۰	۰.۹۸	۳۸۵.۶

دنباله جدول ۳-۷- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1000 (n=0.014))

S=۰/۹٪			S=۱/۰٪			S=۱/۱٪			S=۱/۲٪		
FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH	FLOW DEPTH	VELOC	DISCH
CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS	CM	M/S	LPS
۵	۰.۲۶	۳.۹	۵	۰.۲۷	۴	۵	۰.۲۸	۴.۱	۵	۰.۲۹	۴.۳
۷	۰.۳۳	۷.۹	۷	۰.۳۴	۸.۲	۷	۰.۳۵	۸.۴	۷	۰.۳۶	۸.۸
۹	۰.۳۸	۱۳.۴	۹	۰.۴	۱۳.۹	۹	۰.۴۱	۱۴.۴	۹	۰.۴۳	۱۴.۹
۱۱	۰.۴۴	۲۰.۵	۱۱	۰.۴۵	۲۱.۲	۱۱	۰.۴۷	۲۲	۱۱	۰.۴۸	۲۲.۷
۱۳	۰.۴۸	۲۹	۱۳	۰.۵	۳۰.۱	۱۳	۰.۵۲	۳۱.۲	۱۳	۰.۵۴	۳۲.۲
۱۵	۰.۵۳	۳۹	۱۵	۰.۵۵	۱۰.۵	۱۵	۰.۵۷	۴۱.۹	۱۵	۰.۵۹	۴۳.۳
۱۷	۰.۵۷	۵۰.۵	۱۷	۰.۵۹	۵۲.۴	۱۷	۰.۶۱	۵۴.۲	۱۷	۰.۶۳	۵۶
۱۹	:.۶۱	۶۴.۴	۱۹	:.۶۴	۶۵.۶	۱۹	۰.۶۵	۶۸	۱۹	۰.۶۸	۷۰.۳
۲۱	۰.۶۵	۷۷.۶	۲۱	۰.۶۷	۸۰.۵	۲۱	۰.۷	۸۳.۳	۲۱	۰.۷۲	۸۶.۱
۲۳	۰.۶۸	۹۳.۱	۲۳	۰.۷۱	۹۶.۶	۲۳	۰.۷۳	۱۰۰	۲۳	۰.۷۶	۱۰۳.۳
۲۵	۰.۷۲	۱۱۰	۲۵	۰.۷۴	۱۱۴.۱	۲۵	۰.۷۷	۱۱۸.۱	۲۵	۰.۷۹	۱۲۲
۲۷	۰.۷۵	۱۲۸	۲۷	۰.۷۸	۱۳۲.۸	۲۷	۰.۸	۱۳۷.۵	۲۷	۰.۸۳	۱۴۲
۲۹	۰.۷۸	۱۴۷.۲	۲۹	۰.۸۱	۱۵۲.۷	۲۹	۰.۸۴	۱۵۸.۱	۲۹	۰.۸۶	۱۶۳.۳
۳۱	۰.۸۱	۱۶۷.۵	۳۱	۰.۸۴	۱۷۳.۸	۳۱	۰.۸۷	۱۷۹.۹	۳۱	۰.۹	۱۸۵.۸
۳۳	۰.۸۴	۱۸۸.۸	۳۳	۰.۸۷	۱۹۵.۹	۳۳	۰.۹	۲۰۲.۸	۳۳	۰.۹۳	۲۰۹.۴
۳۵	۰.۸۶	۲۱۱.۱	۳۵	۰.۸۹	۲۱۹	۳۵	۰.۹۳	۲۲۶.۷	۳۵	۰.۹۶	۲۳۴.۲
۳۷	۰.۸۹	۲۳۴.۲	۳۷	۰.۹۲	۲۴۳.۱	۳۷	۰.۹۵	۲۵۱.۶	۳۷	۰.۹۸	۲۵۹.۹
۳۹	۰.۹۱	۲۵۸.۲	۳۹	۰.۹۴	۲۶۸	۳۹	۰.۹۸	۲۷۷.۱	۳۹	۱.۰۱	۲۸۶.۵
۴۱	۰.۹۳	۲۸۳	۴۱	۰.۹۷	۲۹۳.۶	۴۱	۱	۳۰۳.۹	۴۱	۱.۰۴	۳۱۳.۹
۴۳	۰.۹۵	۳۰۸.۴	۴۳	۰.۹۹	۳۲۰	۴۳	۱.۰۳	۳۳۱.۲	۴۳	۱.۰۶	۳۱۲.۱
۴۵	۰.۹۸	۳۳۴.۴	۴۵	۱.۰۱	۳۴۷	۴۵	۱.۰۵	۳۵۹.۲	۴۵	۱.۰۸	۳۷۰.۹
۴۷	۰.۹۹	۳۶۰.۹	۴۷	۱.۰۳	۳۷۴.۵	۴۷	۱.۰۷	۳۸۷.۶	۴۷	۱.۱	۴۰۰.۳
۴۹	۱.۰۱	۳۸۷.۸	۴۹	۱.۰۵	۴۰۲.۴	۴۹	۱.۰۹	۴۱۶.۵	۴۹	۱.۱۲	۴۳۰.۲
۵۰	۱.۰۲	۴۰۱.۴	۵۰	۱.۰۶	۴۱۶.۵	۵۰	۱.۱	۴۳۱.۱	۵۰	۱.۱۳	۱۴۵.۳

جدول ۳-۸- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ D1000 همراه با پارامترهای جریان بحرانی

CRIT DEPTH CM	AREA M۲	PERIM M	TOP W. M	HYD. R M	VELCO. M/SEC	DISCH LPS
۵	۰.۰۱۵	۰.۴۵	۰.۴۴	۰.۰۳	۰.۵۷	۸.۴
۷	۰.۰۲۴	۰.۵۴	۰.۵۱	۰.۰۵	۰.۶۸	۱۶.۵
۹	۰.۰۳۵	۰.۶۱	۰.۵۷	۰.۰۶	۰.۷۷۰	۲۷.۱
۱۱	۰.۰۴۷	۰.۶۸	۰.۶۳	۰.۰۷	۰.۸۶	۴۰.۴
۱۳	۰.۰۶	۰.۷۴	۰.۶۷	۰.۰۸	۰.۹۴	۵۶.۱
۱۵	۰.۰۷۴	۰.۸	۰.۷۱	۰.۰۹	.۱.۰۱	۷۴.۴
۱۷	۰.۰۸۹	۰.۸۵	۰.۷۵	۰.۱	۱.۰۸	۹۵.۲
۱۹	۰.۱۰۴	۰.۹	۰.۷۸	۰.۱۱	۱.۱۴	۱۱۸.۴
۲۱	۰.۱۲	۰.۹۵	۰.۸۱	۰.۱۲	۱.۲	۱۴۴.۱
۲۳	۰.۱۳۶	۱	۰.۸۴	۰.۱۳	۱.۲۶	۱۷۲.۱
۲۵	۰.۱۵۴	۱.۰۵	۰.۸۷	۰.۱۴	۱.۳۲	۲۰۲.۵
۲۷	۰.۱۷۱	۱.۰۹	۰.۸۹	۰.۱۵	۱.۳۷	۲۳۵.۲
۲۹	۰.۱۸۹	۱.۱۴	۰.۹۱	۰.۱۶	۱.۴۳	۲۷۰.۲
۳۱	۰.۲۰۷	۱.۱۸	۰.۹۲	۰.۱۷	۱.۴۸	۳۰۷.۵
۳۳	۰.۲۲۶	۱.۲۲	۰.۹۴	۰.۱۸	۱.۵۴	۳۴۷.۱
۳۵	۰.۲۴۵	۱.۲۷	۰.۹۵	۰.۱۹	۱.۵۹	۳۸۸.۸
۳۷	۰.۲۶۴	۱.۳۱	۰.۹۷	۰.۲	۱.۶۴	۴۳۲.۸
۳۹	۰.۲۸۴	۱.۳۵	۰.۹۸	۰.۲۱	۱.۶۹	۴۷۸.۹
۴۱	۰.۳۰۳	۱.۳۹	۰.۹۸	۰.۲۲	۱.۷۴	۵۲۷.۲
۴۳	۰.۳۲۳	۱.۴۳	۰.۹۹	۰.۲۳	۱.۷۹	۵۷۷.۶
۴۵	۰.۳۴۳	۱.۴۷	۰.۹۹	۰.۲۳	۱.۸۴	۶۳۰.۲
۴۷	۰.۳۶۳	۱.۵۱	۱	۰.۲۴	۱.۸۹	۶۸۴.۸

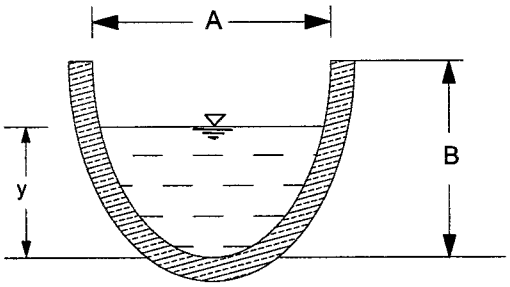
جدول ۳-۹- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ ۴۵۰ (عرض بالا ۹۰/۸، عمق کامل ۶۳/۱) (n=0.013))

FLOW DEPTH CM	VBLOC M/S	DISCH LPS	FLOW DEPTH CM	VBLOC M/S	DISCH LPS	FLOW DEPTH CM	VBLOC M/S	DISCH LPS	FLOW DEPTH CM	VBLOC M/S	DISCH LPS
۵.۰	.۲۳	۲.۸	۵.۰	.۲۴	۲.۹	۵.۰	.۲۶	۳.۱	۵.۰	.۲۷	۳.۲
۷.۰	.۲۹	۵.۶	۷.۰	.۳۰	۵.۹	۷.۰	.۳۲	۶.۲	۷.۰	.۳۳	۶.۵
۹.۰	.۳۴	۹.۶	۹.۰	.۳۵	۱۰.۱	۹.۰	.۳۷	۱۰.۶	۹.۰	.۳۹	۱۱.۱
۱۱.۰	.۳۸	۱۴.۶	۱۱.۰	.۴۰	۱۵.۳	۱۱.۰	.۴۲	۱۶.۱	۱۱.۰	.۴۴	۱۶.۸
۱۳.۰	.۴۲	۲۰.۶	۱۳.۰	.۴۴	۲۱.۷	۱۳.۰	.۴۶	۲۲.۸	۱۳.۰	.۴۹	۲۳.۸
۱۵.۰	.۴۶	۲۷.۶	۱۵.۰	.۴۸	۲۹.۱	۱۵.۰	.۵۱	۳۰.۵	۱۵.۰	.۵۳	۳۱.۹
۱۷.۰	.۴۹	۳۵.۷	۱۷.۰	.۵۲	۳۷.۶	۱۷.۰	.۵۴	۳۹.۴	۱۷.۰	.۵۷	۴۱.۲
۱۹.۰	.۵۳	۴۴.۷	۱۹.۰	.۵۵	۴۷.۱	۱۹.۰	.۵۸	۴۹.۴	۱۹.۰	.۶۱	۵۱.۶
۲۱.۰	.۵۶	۵۴.۷	۲۱.۰	.۵۹	۵۷.۷	۲۱.۰	.۶۱	۶۰.۵	۲۱.۰	.۶۴	۶۳.۲
۲۳.۰	.۵۸	۶۵.۶	۲۳.۰	.۶۲	۶۹.۱	۲۳.۰	.۶۵	۷۲.۵	۲۳.۰	.۶۸	۷۵.۷
۲۵.۰	.۶۱	۷۷.۴	۲۵.۰	.۶۵	۸۱.۶	۲۵.۰	.۶۸	۸۵.۶	۲۵.۰	.۷۱	۸۹.۴
۲۷.۰	.۶۴	۹۰.۰	۲۷.۰	.۶۸	۹۴.۹	۲۷.۰	.۷۱	۹۹.۶	۲۷.۰	.۷۴	۱۰۴.۰
۲۹.۰	.۶۶	۱۰۳.۵	۲۹.۰	.۷۰	۱۰۹.۱	۲۹.۰	.۷۳	۱۱۴.۵	۲۹.۰	.۷۷	۱۱۹.۵
۳۱.۰	.۶۹	۱۱۷.۸	۳۱.۰	.۷۲	۱۲۴.۲	۳۱.۰	.۷۶	۱۳۰.۲	۳۱.۰	.۷۹	۱۳۶.۰
۳۳.۰	.۷۱	۱۳۲.۸	۳۳.۰	.۷۵	۱۴۰.۰	۳۳.۰	.۷۸	۱۴۶.۹	۳۳.۰	.۸۲	۱۵۳.۴
۳۵.۰	.۷۳	۱۴۸.۶	۳۵.۰	.۷۷	۱۵۶.۶	۳۵.۰	.۸۱	۱۶۴.۳	۳۵.۰	.۸۴	۱۷۱.۶
۳۷.۰	.۷۵	۱۶۵.۰	۳۷.۰	.۷۹	۱۷۴.۰	۳۷.۰	.۸۳	۱۸۲.۵	۳۷.۰	.۸۷	۱۹۰.۶
۳۹.۰	.۷۷	۱۸۲.۱	۳۹.۰	.۸۱	۱۹۲.۰	۳۹.۰	.۸۵	۲۰۱.۴	۳۹.۰	.۸۹	۲۱۰.۳
۴۱.۰	.۷۹	۱۹۹.۸	۴۱.۰	.۸۳	۲۱۰.۷	۴۱.۰	.۸۷	۲۲۰.۹	۴۱.۰	.۹۱	۲۳۰.۸
۴۳.۰	.۸۱	۲۱۸.۱	۴۳.۰	.۸۵	۲۲۹.۹	۴۳.۰	.۸۹	۲۴۱.۲	۴۳.۰	.۹۳	۲۵۱.۹
۴۵.۰	.۸۲	۲۳۷.۰	۴۵.۰	.۸۷	۲۴۹.۸	۴۵.۰	.۹۱	۲۶۲.۰	۴۵.۰	.۹۵	۲۷۳.۶
۴۷.۰	.۸۴	۲۵۶.۳	۴۷.۰	.۸۸	۲۷۰.۲	۴۷.۰	.۹۳	۲۸۳.۳	۴۷.۰	.۹۷	۲۹۵.۹
۴۹.۰	۰.۸۵	۲۷۶.۱	۴۹.۰	.۹۰	۲۹۱.۰	۴۹.۰	.۹۴	۳۰۵.۲	۴۹.۰	.۹۹	۳۱۸.۸
۵۱.۰	.۸۷	۲۹۶.۳	۵۱.۰	.۹۲	۳۱۲.۳	۵۱.۰	.۹۶	۳۲۷.۶	۵۱.۰	۱.۰۰	۳۴۲.۱
۵۳.۰	.۸۸	۳۱۶.۹	۵۳.۰	.۹۳	۳۳۴.۱	۵۳.۰	.۹۸	۳۵۰.۴	۵۳.۰	۱.۰۲	۳۶۵.۹
۵۵.۰	.۹۰	۳۳۷.۹	۵۵.۰	.۹۵	۳۵۶.۱	۵۵.۰	.۹۹	۳۷۳.۵	۵۵.۰	۱.۰۴	۳۹۰.۱
۵۷.۰	.۹۱	۳۵۹.۱	۵۷.۰	.۹۶	۳۷۸.۶	۵۷.۰	۱.۰۱	۳۹۷.۰	۵۷.۰	۱.۰۵	۴۱۴.۷
۵۹.۰	.۹۲	۳۸۰.۷	۵۹.۰	.۹۷	۴۰۱.۲	۵۹.۰	۱.۰۲	۴۲۰.۸	۵۹.۰	۱.۰۶	۴۳۹.۵
۶۱.۰	.۹۳	۴۰۲.۴	۶۱.۰	.۹۸	۴۲۴.۲	۶۱.۰	۱.۰۳	۴۴۴.۹	۶۱.۰	۱.۰۸	۴۶۴.۷
۶۳.۰	.۹۴	۴۲۴.۳	۶۳.۰	۱.۰۰	۴۴۷.۳	۶۳.۰	۱.۰۴	۴۶۹.۱	۶۳.۰	۱.۰۹	۴۹۰.۰
۶۳.۱	.۹۴	۴۲۵.۱	۶۳.۱	۱.۰۰	۴۴۸.۱	۶۳.۱	۱.۰۴	۴۷۰.۰	۶۳.۱	۱.۰۹	۴۹۰.۹

جدول ۳-۱۰- کانال پیش ساخته نیم دایره (اطلاعات طراحی هیدرولیکی تیپ ۴۵۰ (عرض بالا ۹۰/۸، عمق کامل ۶۳/۱) همراه با پارامترهای جریان بحرانی

CRIT DEPTH	AREA	PERIM	TOP W.	HYD. R	VELCO.	DISCH
CM	M۲	M	M	M	M/SEC	LPS
۵	۰.۰۱۲	۰.۳۷	۰.۳۵	۰.۰۳	۰.۵۷	۶.۸
۷	۰.۰۲	۰.۴۵	۰.۴۲	۰.۰۴	۰.۶۸	۱۳.۴
۹	۰.۰۲۸	۰.۵۱	۰.۴۷	۰.۰۶	۰.۷۷	۲۲
۱۱	۰.۰۳۸	۰.۵۷	۰.۵۱	۰.۰۷	۰.۸۶	۳۲.۸
۱۳	۰.۰۴۹	۰.۶۳	۰.۵۵	۰.۰۸	۰.۹۳	۴۵.۶
۱۵	۰.۰۶	۰.۶۸	۰.۵۹	۰.۰۹	۱	۶۰.۶
۱۷	۰.۰۷۲	۰.۷۳	۰.۶۲	۰.۱	۱.۰۷	۷۷.۵
۱۹	۰.۰۸۵	۰.۷۸	۰.۶۵	۰.۱۱	۱.۱۳	۹۶.۵
۲۱	۰.۰۹۸	۰.۸۳	۰.۶۸	۰.۱۲	۱.۱۹	۱۱۷.۶
۲۳	۰.۱۱۲	۰.۸۸	۰.۷	۰.۱۳	۱.۲۵	۱۴۰.۵
۲۵	۰.۱۲۶	۰.۹۳	۰.۷۲	۰.۱۴	۱.۳۱	۱۶۵.۵
۲۷	۰.۱۴۱	۰.۹۷	۰.۷۵	۰.۱۵	۱.۳۶	۱۹۲.۴
۲۹	۰.۱۵۶	۱.۰۲	۰.۷۶	۰.۱۵	۱.۴۲	۲۲۱.۳
۳۱	۰.۱۷۲	۱.۰۶	۰.۷۸	۰.۱۶	۱.۴۷	۲۵۲
۳۳	۰.۱۸۸	۱.۱	۰.۸	۰.۱۷	۱.۵۲	۲۸۴.۶
۳۵	۰.۲۰۴	۱.۱۵	۰.۸۱	۰.۱۸	۱.۵۷	۳۱۹.۱
۳۷	۰.۲۲	۱.۱۹	۰.۸۳	۰.۱۹	۱.۶۲	۳۵۵.۵
۳۹	۰.۲۳۷	۱.۲۳	۰.۸۴	۰.۱۹	۱.۶۶	۳۹۳.۷
۴۱	۰.۲۵۴	۱.۲۷	۰.۸۵	۰.۲	۱.۷۱	۴۳۳.۷
۴۳	۰.۲۷۱	۱.۳۱	۰.۸۶	۰.۲۱	۱.۷۶	۴۷۵.۵
۴۵	۰.۲۸۸	۱.۳۵	۰.۸۷	۰.۲۱	۱.۸	۵۱۹.۱
۴۷	۰.۳۰۶	۱.۳۹	۰.۸۸	۰.۲۲	۱.۸۵	۵۶۴.۴
۴۹	۰.۳۲۳	۱.۴۳	۰.۸۹	۰.۲۳	۱.۸۹	۶۱۱.۵
۵۱	۰.۳۴۱	۱.۴۸	۰.۸۹	۰.۲۳	۱.۹۴	۶۶۰.۴
۵۳	۰.۳۵۹	۱.۵۲	۰.۹	۰.۲۴	۱.۹۸	۷۱۱
۵۵	۰.۳۷۷	۱.۵۶	۰.۹	۰.۲۴	۲.۰۳	۷۶۳.۳
۵۷	۰.۳۹۵	۱.۶	۰.۹	۰.۲۵	۲.۰۷	۸۱۷.۳
۵۹	۰.۴۱۳	۱.۶۴	۰.۹۱	۰.۲۵	۲.۱۱	۸۷۳
۶۱	۰.۴۳۱	۱.۶۸	۰.۹۱	۰.۲۶	۲.۱۶	۹۳۰.۵

با توجه به شکل مقابل و اعداد ذکر شده در مقابل هر تیپ، A نشان دهنده عرض فوقانی و B نشان دهنده عمق کلی مقطع نیم‌بیضی و y عمق آب در کانال است.



۳-۳-۶- ملاحظات هیدرولیکی در کانالهای پیش‌ساخته با مقطع نیم‌بیضی

انجام محاسبات در کانالهای با مقطع نیم‌بیضی، به‌دلیل متغیر بودن پارامترهای هندسی مقطع، نیاز به انتگرال گیری دارد. بنابراین با استفاده از جداول نتایج محاسبات کامپیوتری که در نشریه شماره ۵۴ – ن استاندارد صنعت آب ارائه شده است، می‌توان مشخصات کانال موردنظر، میزان دبی عبوری و سایر پارامترهای هیدرولیکی را متناسب با شرایط زمین و مسیر عبور کانال بدست آورد.

نکاتی را که در انتخاب کانال بایستی مدنظر قرار داد عبارتند از :

۱- عمق حداکثر آب در کانال $y_{\max} \le B - \frac{B}{10}$ باشد. $\frac{B}{10}$ در واقع، فضای آزاد پیش بینی شده است.

۲- حداکثر سرعت جریان بایستی کمتر از ۸۰ درصد سرعت جریان بحرانی باشد. به عبارت دیگر:

$$V_{\max} \le 0.8 V_c$$

که در آن :

$V_{\max}$ = سرعت حداکثر طراحی متر بر ثانیه؛

V_c = سرعت بحرانی متر بر ثانیه.

۳- شیب طولی کف کانال از ۰/۱ تا ۵/۲ در هزار (۰/۱ تا ۵/۲ متر در هرکیلومتر) باشد.

۴- ضریب زبری مانینگ در شرایط ساخت این کانال‌ها معادل ۰/۰۱۳ درنظر گرفته شده است. بنابراین اگر در آب مواد معلق و رسوب وجود داشته باشد، و یا اینکه در مسیر کانال ابنیه فنی زیادی قرار گرفته باشد، می‌توان از جداول موجود که برای n =۰/۰۱۳ تدوین شده‌اند استفاده نمود ولی بایستی :

- مقادیر عمق آب موردنظر را در ضریب ۱/۰۶ ضرب و متناظر با عمق موجود در جدول درنظر گرفت.
- مقادیر سرعت بدست آمده از جداول را به‌ضریب ۱/۰۶ تقسیم نمود.

۵- در تعیین سرعت و سایر پارامترهای جریان بحرانی در کانالهای با مقطع نیم‌بیضی نیز جداولی در نشریه ۵۴-ن وجود دارد که در استفاده از این نوع کانالها برای شرایط مزرعه امکان کنترلهای لازم را فراهم می‌آورد.

۶- برای روشن شدن موضوع و نحوه استفاده از جداول، دو مثال ارائه می شود :

۱ – مثال برای کانالهای با مقطع نیمدایره

درنظر است برای یک مزرعه، کانالی با مقطع نیمدایره انتخاب شود. اطلاعات موجود به‌شرح زیر است :

- – دبی ۳۵۰ لیتر در ثانیه
- – شیب مسیر کانال ۱/۲در هزار

مقطع کانال مناسب کدام است ؟

با مراجعه به جداول هیدرولیکی و باتوجه به مقدار دبی و شیب مسیر کانال، در ابتدای امر مقطع ۱۲۵۰ مناسب به‌نظر می‌رسد ولی بایستی به ۲ نکته توجه شود :

۱- عمق از حداکثر مجاز تجاوز نکند یعنی :

$$y_{max} = \frac{۱۲۵۰}{۲} - \frac{۱۲۵۰}{۱۵} = ۶۲۵ - ۸۳ = ۵۴۲$$ میلیمتر سانتیمتر

در جدول در مقابل عمق‌های ۵۳ و ۵۵ سانتیمتر به‌ترتیب دبی‌های ۵۲۳/۸ و ۵۵۹/۷ لیتر در ثانیه درج شده است که به‌نظر بسیار بیشتر از نیاز است، بنابراین به جدول مربوط به مقطع ۱۰۰۰ مراجعه می‌کنیم. عمق مجاز برابر است با ۴۳/۳ سانتیمتر. این رقم در جدول وجود ندارد ولی درمقابل دبی ۳۴۶/۷ لیتر در ثانیه عمق ۳۳\۲ سانتیمتر ذکر شده است که قابل قبول است.

۲- برای کنترل سرعت به جدول پارامترهای بحرانی مقطع ۱۰۰۰ مراجعه می‌کنیم. در مقابل دبی ۳۵۰ لیتر در ثانیه، سرعت بحرانی ۱/۵۴ متر در ثانیه درج شده است، درحالیکه سرعت متناظر ۳۵۰ لیتر در ثانیه در شرایط طراحی حدود ۰/۹۶ متر در ثانیه است.

بنابراین :

$$V_{max} = \frac{۰/۹۶}{۱/۵۴} = ۰/۶۲ \langle ۰/۸$$

پس مقطع انتخابی D-1000 مناسب است.

۲- مثال برای کانالهای بامقطع نیم‌بیضی

می خواهیم برای شرایط مثال ۱ کانال با مقطع نیم‌بیضی انتخاب کنیم.

- دبی ۳۵۰ لیتر در ثانیه
- شیب مسیر کانال ۱/۲ در هزار

مقطع مناسب کدام است ؟

با نگاهی به جداول مقاطع نیم‌بیضی، در نگاه اول مقطع تیپ ۴۵۰ مناسب به‌نظر می‌رسد.

کنترل‌های لازم :

الف – عمق :

$$y_{max} = B - \frac{B}{10}$$

$$y_{\max} = 63/1 - \frac{63/1}{10} = 56/79cm$$

در جدول، عمق متناظر با دبی ۳۵۰ لیتر در ثانیه برابر ۵۲/۱ سانتیمتر است که از مقدار مجاز کمتر است و قابل قبول است.

ب – سرعت :

سرعت متناظر با دبی ۳۵۰ لیتر در ثانیه در این مقطع، حدود ۱ متر در ثانیه می‌باشد. از طرف دیگر، سرعت در جدول مربوط به مقطع بحرانی برای این تیپ ۱/۶ متر در ثانیه است. بنابراین :

$$V_{\max} = \frac{1}{1/6} = 0/62 \langle 0/8$$

سرعت در شرایط موردنظر کمتر از ۸۰ درصد سرعت بحرانی است و قابل قبول است.

۳-۳-۷ - اجزاء و متعلقات مربوط به کانالهای پیش‌ساخته

- **بدنه کانال:** کانالها معمولاً با طول ۵ متر یا ۷ متر ساخته می‌شوند و برای افزایش استحکام و مقاومت آنها در مقابل ضربه و تنش های مختلف، به‌صورت مسلح اجرا می‌شوند.
- **زین نگهدارنده کانال:** زین قسمتی از کانال است که بدنه کانال بر روی آن قرار می گیرد. زین متناسب با ابعاد کانال و با بتن مسلح ساخته می‌شود. در زیر این قطعات، دو محفظه برای قرار گرفتن میله رابط بین پایه و زین درنظر گرفته شده است. ابعاد این سوراخها متناسب با اندازه زین و کانال مربوطه می‌باشد. (قطر سوراخ ۱۸ میلیمتر و طول آن باتوجه به تیپ کانال متغیر است)
- **پایه‌ها:** باتوجه به توپوگرافی زمین، ممکنست نیاز به پایه‌هائی با ارتفاع مختلف باشد. از آنجا که تولید آنها با هر ارتفاعی امکان پذیر نیست، پایه‌ها را با ارتفاع ۲۵ سانتیمتر و بیشتر تا ارتفاع ۲ متر تولید می‌کنند. گامهای تغییر ارتفاع ۲۵ سانتیمتر است. به‌عبارت دیگر، ارتفاع پایه ها ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ... و ۲۰۰ سانتیمتراست.
- ابعاد و مشخصات سازه‌ای این پایه‌ها در هر ارتفاع و به تناسب کانال مورد استفاده متفاوت است که در نشریات فنی[1] ذکر شده است.
- **کفشک‌ها :** این قطعات بتنی در واقع محل استقرار پایه‌ها می‌باشند. کفشکها در دو نوع تولید می‌شوند و وظیفه انتقال نیروهای وارده از کانال، زین، پایه و آب داخل کانال را به زمین به‌عهده دارند. نوع اول کفشک‌ها، کناری هستند که از یک‌طرف دارای بریدگی جهت نشستن پایه هستند و از طرف دیگر بسته می‌باشند. اندازه این کفشک‌ها درجهت طول پی ۲۰ و ۳۰ سانتیمتر است. نوع دوم کفشک‌های میانی هستند که دارای بریدگی در قسمت میانی (در دو طرف) می‌باشند و برای کمک به تحمل وزن بیشتر به تعداد و ابعاد متفاوت در کانالهای با ابعاد مختلف به‌کار گرفته می‌شوند. اندازه این کفشکها درجهت طول پی ۱۰ و ۲۰ سانتیمتر می‌باشد. مشخصات سازه‌ای این قطعات در نشریات فنی آورده شده است. عرض کفشکهایی که برای کانالهای ۵ متری مورد استفاده قرار می‌گیرند برابر ۶۰، ۷۰ و ۸۰ سانتیمتر و عرض کفشکهایی که برای کانالهای به‌طول ۷ متر استفاده می‌شوند ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ سانتیمتر است.

۱- آلبوم نقشه‌های تیپ مصوب کانالهای پیش‌ساخته بتنی – وزارت کشاورزی

- **واشرهای آب‌بندی:** واشرهای آب‌بندی در دو انتهای هر نیم‌لوله یا نیم‌بیضی که روی زین قرار داده می‌شود مستقر شده و وظیفه آب‌بندی را به‌عهده دارند. باتوجه به اینکه طول واقعی کانالهای پیش‌ساخته ۴/۹۹ متر و ۶/۹۸ متر است، وقتی روی زین قرار داده می‌شوند، بین آنها فاصله‌ای به میزان ۱ و ۲ سانتیمتر به تناسب نوع لوله روی زین ایجاد می‌شود که می‌باید با مواد مناسب پر شود .

واشرهای آب‌بندی و درزهای بین لوله‌ها باید شرایط ذیل را داشته باشند :

- ★ آب‌بندی کامل در محل زین ایجاد نمایند،
- ★ از نظر هیدرولیکی تأثیر نامطلوبی برجریان یکنواخت کانال نگذارند،
- ★ دارای دوام زیاد بوده و به زودی خراب نشوند،
- ★ از انتقال تنش بین دو قطعه مجاور جلوگیری نمایند،
- ★ پهنای درز در حد مقادیر مناسب تأمین شود (۰/۵ تا ۱/۵ سانتی متر در کانالهای ۵ متری و ۱/۵ تا ۲/۵ سانتیمتر در کانالهای ۷ متری).

انواع واشرهای مورد استفاده برای آب بندی کانالهای پیش‌ساخته عبارتند از :

- ★ لوله لاستیکی،
- ★ طناب لاستیکی با مقطع دایره‌ای توپر،
- ★ طناب کنفی قیراندود،
- ★ طناب آزبستی قیراندود، و
- ★ نوارهای پلاستیکی غیر روان.

مشخصات واشرهای آب‌بندی از دیدگاه مکانیکی، شیمیائی و فیزیکی بایستی با استانداردهای ملی و بین‌المللی موجود مطابقت نماید. این ویژگیها در دفترچه "مشخصات فنی ساخت، بارگیری و حمل و نصب و دستورالعمل کنترل کیفیت کانالهای پیش‌ساخته" توسط وزارت کشاورزی تهیه شده و رعایت آن در طراحی و اجرا الزامی است.

♦ ابنیه فنی

کانالهای پیش‌ساخته نیز مانند کانالهای بتنی درجا به تناسب عملکرد مورد انتظار، به ابنیه فنی مختلف متصل شده و نیازهای بهره‌برداری را تأمین می‌نمایند. ابنیه فنی مسیر کانالهای پیش‌ساخته عبارتند از :

♦♦ ابنیه فنی عبور از تأسیسات موجود (جاده‌ها، زهکشها، کانالهای موجود ...):

برای عبور از تأسیسات موجود ممکن است از سیفون، پل‌های روگذر و کالورت استفاده شود.

♦♦ ابنیه کنترل : ابنیه فنی کنترل سطح آب (آب بندها[1]، حوضچه‌های تقسیم آب، سرریزها و ...) این ابنیه فنی گاهی با تأسیسات دیگر ترکیب شده و ضمن ایجاد سطح آب کنترل شده، امکان اندازه‌گیری مقدار جریان و یا تقسیم آب به چند شاخه کانال انشعابی را نیز فراهم می‌نمایند.

♦♦ ابنیه تعدیل شیب : این تأسیسات موجب ایجاد شیب مورد نظر در مسیر کانال می‌گردند. آبشارها و سرسره‌های آبی از جمله

1- Check dams

این نوع ابنیه بشمار می روند که معمولاً با تأسیسات انرژی‌گیر (حوضچه‌های استهلاک انرژی و آرامش) ترکیب می‌شوند.

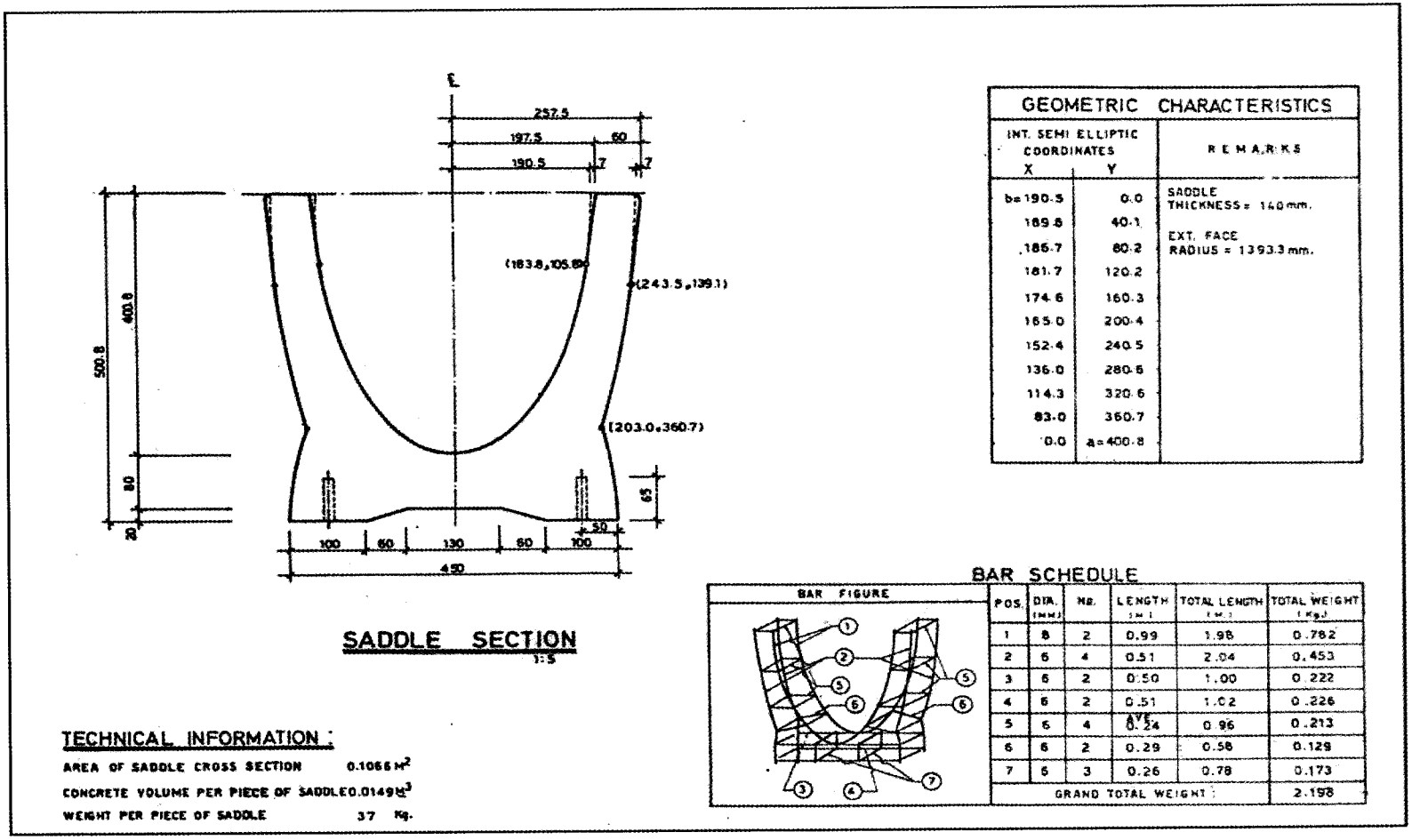
♦♦ تأسیسات آبگیری : برای آبگیری از کانالهای پیش‌ساخته لازم است از قطعات بتنی ویژه استفاده شود که ضمن انجام عمل قطع و وصل جریان، شرایط اندازه‌گیری میزان آب را نیز فراهم سازد.

