



# پوشش‌های زهکشی

## گردآوری و تألیف:

سید مجتبی رضوی نبوی

محمد جواد ادیمی

محمد رضا شهریاری

صمد دربندی

## بازخوانی و ویرایش علمی:

پیمان دانشکار آراسته

مجتبی اکرم

گروه کار زهکشی و محیط‌زیست  
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران





**عنوان و نام پدیدآور** : پوشش‌های زهکشی / گردآوری و تالیف محمدجواد ادیمی ... [ و دیگران ]؛ بازخوانی و ویرایش علمی مجتبی اکرم، پیمان دانشکار آراسته؛ [ برای ] گروه کار زهکشی و محیط زیست کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

**مشخصات نشر** : تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۸.

**مشخصات ظاهری** : ۱۳۶ ص: مصور، جدول، نمودار.

**شابک** : 978-964-6668-77-5

**وضعیت فهرست نویسی**: فیبا

**یادداشت** : گردآوری و تالیف محمدجواد ادیمی، مجتبی رضوی نبوی، صمد دربندی، محمدرضا شهریاری.

**موضوع** : زهکشی

**موضوع** : لوله‌های زهکشی

**موضوع** : ژئوتکستایل‌ها

**شناسه افزوده** : ادیمی، محمدجواد، ۱۳۲۸ -

**شناسه افزوده** : اکرم، مجتبی، ۱۳۲۷ -، ویراستار

**شناسه افزوده** : دانش‌کار آراسته، پیمان، ۱۳۴۸ -، ویراستار

**شناسه افزوده** : ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی

**شناسه افزوده** : ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. گروه کار زهکشی و محیط زیست

**رده بندی کنگره** : TC/۹۷۰/۹ پ ۱۳۸۸

**رده بندی دیویی** : ۶۲۷/۵۴:

**شماره کتابشناسی ملی** : ۷۴۰۶۰۸۱:

**نام کتاب: پوشش‌های زهکشی**

**گردآوری و تألیف: محمدجواد ادیمی، سیدمجتبی رضوی نبوی، صمد دربندی، محمدرضا شهریاری**

**ویراستاران: مجتبی اکرم، پیمان دانشکار آراسته**

**ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران**

**چاپ اول: ۱۳۸۸**

**تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه**

**شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۶۶۸-۷۷-۵**

**نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۱،**

**کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۲۵۷۳۴۸ شماره: ۲۲۲۷۲۲۸۵**

**<http://www.irncid.org>**

**حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.**

### پیشگفتار رئیس کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران:

شرایط اقلیمی کشور ایران به گونه‌ای است که بخش کشاورزی آن به شدت به آب برای تولید محصولات کشاورزی وابسته است. این وابستگی به حدیست که با وجود سطح نسبتاً یکسان اراضی سالانه زیر کشت دیم و فاریاب کشور، حدود ۹۰ درصد فرآورده‌های کشاورزی از زراعت آبی حاصل می‌شود. در چنین شرایطی تأثیرات اقلیمی ناشی از پدیده خشکسالی و یا ترسالی می‌تواند اثرات منفی یا مثبت زیادی بر تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی ایران داشته باشد.

شرایط متفاوت اقلیمی و منابع آب ایران، طلب می‌کند که محققان، مدیران و مراکز علمی و پژوهشی کشورمان در بخش آبیاری و زهکشی نیز متفاوت‌تر از سایر کشورهای جهان که شرایط طبیعی نسبتاً پایداری دارند باشند. پژوهشگران و مراکز تحقیقاتی ایران می‌بایست از پویایی، ابتکار، نوآوری و پژوهش محوری ویژه‌ای برخوردار باشند تا بتوانند کشور را در شرایط پایدار تولید حفظ نمایند.

کلیه کارشناسان و مراکز علمی و آموزشی که در خانواده بزرگ آب و خاک کشورمان فعال هستند، مسئولیت بزرگی در تأمین امنیت آبی و غذایی برعهده دارند. یکی از مراکز علمی فعال در صنعت آب کشورمان، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران است که در سال ۱۳۷۰ پس از یک وقفه طولانی به طور رسمی آغاز به کار کرده است. این کمیته ملی طی دهه اخیر نقش مؤثری در اشاعه علوم و فنون آبیاری و زهکشی در ایران داشته است. اثربخشی علمی و فرهنگی بیش از ۱۳۰ کتاب و گزارش فنی این کمیته ملی به همراه برگزاری دهها سمینار و کارگاه‌های فنی در ادبیات کارشناسان و مدیران صنعت آب کشور به خوبی آشکار می‌باشد.

خودباوری کارشناسان ایرانی نه تنها تأثیر عمیقی بر توسعه و پیشرفت آبیاری و زهکشی کشورمان داشته است بلکه از نگاه بیرونی و در سطح بین‌المللی نیز به توفیقات زیادی دست یافته است. اگر بپذیریم که خودباوری و پویایی کارشناسان از ارکان رشد و توسعه هستند توفیق کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران در این زمینه قابل ارزیابی است.

در اینجا جا دارد از کلیه همکارانم در شورایی عالی که نقش سیاست‌گذاری کلان را عهده‌دار می‌باشند و هیئت اجرایی که وظیفه نظارت و هدایت بدنه علمی کمیته ملی را بدوش دارند و کادر علمی و فنی متخصص در گروه‌های کار و در نهایت کارکنان دبیرخانه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران قدردانی و سپاسگزاری نمایم. از خداوند منان پیشرفت و توسعه کشور عزیزمان ایران را در کلیه امور، به ویژه اعتلای صنعت آب و کشاورزی مسئلت داریم.

**محمد رضا عطارزاده**

**معاون وزیر نیرو در امور آب و آبفا**

**و رئیس شورایی عالی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران**

## پیشگفتار دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران:

روند افزایش جمعیت کشور و به تبع آن نیاز مبرم جامعه به مواد غذایی در ابعاد کمی و کیفی ایجاب نموده است تا در جهت توسعه کشاورزی و عمران اراضی کشور از طریق اجرای طرحهای توسعه منابع آب گام‌های مؤثر و برخوردار از شتاب لازم برداشته شود.

اجرای طرحهای توسعه و بهره برداری از منابع آب به گونه ای است که مستلزم سرمایه‌گذاری‌های سنگین با نگرش مدیریت جامع و یکپارچه منابع آب و الزام به ملحوظ نمودن ملاحظات زیست محیطی می‌باشد. یقیناً در چنین نگرشی، زهکشی به عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی و اثرگذار در چرخه آب حوضه آبریز و جزء لاینفک طرحهای توسعه منابع آب محسوب می‌گردد که نگرش انتزاعی به آن موجب تحقق نیافتن اهداف طرحهای توسعه خواهد گردید.

ارتباط تنگاتنگ زهکشی با آبیاری، کنترل سیلاب، بهداشت عمومی، حفاظت محیط زیست و حفاظت تالابها ایجاب می‌نماید تا مسائل زهکشی و اصلاح اراضی با دقت بیشتری مورد بررسی طراحان و مجریان طرحهای زهکشی در مراحل مختلف مطالعاتی، طراحی و اجرایی واقع گردیده تا با طراحی و اجرای صحیح سیستم‌های زهکشی، زمینه پایداری طرحهای توسعه کشاورزی فراهم گردد.

یکی از عوامل مؤثر در عملکرد مناسب شبکه زهکشی، نحوه انتقال و عبور آب از محیط خاک به درون لوله زهکش است که بایستی با سهولت نسبی از طریق شبکه منافذ لوله صورت گیرد. عبور جریان آب از محیط خاک به درون لوله زهکش به دلیل کاهش مقطع عبور جریان موجب افزایش قابل ملاحظه سرعت جریان می‌گردد. این پدیده از یک طرف سبب افت فشار هیدرولیکی شده و از سوی دیگر موجب جابجائی ذرات خاک اطراف لوله می‌گردد. بنابراین لازم است با تمهیداتی افت بار هیدرولیکی در محدوده مجاز کنترل گردیده و پیرامون لوله زهکش به نحوی محافظت شود که سرعت جریان آب نتواند ذرات خاک را با خود حمل و به درون لوله منتقل نماید. روش عمومی برای دستیابی به شرایط مطلوب این است که در اطراف لوله زهکش، محیط

متخلخل و پایداری به عنوان پوشش ایجاد می‌گردد. شایان ذکر است که تنوع و تغییرات طبیعی خاک، روابط پیچیده آب و خاک و تأثیر متقابل بین آنها در مجاورت زهکش‌ها، تفاوت‌های بین مواد پوششی مختلف، عواملی هستند که درانتخاب و بکارگیری پوشش مناسب لوله‌های زهکشی می‌بایست مورد توجه قرار گیرند.

از آنجائیکه استفاده از روش‌ها و معیارهای پیشنهادی توسط مراجع معتبر علمی در تشخیص ضرورت به کارگیری پوشش‌های زهکشی و طراحی آنها، توأم با توجیه اقتصادی و رعایت ملاحظات ویژه انتخاب مواد پوششی با توجه به تنوع آنها، و هم چنین رعایت ضوابط و معیارهای زمان نصب، توسط کارشناسان امری معمول می‌باشد، لذا گروه کار زهکشی و محیط زیست کمیته ملی آبیاری و زهکشی مصمم گردید تا با استفاده از منابع معتبر علمی کتاب حاضر را تدوین و در اختیار علاقمندان قرار دهد.

نظر به اینکه بر اساس تجارب موجود، یکی از علل عمده ناکامی در تعدادی از طرح‌های زهکشی اجرا شده درسطوح ملی و بین‌المللی، طراحی و اجرای نامناسب پوشش‌های زهکشی عنوان می‌گردد، لذا امید آن دارد که مطالب این کتاب در راستای بهبود عملکرد سیستم‌های زهکشی به لحاظ انتخاب و طراحی مناسب پوشش‌های زهکشی مثمرتر واقع گردد.

سید اسدالله اسدالهی

دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف	پیشگفتار رئیس کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
ت	پیشگفتار دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۱	فصل اول - کلیات
۱	۱-۱- تعاریف
۲	۲-۱- سوابق کاربرد پوشش
۶	۳-۱- نقش پوشش‌های زهکشی
۶	۱-۳-۱- نقش فیلتری و مکانیکی
۸	۲-۳-۱- نقش هیدرولیکی
۹	۳-۳-۱- نقش ایجاد بستر
۹	۴-۱- ضرورت استفاده از پوشش
۱۱	۱-۴-۱- روش رس و نسبت جذب سدیم
۱۱	۲-۴-۱- روش رس
۱۱	۳-۴-۱- روش شاخص پلاستیسیته و ضریب یکنواختی خاک
۱۲	۴-۴-۱- روش گرادپان شکست هیدرولیکی
۱۴	۵-۴-۱- معیارهای ضرورت استفاده از پوشش
۱۷	فصل دوم - انواع پوشش‌های زهکشی
۱۷	۱-۲- پوشش‌های طبیعی
۱۸	۱-۱-۲- پوشش‌های شنی - ماسه‌ای (گرانول)

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۹	۲-۱-۲- پوشش‌های الیاف پشم شیشه (فایبر گلاس)
۲۱	۲-۲- پوشش‌های آلی
۲۴	۳-۲- پوشش‌های مصنوعی
۲۴	۱-۳-۲- مواد نرم پیش تافته (PLMهای مصنوعی)
۲۸	۲-۳-۲- پوشش‌های ژئوتکستایل
۳۳	<b>فصل سوّم - انتخاب مواد پوششی</b>
۳۳	۱-۳- نحوه دسترسی و هزینه مواد پوششی
۳۴	۲-۳- بار پیش‌بینی شده برای تحمل لوله
۳۴	۳-۳- گرفتگی شیمیایی
۳۷	۱-۳-۳- کلسیم و اسیدیته (pH) خاک
۳۷	۲-۳-۳- روش‌های تنظیم واکنش‌های شیمیایی
۳۸	۴-۳- ضخامت مورد نیاز
۴۱	<b>فصل چهارم - طراحی پوشش‌های زهکشی</b>
۴۱	۱-۴- بررسی‌های مورد نیاز
۴۱	۱-۱-۴- بررسی‌های مکانیکی
۴۲	۲-۱-۴- جنبه‌های هیدرولیکی
۴۳	۳-۱-۴- پایداری ساختاری
۴۴	۱-۳-۱-۴- هدایت هیدرولیک در عمق کارگذاری زهکش‌ها

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۵	۴-۱-۳-۲- عمق لایه محدودکننده
۴۵	۴-۱-۴- خصوصیات شیمیایی خاک
۴۷	۴-۱-۴-۱- ظرفیت تبادل کاتیونی
۴۷	۴-۱-۴-۲- شوری خاک
۴۸	۴-۱-۴-۳- سدیمی بودن خاک
۴۹	۴-۲- معیارهای طراحی پوشش
۴۹	۴-۲-۱- روش شاخص‌های آزمایشگاهی
۵۰	۴-۲-۱-۱- آزمایش‌های آبگذری در واحد ضخامت
۵۱	۴-۲-۱-۲- آزمایش نسبت گرادیان
۵۱	۴-۲-۱-۳- آزمون جریان طولانی مدت
۵۲	۴-۲-۱-۴- آزمایش نسبت هدایت هیدرولیک
۵۲	۴-۲-۲- روش معیارهای عمومی
۵۳	۴-۳- پوشش‌های شنی - ماسه‌ای
۵۴	۴-۳-۱- معیار ترزاقی
۵۵	۴-۳-۲- معیارهای اداره احیای اراضی ایالات متحده
۵۷	۴-۳-۳- معیارهای سرویس حفاظت منابع طبیعی
۵۸	۴-۳-۴- معیارهای ولاتمن و همکاران
۶۰	۴-۳-۵- تحقیقات شیرارد و همکاران در مورد معیارهای طراحی فیلتر شنی
۶۲	۴-۴- پوشش‌های مصنوعی
۶۲	۴-۴-۱- معیارهای ولاتمن و همکاران

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۲	۴-۴-۱-۱- معیارهای نگهداری
۶۳	۴-۴-۱-۲- معیارهای هیدرولیکی
۶۳	۴-۴-۱-۳- معیارهای جلوگیری از انسداد
۶۳	۴-۴-۱-۴- معیارهای مکانیکی
۶۶	۴-۲- خصوصیات فیزیکی پوشش‌های مصنوعی
۶۷	۴-۴-۲-۱- وزن واحد سطح
۶۷	۴-۴-۲-۲- استاندارد اروپائی پوشش‌های مصنوعی
۷۰	۴-۴-۲-۳- هدایت هیدرولیکی پوشش
۷۰	۴-۴-۲-۴- خصوصیات مکانیکی
۷۱	۴-۴-۲-۵- ضخامت پوشش مصنوعی
۷۲	۴-۵- پوشش‌های آلی
۷۳	<b>فصل پنجم - نصب و نگهداری پوشش‌های زهکشی</b>
۷۳	۵-۱- نصب پوشش
۷۶	۵-۲- کنترل کیفیت مواد پوششی
۷۶	۵-۲-۱- عوامل کنترل کیفیت
۷۷	۵-۲-۲- کنترل کیفیت در زمان ساخت
۷۷	۵-۳- نگهداری
۷۹	۵-۳-۱- شستشو با فشار آب
۸۱	۵-۳-۲- تمیز کردن شیمیایی
۸۲	۵-۴- پایش و ارزیابی عملکرد پوشش

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۵	فصل ششم - سوابق اجرایی کاربرد پوشش‌های زهکشی در کشور
۸۵	مقدمه
۸۶	۱-۶- طرح زهکشی زیرزمینی وشمگیر گرگان
۸۶	۱-۱-۶- موقعیت
۸۷	۲-۱-۶- سوابق مطالعاتی و اجرایی
۸۷	۳-۱-۶- منابع خاک
۸۷	۴-۱-۶- منابع آب
۸۸	۵-۱-۶- ارزیابی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی
۸۸	۱-۵-۱-۶- روش‌شناسی بررسی‌ها
۸۹	۲-۵-۱-۶- نتایج ارزیابی
۹۵	۲-۶- طرح زهکشی زیرزمینی شرکت ران بهشهر
۹۵	۱-۲-۶- موقعیت
۹۵	۲-۲-۶- اهداف طرح
۹۵	۳-۲-۶- مشخصات طرح
۹۶	۴-۲-۶- مواد پوششی
۹۷	۵-۲-۶- عملکرد زهکش‌ها
۹۹	۳-۶- طرح زهکشی زیرزمینی واحدهای توسعه نیشکر خوزستان
۱۰۰	۱-۳-۶- موقعیت و مساحت مزرعه آزمایشی
۱۰۰	۲-۳-۶- منابع خاک
۱۰۱	۳-۳-۶- منبع تأمین آب
۱۰۱	۴-۳-۶- برنامه اندازه‌گیری‌های مزرعه آزمایشی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۰۱	۶-۳-۵- نتایج بررسی وضعیت عملکرد پوشش‌های زهکشی
۱۰۲	۶-۴- طرح زهکشی نخیلات جنوب جزیره آبادان
۱۰۳	۶-۴-۱- مشخصات طرح زهکشی
۱۰۴	۶-۴-۲- پوشش‌های زهکشی
۱۰۷	<b>فصل هفتم</b>
۱۰۷	جمع‌بندی
۱۰۹	فهرست منابع

## فهرست شکل‌ها و عکس‌ها

صفحه	عنوان
۸	شکل ۱-۱- همگرایی خطوط جریان به طرف منافذ لوله برای پوشش‌های
۱۰	شکل ۱-۲- مراحل تشخیص ضرورت استفاده از پوشش
۱۴	شکل ۱-۳- پارامترهای مختلف زهکشی زیرزمینی
۲۶	شکل ۲-۱- پوشش PLM نوع 2 [PP-300]
۲۷	شکل ۲-۲- پوشش PLM نوع 2 [PP-450]
۲۷	شکل ۲-۳- پوشش PLM نوع 2 [PP-700]
۲۷	شکل ۲-۴- پوشش PLM نوع 2 [PS-1000]

فهرست شکل‌ها و عکس‌ها

صفحه	عنوان
۲۹	شکل ۲-۵- طبقه‌بندی انواع ژئوتکستایل‌ها
۲۹	شکل ۲-۶- بافتی از تار چند رشته‌ای بر پود تک رشته‌ای
۳۰	شکل ۲-۷- ژئوتکستایل بافته با تار و پودهای چند رشته‌ای
۳۰	شکل ۲-۸- ژئوتکستایل نبافته از الیاف طویل سوزن‌زنی شده
۳۱	شکل ۲-۹- ژئوتکستایل از نوع بافته گره‌دار
۳۹	شکل ۳-۱- تعیین ضخامت پوشش لازم
۴۶	شکل ۴-۱- مراحل طراحی، اجرا و نگهداری پوشش لوله‌های زهکشی
	شکل ۶-۱- مقایسه بین منحنی‌های دانه‌بندی پوشش مصرف شده در سه
۹۱	بخش مورد بررسی ساحل راست و منحنی‌های حد بالا و پایین توصیه شده از طرف مراجع علمی
	شکل ۶-۲- مقایسه بافت خاک برگردانیده شده به ترانشه و خاک طبیعی
۹۲	در محل زهکش فرعی در اراضی آبخور کانال R14C2 (ساحل راست)، بخش یک مسیر
	شکل ۶-۳- وضعیت پوشش شنی مصرف شده نسبت به لوله در ترانشه
۹۲	زهکش فرعی بخش‌های سه گانه مسیر بررسی شده، اراضی آبخور کانال R14C2
۹۳	شکل ۶-۴- وضعیت رسوب‌گذاری درون لوله‌های زهکش مورد بررسی در راضی آبخور کانال R14C2 (ساحل راست)

### فهرست شکل‌ها و عکس‌ها

صفحه	عنوان
۹۴	شکل ۶-۵- منحنی دانه‌بندی رسوبات درون لوله زهکش در بخش‌های مورد بررسی در ساحل راست
۹۷	شکل ۶-۶- وضعیت قرارگیری و ضخامت پوشش پوسته برنج در اطراف لوله زهکش
۹۸	عکس ۶-۱- خروجی زهکش زیرزمینی به کانال جمع‌کننده و مشاهده تجمع رسوبات آهن
۹۸	عکس ۶-۲- صافی نصب شده در محل آبگیر ایستگاه پمپاژ

### فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۶	جدول ۱-۱- طبقه‌بندی خاک‌ها از نظر نیاز به پوشش
۳۶	جدول ۱-۳- خطر گرفتگی لوله توسط گل اخرا بر اساس آهن حل شده و اسیدیته
۳۷	جدول ۲-۳- تشخیص خطر گرفتگی آهن بر اساس علائم مشاهده‌ای
۴۴	جدول ۱-۴- استعداد رسوب‌گذاری بر اساس ضریب یکنواختی و شاخص پلاستیسیته
۵۷	جدول ۲-۴- رابطه بین قطر ذرات خاک و قطر مواد پوششی دانه‌ای
۵۹	جدول ۳-۴- معیارهای طراحی پیشنهادی ولاتمن برای پوشش‌های دانه‌ای
۶۴	جدول ۴-۴- معیارهای طراحی برای پوشش‌های مصنوعی



## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۶۵	جدول ۴-۵- معیارهای نگهداری پوشش‌های ژئوتکستایل
۶۷	جدول ۴-۶- تقسیم بندی اروپایی برای مواد نرم پیش تافته
۶۸	پنجره ۱- خلاصه اطلاعات خواص مطلوب مواد مصنوعی برای پوشش زهکش‌ها تا سال ۱۹۹۵
۶۹	جدول ۴-۷- معیارهای نگهداری برای ژئوتکستایل و مواد نرم پیش تافته
۷۱	جدول ۴-۸- حداقل ضخامت مواد پوششی مصنوعی
۷۲	جدول ۴-۹- ضخامت پیشنهاد شده برای پوشش‌های آلی
۸۳	جدول ۵-۱- شاخص ارزیابی مقاومت ورودی به زهکش
۸۴	جدول ۵-۲- شاخص ارزیابی مقاومت ورودی برای مناطق خشک تحت آبیاری
۸۴	جدول شماره ۵-۳- عملکرد زهکشی بر اساس مقاومت ورودی
۸۹	جدول شماره ۶-۱- فاصله زهکش‌ها و قطر لوله‌های زهکشی در مقاطع مختلف مسیر براساس نظر مهندسين مشاور گيد- استادکا و راماب



## فصل اول

### کلیات

#### ۱-۱- تعاریف

در مورد پوشش اطراف لوله‌های زهکش تعاریف متفاوتی به کار رفته است. این تعاریف عبارت‌های پوشش<sup>۱</sup>، فیلتر<sup>۲</sup> و محاط‌کننده<sup>۳</sup> را شامل می‌شود.

#### - پوشش

ماده پوششی زهکش، به ماده متخلخلی گفته می‌شود که به منظور بهبود شرایط هیدرولیکی لوله زهکش و محافظت آن در برابر ورود مواد رسوبی، در اطراف آن نصب می‌گردد [۳].

#### - فیلتر (صافی)

فیلتر ماده متخلخلی است که از میان آن گاز و یا مایعی عبور داده می‌شود تا مواد معلق آن جدا گردد. در نتیجه، فیلتر کردن عملی است که در آن خاک و یا مواد دیگر در اثر عبور جریان روی فیلتر باقی می‌مانند، اما به مایع اجازه عبور داده می‌شود [۳]. با این تعریف، اگر فیلتر به عنوان پوشش زهکش استفاده شود، به تدریج به علت مواد ریزی که در سطح و یا درون آن رسوب می‌کند، مسدود شده و در فاصله زمانی کوتاهی با کاهش ضریب آبدگری، کارایی خود را از دست می‌دهد.

---

1- Envelope

2- Filter

3- Surround

**- محاط‌کننده**

پوششی که منحصراً به منظور ایجاد منطقه‌ای با هدایت هیدرولیکی زیاد در اطراف لوله زهکش، تسهیل ورود آب به لوله و به حداقل رساندن مقاومت ورودی بکار برده می‌شود [۱].

**۱-۲- سوابق کاربرد پوشش**

احداث سیستم نوین زهکشی زیرزمینی از سال ۱۸۴۵ در هلند و از سال ۱۸۵۰ در آمریکا به منظور بهبود بخشیدن به شرایط خاک‌های کشاورزی برای رشد گیاهان معمول شد. اما اغلب سیستم‌ها بعداً با معضل رسوب‌گذاری در لوله مواجه شدند. از آن به بعد مهندسان ناچار به حفاظت از درز و شکاف‌های لوله برای ممانعت از عبور ذرات ریز به داخل لوله شده و برای این منظور در صدد برآمدند که با مواد مخصوصی اطراف لوله‌ها را پوشش دهند. مواد اولیه مورد استفاده جهت پوشش لوله‌های زهکش، چیزی جز مواد با منشأ آلی نظیر خاک اره، خرده‌های چوب، الیاف گیاهی، پوشال غلات، شاخ و برگ درختان و خاک سطح‌الارض نبوده که استفاده از آنها در مناطق مرطوب اروپائی متداول گردید. در استفاده از خاک روئی، در این مناطق پس از حفر زهکش، تنبوشه را در کف آن قرار داده و سپس بر روی آن خاک سطح‌الارض ریخته می‌شد و بقیه خاک خارج شده از ترانشه نیز بر روی این خاک قرار می‌گرفت. علت این بود که خاک روئین چنین مناطقی از دانه‌بندی خوبی برخوردار بوده و سبب تسهیل حرکت و انتقال آب به تنبوشه‌ها می‌گردید، ضمن آنکه مانند اسفنجی ذرات انتقالی توسط آب را در خود نگه می‌داشت [۲۹].

بعدها در مناطق خشک نیز از شیوه کار مناطق مرطوب استفاده شد، لیکن نتایج سودمندی حاصل نگردید زیرا که در بسیاری موارد خاک‌های مناطق خشک، سخت، سله بسته و کلوخه‌ای می‌باشند. با مرور زمان مشاهده گردید که اگر در نیمرخ خاک، افق شنی یا بافت شنی موجود باشد، بهتر است به جای خاک روئین از شن یا ذراتی

که بافت درشت دارند، در اطراف تندبوشه‌ها استفاده شود. این امر سبب گردید تا استفاده از شن، ماسه و سنگریزه به عنوان پوشش در مناطق خشک مورد توجه قرار گیرد.

بطور کلی استفاده از پوشش، برای جلوگیری از ورود خاک، از زمانی که زهکش‌های زیرزمینی با خطر انسداد مواجه گردیدند، معمول گردید. براون<sup>۱</sup> در سال ۱۹۱۵ استفاده از شن را در زهکش‌هایی که در سال ۱۹۰۶ احداث شده‌اند، گزارش نمود. او چنین نتیجه‌گیری کرد که زهکش‌های زیرزمینی در بعضی از خاک‌ها، بدون استفاده از پوشش سنگریزه و شن، کارآیی ندارند. هارت<sup>۲</sup> نیز در سال ۱۹۱۷ استفاده از مصالح دانه‌بندی شده را به عنوان پوشش توصیه نمود [۲۵].

سیسون<sup>۳</sup> در سال ۱۹۶۵ گزارش نمود که فرنچ<sup>۴</sup> در سال ۱۸۵۹ زهکش‌های پوشش‌دار را به عنوان روشی برای جلوگیری از رسوب‌گذاری در زهکش توصیه نموده است. انتخاب بعدی فرنچ شن‌ریز و تمیز بوده است [۲۵].

کازی<sup>۵</sup> در سال ۱۹۶۱ و دبووری<sup>۶</sup> در سال ۱۹۶۲ نتایج تحقیق خود را در مورد ارزیابی پوشش‌های زهکشی به صورت روابط زیر ارائه نمودند [۱۹،۱]:

$$\frac{F}{A} = \frac{d_{50F}}{d_{50S}} \quad (۱-۱)$$

$$\delta = \frac{d_{95F} - d_{50F}}{1.645} \quad (۲-۱)$$

- 
- 1- Brown
  - 2- Hart
  - 3- Sisson
  - 4- French
  - 5- Qazi A.R
  - 6- Des Bouvrie

در این روابط:

$$\frac{F}{A} = \text{نسبت بین درشتی ذرات پوشش به ذرات خاک}$$

$d_{50F}$  = قطری از ذرات پوششی است که  $X$  درصد ذرات پوشش از آن کوچکتر است.  
 $d_{50S}$  = قطری از ذرات خاک است که ۵۰ درصد ذرات خاک از آن بزرگتر یا کوچکتر است.

$F$  = نماد پوشش

$S$  = نماد خاک

$\delta$  = ضریب یکنواختی

پیلزبوری<sup>۱</sup> در سال ۱۹۶۷ نیز طی تحقیقی، انواع پوشش‌های مختلف را مورد بررسی قرار داد و عدم موفقیت برخی از پروژه‌های زهکشی را انتخاب نامناسب پوشش‌های زهکشی گزارش نمود. وی بر این عقیده بود که چون تکامل خاک در مناطق مرطوب بهتر صورت می‌گیرد، لذا خاکدانه‌ها از پایداری مناسبی برخوردار بوده و در اثر آب متلاشی نمی‌شوند. برعکس در مناطق خشک، آب ورودی به زمین مقادیری از خاک را شسته و با خود به زهکش‌ها انتقال می‌دهد [۱۹،۱].

در سال ۱۹۷۵ دنیس و ترافورد<sup>۲</sup> [۱۴] طی آزمایشی به این نتیجه رسیدند که در صورت تعبیه یک لایه نیم دایره از پوشش در زیر یا بالای لوله‌های زهکشی، می‌توان فاصله زهکش‌ها را تا ۱۰۰ درصد نسبت به حالت بدون اجرای پوشش افزایش داده و در صورتیکه پوشش بطور کامل اطراف لوله را بپوشاند، فاصله زهکش‌ها را تا ۱۲۰ درصد نیز می‌توان افزایش داد. بررسی‌های اسکگز<sup>۳</sup> [۲۲] در سال ۱۹۷۸ و اسکگز و تانک<sup>۴</sup> [۲۳] در سال ۱۹۷۹ نیز نشان داد که استفاده از هر نوع پوششی سبب افزایش

1- Pillsbury

2- Dennis C.W. & Traford B. D

3- Skaggs R.W

4- Tang Y.K

فاصله بین خطوط زهکش می‌شود، ضمن آنکه افزایش فاصله با مواد پوششی طبیعی بیشتر می‌باشد.

در سال ۱۹۷۹ ویلاردسون و واکر<sup>۱</sup> در پژوهش‌های مختلف درباره خاک‌های ناپایدار به این نتیجه رسیدند در صورتیکه شیب هیدرولیکی بین لوله زهکش و پوشش از حد معینی بالاتر رود، سرعت بیش از حد آب، سبب انتقال ذرات خاک و گرفتگی منافذ پوشش می‌گردد.

در ایران نیز در سال ۱۳۷۵ حسن اقلی و زارعی طی تحقیقی در مورد پوشش‌های ژئوتکستایل و شنی به این نتیجه رسیدند که از لحاظ آبدهی، عملکرد پوشش شنی نسبت به ژئویکستایل بهتر می‌باشد، ضمن آنکه با سنگین‌تر شدن بافت خاک میزان آبدهی در زهکش‌ها با هر دو پوشش کاهش می‌یابد و این امر پوشش ژئوتکستایل را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد [۷،۱].

در سال ۱۳۷۷ نظرزاده علت شکست سیستم زهکشی زیرزمینی اراضی دانشگاه شهید چمران اهواز و انسداد لوله‌های آن را، نامناسب بودن طراحی پوشش گزارش نمود. وی همچنین گزارش نمود که در اغلب موارد در زیر لوله‌های زهکشی پوشش قرار نگرفته بود. در این بررسی، درشت و یکنواخت بودن پوشش و عرض شکاف بین ۱ تا ۱۵ میلیمتر بین دو لوله از عوامل دیگر ورود رسوب به داخل لوله‌های زهکشی گزارش شده است [۱۲،۱].