درصورتیکه یک شاخه از کانالهای پیش‌ساخته توسط تعداد اندکی بهره‌بردار مورد استفاده قرار گیرد و مدیریت حاکم برآن از درگیری‌های متداول بدور باشد، امکان استفاده از لوله‌های سیفونی برای برداشت آب در هر قسمت از طول کانال نیز امکان‌پذیر است. در اینصورت، قطر لوله انتخابی باید متناسب با دبی موردنظر و ارتفاع سطح آب نسبت به زمین باشد.

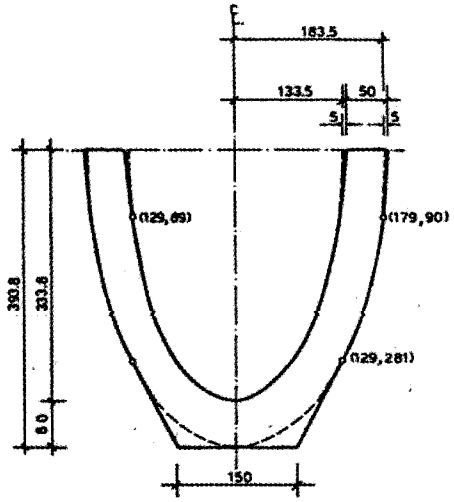
♦♦ ابنیه فنی ایمنی : برای ایجاد شرایط ایمن در عملکرد شبکه کانالها و تأسیسات مربوطه، وجود تأسیسات خاصی در برخی نقاط شبکه الزامی است. ازجمله ابنیه ایمنی می‌توان به ابنیه فنی تخلیه انتهایی کانالها، تخلیه آب مازاد شبکه به مجاری سیلاب‌رو و زهکشها و تأسیسات حفاظتی در محل چاهک عمودی سیفونها و غیره اشاره کرد.

لازم به‌ذکر است در شبکه کانالهای درجه ۳ و ۴، بدلیل دبی کم و کوچک بودن ابعاد کانالها، ممکنست از بعضی از تأسیسات ایمنی صرف‌نظر گردد ولی بهرحال وجود ابنیه فنی تخلیه آب در انتهای کانالها امری ضروری است. عملکرد این تأسیسات بدین نحو است که درصورت عدم آبگیری از آبگیرها و انتقال آب به انتهای کانال، یک سرریز که رقوم تاج آن مطابق باسطح نرمال آب یا کمی بالاتر از آن است درنظر گرفته می‌شود که آب استفاده نشده را از خود عبور می‌دهد. بدیهی است مشخصات این سرریز بگونه‌ای طراحی می‌شود که حداکثر آب عبوری از کانال را بتواند از خود عبور دهد. یادآوری می‌شود آب پس از عبور از سرریز انتهایی وارد یک زهکش شده و دفع می‌گردد. مشخصات فنی و ضوابط طراحی ابنیه شبکه کانالهای درجه ۳ و ۴ در جلد چهارم این مجموعه آورده شده است.

نقشه‌های شماره ۳-۱ تا ۳-۷ مشخصات هندسی و سازه‌ای کانالهای پیش‌ساخته با مقطع نیم‌بیضی و تعدادی از ابنیه فنی ساخت درجا که در شبکه ۳ و ۴ (کانالهای ذوزنقه‌ای معمولی و کانالهای پیش‌ساخته) مورد استفاده قرار می‌گیرند را نشان می‌دهند.



نقشه شماره ۳-۱ – تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات انها (مشخصات هندسی برش زین، جزئیات و جدول اهن‌بندی – تیپ ۷۰)



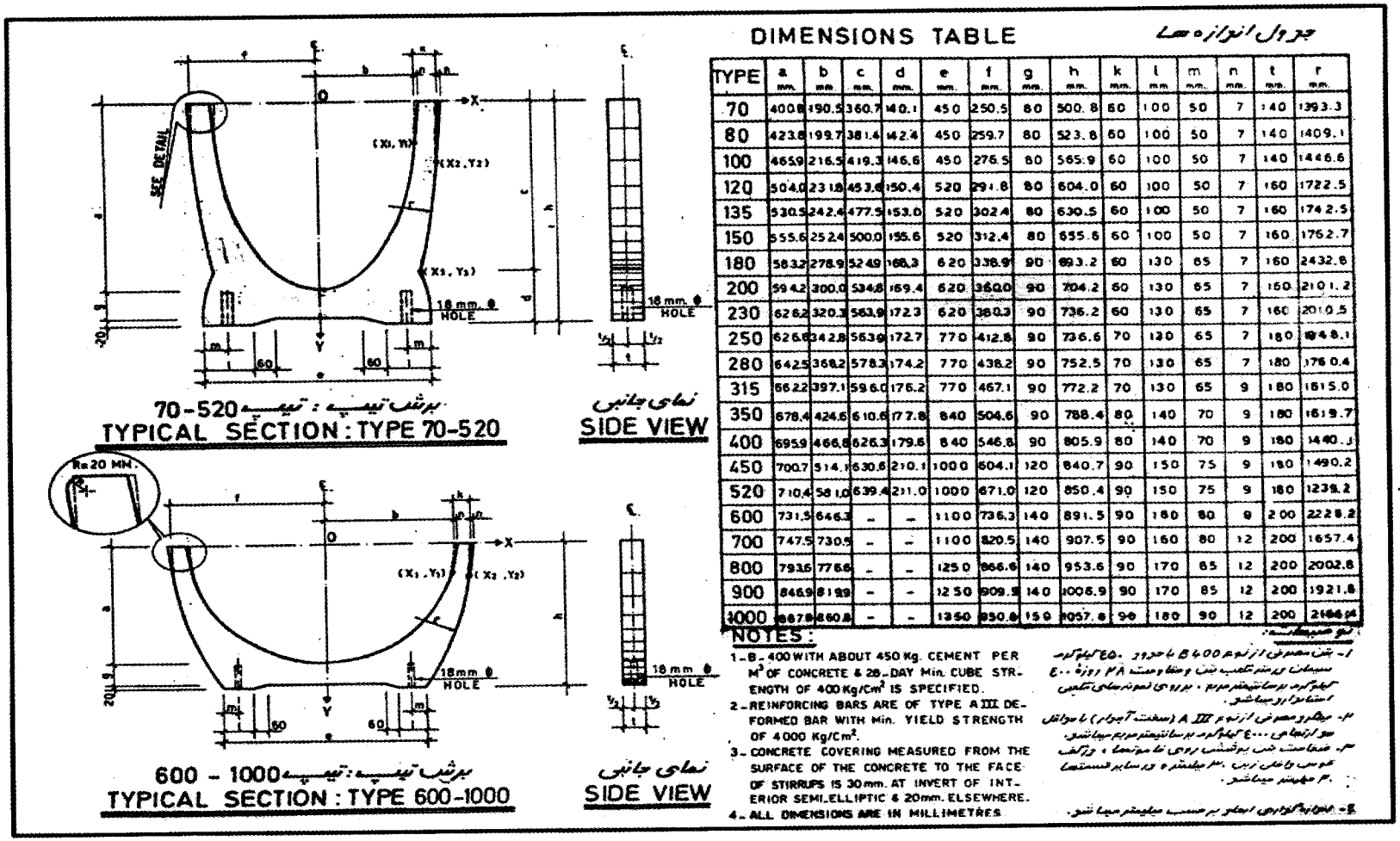
CANAL SECTION

GEOMETRIC CHARACTERISTICS				
COORDINATES				REMARKS
INT.SEMI ELLIPTIC X	Y	EXT.SEMI ELLIPTIC X'	Y'	
b=133.5	0.0	b'= 183.5	0.0	S=200 mm.
132.8	33.4	182.8	39.4	r=10 mm.
130.8	66.8	179.8	78.8	
127.4	100.1	175.1	118.2	
122.4	133.5	168.2	157.5	
115.6	166.9	158.9	196.9	
106.8	200.3	146.8	236.3	
95.3	233.7	131.1	275.7	
80.1	267.0	110.1	315.1	
58.2	300.4	80.0	354.4	
0.0	a=333.8	0.0	a'=393.8	

TECHNICAL INFORMATION

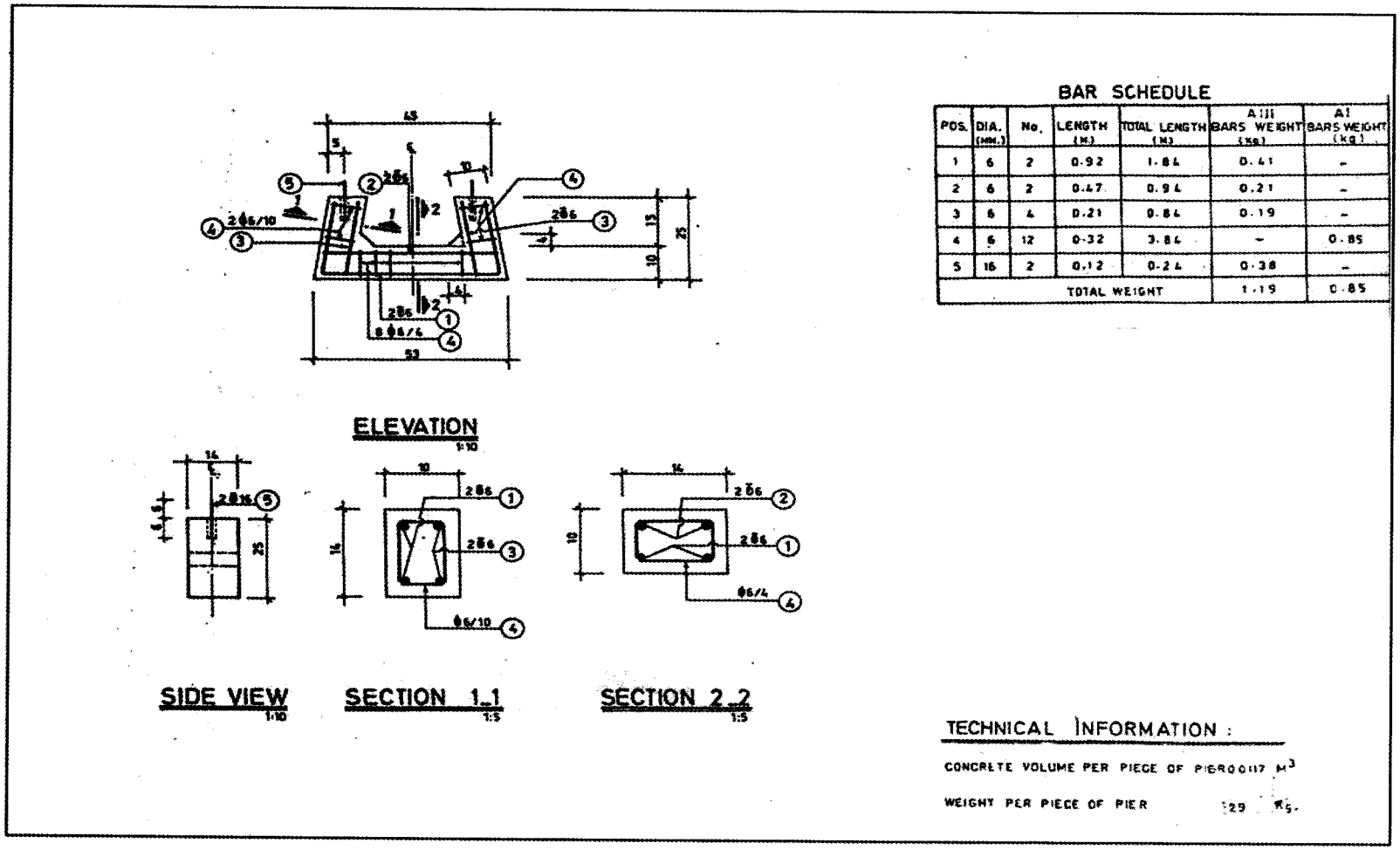
CONCRETE AREA OF CANAL	0.0465 M^2
CONCRETE VOLUME PER PIECE OF CANAL	0.2339 M^3
WEIGHT PER PIECE OF CANAL	577 Kg.

نقشه شماره ۳-۲ – تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (مشخصات هندسی برش کانال و اطلاعات فنی – تیپ ۷۰)

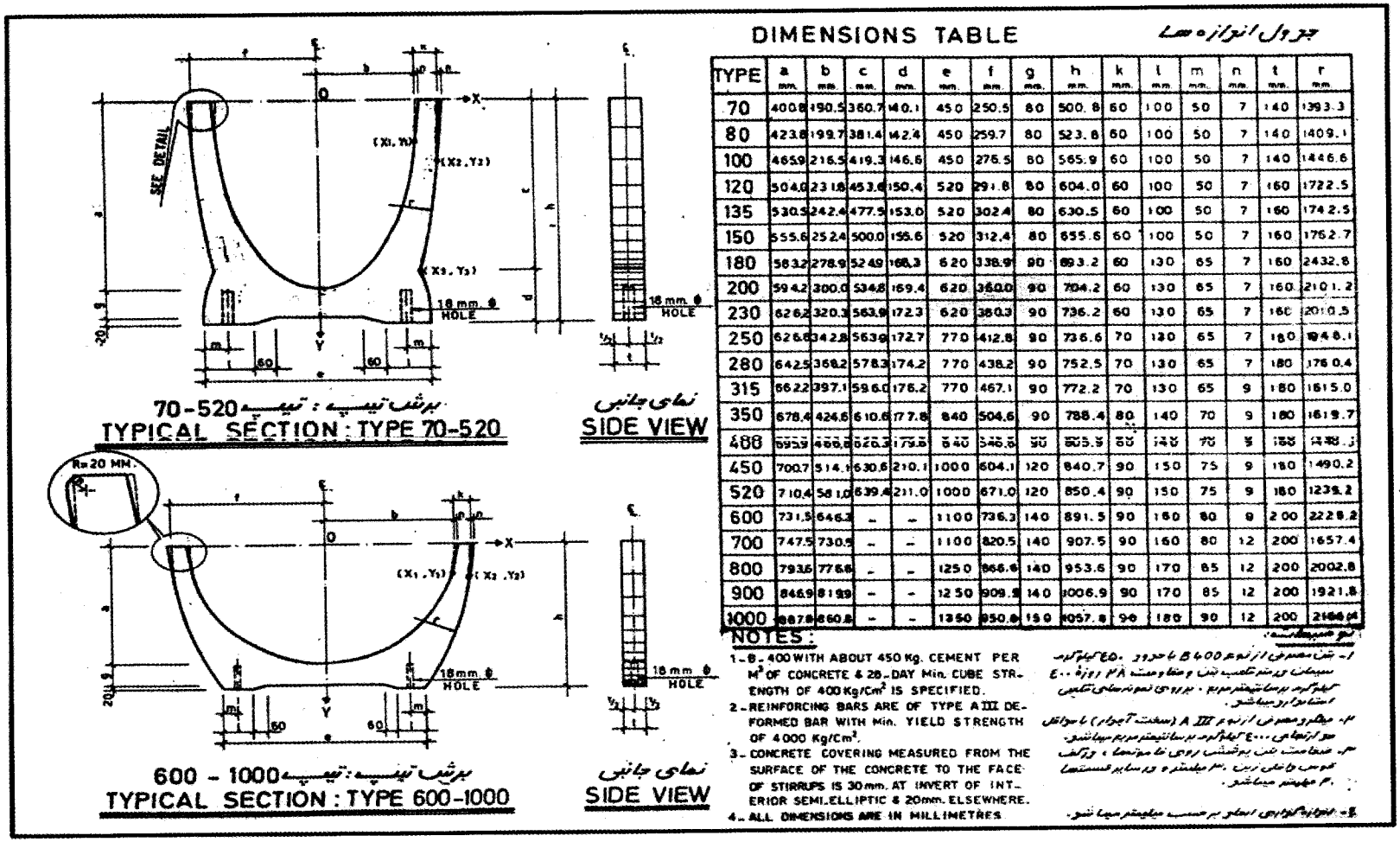


TYPE	a mm.	b mm.	c mm.	d mm.	e mm.	f mm.	g mm.	h mm.	k mm.	l mm.	m mm.	n mm.	t mm.	r mm.
70	400.8	190.5	360.7	140.1	450	250.5	80	500.8	60	100	50	7	140	1393.3
80	423.8	199.7	381.4	142.4	450	259.7	80	523.8	60	100	50	7	140	1409.1
100	465.9	216.5	419.3	146.6	450	276.5	80	565.9	60	100	50	7	140	1446.6
120	504.0	231.8	453.6	150.4	520	291.8	80	604.0	60	100	50	7	160	1722.5
135	530.5	242.4	477.5	153.0	520	302.4	80	630.5	60	100	50	7	160	1742.5
150	555.6	252.4	500.0	155.6	520	312.4	80	655.6	60	100	50	7	160	1762.7
180	583.2	278.9	524.9	168.3	620	338.9	90	693.2	60	130	65	7	160	2432.6
200	594.2	300.0	534.8	169.4	620	360.0	90	704.2	60	130	65	7	160	2101.2
230	626.2	320.3	563.9	172.3	620	380.3	90	736.2	60	130	65	7	160	2010.5
250	626.6	342.8	563.6	172.7	770	412.8	90	736.6	70	130	65	7	180	1948.1
280	642.5	368.2	578.3	174.2	770	438.2	90	752.5	70	130	65	7	180	1760.4
315	662.2	397.1	598.0	176.2	770	467.1	90	772.2	70	130	65	9	180	1815.0
350	678.4	424.6	610.6	177.8	840	504.6	90	788.4	80	140	70	9	180	1619.7
400	695.9	466.8	626.3	179.6	840	546.8	90	805.9	80	140	70	9	180	1440.3
450	700.7	514.1	630.6	210.1	1000	604.1	120	840.7	90	150	75	9	180	1490.2
520	710.4	581.0	639.4	211.0	1000	671.0	120	850.4	90	150	75	9	180	1239.2
600	731.5	646.3	–	–	1100	736.3	140	891.5	90	160	80	9	200	2228.2
700	747.5	730.5	–	–	1100	820.5	140	907.5	90	160	80	12	200	1657.4
800	793.6	776.8	–	–	1250	866.6	140	953.6	90	170	85	12	200	2002.8
900	846.9	819.9	–	–	1250	909.5	140	1006.9	90	170	85	12	200	1921.8
1000	887.8	860.8	–	–	1350	950.8	150	1057.8	90	180	90	12	200	2186.4

نقشه شماره ۳-۳- تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (برش تیپ، جدول اندازه‌ها و توضیحات (زین)



قشه شماره ۳-۴ – تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (جزئیات و جدول آهن‌بندی پایه به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر – تیپ ۷۰ – ۸۰ – ۱۰۰)



TYPE	a mm.	b mm.	c mm.	d mm.	e mm.	f mm.	g mm.	h mm.	k mm.	l mm.	m mm.	n mm.	t mm.	r mm.
70	400.8	190.5	360.7	140.1	450	250.5	80	500.8	60	100	50	7	140	1393.3
80	423.8	199.7	381.4	142.4	450	259.7	80	523.8	60	100	50	7	140	1409.1
100	465.9	216.5	419.3	146.6	450	276.5	80	565.9	60	100	50	7	140	1446.6
120	504.0	231.8	453.6	150.4	520	291.8	80	604.0	60	100	50	7	160	1722.5
135	530.5	242.4	477.9	153.0	520	302.4	80	630.5	60	100	50	7	160	1742.5
150	555.6	252.4	500.0	155.6	520	312.4	80	655.6	60	100	50	7	160	1762.7
180	583.2	278.9	524.9	158.3	620	338.9	90	693.2	60	130	65	7	160	2432.8
200	594.2	300.0	534.8	159.4	620	360.0	90	704.2	60	130	65	7	160	2101.2
230	626.2	320.3	563.9	162.3	620	380.3	90	736.2	60	130	65	7	160	2010.5
250	626.6	342.8	563.9	162.7	770	412.8	90	736.6	70	130	65	7	180	1948.1
280	642.5	368.2	578.3	164.2	770	438.2	90	752.5	70	130	65	7	180	1760.4
315	662.2	397.1	598.0	166.2	770	467.1	90	772.2	70	130	65	9	180	1815.0
350	678.4	426.6	610.6	167.8	840	504.6	90	788.4	80	140	70	9	180	1819.7
400	695.9	466.8	626.3	169.5	840	546.8	90	805.9	80	140	70	9	180	1788.3
450	700.7	514.1	630.6	210.1	1000	604.1	120	840.7	90	150	75	9	180	1490.2
520	710.4	581.0	639.4	211.0	1000	671.0	120	850.4	90	150	75	9	180	1239.2
600	731.5	646.3	-	-	1100	736.3	140	891.5	90	160	80	9	200	2228.2
700	747.5	730.5	-	-	1100	820.5	140	907.5	90	160	80	12	200	1657.4
800	793.6	776.6	-	-	1250	866.6	140	953.6	90	170	85	12	200	2002.8
900	846.9	819.9	-	-	1250	909.9	140	1006.9	90	170	85	12	200	1921.8
1000	887.8	860.8	-	-	1350	950.8	150	1057.8	90	180	90	12	200	2156.4

NOTES :

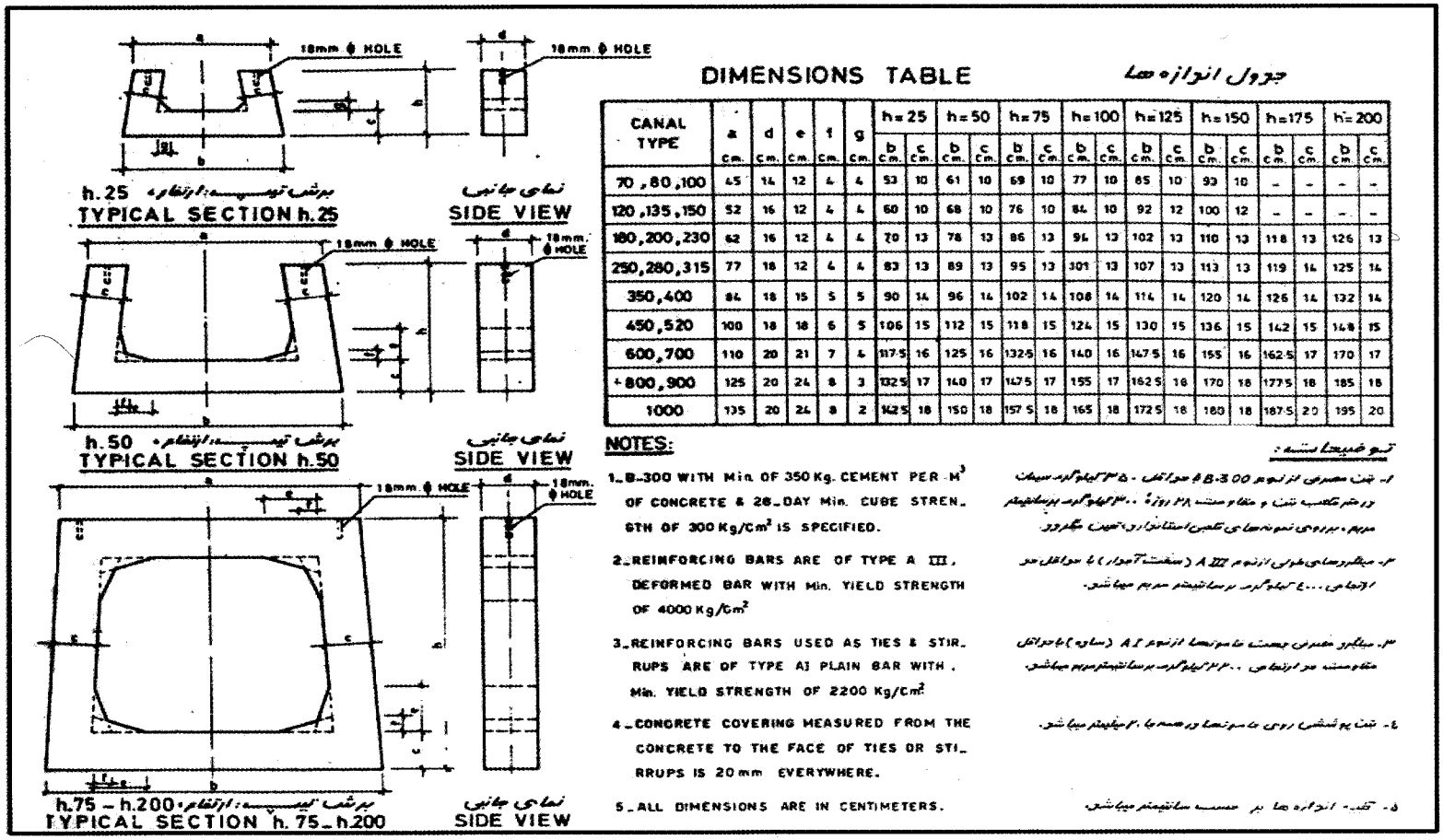
1- B-400 WITH ABOUT 450 Kg. CEMENT PER M^3 OF CONCRETE & 28-DAY Min. CUBE STRENGTH OF 400 Kg/Cm^2 IS SPECIFIED.

2- REINFORCING BARS ARE OF TYPE A III DEFORMED BAR WITH Min. YIELD STRENGTH OF 4000 Kg/Cm^2.

3- CONCRETE COVERING MEASURED FROM THE SURFACE OF THE CONCRETE TO THE FACE OF STIRRUPS IS 30mm. AT INVERT OF INTERIOR SEMI-ELLIPTIC & 20mm. ELSEWHERE.

4- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRES

نقشه شماره ۳-۳- تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (برش تیپ، جدول اندازه‌ها و توضیحات (زین)



DIMENSIONS TABLE — جدول اندازه ها

CANAL TYPE	a cm.	d cm.	e cm.	f cm.	g cm.	h=25 b cm.	h=25 c cm.	h=50 b cm.	h=50 c cm.	h=75 b cm.	h=75 c cm.	h=100 b cm.	h=100 c cm.	h=125 b cm.	h=125 c cm.	h=150 b cm.	h=150 c cm.	h=175 b cm.	h=175 c cm.	h=200 b cm.	h=200 c cm.
70 ,80 ,100	45	14	12	4	4	53	10	61	10	69	10	77	10	85	10	93	10	-	-	-	-
120 ,135 ,150	52	16	12	4	4	60	10	68	10	76	10	84	10	92	12	100	12	-	-	-	-
180 ,200 ,230	62	16	12	4	4	70	13	78	13	86	13	94	13	102	13	110	13	118	13	126	13
250 ,280 ,315	77	18	12	4	4	83	13	89	13	95	13	101	13	107	13	113	13	119	14	125	14
350 ,400	84	18	15	5	5	90	14	96	14	102	14	108	14	114	14	120	14	126	14	132	14
450 ,520	100	18	18	6	5	106	15	112	15	118	15	124	15	130	15	136	15	142	15	148	15
600 ,700	110	20	21	7	4	117.5	16	125	16	132.5	16	140	16	147.5	16	155	16	162.5	17	170	17
800 ,900	125	20	24	8	3	132.5	17	140	17	147.5	17	155	17	162.5	18	170	18	177.5	18	185	18
1000	135	20	24	8	2	142.5	18	150	18	157.5	18	165	18	172.5	18	180	18	187.5	20	195	20

NOTES:

1_B-300 WITH Min. OF 350 Kg. CEMENT PER M^3 OF CONCRETE & 28_DAY Min. CUBE STRENGTH OF 300 Kg/Cm^2 IS SPECIFIED.

2_REINFORCING BARS ARE OF TYPE A III, DEFORMED BAR WITH Min. YIELD STRENGTH OF 4000 Kg/Cm^2

3_REINFORCING BARS USED AS TIES & STIRRUPS ARE OF TYPE AI PLAIN BAR WITH Min. YIELD STRENGTH OF 2200 Kg/Cm^2

4_CONCRETE COVERING MEASURED FROM THE CONCRETE TO THE FACE OF TIES OR STIRRUPS IS 20 mm EVERYWHERE.

5_ALL DIMENSIONS ARE IN CENTIMETERS.

توضیحات پایه :

۱- بتن مصرفی از نوع B-300 با حداقل ۳۵۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن و مقاومت ۲۸ روزهٔ ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، بر روی نمونه های تعیین استاندارد، تعیین میگردد.

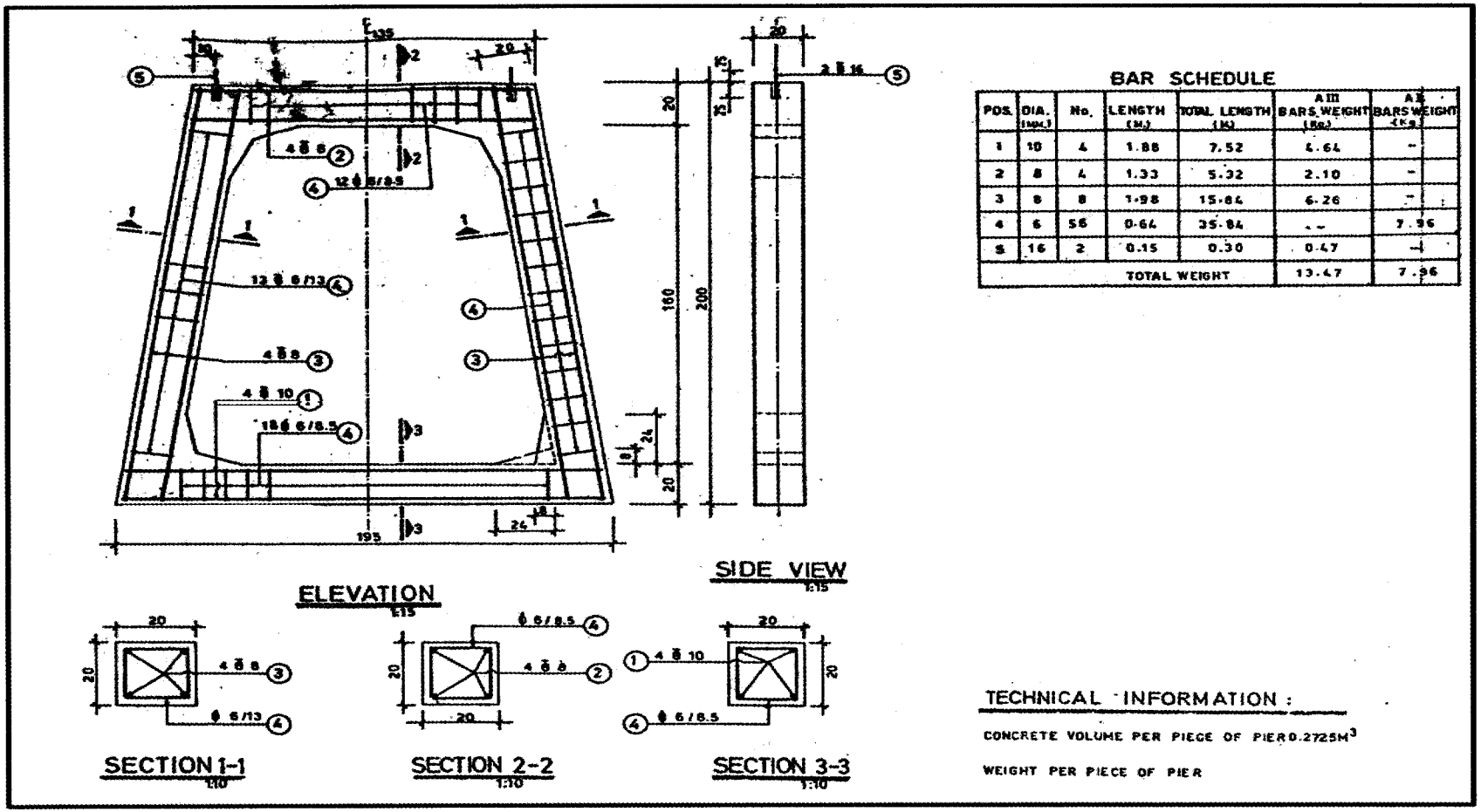
۲- میلگردهای طولی از نوع A III (شکسته آجدار) با حداقل حد ارتجاعی ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع میباشد.

۳- میلگرد مصرفی جهت خاموتها از نوع A I (ساده) با حداقل مقاومت حد ارتجاعی ۲۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع میباشد.

۴- بتن پوششی روی خاموتها و رعدها ۲ سانتیمتر میباشد.

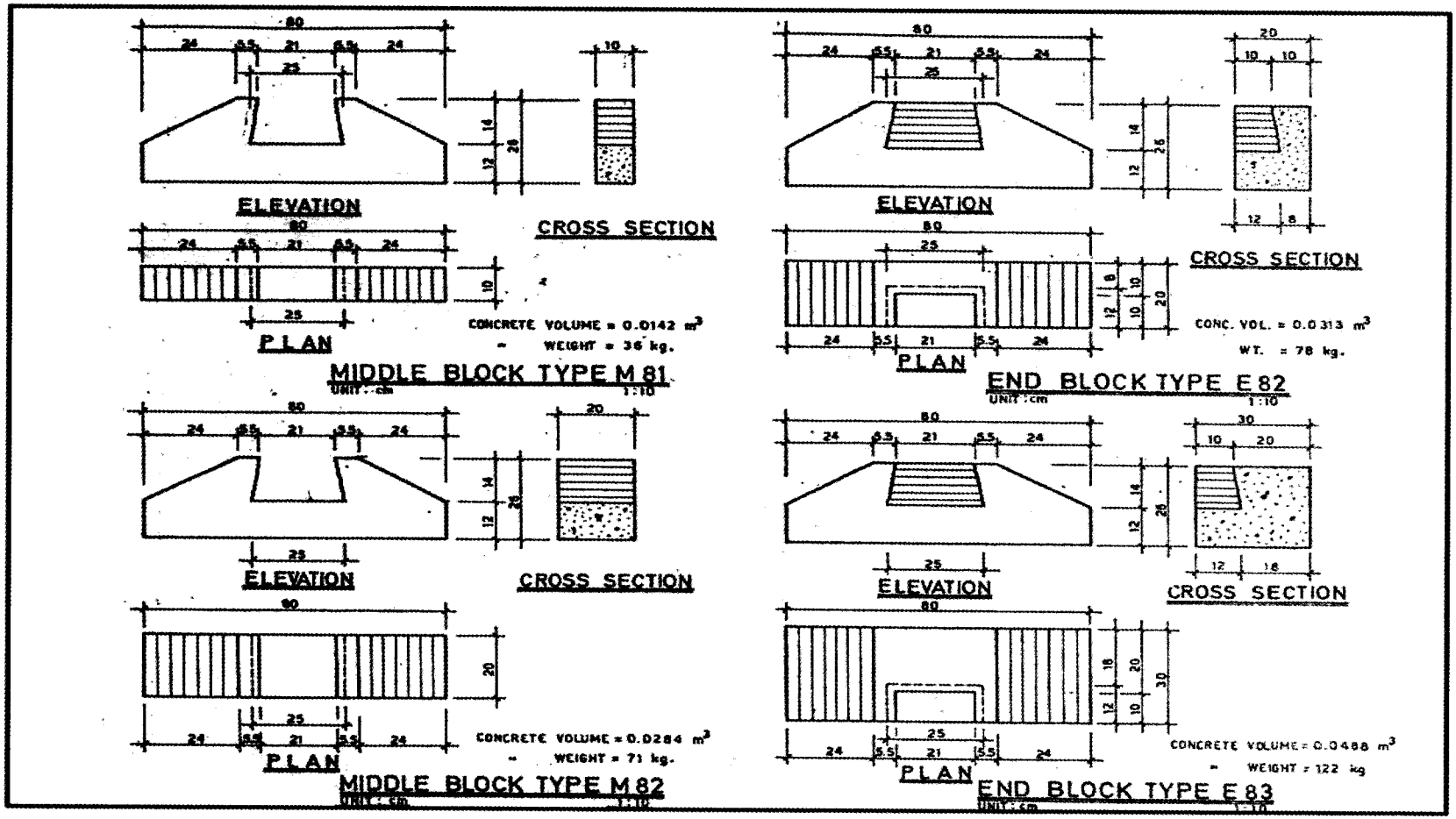
۵- کلیه اندازه ها بر حسب سانتیمتر میباشد.

نقشه شماره ۳-۵- تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (برش تیپ، جدول اندازه‌ها و توضیحات پایه)



POS.	DIA. (mm.)	No.	LENGTH (M.)	TOTAL LENGTH (M.)	A III BARS WEIGHT (Kg.)	A I BARS WEIGHT (Kg.)
1	10	4	1.88	7.52	4.64	--
2	8	4	1.33	5.32	2.10	--
3	8	8	1.98	15.84	6.26	--
4	6	56	0.64	35.84	--	7.96
5	16	2	0.15	0.30	0.47	--
TOTAL WEIGHT					13.47	7.96

نقشه شماره ۳-۶- تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (جزئیات و جدول آهن‌بندی پایه به ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متر - تیپ ۱۰۰۰)



نقشه شماره ۳-۷- تیپ کانالهای نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آنها (ابعاد کفشکهای با عرض ۸۰ سانتی‌متر)

۳-۴- سامانه لوله های کم فشار

۳-۴-۱- کاربری

استفاده از لوله های کم فشار[1] (با فشار در حد چند متر) از دهه ۱۹۵۰ بطور گسترده شروع شده است. وجود لوله های سبک و سخت با قیمت کم، کاربرد این لوله ها بویژه بصورت مدفون را افزایش داده است. با استفاده از این سیستم، نیازی به ساخت کانالهای آبیاری و تأسیسات ویژه روی آنها نیست. کاهش مشکلات علف هرز، کاهش نفوذ آب به اعماق خاک در مسیر جریان از منبع تا مزرعه، و کاهش مسیر انتقال از مزایای استفاده از این سیستم می باشد. در صورت وجود کارگر کافی می توان لوله ها را در سطح زمین قرار داد و در مواقع مقتضی آنها را به محل جدید منتقل نمود.

در صورتیکه آب مورد استفاده دارای رسوب زیادی باشد، استفاده از لوله باید با احتیاط مورد توجه قرار گیرد و در عین حال برای رسوبزدایی از آن تمهیداتی بکار گرفته شود. از نظر ایمنی نیز لوله های کم فشار به کانالهای روباز ترجیح داده میشوند (سقوط کودکان در آب یا عبور ماشین آلات از کانالهای روباز . . .).

درصورتیکه قطر لوله های بکار برده زیاد باشد، بایستی نکات ایمنی به دقت رعایت شود (بویژه در رایزرها). در چنین مواقعی بایستی ارتفاع رایزرها به اندازه کافی بلند باشد یا برای حفاظت از ورود افراد به داخل آنها از توری استفاده نمود.

۳-۴-۲- انواع سامانه های کم فشار

سیستم لوله های مورد استفاده برای آبیاری مزرعه به سه شکل زیر طبقه بندی میشوند:

۳-۴-۲-۱- سیستم قابل حمل توسط کارگر (سطحی)

در این سیستم، ورودی آب ممکنست در محل یک چاه، آبگیر کانال یا منبع ذخیره آب باشد. آب انتقالی توسط این لوله ها ممکنست از انتهای آنها خارج و وارد مزرعه شود و یا اینکه از دریچه های نصب شده در محل مناسب روی لوله ها به کرتها یا شیارها جاری شود.

۳-۴-۲-۲- سیستم ترکیبی (لوله های سطحی و لوله های مدفون)

در این سیستم، آب از منبع توسط لوله های مدفون (لوله های دائم) دریافت و به قسمتهای موردنظر در مزرعه رسانده می‌شود. سپس آب وارد شده به مزرعه توسط رایزرها به لوله های دریچه دار وارد و در سطح مزرعه (کرتها، نوارها و یا شیارها) پخش میگردد.

۳-۴-۲-۳- سیستم زیرزمینی

در این سیستم، آب درون لوله های مدفون شده در زیر زمین جاری شده و توسط رایزرها در ابتدای کرتها یا نوارها به سطح رسیده و آنها را آبیاری می کند.

1- Low Pressure Pipe System

۳-۴-۳ـ موقعیت استقرار لوله ها

محل استقرار لوله ها در سطح زمین باید بگونه ای باشد که کمترین تداخل با عملیات داشت و ماشینهای کشاورزی را بوجود آورد. نحوه طراحی شبکه لوله ها باید موجب به حداقل رسیدن طول لوله های مورد استفاده در آبرسانی به نقاط مختلف مزرعه گردد.

در مورد مسیر نصب لوله های مدفون نیز باید دقت کافی بعمل آید، بگونه ای که ضمن رعایت حداقل عمق ممکن، شیب لوله بصورت یکنواخت باشد تا از رسوب مواد جامد در نقاط گود لوله ها پرهیز شود. حتی الامکان باید لوله ها با جاده های دارای ترافیک ماشین آلات سنگین تقاطع نداشته باشند. از آنجا که لازم است هوای لوله ها از آنها خارج گردد، بایستی تعداد کافی خروجی هوا در نقاط مرتفع مسیر پیش بینی شود ولی نباید تعداد این خروجیها زیاد باشد. حتی الامکان باید سعی شود لوله های مدفون از زیر قطعات زراعی عبور ننماید.

درموقع نصب باید دقت کافی بعمل آید تا پرکردن روی لوله ها بصورت صحیح انجام و خاک به اندازه کافی متراکم گردد تا از نفوذ آب به اطراف لوله ها و ایجاد پدیده رگاب[1] جلوگیری بعمل آید؛ در غیر اینصورت ممکنست عملیات آبرسانی مختل و به محصولات تحت پوشش خسارت وارد گردد.

۳-۴-۴ـ ظرفیت انتقال آب لوله ها

در محاسبه ظرفیت انتقال آب لوله باید به نکات فنی و اقتصادی توجه گردد به گونه ای که مسایل اقتصادی موجب عدم توجه کافی به مسایل فنی نشود و یا برعکس. استفاده از لوله های با قطر بزرگ موجب افزایش هزینه سرمایه گذاری اولیه میشود و لوله‌های کوچک موجب افزایش هزینه‌های بهره برداری بویژه انرژی میگردد (ایجاد بار آبی زیاد برای غلبه بر افت ناشی از اصطکاک).

به هر صورت لوله های انتخاب شده بایستی جوابگوی نیاز آبی گیاهان کشت شده باشند. ظرفیت انتقال آب توسط لوله ها به قطر لوله و افت بار مجاز آنها مربوط می شود.

۳-۴-۴-۱ـ دبی خروجی از دریچه ها

میزان دبی هر دریچه با استفاده از رابطه روزنه بدست می آید:

$$Q = CA\sqrt{2gh} \qquad (۱۹-۳)$$

که در آن :

Q : بده دریچه (مترمکعب در ثانیه)؛

C: ضریب جریان که مقدار از ۰٫۶ تا ۰٫۸ تغییر میکند (بدون بعد)؛

A: مساحت مقطع جریان (مترمربع)؛

g: شتاب ثقل (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه) ؛ و

1- piping

H: بار آبی[1] که موجب جریان میشود و در شرایط جریان آزاد مقدار آن از مرکز روزنه تا سطح آب در بالادست درنظر گرفته میشود (متر).

نکته ۱ : با توجه به اینکه مقدار دبی دریچه ها به عواملی نظیر سرعت جریان در لوله و شکل دریچه وابسته است ، ضرورت دارد که اطلاعات مربوطه از کارخانه سازنده دریافت شود یا با اندازه گیری جریان در حالتهای مختلف، مقادیر دبی مشخص گردد .

نکته ۲ : در شرایطی که لوله دریچه دار در شیبهای تند قرار داده شود، فشار در انتهای لوله افزایش یافته و موجب جریان زیادتری در دریچه های انتهایی خواهد شد. لذا بایستی این دریچه ها نیم باز یا تقریباً بسته باشند تا میزان دبی تمامی دریچه ها ثابت بماند.

نکته ۳ : وقتی دریچه ها دارای بازشدگی کمی باشند جریان خروجی از آنها با سرعت زیاد باعث ایجاد فرسایش در شیار یا مسیر مقابل خود روی خاک می شود. لذا در چنین شرایطی بایستی با بستن لوله ای انعطاف پذیر یا پارچه ای جوراب مانند در خروجی دریچه ها از فرسایش جلوگیری نمود.

نکته ۴ : برای تثبیت بار آبی در لوله می توان از تعدادی لوله عمودی یا شیر پروانه ای استفاده نمود (در فواصل معینی از یکدیگر). گاهی برای تثبیت بار آبی در مسیر جریان در لوله، از صفحات روزنه دار استفاده میشود. تعداد و اندازه دریچه ها به مقدار انرژی ای که باید مستهلک شود بستگی دارد.

۳-۴-۴-۲ـ دبی لوله

جریان آب در لوله به تعداد دریچه هایی که بصورت هم زمان باز هستند و دبی هر خروجی بستگی دارد و از حاصلضرب آنها بدست می آید.

۳-۴-۵ـ افت بار در طول لوله

محاسبه افت در لوله ها توسط رابطه دارسی ـ ویسباخ ، رابطه هیزن ـ ویلیامز ، رابطه اسکوبی و یا رابطه مانینگ انجام میشود.

۳-۴-۵-۱ـ روش دارسی ـ ویسباخ

در این روش، افت بار طولی لوله از رابطه زیر بدست می آید:

$$H_l = f\frac{L}{D}.\frac{V^2}{2g} \qquad (۳-۲۰)$$

که در آن:

H_l : افت بار در لوله (متر)؛

D : قطر داخلی لوله (متر)؛

---

1) Head

L : طول لوله (متر)؛

V : سرعت متوسط جریان در لوله (متر در ثانیه)؛

g: شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)؛ و

f: ضریب اصطکاک (بدون بعد).

چگونگی محاسبه f

ضریب اصطکاک به نوع جریان (ورقه ای، متلاطم و بینابین) بستگی دارد. نوع جریان بوسیله عدد رینولدز مشخص می شود. عدد رینولدز از رابطه $R_N = \frac{V_D}{\nu}$ بدست می آید که در آن :

V: سرعت جریان (متر در ثانیه) ؛

D: قطر لوله (متر)؛

ν: لزجت مایع (مترمربع بر ثانیه)؛ و

R_N : عدد رینولدز (بدون بعد).

در صورتیکه جریان در لوله ورقه ای باشد مقدار f از رابطه زیر بدست می آید:

$$f = \frac{64}{R_N} \qquad (۲۱-۳)$$

در صورتیکه جریان بینابین باشد (یعنی $2000 < R_N < 4000$) مقدار f تابع عدد رینولدز و زبری نسبی لوله است و از رابطه زیر حساب میشود (معادله Colebrock):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\{\frac{(\frac{\varepsilon}{D})}{3/7} + \frac{2.51}{R_N\sqrt{f}}\} \qquad (۲۲-۳)$$

حل این معادله از طریق آزمون و خطا امکان پذیر است. مقدار f اولیه را از رابطه زیر می توان حدس زد:

$$f_1 = 0/0055\{1 + [\frac{2000}{(\frac{D}{\varepsilon})} + \frac{10^6}{R_N}]^{\frac{1}{3}}\} \qquad (۲۳-۳)$$

در صورتیکه جریان در لوله متلاطم باشد ($R_N > 4000$)، مقدار f فقط به زبری جدار لوله وابسته است و از رابطه زیر بدست می آید:

(۲۴-۳)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log(3/7\frac{D}{\varepsilon})$$

مقدار ε زبری مطلق برای لوله های با جنس های مختلف در جدول (۳-۱۲) ارائه شده است.تعیین مقدار f با استفاده از نمودار Moody نیز امکان پذیر است.

جدول شماره ۳-۱۲ - زبری مطلق برای مواد مختلف

مواد تشکیل دهندهٔ لوله	ε (mm) صاف	متوسط	زبر
Glass, drawn metals	صاف	0.003	0.006
Steel or polyvinyl chloride	0.015	0.03	0.06
Coated steel	0.03	0.06	0.15
Galvanized, vitrified clay	0.06	0.15	0.3
Cast iron or cement lined	0.15	0.3	0.6
Spun concrete or wood stave	0.3	0.6	1.5
Riveted steel	1.5	3	6
Foul sewers	6	15	30
Unlined rock, earth	60	150	300

۳-۴-۵-۲- روش هیزن - ویلیامز

رابطه هیزن - ویلیامز به شکلهای مختلفی نوشته میشود که از آنجمله می توان به صورت زیر اشاره کرد:

$$h_f = K_1 L (\frac{Q}{C})^{1.852} D^{-4.87} \qquad (۳-۲۵)$$

در این رابطه:

h_f :افت ناشی از اصطکاک در لوله ای به طول L (متر)؛

K_1 : ضریب ثابت که در صورت کاربرد واحدهای مختلف برای پارامترهای فرمول، مقادیر مختلف بخود میگیرد. این مقادیر در جدول ۳-۱۳ ارائه شده است.

D: قطر لوله ؛

L : طول لوله ؛

Q: دبی لوله ؛ و

C: ضریب اصطکاک هیزن - ویلیامز.

جدول شماره ۳-۱۳- ضریب ثابت K1 در معادله هیزن ـ ویلیامز

hf	L	Q	D	K_1
m	m	L/S	mm	$1/22*10^{10}$
m	m	L/h	mm	3163
m	m	m^3/d	mm	$3/162*10^6$
ft	ft	ft^3/s	ft	4/73
ft	ft	gpm	in	10/46

همچنین مقادیر C (ضریب اصطکاک هیزن ـ ویلیامز) بسته به جنس لوله و قدمت آن دارای مقادیر متفاوتی خواهد بود. جدول ۳-۱۴ این ضریب را برای تعدادی از لوله های با مواد مختلف ارائه می دهد.

چنانچه لوله دارای دریچه یا بدون دریچه باشد، مقدار افت متفاوت خواهد بود. درصورت وجود دریچه روی لوله ها از ضریب کاهنده برای محاسبه افت استفاده میشود که مقادیر آن متناسب با تعداد دریچه ها در جدول ۳-۱۵ آورده شده است.

جدول شماره ۳-۱۴ ـ ضریب اصطکاک ، C ، در رابطه هیزن ـ ویلیامز برای لوله های با جنس مختلف

نوع مواد تشکیل دهنده لوله	کاربرد در طراحی	مقدار C	
		لوله نو	لوله کهنه
Polyethylene (PE) and polyvinyl chloride (PVC)	۱۴۰	۱۵۰	۱۳۰
Cement- Asbestos	۱۴۰	۱۵۰	۱۴۰
Fiber	۱۴۰	۱۵۰	—
Bitumastic- enemel- lined iron or steell centrifugally applied	۱۴۰	۱۴۸	۱۳۰
Cement- lined iron or steel centrifugally applied	۱۴۰	۱۵۰	—
Copper, brass, lead, tin, or glass pipe and tubing	۱۳۰	۱۴۰	۱۲۰
Wood- stave	۱۱۰	۱۲۰	۱۱۰
Welded and seamless steel	۱۰۰	۱۳۰	۸۰
Interior riveted steel (no projecting rivets)	۱۰۰	۱۳۹	—
Wrought- iron, cast- iron	۱۰۰	۱۳۰	۸۰
Tar-coated cast iron	۱۰۰	۱۳۰	۵۰
Girth- riveted steel (projecting rivets in girth scams only)	۱۰۰	۱۳۰	—
Concerte	۱۰۰	۱۲۰	۸۵
Full- riveted steel (projecting rivets in girth and horizontal seams)	۱۰۰	۱۱۵	—
Vitrified, spiral- riveted steel (flow with lap)	۱۰۰	۱۱۰	—
Spiral- riveted steel (floww against lap)	۹۰	۱۰۰	—
Corrugated steel	۶۰	۶۰	—

جدول شماره ۳-۱۵ ـ ضریب کاهنده افت متناسب با تعداد دریچه(USDA,SCS,1976)

تعداد دریچه (خروجی)	ضریب
۵	۰,۴۴
۱۰	۰,۳۹
۱۵	۰,۳۷
۲۰	۰,۳۶
۳۰	۰,۳۵
۵۰	۰,۳۴
۱۰۰	۰,۳۴
>۱۰۰	۰,۳۳

۳-۴-۵ ـ۳ـ روش اسکوبی

افت بار در لوله های بتنی را می توان با استفاده از فرمول Scobey حساب کرد.

$$S = 10^{-3} C V^{1.9} D^{-1.1} \qquad (۳-۲۲)$$

که در آن :

S : افت بار (متر در هر متر طول لوله) ؛

V: سرعت جریان در لوله (متر بر ثانیه)؛

C: ضریب اصطکاک که خود از رابطه $C= ۵۱۶۲ K_s$ بدست می آید ؛

K_S ضریب تأخیر که برای اتصالات سیمانی 0.31 و برای اتصالات نر و ماده 0.37 درنظر گرفته میشود ؛ و

D : قطر لوله (میلیمتر) ؛

۳-۴-۵ـ۴ـ روش مانینگ

برای محاسبه افت بار، می توان از رابطه مانینگ نیز استفاده کرد. در اینصورت مقدار n معادل 0.011 برای لوله های بسیار خوب پرداخته شده تا 0.013 برای لوله های با پرداخت معمولی متغیر است .

$$V = C R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{و} \quad Q = AV \qquad (۳-۲۳)$$

که در آن:

n : ضریب مانینگ $C = \frac{1}{n}$؛

R : شعاع هیدرولیکی (متر)؛ و

S : شیب هیدرولیکی یا گرادیان انرژی (متر در هر متر لوله)؛

Q : بده جریان (متر مکعب در ثانیه)؛ و

V : سرعت متوسط جریان (متر در ثانیه).

۳-۴-۶ـ افت بار در اتصالات

افت بار در اتصالات لوله ها نظیر زانوها و شیر آلات نیز باید در طراحی مورد توجه قرار گیرد. این افت ها که به افتهای موضعی معروف می باشند از طریق اعمال ضریبی به بار سرعت محاسبه می شوند. یعنی :

$$H_f = \frac{KV^2}{2g} \qquad (۲۴-۳)$$

مقدار K در اتصالات مختلف در جدول شماره ۳-۱۶ ارائه شده است.

جدول شماره ۳-۱۶- ضریب K در اتصالات لوله ها

Fitting or valve / شیرالات یا اتصالات	Nominal diameter قطر اسمی						
	۷۵ Mm (3 in.)	۱۰۰ Mm (4 in.)	۱۲۵ mm (5 in.)	۱۵۰ Mm (6 in.)	۱۷۵ Mm (7 in.)	۲۰۰ Mm (8 in.)	۲۵۰ Mm (10 in.)
Standard pipe — Elbows — لوله های استاندارد							
Ebows : زانوئی							
Regular flanged 90 deg ۹۰ درجه فلنج دار معمولی	۰/۰۳۴	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۵
Long radius flan ged 90 deg ۹۰ درجه فلنج دار با شعاع بزرگ	۰/۰۲۵	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۴
Regular Screwed 90 deg ۹۰ درجه پیچ دار معمولی	۰/۸۰	۰/۷۰					
Tees: سه راهی							
Flanged Line flow جراین خطی فلنج دار	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۹
Flanged branch flow جریان شاخه ای فلنج دار	۰/۷۳	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۲
Screwed Line flow جریان خطی پیچی	۰/۹۰	۰/۹۰					
Screwed branch flow جریان شاخه ای پیچی	۱/۲۰	۱/۱۰					
Valve: شیر							
Globe flanged فلنج دار توپی	۷/۰	۶/۳	۶/۰	۵/۸	۵/۷	۵/۶	۵/۵
Gate flanged فلنج دار دریچه ای	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۷۵	۰/۰۶
Swing Check flanged فلنج دار نوسانی	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰
Foot	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
Strainers-basket type صافی سبدی شکل	۱/۲۵	۱/۰۵	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۶۷
Inlets or entrances: ورودی — Other سایر							
Inward Projecting	۰/۸۸	All diameters	همه قطرها				
Sharp cornered گوشه تیز	۰/۵۰	All diameters	همه قطرها				
Slightly rounded تقریباً گرد	۰/۲۳	All diameters	همه قطرها				
Bell-mouth دهانه زنگوله ای	۰/۰۴	All diameters	همه قطرها				
Sudden enlargements گشادشدگی ناگهانی	$K=\left(1-\frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2$ where d_1 = diameter of smaller pipe d_1 قطر لوله کوچک						
Sudden contractions تنگ شدگی ناگهانی	$K=0/7\left(\frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2$ where d_1 = diameter of smaller pipe d_1 قطر لوله کوچک						

توجه : بدلیل بار آبی کم در لوله های آبیاری کم فشار ، ظرفیت انتقال در این لوله ها باید به اندازه کافی زیاد باشد تا بتواند نیازهای مزرعه را پوشش دهد.

این موضوع در مقایسه های اقتصادی هم بایستی مدنظر باشد که سرمایه گذاری اولیه بیشتر ، گاهی از پرداخت هزینه های جاری بهره برداری و نگهداری زیادتر بهتر است.

۳-۴-۷ـ تعیین قطر لوله ها

برای تعیین قطر مناسب لوله از چهار روش زیر استفاده می شود:

- روش محدود کردن سرعت جریان (مثلاً ۲ متر در ثانیه)؛
- روش محدود کردن افت (مثلاً ۲ متر در هر صد متر)؛
- روش محدود کردن درصد افت (مثلاً ۱۰ درصد فشار کل سیستم)؛ و
- روش اقتصادی (که در آن مجموع هزینه های سرمایه ای اولیه و هزینه های بهره برداری و نگهداری سالانه به حداقل ممکن رسانده می شود).

روش اقتصادی ، بهترین روش برای تعیین قطر لوله هاست . بنابراین ، روش یاد شده در زیر توضیح داده می شود :

۳-۴-۷-۱ـ تعیین قطر اقتصادی لوله ها (در شبکه های غیر حلقوی)

برای تعیین قطر اقتصادی لوله ها طی ۸ مرحله اقدام خواهد شد .

مرحله ۱ ـ جمع آوری اطلاعات اقتصادی شامل :

الف ـ با توجه به نرخ بهره متداول (مثلاً ۲۰ درصد) و عمر مفید مورد نظر (مثلاً ۱۵ سال) برای نوع خاصی از لوله های مورد نظر ، مقادیر CRF (ضریب بازگشت سرمایه) و EAE (معادل سالیانه افزایش نرخ انرژی) معین میگردد.

ب ـ هزینه ثابت سالانه برای هر ۱۰۰ متر طول لوله تعیین میشود.

هزینه خرید ۱۰۰ متر لوله = هزینه ثابت معادل سالیانه برای هر ۱۰۰ متر لوله CRF*

این کار برای قطرهای مختلف انجام میشود و نتایج در یک جدول ثبت می گردد .

جدول شماره ۳-۱۷ ـ محاسبه هزینه ثابت معادل سالیانه برای قطرهای مختلف لوله

قطر لوله inch	قیمت ۱۰۰ متر لوله (ریال)	هزینه ثابت معادل سالیانه برای ۱۰۰ متر لوله
D_1	a_1	a_1*CRF
D_2	a_2	a_2*CRF
D_3	a_3	a_3*CRF
D_4	a_4	a_4*CRF
D_5	a_5	a_5*CRF

پ ـ قیمت سوخت از نوع دیزل به ازای هر لیتر b ریال برای هر اسب بخار ساعت کار موتور محاسبه می‌شود .

ت ـ تعداد ساعات کار سالانه سیستم تعیین می شود.

ث ـ ضریب اصطکاک هیزن ـ ویلیامز، C ، برای نوع لوله از جداول مربوطه استخراج می‌شود.

مرحله ۲ ـ تفاوت هزینه ثابت سالانه بین قطرهای مجاور هم را تعیین و در جدولی قرار می دهند.

مرحله ۳ ـ هزینه سالانه معادل برای هر اسب بخار آبی ـ ساعت برای انرژی با نرخ افزایش سالانه e% از رابطه زیر حساب می‌شود. (راندمان پمپ ۷۵ درصد درنظر گرفته شده است و می تواند با نظر کارشناس تعدیل شود).

الف ـ هزینه سالیانه فعلی انرژی مساوی است با :

$$U=\frac{\text{هزینه سوخت (ریال)} * \text{ساعت کار سالانه} \quad /BHP-hr}{0.75WHP/BHP} \quad = \text{ریال / WHP ـ سال}$$

ب _ هزینه معادل سالیانه انرژی برابر است با :

$$U' = U * EAE(e\%) = \text{ریال} \quad /WHP$$

مرحله ۴ ـ مقدار اسب بخار آبی[۱] (WHP) صرفه جوئی شده برای جبران تفاوت هزینه‌های ثابت سالیانه بین قطرهای مجاور برابر است با تفاوت هزینه های ثابت تقسیم بر U. این مقادیر در جدول ثبت می شود . برای مثال برای قطرهای ۶ و ۸ اینچ به شکل زیر خواهد بود.

$$WHP(6"-8") = \frac{CRF(a_3 - a_2)}{U'} = \quad WHP/100m$$

مرحله ۵ ـ تفاوت افت بار ΔJ بین قطرهای مجاور محاسبه و در جدول ثبت می شود. بعنوان نمونه برای دبی Q لیتر در ثانیه می توان نوشت (برای مثال تفاوت افت بار بین قطرهای D_2 و D_1 به شرح زیر است):

$$\Delta J(D_1, D_2) = \frac{75 * CRF(a_2 - a_1)}{Q.U'} \quad \text{m/100m}$$

مرحله ۶ ـ دبی هایی (q) که بتواند ΔJ محاسبه شده بین قطرهای مجاور را تولید کند با روش آزمون و خطا محاسبه و در جدول ثبت میشود.

نحوه تعیین دبی با شرایط فوق بدینصورت است که مقدار اختلاف افت برای دبی های مختلف در دو لوله مجاور را انتخاب نموده بگونه ای که این اختلاف معادل ΔJ محاسبه شده در مرحله ۵ باشد.

بعنوان مثال برای دبی ۲۸/۳۹ لیتر در ثانیه مقدار افت برای لوله ۸ اینچ ۰/۴۸ متر در ۱۰۰ متر و مقدار افت برای لوله ۱۰ اینچ برابر ۰/۱۵ متر در ۱۰۰ متر است. بنابراین، اختلاف این دو افت معادل ۰/۳۱ متر در ۱۰۰ متر لوله می باشد. اگر این مقدار معادل

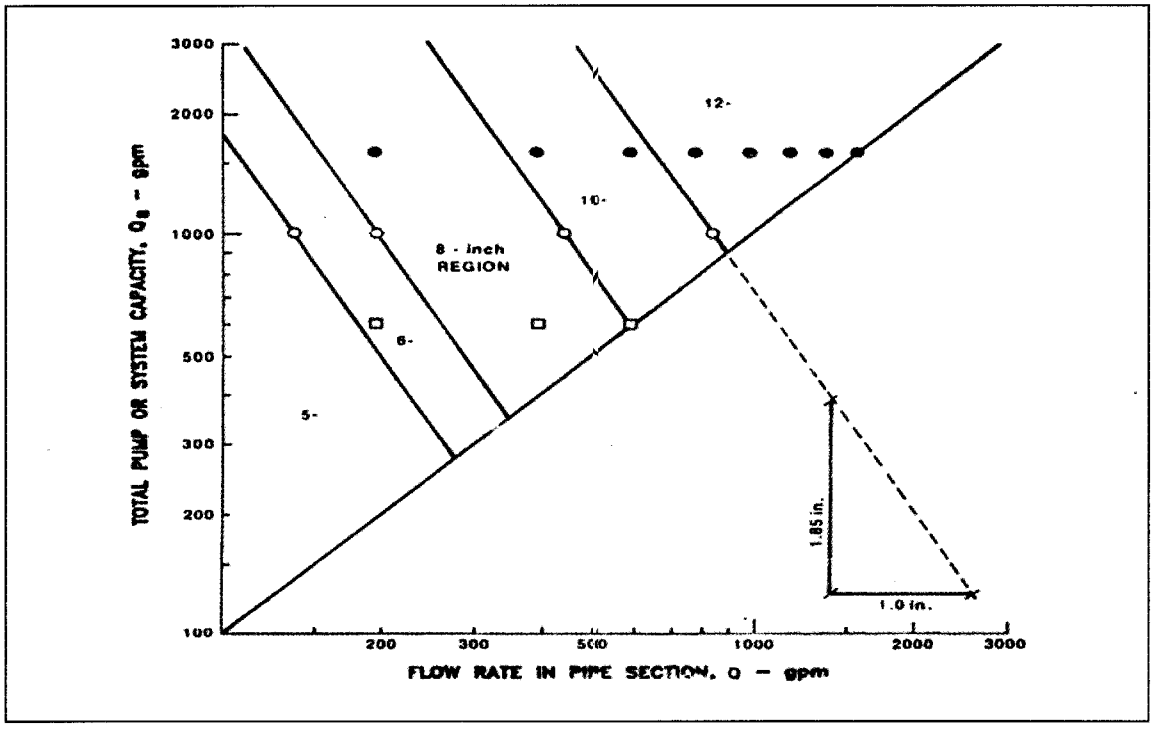
۱- WHP-hrs (Water Horse Power-Hours) $WHP = \frac{Q(Lit/S) * H(m)}{75}$

ΔJ باشد، نتیجه حاصل شده است. بهمین ترتیب برای قطرهای D_1,D_2 , D_2,D_3 , D_3,D_4 , D_4,D_5 مقدار دبی انتخاب و در جدول ثبت میشود. برای یافتن ارقام دقیق می توان (درصورت استفاده از جداول آماده) میان یابی نمود.

مرحله ۷ ـ دبی سیستم، که در تنظیم جدول بعنوان دبی مبنا از بالای جدول) از آن استفاده شده است را در مقابل دبی های مختلف بدست آمده (ثبت شده در ردیف مرحله ۶ جدول) روی کاغذ log-log رسم می کنیم (دبی سیستم در محور عمودی و دبی های بدست آمده (q) در محور افقی). در این صورت در مقابل دبی سیستم چهار نقطه روی یک خط راست در جهت افقی بوجود می آیند.

مرحله ۸ ـ به هریک از نقاط بدست آمده در مرحله ۷ خطی با شیب[1] ۱/۸۵- عبور می دهیم . هر دوخط کنار هم ناحیه ای را بین خود بوجود می آورند که در آن ناحیه قطر منتخب اقتصادی خواهد بود. در صورتیکه هر یک از پارامترهای اقتصادی تغییر نمایند، شکل نمودار تغییر خواهد کرد، در این صورت کافی است مراحل ۱ تا ۶ فقط برای یک جفت از قطرهای مجاور با دبی واحد Q تکرار شود. با داشتن Q سیستم و q حاصل از محاسبات جدید یک نقطه و در نتیجه یک خط جدید بدست می آید. حال بقیه خطوط به فاصله مساوی جابجا شده و موازی با خطوط قبلی ترسیم میشوند.

پیوست شماره ۳ مثالی در این مورد ارائه شده است.



شکل ۳-۱ ـ نمونه ای از نمودار تعیین قطر اقتصادی لوله ها برای داده های مشخص

۱- این عدد در واقع نمای V یا Q در رابطه افت (هیزن ـ ویلیامز) می باشد.

جدول شماره ۳-۱۸ ـ اطلاعات لازم برای تهیه منحنی انتخاب اقتصادی قطر لوله ها با فرض داشتن ارقام مربوط به CRF : ضریب بازگشت سرمایه، C : ضریب هیزن ـ ویلیامز، $\acute{U}$: معادل هزینه سالانه انرژی و Q : دبی سیستم

مرحله محاسبات	فاکتورهای مورد محاسبه در هر مرحله	قطرهای مجاور هم (قطرهای اسمی)			
		D_1-D_2	D_2-D_3	D_3-D_4	D_4-D_5
2	تفاوت هزینه ثابت سالیانه (متر لوله ۱۰۰/ریال)	$CRF(a_2-a_1)$	$CRF(a_3-a_2)$	$CRF(a_4-a_3)$	$CRF(a_5-a_4)$
4	ΔWHP	$\frac{CRF(a_2-a_1)}{U'}$	$\frac{CRF(a_3-a_2)}{U'}$	$\frac{CRF(a_4-a_3)}{U'}$	$\frac{CRF(a_5-a_4)}{U'}$
5	$\Delta J(m/100m)$	$\frac{75*CRF(a_2-a_1)}{Q.U'}$	$\frac{75*CRF(a_3-a_2)}{Q.U'}$	$\frac{75*CRF(a_4-a_3)}{Q.U'}$	$\frac{75*CRF(a_5-a_4)}{Q.U'}$
6	Q(l/s)	q_1	q_2	q_3	q_4

توضیحات: a_1 تا a_5 در جدول فوق قیمت ۱۰۰ متر لوله با قطرهای D_1 تا D_5 است. D_1 تا D_5 قطر لوله‌هاست. q_1 تا q_5 دبی های متناظر ΔJ های مختلف می باشند.

۳-۴-۸ ـ جنس لوله ها

همانطور که قبلاً گفته شد ، لوله های کم فشار بصورت سطحی ، ترکیبی و زیر زمینی مورد استفاده قرار می گیرند. جنس لوله‌های قابل استفاده در سیستمهای مختلف ذکر شده در فوق به شرح ذیل است.

۳-۴-۸-۱ـ انواع لوله های قابل استفاده در سیستم سطحی

در سیستم لوله های کم فشار سطحی می توان از لوله های با جنس آلومینیوم ، پلاستیک و لوله های انعطاف پذیر لاستیکی استفاده کرد. این لوله ها برای انتقال آب یا با نصب دریچه روی آنها برای آبیاری مناسبند . لوله های آلومینیومی مورد استفاده در چنین سیستمهایی معمولاً با قطر۱۲۷ ، ۱۵۲ ، ۲۰۳ و ۲۵۴ میلیمتر (۵، ۶، ۸ و ۱۰ اینچ) تولید میشوند.

ضخامت دیواره این لوله ها ۱/۳ میلیمتر (۰/۰۵۱ اینچ) است . برای وصل کردن این لوله‌ها به یکدیگر از اتصال ویژه ای که به همین منظور ساخته شده است استفاده میشود.

لوله‌های آلومینیومی در قطرهای بزرگ به طول ۶ متر و در قطرهای کوچکتر به طول ۹ متر تولید میشوند. حمل و نقل این لوله‌ها نیاز به ۲ کارگر دارد و در مواردی می توان از ماشینهای مخصوص برای جمع آوری و حمل و استقرار آنها در محل جدید استفاده نمود.

لوله‌های PVC با افزودن موادی که آنها را در مقابل اشعه ماوراء بنفش خورشید مقاوم مینماید نیز می تواند برای این کار به مصرف برسد . این لوله ها نیز با قطرهای مشابه لوله های آلومینیومی قابل تولید هستند.

لوله‌های تا شونده با پوششی از لاستیک برای استفاده در انتقال آب و یا آبیاری بـا قطرهـای ۱۰۰ تـا ۳۰۰ میلیمتـر و بـا طـول قطعات ۱۵ مـتری در بازار وجود دارد. با توجـه به فـشار کـم در چـنین لوله هایی، مقطع جریان در آنها هیچگاه به شکل دایره کامل درنخواهد آمد؛ بنابراین میزان دبی نیز معادل لوله های هم قطر آنها نخواهد بود. این موضوع باید در محاسبات هیدرولیکی مورد توجه قرار گیرد.