در سال ۱۳۷۸ مطالعه‌ای توسط روحانی و کاوه بمنظور ارزیابی عملکرد پوشش مصنوعی ژئوتکستایل در اراضی واحد امیرکبیر طرح توسعه نیشکر انجام گرفت. نتایج بررسی نشان داد که پوشش مصنوعی مورد استفاده به دلیل انسداد و شدت گرفتگی برای خاک‌های اراضی واحد مذکور مناسب نمی‌باشد [۴،۱]. با توجه به

---

1- Willardson L.S.& Walker R.E.

کاربرد صالح پوشش شن، الیاف طبیعی پیش تافته<sup>۱</sup> و الیاف مصنوعی مانند ژئوتکستایل‌ها به عنوان مهمترین انواع مواد پوششی برای جلوگیری از ورود رسوب و انسداد خطوط لوله زهکشی در دهه ۹۰ در پروژه‌های زهکشی زیرزمینی، در خصوص ضرورت استفاده از پوشش و انتخاب مواد مناسب، براساس تحقیقات و تجارب عملی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ بر روی خواص خاک، مصالح پوشش و شرایط جریان، دستورالعمل‌های مربوط به طراحی پوشش تدوین و منتشر گردیده است.

### ۱-۳- نقش پوشش‌های زهکشی

به طور کلی اهداف عمده استفاده از پوشش اطراف زهکش‌های زیرزمینی به شرح زیر است:

- جلوگیری و یا محدود کردن حرکت ذرات خاک به درون زهکش که زمینه انسداد زهکش را فراهم می‌سازد؛
- ایجاد بستری مناسب و پایدار برای استقرار لوله‌های زهکشی به منظور جلوگیری از نشست نامتقارن و جابه‌جایی عمودی لوله‌ها، انحراف و تغییر شکل آنها ناشی از وزن اضافی خاک در حین و بعد از عملیات اجرائی؛
- تثبیت بستر خاکی که لوله در آن کار گذاشته می‌شود؛ و
- ایجاد محیطی متخلخل با آبگذری نسبتاً زیاد در محل و یا نزدیک سوراخ‌های زهکش به منظور کاهش مقاومت ورودی؛

بنابراین پوشش زهکش اطراف لوله زهکشی یک یا چند نقش زیر را ایفا می‌نماید:

### ۱-۳-۱- نقش فیلتری و مکانیکی

پوشش به عنوان نگهدارنده مکانیکی یا مهارکننده خاک اطراف لوله زهکش، در حد فاصل خاک و زهکش قرار گرفته و از انتقال ذرات خاک به داخل زهکش که منجر به



رسوب‌گذاری و انسداد آن می‌شود جلوگیری می‌نماید. همچنین از لوله‌های زهکشی در مقابل خسارت‌های ناشی از فشار خاک که باعث انحناء و تغییر شکل مقطع لوله می‌گردد محافظت می‌کند [۲۷].

با توجه به اینکه پایداری خاک عبارت از قدرت خاکدانه‌ها برای نگه‌داشتن چسبندگی و ساختمان خاک تحت تأثیر تنش‌های وارده می‌باشد، در اراضی فاریاب به دلیل وجود ذرات سیلت، در بعضی مواقع، خاک لایه‌های اعماق پائین ناپایدار می‌باشد. وجود یون سدیم نیز باعث می‌گردد تا ذرات رس نیمرخ خاک در اثر تماس با آب پراکنده شده و خاک ناپایدار شود. پس از کارگذاری لوله‌های زهکشی و اتمام خاکریزی ترانشه‌ها، خاک ریخته شده هنوز استحکام و پایداری لازم را نداشته و با ورود زه آب به درون ترانشه، جریان آب مقداری از ذرات سست خاک را به درون لوله‌های زهکشی منتقل می‌کند. چنانچه نیروی هیدرولیکی بیش از مقاومت ذرات خاک باشد، جابجائی ذرات خاک حتمی خواهد بود. لذا خطر انسداد در اوایل بهره‌برداری (انسداد اولیه)<sup>۱</sup> از شبکه زهکشی زیاد می‌باشد. لیکن پس از نشست و تثبیت خاک اطراف لوله‌های زهکش، این خطر کاهش یافته، اما در خاک‌های ناپایدار کماکان خطر باقی می‌ماند. با نزدیکی جریان آب به زهکش، به دلیل همگرایی جریان و کم شدن سطح مقطع، سرعت جریان افزایش یافته و موجب کنده شدن ذرات ریز خاک و انتقال آنها به داخل زهکش می‌شود (انسداد ثانویه)<sup>۲</sup>. بنابراین وجود یک حفاظ در اطراف لوله زهکش، در شرایطی که احتمال حرکت ذرات به طرف لوله‌ها، ورود به داخل آنها و خطر انسداد وجود داشته باشد، ضرورت دارد. صافی نقش این حفاظ را داشته و دو وظیفه مهم را در این ارتباط ایفا می‌نماید:

الف- جلوگیری از ورود ذرات خاک به داخل لوله‌های زهکش به منظور ممانعت از رسوب‌گذاری و انسداد اولیه مجاری لوله‌ها؛ و

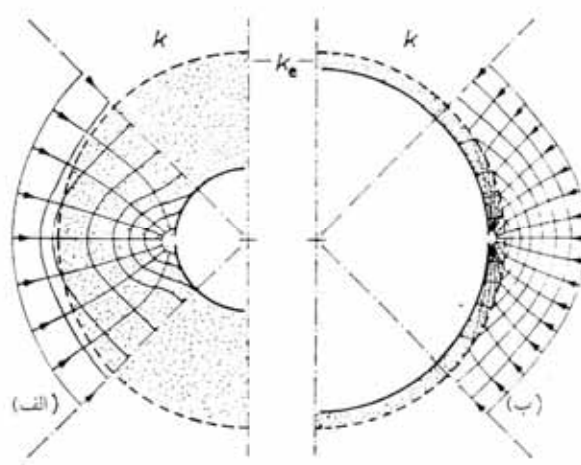
1- Blocking

2- Clogging

ب- ایجاد امکان برای ورود ذرات معلق با سرعت کم به داخل لوله‌های زهکشی. این ذرات باید همراه زه‌آب‌ها از داخل لوله شسته و به خارج منتقل شوند.

### ۱-۳-۲- نقش هیدرولیکی

نقش هیدرولیکی پوشش، ایجاد محیط متخلخل با نفوذپذیری نسبتاً زیاد در اطراف زهکش است که باعث کاهش مقاومت جریان ورودی زه‌آب‌ها به داخل لوله زهکش می‌گردد. در تمامی فرمول‌هایی که برای طراحی شبکه‌های زهکشی بکار می‌روند، فرض بر این است که محیط لوله‌های زهکشی کاملاً نفوذپذیر بوده و هیچ مقاومتی در برابر جریان آب وجود ندارد. اما در عمل این‌گونه نبوده و لوله‌های مورد استفاده در زهکشی دارای سوراخ‌هایی برای ورود آب می‌باشند. همگرایی خطوط جریان به سمت این سوراخ‌ها باعث ایجاد یک مقاومت اضافی در برابر جریان زه‌آب‌ها می‌گردد (شکل ۱-۱)، که به آن مقاومت ورودی<sup>۱</sup> گفته می‌شود. کاربرد پوشش باعث کاهش این همگرایی به دلیل کاهش مقاومت ورودی می‌گردد.



شکل ۱-۱- همگرایی خطوط جریان به طرف منافذ لوله برای پوشش‌های (الف) حجیم و (ب) نازک پیرامون لوله [۲].

### ۱-۳-۳- نقش ایجاد بستر

ایجاد یک بستر پایدار برای حفظ لوله زهکش در برابر فشارهای عمودی ناشی از بار وارده خاک در هنگام نصب و یا بعد از آن است. این نقش بستری عمدتاً توسط پوشش‌های شن و ماسه‌ای صورت می‌گیرد.

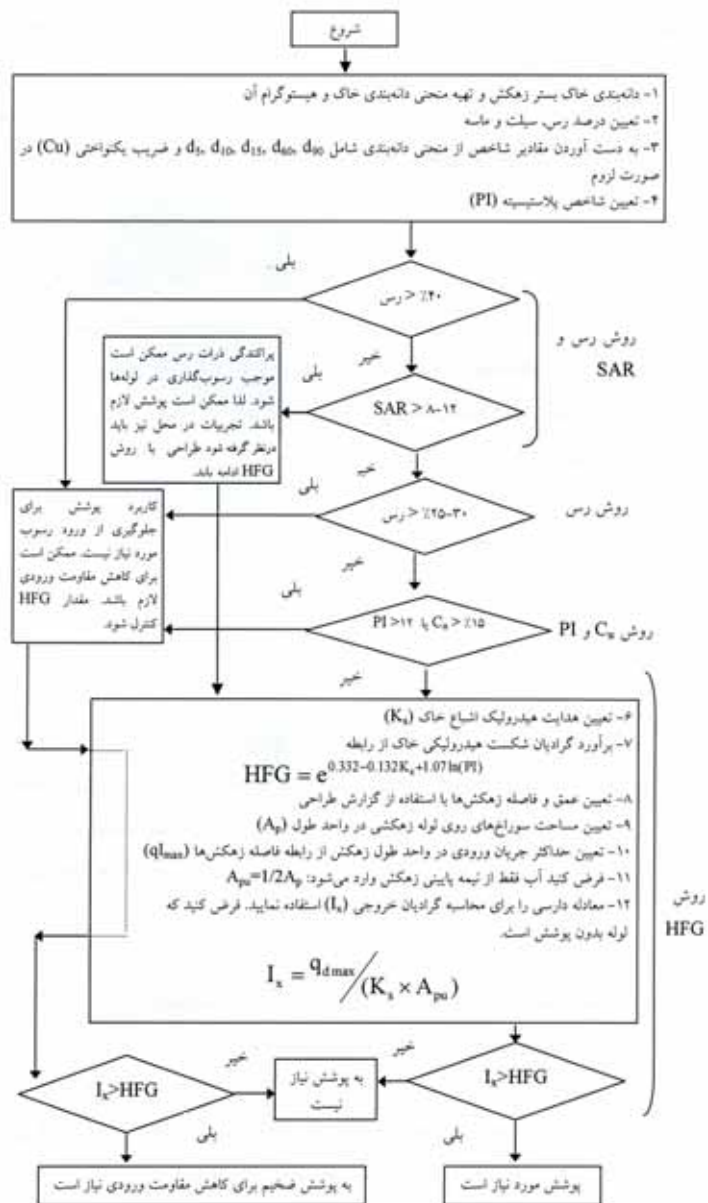
### ۱-۴- ضرورت استفاده از پوشش

ضرورت استفاده از پوشش به طور عمده به ویژگی‌های خاک در منطقه‌ای که زهکش زیرزمینی در آن اجرا می‌شود، بستگی دارد. اصولاً بکارگیری و تعمیم تجربیات حاصله از یک منطقه به صورت مستقیم برای منطقه دیگر پیشنهاد نمی‌شود. در حال حاضر نیز دستورالعمل جامعی که ضرورت استفاده از پوشش را تعیین کند، وجود ندارد. بهترین روش تعیین ضرورت استفاده از پوشش، احداث خطوط زهکش آزمایشی برای انواع خاک‌های موجود در یک منطقه (مزرعه آزمایشی)<sup>۱</sup> است. این روش نیاز به صرف وقت و هزینه زیاد دارد. حتی اگر برای جلوگیری از ورود رسوبات ریزدانه به داخل لوله‌های زهکش، استفاده از پوشش ضرورت نداشته باشد، ممکن است شرایط ویژه دیگری استفاده از پوشش را اجتناب‌ناپذیر نماید که از جمله آنها می‌توان به شرایط هیدرولیکی، اجرا و نصب اشاره کرد.

برای تشخیص ضرورت استفاده از یک نوع پوشش، چهار روش وجود دارد که در شکل (۱-۲) ارائه شده‌اند. در صورت استفاده از یک روش، نیازی به کاربرد روش‌های دیگر نمی‌باشد.

---

۱- برای آگاهی از مندرجات «ضوابط انتخاب و طراحی مزرعه آزمایشی زهکشی زیرزمینی» نشریه شماره ۳۴۸ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری مراجعه شود.



شکل ۱-۲- مراحل تشخیص ضرورت استفاده از پوشش [۲۷]

#### ۱-۴-۱- روش رس و نسبت جذب سدیم<sup>۱</sup>

در این روش در صورتیکه میزان رس خاک بیشتر از ۴۰ در صد و نسبت جذب سدیم (SAR) کمتر از ۸ تا ۱۲ باشد، نیازی به کاربرد پوشش نخواهد بود [۲۷].

#### ۱-۴-۲- روش رس<sup>۲</sup>

براساس این روش، در صورتیکه در صد رس خاک اطراف زهکش بیشتر از ۲۵ تا ۳۰ در صد باشد، نیازی به پوشش نیست. ذکر این نکته ضروری است که خاکها در مناطق آب و هوایی خشک نسبت به مناطق مرطوب ناپایدارترند و مقادیر رس نمی‌تواند تنها شاخص پایداری خاک باشد. در نتیجه پیشنهاد می‌گردد که از روش گرادیان شکست هیدرولیکی (HFG)<sup>۳</sup> و معیار SAR نیز استفاده شود.

#### ۱-۴-۳- روش شاخص پلاستیسیته و ضریب یکنواختی خاک<sup>۴</sup>

در صورتی که شاخص پلاستیسیته (PI) بیشتر از ۱۲ و ضریب یکنواختی خاک ( $C_u$ ) بیشتر از ۱۵ باشد، نیازی به کاربرد پوشش نخواهد بود. ضریب یکنواختی خاک ( $C_u$ ) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (۳-۱)$$

در این رابطه:

$d_{60}$  = قطری است که ۶۰ در صد ذرات خاک از آن کوچکتر باشند؛ و

$d_{10}$  = قطری است که ۱۰ در صد ذرات خاک از آن کوچکتر باشند.

1 - Clay & SAR Method

2 - Clay Method

3 - Hydraulic Failure Gradient

4 - Plasticity Index & Coefficient of Uniformity Method

## ۴-۴-۱- روش گرادیان شکست هیدرولیکی

در روش گرادیان شکست هیدرولیکی (HFG)، با تعیین هدایت هیدرولیک اشباع خاک، گرادیان واقعی جریان در پیرامون زهکش‌ها و محاسبه گرادیان شکست هیدرولیکی، نیاز یا عدم نیاز به پوشش مشخص می‌شود. در صورتی که گرادیان هیدرولیکی واقعی کمتر از گرادیان شکست هیدرولیکی باشد، نیازی به پوشش احساس نمی‌شود. گرادیان شکست هیدرولیکی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{HFG} = e^{0.332 - 0.132k_s + 1.07 \times \ln(\text{PI})} \quad (۴-۱)$$

که در آن:

HFG = گرادیان شکست هیدرولیکی؛

$K_s$  = هدایت هیدرولیک اشباع (متر بر روز)؛

PI = شاخص پلاستیسیته؛ و

$e$  = پایه لگاریتم طبیعی است.

گرادیان واقعی با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$I_x = \frac{q_{d\max}}{K_s \times A_{pu}} \quad (۵-۱)$$

$$q_{l\max} = q_{d\max} \times S = \frac{Q_{d\max}}{L} \quad (۶-۱)$$

$$Q_{d\max} = q_{d\max} \times S \times L = \frac{8K_1 \times d_e (h + d_{\text{wtd}}) + 4K_2 (h + d_{\text{wtd}})^2}{S} \times L \quad (۷-۱)$$

که در آنها:

$I_x$  = گرادیان واقعی؛

$q_{d\max}$  = بده در واحد عرض (متر مکعب بر روز بر متر)؛

$A_{PU}$  = سطح واقعی جریان یا مساحت سوراخ‌های روی لوله زهکش (متر مربع بر متر)؛

$Q_{dmax}$  = حداکثر بده ممکن تحت شرایط جریان آزاد (متر مکعب بر روز)؛

$q_{lmax}$  = حداکثر بده ورودی در واحد طول زهکش (متر مکعب در روز بر متر)؛

$S$  = فاصله زهکشی (متر)؛

$L$  = طول زهکش (متر)؛

$d_e$  = عمق معادل هوخهات (متر)؛

$h$  = بار آبی طراحی؛

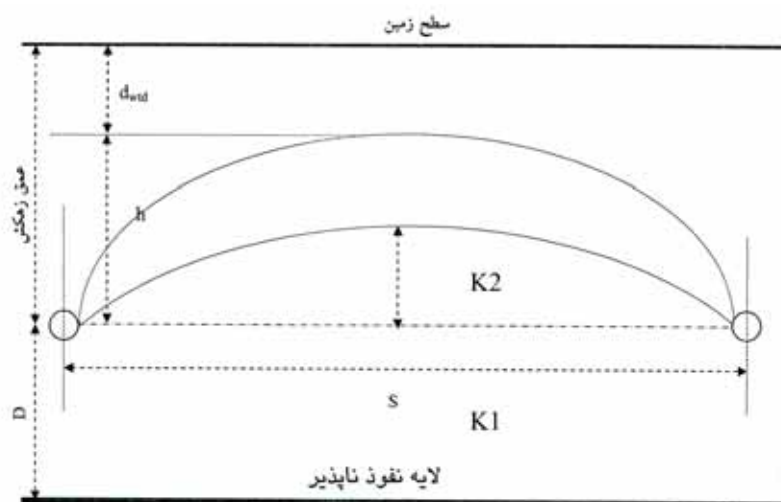
$d_{wtd}$  = عمق سطح ایستابی تا سطح زمین (متر)؛

$K_1$  = هدایت هیدرولیک لایه‌های خاک زیر زهکش (متر بر روز)؛ و

$K_2$  = هدایت هیدرولیک لایه‌های خاک بالای زهکش (متر بر روز).

عوامل معادله‌های فوق در شکل (۱-۳) ارائه شده است.

به طور کلی، روش رس، تنها معیار اولیه‌ای را برای ضرورت استفاده از پوشش ارائه می‌دهد. با استفاده از نتایج آزمایش شیمیایی خاک و کیفیت آب، مشخص می‌شود که آیا مقادیر زیاد SAR می‌تواند باعث پراکندگی ذرات خاک شود؟ شاخص پلاستیسیته (PI) به تنهایی کاربرد نداشته و همین موضوع در مورد ضریب یکنواختی ( $C_u$ ) نیز صادق است. لیکن ترکیب این دو شاخص، نشانه‌هایی کلی در رابطه با نیاز به پوشش زهکشی در اختیار می‌گذارد. روش گرادیان شکست هیدرولیکی آثار وجود رس، شاخص پلاستیسیته و هدایت هیدرولیک اشباع خاک را تلفیق می‌نماید. روش‌های یاد شده در شکل (۱-۲) ارائه شده است.



شکل ۱-۳- پارامترهای مختلف زهکشی زیرزمینی [۳]

#### ۱-۴-۵- جمع‌بندی روش‌های تشخیص ضرورت استفاده از پوشش

نیاز به مواد پوششی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، آب کاربردی (آبیاری) و شرایطی که زهکش‌های زیرزمینی نصب می‌شوند، بستگی دارد. به طور معمول آگاهی از خصوصیات خاک برای اظهار نظر قطعی در مورد ضرورت کاربرد، یا عدم نیاز به استفاده از مواد پوششی همواره امکان‌پذیر نیست. در عین حال با توجه به تجارب موجود جهانی، در شرایط شرح داده شده زیر می‌توان لزوم و یا عدم لزوم کاربرد مواد پوششی را پیش‌بینی کرد:

- در خاک‌های ریزشی و ناپایدار، استفاده از پوشش زهکشی برای عملیات زهکشی زیرزمینی ضروری است.
- در خاک‌های ماسه‌ای ریز، کاربرد مواد پوشش در همه شرایط لازم است.
- خاک‌هایی که شاخص پلاستیسیته آنها بیشتر از ۱۲ است، بعلت چسبندگی زیاد و پایداری ساختمان و عدم حرکت ذرات ریزدانه به درون لوله‌های زهکشی نیازی



- به کاربرد مواد پوششی ندارند. بیان این نکته ضروری است که با رعایت این شاخص، مشکل ورود ذرات ریز به درون پوشش و در نتیجه به درون زهکش مورد نظر قرار گرفته است. بدیهی است در مواردی که کاهش مقاومت ورودی جریان مورد نظر باشد، کاربرد مواد پوشش بایستی مورد توجه قرار گیرد.
- در خاک‌هایی که ضریب یکنواختی آنها بیشتر از ۱۵ است و خاک‌های درشت دانه‌ای که ۹۰ درصد ذرات تشکیل‌دهنده آن بزرگتر از قطر سوراخ‌ها یا شیارهای لوله‌های زهکشی زیرزمینی است نیز نیازی به کاربرد مواد پوششی وجود ندارد.
  - میزان رس موجود در خاک، بایستی همراه با عامل SAR در نظر گرفته شود به گونه‌ای که در مناطق معتدل هرگاه خاک بین ۲۰ تا ۳۰ درصد رس داشته باشد، نیازی به استفاده از مواد پوششی نیست. در اراضی تحت آبیاری، هرگاه میزان رس خاک بیش از ۴۰ درصد و مقدار SAR کمتر از ۸ باشد، نیازی به استفاده از مواد پوششی وجود ندارد. پس در اینگونه خاک‌ها که میزان رس آنها بین ۲۰ تا ۴۰ درصد است، در شرایطی که مقدار SAR آن کمتر از ۸ باشد، نیاز به استفاده از پوشش نیست. ولی در حالتی که این نسبت بزرگتر از ۱۳ باشد، به دلیل احتمال تخریب ساختار خاک و گسیختگی خاک‌دانه‌ها، ممکن است نیاز به کارگیری مواد پوششی باشد.
- تذکر: از آنجا که رابطه‌ای بین نسبت جذب سدیم (SAR) و درصد سدیم قابل تبادل خاک (ESP) وجود دارد، بنابراین در مقادیر ESP کمتر از ۱۰، مشکلات فیزیکی در خاک انتظار نمی‌رود و در مقادیر ESP زیادتر به خصوص بیشتر از ۱۵، امکان تخریب ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک وجود خواهد داشت که به دلیل موارد گفته شده، علاوه بر میزان رس، نسبت جذب سدیم خاک (SAR) نیز در نظر گرفته شده است.

- سازمان حفاظت منابع طبیعی آمریکا نیز خاک‌های مختلف را بررسی و بر اساس طبقه‌بندی یونیفاید<sup>۱</sup> نیاز خاک‌ها را به مواد پوششی مشخص کرده که نتیجه آن در جدول (۱-۱) ارائه شده است.

جدول ۱-۱- طبقه‌بندی خاک‌ها از نظر نیاز به پوشش [۱۳]

نیاز به پوشش	خاک	طبقه‌بندی یونیفاید
به پوشش نیاز دارد	ماسه با دانه‌بندی ضعیف، ماسه شنی	SP (Fine)
	ماسه سیلتی، ماسه با دانه‌بندی ضعیف مخلوط با سیلت	SM (Fine)
	سیلت غیر آلی، ماسه ریز، ماسه ریز سیلتی، رس و یا سیلت رسی همراه با کمی پلاستیسیته	ML
	سیلت غیر آلی، خاک‌های سیلتی یا ماسه‌ای، سیلت کشسان <sup>۲</sup>	MH
به صورت موردی در محل باید تصمیم‌گیری شود	شن یا مخلوط شن و ماسه با دانه‌بندی نامناسب همراه با مقدار خیلی کم مواد ریز دانه	GP
	ماسه رسی، مخلوط ماسه و رس	SC
	شن سیلتی، شن با دانه‌بندی ضعیف	GM
	مخلوط ماسه و سیلت، ماسه سیلتی، ماسه با دانه‌بندی ضعیف مخلوط با سیلت	SM (Coarse)
به پوشش نیاز نیست	شن رسی، مخلوط شن، ماسه و رس	GC
	رس غیر آلی با پلاستیسیته کم تا متوسط، رس شنی، رس ماسه‌ای، رس سیلتی	CL
	همانند GP و SP	SP, GP (Coarse)
	شن با دانه‌بندی خوب، مخلوط شن و ماسه همراه با کمی مواد ریزدانه	GW
	ماسه با دانه‌بندی خوب، ماسه شنی با مقدار خیلی کم مواد ریزدانه	SW
	رس غیر آلی با پلاستیسیته زیاد	CH
	سیلت آلی و رس سیلتی آلی با پلاستیسیته کم	OL
	رس آلی با پلاستیسیته متوسط تا زیاد، سیلت آلی	OH
پیت، سایر خاک‌های آلی	PT	

1-Unified

2- Elastic Silt

## فصل دوم

### انواع پوشش‌های زهکشی

پوشش‌ها را می‌توان براساس اندازه خلل و فرج یا منشأ مواد تشکیل‌دهنده آنها تقسیم‌بندی نمود. براساس اندازه خلل و فرج، مواد پوششی به دو گروه عمده پوشش‌های با خلل و فرج ریز و پوشش‌های با خلل و فرج درشت تقسیم می‌شوند. بر اساس منشأ مواد تشکیل‌دهنده پوشش‌ها به دو گروه پوشش‌های طبیعی و پوشش‌های مصنوعی تقسیم‌بندی می‌شوند.

#### ۲-۱ - پوشش‌های طبیعی

پوشش‌های طبیعی شامل پوشش‌های معدنی و پوشش‌های آلی هستند. پوشش‌های معدنی، خود پوشش‌های معدنی شنی - ماسه‌ای (گرانول)<sup>۱</sup> و پوشش‌های الیاف پشم شیشه<sup>۲</sup> را شامل می‌گردند. شایان ذکر است که در بعضی از مناطق مرطوب برای پوشش زهکش از خاک سطح‌الارض نیز استفاده می‌شود. در این مناطق، خاک‌های سطح‌الارض، ساختمان قابل نفوذ، پایدار و تکامل یافته را دارا می‌باشند که می‌تواند وظیفه پوشش زهکش را ایفاء نماید. در استفاده از خاک سطح‌الارض به عنوان پوششی زهکش بایستی به میزان مواد آلی موجود در خاک توجه نمود، زیرا خاک‌های حاوی مواد آلی نسبتاً زیاد به دلیل فعالیت‌های میکروبیولوژیکی، خطر انسداد لوله‌های زهکشی را موجب می‌گردند [۲۵].

---

1- Granule  
2- Glass Fiber

## ۲-۱-۱- پوشش‌های شنی - ماسه‌ای (گرانول)

این نوع پوشش‌ها به طور عمده شامل شن و ماسه، سنگریزه‌های ریز و سنگ‌های خرد شده می‌باشد، که به هنگام نصب لوله زهکش در زیر و اطراف آن ریخته می‌شود. در این نوع پوشش‌ها، نقش صافی بیشتر مطرح بوده و به همین دلیل اغلب از واژه فیلتر برای این پوشش‌ها استفاده می‌شود. پوشش‌های شنی - ماسه‌ای اگر به خوبی طراحی و اجرا شوند، کاملاً مورد اطمینان هستند، زیرا حجیم بوده و می‌توانند مقدار نسبتاً زیادی از ذرات ریز خاک را در خود نگه‌دارند. در مواردی که لوله‌های زهکشی دارای قابلیت انعطاف زیادی باشند، کاربرد این پوشش‌ها ضروری است، زیرا این نوع پوشش، علاوه بر ایفا نمودن نقش صافی و هیدرولیکی، باعث ایجاد یک بستر پایدار برای محافظت لوله در برابر بارهای وارده از طرف خاک به هنگام نصب و یا پس از آن می‌گردد.

پوشش‌های شنی - ماسه‌ای بایستی به طور مناسب دانه‌بندی و مخلوط شوند. همچنین عاری از هر گونه سیلت، رس، مواد آلی و ذرات سنگ آهک باشند. در کاربرد این مواد باید به جنبه‌های اقتصادی و در دسترس بودن منابع مناسب نیز توجه نمود. نتایج حاصله از سمپوزیم برگزار شده در واگنینگن<sup>۱</sup> هلند در سال ۱۹۸۶ به این نکته اشاره نموده است که: «با گذشت زمان پوشش‌های شنی - ماسه‌ای به عنوان یک ماده صافی بسیار قابل اعتماد در اطراف زهکش باقی می‌ماند، اما با توجه به هزینه این گونه پوشش‌ها و توسعه معیارهای طراحی، از پوشش‌های مصنوعی بیشتر استفاده خواهد شد.» با توجه به اینکه فاصله منبع تهیه پوشش شنی - ماسه‌ای تا محل طرح در اغلب موارد زیاد می‌باشد و همچنین این پوشش‌ها باید مطابق معیارهای ارائه شده دانه‌بندی و مخلوط شوند، که این کار نیز در حجم زیاد مشکلاتی را به همراه داشته و هزینه زیادی را می‌طلبد، لذا از نظر اقتصادی کاربرد این مواد بعضاً

---

1- Wageningen

توجیه پذیر نمی باشد. در اثر حمل و نقل و در زمان نصب، دانه بندی پوشش بهم خورده و از کارایی پوشش می کاهد، ضمن آنکه در هنگام شکستن سنگریزه های درشت به سنگریزه های کوچکتر جهت تهیه شن و ماسه با دانه بندی مشخص، لبه ذرات تیز می شوند که نسبت به ذرات با لبه های گرد، از کارایی کمتری برخوردارند.

## ۲-۱-۲- پوشش های الیاف پشم شیشه (فایبر گلاس)

ماده اولیه پوشش های الیاف پشم شیشه، یک نوع ماده معدنی به نام بروسیلیکات آهک<sup>۱</sup> می باشد. چون ماده اولیه این پوشش معدنی می باشد، لذا جزء پوشش های معدنی طبقه بندی می شود. این پوشش، اولین پوشش معدنی است. انسان بود که به عنوان جایگزین پوشش های شنی - ماسه ای مورد توجه قرار گرفت، الیاف پشم شیشه به صورت نفاخته و در هم، مواد پوشش را تشکیل می دهند. این الیاف نسبتاً ارزان بوده و می توان به مقدار زیاد و با خصوصیات دقیق آن را ساخت.

اوور هولت<sup>۲</sup> در سال ۱۹۵۹ نتایج تحقیقی را با استفاده از مخزن شبیه ترانشه بر روی الیاف پشم شیشه گزارش نمود. وی از یک خاک شنی ریز استفاده نمود که از نظر رسوب گذاری برای تنبوشه ها مشکلات جدی ایجاد می نمود. این تحقیق سه تیمار را در بر می گرفت. در تیمار اول، زهکش هایی مورد بررسی قرار گرفتند که تا ۷۵ درصد از محیط آنها با ورقه نازکی از الیاف پشم شیشه پوشش داده شده بود. در تیمار دوم، تمام محیط زهکش ها با همان پوشش اول پوشانده شده بود و در تیمار سوم که تیمار شاهد بود از هیچ پوشش استفاده نشده بود. نتایج آزمایشات نشان داد که بده جریان در زهکش هایی که تا ۷۵ درصد محیط آنها تحت پوشش الیاف پشم شیشه

1- Lime- borosilicate

2- Overholt

قرار داشت، ۱/۷ برابر بده زهکش‌های فاقد پوشش بوده، همچنین در آن دسته از لوله‌های زهکشی که دارای پوشش کامل بودند، زه‌آب‌ها فاقد مواد سیلنتی و میزان بده جریان ۲/۲۶ برابر لوله‌های بدون پوشش بود. وزن الیاف پشم شیشه مورد استفاده در طول ۱۰۰ متر لوله زهکش ۲/۶ کیلوگرم بود، این در حالی است که در برخی از مناطق کالیفرنیا وزن پوشش شنی بکار رفته برای همین طول لوله ۵۳۵۰۰ کیلوگرم بوده است. شال<sup>۱</sup> در سال ۱۹۶۷ دریافت که الیاف شیشه به فرم حصیر از نظر خصوصیات صافی، نسبت به فرم ورقه‌ای عملکرد بهتری دارد. رکتوریک<sup>۲</sup> کارشناس سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی امریکا در سال ۱۹۷۱ گزارش نموده است که بین سال‌های ۱۹۶۵ و ۱۹۷۱، ۹۰ درصد زهکش‌های نصب شده در دره ریوگراند<sup>۳</sup> تگزاس با الیاف پشم شیشه از نوع حصیری و ۱۰ درصد بقیه با شن و ماسه پوشش داده شده‌اند، وی توصیه نموده است که نوع الیاف پشم شیشه مورد استفاده با دقت انتخاب شود. او همچنین گزارش نموده است که الیاف پشم شیشه حصیری با ضخامت ۲۵ میلیمتر، عملکرد بهتری از الیاف با ضخامت ۰/۵ میلیمتر دارند. ضمن آنکه الیاف پشم شیشه درشت بهتر از نوع ریز می‌باشد و باید نوع پشم شیشه مورد استفاده از بروسلیکات باشد. استفاده از ورقه‌های الیاف پشم شیشه به عنوان ماده پوشش زهکشی در هلند از سال ۱۹۶۰ مطرح شد و در سال ۱۹۶۴ استانداردهای مربوطه ارائه شد. لیکن به دلیل شایعه انسداد لوله‌ها با ترکیبات معدنی، استفاده از آنها سیر نزولی به خود گرفت. در واقع علت این انسداد، کوچک بودن قطر سوراخ‌های لوله‌های زهکشی بوده و ترکیب ماده پوششی در این گرفتگی نقشی نداشت. هم

---

1- Shull

2- Rektorik

3- Rio Grand

اکنون مواد پوششی مصنوعی از قبیل ژئوتکستایل‌ها به مقدار قابل توجهی جایگزین پوشش‌های الیاف پشم شیشه گردیده‌اند [۲۵].

## ۲-۲- پوشش‌های آلی

بسیاری از مواد آلی که محصول جانبی تولیدات کشاورزی می‌باشند، غالباً به عنوان پوشش زهکش مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد به صورت حجیم بوده و در مواردی که هم نقش صافی و هم نقش هیدرولیکی پوشش مهم باشد، قابلیت کاربرد دارند. مواد آلی ممکن است به صورت نامنظم و شل مستقیماً اطراف لوله‌های زهکشی در داخل ترانشه ریخته شوند، یا به صورت مواد نرم پیش تافته آلی (PLM)<sup>۱</sup> دور لوله زهکشی پیچانده شوند، و یا به صورت نواری در زیر یا روی لوله قرار داده شوند که این روش اکنون منسوخ شده است.

مواد پوششی آلی شامل کاه و پوشال، کلش غلات، کلش کتان، کلش برنج، برگ سرو، خیزران، بوته‌های ذرت، خرده‌های چوب، نی، غلاف خاروبن، کتان خرد شده، ساقه‌های کتان، کلوخه‌های چمن، الیاف نارگیل و تورب می‌باشد.

میزان کارایی مواد آلی بعنوان پوشش لوله‌های زهکشی را، نمی‌توان با قاطعیت تعیین نمود. این پوشش‌ها در اثر فعالیت‌های میکروبیولوژیکی پوسیده می‌شوند. میزان مواد آلی، قلیائیت و درجه حرارت زیاد، از عواملی هستند که فعالیت‌های میکروبیولوژیکی را تسریع نموده و در نتیجه تجزیه و فساد پوشش‌ها سریعتر انجام می‌گیرد. در مواردیکه احتمال انسداد زهکش توسط گل اخرا وجود دارد، استفاده از مواد آلی به منظور پوشش زهکش باید با احتیاط صورت گیرد. حتی مخلوط شدن خاک حاصل از حفاری ترانشه بطور تصادفی با مواد آلی ممکن است در برخی از خاک‌ها باعث

1- Pre wrapped Loose Material

انسداد توسط گل اخرا شود. میزان موفقیت در کاربرد مواد آلی به عنوان پوشش، بستگی به نوع مواد، شرایط نصب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. ون‌زیتس<sup>۱</sup> براساس تعدادی مشاهدات صحرائی در هلند در سال ۱۹۹۲ چنین اظهار نظر نموده که مواد آلی ترکیبات موقتی هستند و فقط بایستی در خاک‌هایی بکار روند که این خاک‌ها قبل از پوسیده شدن مواد آلی از نقطه نظر هدایت هیدرولیکی به حالت پایدار رسیده باشند [۲۵].

در کشورهای شمال غرب اروپا (بلژیک، آلمان و هلند)، اغلب پوشش‌های آلی از تورب، کاه کتان و الیاف نارگیل ساخته می‌شدند. استفاده از الیاف تورب برای پوشش لوله‌های زهکشی تا اواخر دهه ۱۹۵۰ به مدت چندین دهه معمول بوده است. سپس به این نکته پی برده شد که هدایت هیدرولیک تورب اغلب به دلیل تورم پوشش، تحت شرایط رطوبی دائمی مانند آبیاری زیرزمینی، به طور جدی کاهش می‌یابد (روزندال<sup>۲</sup> و شولتن<sup>۳</sup>، ۱۹۸۰) [۲۰]. در دوره‌های بعدی، کاه و کلش کتان مورد استفاده قرار گرفت. این ماده، در ابتدا به صورت نوار پوشاننده و سپس به صورت پوشش پیش تافته بکار رفت. با این حال درشت بودن خلل و فرج پوشش کتان، همیشه نمی‌تواند نقش نگهداری ذرات را تضمین نماید. پوشش‌های آلی دیگری نیز در مقیاس‌های کوچک بکار برده شده‌اند. این مواد همیشه به مقدار مورد نیاز در دسترس نبوده و استفاده از آنها اغلب با مشکل همراه بود. استفاده از کاه و کلش نیز موفقیت‌آمیز نبوده است، زیرا غالباً تجزیه شده و یک لایه با نفوذپذیری کم دور لوله‌های زهکشی تشکیل می‌شده است. در اواخر دهه ۱۹۶۰، الیاف نارگیل مورد استفاده قرار گرفت (جارمن و جایاسوندر<sup>۴</sup>، ۱۹۷۵). این مواد نسبتاً ارزان بوده و به دلیل گرانی و کمیابی تورب (میجر، ۱۹۷۳) و همچنین به دلیل کم رونق بودن صنایع کتان، به زودی بازار

1 - Van Zeijts

2 - Rozendaul

3 - Scholten

4 - Jarman and Jayasundera



مصرف را فرا گرفت، علاوه بر این الیاف نازک نارگیل نسبت به ساقه‌های کتان با ساختمان درشت، مواد پوششی مناسب‌تری بودند. به زودی مشخص گردید که الیاف نارگیل اغلب مورد تجزیه بیولوژیکی قرار می‌گیرند (میجر و ناپس<sup>۱</sup>، ۱۹۷۷، آندونیس، ۱۹۷۹، ۱۹۸۰، ۱۹۸۱). این پوشش‌ها اغلب بعد از دو تا پنج سال، به خصوص اگر pH خاک بیش از ۶ بود، به طور کامل تجزیه می‌شدند. بعد از گذشت یک دهه بسیاری از کشاورزان از انسداد معدنی زهکش‌ها گلّه‌مند شدند. یک پروژه تحقیقاتی در مورد بررسی مشکل گرفتگی معدنی انجام گرفت و پیش از ۱۰۰۰ گودال کنده شده و این گودال‌ها گرفتگی معدنی را تأیید کردند. گرچه به دلیل بزرگ بودن اندازه خلل و فرج، گرفتگی این پوشش‌ها تا حدودی ناشی از تجزیه آلی آنها بود (بلوم<sup>۲</sup>، ۱۹۸۷).

در اواسط دهه ۱۹۸۰، کوشش‌های مختلفی در جهت کند نمودن یا متوقف کردن تجزیه مواد پوشش‌های آلی صورت گرفت. در آلمان و فرانسه یک نوع پوشش تحت نام Super Cocos بکار گرفته شد. الیاف این پوشش با سولفات مس آغشته شده بود تا باکتری‌های عامل تجزیه مواد آلی را از بین ببرد. (آندونیس، ۱۹۸۴، ۱۹۸۳)، علاوه بر این برخی پوشش‌ها شامل سیم‌های نازک مسی بودند. پوشش‌های Super Cocos موفقیت محدودی داشتند، زیرا تجزیه آنها فقط برای مدت چند سال متوقف شد. ضمناً با وضع قوانین زیست محیطی، به دلیل شسته شدن سریع عوامل شیمیایی موجود در این مواد، کاربرد آنها در اکثر کشورها غیر قانونی اعلام شد. پوشش‌های الیاف نارگیل به دلیل هزینه نسبتاً کم، هنوز هم در شمال غرب اروپا استفاده می‌شوند. اما به دلیل بهتر بودن مواد مصنوعی، استفاده از آنها در حال کاهش است. پوشش‌های آلی در کشورهایی که در اقالیم خشک واقع می‌باشند هیچگاه مورد استقبال قرار نگرفته‌اند، زیرا درجه حرارت زیاد و فعالیت‌های میکروبیولوژیکی نسبتاً زیاد خاک، باعث تجزیه سریع آنها می‌شود. در اراضی فاریاب نواحی گرمسیر خشک،

1- Knops

2- Blom

مواد پوششی آلی معمولاً با شکست مواجه بوده‌اند (ون‌دیرمولن و ون سورن، ۱۹۸۷). دلیل کاربرد موفقیت‌آمیز پوشش‌های آلی در کشورهای اسکاندیناوی که عمدتاً شامل الیاف تورب و تراشه‌های چوب بودند، کاهش فعالیت‌های میکروبیولوژی در درجه حرارت‌های پائین خاک بود.

پوسیدگی سریع پوشش‌های آلی، تحقیق پیرامون جایگزین‌های مصنوعی را شدت بخشیده است. این حقیقت که پوشش‌های مصنوعی می‌توانند طبق معیارهای طراحی ویژه، بسیار آسانتر از پوشش‌های آلی ساخته شوند، نقش معنی‌داری در توسعه آنها داشته است [۲۵].

### ۲-۳- پوشش‌های مصنوعی

برخلاف پوشش‌های معدنی، ماده اولیه پوشش‌های مصنوعی، مواد پلیمری<sup>۱</sup> همانند پلی‌امید<sup>۲</sup> (PA)، پلی‌استر<sup>۳</sup> (PETP)، پلی‌پروپیلن<sup>۴</sup> (PP) و غیره می‌باشد. براساس نحوه ساخت و نصب پوشش در اطراف لوله زهکش، این پوشش‌ها به دو نوع مواد مصنوعی نرم پیش‌تافته<sup>۵</sup> (PLMهای مصنوعی) و ژئوتکستایل‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند.

### ۲-۳-۱- مواد نرم پیش‌تافته (PLMهای مصنوعی)

این پوشش‌ها ترکیباتی شل و نفوذپذیر می‌باشند، که از نخ‌های درهم تابیده شل، الیاف، رشته یا تار و ساچمه‌های ریز تشکیل شده و با یک شبکه توری یا نخ دور لوله‌های زهکشی را احاطه می‌نمایند. پوشش‌های مصنوعی پیش‌تافته معمولاً توسط

- 
- 1- Polymeric
  - 2- Polyamide
  - 3- Polyester
  - 4- Polypropylene
  - 5- Pre- wrapped Loose Materials

شرکت‌های خاص، اغلب در محل تولید، دور لوله‌های زهکشی موجدار پیچانده می‌شوند. محصول نهائی تولید شده شامل لوله و پوشش اطراف آن، باید در برابر حمل و نقل و نصب مقاوم باشند. PLM‌های مصنوعی شامل ترکیبات مختلف پلیمری می‌باشند. الیاف این پوشش‌ها ممکن است از پلی‌آمید (PA)، پلی‌استر (PETP)، پلی‌اتیلن (PE) و پلی‌پروپیلن (PP) ساخته شوند. ساچمه‌های ریز پلی‌استر را می‌توان به صورت شل به عنوان PLM، در داخل صفحات سوراخ‌دار یا توری‌های نخی (ژئوگریدها<sup>۱</sup> یا ژئونت‌ها<sup>۲</sup>) دور لوله‌های زهکشی پیچانده. این ساچمه‌ها تحت بار ناشی از وزن خاک متراکم می‌شوند، که ممکن است باعث کاهش نفوذپذیری پوشش شود. در کشورهای مختلف اروپائی که عمق زهکش بین ۰/۹ تا ۱/۲ متر متغیر است، بار ناشی از وزن خاک کم می‌باشد. در شمال غرب اروپا و نواحی خشک پوشش‌های PLM ساخته شده از ضایعات پلی‌پروپیلن بطور گسترده‌ای جایگزین پوشش‌های شن و ماسه‌ای می‌شوند. پوشش‌های PLM ساخته شده از الیاف پلی‌پروپیلن (PP-300)، بطور محدودی در برخی از پروژه‌های زهکشی بلژیک نصب شده‌اند (شکل ۲-۱). پوشش PP-450 یک پوشش PLM است که از نخ‌های ضایعات فرش به صورت بهم پیوسته و حجیم ساخته می‌شوند (شکل ۲-۲). در کشور هلند از این پوشش‌ها به مقدار زیاد استفاده شده است. پوشش PP-700 یک پوشش PLM ساخته شده از الیاف تازه پلی‌پروپیلن می‌باشد (شکل ۲-۳). به دلیل بالا بودن قیمت، این نوع پوشش عمدتاً برای لوله‌های قطور با قطرهای بیش از ۱۶۰ میلی‌متر استفاده می‌شود. در بعضی موارد به علت دسترسی کمتر به ضایعات الیاف پلی‌پروپیلن، ضایعات الیاف پلی‌آمید مورد استفاده قرار می‌گیرند. این الیاف بر خلاف الیاف پلی‌پروپیلن آب را جذب می‌نمایند، در نتیجه وزن آنها به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. علاوه بر این، به

1-Geogrid

2- Geonet

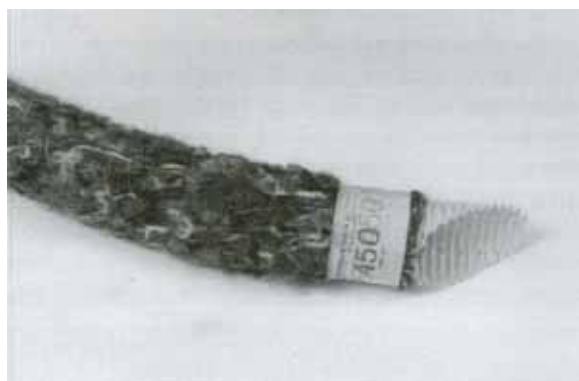
دلیل توانایی داشتن الکتریسیته ساکن، پوشاندن لوله‌ها با این الیاف قبل از نصب به صورت یکنواخت بسیار مشکل می‌باشد.

PS-1000 یک ماده پوششی PLM می‌باشد که از ساچمه‌های PS قابل تراکم در داخل یک توری، ساخته می‌شود (شکل ۲-۴). این پوشش در کشور هلند در مزارع پرورش گل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این گونه مزارع که آب زیرزمینی حاوی مقادیر نسبتاً زیادی از ذرات معلق می‌باشد، پوشش‌های PS-1000 عملکرد بسیار مطمئن داشته‌اند.

هرگاه این مواد مصنوعی در معرض تشعشعات ماوراءبنفش خورشیدی (UV) قرار گیرند، صدمه می‌بینند. تحقیقات انجام شده بر روی پوشش‌های PLM ساخته شده از الیاف PP در یک اقلیم گرم نشان داده است که صدمه و تخریب این پوشش‌ها در طی سه سال اول می‌تواند بسیار خطرناک باشد. پوشش‌های PLM چنانچه از مواد مناسب ساخته شده و در معرض تجزیه قرار نگیرند، می‌توانند بعنوان یک ماده قابل اطمینان، جهت جایگزینی با پوشش‌های گراولی و آلی مورد استفاده قرار گیرند.



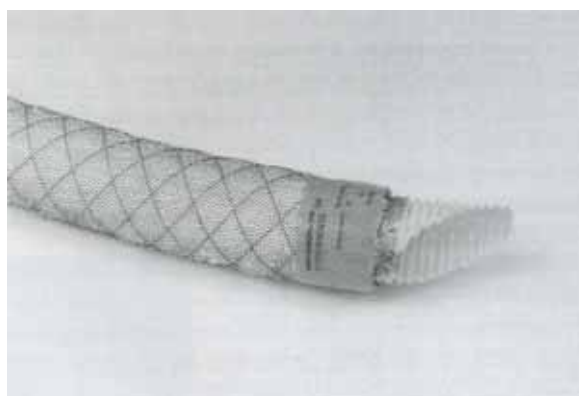
شکل ۲-۱- پوشش PLM نوع 2 [PP-300]



شکل ۲-۲- پوشش PLM نوع 2 [PP-450]



شکل ۲-۳- پوشش PLM نوع 2 [PP-700]



شکل ۲-۴- پوشش PLM نوع 2 [PS-1000]

### ۲-۳-۲- پوشش‌های ژئوتکستایل

طبق تعریف پیش‌نویس استاندارد اروپا (Pr EN 30318 (1998) ژئوتکستایل عبارتست از یک محصول نساجی مسطح، قابل نفوذ و پلی‌مریک (مصنوعی یا طبیعی) که ممکن است بافته، نبافته و بافته‌گره‌دار باشد و در مجاورت خاک و یا دیگر مواد در مهندسی عمران برای کاربردهای مکانیک خاک مورد استفاده قرارگیرد. از آنجایی که در بسیاری از کشورها، مهندسی عمران، مهندسی زهکشی را نیز شامل می‌شود لذا این تعریف کاربرد ژئوتکستایل در کشاورزی را نیز در بر می‌گیرد. ژئوتکستایل‌ها را می‌توان براساس روش تولید آنها، به سه گروه بافته، نبافته و بافته‌گره‌دار تقسیم نمود که هر یک دارای زیر شاخه‌های مختص به خود می‌باشند (شکل ۲-۵). ژئوتکستایل‌های بافته‌شده توسط روش‌های بافندگی سنتی تولید می‌گردند که در آن دو دسته تار موازی به صورت یک در میان و عمود بر یکدیگر جهت تشکیل نسج منسجم ژئوتکستایل در هم بافته می‌شوند. تار و پودهای مورد استفاده در بافت ژئوتکستایل‌ها دارای انواع مختلفی از قبیل نوار مسطح تزریقی<sup>۱</sup>، نوار غشایی بریده شده<sup>۲</sup>، الیاف بهم تابیده نوری<sup>۳</sup>، تک رشته<sup>۴</sup>، چند رشته‌ای بهم تابیده<sup>۵</sup> و بافته‌های مرکب<sup>۶</sup> می‌باشد. در بافته‌های مرکب جنس تار و پود متفاوت از یکدیگر می‌باشند. در شکل (۲-۶) یک ژئوتکستایل بافته مرکب با تارهایی از نوارهای مسطح پلی‌پروپیلن و پودهایی از پلی‌اتیلن تک رشته‌ای نشان داده شده است. در شکل (۲-۷) یک ژئوتکستایل بافته با تار و پودهای چند رشته‌ای نشان داده شده است. ژئوتکستایل‌های بافته به دلیل قیمت نسبتاً زیاد به ندرت جهت پوشش زهکش مورد استفاده قرار می‌گیرند.

---

1- Extruded Flat Tape

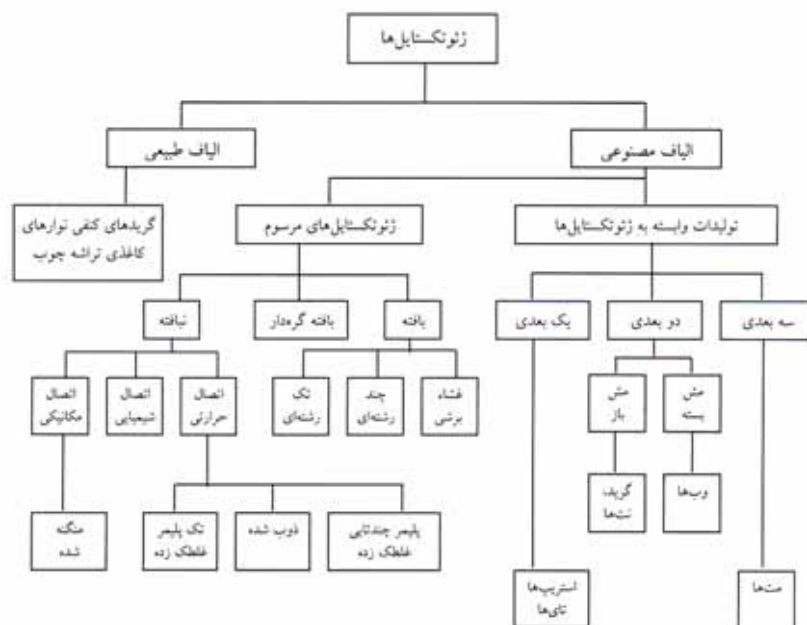
2- Slit Film tape

3- Tape garn

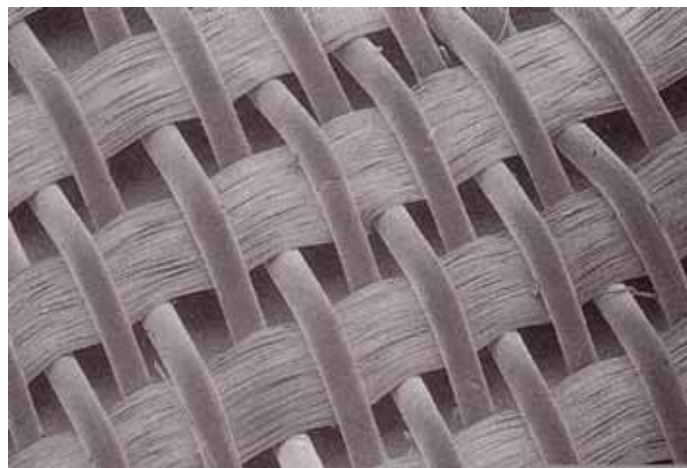
4- Monofilament

5- Multifilament

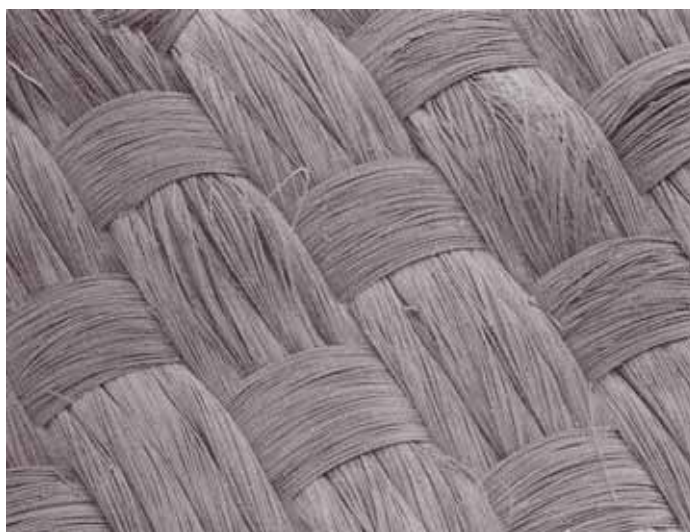
6- Combination Wcares



شکل ۲-۵- طبقه‌بندی انواع ژئوتکستایل‌ها [۲]

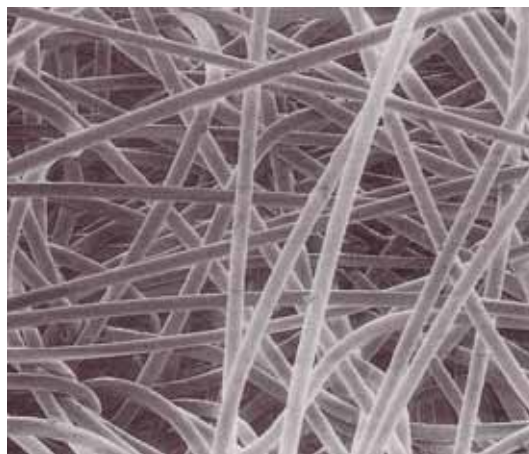


شکل ۲-۶- بافتی از تار چند رشته‌ای برپود تک رشته‌ای



شکل ۲-۷- ژئوتکستایل بافته با تار و پودهای چند رشته‌ای

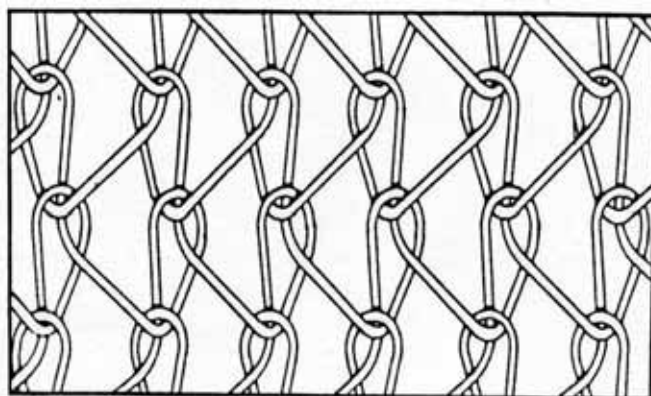
ژئوتکستایل‌های نبافته، از الیاف طولانی و ممتدی تشکیل شده‌اند. این الیاف طی فرایندهای گوناگونی تقویت شده و سپس با یکی از روش‌های مکانیکی، حرارتی و یا شیمیایی به یکدیگر متصل می‌شوند در شکل (۲-۸) یک ژئوتکستایل نبافته با اتصال مکانیکی که الیاف به روش سوزن‌زنی به هم متصل شده‌اند، نشان داده شده است.



شکل ۲-۸- ژئوتکستایل نبافته از الیاف طویل سوزن‌زنی شده



در ژئوتکستایل‌های از نوع بافته گره‌دار، جهت تولید ساختمانی یکپارچه و منسجم الیاف گره زده می‌شوند که نمونه‌ای از آن در شکل (۲-۹) نشان داده شده است. این نوع ژئوتکستایل‌ها که در آن عناصر قوی و مستحکم به عنوان تار و پود مورد استفاده قرار می‌گیرند بیشتر جهت حفاظت و تثبیت خاک بکار می‌روند.



شکل ۲-۹- ژئوتکستایل از نوع بافته گره‌دار

الیافی که جهت تولید ژئوتکستایل مورد استفاده قرار می‌گیرند از مواد اولیه مشابه هم ساخته می‌شوند و این مواد عمدتاً شامل پلی‌آمید، پلی‌استر، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن می‌باشد. در برخی موارد نیز الیاف مواد آلی مثل کنف و نارگیل مورد استفاده قرار می‌گیرند. الیاف مورد استفاده برای ژئوتکستایل‌ها ممکن است تک رشته‌ای، چند رشته‌ای و یا به صورت نواری باشند. ژئوتکستایل‌ها دارای دو ویژگی مهم هستند: نفوذپذیری نسبت به آب و نگهداری ذرات خاک. این دو ویژگی باعث استفاده از آنها به عنوان پوشش زهکش شده است. ژئوتکستایل‌ها از نظر نرمی و صافی، ضخامت، تراکم بافت و قدرت صافی، وزن، اندازه منافذ، قطر الیاف و یکنواختی تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند. پوشاندن زهکش‌ها با ژئوتکستایل‌ها برای هر قطری می‌تواند صورت گیرد. تسمه‌ها یا نوارهای ژئوتکستایل می‌توانند دور لوله‌های زهکشی

کنگره‌دار پیچانده شوند و یا بعد از آنکه دو لبه آن به هم دوخته شد مثل جوراب دور لوله زهکش کشیده شوند. ژئوتکستایل‌هایی که در معرض آب و هوای طبیعی قرار دارند، آسیب‌پذیر می‌باشند. رانکیلور<sup>۱</sup> (۱۹۹۲) توصیه می‌کند در نواحی گرمسیری ژئوتکستایل نبایستی بیش از دو ماه و در مناطق خشک و نیمه خشک بیش از فقط یک هفته در معرض آب و هوای طبیعی قرار گیرد. سازمان استاندارد جهانی (ایزو)<sup>۲</sup> و سازمان آزمون استانداردهای آمریکا<sup>۳</sup> اقدام به تهیه استانداردهای بین‌المللی جهت ارزیابی این پوشش‌ها نموده‌اند. در برخی از کشورهای اروپایی که مواد نرم پیش‌تافته (PLM) مصنوعی و آلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، رغبت چندانی به استفاده از ژئوتکستایل‌ها به عنوان پوشش زهکش به دلیل این که خلل و فرج ریز ژئوتکستایل ممکن است باعث تشدید انسداد معدنی و گل اخرا شود، وجود ندارد. ضمن اینکه در برخی موارد نیز مشکلات خیس شدن<sup>۴</sup> اولیه در ژئوتکستایل‌ها مشاهده می‌گردد. این پدیده زمانی که ژئوتکستایل‌ها خشک می‌باشند موجب می‌گردد تا پوشش نسبت به نفوذ آب مقاومت نشان دهد. هم‌اکنون در کشورهایمانند ایالات متحده و کانادا که صنایع ژئوتکستایل وجود دارد پوشش‌های ژئوتکستایل در مقیاس بزرگ بطور موفقیت‌آمیزی به کار می‌روند. همچنین در مصر و پاکستان چند پروژه بزرگ زهکشی با پوشش ژئوتکستایل با موفقیت اجرا شده است. آزمایشات آزمایشگاهی، مزرعه‌ای و تجارب عملی، شواهد روشنی مبنی بر خطر انسداد ثانویه ژئوتکستایل‌های ریز بافت که به صورت مناسب انتخاب و نصب شده‌اند ارائه نکرده است. هر چند تحت برخی شرایط ترجیحاً نبایستی از ژئوتکستایل‌های ریز بافت استفاده شود.

---

1- Rankilor

2- ISO

3- ASTM

4- Wetting

## فصل سوم

### انتخاب مواد پوششی

پس از این که ضرورت استفاده از پوشش محقق شد، باید ملاحظات در انتخاب نوع پوشش که شرح آنها در زیر می‌آید، مد نظر قرار گیرد. در شرایطی که ایجاد شرایط مناسب هیدرولیکی در حد فاصل خاک و لوله مورد نظر باشد، سطح سوراخ‌های لوله‌های زهکشی معمولاً در حدود ۱ تا ۲ درصد سطح جانبی لوله بدون پوشش را تشکیل می‌دهد. البته در مواردی سطح سوراخ‌ها تا ۵ درصد [۵] و حتی تا ۹ درصد نیز توصیه شده است. ابعاد سوراخ‌ها (قطر یا اندازه ضلع بزرگ شکاف‌های ایجاد شده) معمولاً ۰/۸ تا ۳ میلی‌متر است. تخلخل پوشش در تعیین میزان گرادیان خروجی اهمیت زیادی دارد. تخلخل ذرات شن از ۳۰ تا ۴۰ درصد متغیر است. تخلخل مواد پوششی مصنوعی رشته‌ای (بافته شده) بین ۶ تا ۱۲ درصد و تخلخل مواد پوششی مصنوعی نیاخته سوزن‌زنی شده از ۵۰ تا ۸۵ درصد متغیر است. مواد نرم پیش تافته (PLM) نیز تخلخل بالایی در حدود مواد ذکر شده دارند. برای انتخاب مواد پوششی، نحوه دسترسی به مواد، هزینه تهیه، حمل و نقل و نصب اهمیت دارد. برای یک ماده پوششی از ابعاد مختلف، خصوصیات انتظار می‌رود که در پروژه مورد نظر باید درجه‌بندی و رتبه‌بندی شوند. در عمل، رفتار هیدرولیکی، مکانیکی و بسترسازی برای این مواد مطرح است و به موارد زیر بایستی توجه کرد:

#### ۳-۱- نحوه دسترسی و هزینه مواد پوششی

در انتخاب مواد پوششی ابتدا باید فهرستی از همه موادی که قابل دسترس هستند، تهیه و منبع تأمین و فاصله آن‌ها تا محل اجرا تعیین شود. در برخی از مناطقی که

اجرای پروژه زهکشی مطرح است، معادن مواد دانه‌ای وجود دارد که برای پوشش زهکشی مناسب می‌باشد. نکته مهمی که در رابطه با پوشش‌های معدنی مطرح است، هزینه تهیه و حمل و نقل آن است که در بسیاری از مناطق از پوشش‌های مصنوعی گران‌تر تمام می‌شود.