اخیراً نیز از لوله های با دیواره نازک ۰/۲۵ میلیمتری و با جنس وینیل برای مقاصـد انتقـال آب و آبیـاری اسـتفاده میشـود. ایـن لوله‌ها در طولهای بلند تا چند صد متر می توانند بکار برده شوند. قطر ایـن لولـه هـا از ۲۵۰ تـا ۵۰۰ میلیمتـر بـوده و امکـان نصـب دریچه‌های آبیاری روی آنها در فواصل مورد نیاز وجود دارد. برای استفاده از این لوله ها بهتر است مسیر استقرار آنها توسـط تراکتـور آماده سازی شود بگونه ای که امکان باز کردن لوله ها در اسرع وقت و بطور همزمان وجود داشته باشد. ضمناً باید پستی و بلنـدی در مسیر استقرار این لوله ها وجود نداشته باشد. دبی در این لوله ها ۲۵٪ کمتر از لوله های هم قطر آلومینیومی و PVC اسـت زیـرا در فشار کم، امکان ایجاد مقطع دایره ای در آنها وجود ندارد.

این نوع لوله ها بسیار ارزانتر از لوله های آلومینیومی و PVC و . . . است ولی فقط می‌توان آنها را برای یک فصل آبیـاری بکـار برد. نکاتی که بایستی در مورد لوله های آبرسانی و آبیاری کم فشار سطحی مورد توجه قرار گیرد عبارتند از :

الف ـ کنترل جریان به نحوی انجام شود که فشار منفی در سیستم ایجاد نشود. بدین منظور:

۱ ـ در صورتیکه از سیستم پمپاژ استفاده و از چاه آبگیری میشود، بایستی در ابتدای لوله از شیر یکطرفه استفاده شود.

۲ ـ امکان ورود هوا به سیستم در هنگام توقف ناگهانی پمپ به لوله داده شود. این کار را می توان با نصب یـک لولـه عمـودی (با قطر حداقل $\frac{1}{4}$ قطر لوله اصلی) قبل از شیر یکطرفه عملی کرد.

۳ ـ شیرهای موجود در بالادست لوله در شرایطی که آب با سرعت زیادی در لوله جریان دارد به آرامی بسته شوند.

ب ـ در شروع استفاده از لوله ها به گونه ای عمل شود که فشار مثبت ناگهـانی در پـایین دسـت ایجـاد نشـود. بـرای دستیابی به این امر باید :

۱ ـ شیرهای بالادست به آرامی باز شوند تا لوله به آهستگی پر شود.

۲ ـ تعدادی از دریچه ها در شروع کار باز باشند.

۳ ـ قبل از قطع جریان در لوله دریچه های آبیاری بسته نشوند.

ج ـ برای پرهیز از تراکم هوا در لوله، در قسمتهایی که دریچه ندارد و در عین حال در بلنـدترین قسـمت مسـیر واقـع است، یک شیر ورود و خروج هوا[1] نصب شود..

1- Air Relief Valve

۳-۴-۸-۲- سیستم لوله های مدفون[1]

۳-۴-۸-۲-۱- لوله های پلاستیکی

فراوانی لوله های پلاستیکی و سبک و انعطاف پذیر، کاربرد این لوله ها را بعنوان جایگزین مناسبی برای کانالهای بتنی در انتقال آب مطرح نموده است. جنس لوله ها ممکنست PVC ABS[2] یا PE باشد.

لوله های PVC در دو اندازه عمومی تولید میشوند: اندازه مطابق با لوله های فلزی Iron Pipe Size (IPS) و اندازه مخصوص لوله های آبیاری Irrigation Pipe Size (PIP).

لوله های IPS دارای قطر خارجی مطابق لوله های فلزی بوده، در حالیکه لوله های PIP دارای قطر کمتری نسبت به لوله های فلزی هستند. بنابراین لوله های PIP دارای ظرفیت کمتری (۱۸ درصد در لوله های ۱۰۰ میلیمتری و ۸ درصد در لوله های ۳۰۰ میلیمتری) نسبت به لوله‌های IPS می باشند.

فشار قابل تحمل برای لوله ها بستگی به SDR[3] یعنی نسبت قطر لوله به حداقل ضخامت دیواره لوله دارد. لوله های مناسب برای آبیاری با SDR های مختلف تولید میشوند و SDR های ۴۰ ، ۸۰ و۱۲۰ نیز برای لوله های IPS در دستور کار تولید کنندگان قرار دارد.

در تعیین SDR لوله های PVC و ABS قطر خارجی و در لوله های PE قطر داخلی بکار میرود. لوله های PVC آبیاری (PIP) با SDR ۸۱ و SDR ۶۴ شناخته میشوند.

- محاسبات هیدرولیکی و افت فشار با استفاده از رابطه هیزن ـ ویلیامز انجام میشود. مقدار C در لوله های پلاستیکی ۱۴۰ درنظر گرفته میشود.
- کانالهای حفر شده برای قرار دادن لوله ها بایستی با کف صاف ، محکم و یکنواخت و عاری از صخره و سنگ باشد. در صورتیکه در مسیر لوله ، صخره وجود داشته باشد، باید مسیر دیگری برای حفاری انتخاب گردد.
- کف کانال بایستی با ماسه پر شود و اینکار تا ارتفاع بالای قطر لوله ادامه یابد.
- عرض کانال باید به اندازه ای باشد که امکان نصب اتصالات و پر کردن خاک و کوبیدن آن فراهم باشد. حداقل و حداکثر عرض کانال در جدول ۳-۱۹ آورده شده است .

1- Buried Low Pressure Systems
2-Acrylonitrile – Butadiene Styrene (ABS)
3- Standard Dimension Ratio (SDR)

جدول شماره ۳-۱۹ ـ حداقل و حداکثر عرض کانال برای قرار دادن لوله زیرزمینی

اندازه لوله		عرض کانال (ترانشه)			
		Minimum		Maximum	
mm	inch	mm	inch	mm	Inch
100	4	400	16	750	30
150	6	450	18	750	30
200	8	500	20	750	30
250	10	550	22	750	30
300	12	600	24	750	30
350	14	650	26	750	30
400	15	700	27	750	30

- عمق کانال (ترانشه) باید کافی باشد تا امکان خاکریزی کافی روی لوله (۰/۷۵ تا ۱/۲ متر) بوجود آید. این خاکریزی موجب حفاظت لوله ها در مقابل فشارهای ناشی از عبور ترافیک ، یخ زدگی و شکاف در خاک می گردد. خاکریزی بیش از اندازه ممکنست باعث بار اضافی روی لوله و شکستگی آن شود.
- در صورتیکه لوله از اراضی پست عبور نماید، لازم است روی لوله به اندازه کافی خاکریزی شود. عرض بالای خاکریزی در چنین شرایطی نباید از ۳ متر کمتر باشد. شیب جانبی خاکریزی باید ۱ : ۶ (۱ قائم و ۶ افقی) درنظر گرفته شود.
- برای جلوگیری از جداشدن لوله ها یا اتصالات از یکدیگر در اثر جریان معکوس در لوله، لازم است بلوکهای بتنی در قسمتهای حساس (محور جریان در اطراف اتصالات و یا در گوشه بیرونی زانوئی ها) ایجاد گردد.
- برای اطمینان از آب بندی لوله ها بایستی ابتدا آنها را با آب پر نمود و درصورتیکه در قسمتهایی از اتصالات نشتی وجود داشته باشد اصلاحات لازم بعمل آید و رفع نقص گردد. پس از آب بندی نسبت به خاکریزی و تراکم آن در ترانشه ها اقدام گردد. یادآوری میشود درحین خاکریزی نیز باید لوله ها پر از آب باشند تا در اثر فشار ناشی از عملیات خاکریزی شکسته نشوند. خاکریزی ترانشه ها و تراکم آن با اضافه کردن آب به خاک تا حالت اشباع کامل باید ادامه یابد. بعد از اشباع کامل خاک به آن فرصت داده میشود تا خشک شده و سپس روی آن خاکریزی نهایی انجام شود.
- حفاظت لوله ها در مقابل فشار منفی و فشارهای مثبت ناشی از برگشت موج Surge باید مورد توجه قرار گیرد و علاوه بر مواردی که در مورد لوله های سطحی اشاره شد نکات دیگری را در آن ملحوظ نمود از جمله :
  - ★ استفاده از شبکه آشغالگیر در ورودی این لوله ها جهت جلوگیری از ورود آنها به لوله و انسداد مسیر جریان
  - ★ بازدید های منظم روزانه ورودی ها و تمیز کردن شبکه آشغالگیر
- برای اندازه گیری میزان آب جاری شده در لوله ها، کنتور حجمی در ابتدای لوله و بعد از لوله عمودی ورود هوا یا شیر هوا نصب گردد. در محل نصب کنتور بایستی حداقل طول مستقیم لوله در پایین دست معادل ۱۰ برابر قطر لوله باشد یعنی در لوله ۳۰۰ میلیمتری، کنتور در نقطه ای نصب خواهد شد که در پایین دست آن حداقل ۳ متر مسیر مستقیم (بدون زانو

یا شکستگی کوچکتر و یا تغییر قطر) وجود داشته باشد. محل نصب کنتور باید بگونه ای باشد که امکان باز و بسته نمودن آن جهت تعمیرات به آسانی فراهم باشد.

۳-۴-۸-۲-۲- لوله های بتنی

قبل از استفاده از لوله های آلومینیومی و پلاستیکی لوله های سیمانی غیر مسلح در سطح وسیعی کاربرد داشته است. این لوله‌ها با قطرهای ۱۵۰ تا ۶۰۰ میلیمتر و گاهی بیشتر تولید میشوند. در برخی از انواع این لوله ها اتصال بـه یکـدیگر توسـط کوپلینگهـای مخصوص انجام می‌شود ولی غالباً برای اتصال لوله های سیمانی از ملات سیمان استفاده میگردد. موارد زیر باید در مورد لولـه هـای بتنی رعایت شود:

- کانالهای حفر شده برای جاگذاری لوله های بتنی باید به اندازه کافی عمیق باشد تا امکان خـاکریزی روی لولـه بـه میـزان ۰/۶ متر فراهم گردد.
- در صورتیکه خاک مسیر کانال دارای سنگ و صخره باشد و یا دارای خواص تورم پذیری و انقباض باشد ، حفاری بیشتری انجام و با خاک مناسب تا سطح مورد نظر پر و سپس لوله‌گذاری و خاکریزی و تراکم انجام میشود.
- عرض کانال باید بگونه ای در نظر گرفته شود که امکان عملیات نصب لوله و اتصالات به آسانی فراهم باشد. قبل از انجام عملیات نصب بایستی آب کانال (در صورت وجود) تخلیه شود.
- در زمان نصب لوله ها و اتصالات بایستی دقت کافی بعمل آید تا آلودگی های موجود در محل اتصال برطرف گردد تا بعـد از نصب، نشتی وجود نداشته باشد.
- بعد از نصب لوله ها و اتصالات بلافاصله بایستی اطراف لوله ها خاکریزی و کوبیده شود.
- قبل از خاکریزی و تراکم روی لوله ها، نبایستی جریان آب در لوله ها برقرار شود.
- بعد از آبگیری لوله، باید بررسیهای لازم در مورد عدم وجود نشتی در طول مسیر انجام شود و این عمل تـا ۲ هفتـه ادامـه یابد. در صورت وجود قطعات دارای نشتی نسبت به اصلاح و تعویض آنها اقدام گردد.
- آبگیری و بهره برداری آزمایشی باید با فشار کار مورد نظر انجام گردد و بررسـیهای لازم درمـورد عملکـرد صـحیح بـدون جریانهای برگشتی Surge و ضربه قوچ و سرریز نمودن آب از لوله های عمودی (Stand) بعمل آید.
- در اتصال پمپ به خط انتقال احداث شده با لوله های سیمانی باید دقت لازم بعمل آید تا لرزشهای پمپ به سازه اتصـال و خط لوله منتقل نشود.
- در استفاده از کودهای شیمیائی باید دقت لازم معمول شود چون کربنات کلسیم در لوله‌ها رسوب مینماید. همچنین غلظت سولفات آلومینیوم نباید از ۰/۱ درصد تجاوز کند. درصورت استفاده از این کودها بلافاصله پـس از اسـتفاده بایـد خـط لولـه شستشو شود.

گاهی لوله‌های سیمانی مورد استفاده در آبیاری را در محل کارگاه تولید مینمایند.

۳-۴-۸-۲-۳- لوله های آزبست سیمان[1]

لوله‌های آزبست سیمان در خطوط انتقال با فشار بالا کاربرد زیادی دارند، ولی این لوله ها را با فشار کم نیز تولید می نمایند که در آبیاری قابل استفاده می باشد.

کلاسهای مختلف آزبست سیمان برای مصارف گوناگون تولید میشوند که در ایران به کلاسهای D,C,B,A مشهورند. این لوله ها از قطر ۱۵۰ تا ۶۱۰ میلیمتر تولید و در دسترس هستند. قطرهای بالاتر را نیز میتوان سفارش داد.

لوله‌های آزبست سیمان با قطر داخلی معرفی میشوند بعبارت دیگر قطر اسمی این لوله ها معرف قطر داخلی آنهاست. در این لوله ها نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- محاسبه افت در این لوله با فرمول هیزن ـ ویلیامز یا اسکوبی Scobey انجام میشود.
- ضریب افت در فرمول هیزن ـ ویلیامز C=140 و در فرمول Scobey ، K_S=0/32 در نظر گرفته میشود.
- طول لوله ها معمولاً ۴ متر و دو سر آن در کارخانه ماشین کاری میشود تا با دقت کافی و به راحتی در رابط ها و اتصالات (Coupling) جا بگیرند.
- اتصال لوله‌ها به یکدیگر در داخل کانال (ترانشه) انجام میگیرد. اتصالات دیگر نظیر زانوئی، تبدیل ، سه راهی ، رایزرهای سطحی و . . . در کارخانه و معمولاً از جنس چدن تولید می شوند.
- این لوله ها مقاومت خوبی در مقابل فشار بار خارجی از خود نشان میدهند ولی به هر صورت لازم است خاکریزی روی لوله حداقل ۰/۶ متر باشد.
- لوله های آزبست سیمان بعد از نصب مانند لوله های PVC باید از نظر نشت و . . . مورد بازرسی و کنترل و در صورت نیاز اصلاح و تعمیر گردند.

۳-۴-۸-۲-۴- لوله های جدید

اخیراً برای آبرسانی از لوله های دیگری که ویژگیهای خوبی در مقابل عوامل مخرب از خود نشان میدهند، استفاده میشود، مثل فایبرگلاس ,GRP ، لوله های آلومینیومی با پوشش وینیل و غیره . هنوز این لوله ها جایگاه خود را در سطح وسیعی نیافته اند.

۳-۴-۸-۳-آبگیری لوله های آبیاری از پمپ

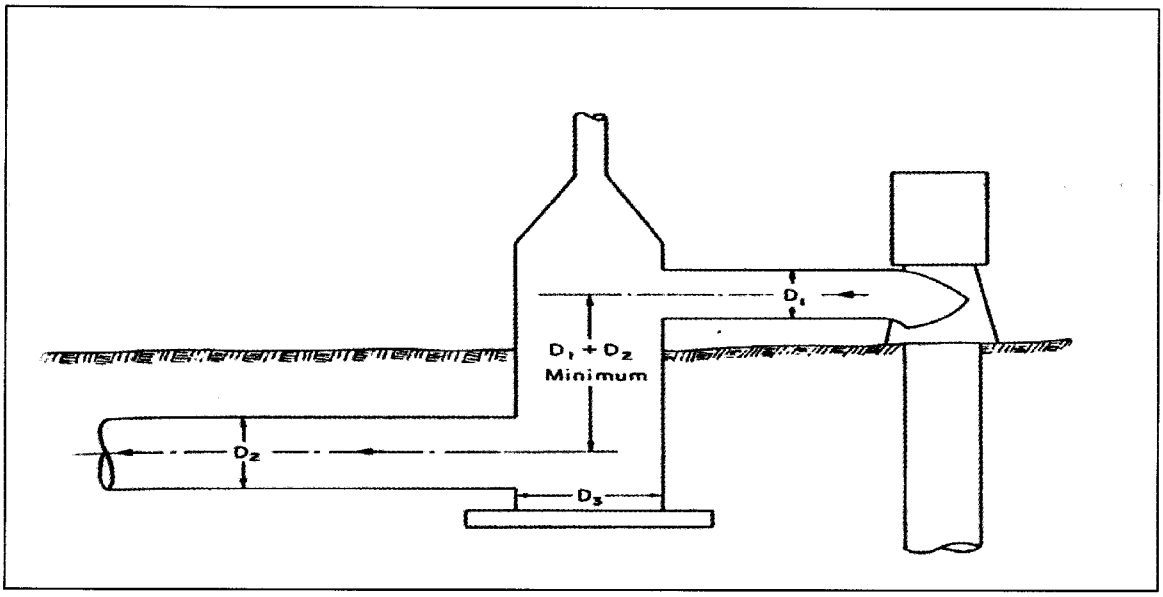
در صورتیکه خط لوله مستقیماً از پمپ آبگیری نماید، لازم است در محل اتصال یک لوله عمودی[2] مشابه آنچه که در شکل شماره ۳-۲ نشان داده شده است نصب گردد. این لوله را می‌توان از جنس بتن مسلح یا فلز ساخت . قطر داخلی این لوله عمودی (D_3) باید آنقدر بزرگ باشد تا سرعت جریان رو به پایین در لوله از ۰/۶ متر در ثانیه تجاوز ننماید. همچنین قطر لوله در بالای قسمت عمودی در صورتیکه از اندازه کوچکتری انتخاب شده باشد باید آنقدر بزرگ باشد که در صورت سرریز جریان سرعت آن از ۳ متر در ثانیه تجاوز نکند(در شرایط حداکثر آبدهی پمپ).

1-Asbestos - Cement Pipe
2- Stand Pipe

- نحوه اتصال Stand و خروجی پمپ باید بگونه ای باشد که ارتعاشات پمپ به Stand ولوله آبیاری منتقل نشود.
- محل نصب لوله های خروج هوا

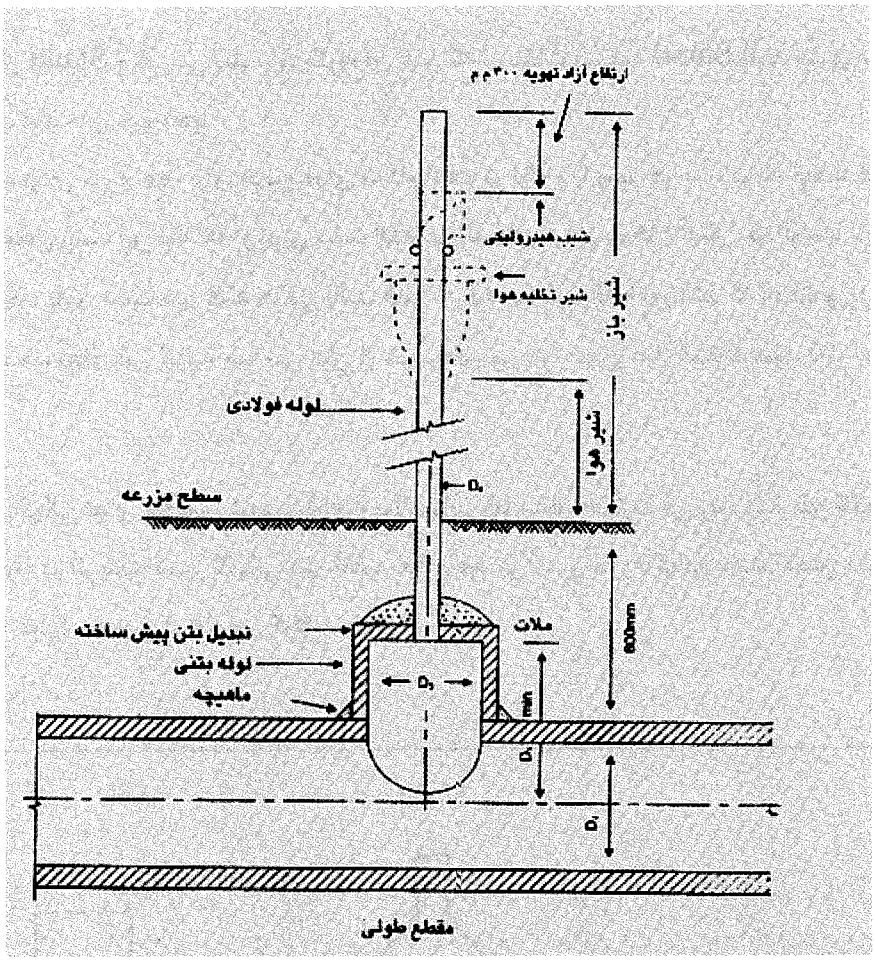
نصب لوله‌های عمودی خروج هوا[1] برای خروج هوای به دام افتاده در لوله و یا ورود هوا در شرایط ایجاد فشار منفی در خط انتقال ضرورت دارد. محل نصب این لوله ها در پایین دست انشعاب لوله های فرعی ، محل اتصال چند لوله یا محل تغییر قطر لوله یا شیب خط لوله و بالاخره پایین دست شیر فلکه ها می باشد. قطر این لوله ها باید بگونه ای باشد که اجازه ورود و خروج هوا را با سرعت ۰/۳ m/s بدهد. بجای این لوله ها می توان از شیرهای ورود و خروج هوا[2] استفاده نمود. قطر این شیرها باید حداقل $\frac{۱}{۳}$ قطر لوله باشد.

- آزاد شدن ناگهانی هوای محبوس شده در لوله به سازه های خط انتقال خسارت می زند. فشارهای ناگهانی بیش از ۴ برابر فشار کار لوله در اثر بسته شدن ناگهانی شیر تخلیه هوا بوجود می آید و بطور ناگهانی باعث کاهش سرعت جریان آب در پشت توده هوای محبوس در لوله می گردد.



شکل شماره ۳-۲ ـ نحوه اتصال Stand به لوله برای کنترل فشار

1- Vents
2-Pressure - Vaccum Releif Valve



شکل شماره ۳-۳- Vent برای تخلیه هوا در لوله های کم فشار.

(شیر تخلیه هوا بصورت جایگزین Vent با خط چین نشان داده شده است)

ابعاد و اندازه های لوله خروج هوا به تناسب لوله اصلی در شکل شماره ۳-۳- نشان داده شده است. آنچنانکه بـه تجریـه ثابـت شده است باید قطر لوله Air Vent حدود ۰/۰۱ قطر لوله اصلی باشد تاخروج هوا به آرامی انجام گردد. پرکردن لوله اصلی بـا آب بایـد با سرعت حداکثر m/s ۰/۷ انجام گردد.

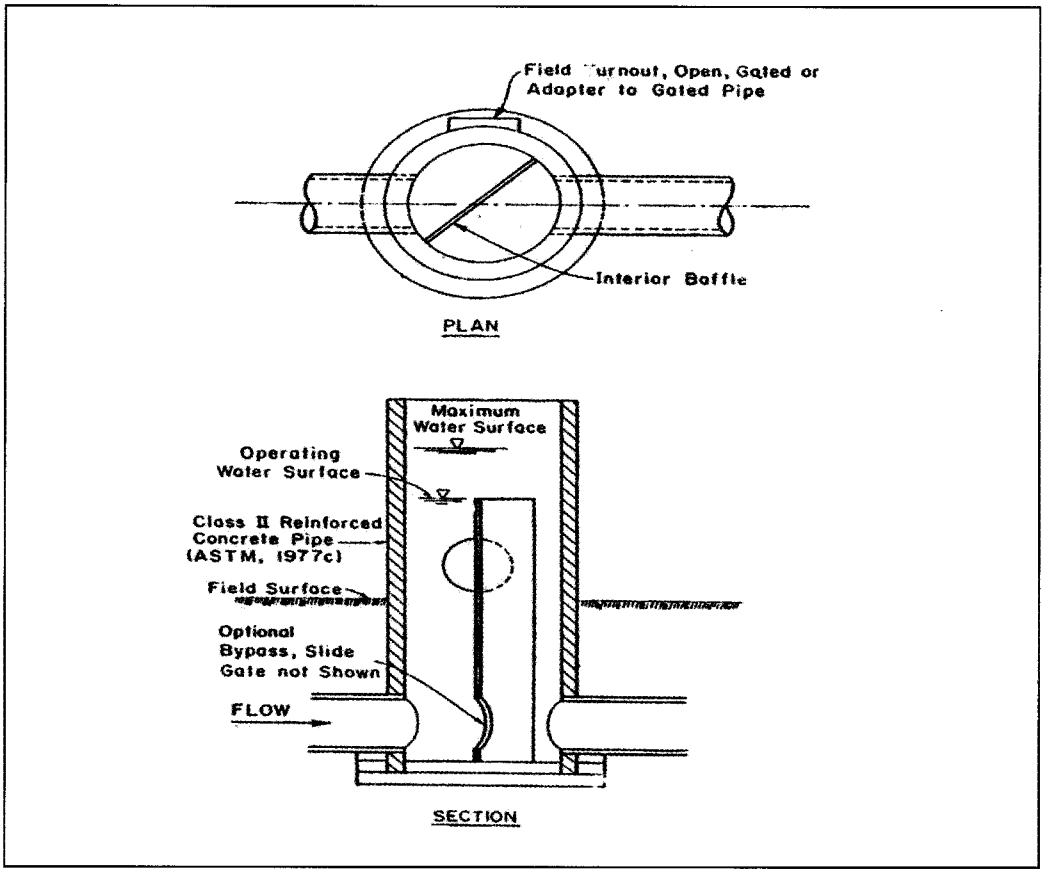
۳-۴-۹-نصب شیر آلات روی لوله های زیرزمینی کم فشار توسط Gate Stand

نصب لوله های عمودی برای مقاصد مختلف از جمله تنظیم جریان توسط شیر فلکه و ورود و خروج هوا کاربرد دارند. چنـد نـوع Stand در شکلهای شماره ۳-۴، ۳-۵ و ۳-۶ نشان داده شده‌اند.

این سازه ها ممکنست با دریچه آبگیر[1] و یا بدون آن باشد. گاهی لازم است برای تخلیه آب لوله از یـک کنارگـذر بهمـراه شـیر فلکه استفاده شود. این سازه ممکنست علاوه بر تخلیه آب، در پایان فصل آبیاری برای تخلیه رسوب نیز بکار گرفته شود.

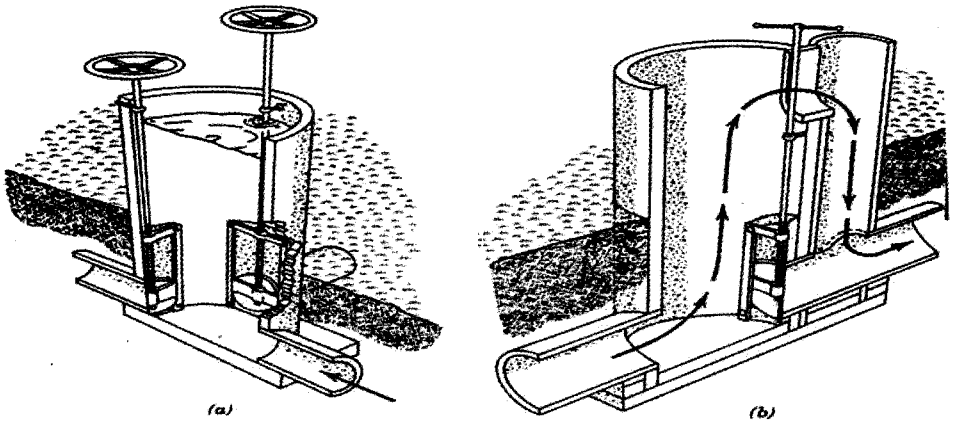
1- turnout

- قطر Stand باید بقدر کافی بزرگ باشد تا امکان بازدید و تعمیر دریچه های نصب شده در داخل آن وجود داشته باشد. معمولاً در پایین دست Stand لوله دیگری بمنظور هواگیری لوله پایین دست نصب میگردد. ابعاد و مشخصات این سازه در شکل شماره ۳-۷ ارائه شده است . یک نوع Stand دیگر که در آن یک دریچه قابل کنترل نصب شده است در شکل شماره ۳-۸ نشان داده شده است. در این نوع Stand عملاً می توان فشار کار لوله پایین دست را بخوبی کنترل نمود. همچنین امکان خودکار نمودن عملکرد شیرهای نصب شده را فراهم کرد . بدین منظور از شیرهای خودکار استفاده می شود که با بالا و پایین رفتن سطح آب، بازشدگی مسیر جریان را کم و زیاد می نمایند و در عین حال سطح آب در Stand را ثابت نگه می دارند (فشار ثابت در پایین دست). در شکلهای ۳-۹، ۳-۱۰ و ۳-۱۱ چگونگی آبگیری از لوله‌های کم فشار مدفون نشان داده شده است. همچنین در شکل ۳-۱۲ نحوه کنترل سطح آب (فشار آب) در بالادست توسط یک شیردستی ارائه شده است.
- لوله های تخلیه هوا و لوله های عمودی کنترل جریان[1] باید حداقل ۳۰سانتیمتر بلندتر از حداکثر سطح آب (خط شیب هیدرولیکی) باشد و همچنین ۱/۳ متر بالاتر از سطح زمین قرار بگیرند.حداکثر ارتفاع این لوله ها نباید از بار آبی مجاز برای کار لوله های زیرزمینی بیشتر باشد.

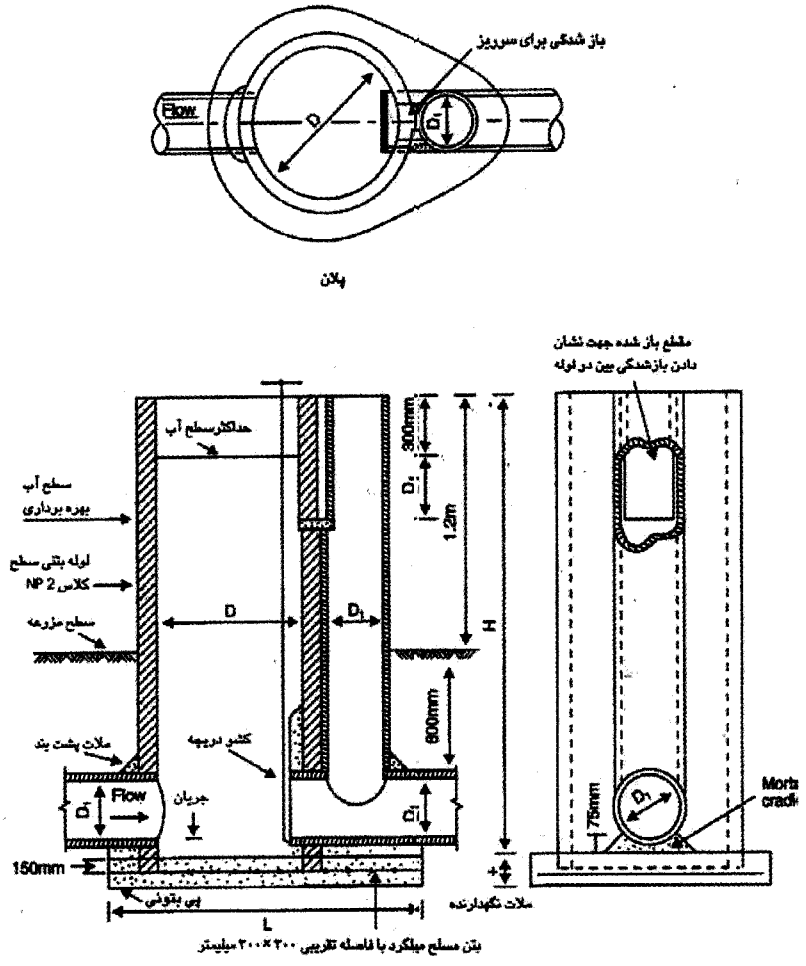


شکل شماره ۳-۴- یک Stand Pipe برای تنظیم فشار و یا آزاد نمودن آب توسط By Pass در لوله‌های کم فشار همراه با آبگیر مزرعه

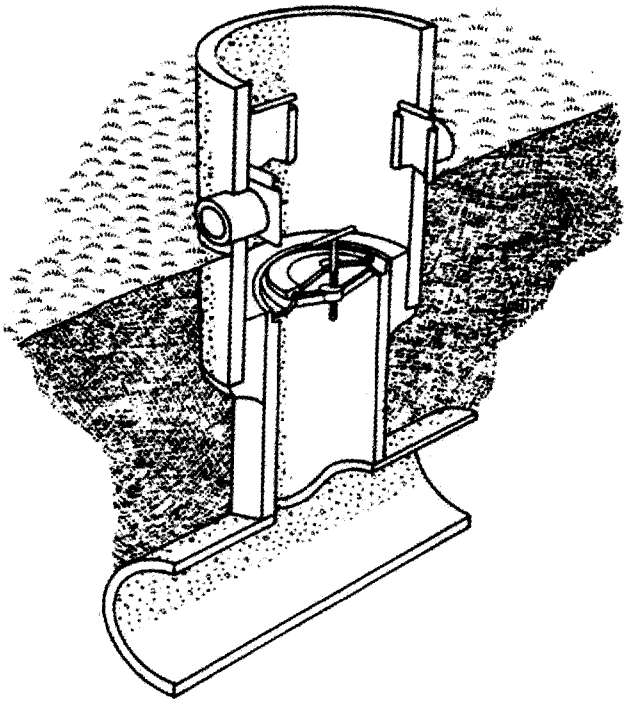
1- Open Air Vents and Stands



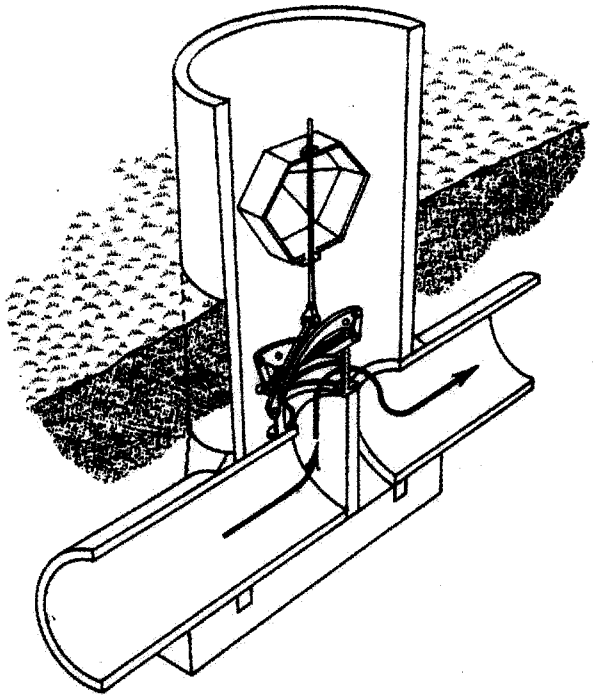
شکل شماره ۳-۵- یک Stand دارای شیر کنترل جریان (a) و Stand دیگر با جریان کنترل شونده توسط سرریز (b)



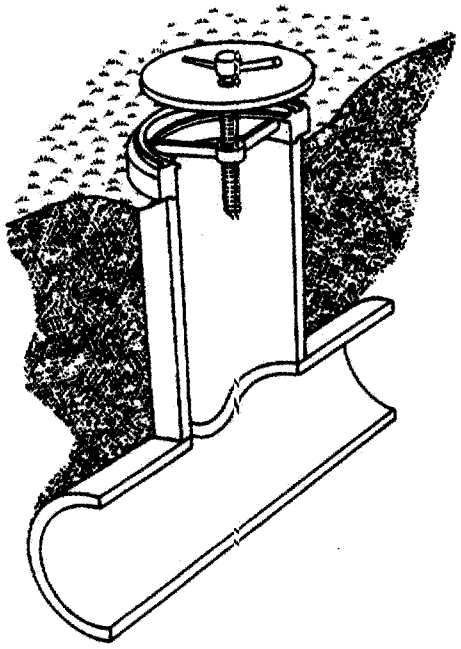
شکل شماره ۳-۶- یک ابنیه برای آبگیر مزرعه و کنترل سطح آب توسط یک همریز و همچنین کنترل جریان مستقیم به پائین دست توسط یک شیر که در مواقع لزوم امکان تخلیه کامل آب خط لوله کم فشار را فراهم می‌کند.