برای پوشش‌های دانه‌ای، اجرای دستورالعملی به منظور جلوگیری از مجزا شدن دانه‌ها<sup>۱</sup> در حین حمل و نقل و جایجایی ضرورت دارد؛ در صورتی که برای پوشش‌های مصنوعی، معیارهای حفظ کیفیت و مقاومت مهم است.

### ۲-۳- بار پیش‌بینی شده برای تحمل لوله

هنگام تصمیم‌گیری، باید به شرایط بارگذاری خاک (مقدار بار وارده و نحوه اعمال آن به لوله زهکش) توجه شود. این موضوع به دلایل زیر اهمیت زیادی دارد:

- ممکن است به منظور نگهداری لوله‌های پلاستیکی در محل خود در حین اجرا، در شرایطی که لوله زهکش در شرایط استغراق نصب می‌شود و فشار آب از پایین به بالا وجود دارد، به پوشش‌شن و ماسه‌ای نیاز باشد.
- در شرایطی که بار اضافی وجود دارد، ممکن است تقویت مقاومت لوله مورد نیاز باشد.
- اگر از مواد پوششی آلی و یا مصنوعی استفاده می‌شود، باید به تراکم‌پذیری آنها توجه شود.

### ۳-۳- گرفتگی شیمیایی

مواد زیادی می‌توانند باعث گرفتگی و انسداد لوله‌ها و یا پوشش لوله‌های زهکشی شوند. این ترکیب‌ها شامل سولفید آهن، اکسید منگنز و گل اخرا است. در مناطقی که مواد آلی زیادی در خاک وجود دارد، این مواد سبب تحریک فعالیت‌های بیولوژیکی

---

1- Segregation

شده و در نتیجه تخریب مواد پوششی آلی تشدید می‌شود و عمر پوشش‌های آلی را متأثر می‌سازد. تخریب مواد آلی در خاک‌هایی که از نظر کلسیم غنی هستند، سریع‌تر است. از این رو کاربرد مواد پوششی آلی در این نوع خاک‌ها توصیه نمی‌شود. گل‌اخرا رایج‌ترین نوع ترکیبی است که در پروژه‌های زهکشی به خصوص در مناطق مرطوب مسئله‌ساز است. این نوع ترکیب‌های آهن، ترکیب‌های ژلاتینی از اکسید آهن، مواد آلی و میکروارگانیزم‌های گیاهی هستند. برای ارزیابی پتانسیل گرفتگی مواد پوششی و لوله‌های زهکشی ناشی از ترکیب‌های آهن، دو راه حل زیر قابل بررسی است:

- تعیین مقدار آهن دو ظرفیتی در آب زهکشی که با دانستن مقدار آهن و اسیدیته (pH) زهاب، خطر گرفتگی با استفاده از جدول ۳-۱ قابل ارزیابی است. بر این اساس باید تمهیدات لازم برای سیستم بهره‌برداری و نگهداری اندیشیده شود.
- بدون عملیات آزمایشگاهی و با استفاده از جدول ۳-۲ نیز می‌توان به ارزیابی خطر گرفتگی ناشی از عنصر آهن پرداخت.

در مجموع خطر گرفتگی در اثر گل‌اخرا بستگی به موارد زیر دارد:

- مقدار آهن حل شده در زهاب؛
- مقدار مواد آلی در نزدیکی زهکش؛ این مواد انرژی لازم را برای باکتری‌هایی که آهن دو ظرفیتی را به سه ظرفیتی تبدیل می‌کنند، فراهم می‌آورند؛
- بافت خاک، خطر گرفتگی در خاک‌های سنگین بیشتر از خاک‌های سبک است؛
- دما؛
- خشک و غرقاب شدن متناوب شبکه زهکشی که خطر گرفتگی را تشدید می‌کند.

در مناطقی که وجود ترکیب‌های آهن در آن مطرح است، باید این موضوع با دقت بررسی و راهکارهای مناسب برای آنها اندیشیده شود. در این نوع اراضی، آهن دو

ظرفیتی به همراه زهاب وارد لوله زهکش می‌شود. اگر در داخل لوله، شرایط تهویه مناسب باشد و یا اینکه باکتری‌های تولیدکننده اکسیژن وجود داشته باشد، در اثر عمل اکسایش، آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی تبدیل می‌شود. آهن سه ظرفیتی انحلال‌پذیر نبوده و در نتیجه در لوله زهکشی و یا در داخل مواد پوششی رسوب می‌نماید. در ضمن باید موارد زیر رعایت گردد تا گرفتگی لوله‌ها رخ ندهد:

- در هنگام طراحی شستشوی لوله‌ها حتماً در نظر گرفته شود.
- در این نوع خاک‌ها، از مواد مصنوعی نازک، پشم شیشه و یا مواد مشابهی که سوراخ‌های ریز دارند، استفاده نشود.
- از لوله‌های زهکش با حداکثر تعداد سوراخ مجاز در واحد طول استفاده شود.
- به مواد پوششی، اسید تانیک<sup>۱</sup> اضافه شود. باید توجه کرد که این راه حل می‌تواند مشکلات زیست محیطی ایجاد کند.
- عمق نصب زهکش‌ها زیاد انتخاب شود تا در اکثر مواقع غرقاب باشند،
- ابتدا زهکش‌ها به صورت روباز اجرا شوند و پس از ۲ الی ۳ سال به زهکش زیرزمینی تبدیل شوند.

جدول ۳-۱- خطر گرفتگی لوله توسط گل اخرا بر اساس

آهن حل شده و اسیدیته [۲،۲۶] [pH]

درجه خطر	اسیدیته (pH)	غلظت $Fe^{++}$ در pH=7 (mg/l)
صفر	< ۱	< ۰/۵
کم	۱-۳	۰/۵-۱/۰
متوسط	۳-۶	۱/۰-۳/۰
زیاد	۶-۹	۳/۰-۶/۰
خیلی زیاد	> ۹	> ۶/۰

1- Tannic Acid

جدول ۳-۲- تشخیص خطر گرفتگی آهن براساس علائم مشاهده‌ای [۳،۲۶]

میزان آهن در آب زیرزمینی	علائم موجود در آب زهکش‌های روباز	علامت موجود در کف نهر	علائم موجود در نیمرخ خاک
کم	شفاف	قهوه‌ای تیره/ سیاه	رنگ یکنواخت، بدون نشانه زنگار
متوسط	قرمز روشن، لکه‌های روغن مانند روی سطح آب	قرمز متمایل به قهوه‌ای	خاک رس: رسوبات ژلاتینی خاک شنی: ترکیب سفت شده آهن
زیاد	آب تیره، لکه‌های روغن مانند قهوه‌ای روی سطح آب	رسوبات ژلاتینی قرمز رنگ به خوبی قابل رؤیت است	رسوبات ژلاتینی همراه با ترکیب سفت شده آهن

### ۳-۳-۱- کلسیم و اسیدیته (pH) خاک

در شرایطی که اسیدیته خاک از ۵/۸ کمتر باشد، گچ محلول ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) یا آهک ( $CaCO_3$ ) در پوشش‌های سنگریزه‌های مشکل‌زا هستند. آهک باعث می‌شود که دانه‌های سنگریزه اطراف لوله به هم بچسبند و ماده سختی را به وجود بیاورند. اداره احیای اراضی ایالات متحده<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) توصیه می‌کند که میزان کربنات خاک باید کمتر از ۵ درصد باشد. کربنات می‌تواند با کاتیون‌های  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Na^+$  و  $Mg^{++}$  همراه باشد. در ضمن آنیون‌های  $NO_3^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  نیز می‌توانند در واکنش بالا ایجاد گرفتگی کنند.

### ۳-۳-۲- روش‌های تنظیم واکنش‌های شیمیایی

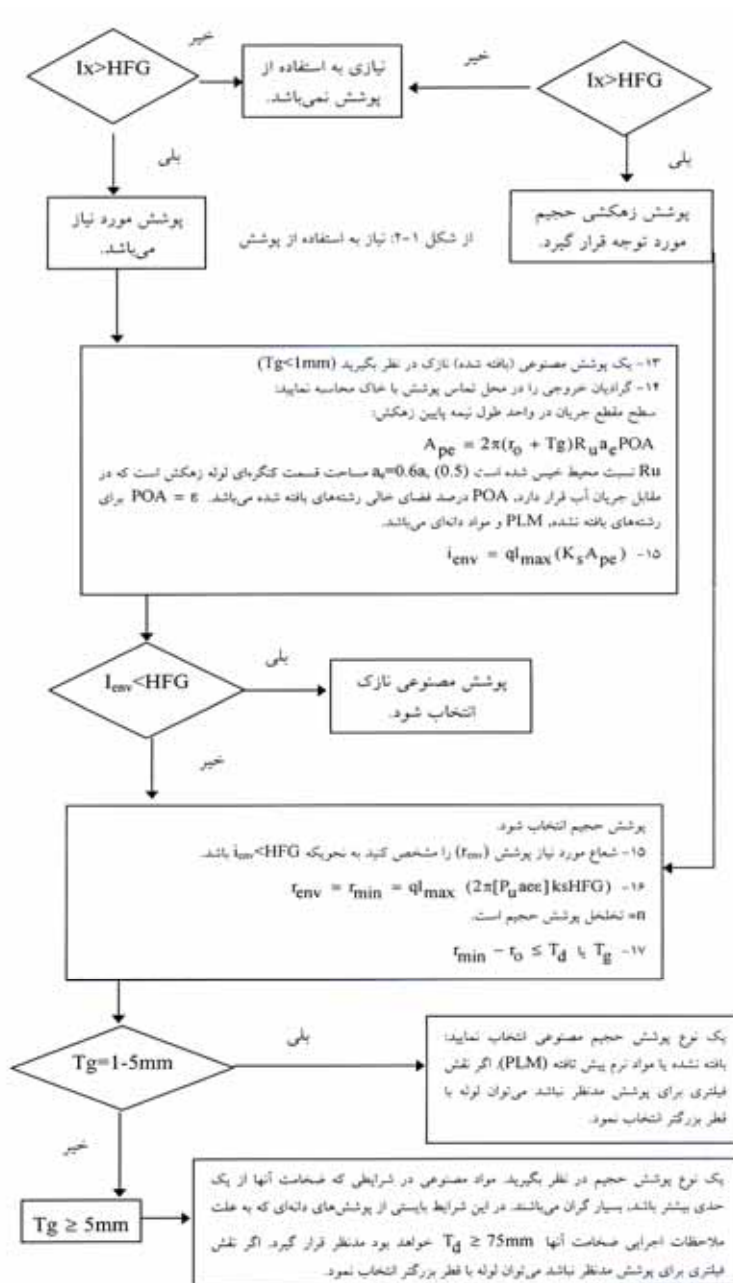
مکنزی برای مناطقی که گرفتگی شیمیایی ایجاد انسداد می‌کند، دو راه حل پیشنهاد کرده است. اولین راه حل اضافه کردن ماده شیمیایی به مدت ۲۴ ساعت به درون زهکش است در حالی که ابتدا و انتهای زهکش بسته باشد. در این رابطه استفاده از ماده شیمیایی اسید سولفوریک ۰/۳ در صد و بیوسولفید ۰/۲ در صد معمول است،

این روش گران تمام می‌شود و دارای آثار زیست محیطی منفی نیز هست، دومین روش، استفاده از گاز دی‌اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) است که انجام آن ساده‌تر می‌باشد، اما همچنان به عنوان ماده‌ای که کاربرد آن گران تمام می‌شود، مطرح است. در شرایطی که میزان مواد آلی خاک بیش از ۲۰ درصد باشد، این روش مؤثر نیست [۳، ۱۸].

### ۳-۴- ضخامت مورد نیاز

یکی از منافع پوشش زهکشی، افزایش آب‌گذری در امتداد لوله می‌باشد که تا آب آسان‌تر از طریق سوراخ‌ها یا اتصالات بین لوله‌ها به داخل لوله زهکش جریان یابد. به این ترتیب لوله‌ای با منافذ محدود به لوله‌ای با نفوذ تقریباً کامل یعنی زهکش ایده‌آل تبدیل می‌شود. مقاومت ورودی جریان آب نزدیک زهکش ناشی از همگرایی و تقارب خطوط جریان نیز به میزان آب‌گذری پوشش بستگی دارد، بطوریکه اگر مقدار آب‌گذری پوشش اطراف زهکش از مقدار مربوط به خاک دست نخورده بیشتر باشد، کاهش مقاومت جریان می‌تواند مقاومت همگرایی را جبران کند. اگر مقدار هدایت هیدرولیک مواد پوشش حداقل ۱۰ برابر خاک دست نخورده باشد، افت بار اضافی به دلیل مقاومت ورودی می‌تواند در محاسبات زهکشی ناچیز فرض شود [۳]. باید توجه داشت که پوشش‌های با ضخامت بیشتر، مقاومت ورودی را در حد معنی‌داری کاهش نمی‌دهند، اما به سبب بیشتر شدن ضخامت پوشش با آب‌گذری زیاد، گرادیان خروجی آب کاهش یافته و از احتمال حرکت ذرات خاک کاسته می‌شود. ولاتمن و همکاران [۲۷] در سال ۱۹۹۹ مراحل محاسبه حداقل ضخامت پوشش برای ایجاد شرایط هیدرولیکی مناسب را ارائه نموده‌اند که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. این مراحل با فرض پوششی نازک، مانند مواد مصنوعی شروع می‌شود، اما بر حسب گرادیان خروجی در محل تماس خاک با پوشش و گرادیان بحرانی هیدرولیکی (HFG) که شرایط خاک را منعکس می‌کند، ممکن است این نتیجه حاصل شود که ضخامت بیش از ۳۰-۵۰ میلیمتر مورد نیاز است (تحت فشار خاک دست نخورده)، ضمن آنکه بر حسب شرایط محلی، ممکن است پوشش‌های شنی مطلوب و اقتصادی باشند.





شکل ۳-۱- تعیین ضخامت پوشش لازم [۲۷]



## فصل چهارم

### طراحی پوشش‌های زهکشی

مراحل مختلف طراحی و انتخاب پوشش لوله‌های زهکش در شکل ۴-۱ ارائه شده است. در هنگام طراحی اولیه، کارشناسان باید از ویژگی‌های پوشش مناسب اطلاع داشته باشند. عموماً مواقعی که مطالعات تفصیلی صورت می‌گیرد، بررسی‌های دقیق ویژگی‌های خاک درباره نیاز به پوشش انجام می‌شود. در زیر به طور خلاصه این بررسی‌ها ارائه شده است.

#### ۴-۱- بررسی‌های مورد نیاز

##### ۴-۱-۱- بررسی‌های مکانیکی

بررسی‌های مکانیکی لازم برای تعیین نیاز به پوشش‌های زهکشی شامل برداشت نمونه خاک از عمق کارگذاری زهکش‌های زیرزمینی به تعداد و حجم کافی برای انجام اقدامات زیر است:

- الک کردن نمونه‌ها: این نوع آزمایش به منظور تعیین مقدار تجمعی ذرات عبور کرده از برخی الک‌های استاندارد است.
- شاخص پلاستیسیته: این شاخص به منظور تعیین پایداری خاک و گرا دیان شکست هیدرولیکی بدون انجام عملیات آزمایشگاهی مستقیم قابل استفاده است.
- تعیین بافت خاک: بافت خاک، شاخص مهمی برای پایداری خاک‌دانه‌هاست. بافت خاک معمولاً با هدف مشخص کردن درصد ذرات رس، سیلت و شن تعیین می‌شود. درصد رس که با روش هیدرومتری مشخص می‌شود،

شاخص مهمی برای تعیین نیاز و یا عدم نیاز به پوشش است. از طرفی دانستن محدوده ذرات ریز خاک برای طراحی پوشش زهکشی مورد نیاز است. ذرات خاک تحت تأثیر جریان آب، با سرعت‌های معینی جابجا می‌شوند. این موضوع مبین این مطلب است که ذرات با ابعاد و اندازه‌های مختلف نیاز به سرعت‌های متفاوتی برای جابجا شدن دارند. ذرات درشت شن و ماسه برای جابجایی، تابع اندازه ذرات خاک نیستند. به‌طور کلی ذرات سیلت درشت و ماسه ریز (ذرات بین ۲۰ تا ۱۵۰ میکرون) در اثر نیروی حرکت آب به‌راحتی جابجا می‌شوند. در برخی منابع، از نسبت رس به سیلت برای برآورد رسوبدهی استفاده می‌کنند. اگر این نسبت از ۰/۵ بیشتر باشد مشکلی پیش نخواهد آمد.

#### ۴-۱-۲- جنبه‌های هیدرولیکی

اصولاً جنبه‌های هیدرولیکی سامانه زهکشی زیرزمینی و مواد پوششی باید هنگام بررسی و برنامه‌ریزی برای انتخاب مواد پوششی مد نظر باشد. با توجه به مشخصات لوله زهکشی، هر چه قطر لوله بیشتر باشد، سرعت جریان در آن و به دنبال آن سرعت جریان آب از خاک پیرامون به درون لوله کمتر شده که مسئله‌کننده شدن و حمل ذرات خاک به داخل زهکش کمتر خواهد بود. از طرفی هر چه تعداد سوراخ‌های روی لوله بیشتر و توزیع آنها همگن‌تر باشد، همگرایی جریان در مجاورت لوله زهکش کمتر شده که خود باعث کاهش سرعت جریان آب می‌شود. بنابراین در مجموع می‌توان گفت که افزایش قطر لوله از یک طرف و افزایش تعداد و اندازه سوراخ‌های روی محیط لوله زهکش از طرف دیگر، باعث کاهش سرعت جریان در مجموعه خاک، ترانشه و لوله زهکش می‌شود که در نتیجه باعث پایداری بیشتر خاک‌دانه‌ها و اجزای پوشش لوله زهکش می‌گردد.

در زهکشی فرض بر این است که مجرای ایده‌الی وجود دارد که کار زهکشی را بدون مقاومت انجام می‌دهد، اما در عمل به دلیل تعداد محدود سوراخ‌های روی لوله، مقاومت اضافی در مقابل جریان به وجود می‌آید. این مقاومت اضافی با مقاومت ورودی<sup>۱</sup> بیان می‌شود. برای کاهش مقاومت ورودی از پوشش استفاده می‌شود. مواد پوششی از طریق افزایش شعاع منطقه نفوذ پذیر با آگذری زیاد، یعنی حد فاصل بین زهکش و مواد بستر و ایجاد سهولت برای ورود جریان به درون لوله، باعث کاهش مقاومت ورودی جریان می‌شود.

#### ۴-۱-۳- پایداری ساختمان خاک<sup>۲</sup>

تجربیات موجود نشان می‌دهد که ساختمان خاک با بافت آن ارتباط مستقیمی ندارد. در هر حال، به راحتی نمی‌توان تأثیر ساختار خاک را بر انسداد پوشش زهکش تفسیر کرد. ساختمان خاک، نحوه قرار گرفتن ذرات را در کنار یکدیگر نشان می‌دهد. در این مورد، مواد آلی و موادی که نقش پیوند دادن ذرات را به عهده دارند، مهم هستند. خاک‌های شنی فاقد ساختار بوده در صورتی که خاک‌های رسی می‌تواند دارای ساختمان مناسبی باشند.

استحکام پیوند بین ذرات خاک، چسبندگی<sup>۳</sup> نامیده می‌شود. پایداری خاک با رفتار آن در رطوبت‌های مختلف تبیین می‌شود که به چسبندگی بستگی دارد. حدود اتربرگ یعنی حد روانی<sup>۴</sup> و حد پلاستیسیته<sup>۵</sup> به عنوان حدود پایداری شناخته می‌شوند و

---

1- Entrance Resistance  
 2 - Structural Stability  
 3 - Cohesion  
 4 - Liquid Limit  
 5 - Plastic Limit

تفاوت این دو حد، شاخص پلاستیسیته را نشان می‌دهد. این شاخص، معیاری برای استحکام پیوند بین ذرات خاک است و از آن، برای پیش‌بینی استعداد خاک برای ایجاد گرفتگی و رسوب‌گذاری در لوله زهکش، استفاده می‌شود.

توصیه می‌شود در شرایطی که خاک خیس است، ترانشه زهکش‌ها پر نشود. این موضوع بخصوص در خاک‌هایی که پایداری ساختمان آنها پایین می‌باشد، بیشتر مطرح است. در شرایطی که درون ترانشه آب وجود داشته باشد، نباید ترانشه‌ها پر شوند بلکه این کار باید به فصل خشک موکول شود. دیالمن و ترافورد خاک‌ها را از نظر رسوب‌گذاری به سه دسته کاملاً مستقل تقسیم‌بندی کرده‌اند که نتیجه آن در جدول ۱-۴ ارائه شده است.

جدول ۱-۴- استعداد رسوب‌گذاری بر اساس ضریب

یکنواختی و شاخص پلاستیسیته [۳ و ۵]

رسوب‌گذاری	$C_u$	PI
پتانسیل رسوب‌گذاری زیاد است	$< 5$	$\leq 6$
پتانسیل رسوب‌گذاری کم است	۵-۱۵	۶-۱۲
پتانسیل رسوب‌گذاری وجود ندارد	$> 15$	$> 12$

#### ۱-۳-۱-۴- هدایت هیدرولیک در عمق کارگذاری زهکش‌ها

معمولاً باید یک آزمایش در هر ۱۰ تا ۲۵ هکتار انجام شود. گالیچاند و دیگران<sup>۱</sup> [۱۶] پیشنهاد کرده‌اند که در بررسی‌های مقدماتی برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیک،

1- Gallichand et al.

شبکه‌ای به ابعاد ۹۰۰×۹۰۰ متر و در شرایط بهینه، شبکه‌ای به ابعاد ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر در نظر گرفته شود. در ایران بسته به مرحله مطالعاتی ابعاد شبکه متفاوت است، به گونه‌ای که ۲۰۰۰×۲۰۰۰، ۱۰۰۰×۱۰۰۰ و ۵۰۰×۵۰۰ متر به ترتیب برای مراحل مطالعاتی شناخت، یک (توجیهی) و دو (طراحی) استاندارد شده است. پایداری چاهک‌هایی که به منظور نمونه برداری حفر شده‌اند، شاخص کیفی مناسبی برای اظهار نظر در رابطه با نیاز یا عدم نیاز به پوشش زهکشی است.

#### ۴-۱-۳-۲- عمق لایه محدودکننده

اطلاع از عمق لایه محدود کننده برای تعیین گرادیان مورد نیاز در زهکشی و مقایسه آن با گرادیان شکست هیدرلیکی لازم است. دقت در تعیین عمق لایه محدودکننده در مقایسه با هدایت هیدرولیک اهمیت کمتری دارد. بنابراین باید با استفاده از روش مناسب نسبت به تعیین آن اقدام کرد.

#### ۴-۱-۴- خصوصیات شیمیایی خاک

پایداری ساختمان خاک تحت تأثیر مقدار کل نمک‌ها و سدیم موجود در آن می‌باشد. به علاوه، آهک موجود در شن و سیلت و اکسیدهای آهن و آلومینیم نیز باعث پایداری ساختمان خاک می‌شوند. افزون بر این، مواد آلی نیز نقش مهمی در نگهداری ذرات خاک دارند. خصوصیات شیمیایی خاک ارتباط نزدیکی با خطر گرفتگی لوله‌های زهکش دارد. موادی مانند ترکیب‌های آهن، آهک و سولفات باعث گرفتگی می‌شوند. بررسی خطر گرفتگی مواد پوشش زهکش‌ها با مواد معدنی در اثر ترکیب‌های شیمیایی خاک نیاز به دانستن ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)<sup>۱</sup>، شوری و سدیمی بودن خاک دارد.

1 - Cation Exchange Capacity



شکل ۴-۱- مراحل طراحی، اجرا و نگهداری پوشش لوله‌های زهکشی [۳ و ۲۷]



#### ۴-۱-۴-۱- ظرفیت تبادل کاتیونی

ذرات رس و هوموس خاصیت جذبی دارند. ذرات رس ریز، کلویید هستند و به اندازه‌ای کوچک می‌باشند که سطح ویژه آنها بسیار زیاد است. پدیده‌هایی مانند پراکنده شدن، تورم، انقباض، دانه‌ای شدن، چسبندگی و پلاستیسیته خاک، متأثر از کلوییدی بودن ذرات رس هستند. ذرات رس دارای بار منفی هستند، در نتیجه کاتیون‌های با بار مثبت مانند سدیم، پتاسیم، هیدروژن، کلسیم و منیزیم را جذب می‌کنند اگر خاک کلوییدی دارای مقدار زیادی یون دو ظرفیتی کلسیم باشد، ساختار پایداری برای خاک شکل خواهد گرفت. خاک‌هایی که یون سدیم آنها غالب است، پایدار نخواهند بود. مقدار کاتیونی که یک خاک می‌تواند جذب کند به وسیله بارهای منفی رس و هوموس تعیین می‌شود. این مقدار به ظرفیت تبادل کاتیونی معروف است و معمولاً بر حسب میلی‌اکی والان در یک صد گرم خاک خشک بیان می‌شود.

#### ۴-۱-۴-۲- شوری خاک

تجزیه شیمیایی خاک به منظور تعیین حساسیت آن نسبت به پراکنده شدن مهم است. خاک‌هایی که کاتیون‌های دو ظرفیتی آنها زیاد است پایدارند و به عکس خاک‌هایی که کاتیون سدیم آن به نسبت زیاد است، تمایل به پراکنده شدن دارند. خاک‌ها معمولاً حاوی مقداری نمک‌های با حلالیت کم مانند آهک، گچ و نمک‌های با حلالیت زیاد مانند کلرور سدیم و سولفات سدیم هستند. در خاک‌های شور با اسیدیته بین ۶ تا ۸، آنیون‌های غالب معمولاً  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  و  $\text{HCO}_3^-$  و کاتیون‌های غالب معمولاً  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  و  $\text{Mg}^{++}$  هستند. مجموع نمک‌های محلول را به طور تقریبی می‌توان با استفاده از هدایت الکتریکی خاک، از رابطه (۴-۱) محاسبه کرد:

$$\begin{aligned} \text{TDS} &= 640 \times \text{EC} & \text{EC} < 5 \text{dS/m} & \quad (1-4) \\ \text{TDS} &= 800 \times \text{EC} & \text{EC} > 5 \text{dS/m} & \end{aligned}$$

که در آن:

TDS = مجموع املاح محلول (میلی گرم بر لیتر).

EC = هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر).

#### ۴-۱-۳-۳-۳-۳ سدیمی بودن خاک

سدیمی بودن خاک نیز عامل مهمی است که بررسی آن از اهمیت خاصی برخوردار است. مقدار نسبی یون سدیم جذب شده در مقایسه با کل کاتیون‌هایی که خاک می‌تواند جذب کند، درصد سدیم تبادلی<sup>۱</sup> نامیده می‌شود که با استفاده از رابطه ۲-۴ تعیین می‌شود. درصد سدیم تبادلی، سدیمی بودن خاک را نشان می‌دهد که نقش مهمی در میزان گسیختگی، ناپایداری ساختار خاک و نفوذ آب در آن دارد.

$$\text{ESP} = \frac{\text{Na}_{\text{ex}}^+}{\text{CEC}} \times 100 \quad (2-4)$$

که در آن:

$\text{Na}_{\text{ex}}^+$  = مقدار سدیم تبادلی (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک)

CEC = کل کاتیون‌هایی که خاک می‌تواند جذب کند (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک)

ESP = درصد سدیم تبادلی (درصد)

---

1 - Exchangable Sodium Percentage (ESP)

#### ۴-۲- معیارهای طراحی پوشش

بطور کلی برای طراحی پوشش زهکشی از دو نوع معیار استفاده می‌شود. معیار اول روش تعیین شاخص آزمایشگاهی است و دومی معیارهای عمومی حاصل از مشاهدات همزمان آزمایشگاهی و مزرعه‌ای می‌باشد. تفاوت این دو معیار در این است که آزمایشات شاخص آزمایشگاهی، برای هر ماده پوششی و موقعیتی خاص انجام می‌شود، در صورتیکه معیارهای عمومی همانند دستورالعملی است که بدون انجام آزمایشات آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۴-۲-۱- روش شاخص‌های آزمایشگاهی

آزمون شاخص‌ها در زمینه پوشش‌های زهکشی در آزمایشگاه و به منظور شبیه‌سازی شرایط مزرعه انجام می‌شود. در این روش آزمایش‌هایی بر روی خاک و مواد پوششی بمنظور تشخیص ضرورت استفاده از پوشش در خاک‌های مختلف و انتخاب بهترین پوشش انجام می‌شود. این آزمایشات خصوصیات اصلی پوشش‌های زهکشی به شرح زیر را مورد بررسی قرار می‌دهد:

- بررسی قابلیت جلوگیری از ورود ذرات خاک به لوله‌های زهکشی (در پوشش‌های دانه‌ای، آلی و مصنوعی)
- بررسی قابلیت انسداد اولیه<sup>۱</sup> که باعث کاهش نفوذپذیری پوشش می‌گردد (معمولاً در پوشش مصنوعی).
- بررسی قابلیت انسداد ثانویه<sup>۲</sup> که در بلند مدت باعث کاهش نفوذپذیری پوشش می‌گردد. این مشکل در پوشش‌های دانه‌ای و مصنوعی اتفاق می‌افتد.

---

1 - Blocking

2 - Clogging

آزمایشات مورد بحث، ساده‌ترین آزمایشات قابل انجام در آزمایشگاه بر روی مجموعه زهکش، پوشش و خاک می‌باشند. در واقع در این روش، وضعیت واقعی مزرعه در آزمایشگاه شبیه‌سازی شده و نتایج حاصله آنچه را که ممکن است در مزرعه اتفاق بیفتد، نشان می‌دهد؛ لیکن بایستی توجه نمود که شبیه‌سازی‌های آزمایشگاهی و نتایج آنها اغلب به صورت مستقیم قابل انتقال و تعمیم به شرایط مزرعه نیستند. متداول‌ترین آزمایشات مقدماتی که در روش شاخص‌های آزمایشگاهی انجام می‌شود به شرح زیر می‌باشد:

#### ۴-۲-۱-۱- آزمایش‌های آبگذری در واحد ضخامت<sup>۱</sup>

آبگذری در واحد ضخامت با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\psi = \frac{K_n}{T_g} \quad (3-4)$$

که در آن:

$\psi$  = آبگذری در واحد ضخامت پوشش ( $S^{-1}$ );

$K_n$  = سرعت جریان آب در درون پوشش در شرایطی که گرادیان هیدرولیکی برابر

با یک باشد (سانتی متر بر ثانیه); و

$T_g$  = ضخامت پوشش (سانتی متر).