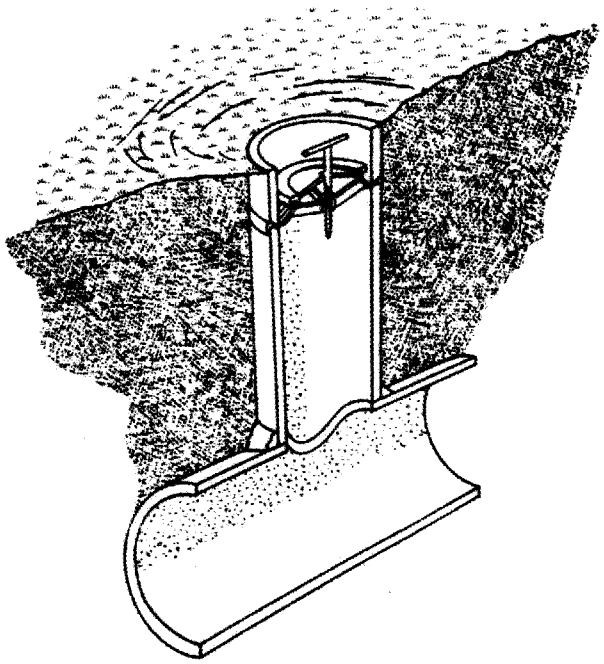
شکل شماره ۳-۷- آبگیری از یک Stand توسط دریچه‌هائی که توسط کشوهای داخل Stand قابل کنترل هستند. ضمناً کل جریان توسط شیر اصلی قابل قطع و وصل می‌باشد



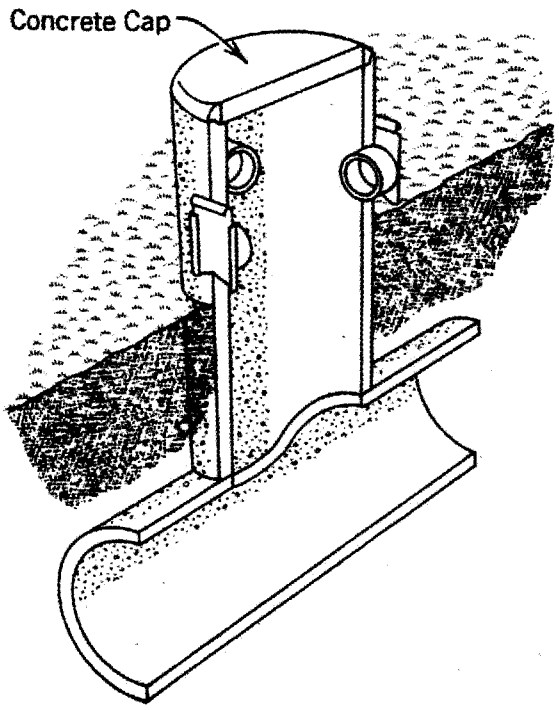
شکل شماره ۳-۸- نمایش یک Stand همراه با شیر شناور که جریان آب را به طور خودکار کنترل می‌نماید.



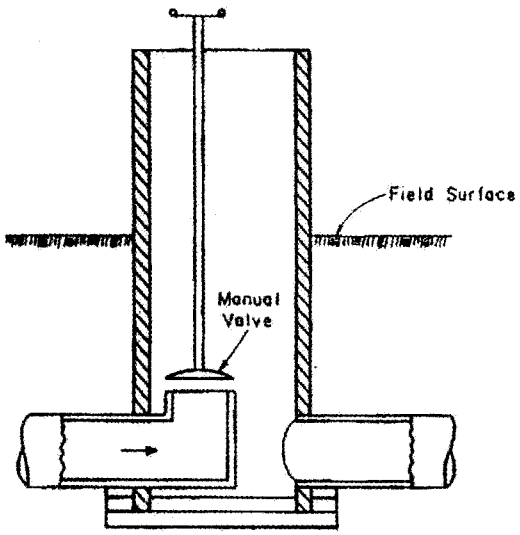
شکل شماره ۳-۹- یک شیر alfalfa تصب شده روی یک Stand برای آبگیری مزرعه



شکل شماره ۳-۱۰- آبگیری مزرعه توسط شیر از نوع
Orchard Valve



شکل شماره ۳-۱۱- آبگیری مزرعه از stand توسط دریچه‌هایی که از بیرون توسط یک کشو قابل کنترل هستند.



شکل شماره ۳-۱۲- یک Stand برای لوله‌های کم فشار که در آن از یک شیر برای کنترل بارآبی (Head) در بالادست استفاده شده است. ضمناً ارتفاع Stand فشار در پائین دست را محدود می‌نماید.

۳-۴-۱۰-رایزرهای مخصوص آبگیری[1]

همانگونه که توضیح داده شد از Gate Stand ها بعنوان آبگیر هم می توان استفاده نمود. دریچه های روی این لوله های عمودی را می توان به لوله های دریچه دار سطحی متصل نمود و یا اینکه جریان خروجی از آنها را مستقیماً به زمین زراعی وارد کرد.

- نوع دیگری از رایزرها وجود دارد که از سطح زمین بالاتر قرار نمی گیرند. این نوع رایزرها برای کار ماشین آلات کشاورزی مانع ایجاد نمی نمایند. جنس این رایزرها معمولاً مشابه جنس لوله های زیرزمینی است. جریان آب در این رایزرها با شیرهای مخصوص بنام Alfalfa Valve کنترل میشود. با این رایزرها می توان آب را مستقیماً به زمین وارد نمود و یا توسط یک هیدرانت آن را به لوله های دریچه دار متصل کرد. بهرحال در این نوع رایزرها امکان اتوماسیون برای کنترل بار آبی وجود ندارد.
- مقدار جریان در شیرهای Alfalfa توسط فرمول روزنه حساب میشود که در آن ضریب C از رابطه $C=0.79V^{-0.123}$ بدست می آید (V سرعت جریان به متر در ثانیه).
- اتوماسیون این نوع شیرها توسط سیستمهای کنترل بادی[2] امکان پذیر است بدینصورت که با تنظیم زمان باز و بسته شدن شیرها روی سیستم کنترل جریان باد بالشتک های هوا را فشرده یا آزاد و نهایتاً دریچه ها را باز یا بسته می نماید.

توصیه های ایمنی: تمام لوله های عمودی کنترل جریان (Stands) باید آنقدر بلند ساخته شوند که کودکان نتوانند وارد آن بشوند . همچنین با پوشش دادن دهانه آنها از ورود آشغالهای قابل انتقال توسط باد و همچنین حیوانات کوچک به لوله ها جلوگیری شود.

1-Turnout Risers
2-Pneumatic

۳-۴-۱۱- بهره برداری و نگهداری لوله های کم فشار

۱ ـ تمام لوله‌های مدفون کم فشار باید قبل از اینکه ترانشه خاکریزی و کوبیده شوند از نظر نشتی آب بازرسی و کنترل شوند.

۲ ـ لوله ها باید با آب پرشده و تمام دریچه های خروجی بسته شود و با فشار مورد نظر (فشار کار سیستم) کنترلهای لازم از نظر نشت آب، شکستگی و غیره به عمل آید.

۳ ـ قسمتهای معیوب بایستی تعمیر و یا جایگزین گردد.

۴ ـ لوله های پلاستیکی در حین خاکریزی باید پر از آب باشند تا مقاومت لازم در مقابل فشارهای ناشی از خاکریزی و کوبیدن در لوله ها فراهم باشد.

۵ ـ خطوط لوله حداقل سالی یکبار مورد بازرسی و کنترل قرار بگیرد.

۶ ـ در صورت وجود خیس شدگی در مسیر لوله ها، ممکنست نشت از اراضی اطراف باشد؛ در غیر اینصورت باید لوله ها کنترل شوند.

۷ ـ نشتی های کوچک در لوله های سیمانی را میتوان با تمیز کردن آن قسمت و پوشش آن با بتن مناسب برطرف نمود، ولی در مورد نشت آب بصورت وسیع باید نسبت به تعویض لوله های معیوب اقدام کرد.

۸ ـ در زمستان تمام خروجیهای لوله های بتنی باید بسته شود تا از ورود هوای سرد به داخل لوله ها جلوگیری شود.

۹ ـ نشت های کوچک در لوله های پلاستیکی را می توان با استفاده از اتصالات مخصوص این کار برطرف نمود ولی اتصالات را در صورت وجود نشت باید تعویض کرد.

۱۰ ـ قطعات لوله معیوب را با استفاده از اتصالات ویژه باید اصلاح نمود چون تعویض یک قطعه لوله افقی امکان پذیر نیست.

۱۱ ـ در صورت استفاده از آب کانال برای آبیاری سطحی، رسوبات در این لوله ها تجمع یافته و موجب بروز مشکلاتی خواهدشد. لذا قبل از جابجائی لوله ها لازم است آنها را با آب شستشو و رسوبات را تخلیه نمود.

۱۲ ـ عمر مفید لوله های مدفون در صورت بهره برداری صحیح ۱۵ سال درنظر گرفته می شود. هزینه‌های سالانه بهره برداری و نگهداری آنها حدود ۱ درصد هزینه های نصب برآورد میشود.

فصل چهارم

تسطیح اراضی کشاورزی

۴-۱- کلیات

۴-۱-۱- دامنه کار

این ضوابط طراحی شامل تسطیح اراضی کشاورزی برای آبیاری سطحی است؛ از این رو، سایر موارد تسطیح از قبیل تسطیح اراضی جهت احداث ساختمان های مسکونی یا اداری و نیز تسطیح اراضی جهت ایجاد دریاچه یا استخرهای پرورش ماهی و سایر موارد را دربرنمی گیرد.

۴-۱-۲- هدف تسطیح اراضی کشاورزی

تسطیح اراضی کشاورزی به منظور یکنواختی پخش آب و افزایش راندمان آبیاری و نیز آسان سازی عملیات مکانیزاسیون کشاورزی در مراحل تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت و درنتیجه افزایش محصول در واحد سطح انجام می گیرد.

۴-۱-۳- عوامل مؤثر در طرح تسطیح

۴-۱-۳-۱- توپوگرافی

شکل ظاهری زمین طبیعی مهمترین عامل مؤثر در طرح تسطیح بشمار می رود. مناطق ناهموار و دارای شیب های غیر یکنواخت، نیاز زیادی به تسطیح داشته و اراضی هموار و کم شیب احتیاج چندانی به تسطیح ندارند.

۴-۱-۳-۲- منابع خاک

ارزش خاک زراعی و قابلیت کشت و کار در آن، از نظر شوری و قلیائیت و سایر موارد محدود کننده، عاملی مؤثر در انتخاب اراضی جهت تسطیح به شمار می رود و انتظار می رود اراضی تسطیح شده، پتانسیل کشت محصولات زراعی و باغی متناسب با گیاهان مورد نظر را داشته باشند. از طرف دیگر، عمق خاک زراعی در چگونگی اجرای تسطیح اراضی، تأثیر بسزایی دارد. اگر خاکبرداری در محدوده خاک زراعی انجام گیرد، نیاز به جمع آوری خاک زراعی و پخش آن پس از تسطیح نیست؛ ولی چنانچه حجم عملیات تسطیح به قدری باشد که باعث مدفون شدن خاک زراعی و به رو آمدن خاک های غیر زراعی گردد، لازم است که خاک زراعی قبل از تسطیح در یک قسمت جمع آوری گردد و پس از انجام عملیات تسطیح، برروی زمین تسطیح شده پخش شود. اگر اراضی موردنظر نیاز به جمع آوری سنگریزه و قلوه سنگ داشته باشد، بهتر است اینکار همراه با عملیات تسطیح انجام گیرد.

اضافه می‌گردد که مطالعات خاکشناسی یکی از پیش‌نیازهای مطالعات تجهیز و نوسازی بوده و طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی قطعه‌بندی متاثر از خصوصیات خاکها و اراضی می‌باشد که در بخش‌های مربوطه به آنها پرداخته شده است.

۴-۱-۳-۳- شبکه آبیاری و زهکشی

هماهنگی شبکه آبیاری و زهکشی، به خصوص شبکه فرعی و طرح تسطیح اراضی امری مسلم و اجتناب ناپذیر است. قابلیت سوار بودن آب در نقطه آبگیری از کانال درجه سه نسبت به رقوم ارتفاعی قطعه تسطیح شده از واجبات طرح تسطیح به حساب می آید. معمولاً میزان شیب و طول قطعه در جهت آبیاری نسبت معکوسی با هم دارند و در طراحی قطعه بندی اراضی و طراحی تسطیح می باید با توجه به روش آبیاری هماهنگ باشند. به این سبب بهتر است طراحی و اجرای شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی و طراحی و اجرای تسطیح اراضی به همراه هم انجام گیرد.

بعضی از قطعات زراعی از نظر جهت شیب غالب، با قطعات مجاور ناهماهنگ بوده و برای سازگار کردن آن با شبکه آبیاری، از نظر امکان سهولت آبیاری، نیاز به تغییر شیب، به صورت کاهش یا افزایش، و حتی تغییر جهت شیب در طرح تسطیح می باشد. این نوع تسطیح، حجم عملیات خاکی بالایی داشته و پرهزینه است. از این رو باید، در طراحی شبکه فرعی آبیاری، به این مهمّ توجه شود که تا حد ممکن از چنین مواردی اجتناب شود و با هماهنگ نمودن شبکه آبیاری نسبت به توپوگرافی موجود، تغییر شیب و یا تغییر ارتفاع کلی قطعه زراعی را به حداقل ممکن رسانید.

۴-۱-۳-۴- نوع محصول و روش آبیاری

محدودیت شیب در طرح تسطیح بستگی زیادی به نوع محصول و روش آبیاری دارد. مثلاً آبیاری غرقابی گیاه برنج احتیاج به قطعاتی بدون شیب دارد؛ ولی لزوم تسطیح و محدودیت شیب برای باغات میوه که به روش شیار ترازی[1] آبیاری می شود، از اولویت و اهمیت کمتری برخوردار است.

۴-۱-۳-۵- مالکیت اراضی

مساحت و شکل محدوده‌های مالکیت اراضی و نوع مالکیت، مسائل مهمی است که باید مدنظر طراح شبکه فرعی آبیاری و زهکشی و طراح تسطیح اراضی قرار گیرد. قطعات زراعی و قطعات تسطیح باید حتی‌المقدور هماهنگ با مالکیت‌ها باشد. در غیر اینصورت نحوه جایگزینی اراضی و همچنین نحوه بهره‌برداری از اراضی پس از اجرای طرح توسط مالکین، می‌باید از نظر حقوقی روشن شده باشد. این مشکلات اجتماعی در تمام طرح‌های تجهیز و نوسازی وجود دارد که بایستی قبل از اجرای طرح با توجیه و آموزش کشاورزان برطرف شود. این کار معمولاً به صورت تبادل نظر با مالکین و جلب رضایت تمامی افراد ذی نفع انجام می‌گیرد.

۴-۱-۳-۶- انتخاب زمان مناسب برای اجرای طرح تسطیح اراضی

دو مسأله مهم برای انتخاب زمان مناسب اجرای تسطیح اراضی وجود دارد. اول اینکه زمین خالی از محصول باشد و دوم اینکه رطوبت خاک بیش از حدی نباشد که کار ماشین‌آلات را دچار مشکل کند. لذا زمان مناسب، بستگی به شرایط آب و هوایی منطقه طرح و زمان برداشت محصول دارد. می‌توان گفت زمان مناسب برای اجرای تسطیح اراضی، پس از برداشت محصول و قبل از شروع بارندگی‌های متداول در منطقه طرح می‌باشد. در برخی موارد که از اراضی برای دو کشت در سال استفاده می‌شود، لازم است که با

1 -Contour Furrow

هماهنگی زارعین و در صورت لزوم پرداخت خسارت به آنها، یکی از کشت‌ها انجام نگیرد تا فرصتی برای اجرای طرح تسطیح اراضی بوجود آید.

۴-۱-۳-۷- برآورد ماشین‌آلات، نیروی انسانی و زمان لازم جهت اجرای طرح تسطیح

با توجه به میانگین توانائی پیمانکاران و مهارت رانندگان و همچنین نوع و قدرت ماشین‌آلات مورد استفاده، می‌توان گفت که در شرایط کنونی کشورمان هر راننده با یک دستگاه اسکریپر می‌تواند بطور متوسط روزانه حدود ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر مکعب خاکبرداری و خاکریزی انجام دهد. این حجم از عملیات خاکی تقریباً معادل ۴ هکتار تسطیح از نوع خیلی سبک و معادل ۰/۷ هکتار تسطیح از نوع خیلی سنگین است. از این رو می‌توان گفت که تسطیح ۲/۵ هکتار زمین بطور متوسط یک اسکریپر ـ روز کار لازم دارد؛ ولی بهتر است با توجه به سنگین یا سبک بودن تسطیح و به عبارت بهتر با درنظر گرفتن حجم کل خاکبرداری در یک پروژه تسطیح اراضی، میزان کار ماشین‌آلات برحسب اسکریپر ـ روز را برآورد کرد.

علاوه بر اسکریپر که اصلی‌ترین ماشین برای اجرای تسطیح اراضی به شمار می‌رود، بلدوزر و گریدر نیز ممکن است به کار رود. معمولاً در تسطیح‌های بسیار سنگین قبل از استفاده از اسکریپر یک تسطیح نسبی با بلدوزر به عنوان صرفه‌جوئی در کار اسکریپر انجام می‌گیرد و نیز ممکن است برای نرم و سست کردن خاکهای سفت به ناخن‌زنی با بلدوزر قبل از کار اسکریپر احتیاج باشد.

از ماشین گریدر معمولاً در انتهای کار برای تکمیل صافکاری استفاده می‌شود و نیز ممکن است تسطیح‌های خیلی سبک را تنها با ماشین گریدر و بدون احتیاج بر اسکریپر انجام داد. ماشینهای بلدوزر و گریدر مورد نیاز بسته به ویژگی‌های اراضی و طرح تسطیح به صورت درصدی از اسکریپر مورد نیاز برآورد می‌گردد. با درنظر گرفتن تعداد ماشین‌آلات و نیروی انسانی تحت اختیار پیمانکار، می‌توان زمان لازم برای اجرای یک پروژه تسطیح را برآورد کرد؛ ولی با توجه به محدودیت زمان اجرای تسطیح، بهتر است، ابتدا ماشین‌آلات موردنیاز تعیین شود تا پیمانکار موردنظر، خود را به آن تعداد ماشین‌آلات و راننده مجهز کند. در اجرای طرحهای نسبتاً بزرگ ممکن است پروژه تسطیح اراضی را به چند زیر پروژه تقسیم کرد و هرکدام از زیرپروژه‌ها را به یک پیمانکار واگذار نمود و یا هر زیر پروژه را در یک دوره زمانی مناسب به اجرا درآورد. در هر حال اطلاع و توافق قبلی کشاورزان جهت زمان اجرای تسطیح اراضی الزامی است.

۴-۱-۳-۸- هماهنگی با سایر عملیات طرحهای عمرانی

اجرای تسطیح اراضی ممکن است به همراه اجرای شبکه فرعی آبیاری و زهکشی و همچنین اجرای زهکشی زیرزمینی در دستور کار یک یا چند پیمانکار قرار گیرد. در هر صورت لازم است برنامه زمانی کلیه عملیات اجرایی را تحت یک مدیریت مجرب تهیه و پیاده نمود. رعایت موارد زیر جهت هماهنگی بخش‌های مختلف یک طرح شبکه فرعی آبیاری و زهکشی الزامی است:

۱- با توجه به دربرگیری کل سطح زمین در طرح تسطیح و همچنین محدودیت زمانی اجرای آن، می‌باید زمان اجرای طرح تسطیح در درجه اول تعیین شود و بقیه کارها براساس آن هماهنگ شود.

۲- اجرای زهکش‌های جانبی و جمع‌کننده‌های زیرزمینی بهتر است قبل از عملیات تسطیح اراضی صورت گیرد.

۳- اجرای کانال‌ها و زهکشهای درجه ۳ می‌تواند قبل یا بعد از تسطیح و یا هم زمان با آن باشد.

۴- لازم است اجرای کانال‌ها و زهکشهای روباز درجه ۴ بعد از اجرای تسطیح انجام گیرد.

۴-۲- ضوابط طراحی تسطیح اراضی

۴-۲-۱- تقسیم بندی نوع تسطیح

به منظور داشتن معیاری جهت ارزیابی عملیات تسطیح اراضی از نظر سبک یا سنگین بودن آن، تقسیم بندی زیر پیشنهاد می گردد:

جدول ۴-۱ ـ طبقه بندی نوع تسطیح اراضی کشاورزی

حجم خاکبرداری در واحد سطح (مترمکعب در هکتار)	نوع تسطیح
کمتر از ۲۰۰	احتیاج به تسطیح ندارد
۲۰۰ تا ۴۰۰	خیلی سبک
۴۰۰ تا ۷۰۰	سبک
۷۰۰ تا ۱۰۰۰	متوسط
۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	سنگین
۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰	خیلی سنگین
بیشتر از ۲۰۰۰	غیر اقتصادی

محدوده های ذکر شده در جدول بالا جهت مقایسه بوده و در صورت لزوم بسته به اهمیت طرح و محصولات زراعی می توان برای موارد کمتر از ۲۰۰ و بیشتر از ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار، نیز طرح تسطیح اراضی را اجرا نمود.

۴-۲-۲- نسبت خاکبرداری به خاکریزی

با توجه به اینکه حجم ظاهری خاک در اثر جابجائی افزایش می یابد و با توجه به خطای دید راننده ماشین آلات تسطیح و نیز با توجه به اینکه خاک سطحی، جرم حجمی کمتری نسبت به خاک زیرین دارد و چنانچه تجربه نشان می دهد، نسبت خاکبرداری به خاکریزی باید بیشتر از واحد درنظر گرفته شود.

اگر عملیات تسطیح در خاک رویی که دارای مواد آلی بوده و جرم حجمی کمتری دارد، انجام گیرد، تلفات خاک در جابجائی بیشتر خواهد بود و لازم است نسبت خاکبرداری به خاکریزی بزرگتر از حالتی باشد که عملیات خاکی در عمق زیادی صورت می پذیرد. نسبت خاکبرداری به خاکریزی در طرح تسطیح اراضی کشاورزی به شرح زیر پیشنهاد می گردد:

جدول ۴-۲ ـ رابطه نسبت خاکبرداری به خاکریزی با نوع تسطیح

نوع تسطیح	نسبت خاکبرداری به خاکریزی
خیلی سبک	۱/۴۶ تا ۱/۵۰
سبک	۱/۴۱ تا ۱/۴۵
متوسط	۱/۳۶ تا ۱/۴۰
سنگین	۱/۲۶ تا ۱/۳۵
خیلی سنگین	۱/۱۵ تا ۱/۲۵

خصوصیات فیزیکی خاک عامل دیگری است که در تعیین نسبت خاکبرداری به خاکریزی در نظر گرفته می‌شود. هر چه بافت خاک سنگین‌تر و عمق خاک زراعی بیشتر باشد، این نسبت باید بزرگتر شود. لذا در استفاده از این جدول، هرچه درصد رس و مواد آلی و همچنین عمق خاک زراعی زیادتر باشد، بهتر است از مقادیر بزرگتر محدوده‌های یادشده استفاده کرد و هر چه درصد ماسهٔ خاک زیاد باشد و مواد آلی آن کم و خاک زراعی آن کم عمق‌تر باشد، اعداد کوچکتر مد نظر قرار گیرد.

وجود آبراهه‌ها و یا گودی‌ها و همچنین خاکریزی‌های دستی و یا تپه‌های کوچک در قطعات تسطیح ممکن است بیش از حدی باشد که بتوان حجم خاکبرداری و خاکریزی را در هر قطعه تسطیح متعادل کرد و یا به عبارت بهتر نسبت حجم خاکبرداری به حجم خاکریزی را براساس ضوابط تنظیم نمود. در این صورت بهتر است ابتدا خاکهای اضافی موجود در قطعه تسطیح را به بیرون از آن منتقل نموده و در جای مناسبی ریخت و یا با تأمین خاک غیر زراعی از خارج از قطعه تسطیح، گودی‌ها یا آبراهه‌های موجود را پر کرد. در این صورت لازم است در طراحی تسطیح اراضی به یکی از دو شیوه زیر عمل شود:

الف- فرض رقوم زمین طبیعی به حالت پس از پر شدن گودی‌ها و یا برداشته شدن خاکهای اضافی قبل از طرح تسطیح

ب- کم کردن از حجم خاکبرداری ها یا حجم خاکریزی‌ها معادل حجم خاکهای اضافی و یا گودالها قبل از محاسبه نسبت خاکبرداری به خاکریزی.

با توجه به اینکه خاک زراعی برای احداث بدنه کانال و جاده سرویس مناسب نیست و از طرفی بهتر است از خارج کردن خاک زراعی از قطعات خودداری کرد؛ لذا توصیه می‌شود برای تأمین مصالح خاکی جهت احداث کانال درجه چهار و جاده‌های دسترسی به مزارع، از خاکهای حاصل از طرح تسطیح استفاده نشود.

جهت احداث کانال درجه چهار و جاده سرویس بین قطعات زراعی بهتر است از خاکهای حاصل از ایجاد زهکش درجه چهار استفاده شود و در صورت عدم کفایت و یا نا مناسب بودن آن مصالح خاکی مناسب از نزدیکترین منبع قرضه تأمین شود.

۴-۲-۳- محدودیت شیب

از ویژگیهای صفحه تسطیح، شیب آن در جهت آبیاری و در جهت نهر زراعی (کانال درجه ۴) است. محدودیت این دو شیب باید با توجه به نوع محصول و روش آبیاری و نیز شکل و اندازه قطعات آبیاری انتخاب شود.

به طور عمومی ، شیب در جهت آبیاری در محدوده صفر تا دو درصد و شیب در جهت نهر زراعی بین صفر تا ۰/۱ درصد قابل تغییر می باشد. در شرایط استثنائی، با درنظرگرفتن تمهیداتی مانند کوتاه کردن طول نشتی یا نوار در جهت آبیاری و بسته به بافت خاک، می توان شیب در جهت آبیاری را تا حدود ۳ درصد افزایش داد. شیب در جهت نهر زراعی را نیز به شرط مناسب بودن شیب در جهت آبیاری، می توان با استفاده از لوله های دریچه دار قدری بیش از محدوده ذکر شده درنظرگرفت. شیب مناسب در جهت آبیاری برای روشهای مختلف آبیاری سطحی در جدول شماره ۴-۳ ارائه شده است. در بخش آبیاری مجموعه ضوابط و تجهیز و نوسازی اراضی توضیحات بیشتری در این مورد داده شده است.

جدول ۴-۳- شیب مناسب در روشهای مختلف آبیاری سطحی در جهت آبیاری

روش آبیاری	شیب مناسب
کرتی (Basin)	۱-۰ در هزار
نواری (Border)	• مناسب تا ۵ در هزار • قابل قبول تا ۲۰ در هزار برای گیاهان غیر مرتعی • امکان‌پذیر تا ۴۰ در هزار برای گیاهان مرتعی
نشتی (Furrow & Corrugation)	• مناطق مرطوب تا ۳ در هزار • مناطق معمولی تا ۱۰ در هزار • مناطق خشک تا ۳۰ در هزار

۴-۲-۴- حداکثر رقوم ارتفاعی قطعه تسطیح

با درنظرگرفتن حدود ۰/۱۵ متر افت بار هیدرولیکی آبگیرهای درجه چهار و ۰/۱۵ متر اختلاف ارتفاع لازم جهت کارکرد مناسب سیفون های آبیاری و نیز عمق آب ۰/۱۰ متر در سطح زمین درحین آبیاری، می‌توان گفت که بلندترین نقطه یک قطعه تسطیح باید حداقل ۰/۴۰ متر پائین‌تر از رقوم سطح آب در کانال درجه۳ در محل آبگیری قطعه زراعی باشد. این اختلاف ارتفاع را می‌توان در شرایط استثنائی بین ۰/۲۰ تا ۰/۵۰ متر درنظرگرفت.

با هماهنگی طراحی شبکه فرعی آبیاری و طرح تسطیح اراضی، می توان با افزایش رقوم ارتفاعی سطح آب در کانال درجه ۳ و یا با پائین بردن حداکثر رقوم ارتفاعی قطعه تسطیح و یا هر دو، این اختلاف ارتفاع را تأمین نمود.

با توجه به اینکه طراحی شبکه فرعی آبیاری ممکن است بدون طرح تسطیح اراضی در دستور کار قرار گیرد، بهتر است شرایط توپوگرافی موجود در قطعات آبیاری بدون درنظرگرفتن وضعیت بعد از تسطیح، مدنظر قرار گیرد تا شبکه آبیاری چه بدون طراحی و اجرای تسطیح اراضی و چه با طراحی و اجرای آن، قابل بهره برداری باشد.

۴-۲-۵- تقسیم قطعه زراعی به چند قطعه تسطیح

چنانچه قبلاً ذکر شد، گرچه بهتر است یک قطعه زراعی بوسیله یک صفحه، تسطیح شود. ولی در شرایط توپوگرافی پرعارضه و ناهموار، گاهی لازم می گردد که با کوچک کردن قطعات تسطیح، حجم عملیات خاکی را کاهش داد. این امر به صورت تقسیم یک قطعه زراعی به دو یا چند صفحه تسطیح انجام می گیرد.

تقسیم قطعه زراعی به قطعات تسطیح، معمولاً در طول قطعه یعنی جهت نهر زراعی انجام می‌گیرد. در این صورت اولاً می باید شرایط حداقل و حداکثر شیب نهر زراعی در تمام قطعات تسطیح رعایت شود و ثانیاً اختلاف ارتفاع در محل اتصال دو قطعه تسطیح همجوار نباید بیش از حدی باشد که امر آبیاری را توسط یک آبیار نیمه ماهر با مشکل روبرو سازد و یا باعث شسته شدن خاک در فصل مشترک قطعات تسطیح شود.

تقسیم قطعه زراعی در عرض قطعات، یعنی در جهت آبیاری، متداول نیست ولی در صورت لزوم می توان آنرا با رعایت شرایط زیر انجام داد: اول اینکه فصل مشترک دو قطعه تسطیح می باید هم ارتفاع باشد، تا انجام آبیاری بدون شسته شدن خاک امکان پذیر باشد. دوم اینکه شیب جهت آبیاری در قطعه تسطیح پائین دست کمتر از شیب قطعه بالادست باشد. این امر حتی گاهی می تواند باعث افزایش راندمان آبیاری شده و اگر عکس آن اتفاق افتد ، راندمان آبیاری کاهش خواهد یافت.

۴-۲-۶- انواع صفحات تسطیح

در نگاه اول می توان صفحه تسطیح را سطح مستوی و یا سطح منحنی تصور کرد. طراحی و اجرای تسطیح به شکل منحنی غیر متداول و تجربه نشده است، ولی می توان گفت که از میان سطوح منحنی برخی قابل استفاده در طرح تسطیح نیستند. مثلاً سطح کروی اگر به صورت کاو باشد، باعث تجمع آب در وسط قطعه می گردد و اگر به صورت گوژ باشد، قسمتی از اراضی در وسط قطعه، به اندازه کافی آب نخواهد خورد.

مناسبترین سطح منحنی برای طرح تسطیح استفاده از مخروط می باشد. بخصوص در شرایط قرار گرفتن خط الرأس ها و خط القعرهای متوالی در توپوگرافی وضع موجود، استفاده از سطح مخروط گوژ و کاو، به صورت یک در میان، می تواند حجم عملیات خاکی را به طور مؤثر کاهش دهد.

درهرحال باید درنظر داشت که طراحی و اجرای طرح تسطیح اراضی به شکل سطوح منحنی به مراتب مشکل تر از سطوح مستوی بوده و احتیاط زیادی را می طلبد. همانطور که گفته شد، در این دستورالعمل، صفحات تسطیح منحنی مورد توجه قرار نمی گیرد.

۴-۲-۷- نحوه طراحی صفحه تسطیح مستوی

صفحه مستوی به صورت رابطه هندسی $z = ax + by + c$ بیان می گردد. در این رابطه x و y ، طول و عرض نقاط نسبت به مبدأ مختصات را نشان می دهد و z ارتفاع آنها را مشخص می سازد. ضرایب a و b شیب صفحه را به ترتیب در جهت محور x ها و y ها معین می کند و عدد c نشان دهنده ارتفاع صفحه در مبدأ مختصات می باشد. به عبارت دیگر، صفحه موردنظر از نقطه ای با مختصات (۰ , ۰ , c) عبور نموده و شیب آن در جهت افزایش طول جغرافیایی a و شیب آن در جهت افزایش عرض جغرافیائی ، b می باشد.

طراحی صفحه تسطیح در واقع، انتخاب بهترین صفحه با حداقل حجم عملیات خاکی، با رعایت محدودیت شیب ها و نسبت حجم خاکبرداری به خاکریزی و نیز امکان آبیاری با توجه به سطح آب موجود می‌باشد. روش های متعددی برای محاسبه صفحه تسطیح وجود دارد که در زیر چند روش مهم ارائه می گردد:

۴-۲-۷-۱- روش حداقل مربعات[1]

براساس این روش، صفحه ای که مجموع مربعات فواصل عمودی آن با نقاط سطح زمین حداقل می باشد، بهترین صفحه تسطیح است. در این روش، ابتدا مختصات مرکز ثقل سطح محاسبه می شود . با توجه به اینکه مرکز ثقل سطح مثلث روی هریک از میانه ها و به فاصله یک سوم طول آن از سمت قاعده می باشد ، با تقسیم یک چند ضلعی نامنتظم به مثلث ها می توان مرکز ثقل سطح آن چند ضلعی را محاسبه کرد. نمودار محاسباتی و برنامه کامپیوتری محاسبه مختصات مرکز ثقل چند ضلعی در پیوست شماره ۲ قابل ملاحظه می باشد. مشخصات صفحه تسطیح به روش حداقل مربعات به روش زیر محاسبه می گردد:

$a = s_x = \frac{\sum xz - nx_c z_c}{\sum x^2 - nx_c^2}$ = شیب صفحه تسطیح در جهت محور x ها

$b = s_y = \frac{\sum yz - ny_c z_c}{\sum y^2 - ny_c^2}$ = شیب صفحه تسطیح در جهت محور y ها

$c = z_c - ax_c - by_c$ ارتفاع صفحه تسطیح در مبداء مختصات

که در آنها :

n : تعداد نقاط ارتفاعی

x_c : طول مرکز ثقل سطح

y_c : عرض مرکز ثقل سطح

z_c : = $\frac{\sum z}{n}$ = میانگین ارتفاع نقاط

$\sum xz$: مجموع حاصلضرب طول و ارتفاع نقاط

$\sum x^2$: مجموع مربعات طول نقاط

$\sum y^2$: مجموع مربعات عرض نقاط

صفحه‌ای که بدین ترتیب محاسبه می شود ، از مرکز ثقل سطحی عبور می کند که در آن حجم خاکبرداری برابر با حجم خاکریزی است . برای رسیدن به نسبت حجم خاکبرداری به حجم خاکریزی مناسب، بایستی مقدار c را قدری کاهش داد. یعنی صفحه تسطیح را پایین تر برد . اینکار با استفاده از روش آزمون و خطا برای رسیدن به نسبت خاکبرداری به خاکریزی مناسب عملی می‌باشد.

۴-۲-۷-۲- روش نیمرخ میانگین[2]

این روش براساس حداقل مربعات بوده و برای قطعات مستطیل شکل و شبکه بندی شده در جهت طول و عرض قطعه قابل استفاده می باشد . برای محاسبه شیب در جهت محور x ها متوسط ارتفاع هر ردیف از نقاط در جهت y ها منظور می گردد و برای محاسبه شیب در جهت محور y ها متوسط ارتفاع ردیف ها در جهت x ها اعمال می شود . برازش شیب مناسب در هر دوجهت به روش حداقل مربعات انجام می گیرد که می تواند ترسیمی یا محاسباتی باشد . روش نیمرخ میانگین در واقع ساده شده روش

1- Least Square Method
2-Average Profile Method

حداقل مربعات می باشد که تنها مزیت آن کم بودن حجم محاسبات نسبت به روش حداقل مربعات است و معایب آن داشتن دقت کمتر و قابل استفاده بودن فقط در قطعات مستطیل شکل و شبکه بندی شده به موازات طول و عرض قطعه زمین می‌باشد .