مقادیر  $\psi$ ، بین  $0/02$  تا  $2/2$  بر ثانیه تغییر می‌کند که معادل آن برحسب نفوذپذیری بین  $0/0008$  تا  $0/22$  سانتی‌متر بر ثانیه است. این نوع آزمایش‌ها، خصوصیات هیدرولیکی ماده پوششی را تعیین می‌کنند. برای پوشش‌های دانه‌ای، روش‌های اندازه‌گیری با بار ثابت<sup>۲</sup> و بار افتان<sup>۱</sup>، روش‌های متداول هستند. در این آزمایش‌ها هیچ

1 - Permittivity Test

2 - Constant Head

تمایزی بین آبگذری افقی و عمودی در نظر گرفته نشده و از این نظر تفاوتی با خاک‌های دست خورده، شن و ماسه ندارد.

#### ۴-۲-۱-۲- آزمایش نسبت گرادیان<sup>۲</sup>

آزمایش نسبت گرادیان به منظور اندازه‌گیری پتانسیل گرفتگی موادی است که برای پوشش در نظر گرفته شده و برای آنها استانداردهای زیادی وجود دارد. زمان آزمایش در حدود ۵۰۰ ساعت طول می‌کشد. دستورالعمل‌های استاندارد، برای مقایسه نتایج آزمایش، معیار خاصی را پیشنهاد نکرده‌اند. این آزمایش، گرادیان هیدرولیکی خاک همراه با ژئوتکستایل را با خاک بدون ژئوتکستایل مقایسه می‌کند. نسبت گرادیان بالاتر از ۳ به عنوان عملکرد غیر قابل قبول مجموعه «خاک- پوشش» تلقی شده و گرادیان کمتر از ۳ به عنوان نتیجه قابل قبول به شمار می‌رود.

#### ۴-۲-۱-۳- آزمون جریان طولانی مدت<sup>۳</sup>

این آزمایش پتانسیل گرفتگی مواد پوششی، به خصوص مواد مصنوعی که خلل و فرج ریزی دارند را در دراز مدت نشان می‌دهد. در این مورد هیچ‌گونه شاخصی گزارش نشده است و قضاوت و داوری بر اساس تفسیر شکل‌هایی که آبگذری را در طول زمان نشان می‌دهد، انجام می‌گیرد. در این آزمایش، نفوذسنج با جریان از پایین به بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد و هدف از انجام آن پیش‌بینی رفتار دراز مدت مجموعه خاک و ژئوتکستایل است. زمان انجام آزمایش بین ۱۰۰۰-۵۰۰ ساعت است. براساس نتایج به دست آمده، منحنی جریان خروجی بر حسب زمان رسم می‌شود و روند کاهش جریان، نشانگر گرفتگی رو به افزایش پوشش در زمان آزمایش خواهد بود. طول زمان و پتانسیل رشد جلبک‌ها از مهمترین مشکل‌های این آزمایش است.

---

1 - Falling Head  
2 - Gradient Ratio Test  
3- Long- Term Flow Test

#### ۴-۲-۱-۴- آزمایش نسبت هدایت هیدرولیک<sup>۱</sup>

در این آزمایش از نسبت‌های هدایت هیدرولیک به منظور بررسی پتانسیل گرفتگی استفاده می‌شود. مقادیر متوسط نشان‌دهنده تعادل بین ماده پوشش و خاک است. در منابع مختلف مقدار متعادل این نسبت در حدود ۰/۲ پیشنهاد شده است. نسبت هدایت هیدرولیک با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$HCR = \frac{K_{es}}{K_s} \quad (۴-۴)$$

که در آن:

HCR = نسبت هدایت هیدرولیک؛

$K_{es}$  = هدایت هیدرولیک مجموعه خاک با پوشش؛ و

$K_s$  = هدایت هیدرولیک خاک است.

با توجه به توضیحات ارائه شده، به نظر می‌رسد که استفاده از شاخص‌های آزمایشگاهی روش آسان و سریعی برای تعیین ترکیب مناسب پوشش نیست. محققین زیادی سعی کرده‌اند که بر اساس آزمایش‌های چهارگانه و ترکیب نتایج آنها بتوانند پوشش مناسب را تعیین کنند. به هر حال، به دلیل وقت‌گیر بودن این آزمایش‌ها، استفاده از آنها زمانی توصیه می‌شود که روش معیارهای عمومی نتواند نتیجه رضایت‌بخشی به دست دهد.

#### ۴-۲-۲- روش معیارهای عمومی

دومین روش در طراحی پوشش زهکشی، استفاده از معیارهای عمومی است که در مراجع مختلف براساس تجربه‌های قبلی ارائه شده است. ترزاچی<sup>۲</sup> (۱۹۲۲) معیارهای تعیین فیلتر برای کنترل نشت از زیر سد را تدوین کرد [۲۶]. این معیارها از نظر

1- Hydraulic Conductivity Ratio Test

2- Terzaghi

کاربرد برای پوشش اطراف زهکش‌های زیرزمینی نیز آزمایش و بررسی شده است. وی توصیه کرده که آبگری فیلتر باید چند برابر خاک متخلخل باشد و از طرفی آن قدر درشت دانه باشد که مواد ریز دانه بتوانند از داخل آن عبور نمایند. این ایده ترزاقی در طراحی مواد پوششی نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

وان سمرن<sup>۱</sup> [۲۲] گزارشی از نتیجه تحقیقات و دستورالعمل‌های انتخاب مواد پوششی را در کشورهای مختلف ارائه داده است. در کشورهای بلژیک و هلند تلاش‌هایی به منظور تعیین شاخص برای طراحی مواد نرم پیش تافته به عمل آمده است. شاخص‌های طراحی براساس مدل‌های فیزیکی در آزمایشگاه که بر گرفته از ملاحظات نظری و ارزیابی در مزرعه می‌باشد، تعیین شده است. مطالعه جریان آب و جابه‌جایی ذرات خاک در اطراف لوله زهکش در مزرعه به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرفی داده‌ها به یک محل به خصوص وابسته بوده و نتایج بدست آمده در یک محل، ضرورتاً در محل دیگر کاربرد ندارند. اگر از بهترین مواد پوشش استفاده شده و همه مشخصات فنی نیز در نظر گرفته شود، اما نکات لازم در موقع حمل و نقل، جابه‌جایی و اجرا رعایت نگردد، ممکن است سامانه زهکشی نتواند به خوبی عمل نماید.

بسته به نوع پوشش انتخابی، معیارهای توصیه شده، متفاوت بوده که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

#### ۴-۳- پوشش‌های شنی - ماسه‌ای

در صورتی که ماده پوششی با هدف ایجاد یک محیط متخلخل و نفوذپذیرتر از خاک در اطراف لوله زهکش اجرا شود، هر نوع ماده معدنی نفوذپذیری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین در زهکشی زیرزمینی هدف این است که ذرات ریز همانند رس و یا برخی از بقایای گیاهی تجزیه شده نیز بتوانند داخل لوله زهکش شوند. از این رو، پوشش معدنی با دانه‌بندی متناسب با دانه‌بندی خاک ضرورت پیدا می‌کند و

1- Van Someren

لازم است به منحنی دانه‌بندی خاک که از تجزیه مکانیکی به دست می‌آید، توجه شود. برای این نوع پوشش‌ها، منحنی دانه‌بندی شن و ماسه باید با خاک اطراف زهکش و همچنین سوراخ‌های لوله زهکش تناسب داشته باشد [۳]. در عین حال، پوشش باید آن قدر پایدار باشد که فرسایش در آن رخ ندهد، روش کلی برای طراحی پوشش شنی ماسه‌ای به شرح زیر است:

- تجزیه مکانیکی خاک اطراف زهکش و پوشش شنی ماسه‌ای پیشنهادی انجام شود؛

- منحنی دانه‌بندی خاک و پوشش، رسم و مقایسه شوند؛ و

- در رابطه با تناسب پوشش برای خاک مورد نظر اظهار نظر شود.

برای بررسی تناسب پوشش پیشنهادی در خاک مورد نظر، معیارهای مختلفی ارائه شده است، اما باید توجه داشت به علت تفاوت زیاد در مشخصات خاک‌های مناطق مختلف، ممکن است پذیرش معیارهای موجود برای انتخاب پوشش در مناطق جدید کفایت لازم را نداشته باشد. بنابراین برای حصول اطمینان بیشتر، همواره انجام تعدادی آزمایش مزرعه‌ای مفید می‌باشد [۴]. برخی از معیارهای مورد استفاده در طراحی پوشش‌های شنی و ماسه‌ای به شرح زیر می‌باشند:

#### ۴-۳-۱- معیار ترزاقی<sup>۱</sup>

اولین معیاری که ترزاقی برای طراحی فیلتر پیشنهاد کرده و برای پوشش نیز قابل استفاده است، به شرح زیر می‌باشد [۲۵، ۲۶]:

$$D_{15} \geq 4d_{15} \quad (۵-۴)$$

$$D_{15} \leq 4d_{85} \quad (۶-۴)$$

---

1 - Terzaghi



در این روابط:

$D_{15}$ : قطری از الک که ۱۵ درصد ذرات مواد پوششی از آن عبور نماید؛

$d_{15}$ : قطری از الک که ۱۵ درصد ذرات خاک از آن عبور نماید؛ و

$d_{85}$ : قطری از الک است که ۸۵ درصد ذرات خاک از آن عبور نماید.

رعایت اولین معیار سبب می‌شود که آبگذری مواد پوششی در حدود ۱۰ برابر آبگذری خاک باشد. رعایت رابطه دوم به منظور جلوگیری از شسته شدن ذرات ریز خاک پیشنهاد شده است.

#### ۴-۳-۲- معیارهای اداره احیای اراضی ایالات متحده<sup>۱</sup>

اداره احیای اراضی ایالات متحده امریکا، معیارهای طراحی پوشش را براساس مشخصات منحنی دانه‌بندی خاک، به ویژه  $d_{60}$  یا اندازه‌ای از قطر ذرات که ۶۰ درصد مواد تشکیل دهنده خاک از آن کوچکتر باشند، ارائه نموده است. جدول ۴-۲ دانه‌بندی پیشنهادی را براساس معیارهای اداره مذکور نشان می‌دهد. معیارهای این اداره بر اساس گزارش ولاتمن<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۰، پوشش درشت دانه‌ای را برای بعضی از خاک‌های کشور پاکستان که با محدودیت‌های بافت ریز و شوری مواجه‌اند، بدست می‌دهد که عبور ذرات ریز خاک به داخل زهکش‌ها را موجب می‌شود [۲۵].

ضخامت پوشش توصیه شده توسط اداره احیای اراضی ایالات متحده حداقل ۱۰ سانتی‌متر است، ضمن اینکه رعایت نکات زیر در ضوابط تدوین شده نیز ضروری اعلام شده است:

- در پوشش شن و ماسه مورد نظر نباید گل و لای و بقایای گیاهی وجود داشته باشد.

1 - U.S. Bureau of Reclamation (U.S.B.R)

2 - Vlotman

- معیار دانه‌بندی مطلوب با استفاده از ضریب یکنواختی ( $C_u$ ) و ضریب انحنا<sup>۱</sup> ( $C_c$ ) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_u = D_{60} / D_{10} \quad (۷-۴)$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \times D_{10})} \quad (۸-۴)$$

در شرایطی که ضریب یکنواختی ماسه بزرگ‌تر از ۴، شن بیشتر از ۶ و ضریب انحنا برای این دو ماده بین ۱ تا ۳ باشد، پوشش «دانه بندی شده» و در غیر این صورت «یکنواخت» فرض می‌شود.

معیارهای توصیه شده اداره احیای اراضی ایالات متحده به شرح زیر می‌باشند:  
- پوشش یکنواخت طبیعی:

$$D_{50} / d_{50} = 5 - 10 \quad (۹-۴)$$

- پوشش دانه‌بندی شده طبیعی مدور:

$$D_{50} / d_{50} = 12 - 58 \quad (۱۰-۴)$$

$$D_{15} / d_{15} = 12 - 40 \quad (۱۱-۴)$$

- پوشش دانه‌بندی شده سنگ شکسته (غیر مدور):

$$D_{50} / d_{50} = 9 - 30 \quad (۱۲-۴)$$

---

1 - Coefficient of Curvature

$$D_{15} / d_{15} = 6 - 18 \quad (۱۳-۴)$$

- به طور کلی

$$D_{100} \leq 80 \quad \text{میلی متر} \quad (۱۴-۴)$$

$$D_5 \geq 0.074 \quad \text{میلی متر} \quad (۱۵-۴)$$

$$D_{\text{Opening}} \leq 0.5D_{85} \quad (۱۶-۴)$$

$D_{\text{Opening}}$ : قطر سوراخ روی لوله زهکش است.

توصیه اداره احیای اراضی ایالات متحده برای ضخامت پوشش حداقل ۱۰ سانتی متر است.

جدول ۴-۲- رابطه بین قطر ذرات خاک و قطر مواد پوششی دانه‌ای [۲۴]

d <sub>60</sub> خاک (میلی متر)	محدوده دانه‌بندی مواد پوششی (قطر ذرات به میلی متر)											
	حد پایینی درصد عبور کرده از الک برای پوشش						حد بالایی درصد عبور کرده از الک برای پوشش					
	۰	۵	۱۰	۳۰	۶۰	۱۰۰	۰	۵	۱۰	۳۰	۶۰	۱۰۰
۰/۰۲-۰/۰۵	۰/۰۷۴	۰/۳	۰/۳۳	۰/۸۱	۲/۰	۹/۵۲	۰/۵۹	-	۲/۵	۸/۷	۱۰/۰	۳۸/۱
۰/۰۵-۰/۱	۰/۰۷۴	۰/۳	۰/۳۸	۱/۰۷	۳/۰	۹/۵۲	۰/۵۹	-	۳/۰	۱۰/۴	۱۲/۰	۳۸/۱
۰/۱-۰/۲۵	۰/۰۷۴	۰/۳	۰/۴۰	۱/۳۰	۴/۰	۹/۵۲	۰/۵۹	-	۳/۸	۱۳/۱	۱۵/۰	۳۸/۱
۰/۲۵-۱/۰۰	۰/۰۷۴	۰/۳	۰/۴۲	۱/۴۵	۵/۰	۹/۵۲	۰/۵۹	-	۵/۰	۱۷/۳	۲۰/۰	۳۸/۱

#### ۴-۳-۳- معیارهای سرویس حفاظت منابع طبیعی<sup>۱</sup>

سرویس حفاظت منابع طبیعی کشور آمریکا در سال ۱۹۷۱، مشخصاتی را برای پوشش‌های شنی و ماسه‌ای ارائه کرد که در سال ۱۹۸۸ مورد تجدید نظر قرار گرفت.

1 - Natural Resources Conservation Service, NRCS (Formerly SCS)

در ویرایش جدید، فیلتر از پوشش کاملاً تفکیک شده است. براساس معیارهای مذکور، پوشش‌ها به دو دسته «دانه‌بندی شده» و یکنواخت تقسیم می‌شوند [۲۱،۳].

- پوشش دانه‌بندی شده:

$$D_{50} / d_{50} = 12 - 58 \quad (۱۷-۴)$$

$$D_{10} \geq 0.25\text{mm} \quad (۱۸-۴)$$

$$D_{15} / d_{15} = 12 - 40 \quad (۱۹-۴)$$

- پوشش یکنواخت:

$$D_{85} \geq 0.5D_{\text{opening}} \quad (۲۰-۴)$$

$$D_{15} / d_{85} < 5 \quad (۲۱-۴)$$

$$D_{100} < 38\text{mm} \quad \text{تمام نمونه‌ها باید از الک } ۱/۵ \text{ اینچ عبور کند.} \quad (۲۲-۴)$$

$$D_{30} > 250 \text{ میکرومتر} \quad \text{درصد عبوری از الک } ۶۰ \text{ کمتر از } ۳۰ \text{ درصد} \quad (۲۳-۴)$$

$$D_5 > 74 \text{ میکرومتر} \quad \text{درصد عبوری از الک } ۲۰۰ \text{ کمتر از } ۱۵ \text{ درصد} \quad (۲۴-۴)$$

حداقل ضخامت پوششی توصیه شده توسط این سازمان برابر ۸ سانتی‌متر است.

- فیلتر دانه‌بندی شده:

$$D_{15} < 7d_{85} \quad (۲۵-۴)$$

$$D_{15} > 4d_{15} \quad \text{مشروط به اینکه از } ۰/۶ \text{ میلی‌متر کمتر نباشد} \quad (۲۶-۴)$$

$$D_5 > 74 \text{ میکرومتر} \quad \text{درصد عبوری از الک } ۲۰۰ \text{ کمتر از } ۱۵ \text{ درصد} \quad (۲۷-۴)$$

#### ۴-۳-۴- معیارهای ولاتمن<sup>۱</sup> و همکاران

ولاتمن و همکاران [۲۸،۲۵] مجموعه ضوابط برای طراحی پوشش‌های دانه‌ای را بررسی، بازننگری و ارزیابی کردند. نتیجه بررسی این محققان برای اراضی کشاورزی در جدول ۳-۴ ارائه شده است. با استفاده از منحنی دانه‌بندی خاک،

1- Vlotman

معیارهای جدول مذکور و قضاوت کارشناسی، امکان تعیین منحنی دانه‌بندی پوشش وجود خواهد داشت. در جدول ۳-۴، پسوندهای  $c$  و  $f$  به ترتیب نشان دهنده دامنه درشت و ریز در منحنی دانه‌بندی هستند. همچنین  $D_n, d_n$  به ترتیب نشان دهنده قطر ذرات پوشش و خاک بوده به گونه‌ای که  $n$  درصد ذرات دارای قطر کمتر و یا مساوی آن هستند.

استفاده از سنگ خرد شده نیز می‌تواند به جای شن و ماسه مورد قبول باشد. در این حالت باید موارد زیر را در نظر گرفت:

- ابعاد دانه‌های پوشش باید متناسب باشد به گونه‌ای که اندازه طول هر دانه در یک جهت از دو برابر کوچک‌ترین بعد همان ذره کوچک‌تر باشد تا از جدا شدن ذرات از یکدیگر و ایجاد فضای بزرگ بین ذرات جلوگیری شود.
- باید به تعداد کافی از سنگ‌های شکسته شده نمونه‌برداری کرد و نمونه‌ها با مجموعه کامل الک‌های استاندارد (روش ۲۱ الک) دانه‌بندی شوند تا آن دسته از ذرات با قطر معین که در دانه‌بندی وجود ندارند، مشخص شوند.
- هدایت هیدرولیک سنگ‌های خرد شده در آزمایشگاه تعیین شده و حداکثر آن باید کمتر از ۳۰۰ متر بر روز باشد.

جدول ۳-۴- معیارهای طراحی پیشنهادی ولاتمن برای پوشش‌های دانه‌ای

[۲۸،۲۵]

شرح	معیارها	ملاحظات
نقاط کنترل در محدوده ذرات درشت پوشش		
۱- معیار پایداری پوشش <sup>۱</sup>	$D_{15c} < 7d_{85f}$	
۲- راهنمای منحنی دانه بندی	$D_{60c} < 5D_{15c}$	
۳- معیار پراکنش ذرات <sup>۲</sup>	میلی متر $D_{100} < 9.5$	

1 - Retention Criterion

2 - Segregation Criterion

## ادامه جدول ۴-۳-

نقاط کنترل در محدوده ذرات ریز پوشش		
۴- الف) معیار هیدرولیکی ۴-ب) منحنی دانه‌بندی	$D_{15f} > 4d_{15c}$ $D_{15f} > D_{15c} / 5$	$C_u \leq 6$ و نسبت عرض دامنه $5 \geq$
۵- معیار هیدرولیکی		میلی‌متر $D_5 < 0.074$
۶- راهنمای منحنی دانه بندی	$D_{60f} > D_{60c} / 5$	
۷- معیار نگهداری	قطر سوراخ‌ها $D_{85} >$	
معیارهای اضافی		
ضابطه اجرا		مواد پوشش بایستی همه سوراخ‌ها را با ضخامت حداقل ۷۵ میلی‌متر بپوشانند. پوشش نباید مواد زیان‌آور داشته باشد.
مواد خرد شده		طول هیچ ذره‌ای نبایستی از دو برابر عرض آن بیشتر باشد. روش تجزیه ۲۱ الک باید برای تشخیص قطر ذراتی که در دانه‌بندی پوشش وجود ندارد مورد استفاده قرار گیرد و شرط (متر بر روز) $K_{env} < 300$ صادق باشد.

\* اندیس C نشان‌دهنده حد ذرات درشت و اندیس f حد ذرات ریز را نشان می‌دهد.

۴-۳-۵- تحقیقات شیرارد<sup>۱</sup> و همکاران در مورد معیارهای طراحی فیلتر شنی

در سال ۱۹۸۴ شیرارد و همکاران [۲۵] دو مقاله راجع به فیلتر به چاپ رساندند. تحقیقات آنها به منظور کنترل معیارهای طراحی فیلتر برای حفاظت سازه‌های آبی انجام گرفته و کاربردی در زهکشی زیرزمینی نداشت؛ اما از اصولی تبعیت می‌کرد که کاربرد مستقیم در طراحی پوشش‌های شنی و انتخاب مواد پوشش مصنوعی داشتند. شیرارد و همکاران ملاحظه نمودند که نسبت  $D_{50} / d_{50}$  و  $D_{15} / d_{15}$  در اکثر موارد بی‌فایده بوده و موادی با نسبت‌های  $D_{15} / d_{85}$  بزرگتر از ۹ عملکرد ناموفق و کمتر از ۵ عملکرد محافظه کارانه دارد. آنها به این نتیجه رسیدند که چنانچه فیلتری با جریان آب اولیه با شکست مواجه نشود، احتمالاً بطور دائم عملکرد موفقیت‌آمیز خواهد

1- Sherard

داشت، ضمن آنکه مواد با دانه‌بندی خوب نسبت به مواد یکنواخت کاربرد مطلوبتری دارند.

شیرارد و همکاران در مقاله دوم خود در سال ۱۹۸۴، با توجه به آزمایشات بر روی خاک‌های با بافت ریزتر نتایج را چنین گزارش نمودند:

- فیلتر با نسبت  $D_{15} / d_{85} \leq 5$  مناسب برای خاک‌های شنی و رسی با  $d_{85} = 0.1 - 0.5mm$

- فیلتر با  $D_{15} < 0.5mm$  مناسب برای خاک‌های رسی ریز دانه که  $d_{85}$  آنها بین ۰/۳ تا ۰/۱ میلی‌متر می‌باشد.

- فیلتر با  $D_{15} < 0.3mm$  مناسب برای خاک‌های سیلتی ریزدانه با چسبندگی کم ( $d_{85} = 0.1 - 0.03mm$ ) می‌باشد.

- فیلتر با  $D_{15} < 0.3mm$  استثنائاً برای خاک‌های دارای بافت ریز که  $d_{85}$  آنها کوچکتر از ۰/۲ میلی‌متر است، مناسب می‌باشد.

- شن‌ها و سنگریزه‌ها با  $D_{15}$  معادل ۵ میلی‌متر یا کمتر فیلترهای مناسبی حتی برای خاک‌های رسی ریزدانه می‌باشند.

- برای خاک‌های رسی حاوی مقداری شن با  $d_{85}$  بزرگتر از یک میلی‌متر، فیلتر با  $D_{15}$  معادل ۰/۵ میلی‌متر و نسبت  $D_{15} / d_{85} \leq 5$  مناسب بوده، اما برای رس‌های ریزتر این نسبت مناسب نمی‌باشد.

- نهایتاً شیرارد و همکاران متوجه شدند که شن و سنگریزه با دانه‌بندی خوب، فیلتری عالی برای خاک‌های سیلتی و شنی ریز یکنواخت بوده و ضرورت ندارد تا منحنی دانه‌بندی پوشش، هم شکل منحنی دانه‌بندی خاک باشد. آنها گزارش نمودند که پوشش‌های شنی که  $D_{15}$  آنها ۰/۳ میلی‌متر، نسبت  $D_{15} / d_{15}$  برابر ۵ و مواد ریزدانه با قطر ۰/۰۷۴ میلی‌متر آنها کمتر از ۵ در صد باشد، پوششی مناسبی برای اغلب خاک‌های مسأله‌دار می‌باشند.

#### ۴-۴- پوشش‌های مصنوعی

##### ۴-۴-۱- معیارهای ولاتمن و همکاران

براساس نتایج تحقیقات ولاتمن و همکاران [۲۷، ۲۸] در استفاده از پوشش‌های مصنوعی، چهار معیار کلی زیر باید مد نظر باشد:

- معیارهای نگهداری؛
- معیارهای هیدرولیکی؛
- معیارهای جلوگیری از انسداد سوراخ‌های پوشش؛ و
- معیارهای مکانیکی.

##### ۴-۴-۱-۱- معیارهای نگهداری

این عامل مؤثر بودن ماده پوششی را در نگهداری و عدم جابجایی خاک اطراف پوشش تعیین می‌کند. در نتیجه، یکی از مهم‌ترین معیارهای انتخاب پوشش است. بررسی‌ها و تحقیقات به عمل آمده نشان می‌دهد که پوشش‌های ریز نسبت به گرفتگی و انسداد حساس هستند. با گذشت زمان، گرفتگی و انسداد باعث کاهش تعداد خلل و فرج می‌شود که دلیل آن رسوب مواد معلق در داخل و یا روی ماده پوششی است. بنابراین خصوصیات ماده پوششی باید معیار نگهداری خاک و معیار جلوگیری از انسداد ماده پوششی را به صورت همزمان تأمین نماید.

قابلیت یک ماده پوششی برای نگهداری ذرات خاک با استفاده از نسبتی بیان می‌شود که اندازه خلل و فرج ماده پوششی را به اندازه خلل و فرج ذرات خاک نشان می‌دهد.  $O_{90}$  مواد پوششی، اندازه خلل و فرجی است که ۹۰ درصد خلل و فرج ماده پوششی از آن کوچک‌تر هستند. برای اینکه معیار نگهداری حفظ در نظر گرفته شود، باید به موارد زیر در طراحی توجه کرد:

برای پوشش‌های مصنوعی با ضخامت مساوی و یا کمتر از یک میلی‌متر:

$$O_{90} / d_{90} < 2.5 \quad (۴-۲۸)$$



برای پوشش‌های مصنوعی با ضخامت مساوی و یا بیشتر از پنج میلی‌متر:

$$O_{90} / d_{90} < 5 \quad (۲۹-۴)$$

برای پوشش‌های مصنوعی با ضخامت ۱ تا ۵ میلی‌متر، پیشنهاد شده است که نسبت‌های فوق درون‌یابی شود.

#### ۴-۴-۱-۲- معیارهای هیدرولیکی

ماده پوششی باید دارای  $O_{90}$  بزرگ‌تر از ۲۰۰ میکرون باشد. استفاده از ژئوتکستایل‌هایی که دارای  $O_{90}$  بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون هستند، باید با توجه به شرایط خاک (پایداری، ساختمان و دانه‌بندی) مد نظر قرار گیرد. ضریب هدایت هیدرولیک ژئوتکستایل باید حداقل ۱۰ برابر هدایت هیدرولیک خاک باشد.

#### ۴-۴-۱-۳- معیارهای جلوگیری از انسداد

در شرایطی که  $O_{90}$  ژئوتکستایل حداقل ۲۰۰ میکرون باشد، نسبت  $O_{90} / d_{90}$  می‌تواند بزرگتر از یک باشد. در این صورت  $d_{90}$  باید بیش از ۲۰۰ میکرون باشد (خاک‌های درشت دانه). در شرایطی که  $O_{90}$  ژئوتکستایل بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون باشد فقط معیار حداقل (میکرومتر)  $O_{90} = 200$  پیشنهاد می‌شود. در این رابطه کورنر<sup>۱</sup> نسبت یاد شده را کمتر از یک برای آمریکا و برخی از نقاط دیگر دنیا پیشنهاد کرده است [۳].

#### ۴-۴-۱-۴- معیارهای مکانیکی

از آنجا که عوامل محیطی بر روی مواد پوششی تأثیر می‌گذارد، بنابراین باید از خصوصیات آن کاملاً آگاهی داشت. ضخامت ورقه‌های ژئوتکستایل، سطح

---

1 - Korner

مخصوص، مقاومت مواد تشکیل‌دهنده، مقاومت به سوراخ شدن، قابلیت تراکم‌پذیری و مقاومت به ساییدگی باید بررسی شوند. معیارهای چهارگانه در جدول ۴-۴ خلاصه شده‌اند. همچنین در جدول ۴-۵ معیارهای نگهداری پوشش‌های ژئوتکستایل خلاصه شده توسط دیرکس<sup>۱</sup> براساس گزارش فیشر و همکاران نشان داده شده است.

جدول ۴-۴- معیارهای طراحی برای پوشش‌های [۲۷،۲۸]

ملاحظات	معیار	ژئوتکستایل
معیار نگهداری	$O_{90} / d_{90} < 2.5$	نازک، ضخامت کمتر از ۱ میلی‌متر
معیار نگهداری	$O_{90} / d_{90} < 5$	حجیم، ضخامت بیشتر از ۵ میلی‌متر
معیار نگهداری	میانبایی	متوسط، ضخامت بین ۱ و ۵ میلی‌متر
معیار هیدرولیکی و جلوگیری از انسداد	$O_{90} > 200\mu m$	
معیار هیدرولیکی چنانچه $a = 0.1$ باشد نامطمئن، $a = 1$ برای شرایط غیر بحرانی و $a = 10$ برای جریانهای بحرانی	$K_e \geq aK_s$	
معیار ضد انسداد	$O_{90} / d_{90} > 1$	-
معیار ضد انسداد	$O_{90} > 100 - 200\mu m$	-

$K_e$  و  $K_s$  به ترتیب هدایت هیدرولیک مواد پوششی و خاک می‌باشند.

جدول ۴-۵- معیارهای نگهداری پوشش‌های ژئوتکستایل [۲۵]

ملاحظات	معیارها	خاک	نوع ژئوتکستایل	مرجع
غریبال نمودن در حالت خشک، فرات دانه تسبیح شیشه‌ای	$O_{90}/d_{85} < 1$	بدون چسبندگی ( $d_{50} \geq 74 \text{ mm}$ )	بافته شده	Calhoun, 1972
	$O_{90} \leq 200 \mu\text{m}$	چسبیده ( $d_{50} \leq 74 \text{ mm}$ )		
غریبال نمودن در حالت خشک، فرات شنی	$O_{90}/d_{90} \leq 1$	شن	بافته شده	Oginl, 1975
	$O_{90}/d_{90} \leq 1.8$	شن	بافته نشده	
	$O_{90}/d_{50} \leq 1.7 - 2.7$	$C_u \leq 2$ $100 \mu\text{m} \leq d_{50} \leq 300 \mu\text{m}$	بافته شده	Zitacher in Rankslov, 1981 Sweetland, 1977
	$O_{15}/d_{85} \leq 1$ $O_{15}/d_{15} \leq 1$	$C_u = 1.5$ $C_u = 4.0$	بافته نشده	
	$O_{50}/d_{85} \leq 1$ $O_{15}/d_{15} \geq 1$	$20 \mu\text{m} \leq d_{85} \leq 250 \mu\text{m}$ $d_{85} > 250 \mu\text{m}$	بافته نشده	ICI Fibers in Ranklor, 1981
غریبال نمودن در حالت خشک، فرات شنی عواملی هستند که بستگی به ضریب یکتوانختی $C_u$ دارند.	$O_{90}/d_{90} \leq B_1(C_u)$	شن	بافته شده و بافته نشده نازک ( $T_g \leq 1 \text{ mm}$ )	Schober & Teindl, 1979
	$O_{90}/d_{90} \leq B_2(C_u)$	شن	بافته نشده نازک ( $T_g \geq 1 \text{ mm}$ )	
	$O_{50}/d_{85} \leq 1$ $O_{90}/d_{15} \geq 1$		بافته شده و بافته نشده	Millar et al., 1980
	$O_{85}/d_{90} < C_u$ $O_{85}/d_{90} < 9/C_u$	بدون چسبندگی با تراکم کمتر $C_u < 3 > 1$ $C_u > 3$	بافته نشده با مانع سوزنی	Giroud, 1982
	$O_{95}/d_{90} < 1.5 C_u$ $O_{95}/d_{90} < 13.5/C_u$	تراکم متوسط $1 < C_u < 3$ $C_u > 3$		
	$O_{90} < d_{10} < 2 C_u$ $O_{90} < d_{90} < 13.5/C_u$	تراکم $1 < C_u < 3 > 1$ $C_u > 3$		
	$O_{90}/d_{50} < C_u$ $O_{95}/d_{90} < 9/C_u$	$1 < C_u < 3$ $C_u > 3$	بافته شده و بافته نشده یا اتصالات حرارتی	

ادامه جدول ۴-۵- معیارهای نگهداری پوشش‌های ژئوتکستایل [۲۵]

ملاحظات	میارها	خاک	نوع ژئوتکستایل	مرجع
غریبال نمودن در حالت مرطوب، خاک دانه‌بندی شده	$O_{90} / d_{50} < 10$ $O_{90} / d_{90} < 1.0$ $O_{90} / d_{50} < 2.5$ $O_{90} / d_{90} < 1$ $O_{90} / d_{50} < 10$	غیر چسبیده $(d_{50} \geq 60\mu\text{m})$ $C_u > 5$ $C_u > 5$	باقته شده و بافته نشده	Heerten, 1983
	$O_{90} / d_{90} < 1$ $(d_{90} \leq 100\mu\text{m})$	چسبیده $(d_{50} \leq 60\mu\text{m})$		
	$O_{95} / d_{85} \leq 2 - 3$		باقته شده و بافته نشده	Carroll, 1983
	$O_{95} / d_{85} \leq 1 - 2$ $O_{95} / d_{15} \geq 3$	بستگی به ضریب یکنواختی خاک دارد ( $C_u$ )		Christopher & Holtz, 1985
غریبال نمودن با حرکت هیدرودینامیک، در خاک‌های دانه‌بندی شده	$O_{95} / d_{85} \leq C$ $C = C_1 C_2 C_3 C_4$ $C_1 = 1$ $C_1 = 0.8$ $C_2 = 0.8$ $C_2 = 1.25$ $C_3 = 1$ $C_3 = 0.8$ $C_3 = 0.6$ $C_4 = 1$ $C_4 = 0.3$ $d_{95} \geq 50\text{mm}$	$C_u > 4$ $C_u < 4$ تراکم کمتر متراکم $i < 5$ $5 < i < 20$ $20 < i < 40$ فیلتر فیلتر و زهکشی چسبیده	باقته شده و بافته نشده	CFGG, 1986

#### ۴-۴-۲- خصوصیات فیزیکی پوشش‌های مصنوعی

پوشش‌های مصنوعی می‌تواند پیش‌تافته و یا ژئوتکستایل باشد. برای این مواد، باید به خصوصیات فیزیکی مانند ضخامت و وزن واحد سطح به منظور کنترل یکنواختی مواد پوششی و انطباق آن با استانداردهای طراحی توجه کرد. مشخصات اندازه سوراخ‌های لوله زهکشی، هدایت هیدرولیک خاک و عمق بحرانی آب، خصوصیات هیدرولیکی این مواد پوششی را تعیین می‌کند. برای ارزیابی این مواد دانستن خصوصیات مانند تراکم‌پذیری، خسارت‌های ناشی از فرسایش‌پذیری، مقاومت تنشی

و مقاومت در مقابل پاره شدگی لازم است. خلاصه‌ای از اطلاعات خواص مطلوب مواد مصنوعی پوشش‌های زهکشی در پنجره شماره ۱ ارائه شده است.

#### ۴-۲-۱- وزن واحد سطح

وزن واحد سطح، معیاری برای انتخاب مواد پوششی نیست اما به عنوان کنترل یکنواختی می‌توان از آن استفاده کرد. براساس استاندارد که قبلاً ارائه شد، وزن واحد سطح نباید بیشتر از ۲۵ در صد آن مقداری که کارخانه سازنده مشخص کرده، تغییر کند. در چنین شرایطی پوشش یکنواخت تلقی خواهد شد.

#### ۴-۲-۲- استاندارد اروپائی پوشش‌های مصنوعی

در سال ۱۹۹۴، یک گروه کاری از کارشناسان اروپایی [۲۵]، تقسیم‌بندی جدیدی برای مواد نرم پیش تافته ارائه نمودند که در جدول ۴-۶ آمده است. در سیستم EN-Standard فقط دو کلاس PLM-F و PLM-S پذیرفته شده است. در کشور هلند، در دستورالعمل‌های عملی برای کاربرد مواد پوششی، سه مقدار برای  $O_{90}$  در نظر گرفته شده است: ۴۵۰، ۷۰۰ و ۱۰۰۰ میکرو متر. از پوشش‌های با مقدار ۴۵۰ میکرو متر به صورت وسیعی استفاده شده و خاک‌های زیادی را تحت پوشش قرار داده است. در کشور بلژیک،  $O_{90}$  مواد پوششی بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ میکرو متر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۴-۶- تقسیم بندی اروپایی برای مواد نرم پیش تافته [۲۶،۲۵]

PLM-xF	خیلی ریز	$100 \leq O_{90} \leq 300$ (میکرومتر)
PLM-F	ریز	$300 \leq O_{90} \leq 600$ (میکرومتر)
PLM-S	استاندارد	$600 \leq O_{90} \leq 1100$ (میکرومتر)

براساس مطالعات آزمایشگاهی با مدل‌های فیزیکی، معیارهای زیر برای زهکشی زیرزمینی به عنوان معیار نگهداری تعریف شده است:

$$O_{90} / d_{90} \leq 1 \quad \text{برای ضخامت‌های بین ۱ تا ۳ میلی‌متر}$$

$$O_{90} / d_{90} \leq 4 \quad \text{برای ضخامت‌های بین ۳ تا ۴ میلی‌متر}$$

با محفوظ داشتن معیار نگهداری برای یک پوشش نازک، اغلب در نظر گرفتن  $O_{90} \geq 200\mu\text{m}$ ، از بروز مشکلات زهکشی زیرزمینی جلوگیری می‌نماید. معیارهای نگهداری برای ژئوتکستایل و مواد نرم پیش تافته مطابق با جدول ۴-۷ توصیه شده است. بایستی  $O_{90} / d_{90} > 1$  باشد تا گرفتگی معدنی به حداقل برسد.

### پنجره ۱- خلاصه اطلاعات خواص مطلوب مواد مصنوعی

#### برای پوشش زهکش‌ها تا سال ۱۹۹۵ [۲۷]

۱- مواد	پلیمرهای پلی‌پروپیلن (PP)، که نسبت به مصنوعات دیگر برتری‌هایی داشته، اما نایلون (پلی‌آمید، PA) و پلی‌استر (PET) نیز تا کنون با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند.
۲- الف- تشکیل شبکه یکپارچه	بافته نشده سوزن‌زنی شده (۱)بافته نشده، با اتصالات حرارتی تارها (۲) بافته نشده (مثل نمذ) (۳)بافته شده (به منظور استفاده در زهکشی کشاورزی)
۲-ب- الیاف شل (نرم و آزاد) در شبکه توری	مواد نرم پیش تافته (PLM)، کاربردی مانند بافته نشده سوزن‌زنی شده دارند)
۳- نفوذ پذیری معمولی	$50 \text{ Lit} / \text{m}^2 \text{ s} >$ در $2 \text{ KN} / \text{m}^2$ یا $0.1 - 0.7 \text{ s}^{-1} >$ نفوذپذیری $K_e > K_s$ یا $15 \text{ Lit} / \text{m}^2 \text{ s} >$ در $200 \text{ KN} / \text{m}^2$ $100 \text{ m} / \text{d} >$ در $2 \text{ KN} / \text{m}^2$ [توضیح: مقادیر معمول قابلیت آگذری یا (ترانس میسی ویتی) $0.01 - 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / (\text{min} - \text{m})$ $200 \text{ KN} / \text{m}^2$ در $10 <$
۴- تعیین COS	استفاده از روش الک مرطوب توصیه شده است ( $O_{90}$ )، در هنگام استفاده از این روش‌ها بهتر است که COS به سایزهای استاندارد سوراخ‌های شبکه تبدیل شود. ( $O_{90}$ )، رجوع شود به ۱۹۹۹ (Vlotman)
۵- ضخامت	ترجیحاً کمترین ضخامت ۱mm است اما بستگی به کمترین ضخامت موجود و استاندارد دارد.

ادامه پنجره ۱-

عموماً $130 - 700 \text{ g/m}^2$	$> 200 \text{ g/m}^2$	۶- جرم در واحد سطح
$> 6 \text{ KN/m}$ در دسترس می باشد.		۷- مقاومت کششی
$> 6 \text{ KN/m}$ (به نظر می رسد مقاومت معمولاً $50 - 100$ درصد مقاومت کششی در سایر محل ها باشد)		۸- مقاومت کششی در محل اتصال
AASHTO 90- B, $> 310 - 360 \text{ N}$ در هر متر عرض (برای کلاس M288 کلاسی که به نظر می رسد برای زهکش های کشاورزی مناسب ترین باشد)		۹- مقاومت Sewn- seam
$> 110 \text{ N}$ (برای کلاس AASHTO 90- M288.B)		۱۰- مقاومت Trapezoid teaning
$> 110 \text{ N} - 160 \text{ N}$ (برای کلاس M288-90 AASHTO.B)		۱۱- مقاومت در مقابل سوراخ شدن
$> 360 - 400 \text{ N}$ (برای کلاس M288-90 AASHTO.B)		۱۲- مقاومت جذب و ربایش
$> 150 \text{ mm}$ اتصال دو مقطع لوله، اتصال آنها توسط نوار یا دوختن انجام می شود. $> 20 \text{ mm}$ هنگامیکه اطراف لوله پیچیده شده، اتصال آنها از طریق هم پوشانی یا دوختن انجام می شود، زمانی که پوشش اولیه با شبکه بندی مشابه به PLM موجود باشد.		۱۳- هم پوشانی اتصال ها
در دوره زمانی که در معرض نور قرار دارد مجموع تشعشع اشعه ماوراء بنفش بهتر است کمتر از $800 \text{ MJ/m}^2$ باشد. دمای پایین می تواند سبب شکنندگی و به بار آمدن خسارت در هنگام کار با دست شود. میزان قلیائیت و pH تأثیر بیشتری بر PET و PA پلیمرها دارد.		۱۴- هوازدگی

جدول ۴-۷ معیارهای نگهداری برای ژئوتکستایل و مواد نرم پیش تافته [۲۸،۳]

معیار	شرح
$1 \leq O_{90} / d_{90} \leq 2.5$	برای پوشش با ضخامت های کمتر از ۱ میلی متر
$1 \leq O_{90} / d_{90} \leq 3$	برای پوشش با ضخامت های بین ۱ تا ۳ میلی متر
$1 \leq O_{90} / d_{90} \leq 4$	برای پوشش با ضخامت های بین ۳ تا ۵ میلی متر
(میکرون) $1 \leq O_{90} / d_{90} \leq 5 \quad O_{90} \geq 200$	برای پوشش با ضخامت های بیشتر از ۵ میلی متر

#### ۴-۲-۴-۳- هدایت هیدرولیکی پوشش

هدایت هیدرولیک پوشش‌ها باید بیشتر از هدایت هیدرولیک خاک باشد تا مقاومت ورود جریان به زهکش کاهش یابد. در این صورت، هیچ فشار هیدرولیکی خارج از لوله زهکش به وجود نخواهد آمد. بر اساس تحقیقات به عمل آمده، برای این که کاهش اساسی در مقاومت ورودی وجود داشته باشد، لازم است رابطه زیر صادق باشد [۱۵،۳]:

$$\frac{K_e}{K_s} \geq 10 \quad (۳۰-۴۰)$$

که در آن  $K_e$  هدایت هیدرولیک پوشش می‌باشد.

#### ۴-۲-۴-۴- خصوصیات مکانیکی

خصوصیات مکانیکی پوشش‌ها در درجه دوم اهمیت قرار دارد. ژئوتکستایل‌هایی که به عنوان پوشش زهکشی استفاده می‌شوند، با مسائل خاصی مواجه نیستند زیرا این مواد برای همین منظور طراحی شده‌اند. تراکم‌پذیری برخی پوشش‌ها تأثیر به‌سزایی بر روی اندازه منافذ و هدایت هیدرولیک آنها دارد. اندازه سوراخ‌ها معمولاً در حالتی که وزنی بر آنها تحمیل می‌شود، کاهش می‌یابد. از این‌رو به‌طور معمول، ضریب اطمینانی ضمن ساخت در نظر گرفته می‌شود. افزون بر این، قابلیت تراکم‌پذیری پوشش‌های درشت که از الیاف درشت‌تر ساخته شده‌اند، کوچک است. از پوشش‌های نازکی که به راحتی متراکم می‌شوند و تشکیل لفاف نازکی می‌دهند نباید به عنوان پوشش زهکش استفاده شود.

سایش پوشش در اثر تماس با ماده دیگر به وجود می‌آید. ممکن است در زمان حمل و نقل و نصب، در اثر تماس لوله‌های زهکشی دارای پوشش پیش‌تافته با مواد دیگر، ساییدگی پوشش پیش‌بیاید. در این صورت، باید به این نکته توجه کرد و در زمان نصب برای تعمیر آنها اقدام نمود.



#### ۴-۲-۵- ضخامت پوشش مصنوعی

ضخامت مواد پوششی پیش تافته به عنوان معیاری برای یکنواختی و سازگاری آنها با شرایط خاک محل نصب زهکش، استفاده می‌شود. علاوه بر دیدگاه نظری، ضخامت، عامل مهمی است که در ظرفیت نگهداری خاک، مقاومت ورودی جریان به زهکش و گرادیان خروجی در فضای بین خاک و پوشش نقش دارد. وظیفه اصلی یک ماده پوششی، نگهداری و عدم جابجایی ذرات خاک است. مواد پوششی ضخیم تر، دارای تخلخل بیشتری هستند که می‌تواند در محل‌هایی که مشکل گرفتگی شیمیایی وجود دارد کاربرد بهتری داشته باشد. بنابراین، در روند انتخاب پوشش، ضخامت عامل مهمی است. در شرایطی که کاهش مقاومت ورودی نیز مد نظر باشد ضخامت پوشش عامل تعیین کننده ای است. اگرچه یک پوشش نازک می‌تواند مقاومت ورودی را کاهش دهد، معمولاً کاهش بهینه آن در ضخامت ۵ میلی‌متر حاصل می‌شود. در این مورد، هدایت هیدرولیک نباید عاملی محدود کننده باشد که عملاً هم این گونه نیست. هر چند شعاع مؤثر با جایگزینی خاک با مواد پوششی افزایش می‌یابد، اما افزایش بیشتر ضخامت، تأثیری در مقاومت ورودی ندارد. بررسی‌هایی که توسط ولاتمن و همکاران صورت گرفته نشان می‌دهد که ضخامت‌های کمتر از ۱ میلی‌متر می‌تواند گرادیان خروجی را در محل تماس خاک و پوشش به مقدار قابل توجهی کاهش دهد. در قطرهای بزرگ‌تر، گرادیان هیدرولیکی نزدیک زهکش کمتر خواهد بود. از این رو پوشش‌های ضخیم یا حجیم (بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر) از نوع نازک آن مطمئن تر هستند. برای مواد پوششی نرم پیش تافته، حداقل ضخامت به منظور همگنی بیشتر در نظر گرفته می‌شود. بر اساس EN-Standard حداقل ضخامت مورد نیاز به شرح جدول ۸-۴ می‌باشد.

جدول ۸-۴ حداقل ضخامت مواد پوششی مصنوعی [۲۶،۳]

شکل و نوع ماده شیمیایی	حداقل ضخامت (میلی‌متر)	نوع پوشش	نوع
الیاف پلی‌پروپیلن	۳	الیاف مواد نرم از پیش تافته	مصنوعی
دانه‌های ساچمه‌ای پلی استیرن <sup>۱</sup>	۸	مواد نرم دانه ای	مصنوعی

1- Polystyrene beads

#### ۴-۵- پوشش‌های آلی

معیارهای زیادی برای طراحی پوشش‌های آلی وجود ندارد. از طرفی تعیین نفوذپذیری و تخلخل مواد آلی به سهولت امکان پذیر نیست. برای مواد آلی، تعیین نفوذپذیری و ابعاد سوراخ‌های پوشش ضروری نیست. فرض بر این است که ضخامت مواد آلی استفاده شده به اندازه کافی زیاد بوده و از تخلخل مناسبی نیز برخوردار است. در طراحی پوشش‌های آلی، علاوه بر قضاوت ظاهری بر روی کیفیت مواد، جرم و ضخامت مواد نیز برای پوشش مواد آلی پیش‌تافته به عنوان دو عامل طراحی در نظر گرفته می‌شوند. مواد آلی معمولاً حجیم بوده و با حداقل ضخامت به اندازه ۴ میلی‌متر استفاده می‌شوند. در جدول ۴-۹ ضخامت مواد پوشش مختلف بر اساس استانداردهای آمریکایی و اروپایی، درج شده است.

جدول ۴-۹ ضخامت پیشنهاد شده برای پوشش‌های آلی [۳،۲۸]

شرح	حداقل ضخامت (میلی‌متر)	ملاحظات
مواد گیاهی	۱۵۰	انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا کاربرد این مواد را فقط برای لوله‌هایی که انعطاف پذیر نیستند، توصیه می‌کند.
الیاف آلی	۴	1994.CEN/TC 155N1261
مواد دانه‌ای آلی	۸	ضخامت پوشش استفاده شده بایستی حداکثر ۲۵ درصد با مقداری که کارخانه در کاتالوک آن ذکر کرده، متفاوت باشد.
الیاف کاکائو	۴	
تراشه‌های چوب	۸	
الیاف نارگیل	۶	نوع ۷۵۰ (متر مربع/گرم < ۷۵۰ گرم)
	۸/۵	نوع ۱۰۰۰ (متر مربع/گرم < ۱۰۰۰ گرم)
		حداکثر ۱۰٪ تفاوت در مقدار جرم در متر مربع
		حداکثر ۱۳٪ تفاوت در مقدار جرم در متر مربع

## فصل پنجم

### نصب و نگهداری پوشش‌های زهکشی

#### ۵-۱- نصب پوشش

موفقیت یک سامانه زهکشی علاوه بر طراحی و خصوصیات خاک و پوشش استفاده شده، به شرایط رطوبتی خاک در حین نصب زهکش، نحوه پر کردن ترانشه و کیفیت کلی عملیات نصب بستگی دارد. حتی بهترین مواد پوششی در صورت نصب نامناسب، به ویژه در خاک‌های اشباع، ریز بافت و دارای ساختمان ضعیف نمی‌تواند عملکرد موافی داشته باشد. فقط زمانی پوشش‌های زهکشی عملکرد موفقیت‌آمیزی خواهند داشت که عملیات نصب زهکش‌ها بصورت صحیح و در شرایط مناسب فیزیکی خاک انجام گیرد. توصیه می‌شود که نصب زهکش‌ها در شرایطی صورت گیرد که خاک خیس نباشد و تا قبل از شروع فصل بارندگی ترانشه‌ها پر شوند. چنانچه زهکشی خاک‌های پایدار با ساختار مناسب در شرایط خیس انجام شود، امکان تخریب ساختمان خاک وجود دارد و لایه‌ای با آب‌گذری کم در ترانشه ایجاد می‌کند که باعث کاهش عملکرد مناسب سیستم زهکشی می‌شود. بهم خوردگی خاک حین عملیات حفاری (ترانشه زنی) برای نصب زهکش‌ها نیز ممکن است سبب تخریب ساختمان خاک و سست شدن آن و نهایتاً موجب گرفتگی لوله‌های زهکشی و پوشش زهکشی و کاهش هدایت هیدرولیکی خاک گردد.

شرایط مطلوب نصب لوله‌های زهکشی، قرار دادن آنها در خاک غیر اشباع می‌باشد. چنانچه سطح ایستابی بالاتر از عمق نصب لوله زهکشی بوده و نتوان آن را قبل از عملیات نصب پائین انداخت، می‌بایست کلیه اقدامات لازم حفاظتی ساختمان خاک را معمول داشت. در هنگام نصب باید دقت نمود تا از ریزش دیواره ترانشه‌های زهکشی به ویژه در خاک‌های با چسبندگی کم جلوگیری بعمل آید. ریزش دیواره‌های ترانشه

زهکشی ممکن است موجب شکستن لوله‌ها و یا جابجائی آنها گردد. با تنظیم و تعدیل سرعت پیشروی ماشین‌های حفاری، می‌توان تخریب ساختار خاک را محدود نمود. مشاهده شرایط حفاری خاک می‌تواند راهنمای خوبی برای تنظیم سرعت ماشین باشد. ماشین باید با سرعتی حرکت کند که ساختار خاک را حفظ کند. خاک‌ریزی و پر نمودن ترانشه‌ها همزمان با نصب لوله‌های زهکشی از ریزش دیواره‌های ترانشه‌ها جلوگیری می‌کند. پوشش زهکشی می‌تواند به صورت دستی در مزارع با ابعاد کوچک و یا با استفاده از ماشین اجرا شود. اصولاً دو نوع ماشین ترنچلس<sup>۱</sup> و ترنچر<sup>۲</sup> وجود دارد که می‌تواند به صورت همزمان لوله و پوشش را داخل خاک قرار دهد. ماشین‌های ترنچلس یکی از کاراترین وسایل نصب زهکش زیرزمینی هستند که به کمک آنها می‌توان لوله‌هایی تا قطر ۳۰۰ میلی‌متر را بدون حفر ترانشه در زیر زمین نصب کرد [۳]. خیش دستگاه بدون خاک‌برداری، زمین را می‌شکافد و لوله زهکش را به همراه پوشش آن در زیر خاک قرار می‌دهد. به غیر از شرایطی که زهکش روی یک لایه با نفوذپذیری کم قرار می‌گیرد، با هر شیوه نصب، پوشش باید به طور کامل اطراف لوله را احاطه کند. کارگذاری پوشش صرفاً روی قسمت بالای زهکش کفایت نمی‌کند، زیرا بخش عمده ورود آب از بخش پائینی لوله صورت می‌گیرد.

یکی از محدودیت‌های عمده استفاده از ترنچلس‌ها در نصب پوشش‌های شنی، کم بودن روانی حرکت شن در این ماشین‌ها نسبت به حفاری با ترنچر می‌باشد، که این مورد ممکن است باعث توقف خروج شن از مخزن گردیده و در نتیجه موفقیت نصب پوشش شنی را کاهش داده و موجب عملکرد ضعیف سیستم زهکشی شود. در هنگام قرار دادن لوله‌های زهکشی PE یا PVC با ضخامت پوشش ۱۰۰ - ۷۵ میلی‌متر توسط ماشین‌های ترنچر، می‌بایست کلیه محدودیت‌های ناودان تغذیه کننده شن حذف شده و سطح مقطع عرضی ناودان به موازات حرکت دانه‌های شن به طرف

---

1 - Trenchless

2 - Trencher

پائین افزایش یابد. این کار باعث می‌شود از ایجاد پل شنی یا انسداد ناودان جلوگیری شود. در انتهای ناودان تا وقتی که شن روی لوله‌های زهکش ریخته می‌شود، نگهدارنده‌ها<sup>۱</sup> باید پایداری دیواره ترانشه را حفظ نمایند.

در زمانی که لوله‌ها زیر سطح ایستابی قرار می‌گیرند، بالا بودن سرعت کار ماشین حفاری تا حد ممکن (حدود ۵ متر در دقیقه) به منظور کاهش فاصله زمانی حفاری ترانشه تا جاگذاری و نصب کامل لوله زهکش و پوشش حائز اهمیت می‌باشد. این عمل از تأثیر فشار هیدرولیکی رو به بالا که منجر به جابجایی لوله می‌شود، جلوگیری می‌نماید. همچنین در شرایط نصب پوشش زیر سطح ایستابی، به دلیل آنکه بر آیند نیروهای هیدرواستاتیک رو به بالا و اصطکاک در ناودان شن از نیروی وزن شن بیشتر می‌شود، لذا ریزش شن با مانع روبرو شده و نصب پوشش بصورت یکنواخت انجام نمی‌گیرد.

عامل دیگری که موفقیت پوشش را در ابتدای کار کاهش می‌دهد، عدم پمپاژ از زهکش‌های زیرزمینی در حین نصب می‌باشد. پمپاژ باعث می‌گردد تا در شروع کار از پیدایش گرادیان‌های زیاد جلوگیری شود و ورود رسوبات بلافاصله پس از انجام عملیات اجرائی کاهش یابد. با پمپاژ ملایم سیستم جدید در حین دوره اجرا که باعث کاهش سطح ایستابی روی زهکش می‌شود، از ایجاد گرادیان زیاد در نزدیکی زهکش و پوشش جلوگیری شده و بدین ترتیب پس از اینکه ترانشه با خاک پر شد، به تدریج تحکیم یافته و از ورود ذرات ریز به داخل لوله زهکش جلوگیری می‌شود.

اگر لوله زهکش با وسایل دستی در کف ترانشه قرار گیرد و ماده پوششی اطراف آن ریخته شود، ابتدا پوشش در کف ترانشه قرار داده شده و تراز می‌شود. سپس لوله روی آن قرار داده می‌شود و پوشش حجیم تا ضخامت مورد نیاز روی آن ریخته می‌شود. این موضوع برای نصب ماشینی زهکش همراه با پوشش‌های حجیم نیز صادق است. پوشش‌های نواری که به صورت کلاف هستند نیز باید زیر و بالای

---

1 - Spacers

زهکش قرار گیرند. موادی که در زیر ریخته می‌شود، لازم نیست با موادی که روی زهکش قرار می‌گیرد، مشابه باشد.

از دیدگاه مکانیزه کردن و نصب صحیح و بدون اشکال، استفاده از پوشش‌های شن و ماسه، رو به کاهش است. پوشش‌های آلی و مصنوعی که از قبل به دور لوله‌های زهکش کنگره‌دار پیچیده شده است، می‌تواند به دقت با ماشین‌های با و یا بدون ترانسه زنی استفاده شود. اما، این مواد مستعد آسیب‌هایی هستند که می‌تواند ناشی از حمل و نقل، نصب سریع با ماشین باشد؛ به ویژه هنگامی که از مواد پوششی با کیفیت پائین استفاده شده و یا در پیچیدن پوشش در اطراف لوله دقت نشود. ژئوتکستایل‌هایی که به عنوان پوشش استفاده می‌شوند، معمولاً به صورت کلاف هستند. این کلاف‌ها باید به اندازه کافی عریض باشند تا همپوشانی مناسبی در اطراف لوله ایجاد کنند، به گونه‌ای که تمام لوله بدون اینکه محل اتصالات باز بماند، پوشیده شود.

#### ۵-۲- کنترل کیفیت مواد پوششی

در پروژه‌های بزرگ، بررسی عملکرد مواد پوششی مورد توجه کارشناسان، مهندسان و بهره‌برداران است تا تطابق مواد استفاده شده با خصوصیات که قبل از اجرا پیش‌بینی شده است را بررسی نمایند.

#### ۵-۲-۱ عوامل کنترل کیفیت

عواملی که در ارزیابی کیفیت مواد پوششی باید بررسی شوند، بر حسب نوع به شرح زیر است:

- مواد دانه‌ای: توزیع اندازه ذرات، آب‌گذری و ترکیب شیمیایی؛
- مواد نرم پیش‌تافته: وضعیت ظاهری، ضخامت، وزن واحد سطح و اندازه خلل و فرج؛ و
- ژئوتکستایل: وضعیت ظاهری، ضخامت، وزن واحد سطح، اندازه خلل و فرج، آب‌گذری و قابلیت جذب آب.

### ۵-۲-۲- کنترل کیفیت در زمان ساخت

کنترل کیفی ساخت پوشش‌های زهکشی بسته به نوع پوشش متفاوت است. نقطه آغاز کنترل کیفی برای پوشش‌های دانه‌ای در معدن و برای پوشش‌های مصنوعی در کارخانه است. کنترل برای پوشش دانه‌ای شامل بررسی موارد زیر است:

- کلیه دانه‌بندی‌های پیش‌بینی شده برای ذرات خاک در پوشش وجود داشته باشد؛ و
- پتانسیل از هم جدا شدن ذرات پوشش با دانه‌بندی‌های مختلف ضمن حمل و نقل بررسی شود.

در زمان ساخت پوشش‌های مصنوعی، کنترل  $O_{90}$  با گرفتن نمونه‌هایی به صورت تصادفی و براساس روش استاندارد برای الیاف و مواد پیش تافته انجام می‌گیرد. علاوه بر طراحی خوب و متناسب، موارد دیگر مانند کیفیت مصالح، کیفیت پیچیدن، همپوشانی داشتن و کیفیت بافت مواد پوشش مصنوعی نیز اهمیت دارند. برای بررسی کیفیت ساخت، نمونه‌هایی به صورت تصادفی انتخاب و بررسی می‌شوند. کیفیت ضعیف ماده پوششی معمولاً با چشم قابل تشخیص است، اما در برخی موارد به آزمایش‌های بیشتری نیاز است. همچنین به منظور جلوگیری از بروز خسارت به الیاف، باید توجه لازم را در هنگام حمل و نقل به عمل آورد.

### ۵-۳- نگهداری

حفظ و نگهداری سیستم زهکشی، نقشی اساسی در دوام و عملکرد آن دارد. اهم اقداماتی که بلافاصله پس از اجرای زهکش‌ها در بهبود عملکرد سیستم مؤثرند عبارتند از:

- سیستم زهکشی نباید در معرض بار سنگین مکانیکی یا آبی قرار گیرد تا این که از سفت و متراکم شدن خاک برگردانده شده به داخل ترانشه جلوگیری شود. خاک پر شده بطور طبیعی با گذشت زمان نشست کرده و تحکیم می‌یابد.

عبور وسیله نقلیه چرخدار سبک وزن به تکوین کار سرعت می‌بخشد، اما باید دقت شود تا از آسیب دیدن لوله‌های زهکشی جلوگیری بعمل آید [۸].

- آبیاری پس از اجرای سیستم زهکشی باید با دقت زیادی انجام شود. زمانی که هنوز خاک برگردانده شده به داخل ترانشه‌ها سست می‌باشد، آبیاری اولیه سبب شستشوی ذرات خاک و حمل آنها از میان خلل و فرج مواد خاکی به داخل زهکش می‌گردد. این امر می‌تواند سبب انسداد پوشش و گرفتگی لوله‌های زهکش شده و کاهش عملکرد سیستم را موجب گردد. چنانچه قبل از نشست و تثبیت خاک برگردانده شده به داخل ترانشه، آبیاری غرقابی صورت می‌گیرد، باید در امتداد دو طرف خط ترانشه، دیواره یا لبه خاکی موقتی ایجاد نمود تا از ورود آب آبیاری به داخل ترانشه جلوگیری گردد [۲۵].

- علاوه بر اقدامات اولیه، بازرسی منظم، ارزیابی نتایج عملکرد زهکش‌ها و برنامه منظم نگهداری، سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در زمینه زهکشی را تضمین می‌کند. سازه‌ها و ابزارهای بازدید و اندازه‌گیری که در سامانه زهکشی ساخته می‌شوند و یا مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند به بازرسی صحیح و نگهداری زهکش‌ها کمک نمایند [۳]. این امکانات شامل ابزار بازرسی ویدیویی، ابزار میله‌ای<sup>۱</sup> و ابزار شستشو<sup>۲</sup> هستند که می‌توانند از طریق دهانه خروجی، آدم‌روها و یا ساختمان‌های مخصوص دسترسی وارد لوله‌های زهکشی شوند. طبیعتاً وقتی مسئله مبهمی وجود داشته باشد، آخرین راه حل، بازرسی، حفاری و شکافتن زهکش است. نصب چاهک‌های مخصوص مشاهده‌ای در یافتن مکان دارای مشکل، می‌تواند کمک کند. اصولاً از این چاهک‌ها برای پایش دراز مدت شبکه و اهداف تحقیقاتی استفاده می‌شود.