برای استفاده از این روش در قطعاتی که به شکل مستطیل نیستند و یا دارای شبکه بندی مورب نسبت به اضلاع قطعه می باشند ، می توان میانگین وزنی هر ردیف را با توجه به تعداد نقاط آن ردیف درنظر گرفت . این روش به اسامی مختلفی مانند روش نیمرخ میانگین وزنی و یا روش نیمرخ دو طرفه نیز شناخته شده است .

با توجه به کاربرد کامپیوتر در طراحی تسطیح اراضی ، کم بودن حجم محاسبات در روش نیمرخ میانگین حسن قابل توجهی به حساب نمی آید . لذا با توجه به پایین بودن دقت محاسباتی کاربرد ، این روش توصیه نمی شود.

۴-۲-۷-۳- روش تنظیم خطوط تراز[1]

این روش ترسیمی است و بسته به سلیقه و تجربه طراح ، نتایج مختلفی خواهد داشت . در این روش، طراح برروی نقشه توپوگرافی ، خطوط تراز صاف و منظمی بر مبنای خطوط تراز موجود رسم می‌کند و به روش آزمون و خطا ، طرح مناسبی را انتخاب می کند . ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی با توجه به فاصله خطوط تراز رسم شده و خطوط تراز موجود در نقشه معین می گردد .

این روش برای زمین هایی که شیب نسبتاً منظمی در یک جهت دارند ، مناسب می باشد و احتیاج به یک طراح با تجربه دارد و قابل رقابت با سایر روشها نیست .

۴-۲-۷-۴- روش آزمون و خطا[2]

در این روش ابتدا مختصات مرکز ثقل سطح محاسبه می شود و سپس با توجه به متوسط شیب موجود و نیز محدودیت شیب مورد نظر طراحی، محدوده مناسبی برای شیب در جهت محور xها و محور y ها انتخاب می گردد. سپس با فرض شیب های مختلف و مقایسه نتایج، بهترین شیب مشخص می شود. مقایسه نتایج می‌تواند به صورت به حداقل رساندن مجذورهای اختلاف ارتفاع زمین طبیعی و نقاط صفحه تسطیح و یا کمینه کردن حجم خاکبرداری انجام گیرد .

این روش یک روش ساده به حساب می آید که قابل رقابت با همه روش ها می باشد . با افزودن به تعداد آزمون ها می توان دقت کار را بالاتر برد . داشتن حجم محاسبات زیاد ، از معایب این روش محسوب می شود .

۴-۲-۷-۵- روش برنامه ریزی خطی[3]

در این روش با تعریف تابع هدف که می تواند به حداقل رساندن حجم عملیات خاکی و یا مجموع مربعات اختلاف ارتفاع زمین طبیعی با صفحه تسطیح باشد ، و با حل معادلاتی به تعداد نقاط ارتفاعی قطعه تسطیح و با مجهولاتی به همان شماره ، می توان به بهترین جواب دست یافت .

شرایط مختلفی مانند محدوده شیب ها ، حداکثر ارتفاع نقاط در صفحه تسطیح و حداکثر عمق خاکبرداری را می توان به تابع هدف اضافه نمود .

1- Contour Adjustment Method
2- Trial and Error Method
3- Linear Programming Method

حسن این روش عدم نیاز به آزمون های متعدد برای محاسبه شیب هـای مناسـب مـی باشـد و داشـتن حجـم محاسـبات سنگین، از معایب آن به حساب می آید .

۴-۲-۷-۶- روش باقیمانده‌های متقارن[1]

این روش که توسط شیه و کریز (Shih & Kriz) در سال ۱۹۷۱ پیشنهاد شده است، دارای محاسبات نسبتاً زیـادی میباشـد. در این روش شیب در جهت محور x ها با محاسبه میانگین وزنی شیب ردیف‌ها با توجه بـه تعـداد نقـاط موجـود در هـر ردیـف حسـاب می‌شود. همین‌طور شیب در جهت محور y ها با محاسبه میانگین وزنی شیب ستونها با توجه به تعـداد نقـاط موجـود در هـر سـتون محاسبه می‌گردد.

شیب هر ردیف (یا ستون) با تقسیم نقاط ارتفاعی به دو نیمه متقارن محاسبه می‌شود. یعنی در ردیف‌ها یا ستون‌هایی کـه تعـداد نقاط آن زوج است، نقاط از وسط نصف می‌شود و در ردیفها یا ستون‌هایی که تعداد نقاط آن فرد می‌باشد، نقطه ارتفاعی وسطی حذف و طرفین آن به دو نیمهٔ متقارن تقسیم می‌شود. شیب هر ردیف یا ستون از اختلاف مجموع ارتفاعات نقاط دو نیمه محاسبه می گـردد و شیب کلی ردیف‌ها یا ستون‌ها یعنی شیب در جهت محور x ها یا محور y ها با منظور کردن ضرایبی متناسب با تعداد نقاط موجـود در هر ردیف یا هر ستون به صورت میانگین وزنی حساب می‌شود.

$$b_{je}=\frac{4\left(\sum_{i=1+n_j/2}^{n_j} hi,j-\sum_{i=1}^{n_j/2} h_{i,j}\right)}{d\left(n_j\right)^2}$$

b_{je} : شیب ردیف j (ردیفهایی که تعداد نقاط آنها زوج می‌باشد)

n_j = تعداد نقاط ارتفاعی در ردیف j

$h_{i,j}$: ارتفاع نقطه ردیف j و ستون i

d : فاصله نقاط شبکه بندی شده

$$b_{jo}=\frac{4\left(\sum_{i=(n_j+3)/2}^{n_j} hi,j-\sum_{i=1}^{(n_j-1)/2} h_{i,j}\right)}{d\left(n_j-1\right)^2}$$

b_{jo} : شیب ردیف J (ردیفهایی که تعداد نقاط آنها فرد می‌باشد)

$$W_{je}=\frac{\left(n_{je}\right)^{\beta}}{\sum_{j=1}^{me}\left(n_{je}\right)^{\beta}+\sum_{j=1}^{mo}\left(n_{jo}+1\right)\left(n_{jo}-1\right)}$$

W_{je} : ضریب وزنی شیب مربوط به ردیف j (ردیفهایی که تعداد نقاط آنها زوج می‌باشد)

1- Symmetrical Residuals Method

me : تعداد ردیفهایی که تعداد نقاط ارتفاعی آنها زوج هستند.

mo : تعداد ردیفهایی که تعداد نقاط ارتفاعی آنها فرد هستند.

n_{je} :تعداد نقاط ارتفاعی موجود در ردیف j (زوج)

n_{jo} : تعداد نقاط ارتفاعی موجود در ردیف j (فرد)

$$W_{jo} = \frac{(n_{je}+1)^2(n_{jo}-1)}{\sum_{j=1}^{me}(n_{je})^3 + \sum_{j=1}^{mo}(n_{jo}+1)^2(n_{jo}-1)}$$

W_{jo} : ضریب وزنی شیب مربوط به ردیف j (ردیفهایی که تعداد نقاط آنها فرد می‌باشد)

Sx: شیب در جهت محور x ها

Bj : شیب ردیف j

m : تعداد ردیف‌ها

Wj : ضریب وزنی ردیف j

$$Sx = \sum_{j=1}^{m} W_j b_j$$

شیب در جهت محور y ها نیز به همین ترتیب به دست می‌آید. یعنی در روابط فوق جای عوامل مربوط به ردیف‌ها و ستون ها با یکدیگر عوض می‌شود.

۴-۲-۸- نحوه محاسبه حجم عملیات خاکی

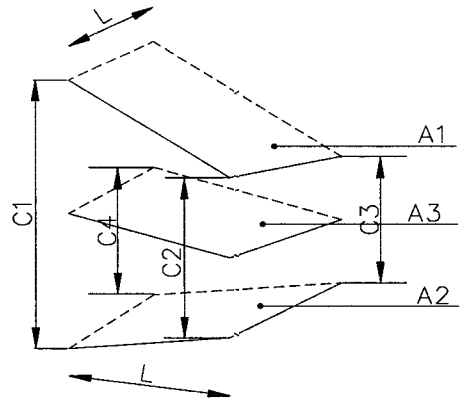
پس از انتخاب بهترین صفحه تسطیح ، محاسبه یا برآورد حجم عملیات خاکی لازم می‌باشد. روش های متعددی برای محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی وجود دارد که در زیر چند مورد از مهم ترین آنها ذکر می شود .

۴-۲-۸-۱- روش منشوری

در این روش حجم خاکبرداری و خاکریزی هر واحد شبکه نقاط ارتفاعی با ضرب مساحت شبکه در متوسط ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی در چهار گوشه آن بدست می آید .

$$V_C = \frac{L^2(C_1 + C_2 + C_3 + C_4)}{4}$$

با توجه به اینکه مساحت افقی سطح اولیه (A_1) و سطح بعد از تسطیح (A_2) با هم برابرند ، ($A_1=A_2=L^2$) کاربرد روش سیمپسون یعنی منظور کردن ضریب وزنی دو برابر سطح انتهایی به سطح میانی تفاوتی در نتیجه محاسبه نخواهد داشت :



شکل ۴-۱ ـ محاسبه حجم خاکبرداری به روش منشوری

$$V_C = (\frac{A_1 + 4A_3 + A_2}{6})(\frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{4})$$

$$= \frac{L^2 + 4L^2 + L^2}{6}(\frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{4})$$

$$= L^2 \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{4}$$

اگر حجم خاکبرداری یا خاکریزی تمام واحدهای شبکه بندی شده در یک قطعه تسطیح با هم جمع شود ، حجم خاکبرداری و خاکریزی کل برابر خواهد بود با :

$$VCT = AT * \overline{C} = AT * \frac{\sum C}{n}$$

$$VFT = AT * \overline{F} = AT * \frac{\sum F}{n}$$

VCT : حجم خاکبرداری کل در یک قطعه تسطیح (متر مکعب)؛

VFT : حجم خاکریزی کل در یک قطعه تسطیح (متر مکعب)؛

AT : مساحت قطعه تسطیح (متر مربع)؛

$\overline{C}$: میانگین ارتفاع خاکبرداری در قطعه (متر)؛

$\overline{F}$: میانگین ارتفاع خاکریزی در قطعه (متر)؛

$\sum C$: مجموع ارتفاع خاکبرداری ها در رئوس شبکه داخل قطعه تسطیح (متر) ؛

$\sum F$: مجموع ارتفاع خاکریزی ها در رئوس شبکه داخل قطعه تسطیح (متر)؛

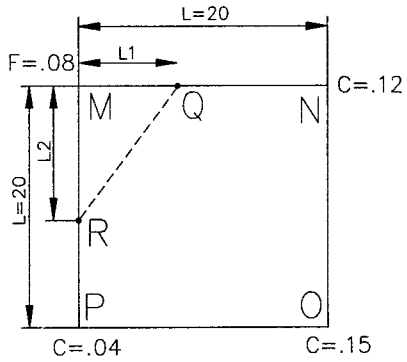
n : تعداد نقاط شبکه بندی شده داخل قطعه تسطیح (بدون بعد).

مزیت این روش ساده بودن آن بوده و عیب آن در این است که در منشورهایی که تعدادی از گوشه ها در خاکبرداری و تعدادی دیگر در خاکریزی واقع شوند (مرز بین خاکریزی و خاکبرداری) دقت زیادی نداشته و معمولاً حجم بیشتری بدست می دهد .

۴-۲-۸-۲- روش تقسیم بندی

این روش برای حالتی که چهار گوشه یک واحد شبکه بندی از نظر خاکبرداری و خاکریزی متفاوت باشند ، دقت بالاتری دارد. مثلاً اگر یکی از گوشه‌ها در خاکریزی و سه گوشه دیگر در خاکبرداری واقع شود، با مشخص کردن مرز خاکبرداری و خاکریزی ، یعنی خطی که ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی در آن صفر است ، می توان یک منشور را به دو منشور تقسیم کرد و با توجه به مساحت هر قسمت و ارتفاع خاکریزی یا خاکبرداری ، حجم عملیات خاکی را در قسمت‌های کوچک محاسبه نمود .

با توجه به شکل ۴-۲ ، ابتدا نقطه ای برروی ضلع MN که در آن ارتفاع عملیات خاکی صفر است، مشخص می گردد . محل آن با تقسیم طول واحد شبکه (L) متناسب با ارتفاع خاکبرداری در نقطه N و خاکریزی در نقطه M معین می شود :



شکل ۴-۴ ـ محاسبه حجم عملیات خاکی به روش تقسیم بندی

$$L_1 = L * \frac{0/08}{0/08 + 0/12} = 20 * \frac{0/08}{0/20} = 8m$$

به همین ترتیب در ضلع MP نیز می توان عمل کرد :

$$L_2 = L * \frac{0/08}{0/08 + 0/04} = 20 * \frac{0/08}{0/12} = 13/33m$$

حال می توان حجم منشور خاکریزی با قاعده MRQ و ارتفاع متوسط $F = \frac{0/08 + 0 + 0}{3}$ را حساب کرد :

$$A = \frac{L_1 * L_2}{2} = \frac{8 * 13/33}{2} = 53/32m^2$$

مساحت قاعده

$$V_F = A * \overline{F} = 53/32 * 0/027 = 1/44m^3$$

به همین ترتیب حجم خاکبرداری در منشور RQNOP قابل محاسبه می باشد . حالت‌های زیر برای چهار گوشه یک واحد از شبکه نقاط ارتفاعی قابل تصور است که به روش فوق همه حالت ها قابل محاسبه می باشد :

۱ـ هر چهار گوشه در خاکبرداری یا هر چهار گوشه در خاکریزی ؛

۲ـ سه گوشه در خاکبرداری و یک گوشه در خاکریزی یا برعکس ؛

۳ـ دو گوشه مجاور در خاکبرداری و دو گوشه دیگر در خاکریزی ؛ و

۴ـ دو گوشه مقابل در خاکبرداری و دو گوشه دیگر در خاکریزی.

۴-۲-۸-۳- روش چهار نقطه

در این روش حجم خاکبرداری و خاکریزی با استفاده از روابط زیر محاسبه می شود :

$$V_C = \frac{A}{4}\frac{(H_C)^2}{H_C + H_F}$$

$$V_F = \frac{A}{4}\frac{(H_F)^2}{H_C + H_F}$$

V_C : حجم خاکبرداری در واحد شبکه (m^3)؛

V_F : حجم خاکریزی در واحد شبکه (m^3)؛

A : مساحت مربع شبکه (A=L*L) (m^2)؛

H_C : مجموع ارتفاعات خاکبرداری در گوشه های شبکه (m)؛

H_F : مجموع ارتفاع خاکریزی در گوشه های شبکه (m).

گفته می شود که این روش برای حالتی که دو گوشه روبرو در خاکبرداری و دو گوشه دیگر در خاکریزی واقع شود مناسب بوده و در حالت های دیگر دقت ندارد .

۴-۲-۸-۴- روش انتگراسیون

در این روش شبکه نقاط ارتفاعی به فواصل کوچکتر تقسیم شده و ارتفاع نقاط جدید به روش میان یابی محاسبه می شود به طوری که هر چهار گوشه واحد شبکه بندی جدید همگی در خاکریزی و یا همگی در خاکبرداری واقع شده و فرض کردن متوسط ارتفاع برای چهار گوشه آن دور از واقع نباشد. سپس حجم عملیات خاکی به روش منشوری محاسبه می گردد .

هر چه تقسیم بندی شبکه ریزتر شود، دقت محاسبه بالا می رود . تجربه نشان می دهد که این تقسیم بندی اگر بیش از حد معینی ادامه یابد ، دیگر تفاوت معنی داری در محاسبات بوجود نمی‌آید . این حد تقریباً یک دهم شبکه اصلی است . یعنی اگر شبکه بندی موجود ۴۰×۴۰ متر باشد ، بهتر است آنرا به شبکه ۴×۴ تبدیل کرد و حجم عملیات خاکی را محاسبه نمود . این روش دارای حجم محاسبات زیادی می باشد ولی دقت آن بیشتر از سایر روش ها است .

۴-۲-۹- مقایسه روش های محاسبه حجم عملیات خاکی

هر یک از روش های محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی براساس فرضیاتی می باشد که ممکن است با واقعیت مطابق نباشد. مثلاً نحوه تغییرات رقوم ارتفاعی زمین در بین رئوس شبکه نقشه برداری شده معلوم نیست. در برخی روش ها این تغییرات خطی فرض می شود، درحالیکه در برخی دیگر تا وسط دو نقطه ثابت درنظر گرفته می شود . اختلاف نتایج در روش های مختلف به قدری نیست که بتوان روشی را به طور مطلق به عنوان بهترین روش درنظر گرفت . درهرحال می‌توان گفت روشهایی که براساس تغییرات خطی سطح زمین مابین دو نقطه ارتفاعی ارائه شده اند ، منطقی تر این فرض را درنظر گرفته اند. هر کدام از این روشها می تواند با

سلیقه طراح انتخاب و استفاده شود. ولی می‌توان گفت که روش انتگراسیون و روش تقسیم‌بندی (روش شیه و کریز) مناسب‌تر از بقیه روش‌ها می‌باشند.

۴-۳- مشخصات یک نرم افزار مناسب برای طرح تسطیح اراضی

با توجه به حجم زیاد محاسبات و نیاز به تکرار آن برای هریک از قطعات تسطیح ، امروزه می توان گفت که برای انجام مطالعات و طرح تسطیح اراضی ، داشتن نرم افزار کامپیوتری مناسب یک ضرورت به حساب می آید .

یک نرم افزار خوب و قابل قبول برای طرح تسطیح باید دارای مشخصاتی باشد که در زیر به اختصار ذکر می شود .

۴-۳-۱- سادگی دریافت اطلاعات مورد نیاز

با توجه به حجم زیاد اطلاعات توپوگرافی و قطعه بندی شبکه آبیاری و زهکشی ، می توان گفت که یک برنامه کامپیوتری مناسب می باید توانایی استخراج اطلاعات توپوگرافی و قطعه بندی را از نقشه های توپوگرافی متداول به شکل فایل های اتوکد با ویرایش به روز داشته باشد. یعنی نرم افزار تسطیح باید قادر باشد که تمام عناصر سه بعدی موجود در فایل های DWG را اعم از نقطه ، خط ، چند ضلعی و متن را شناسایی کرده و به صورت شبکه نقاط ارتفاعی با فواصل موردنظر طراح ذخیره نماید .

علاوه بر اطلاعات توپوگرافی ، نحوه دریافت اطلاعات مربوط به قطعات تسطیح شامل مختصات گوشه های هر قطعه و محل آبگیر و جهت نهر زراعی و جهت آبیاری توسط نرم افزار می باید از فایل های DWG قابل استخراج باشد .

۴-۳-۲- مشخص بودن روش یا روش های مورد استفاده

یک نرم افزار مناسب می باید روش های طراحی و محاسباتی مورد استفاده خود را به صورت دفترچه مشخصات یا فایلهای متنی به همراه داشته باشد .

۴-۳-۳- ارائه مناسب نقشه های تسطیح

یکی دیگر از مشخصات مهم برنامه کامپیوتری ، ارائه مناسب نتایج طراحی و محاسبات می باشد . ارائه نقشه ها و جدولهای مورد نیاز با محتوای موردنظر ، یکی دیگر از مشخصات نرم افزار خوب به حساب می آید . نحوه ارائه و محتوای نقشه‌های اجرائی طرح تسطیح در صفحات بعدی قابل ملاحظه می باشد .

۴-۳-۴- معتبر بودن و داشتن سابقه استفاده در پروژه های مختلف

با عنایت به اینکه تهیه یک نرم افزار برای تسطیح اراضی کاری مهم و دشوار به حساب آمده و تخصص و تجربه زیادی می‌طلبد، نرم افزار مناسب می باید اعتبار کافی و سابقه استفاده در چندین پروژه را داشته باشد.

۴-۴- مشخصات نقشه‌ها و گزارش‌های تسطیح اراضی

۴-۴-۱- نقشه‌های توپوگرافی

نقشه توپوگرافی اصلی‌ترین وسیله مورد نیاز جهت طراحی تسطیح اراضی کشاورزی به حساب می‌آید. این نقشه می‌باید مشخصات زیر را داشته باشد:

- به صورت کامپیوتری و در محیط AUTOCAD و با ویرایش متداول و یا آخرین ویرایش ارائه گردد؛
- مقیاس نقشه‌ها حداقل ۲۰۰۰ : ۱ باشد؛
- سیستم مختصاتی نقشه‌ها UTM باشد؛
- نقشه‌ها به صورت سه بعدی تهیه شده باشد. یعنی نقاط ارتفاعی و خطوط تراز دارای بعد ارتفاعی باشند؛
- نقشه‌ها دارای شبکه نقاط ارتفاعی با فاصله ۴۰×۴۰ متر باشد. درصورت ناهموار و پرعارضه بودن اراضی، از فاصله‌های شبکه‌بندی ۳۰×۳۰ و یا ۲۰×۲۰ متر استفاده شود؛ (توضیح : اگر نقشه‌های توپوگرافی موجود فاقد شبکه‌بندی باشد، می‌توان آنها را برای طراحی تسطیح اراضی شبکه‌بندی نمود، مشروط بر اینکه دارای نقاط ارتفاعی با پراکنش مناسب و کافی باشد).
- موضوعات مختلف نقشه، از قبیل خطوط تراز اصلی، خطوط تراز فرعی، راهها، ساختمان‌های مسکونی و غیره در لایه‌های مختلفی با نام‌ها و رنگ‌های مناسبی ارائه گردد؛ و
- نقشه‌ها با اندازه و صفحه‌بندی استاندارد ارائه شود.

۴-۴-۲- نقشه‌های مالکیت اراضی (نقشه‌های کاداستر)

نقشه‌های مالکیت اراضی، مورد استفاده در طرح تسطیح که می‌تواند به صورت یک لایه به نقشه‌های توپوگرافی اضافه گردد، می‌باید مشخصات زیر را داشته باشد:

- محدوده‌های مالکیت به صورت چند ضلعی‌های بسته ارائه شود؛
- نوع مالکیت محدوده‌ها مشخص شده باشد؛
- نام مالک یا مالکین محدوده‌ها مشخص باشد؛
- تقسیم بندی اراضی براساس روستاهای منطقه مشخص باشد؛ و
- سیستم‌های مختصاتی نقشه‌های کاداستر با نقشه‌های توپوگرافی یکی باشد.

بدیهی است برای استفاده از این نقشه‌ها در طراحی تسطیح اراضی می‌باید مقیاس آنها با مقیاس نقشه‌های توپوگرافی یکسان شود.

- سیستم مختصاتی نقشه‌های کاداستر با نقشه‌های توپوگرافی یکی باشد.

بدیهی است برای استفاده از این نقشه‌ها در طراحی تسطیح اراضی می‌باید مقیاس آنها با مقیاس نقشه‌های توپوگرافی یکسان شود. ضوابط تهیه نقشه کاداستر در بخش جلد پنجم این مجموعه بیان گردیده است.

۴-۴-۳- نقشه‌های شبکه آبیاری و زهکشی

چنانچه قبلاً اشاره شد، بهتر است شبکه فرعی آبیاری و زهکشی همراه با تسطیح اراضی طراحی شود. در هر حال، طراحی تسطیح اراضی می‌تواند به صورت یکی از حالات زیر و یا ترکیبی از آنها انجام شود:

- طراحی تسطیح اراضی براساس شبکه انهار سنتی موجود؛
- طراحی تسطیح اراضی براساس شبکه فرعی آبیاری و زهکشی مدرن اجرا شده ؛
- طراحی تسطیح اراضی براساس شبکه فرعی آبیاری و زهکشی مدرن طراحی شده؛
- طراحی شبکه فرعی و تسطیح اراضی براساس شبکه اصلی مدرن اجرا شده؛ و
- طراحی شبکه فرعی و تسطیح اراضی براساس شبکه اصلی مدرن طراحی شده.

در هر صورت نقشه‌های شبکه آبیاری و زهکشی موجود یا طراحی شده که برای طرح تسطیح اراضی مورد نیاز می‌باشد، باید مشخصات زیر را دارا باشد:

- هم مقیاس با نقشه های توپوگرافی باشد؛
- عوارض مختلف از قبیل کانال های اصلی، کانال‌های فرعی و غیره در لایه‌های مختلف با نام‌ها و رنگ‌های مناسب ارائه شود؛ و
- مشخصات هیدرولیکی کانال ها از قبیل ابعاد و عمق آب و دبی آنها به صورت نقشه پلان و پروفیل و یا جدول ارائه شود به طوری که برای طراح تسطیح، دبی و رقوم سطح آب در محل آبگیرهای درجه ۴ قابل تشخیص باشد.

۴-۴-۴ـ نقشه های طرح تسطیح اراضی

نقشه های اجرایی طرح تسطیح باید دارای مشخصاتی به شرح زیر باشد:

- هم مقیاس با نقشه های توپوگرافی مورد استفاده باشد؛
- محدوده قطعات تسطیح به همراه شماره یا نام آنها مشخص باشد؛
- مسیر کانال‌ها و زهکش‌ها و به خصوص کانال‌ها و زهکشهای فرعی با رنگها و ضخامت‌های مناسب ارائه شود؛
- رقوم ارتفاعی زمین طبیعی و رقوم ارتفاعی پس از تسطیح و همچنان ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی به صورت شبکه بندی در نقشه‌ها ارائه شود؛
- محل آبگیری و امتداد نهر زراعی (کانال درجه ۴) و جهت آبیاری با علائم مناسب در نقشه‌ها ارائه شود؛
- مناطق خاکبرداری و خاکریزی در قطعات به صورت مناسبی مشخص گردد. یعنی فصل مشترک منطقه‌های خاکبرداری و خاکریزی و به عبارت دیگر نقاطی که در آنها ارتفاع عملیات خاکی صفر می‌باشد، به صورت چندضلعی رسم شود. مناطق خاکبرداری و خاکریزی می‌تواند بسته به سلیقه طراح به صورت هاشورها و یا رنگهای مناسب به طوری ارائه گردد که بقیه اطلاعات نقشه را محو نکرده و تحت الشعاع قرار ندهد؛
- مختصات جغرافیائی براساس سیستم UTM در دو طرف نقشه ارائه شود؛
- جهت شمال در نقشه مشخص شود؛ و

- جدول مشخصات طرح تسطیح قطعات در پائین نقشه ارائه شود. این جدول شامل شماره یا نام قطعات، نسبت خاکبرداری به خاکریزی، حجم خاکبرداری (با واحد m^3)، مساحت قطعه (Ha)، حجم خاکبرداری در واحد سطح (m^3/Ha)، شیب در جهت آبیاری، شیب در جهت نهر زراعی، نوع تسطیح از نظر سبک یا سنگین بودن، مشخصات صفحه تسطیح (ضرایب c,b,a) و مختصات گوشه‌های قطعات می‌باشد.

اگر قطعات شکل نامنظمی داشته باشند و تعداد رئوس چند ضلعی‌ها زیاد باشد، ممکن است ارائه مختصات آنها در جدول پایین نقشه‌ها مناسب نبوده و این کار باعث شلوغ شدن و یا کوچک شدن اندازه حروف گردد. در این صورت می‌توان مختصات گوشه‌های قطعات تسطیح را به صورت جدول جداگانه‌ای در آلبوم نقشه‌ها و یا در گزارش مربوطه ارائه نمود.

اندازه نقشه‌ها می‌تواند A1 ، A2 و یا A3 باشد. با توجه به سهولت حمل و نقل و نگهداری آلبوم‌های کوچک در کارگاه، اندازه A3 ترجیح داده می‌شود. نمونه نقشه‌های طرح تسطیح در پیوست شماره ۳ قابل ملاحظه است.

مشخصات نقشه‌های ذکر شده برای ارائهٔ طرح تسطیح اراضی در مرحله دوم مطالعات می‌باشد. طراحی و ارائه نقشه‌های تسطیح در مطالعات مرحله اول نیز با همین مشخصات انجام می‌گیرد، با این تفاوت که در مرحله اول مطالعات، تنها طرح تسطیح چند مزرعه نمونه جهت بررسی امکانپذیری و برآورد هزینه تسطیح اراضی ارائه می‌شود. مزرعه‌های نمونه باید طوری انتخاب شود که معرف بقیه مزارع باشد. می‌توان با بررسی نقشه‌های توپوگرافی اراضی تحت پوشش یک پروژه، چند نمونه به عنوان اراضی پرعارضه، اراضی کم عارضه و اراضی حد وسط آنها انتخاب کرد و با تهیه نقشه‌های توپوگرافی لازم، اقدام به طراحی تسطیح آنها نمود.

اگر تهیه نقشه توپوگرافی با مقیاس مناسب جهت تسطیح اراضی مزارع نمونه مقدور نباشد، بهتر است با توجه به طرح‌های تسطیح پروژه‌های مشابه، هزینه‌های تسطیح را برآورد کرد. ارائه طرح تسطیح براساس نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس مورد استفاده در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی در مراحل شناخت و مقدماتی (نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰) به عنوان نمونه طرح تسطیح به علت نداشتن دقت کافی، توصیه نمی‌گردد.

۴-۴-۵- گزارش طرح‌های مطالعاتی مرحله شناسایی

در تشریح گزینه‌های مختلف مطالعات مرحله شناسایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، در مورد تسطیح اراضی، مناطق مورد نیاز تسطیح و مساحت آنها، نوع تسطیح مورد لزوم از نظر سبک یا سنگین بودن و همچنین هزینه اجرایی ارائه و برآورد می‌گردد.

در این مرحله از مطالعات، ارائه نقشه تسطیح اراضی مزرعه نمونه لازم نیست و برآورد هزینه تسطیح اراضی با استفاده از طرحهای مشابه و براساس تجربه طراح صورت می‌گیرد.

۴-۴-۶- گزارش طرح‌های مطالعاتی مرحله اول

در گزارش‌های مرحله اول مطالعات شبکه‌های آبیاری و زهکشی و یا مطالعات تجهیز و نوسازی، در مبحث تسطیح اراضی می باید به موارد زیر پرداخته شود:

۱- ذکر کلیاتی در مورد تسطیح اراضی و اهداف آن؛

۲- معین کردن نیاز یا عدم نیاز به تسطیح اراضی با توجه به روش آبیاری و محصولات زراعی الگوی کشت؛

۳- منطقه‌بندی محدوده طرح و تعیین منطقه‌هایی که به تسطیح احتیاج دارند و برآورد مساحت آنها؛

۴- تشریح چگونگی انتخاب مزرعه‌های نمونه برای ارائه طرح تسطیح در آنها؛

۵- بررسی و تشریح نتایج طرح تسطیح مزرعه‌های نمونه و تعمیم آن به کل محدوده طرح؛ و

۶- برآورد هزینه تسطیح اراضی در محدوده طرح.

۴-۴-۷- گزارش طرح‌های مطالعاتی مرحله دوم

گزارش طرح تسطیح اراضی مرحله دوم مطالعات می‌تواند به صورت مستقل و یا فصلی از گزارش مربوط به مطالعات شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی و یا مطالعات تجهیز و نوسازی ارائه گردد. این گزارش می‌باید در برگیرنده موارد زیر باشد:

- خلاصه‌ای از مواردی که در گزارش‌های مرحله اول ارائه می‌گردد؛
- تشریح روش طراحی و مشخصات نرم افزار مورد استفاده و همچنین مبانی و فرضیات منظور شده در طراحی؛
- ذکر مشخصات کلی تسطیح اراضی در پروژه موردنظر و نتایج طراحی و برآورد قیمت انجام یافته؛
- برآورد ماشین آلات و نیروی انسانی و زمان لازم برای اجرای طرح تسطیح اراضی و همچنین ذکر محدودیت‌های زمانی در اجرای طرح از نظر شرایط آب و هوایی منطقه و وضعیت محصولات کاشته شده در آن؛
- تشریح عملیات تسطیح اراضی و ارائه توصیه‌های مناسب اجرایی؛ و
- تشریح چگونگی حفظ و نگهداری از طرح تسطیح اراضی در دوران بهره‌برداری.

اضافه می‌گردد که بخشی از موارد ذکر شده در بالا را می‌توان در قالب گزارش‌های مربوط به مشخصات فنی خصوصی و شرایط خصوصی پیمان و همچنین دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری ارائه کرد.

۴-۵-بهره‌برداری و نگهداری تسطیح اراضی

پس از انجام عملیات تسطیح، باید از هموار بودن زمین مواظبت به عمل آورد تا صافی خود را از دست ندهد. بهره‌برداری نادرست از ماشین‌آلات زراعی طی عملیات کاشت، داشت و برداشت می‌تواند قطعات زراعی را ناهموار سازد. همچنین فرسایش‌های بادی و آبی از همواری اراضی می‌کاهد. از این رو بهتر است همه ساله در انتهای عملیات تهیه زمین، اقدام به صافکاری سطح قطعات تسطیح شده نمود. این کار به صورت ماله کشیدن با تراکتور انجام می‌گیرد.

۱. محمد حسن عالمی ۱۳۶۱ ، تسطیح اراضی، انتشارات دانش و فن.

۲. رضا ابن جلال ۱۳۷۰ ، تسطیح اراضی، انتشارات دانشگاه چمران.

۳. آیین نامه طرح هندسی راه روستایی نشریه شماره ۱۹۶ دفتر امور فنی و تدوین معیارها ـ سازمان برنامه و بودجه ۱۳۷۸

۴. گزارش فنی طرح آبیاری و زهکشی کوثر (مهندسین مشاور آب و خاک تهران)

۵. پاره کار منصور و عباسعلی پور محسنی مبانی مطالعات و طراحی تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری کارگاه آموزشی مبانی طراحی در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری ۲۸ تیر ماه ۸۳ دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۶. نشریه شماره ۵۴-ن استاندارد صنعت آب، جداول هیدرولیکی محاسبه پارامترهای جریان در مقاطع نیمدایره و نیم‌بیضی – آذرماه ۱۳۶۸

۷. نقشه‌های تیپ کانالت‌های نیم‌بیضی ۵ متری و متعلقات آن – وزارت کشاورزی – سازمان گسترش کشاورزی – اداره کل مهندسی زراعی – مصوب بهمن‌ماه ۱۳۶۷

8. SCS, National Engineering Handbook, Section 15 , Chap. 12, Land Leveling 1970
9. Grading Land for Surface Irrigation, James C. Marr, California Extension Service.
10. Booher L.J. 1974, Surface Irrigation, Chap. 3, Land Preparation, F.A.O. , Rome
11. Butler F.D. 1961 the Land Leveling Program in the Arkansas Delta, Agricultural Engineering
12. Shih & Kriz 1970, Tables & Formulae for Earthwork Calculation in Land Forming, North Carolina Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin No. 203
13. Afshar & Marino 1993, an Optimum Land Leveling Technic for Surface Irrigation, I.J.E.
14. Open –Channel Hydraulics, Richard H.French -2nd Print, 1987
15. Mathematical Handbook of Formulas and Tables, Murray R.Spiegel – Schaum's outline series in mathematics

Abstract:

On farm development is a series of works to be done in order to approach to the optimum utilization of soil and water within the farm units. On farm development includes:

- Design of irrigation and drainage systems and related hydraulic structures within the farm units;
- Suitable design layout of fields, and land leveling;
- Design of access roads, in farm roads; and service roads; and
- land consolidation

The objectives of on farm development could he summarized as fallows:

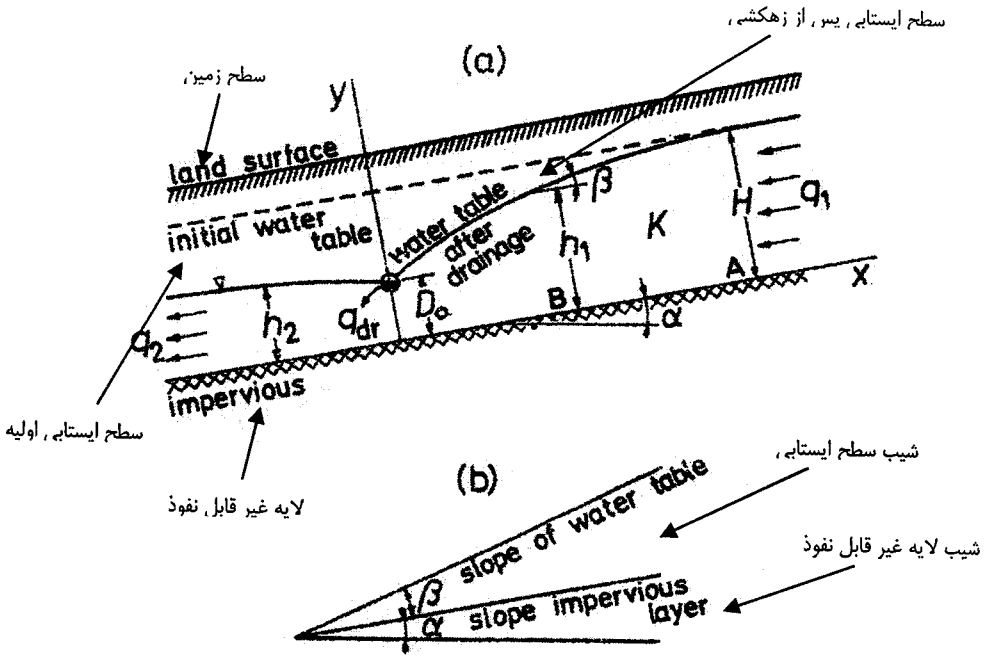
- Reshaping of fields in order to reach to a more desirable layout;
- Increasing water application, and water distribution efficiencies;
- Collection, and conveyance of tail water, and excess runoff;
- Subsurface drainage; and
- Ease the access to different points of the farm, irrigation and drainage canals, etc. and to facilitate the agricultural mechanization.