- در یک شبکه زهکشی که خوب طراحی شده باشد، دو شاخص می‌تواند در شناسایی بروز مشکل زهکشی به کارشناس کمک کند. این شاخص‌ها شامل رشد ضعیف گیاه در برخی از قسمت‌های مزرعه و مرطوب ماندن قسمت‌هایی

---

1 - Rodding Device

2 - Flushing Equipments



از زمین در مقایسه با دیگر بخش‌ها است که کاملاً خشک می‌باشد. در مناطق خشک، وقتی که زهکش‌ها خوب عمل نمی‌کنند، زمین از یک لایه نمکی پوشیده می‌شود، به گونه‌ای که فقط گیاهان مقاوم به شوری می‌توانند در آن رشد و نمو کنند. تشخیص عدم کارایی زهکش در مراحل اولیه اهمیت زیادی دارد. این معضل باید قبل از اینکه به گیاه و یا خاک صدمه بزند، رفع شود. شستشوی زهکش‌ها یک راه حل اقتصادی برای بازیابی عملکرد آنها است.

### ۵-۳-۱ شستشو با فشار آب<sup>۱</sup>

شستشو یکی از روش‌های معمول برای نگهداری زهکش‌ها است. فراوانی دفعات شستشو بستگی زیادی به شرایط محلی دارد که می‌تواند از چند بار در سال تا یک بار در ۲ یا ۳ سال متغیر باشد. شستشو با فشار آب به منظور رسوب‌زدایی از داخل لوله، خارج ساختن ریشه‌ها، رفع گرفتگی موضعی ایجاد شده توسط رسوبات، برداشتن رسوبات شیمیایی و باز کردن سوراخ‌هایی است که امکان باز شدن آنها وجود دارد. شستشو با فشار آب از قسمت پایین دست زهکش با پمپ و یا دستگاهی که تأمین فشار آب را ممکن می‌سازد، صورت می‌گیرد. با فشار آب موجود در داخل لوله، رسوبات معلق به بیرون رانده می‌شوند. معمولاً بده بین ۳ تا ۴ لیتر بر ثانیه برای این کار توصیه می‌شود.

تجهیزات شستشو با فشار آب معمولاً به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

- تجهیزات با فشار بالا: برای این نوع تجهیزات، فشار در محل پمپ بیشتر از ۶۰ بار است،
- تجهیزات با فشار متوسط: برای این نوع تجهیزات، فشار در محل پمپ بین ۲۰ تا ۴۰ بار است.
- تجهیزات با فشار کم: در این نوع تجهیزات، فشار در محل پمپ کمتر از ۲۰ بار است.

---

1- Flushing

فشار در محل نازل به دلیل افت اصطکاکی در لوله لاستیکی تقریباً ۵۰ درصد فشار در محل پمپ است. لوله‌های لاستیکی معمولاً لاستیک‌های تقویت شده‌ای هستند که حالت ارتجاعی داشته و تا فشار ۱۰۰ بار را تحمل می‌کنند و یا اینکه از جنس پلی اتیلن ساخته می‌شوند که می‌توانند تا فشارهای ۳۵ تا ۵۰ بار را تحمل نمایند.

جت آب با فشار بالا معادل ۸۰ تا ۱۲۰ اتمسفر، یک روش مطمئن برای خارج ساختن خاک و ریشه درختان از درون لوله زهکش است. لوله لاستیکی با فشار بالا و نازل جت از دهانه خروجی زهکش به درون لوله هدایت می‌شوند. سر لوله لاستیکی دارای یک سوراخ به سمت جلو و ۳ تا ۶ سوراخ به سمت عقب<sup>۱</sup> است که هر یک از آنها زاویه‌ای بین ۱۵ تا ۴۵ درجه با محور طولی لوله لاستیکی می‌سازد. لوله‌های زهکشی تا طول ۲۰۰ متر می‌توانند به خوبی با این روش تمیز شوند. لوله‌های زیرزمینی تا ۷۰۰ متر را نیز با صرف هزینه زیاد برای تأمین فشار نازل می‌توان با این شیوه شستشو کرد. با استفاده از جت آب امکان بهبود عملکرد مواد پوششی نیز وجود دارد. بدین ترتیب که آب با فشار از سوراخ‌های لوله زهکش خارج شده و موجب شستشوی پوشش نیز می‌شود. در حقیقت، این روش مشابه روش توسعه چاه است. باید دقت شود که جت آب به طور یکنواخت در داخل لوله حرکت نماید تا باعث صدمه زدن به لوله و پوشش اطراف زهکش نشود.

روش فشار کم تا متوسط که در حدود ۲۰ اتمسفر است، به تدریج به عنوان روشی جا افتاده در کشورهای اروپایی مطرح شده است و روش فشار زیاد برای حذف رسوبات و آن هم در شرایطی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد. فشارهای متوسط در حدی نیست که لوله لاستیکی را به داخل لوله زهکشی هدایت کند، بنابراین تجهیزات جتی ساخته شده، تا عمل راندن لوله لاستیکی را به داخل لوله ممکن سازد. به دلیل این محدودیت، حداکثر طول لوله لاستیکی بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر می‌باشد.

با کمک فشار آب، حتی رسوبات سخت شده لای (سیلت) را می‌توان شستشو کرد. انتقال ماسه، کاری دشوار است. دستگاه‌های با فشار کم، معمولاً برای این کار مناسب

---

1- Backward Jets

نیستند. در خاک‌های ماسه‌ای، دستگاه‌های با فشار زیاد از طریق به حرکت در آوردن ماسه می‌تواند اثر معکوس و مخرب از خود به جا گذارد. آب مورد نیاز برای تمیز کردن لوله‌ها را می‌توان به وسیله مخزن آب و یا مستقیماً از طریق کانال‌ها و نهرچه‌های رو باز تأمین کرد.

اگر در منطقه مورد نظر شرایط رسوب‌گذاری وجود داشته باشد، لازم است برنامه‌های منظم سالانه و یا چند بار در سال برای عملیات رسوب‌زدایی پیش‌بینی شود. زمان مناسب رسوب‌زدایی وقتی است که رسوبات به صورت متراکم و سفت شده در آیند. در عمل، زمان مناسب، بین دو دوره خشک و تر است. روش شستشو با جت آب با فشار زیاد، در شرایطی که بین لوله‌های زهکشی فاصله وجود داشته باشد (تنبوشه‌های زهکشی) و یا اینکه سوراخ‌های لوله‌های زهکش بزرگ باشند، توصیه نمی‌شود. به علاوه در سامانه‌های زهکشی قدیمی که از تنبوشه‌های رسی و یا سیمانی استفاده شده، کاربرد آب با فشار بالا سبب جمع شدن رسوب در محل اتصالات دو لوله می‌شود.

ورود ریشه‌های درختان به داخل لوله باعث گرفتگی آن می‌شود. بنابراین، باید لایروبی زهکش زمانی صورت گیرد که ریشه‌ها هنوز خشبی و سخت نشده باشند.

### ۵-۳-۲ تمیز کردن شیمیایی<sup>۱</sup>

در مناطقی که مقدار زیادی آهن در آب وجود دارد، گرفتگی بیولوژیکی زهکش‌ها مطرح می‌شود. در این موارد، گل اخرا به صورت اکسید آهن رسوب می‌کند که از روی رنگ قرمز تا زرد آن به خوبی قابل تشخیص است. اکسید آهن با استفاده از فشار آب و یا ماده شیمیایی قابل بر طرف کردن می‌باشد. گراس و همکاران نحوه حذف اکسیدهای آهن (رنگ قرمز تا زرد و قهوه‌ای روشن) و منگنز (رسوب سیاه رنگ) با استفاده از اسید سولفوریک را در لوله‌های زهکشی توصیف کرده‌اند. این اسید از ترکیب دی‌اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) و آب در داخل زهکش ایجاد می‌شود. برای

1 - Chemical Cleaning

استفاده از این اسید انتهای زهکش بسته شده و سپس از قسمت بالادست از این ماده پر می‌گردد و اجازه داده می‌شود که این اسید به مدت ۴۸ ساعت داخل لوله زهکش باقی بماند و سپس تخلیه شود. بعد از این دو روز، اسید خنثی می‌شود که در نتیجه کمترین آثار زیست محیطی منفی را خواهد داشت.

در برخی شرایط ممکن است برنامه دوره‌ای برای مقابله با گل اخرا مورد نیاز باشد. اگر مسئله گل اخرا با زهکشی ضعیف در نیمرخ خاک به دلیل گرفتگی موقتی زهکش، همراه باشد، با تمیز کردن زهکش، گرفتگی رفع می‌گردد. اگر منبع گل اخرا آب زیرزمینی باشد، تمیز نمودن ادواری آن لازم است.

#### ۵-۴- پایش و ارزیابی عملکرد پوشش

پایش و ارزیابی عملکرد پوشش زهکشی ابزار مفیدی برای قضاوت در مورد عملکرد شبکه زهکشی است. شاخص اولیه‌ای که در این مورد می‌تواند مفید باشد، نوسانات سطح ایستابی است. بنابراین پایش منظم سطح سفره در طول زمان و در سطح مزرعه ضروری می‌باشد. از سوی دیگر، اندازه‌گیری بده زهکش‌ها و هدایت هیدرولیکی خاک نیز برای ارزیابی پوشش‌ها مورد نیاز است. تعداد اندازه‌گیری‌ها به اهداف مورد نظر بستگی دارد که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

- برای پایش بلند مدت (۳ تا ۵ سال و یا بیشتر) اندازه‌گیری‌های ماهانه و یا مشاهدات دو هفته یک بار مناسب است،
- اندازه‌گیری‌های روزانه و یا حتی اندازه‌گیری مداوم افت و مقاومت ورودی جریان برای انجام مطالعات و یا تحقیقات خاص مورد نیاز است.
- شبکه چاهک‌های مشاهده‌ای که به منظور بررسی‌های قبل از اجرای سامانه یا شبکه زهکشی استفاده می‌شوند، معمولاً برای قضاوت در مورد پوشش

زهکشی مناسب نیستند. به جای آن چاهک‌های مشاهده‌ای جدیدی که در اطراف زهکش‌ها حفاری می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پرسش‌هایی که در مورد عملکرد یک قسمت از سامانه مطرح است، از طریق اندازه‌گیری مزرعه‌ای کوتاه مدت (حداکثر یک فصل زراعی)، قابل ارزیابی و بررسی است. به هر حال، هدف از بررسی نتایج و شاخص‌هایی که استفاده خواهند شد باید قبلاً روشن باشد. در این مورد، مقاومت ورودی، شاخص مناسبی برای تشخیص عملکرد پوشش زهکش‌هاست. از افت بار نسبی  $(h_e / h_t)^1$  به عنوان شاخصی برای ارزیابی عملکرد پوشش زهکش‌ها استفاده شده است. جدول ۱-۵ عملکرد پوشش زهکشی را با توجه به این نسبت مشخص می‌سازد. در جدول ۲-۵ عملکرد زهکشی را برای شرایطی که عمق زهکش معادل ۱/۸ متر، فاصله زهکشی ۵۰ متر و سطح ایستابی بعد از آبیاری ۱/۰ متر و ضریب زهکشی ۴ میلی‌متر بر روز باشد، تعیین شده است.

براساس فرضیات استفاده شده در طراحی زهکشی،  $a_e$  تقریباً برابر ۰/۴۰ در نظر گرفته می‌شود. جدول (۳-۵) عملکرد زهکش‌ها برای شرایطی که عمق طراحی زهکش بین ۰/۵ تا ۱/۴ متر و عمق سطح آب زیر زمینی به ترتیب ۰/۲ و ۱/۰ متر باشد را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۵ شاخص ارزیابی مقاومت ورودی به زهکش [۳،۱۳]

عملکرد زهکشی	$h_e / h_t$
خوب	< ۰/۲۰
متوسط	۰/۲۰ - ۰/۴۰
ضعیف	۰/۴۰ - ۰/۶۰
خیلی ضعیف	> ۰/۶۰

جدول ۲-۵ شاخص ارزیابی مقاومت ورودی برای مناطق خشک تحت آبیاری [۳،۱۳]

عملکرد زهکشی	افت بار ورودی $h_e$ (متر)	مقاومت ورودی $r_e$ (روز بر متر)
خوب	$< 0.15$	$< 0.75$
متوسط	$0.15 - 0.30$	$0.75 - 1.50$
ضعیف	$0.30 - 0.45$	$1.50 - 2.25$
خیلی ضعیف	$> 0.45$	$> 2.25$

جدول شماره ۳-۵ عملکرد زهکشی بر اساس مقاومت ورودی [۳،۲۵]

عملکرد زهکشی	مقاومت ورودی	عامل ارزیابی	
		$h_e / h_t$	$a_e = \frac{k_s w_e}{S}$
خوب	متوسط	$< 0.2 - 0.3$	$< 0.4$
متوسط تا ضعیف	زیاد	$0.3 - 0.6$	$0.4 - 1.5$
خیلی ضعیف	بیش از حد	$< 0.6$	$> 1.5$

$r_e$ : مقاومت ورودی در واحد بده جریان زهکش (روز بر متر):

$a_e$ : ثابت همگرایی جریان<sup>۱</sup> هنگام ورود آب به زهکش لوله‌ای (بدون بعد):

$h_e$ : افت بار که از اختلاف بین سطح آب در مجاورت پوشش و سطح آب در داخل

لوله زهکش به دست می‌آید (متر):

$h_t$ : بار آبی در فاصله بین دو زهکش (متر):

$k_s$ : هدایت هیدرولیک اشباع خاک (متر بر روز):

$S$ : فاصله زهکش‌ها (متر):

$w_e$ : مقاومت ورودی کل (روز): و

$q_1$ : بده زهکش در واحد طول زهکش (متر مکعب بر ثانیه بر متر).

1 - Total Entrance Resistance Contraction Constant

## فصل ششم

### سوابق اجرایی کاربرد پوشش‌های زهکشی در کشور

#### مقدمه

با احداث شبکه‌های نوین آبیاری و زهکشی در سطح کشور، اجرای طرح‌های زهکشی زیرزمینی نیز از سال ۱۳۳۵ آغاز و تاکنون تداوم داشته است. مساحت اراضی که در آنها پروژه‌های زهکشی زیرزمینی تاکنون اجرا گردیده حدود ۲۰۰۰۰۰ هکتار تخمین زده می‌شود. با توجه به اینکه اراضی زهدار بحرانی کشور حدود ۲-۱/۵ میلیون هکتار برآورد می‌گردد که حدود ۷۰۰ هزار هکتار آن اراضی تحت پوشش شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی می‌باشد، لذا ضرورت توجه بیشتر به مسائل زهکشی و اصلاح اراضی در طرح‌های توسعه آبیاری کاملاً محسوس می‌باشد. لیکن تجارب اجرای طرح‌های زهکشی در کشور و استفاده از تجارب جهانی مؤید آن است که طراحان و مجریان طرح‌های زهکشی در مراحل مختلف مطالعاتی، طراحی و اجرایی با چالش‌هایی مواجه‌اند که بی‌توجهی به آنها در مواردی منجر به ناکارآمدی طرح‌های اجرا شده می‌گردد. یکی از چالش‌های عمده پیش روی طراحان و مجریان طرح‌های زهکشی در کشور به ویژه در مناطقی مانند استان خوزستان، تهیه و اجرای مناسب پوشش‌های زهکشی می‌باشد.

هر چند که براساس توصیه‌های معتبر، برخی از خاک‌ها به پوشش زهکشی نیاز ندارند، اما اطلاعات ارائه شده توسط کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، حاکی از

رویکرد جهانی بر استفاده از پوشش‌های زهکشی به منظور اصلاح جریان آب در خاک، جلوگیری از نفوذ ذرات خاک و عبور ذرات بسیار ریز به داخل لوله‌های زهکشی می‌باشد. رایج‌ترین روش برای ایجاد محیط متخلخل در پیرامون لوله‌های زهکشی استفاده از مصالح شنی با دانه‌بندی مشخص متناسب با ذرات خاک می‌باشد. در ایران نیز در اکثر طرح‌های زهکشی از پوشش‌های شن و ماسه استفاده شده است. اما در بعضی شرایط به علت مشکلات دسترسی به مصالح شنی، تأمین آن بسیار گران بوده و بخش قابل توجهی از هزینه‌های اجرایی را به خود اختصاص می‌دهد. بدین جهت در چند دهه اخیر استفاده از سایر انواع پوشش‌های آلی و مصنوعی در مقایسه فنی و اقتصادی با پوشش‌های معدنی مورد توجه و بررسی قرار گرفته است.

نکته حائز اهمیت دیگر آن که نتایج بررسی‌ها در کشور هلند حاکی از آن است که قریب ۸۰ درصد موارد شکست در طرح‌های زهکشی ناشی از وضعیت نامناسب پوشش مصرفی می‌باشد. در طرح‌های زهکشی کشور نیز مواردی از کارآمد نبودن سیستم زهکشی به دلیل انتخاب و کاربرد نامناسب پوشش زهکشی گزارش شده است. نظر به اهمیت پوشش‌ها در موفقیت طرح‌های زهکشی زیرزمینی، در این فصل مواردی از طرح‌های زهکشی اجرا شده کشور به عنوان تجارب اجرایی، اجمالاً مورد اشاره قرار گرفته‌اند.

## ۶-۱- طرح زهکشی زیرزمینی وشمگیر گرگان

### ۶-۱-۱- موقعیت

سد وشمگیر بر روی رودخانه گرگان در فاصله ۶۰ کیلومتری شهرستان گرگان احداث شده است. مساحت اراضی آبخور این سد ۲۵۰۰۰ هکتار است که ۷۰۰۰ هکتار آن مربوط به مزرعه نمونه ارتش، ۱۰۰۰۰ هکتار در ساحل راست و ۹۰۰۰ هکتار دیگر در ساحل چپ گرگان رود قرار دارد [۵،۱۰].



#### ۶-۱-۲- سوابق مطالعاتی و اجرایی

مطالعه و طراحی شبکه آبیاری و زهکشی وشمگیر در سال‌های ۵۰-۱۳۴۹ توسط مهندسين مشاور گيد- استادكا انجام و مطالعات مزرعه نمونه نیز طی سال‌های ۵۱-۱۳۵۰ توسط مهندسين مشاور اگروبر و مزوبر صورت گرفته است.

عمليات احداث و تکميل شبکه آبیاری و زهکش‌های زیرزمینی داخل مزارع توسط پیمانکاران تا سال ۱۳۶۶ به طول انجامیده است. به دلیل وجود مشکلات و نارسایی در شبکه آبیاری داخل مزارع و زهکش‌های زیرزمینی، طی سال‌های ۷۱-۱۳۶۹ مطالعاتی توسط مهندسين مشاور راماب صورت گرفته و طی آن مسائل شبکه آبیاری و زهکشی طرح بررسی و شناسایی شده است [۵،۱۰].

#### ۶-۱-۳- منابع خاک

نتایج مطالعات خاک‌شناسی محدوده شبکه آبیاری و زهکشی وشمگیر بیانگر وجود محدودیت‌های شوری، قلیائیت، نفوذپذیری کم تا بسیار کم، و سطح ایستابی بالای آب زیرزمینی می‌باشد. بافت اکثر خاک‌ها Silty Clay است. این نوع خاک‌ها به دلیل وجود سیلت، مستعد فرسایش و راه‌یابی ذرات خاک به درون زهکش‌ها بوده و انتخاب پوشش مناسب زهکشی در آنها حائز اهمیت می‌باشد.

#### ۶-۱-۴- منابع آب

آب مورد نیاز شبکه آبیاری وشمگیر از آب ذخیره شده در مخازن سد وشمگیر تأمین می‌شود. ظرفیت سد حدود ۷۸ میلیون مترمکعب و حجم آب تنظیم شده سالیانه آن ۱۰۰ میلیون مترمکعب برآورد شده و علاوه بر منبع آب سطحی، استفاده از آب‌های زیرزمینی به میزان ۴ میلیون مترمکعب در ماه‌های اردیبهشت لغایت مهر مدنظر بوده است [۵،۱۰].

میزان مواد جامد و معلق رودخانه گرگان در محل سد ۱/۸ گرم در لیتر بوده که در مواقع طغیانی به ۲۵ گرم در لیتر نیز می‌رسد. این رسوبات ناشی از فرسایش جلگه گرگان و ریزش تشکیلات لسی می‌باشد.

#### ۶-۱-۵- ارزیابی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی

##### ۶-۱-۵-۱- روش‌شناسی بررسی‌ها

ارزیابی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی شبکه آبیاری و شمگیر شامل بررسی‌های نظری و صحرایی بوده است. در زمینه بررسی‌های نظری به اسناد، مدارک، سوابق مطالعاتی و اجرایی طرح مراجعه شده و در بررسی‌های صحرایی نیز مزارع نمونه در سواحل چپ و راست شبکه آبیاری و مزرعه نمونه ارتش انتخاب و براساس دستورالعمل تهیه شده توسط مهندسین مشاور راماب، نسبت به بررسی و سنجش عوامل مختلف اثربخش در کارآیی زهکش‌های مزارع انتخابی اقدام شده است [۵،۸۰].

از نظر طراحی، بررسی و کنترل محاسبات طرح به ویژه از دیدگاه مبانی طراحی طی جدول شماره ۶-۱ تحت عنوان فاصله و قطر زهکش‌ها جمع‌بندی و مورد اظهارنظر قرار گرفته است. در اشکال ۶-۱ تا ۶-۵ نیز به ترتیب منحنی دانه‌بندی پوشش مصرفی، مقایسه خاک برگردانیده شده به ترانشه و خاک طبیعی بستر زهکش فرعی، وضعیت استقرار لوله زهکش و پوشش مصرفی، وضعیت رسوب‌گذاری و منحنی دانه‌بندی رسوبات درون لوله‌ها، در مناطق مورد بررسی نشان داده شده است.

جدول ۶-۱- فاصله زهکش‌ها و قطر لوله‌های زهکشی در مقاطع مختلف مسیر

براساس نظر مهندسین مشاور گید- استادکا و راماب [۵،۱۰]

ردیف	ضریب آبگذری خاک (متر در روز)	عمق نصب زهکش‌ها (متر)	فاصله زهکش‌ها (متر)		ماکزیم شدت تخلیه (لیتر در ثانیه در ۱۰۰ متر)		اقطار داخلی لوله در مسیر (میلی‌متر)					
			گ.ا.ر		گ.ا.ر		گ.ا.ر					
			گ.ا.ر	گ.ا.ر	گ.ا.ر	گ.ا.ر	گ.ا.ر	گ.ا.ر	گ.ا.ر			
۱	۰/۷	۲/۴	۱۱۰	۲۰۰	۰/۱۴	۰/۲۳	۷۰	۸۶	۹۱	۱۱۱	۱۰۶	۱۳۰
۲	۱	۲/۱	۱۲۰	۲۰۰	۰/۱۶	۰/۲۴	۷۴	۸۸	۹۵	۱۱۳	۱۱۱	۱۳۲
۳	۲/۴	۱/۷	۱۵۲	۲۰۰	۰/۲۴	۰/۲۸	۸۶	۹۳	۱۱۱	۱۲۰	۱۲۹	۱۴۰
۴	۲/۷	۱/۶	۱۵۰	۲۰۰	۰/۲۲	۰/۲۷	۸۴	۹۲	۱۰۹	۱۱۹	۱۲۶	۱۳۸
۵	۳/۴	۱/۵	۱۵۱	۲۰۰	۰/۲۲	۰/۲۷	۸۵	۹۲	۱۰۹	۱۱۹	۱۲۶	۱۳۸

\* گ.ا. = گید- استادکا      ر = راماب

#### ۶-۱-۵-۲- نتایج ارزیابی

با قرار دادن مطالعات راماب [۵،۱۰] بعنوان مرجع معتبر نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که علیرغم وجود کاستی‌هایی در کار مطالعات و انجام طراحی‌های مهندسین مشاور گید- استادکا در اراضی سواحل راست و چپ شبکه آبیاری و همچنین مهندسین مشاور اگروبر و مزوبر در اراضی مزرعه نمونه ارتش، این کاستی‌ها نمی‌توانسته اثر تعیین‌کننده‌ای در ناکارایی زهکشی زیرزمینی داشته باشد. مشاورین یاد شده در گزارش‌های خود توجه چندانی به کیفیت پوشش زهکشی نکرده و بویژه دانه‌بندی مشخصی را توصیه ننموده‌اند؛ هر چند که مقایسه منحنی دانه‌بندی پوشش مصرف شده با منحنی‌های حد بالا و پایین توصیه شده از سوی مراجع معتبر علمی (شکل شماره ۶-۱) حاکی از آن است که پوشش مصرفی در تطابق نسبی با مبانی ارائه شده توسط U.S.B.R می‌باشد.

از موارد قابل اهمیت دیگر، ارائه گزارش نحوه آبشویی اراضی و اقداماتی است که در آبیاری‌های اولیه می‌بایستی در بهره‌برداری از اراضی زهکشی شده معمول گردد. این گزارش توسط مهندسین مشاور اگروبر و مزوبر ارائه شده، در حالیکه مهندسین مشاور گید-استادکا در گزارشات خود تنها به ذکر اهمیت بهره‌برداری بسنده نموده‌اند.

نتایج بررسی عوامل اجرایی نیز بیانگر آن است که:

الف- نحوه اجرای عملیات زهکشی زیرزمینی نسبتاً خوب تا خوب بوده است.

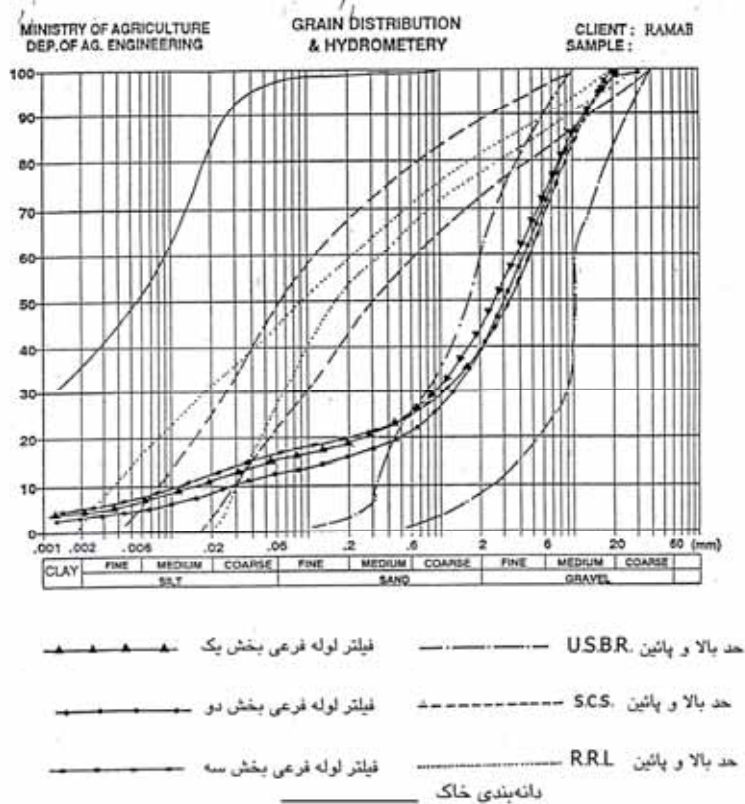
ب- کیفیت لوله‌های بتونی کاربردی برای زهکش‌ها اعم از لترال‌ها و جمع‌کننده‌ها خیلی خوب بوده است.

پ- در مورد کیفیت پر کردن و برگرداندن خاک به ترانشه‌ها مهندسین راماب بررسی‌های انجام شده را ناکافی دانسته و لیکن چنین نتیجه‌گیری نموده که این عامل تأثیری در ناکارایی سیستم زهکشی نداشته است ( شکل ۶-۲).

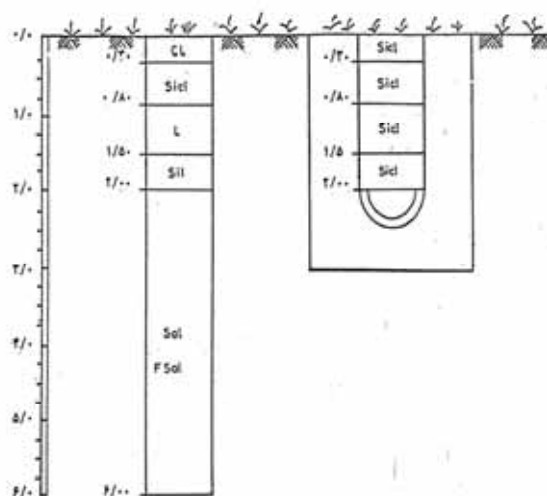
ت- کمیت پوشش مصرفی در بسیاری موارد ناکافی و در برخی موارد ناچیز بوده و از نظر دانه‌بندی نیز مناسب خاک‌های منطقه تشخیص داده نشده‌اند. ضمن اینکه کاربرد پوشش به علت رعایت نشدن اختلاط مصالح ریز دانه و درشت دانه و قرار گرفتن مواد ریز دانه در پایین و مصالح درشت دانه در بالای لوله‌ها نامناسب گزارش شده است. در مجموع نتیجه ارزیابی در مورد پوشش‌های بکار رفته بد تا متوسط بوده است. بطوریکه از شکل ۶-۳ بر می‌آید، پوشش‌های زیر زهکشی که در حقیقت مهم‌ترین بخش آن هستند، بکار نرفته است. علاوه بر این، در بخش ۳، لوله در وسط ترانشه قرار نگرفته هرچند که ضخامت پوشش در هر دو سوی لوله از حد مجاز کمتر نیست.

در خصوص عوامل مربوط به بهره‌برداری و نگهداری نیز چنین عنوان شده است: فقدان تشکیلات بهره‌برداری و نگهداری متخصص و کارآمد و آشنا با مسائل زهکشی و نتیجتاً بهره‌برداری سنتی کشاورزان از شبکه مدرن آبیاری یکی از عوامل اصلی

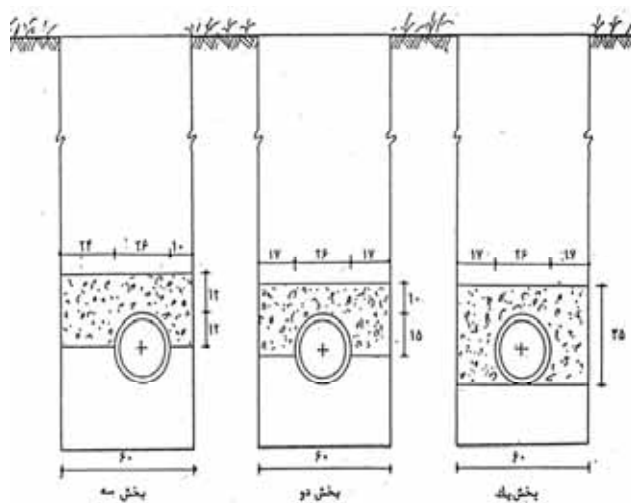
ناکارایی سیستم می باشد. نتایج بررسی ها نشان می دهد که مراقبت های ویژه در شروع بهره برداری از اراضی تازه زهکشی شده بویژه از نظر کنترل جریان مستقیم آب به داخل ترانشه زهکش ها صورت نگرفته است. این مسئله در شرایط کیفیت بد پوشش های مصرفی می تواند عامل مهمی در ترسیب مواد دانه ریز در داخل لوله های زهکشی و ناکارایی آنها باشد.