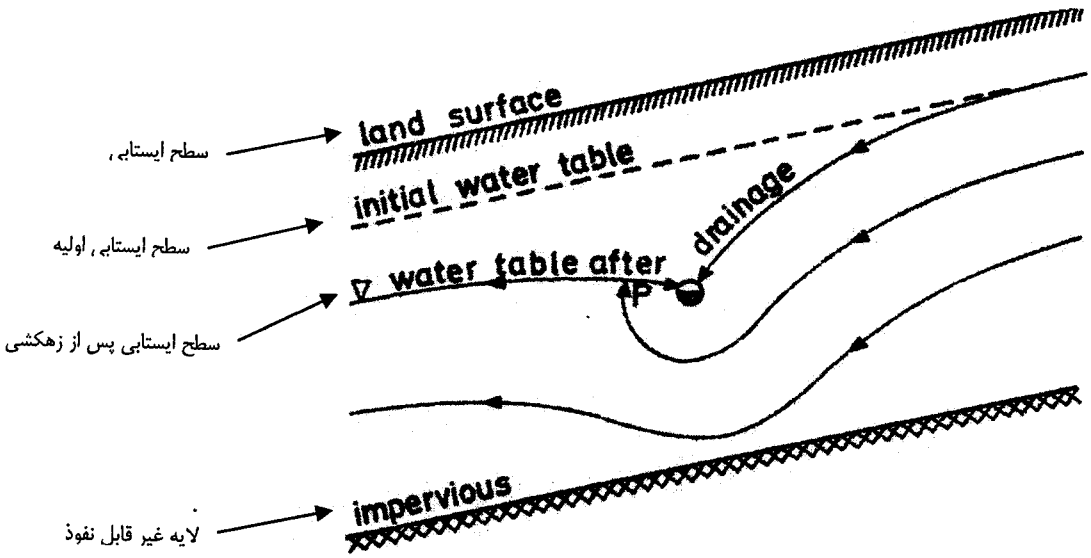
This publication named "Design Criteria and Bases for on Farm Development for Surface Irrigation" consists of five volumes as follows:

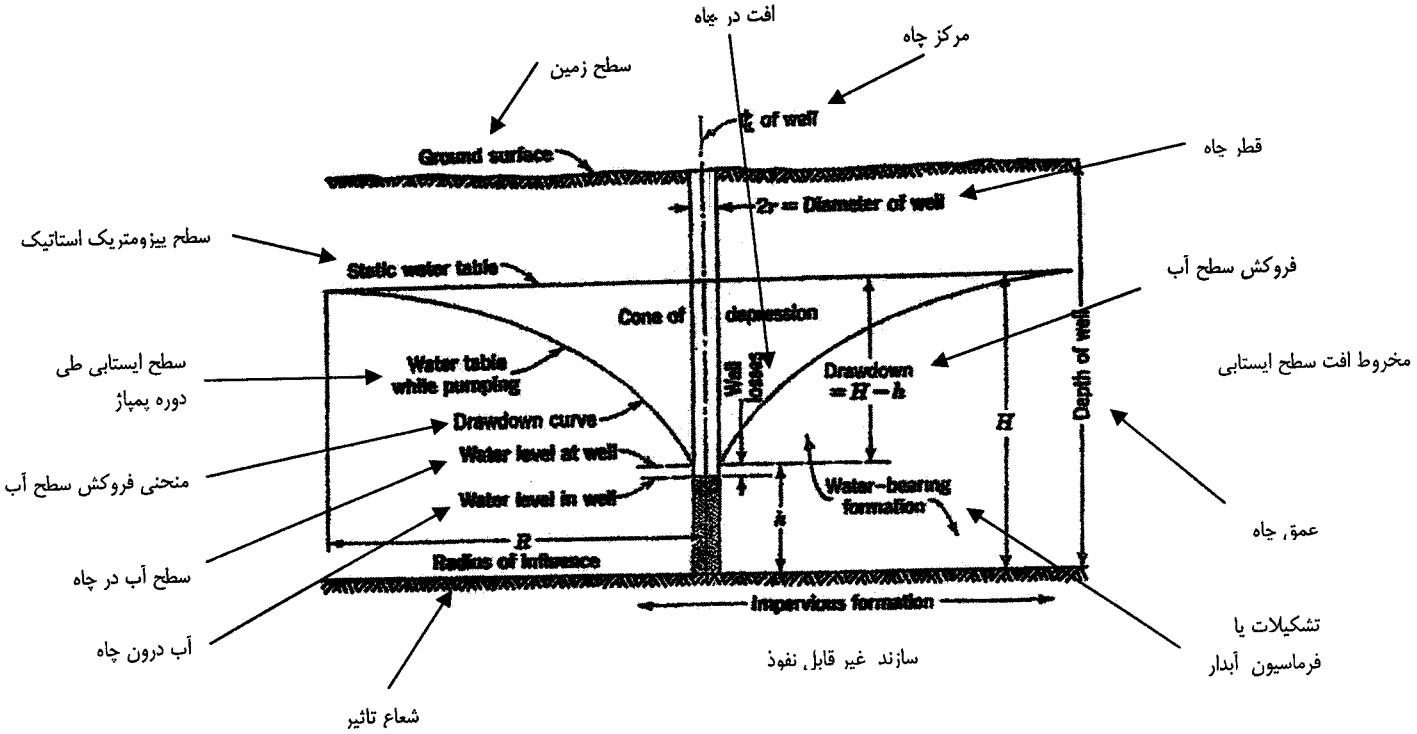
- Vol.1.- Generalities ;
- Vol.2.- Irrigation;
- Vol.3.- Drainage;
- Vol.4.- Hydraulic Structures, and Access Roads; and
- Vol.5. - Land Consolidation.

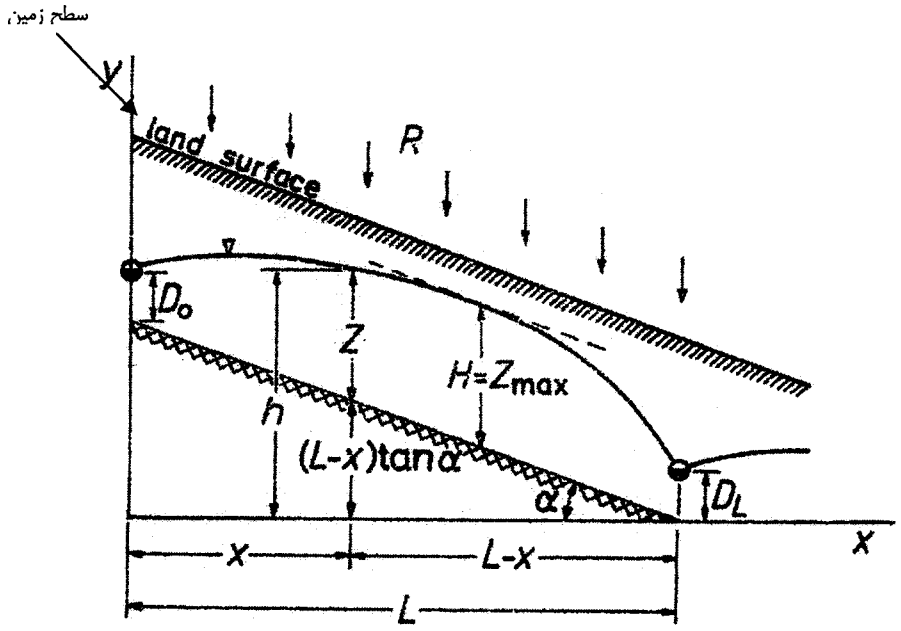
This volume – Drainage – consists of three chapters as follows:

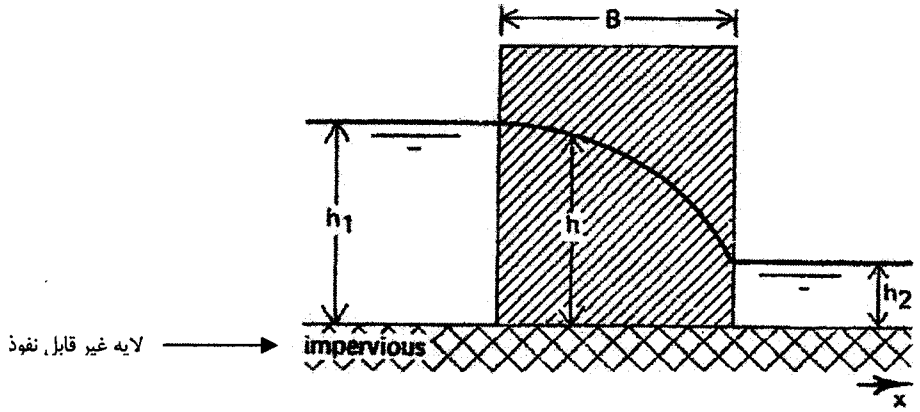
- Surface Drainage;
- Subsurface Drainage; and
- Land Reclamation.

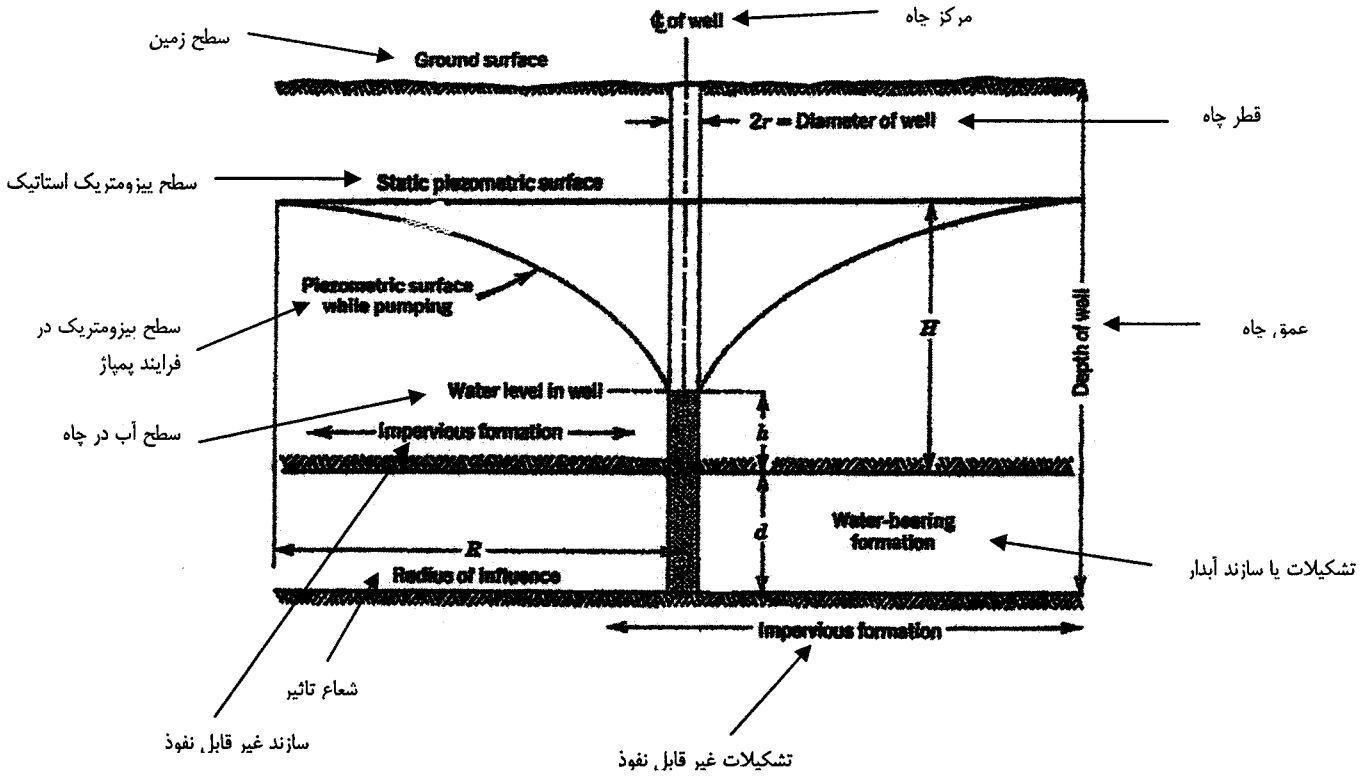

سطح ایستابی , پس , از زهکشی ,
(a)
سطح زمین ,
land surface
initial water table
water table after drainage
y
β
H
q_1
h_1
K
A
X
q_2
h_2
q_{dr}
D_o
B
α
impervious
سطح ایستابی , اولیه
لایه غیر قابل نفوذ
(b)
شیب سطح ایستابی ,
slope of water table
β
α
slope impervious layer
شیب لایه غیر قابل نفوذ

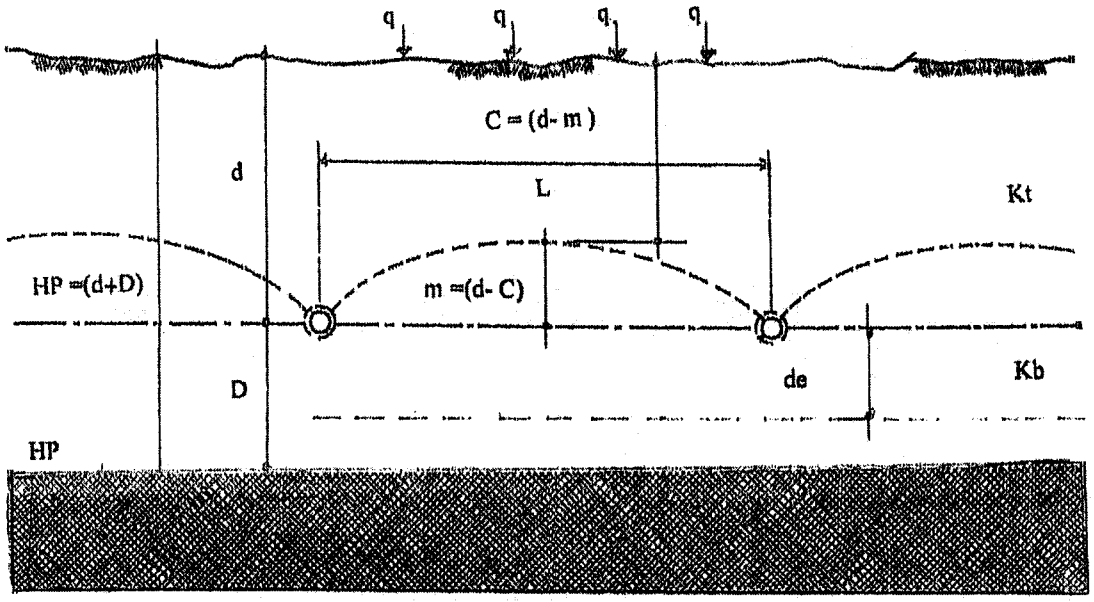

سطح ایستابی ,
land surface
initial water table
سطح ایستابی , اولیه
water table after drainage
P
سطح ایستابی پس از زهکشی
impervious
لایه غیر قابل نفوذ

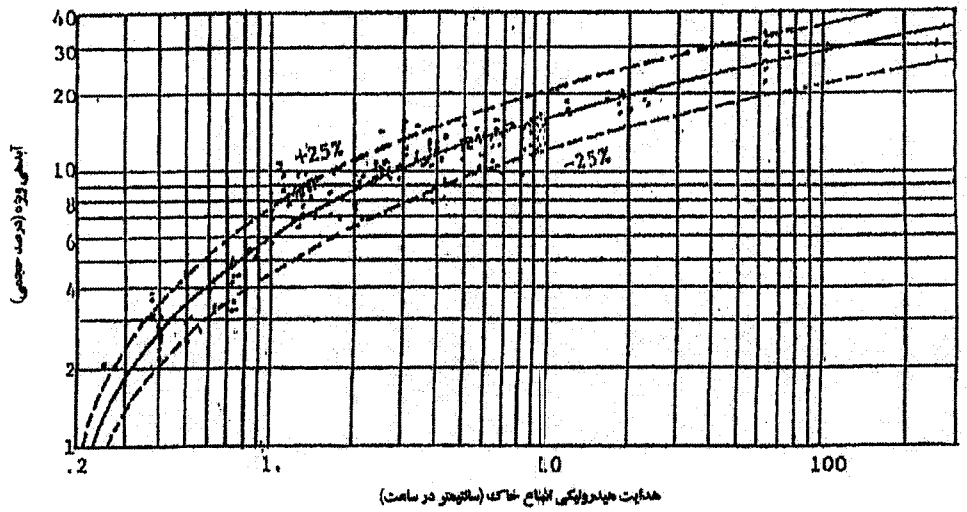

افت در چاه
مرکز چاه
سطح زمین
of well
Ground surface
قطر چاه
2r = Diameter of well
سطح پیزومتریک استاتیک
Static water table
فروکش سطح آب
Cone of depression
سطح ایستابی طی
دوره پمپاژ
Water table while pumping
Well loss
Drawdown = H − h
مخروط افت سطح ایستابی
Drawdown curve
Water level at well
منحنی فروکش سطح آب
Water level in well
Water-bearing formation
H
Depth of well
h
R
سطح آب در چاه
Radius of influence
عمق چاه
Impervious formation
آب درون چاه
تشکیلات یا
فرماسیون آبدار
سازند غیر قابل نفوذ
شعاع تاثیر


سطح زمین
land surface
R
D_o
Z
$H=Z_{max}$
h
$(L-x)\tan\alpha$
α
D_L
x
L-x
L
x

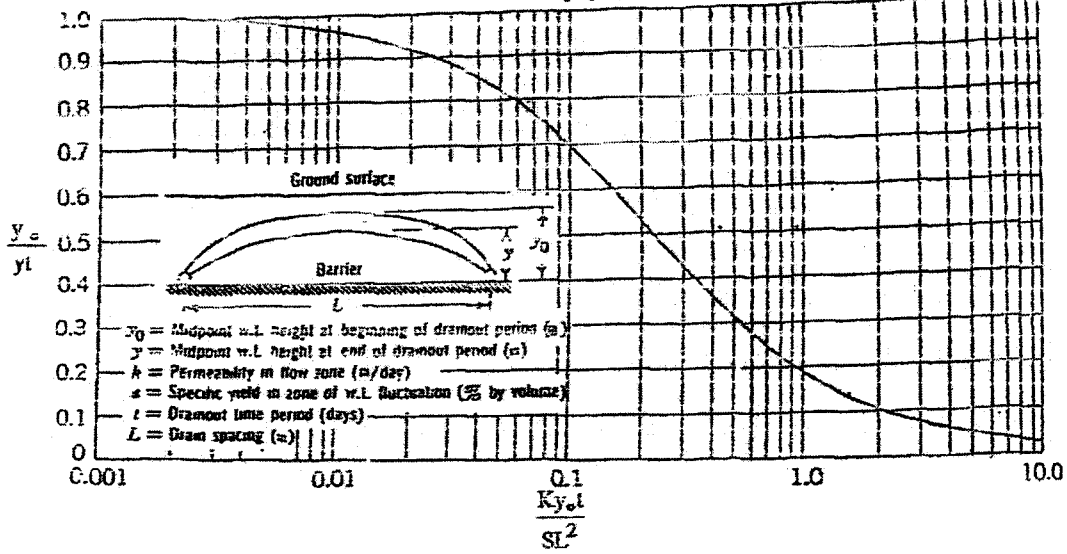

B
h_1
h
h_2
لایه غیر قابل نفوذ
impervious
x


مرکز چاه
℄ of well
سطح زمین
Ground surface
قطر چاه
2r = Diameter of well
سطح پیزومتریک استاتیک
Static piezometric surface
Piezometric surface while pumping
سطح پیزومتریک در فرایند پمپاژ
عمق چاه
H
Depth of well
Water level in well
سطح آب در چاه
Impervious formation
h
d
Water-bearing formation
تشکیلات یا سازند آبدار
R
Radius of influence
Impervious formation
شعاع تاثیر
سازند غیر قابل نفوذ
تشکیلات غیر قابل نفوذ

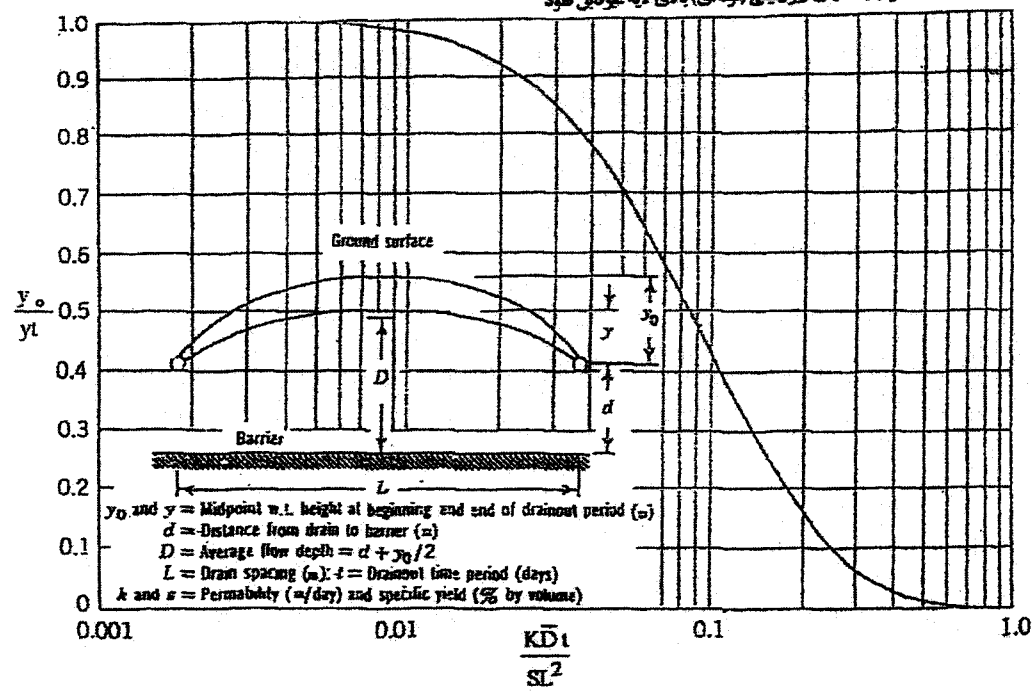

q
q
q
q
C = (d- m)
d
L
Kt
HP =(d+D)
m =(d- C)
D
de
Kb
HP

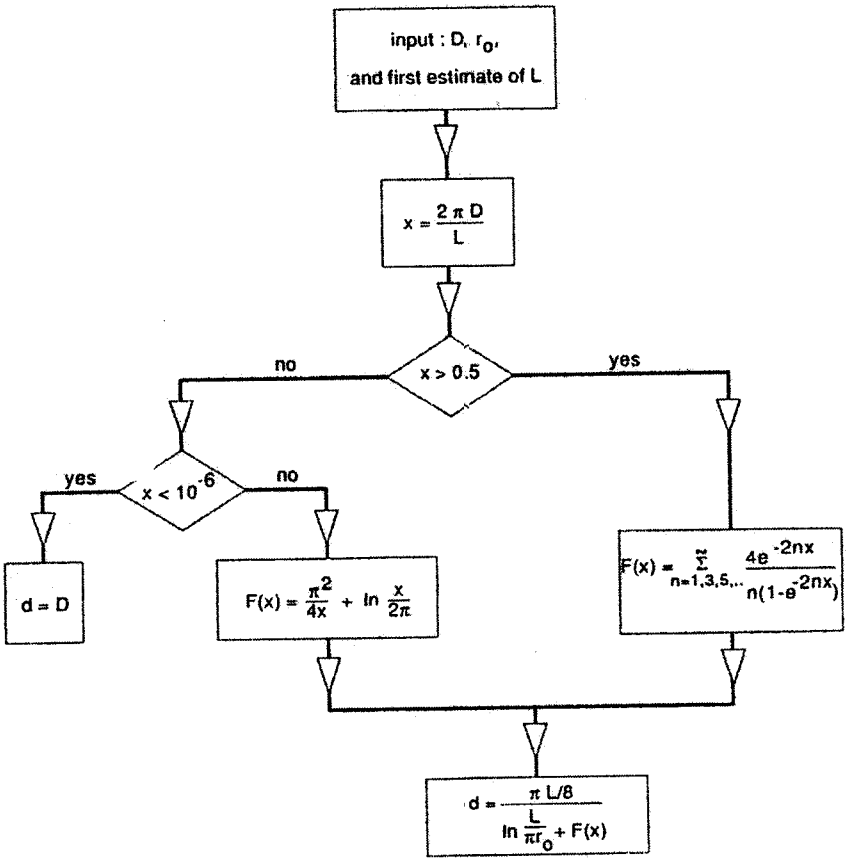

40
30
20
10
8
6
4
2
1
+25%
-25%
.2
1.
10
100
آبدهی ویژه (درصد حجمی)
هدایت هیدرولیکی (سانتیمتر در ساعت)

الف – حالت استقرار زهکشهای زیرزمینی (لوله‌ای) بروی لایه غیرقابل نفوذ

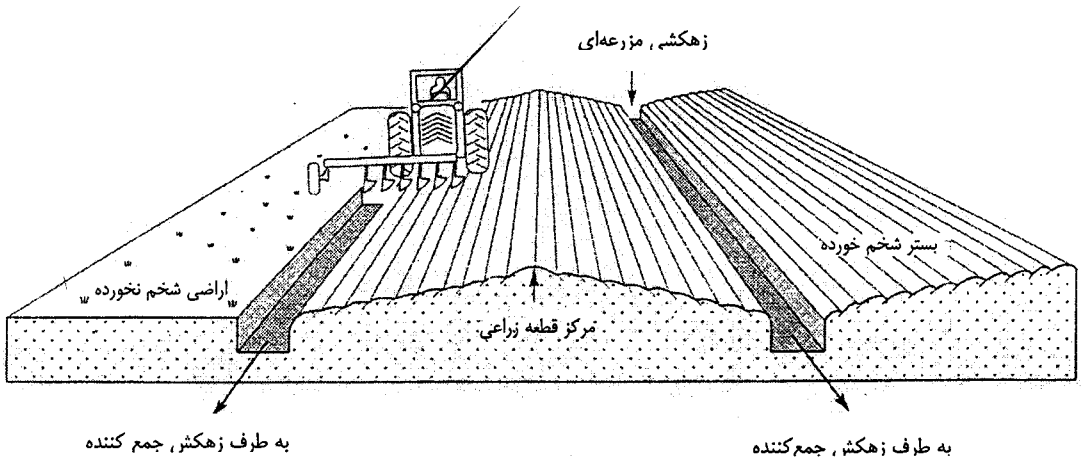


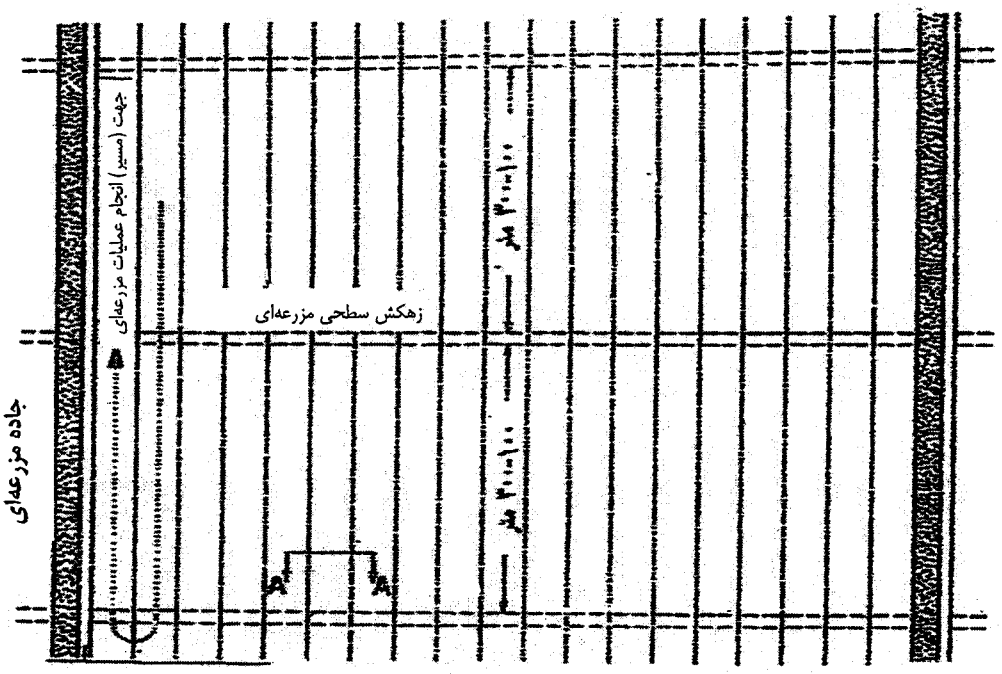
ب – حالت استقرار زهکشهای زیرزمینی (لوله‌ای) بالای لایه غیرقابل نفوذ




input : D, r_0,
and first estimate of L
$x = \frac{2\pi D}{L}$
$x > 0.5$
no
yes
$x < 10^{-6}$
yes
no
d = D
$F(x) = \frac{\pi^2}{4x} + \ln\frac{x}{2\pi}$
$F(x) = \sum_{n=1,3,5,\ldots} \frac{4e^{-2nx}}{n(1-e^{-2nx})}$
$d = \frac{\pi L/8}{\ln\frac{L}{\pi r_0} + F(x)}$

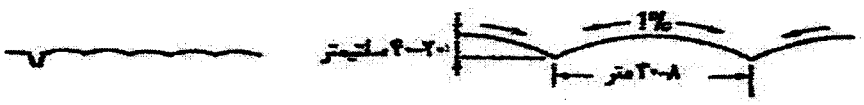
مراحل ساخت سیستم بسترسازی



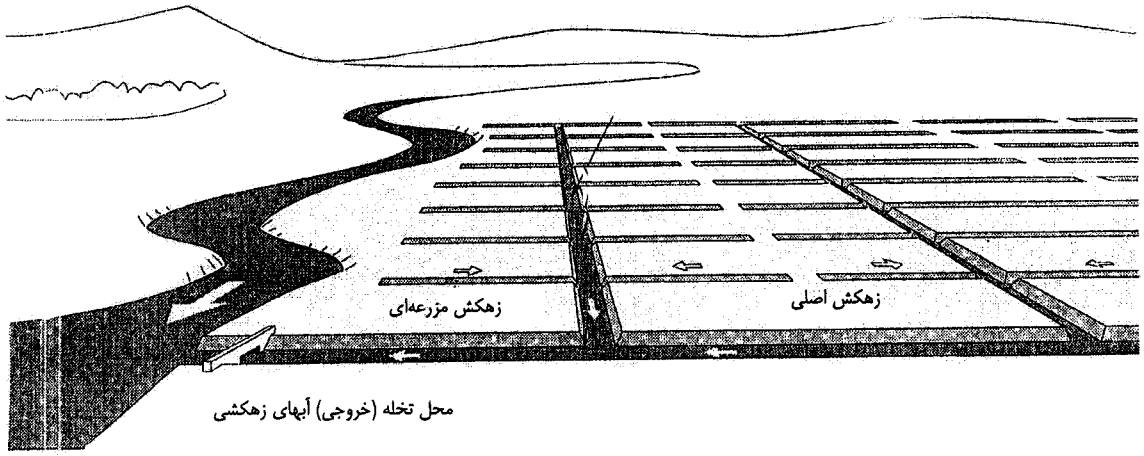


زهکش فرعی (لترال) مزرعه‌ای

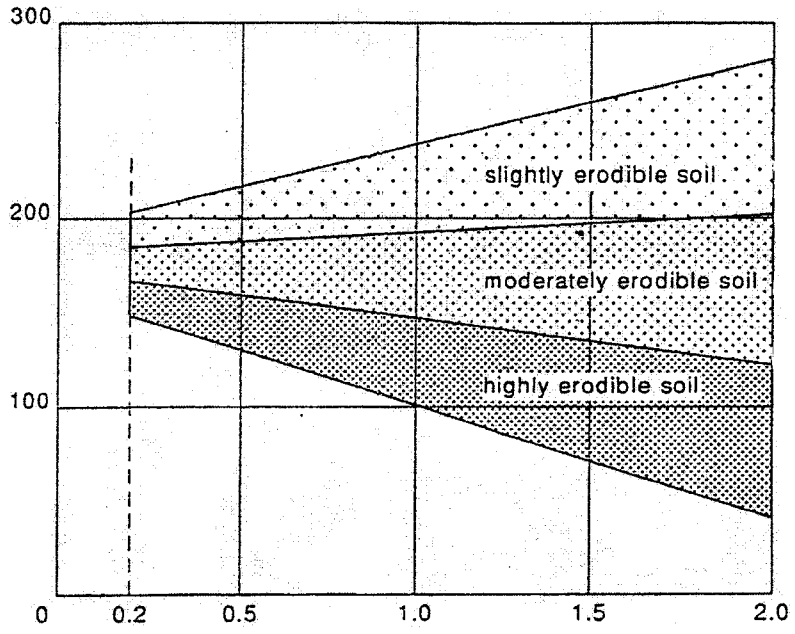
مقطع عرضی A-A

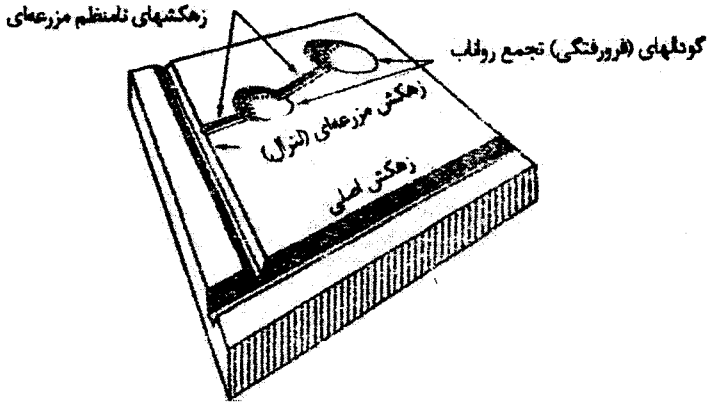


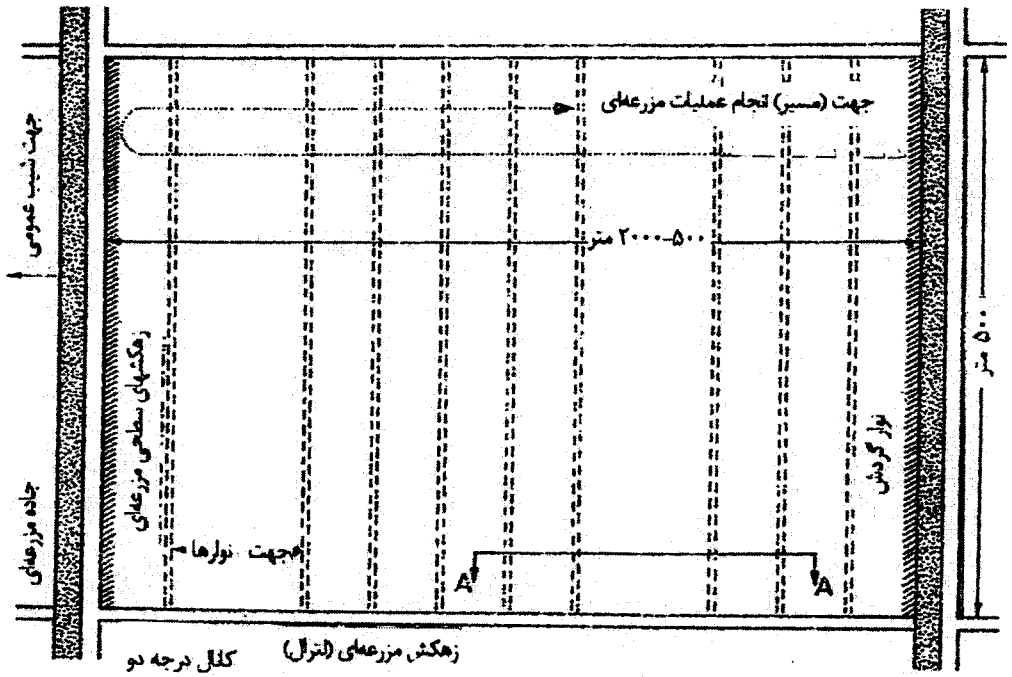
جویچه ته بسته جویچه ته بسته

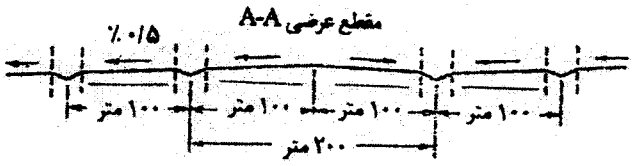


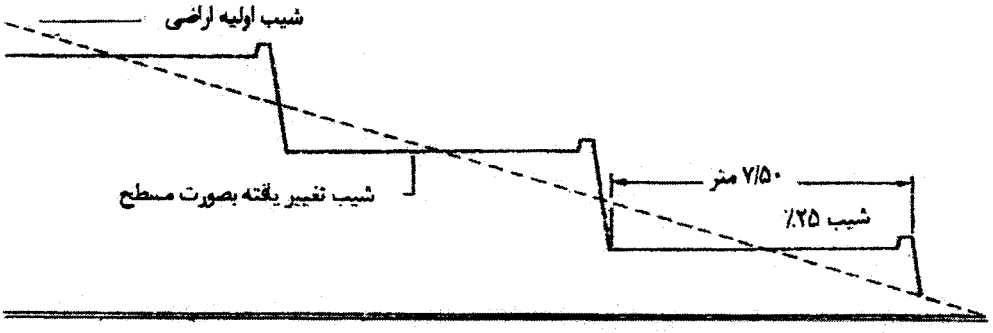
محل تخله (خروجی) آبهای زهکشی



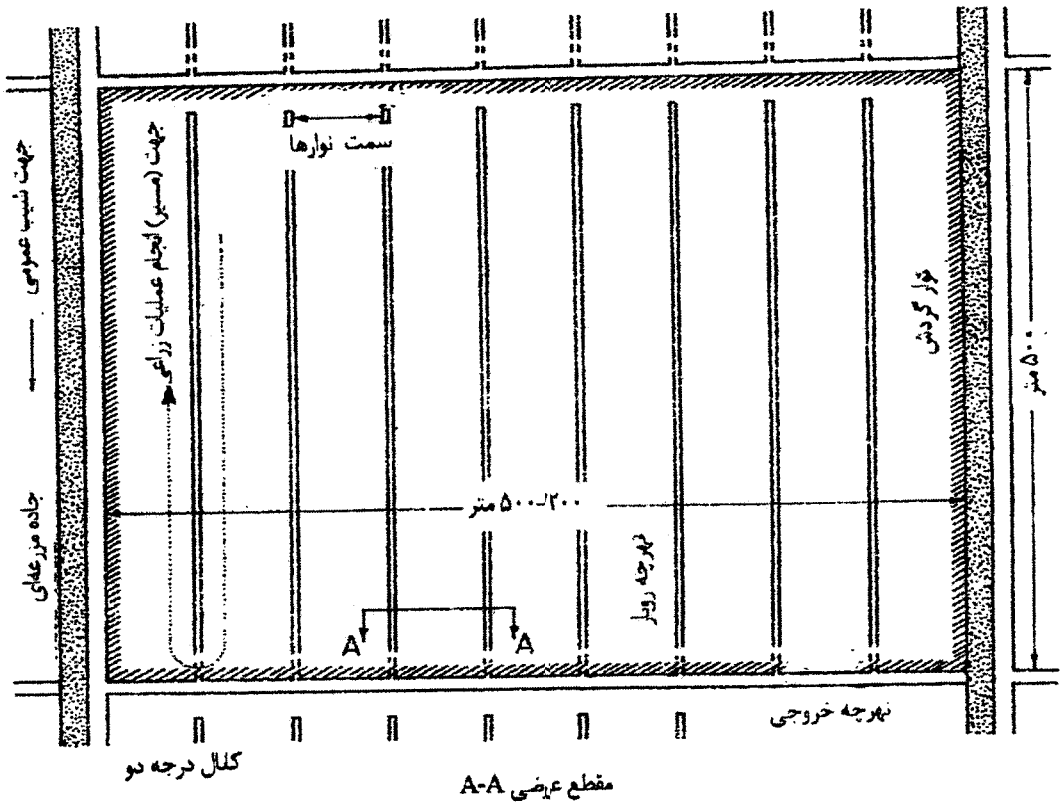

زهکشهای نامنظم مزرعه‌ای
گودالهای (فرورفتگی) تجمع رواناب
زهکش مزرعه‌ای (لترال)
زهکش اصلی


جهت شیب عمومی
جاده مزرعه‌ای
زهکشهای سطحی مزرعه‌ای
جهت (مسیر) انجام عملیات مزرعه‌ای
۵۰۰-۲۰۰۰ متر
جهت نوارها
نوار گردش
۵۰۰ متر
A'
A
زهکش مزرعه‌ای (لترال)
کانال درجه دو

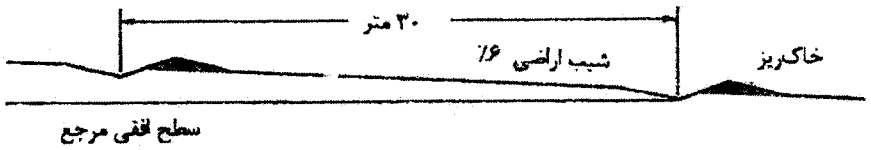

مقطع عرضی A-A
٪ ۰/۵
۱۰۰ متر
۱۰۰ متر
۱۰۰ متر
۲۰۰ متر



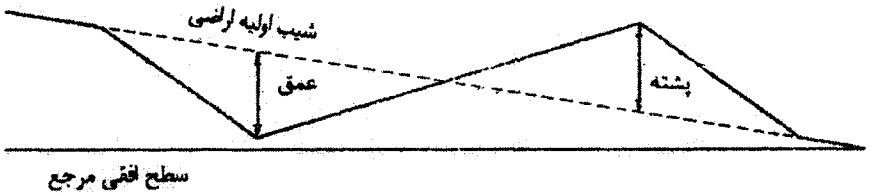
سطح افقی مرجع



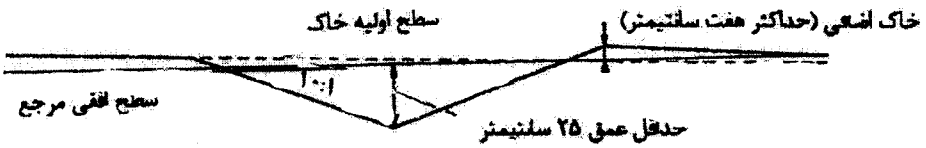
مقطع عرضی A-A

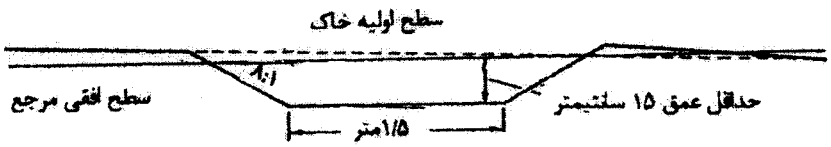


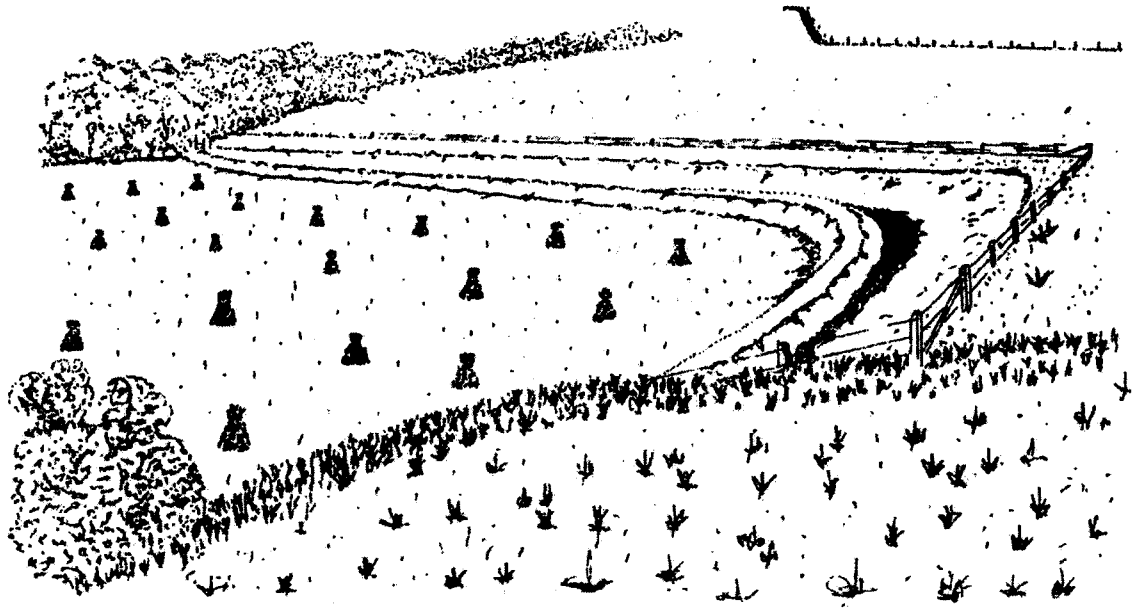
سطح افقی مرجع

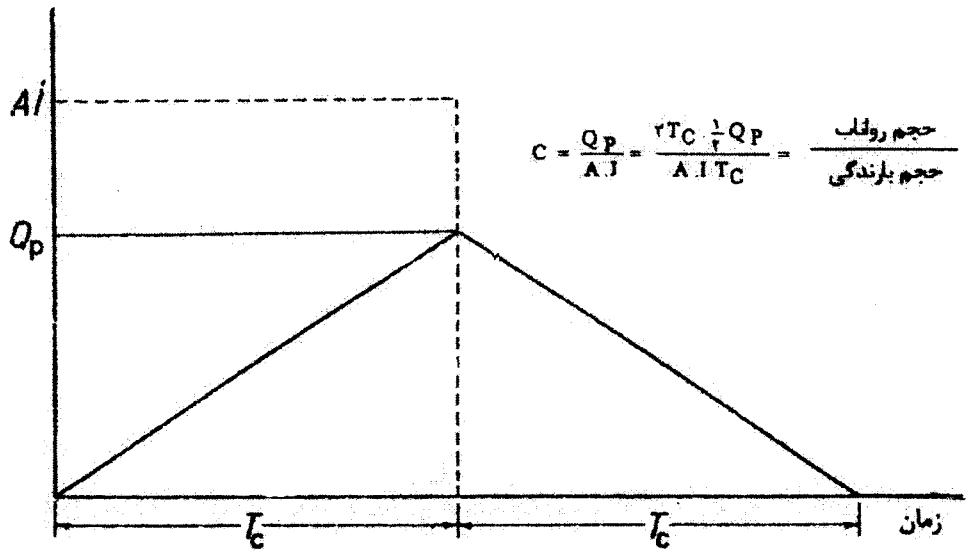


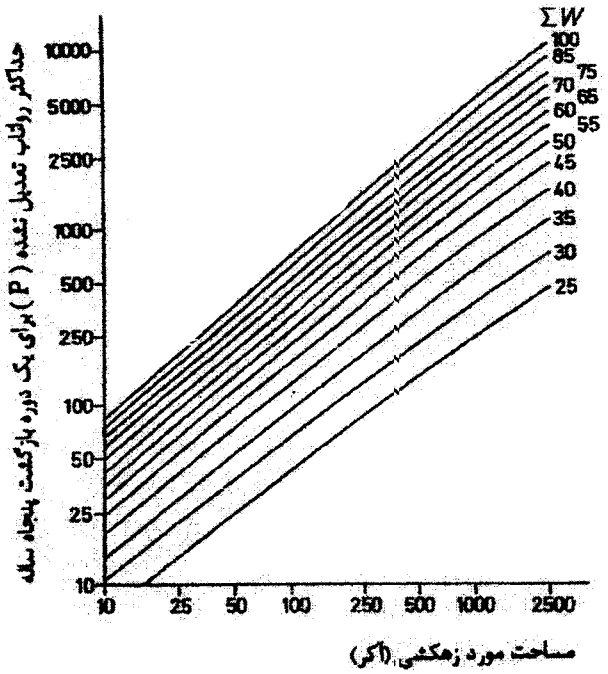
سطح افقی مرجع

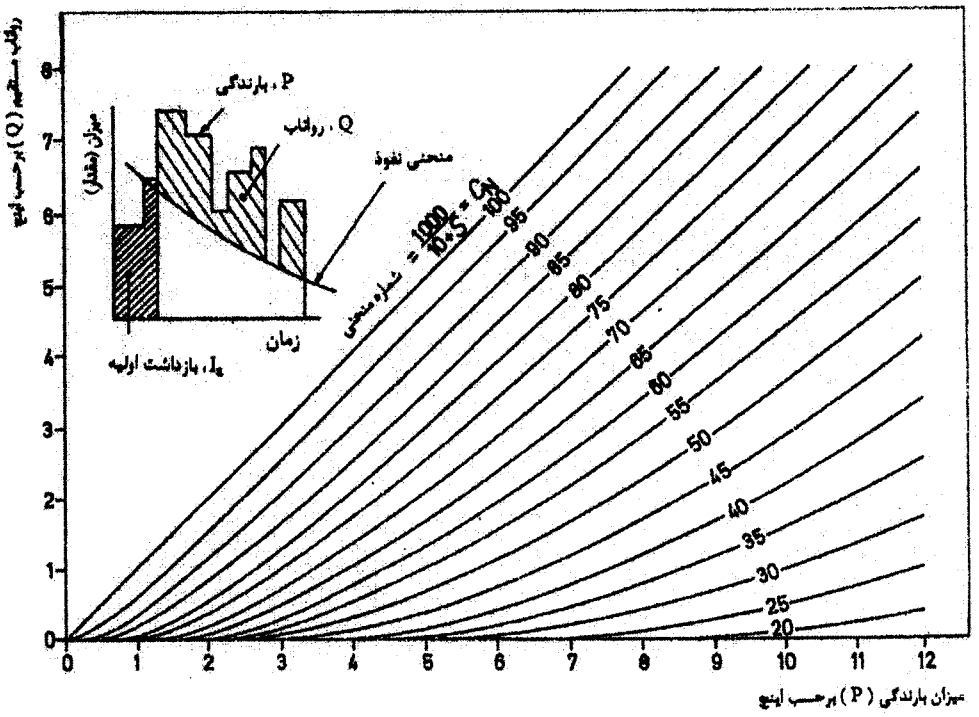

خاک اضافی (حداکثر هفت سانتیمتر)
سطح اولیه خاک
۱:۱
سطح افقی مرجع
حداقل عمق ۲۵ سانتیمتر

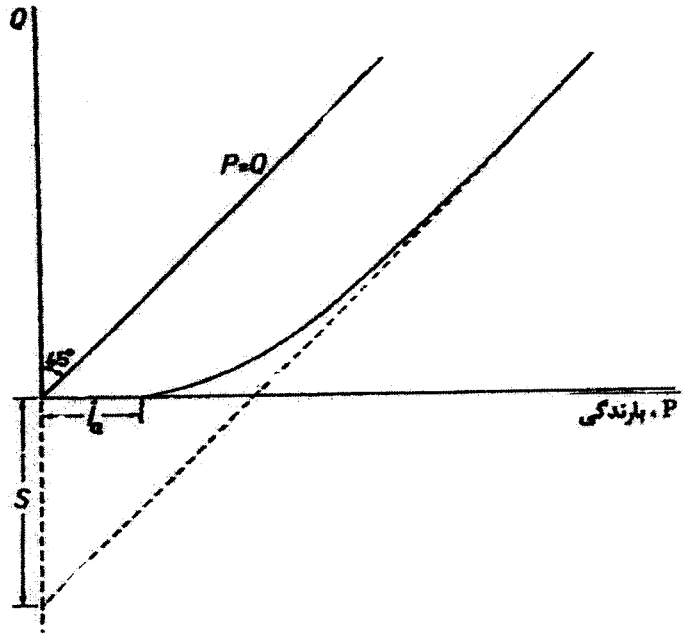

سطح اولیه خاک
۱:۱
سطح افقی مرجع
حداقل عمق ۱۵ سانتیمتر
۱/۵متر

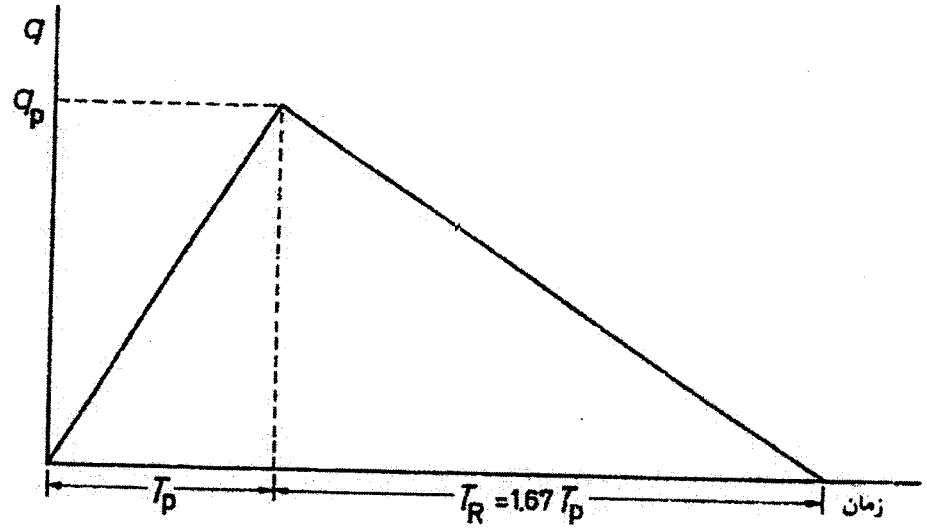


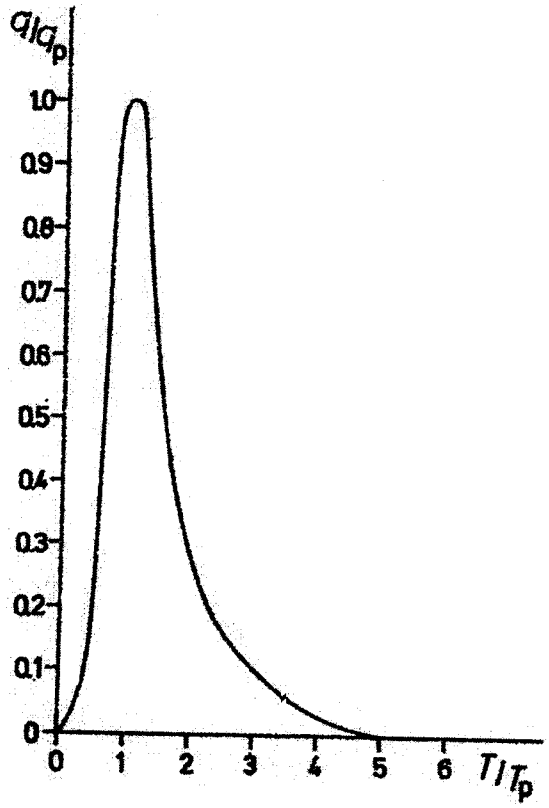

Ai
Qp
Tc
Tc
زمان
$C = \frac{Q_P}{A.I} = \frac{2T_C \frac{1}{2}Q_P}{A.I.T_C} = \frac{\text{حجم رواناب}}{\text{حجم بارندگی}}$

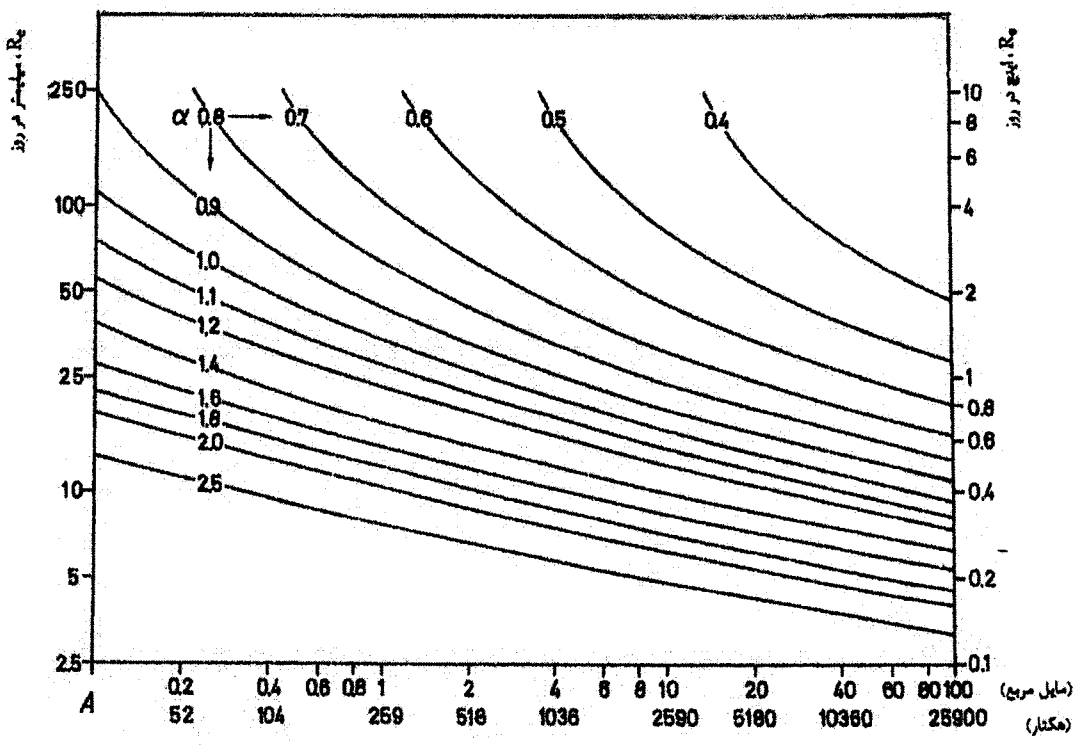

ΣW
100
85
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
10000
5000
2500
1000
500
250
100
50
25
10
10
25
50
100
250
500
1000
2500
حداکثر رواناب تعدیل نشده (P) برای یک دوره بازگشت پنجاه ساله
مساحت مورد زهکشی (اکر)


رواناب مستقیم (Q) برحسب اینچ
میزان بارندگی (P) برحسب اینچ
P ، بارندگی
Q ، رواناب
منحنی نفوذ
میزان (مقدار)
زمان
I_a ، بازداشت اولیه
شماره منحنی = 1000 / (10+S) = CN
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20


Q
P=Q
45°
I_a
P ، بارندگی
S


q
q_p
T_p
$T_R = 1.67\ T_p$
زمان


q/q_p
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0 1 2 3 4 5 6
T/T_p


R_e : سانتیمتر در روز
R_e : اینچ در روز
α 0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.9
1.0
1.1
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.5
250
100
50
25
10
5
2.5
10
8
6
4
2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0.1
A
0.2 0.4 0.6 0.8 1 2 4 6 8 10 20 40 60 80 100 (مایل مربع)
52 104 259 518 1036 2590 5180 10360 25900 (هکتار)

Abstract:

On farm development is a series of works to be done in order to approach to the optimum utilization of soil and water within the farm units. On farm development includes:

- Design of irrigation and drainage systems and related hydraulic structures within the farm units;
- Suitable design layout of fields, and land leveling;
- Design of access roads, in farm roads; and service roads; and
- land consolidation

The objectives of on farm development could he summarized as fallows:

- Reshaping of fields in order to reach to a more desirable layout;
- Increasing water application, and water distribution efficiencies;
- Collection, and conveyance of tail water, and excess runoff;
- Subsurface drainage; and
- Ease the access to different points of the farm, irrigation and drainage canals, etc. and to facilitate the agricultural mechanization.

This publication named "Design Criteria and Bases for on Farm Development for Surface Irrigation" consists of five volumes as follows:

- Vol.1.- Generalities ;
- Vol.2.- Irrigation;
- Vol.3.- Drainage;
- Vol.4.- Hydraulic Structures, and Access Roads; and
- Vol.5. - Land Consolidation.

This volume-Irrigation – first describes irrigation principles followed by design criteria of irrigation methods, water conveyance and distribution canals (unlined, lined, and pre-fabricated) as well as low pressure pipes. Land leveling is another important topic discussed in this volume.

Design Criteria for on Farm Development in Surface Irrigation

Volume 2. – Irrigation

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

فهرست نشریات

منتشر شدهٔ ۲ سال اخیر

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه های ایران	۲۳۴	۱۳۸۱		۱	
ضوابط و معیارهای طرح و اجرای سیلوهای بتنی جلد اول – مشخصات فنی عمومی و اجرایی سازه و معماری سیلو (۱-۲۳۵) جلد دوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق سیلو (۲-۲۳۵) جلد سوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات مکانیکی سیلو (۳-۲۳۵)	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱		۱-۲۳۵ نوع ۳ ۲-۲۳۵ نوع ۳	
راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران	۲۴۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط طراحی سینما	۲۴۵	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی-حرکتی	۲۴۶	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سدسازی	۲۴۷	۱۳۸۱		۳	
فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها	۲۴۸	۱۳۸۱		۳	
فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی	۲۴۹	۱۳۸۱		۲	
آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود	۲۵۱	۱۳۸۱		۳	
رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی درحین اجرا	۲۵۲	۱۳۸۱		۳	
آیین نامه نظارت و کنترل برعملیات و خدمات نقشه برداری	۲۵۳	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول – دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی(۱-۲۵۴) جلد دوم – شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثارزیست محیطی طرح عمرانی (۲-۲۵۴) جلد سوم – دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب .....(۳-۲۵۴)	۲۵۴	۱۳۸۱		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمایشهای آبشویی خاکهای شور وسدیمی در ایران	۲۵۵	۱۳۸۱		۳	
استانداردهای نقشه کشی ساختمانی	۲۵۶	۱۳۸۱		۳	
دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷			۳	
دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب	۲۵۸	۱۳۸۱		۳	
دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹	۱۳۸۱		۳	
راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله باآن درمحدوده پایه های پل	۲۶۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار	۲۶۱	۱۳۸۱		۱	
فهرست جزئیات خدمات مطالعات تاسیسات آبگیری (مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)	۲۶۲	۱۳۸۲		۲	
فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تاسیسات آبگیری (سردخانه سازی)	۲۶۳	۱۳۸۲		۲	
آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران	۲۶۴	۱۳۸۲		۱	
برپایی آزمایشگاه آب	۲۶۵	۱۳۸۲		۳	
۱- دستورالعمل تعیین اسید یته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب	۲۶۶	۱۳۸۲		۳	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ۱-۲۶۷ ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ۲-۲۶۷ ایمنی علائم (جلد سوم) ۳-۲۶۷ تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) ۴-۲۶۷ تأسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ۵-۲۶۷ ایمنی بهره‌برداری (جلد ششم) ۶-۲۶۷ ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم) ۷-۲۶۷	۲۶۷	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها	۲۶۸	۱۳۸۲		۳	
راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوب	۲۶۹	۱۳۸۲		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی	۵۵	۱۳۸۳		۱	تجدیدنظر دوم
معیارهای برنامه‌ریزی و طراحی کتابخانه‌های عمومی کشور	۲۷۰	۱۳۸۳		۳	
شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مخصوص تعدادی از شهرهای کشور	۲۷۱	۱۳۸۲		۳	
راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها	۲۷۲	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه‌ها به روش انیشتین و کلبی	۲۷۳	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه‌برداری آب	۲۷۴	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۷۵	۱۳۸۳		۱	
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل	۲۷۶				
راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن	۲۷۹	۱۳۸۳		۱	
مشخصات فنی عمومی راهداری	۲۸۰	۱۳۸۳		۱	
ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۱	۱۳۸۳		۳	
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان‌های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال‌های روباز	۲۸۲	۱۳۸۳		۳	
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۳				
راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بخش دوم - تصفیه ثانویه	۲۸۴	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۸۵	۱۳۸۳		۳	
ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار	۲۸۶	۱۳۸۳		۳	
طراحی بناهای درمانی (۱) بخش بستری داخلی- جراحی ۱-۲۸۷	۲۸۷	**جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی **جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی **جلد چهارم** : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات	۱۳۸۳	۳	
طراحی بناهای درمانی (۲) بخش مراقبت‌های ویژه I.C.U ۲-۲۸۷		**جلد یکم**:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری **جلد دوم** : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی **جلد سوم** :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی **جلد چهارم** : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی	۱۳۸۴		
آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن	۲۸۸	۱۳۸۳		۱	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
راهنمای روش محاسبه تعدیل آحاد بهای پیمان‌ها	۲۸۹	۱۳۸۳			
دستورالعمل تهیه، ارائه و بررسی پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش دستورالعمل تهیه و ارسال گزارش سالانه پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش	۲۹۰				
جزئیات تیپ کارهای آب و فاضلاب	۲۹۱	۱۳۸۴		۳	
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۲				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۳				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۴				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۵				
راهنمای بهسازی رویه‌های شنی و آسفالتی	۲۹۶	۱۳۸۴		۳	
فرهنگ واژگان نظام فنی و اجرایی کشور	۲۹۷	۱۳۸۴			
مجموعه مقالات کارگاه مشترک ایران و ژاپن (۵-۷ مهرماه ۱۳۸۳)	۲۹۸	۱۳۸۴			
فهرست جزئیات خدمات ساماندهی و تجهیز و نوسازی اراضی تحت پوشش تعاونی تولید روستایی	۲۹۹			۲	
آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (۱۱ جلد) ۱- ملاحظات محیطی و بارگذاری ۲- مصالح ۳- مکانیک خاک و پی ۴- اصول و مبانی مطالعات و طراحی بنادر ۵- موج‌شکنها و سازه‌های حفاظتی ۶- سازه و تجهیزات پهلوگیری ۷- آبراهه و حوضچه ۸- تسهیلات و تجهیزات بهره‌برداری و پشتیبانی بنادر ۹- سکوهای دریایی ۱۰- ملاحظات زیست‌محیطی بنادر ۱۱- سازه و تجهیزات تعمیر شناور	۳۰۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی عمومی روسازی راه‌آهن	۳۰۱	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آبشستگی پل	۳۰۲	۱۳۸۴		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله‌های آب و فاضلاب شهری	۳۰۳	۱۳۸۵		۱	
راهنمای طراحی نمای ساختمان‌های عمومی	۳۰۴				
شرح خدمات مطالعات برنامه‌ریزی و تهیه طرح‌های تفصیلی – اجرایی جنگلداری جنگل‌های شمال کشور	۳۰۵				
آماده‌سازی و تمیزکاری سطوح فلزی جهت اجرای پوشش	۳۰۶	۱۳۸۴		۳	
راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه	۳۰۷	۱۳۸۴		۳	
راهنمای طراحی دیوارهای حائل	۳۰۸	۱۳۸۴		۳	
راهنمای طراحی سازه‌ای تونل‌های آب‌بر	۳۰۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور	۳۱۰				
راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه‌های فولادی	۳۱۱	۱۳۸۴		۳	
ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی	۳۱۲	۱۳۸۴		۳	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری	۳۱۳	۱۳۸۴		۳	
ارزیابی ظرفیت وام‌گیری کشاورزان در طرح‌های آبیاری و زهکشی	۳۱۴				
راهنمای نگهداری سامانه‌های زهکشی	۳۱۵				
راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه	۳۱۶	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی»	۳۱۷	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل کنترل کیفیت در تصفیه‌خانه‌های آب	۳۱۸	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی تعیین فاصله و زهکش‌های زیرزمینی	۳۱۹	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات ارزیابی عملکرد سامانه‌های زهکشی زیرزمینی	۳۲۰	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده	۳۲۱	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک	۳۲۲				
دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله اجمالی	۳۲۳				
ضوابط طراحی ساختمان‌های با اتصال خرجینی	۳۲۴	۱۳۸۵		۱	
ضوابط طراحی و محاسبه ساختمان‌های صنعتی فولادی	۳۲۵	۱۳۸۵		۱	
مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها جلد پنجم : لوله‌های ترموپلاستیک	۱۲۸-۵				
دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه	۳۲۷	۱۳۸۵		۳	
واژه‌های و اصلاحات اکتشافات معدنی	۳۲۸				
فهرست خدمات مطالعات برداشت مصالح رودخانه‌ای	۳۲۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل آماربرداری از منابع آب	۳۳۰				
راهنمای تشخیص اثرهای اقتصادی، اجتماعی، ارزش‌گذاری و توجیه اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب	۳۳۱				
راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه	۳۳۲				
شرح خدمات توجیه فنی و اقتصادی- اجتماعی سامانه‌های آبیاری تحت فشار (در سه سطح الف- ب- پ)	۳۳۳	۱۳۸۵		۳	
روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت فشار	۳۳۴	۱۳۸۵		۳	
راهنمای بهره‌برداری هیدرولیکی از مخزن سدهای بزرگ	۳۳۵			۳	
راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای	۳۳۶			۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی ساختمان‌های حفاظتی و تقاطعی، تبدیل و ایمنی و ساختمان‌های حفاظت در مقابل فرسایش سامانه‌های آبیاری	۳۳۷			۳	
دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله تفصیلی	۳۳۸			۳	
مشخصات فنی اجرایی بازیافت سرد آسفالت	۳۳۹	۱۳۸۵		۱	
تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های معدنی؛ واژه‌ها و اصطلاحات پایه استخراج معدن	۳۴۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی اجرایی بازیافت گرم آسفالت	۳۴۱	۱۳۸۵		۱	
راهکار کاهش نوفه ترافیک برای ساختمانهای حواشی بزرگراه‌های شهری	۳۴۲	۱۳۸۵		۳	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
راهنمای طراحی آکوستیکی فضاهای آموزشی	۳۴۳	۱۳۸۵		۳	
آیین‌نامه سازه‌های بتنی حجیم	۳۴۴				
راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی تقویت ساختمانهای بتنی موجود با استفاده از الیاف تقویتی FRP	۳۴۵				
ضوابط و مبانی طراحی، تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی خشکه‌زاری	۳۴۶			۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبیاری تحت فشار	۳۴۷	۱۳۸۵		۱	
ضوابط انتخاب و طراحی مزرعه آزمایشی زهکشی زیرزمینی	۳۴۸			۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبیاری تحت فشار	۳۴۹			۱	
مقررات تهویه در معادن	۳۵۰				
مراحل مختلف اکتشاف ذغال سنگ	۳۵۱				