شکل ۶-۱- مقایسه بین منحنی های دانه بندی پوشش مصرف شده در سه بخش مورد بررسی ساحل راست و منحنی های حد بالا و پایین توصیه شده از طرف مراجع علمی [۵،۱۰]



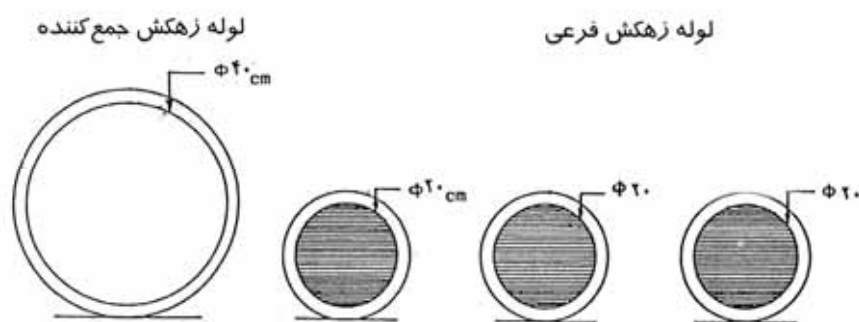
شکل ۶-۲- مقایسه بافت خاک برگردانیده شده به ترانشه و خاک طبیعی در محل زهکش فرعی در اراضی آبخور کانال  $R_{14}C_2$  (ساحل راست)، بخش یک مسیر.



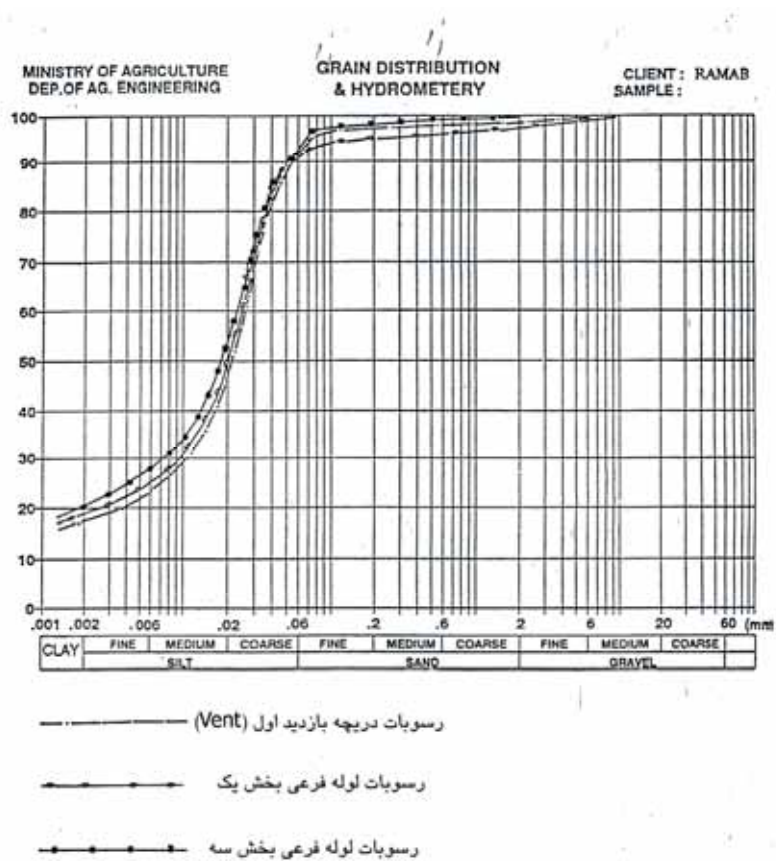
شکل ۶-۳- وضعیت پوشش شنی مصرف شده نسبت به لوله در ترانشه زهکش فرعی بخش‌های سه گانه مسیر بررسی شده، اراضی آبخور کانال  $R_{14}C_2$  (ساحل راست) ابعاد به سانتیمتر [۵،۱۰]

مجموعه این عوامل باعث شده است که گرفتگی کامل در لوله‌ی فرعی پدیدار گردد (شکل شماره ۶-۴). رسوبات داخل لوله‌های فرعی، رسوب شیمیایی مانند کربنات کلسیم و یا گل اخرا نبوده و از نوع رسوب دانه‌ای است که حدود ۷۰ درصد آنرا سلیت تشکیل می‌دهد (شکل شماره ۶-۵). بنظر نمی‌رسد که بیش از حد بودن فاصله بین دو لوله متوالی، عامل این رسوب‌گذاری بوده باشد، زیرا در این صورت، بایستی رسوب وارد شده به لوله‌های فرعی از نظر دانه‌بندی مشابه پوشش زهکشی باشند. تشابه دانه‌بندی رسوب داخل لوله‌های فرعی با خاک مجاور لوله‌ها نشان از عدم کارآیی پوشش دارد. به یقین باید سهم بیشتری از این نارسایی را به عدم استفاده از پوشش در زیر لوله زهکش نسبت داد.

گرفتگی کامل این لوله‌ها می‌تواند نشان‌دهنده عدم پایش عملکرد و زهکش‌ها و عدم استفاده از شستشو دهنده‌ها از آغاز پیدایش این مشکل باشد. ریشه نکردن خاک بر روی ترانشه‌ها بمنظور جلوگیری از نفوذ سریع آب آبیاری به زهکش‌ها، و یا شیب ناچیز این لوله‌ها نیز می‌توانند از عوامل مؤثر بر این گرفتگی باشند. منتقل نشدن رسوب زهکش‌های فرعی به زهکش‌های جمع‌کننده و بی‌رسوب ماندن این لوله‌ها، فرضیه شیب نامناسب را تقویت می‌کند [۵، ۱۰].



شکل ۶-۴- وضعیت رسوب‌گذاری درون لوله‌های زهکش مورد بررسی در اراضی آبخور کانال R<sub>14</sub>C<sub>2</sub> (ساحل راست)



شکل ۶-۵- منحنی دانه‌بندی رسوبات درون لوله زهکش در بخش‌های مورد بررسی در ساحل راست



## ۶-۲- طرح زهکشی زیرزمینی شرکت ران بهشهر

### ۶-۲-۱- موقعیت

اراضی شرکت ران بهشهر به وسعت ۸۴۰ هکتار در فاصله ۱۱ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بهشهر در استان مازندران بین عرض جغرافیایی  $36^{\circ}$ - $45^{\circ}$  تا  $36^{\circ}48'$  شمالی و طول جغرافیایی  $40^{\circ}$ - $53^{\circ}$  تا  $41^{\circ}$ - $53^{\circ}$  شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط اراضی از سطح دریای آزاد ۲۲- متر و شیب عمومی آن در جهت جنوب به شمال معادل ۱ تا ۲ در هزار و در جهت شرق به غرب برابر ۰/۵ تا ۱ در هزار می باشد [۶،۱۱].

### ۶-۲-۲- اهداف طرح

طرح زهکشی شرکت ران در مساحت ۸۴۰ هکتار از اراضی بایر، آبیگر و شور و قلیائی نوار ساحلی دریای خزر با هدف تثبیت سطح ایستابی در عمق مناسب برای کشت گیاهان، آبخوبی خاک و کنترل نمک و تخلیه آب مازاد بارش‌ها اجرا گردیده است، که در صورت تحقق اهداف پیش‌بینی شده، اجرای آن قابل تعمیم برای ۳۰ هزار هکتار اراضی مشابه در طول نوار ساحلی استان مازندران می‌باشد [۶،۱۱].

### ۶-۲-۳- مشخصات طرح

اراضی محدوده طرح با محدودیت سطح ایستابی بین ۰/۴ تا ۰/۷ متر در ماه حداکثر مواجه بوده و شوری آب زیرزمینی آن حدود ۵۵ تا ۱۳۰ دسی زیمنس بر متر (حدود ۲ تا ۵ برابر شوری آب دریای خزر) گزارش شده است. خاک‌های منطقه نیز قبل از اجرای طرح با درجات شوری و قلیائیت زیاد تا بسیار زیاد طبقه‌بندی شده‌اند بطوریکه بهره‌برداری از این اراضی مستلزم احداث سیستم زهکشی بوده است تا پس

از شستشوی خاک و خروج نمک از عمق فعالیت ریشه نباتات زراعی، شرایط برای فعالیت کشاورزی فراهم گردد [۶،۱۱].

کشت اراضی در شرکت ران به صورت دیم بوده و از نزولات جوی برای تولید محصول استفاده می‌گردد، لذا با توجه به نوع خاک و نوع گیاهان زراعی که عموماً دارای ریشه سطحی می‌باشند، عمق کنترل سطح ایستابی یک متر و عمق استقرار بهینه لوله‌های زهکشی نیز با در نظر گرفتن عمق مجاز سطح ایستابی و عمق کار با ماشین‌های زهکشی، معادل ۱/۵ متر تعیین شده است.

ضریب زهکشی براساس تراوشات عمقی حاصل از نزولات جوی در ماه‌های حداکثر بارش، برابر ۰/۱۷۳ لیتر در ثانیه در هکتار محاسبه شده و میانگین ضریب آبگذری خاک نیز براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده به روش چاهک معادل ۰/۶ متر در روز بدست آمده است.

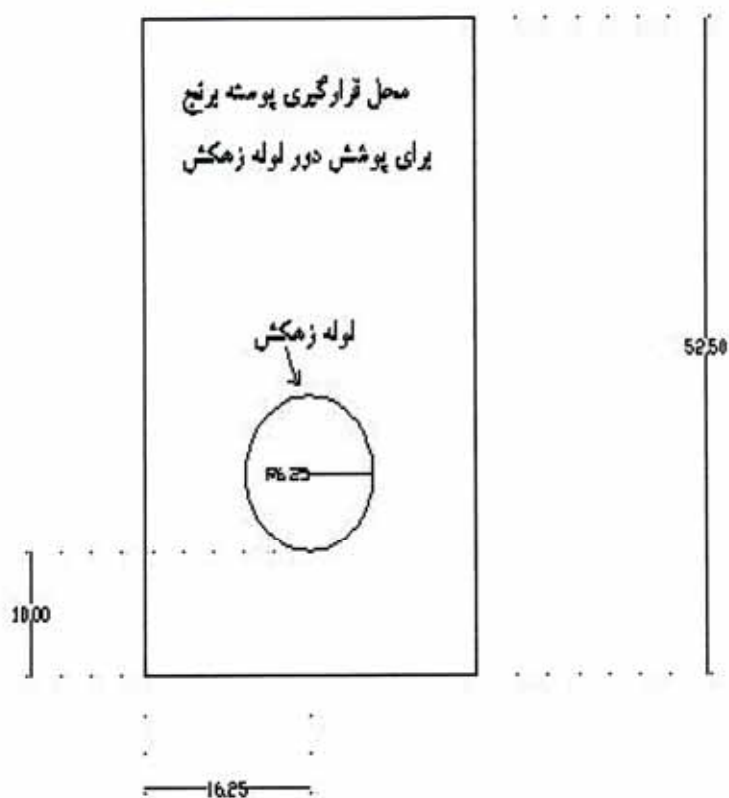
همچنین براساس مطالعات لایه‌بندی خاک، در اراضی محدوده طرح لایه غیر قابل نفوذ تشخیص داده نشده است. بنابراین با فرض عمق استقرار لایه غیر قابل نفوذ در عمق ۵/۵ متر از سطح زمین فاصله زهکش‌ها با استفاده از معادلات مبتنی بر جریان ماندگار و غیر ماندگار به ترتیب برابر ۷۲/۷ و ۷۰/۷ متر محاسبه که در اجرا معادل ۷۵ متر در نظر گرفته شده است.

قطر لوله‌های زهکشی ۱۲۵ میلیمتر بوده که در نهایت به کانال‌های جمع‌کننده انتهایی تخلیه شده و با استفاده از یک ایستگاه پمپاژ به ظرفیت یک مترمکعب در ثانیه، به خلیج میانکاله تخلیه می‌شود (تصاویر ۱-۶ تا ۲-۶).

#### ۶-۲-۴- مواد پوششی

در طرح زهکشی اراضی شرکت ران با توجه به کمبود مصالح معدنی، از پوسته برنج که به وفور در مناطق شمالی کشور یافت می‌شود، به عنوان پوشش اطراف لوله

زهکش استفاده شده است. شکل شماره ۶-۶ وضعیت استقرار و ضخامت پوشش اطراف لوله‌های زهکشی را نشان می‌دهد [۶،۱۱].



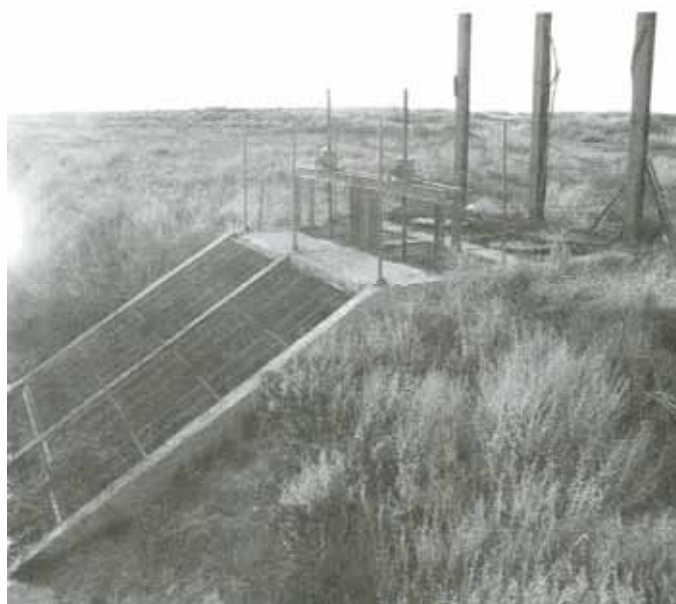
شکل ۶-۶- وضعیت قرارگیری و ضخامت پوشش پوسته برنج در اطراف لوله زهکش (ابعاد برحسب cm)

#### ۶-۲-۵- عملکرد زهکش‌ها

اجرای این پروژه تا حدود زیادی با موفقیت روبرو بوده، به طوری که با توسعه کشاورزی و دامداری منطقه همراه بوده است. البته مشکلاتی نیز در عملکرد زهکش‌ها در بعضی از مناطق مشاهده می‌گردد.



عکس ۶-۱- خروجی زهکش زیرزمینی به کانال جمع‌کننده  
و مشاهده تجمع رسوبات آهن



عکس ۶-۲- صافی نصب شده در محل آبگیر ایستگاه پمپاژ

وجود گل اخرا و مشاهده رسوبات آهن در محل تخلیه زهکش‌های مزرعه به کانال جمع‌کننده از جمله مشکلات مذکور می‌باشد که در تصویر شماره ۶-۱ نشان داده شده است. انجام شستشو با جت فلاشینگ تا وقتی که گل اخرا به صورت ژل باقی است، بررسی وضعیت پوشش اطراف لوله‌ها به لحاظ تجمع گل اخرا در داخل آنها، بررسی مقادیر  $Fe^{++}$  و  $Fe^{+++}$  در اعماق مختلف خاک در وسط دو زهکش و نهایتاً پایش سیستم زهکشی به ویژه از نظر دبی خروجی، عمق سطح ایستابی و شوری و آهن، از جمله اقدامات مؤثر در بهبود عملکرد طرح زهکشی و وضعیت بهره‌برداری از آن می‌باشد. اکسایش آهن و تبدیل آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی در شرایطی صورت می‌گیرد که سطح آب زیرزمینی نوسان داشته باشد. به همین دلیل است که در شایزار طرح کاپیک، به نحوی که بعداً گفته خواهد شد به سبب عدم نوسان آب چنین شکلی پدیدار نشده است. چنانچه گرفتگی لوله‌ها با استفاده از جت فلاشینگ، مرتفع نشود، استفاده از دی اکسید گوگرد و یا اسید سولفیک و بستن انتهای زهکش‌ها بمدت دو شبانه روز الزامی خواهد بود. برداشت نمونه فیلتر پورته برنج در محل نشان می‌دهد که پوسیدگی مواد آلی از هم اکنون آغاز شده و مقدار زیادی از پوسته‌های برنج، به رنگ سیاه در آمده‌اند. ادامه این وضع نیز خطر بزرگی را در پیش رو نشان می‌دهد. بنابراین هنوز زود است که بتوان در مورد کارآیی پوسته برنج اظهار نظر کرد.

### ۶-۳- طرح زهکشی زیرزمینی واحدهای توسعه نیشکر خوزستان

طرح‌های توسعه نیشکر خوزستان در اراضی‌ای به مورد اجرا گذارده شده‌اند که در شرایط قبلی، به شدت شور بوده و به علت نزدیکی سطح آب زیرزمینی به سطح زمین، احداث شبکه زهکشی زیرزمینی در آن اجتناب‌ناپذیر بوده است. سیستم زهکشی طرح‌های توسعه نیشکر، با استفاده از لوله‌های P.V.C موج و مشبک در اعماق ۱/۸ تا ۲/۵ متر اجرا شده است تا سطح آب زیرزمینی را در دوره حداکثر مصرف آب در عمق ۱ متری کنترل نماید [۶].

در محدوده این طرح‌ها، به دلیل دوری مصالح قرضه شن و ماسه، تدارک آن برای مصرف در شبکه زهکشی زیرزمینی نسبتاً گران بوده، ضمن آنکه حمل و نقل حجم بسیار زیاد مصالح مورد نیاز نیز متضمن مشکلات زیاد و تدارکات ویژه می‌باشد. بنابراین به منظور رفع مشکلات و کاهش هزینه‌ها، استفاده از پوشش‌های مصنوعی به عنوان یک گزینه، مدنظر طراحان و مجریان طرح قرار گرفت. اما از آنجا که عملکرد این مواد در شرایط مختلف خاک چه از نظر خصوصیات فیزیکی و چه از لحاظ کیفیت شیمیایی، متفاوت و تا حدودی غیر قابل پیش‌بینی است، لذا براساس توصیه‌های کارشناسی مبنی بر ارزیابی این نوع پوشش‌ها در شرایط آزمایشی مناسب، قبل از استفاده گسترده از آنها، ایجاد مزرعه آزمایشی برنامه‌ریزی شده و طی آن نحوه عملکرد پوشش‌های PLM<sup>۱</sup> از نوع PP<sub>450</sub> و PP<sub>700</sub> با پوشش شن و ماسه ارزیابی و مقایسه گردیدند. ضمناً با توجه به محدودیت زمانی به منظور اعلام نتایج ارزیابی، برنامه اجرایی مزرعه آزمایشی به گونه‌ای تدوین گردید که در یک دوره شش ماهه آبیاری، حجم آبی معادل مصرف یک دوره آبیاری نیشکر به زمین نفوذ داده شده و عملکرد پوشش‌های کاربردی مورد بررسی واقع شود. در برنامه تنظیم شده انتظار بر این بوده که در مدت آزمایش نشانه‌های کافی برای اظهارنظر در عملکرد پوشش‌ها بدست آید [۸].

### ۶-۳-۱- موقعیت و مساحت مزرعه آزمایشی

این مزرعه در محدوده اراضی واحد کشت و صنعت غزالی در مجاور روستای صفحه واقع گردیده و دارای مساحت ۴۵ هکتار می‌باشد. دسترسی به محل مزرعه از طریق جاده انحرافی به طول حدود ۷ کیلومتر منشعب از کیلومتر ۴۵ جاده اهواز-آبادان انجام می‌گیرد [۸].

### ۶-۳-۲- منابع خاک

پروفیل خاک مزرعه همانند سایر بخش‌های منطقه دارای بافت متغیر است. لیکن در محدوده عمق نصب زهکش‌ها عمدتاً دارای بافت خیلی سنگین (Sic) می‌باشد.

---

1- Pre-wrapped Loose Materials

### ۶-۳-۳- منبع تأمین آب

آب مورد نیاز مزرعه از طریق ایستگاه پمپاژ واقع در روستای نثاره به میزان ۷۰ لیتر بر ثانیه تأمین گردیده و هدایت الکتریکی آب در دوره آزمایش بین ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میکرو زیمنس بر سانتیمتر متغیر بوده است.

### ۶-۳-۴- برنامه اندازه‌گیری‌های مزرعه آزمایشی

هدف اصلی احداث مزرعه آزمایشی، ارزیابی عملکرد انواع مختلف پوشش‌های زهکشی بوده و بر این اساس، برنامه کار بر اندازه‌گیری عوامل مربوط به این هدف متمرکز بوده است. ضمن آنکه در حین اندازه‌گیری‌ها، مشاهدات مربوط به روند اثرگذاری آبیاری در شستشوی خاک و آبشویی نیز صورت گرفته است. در ارتباط با بررسی پوشش‌های زهکشی اندازه‌گیری‌ها به شرح زیر انجام شده است [۸]:

- اندازه‌گیری شدت جریان خروجی از لوله‌های زهکشی زیرزمینی؛
  - اندازه‌گیری تغییرات عمق آب زیرزمینی در مزرعه؛
  - اندازه‌گیری جریان رسوب از لوله‌های زهکشی.
- در ارتباط با بررسی‌های آبشویی نیز اندازه‌گیری‌های زیر انجام گرفته است:
- اندازه‌گیری حجم آب آبیاری وارد شده به قطعات؛
  - اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب در خاک؛
  - اندازه‌گیری کیفیت آب زهکش‌ها؛
  - اندازه‌گیری وضعیت شوری اولیه در پروفیل خاک؛ و
  - اندازه‌گیری شوری در پروفیل خاک پس از آبشویی.

### ۶-۳-۵- نتایج بررسی وضعیت عملکرد پوشش‌های زهکشی

از نظر کاهش افت بار هیدرولیکی نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها در شرایط مزرعه آزمایشی حاکی از آن است که:

- مصالح شنی بکار گرفته شده، بهترین و مطمئن‌ترین عملکرد را داشته است.

- پوشش PLM از نوع PP<sub>450</sub>، با عملکردی نزدیک به مصالح شنی نتایج قابل قبول داشته است.
  - پوشش PLM از نوع PP<sub>700</sub>، با عملکردی نسبتاً ضعیف قابل توصیه در مقایسه با پوشش از نوع PP<sub>450</sub> نبوده است.
- به لحاظ کنترل رسوب نیز به جز خطوط لوله زهکشی مستقر در لایه‌های ماسه خیلی ریز که در آن مسائل رسوب‌گذاری خیلی شدید وجود داشته است در دیگر خطوط زهکشی رسوب‌گذاری قابل ملاحظه‌ای مشاهده نگردیده است.
- بنابراین، در مجموع چنین نتیجه‌گیری شده است که:
- برای خاک‌های سنگین و همگن، پوشش PLM از نوع PP<sub>450</sub> می‌تواند جایگزین اقتصادی‌تری برای پوشش شنی باشد. اما در صورت وجود لایه‌های ماسه ریز در پروفیل خاک، استفاده از این پوشش توصیه نمی‌شود.
  - برای خاک‌های محتوی ماسه خیلی ریز و سیلت، پوشش‌های مصنوعی آزمایش شده، به لحاظ کنترل رسوب کارآیی لازم را نداشته و قابل توصیه نمی‌باشند.
  - استفاده از لوله‌های بدون پوشش در شرایط خاک‌های منطقه طرح که بافت خاک در عمق و در سطح تغییرات شدید داشته و در طول مسیر زهکش‌ها احتمال زیاد برخورد با لایه‌های محتوی سیلت و ماسه ریز وجود دارد، توصیه نمی‌شود.
- علیرغم نتایج یادشده، در تمامی هفت طرح نیشکر خوزستان، از پوشش شنی و ماسه استفاده شده است [۸].

#### ۶-۴- طرح زهکشی نخیلات جنوب جزیره آبادان

محدوده طرح آبیاری و زهکشی جزیره آبادان به صورت نوار باریکی در کنار رودخانه‌های اروند و بهمنشیر واقع شده است. اراضی محدوده طرح، زیر کشت



نخیلات بوده و آبیاری اراضی قبل از احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی از طریق انهار سنتی و با استفاده از جریان جزر و مدی صورت می‌گرفته است. احداث سدهای مخزنی بزرگ و اجرای طرح‌های مختلف آب و خاک و صنعتی در کشورهای ترکیه، سوریه، عراق و ایران در بالادست رودخانه‌های دجله، فرات و کارون موجب کاهش آبدهی، تخریب کیفیت آب و پیشروی آب شور خلیج فارس در رودخانه‌های اروند و بهمنشیر گردیده، بطوریکه در سال‌های اخیر عملکرد اغلب نخیلات به علت شوری زیاد آب با نقصان شدید مواجه شده است. در جهت رفع مشکلات حادث شده و تأمین نیاز آبی نخیلات و آب مشروب شهرهای آبادان و خرمشهر طرح تأمین و انتقال آب و احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سال‌های اخیر اجرا گردیده، لیکن به دلیل فقدان سیستم زهکشی متناسب با سیستم آبیاری جدید، بهره‌برداری از شبکه آبیاری احداثی در سال‌های اولیه پس از اجرا میسر نبوده است. به همین منظور برای رفع مشکلات بهره‌برداری، آبشویی و نم‌زدایی خاک‌ها، طرح زهکشی زیرزمینی تهیه و در بخشی از اراضی طرح به مورد اجرا گذارده شده است [۹].

#### ۶-۴-۱- مشخصات طرح زهکشی

زهکشی نخیلات آبادان قبل از اجرای طرح جدید آبیاری و زهکشی، از طریق انهار جزر و مدی و در طی مدت جزر صورت می‌گرفته است. با احداث شبکه آبیاری و تغییر روش آبیاری از حالت جزر و مدی به روش آبیاری سطحی کنترل شده، شبکه انهار سنتی موجود قادر به تخلیه آب مازاد آبیاری و رواناب‌های حاصل از بارندگی نمی‌باشد. علاوه بر آن، نیاز به آبشویی و نم‌زدایی اراضی سبب گردیده تا طرح زهکشی زیرزمینی در محدوده شبکه آبیاری طراحی و به مورد اجرا گذارده شود.

در طراحی زهکشی زیرزمینی، ضریب زهکشی معادل ۳ میلیمتر در روز، عمق سطح ایستابی ۰/۸ متر از سطح خاک، عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی با توجه به عمق لایه محدودکننده در ۱/۵ متری سطح زمین بین ۱/۲ تا ۱/۵ متر از سطح زمین در نظر گرفته شده است. فاصله زهکش‌های زیرزمینی با استفاده از روابط جریان همگام بین

۲۵ تا ۴۰ متر و برای حالت جریان غیر همگام بین ۳۰ تا ۴۰ متر محاسبه گردیده که فاصله ۳۰ متر برای اراضی واحدهای عمرانی KO1 الی KO3 و KQ4 الی KQ8 انتخاب شده است.

از لحاظ مقایسه گزینه‌های مختلف اجرایی نیز نتایج بررسی‌های فنی و اقتصادی منجر به توصیه اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی و روباز مدرن در مقایسه با اجرای شبکه زهکشی زیرزمینی و روباز با تلفیق آنها سنتی اصلی، و همچنین شبکه زهکشی روباز با استفاده از احیاء و اصلاح آنها سنتی گردیده است [۹].

#### ۶-۴-۲- پوشش‌های زهکشی

در طرح زهکشی نخیلات جنوب جزیره آبادان، از پوشش‌های PLM نوع PP450 در اطراف لوله‌های زهکشی استفاده می‌شود. این نوع پوشش، در مقایسه فنی و اقتصادی با انواع پوشش‌های معدنی (شن و ماسه) و پوشش PLM از نوع PP700 توسط مشاور طرح (مهندسین مشاور انهار جنوب) بررسی و پیشنهاد شده است. به منظور ارزیابی عملکرد زهکشی زیرزمینی و همچنین عملکرد پوشش‌های مختلف، یک مزرعه آزمایشی با مساحت ۱۲ هکتار در واحد عمرانی KQ8 در نیمه دوم سال ۱۳۸۳ احداث گردیده است. در مزرعه مذکور طی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ زهکش‌های احداث شده با چهار نوع پوشش به لحاظ عملکرد زهکش‌ها و پوشش‌های کاربردی ارزیابی فنی گردیده‌اند. ضمن اینکه برای حصول اطمینان بیشتر همزمان بررسی‌های آزمایشگاهی و مدل فیزیکی نیز در این زمینه بعمل آمده است.

در این مزرعه پوشش شن و ماسه با دو نوع دانه‌بندی متفاوت و پوشش PLM از انواع PP450 و PP700 مورد استفاده قرار گرفته و در طول دوره آزمایش اندازه‌گیری‌هایی به شرح زیر صورت گرفته است:

- نوسانات سطح ایستابی؛
- خصوصیات کمی و کیفی آب آبیاری و آب خروجی زهکش‌ها؛ و
- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و شوری پروفیل خاک منطقه.

با جمع‌آوری اطلاعات و آنالیز آنها چنین نتیجه شده است که:  
الف- به لحاظ عملکرد زهکش‌ها در کنترل سطح ایستابی، زهکش‌های با پوشش PLM از نوع PP450، عملکرد خوبی داشته‌اند، زهکش‌ها با پوشش شن و ماسه استاندارد دارای عملکرد متوسط بوده و زهکش‌های با پوشش شن و ماسه منطقه و پوشش PLM از نوع PP700 عملکرد ضعیفی داشته‌اند.

ب- عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی در بخش‌های مختلف در مقایسه با عملکرد زهکش‌های سنتی (جزر و مدی) نشان داد که زهکش‌هایی که در بخش پوشش PLM از نوع PP450 قرار دارند، دارای بیشترین افزایش عملکرد نسبت به زهکش‌های سنتی می‌باشند.

پ- جهت ارزیابی سیستم زهکشی در کنترل نمک، نتایج ارزیابی شاخص SEI (شاخص نمک خروجی) حاکی از منفی بودن شاخص مذکور در تمام ۴ بخش مزرعه می‌باشد.

در خصوص ارزیابی شوری در پروفیل خاک و منطقه توسعه ریشه به استثنای منطقه زهکش‌های با پوشش شن و ماسه استاندارد، در بقیه نواحی، شوری در پروفیل خاک و منطقه توسعه ریشه کاهش نسبی داشته است. در منطقه زهکشی با پوشش شن و ماسه استاندارد، علت عدم کاهش شوری، مسائل مدیریتی مانند عدم کنترل سطح آب در جمع‌کننده روباز، و برگشت احتمالی زه‌آب درون جمع‌کننده به درون خاک گزارش شده است.

ت- بررسی پارامترهای طراحی نشان می‌دهد که در دو بخش زهکش‌های زیرزمینی با پوشش شن و ماسه منطقه و پوشش PLM نوع PP700، پارامترهای طراحی مناسب نبوده و نیازمند اصلاح می‌باشند. لیکن در دو بخش زهکشی با پوشش PLM نوع PP450 و پوشش شن و ماسه استاندارد اختلاف قابل توجهی بین پارامترهای طراحی و پارامترهای بدست آمده از مزرعه مشاهده نمی‌گردد.

ث- ارزیابی هیدرولیکی پوشش‌های مختلف حاکی از این است که پوشش PLM نوع PP450 دارای بالاترین راندمان هیدرولیکی، و پوشش شن و ماسه استاندارد دارای عملکرد متوسط و نسبتاً قابل قبول بوده، اما پوشش‌های PLM نوع PP700 و پوشش شن و ماسه منطقه دارای عملکرد بسیار پایین و غیر قابل قبول می‌باشند.

ج- در خصوص کنترل رسوب، ارزیابی و بررسی‌ها نشان از این دارد که پوشش‌های PLM نوع PP450 و PP700 بسیار خوب عمل نموده، لیکن پوشش‌های معدنی شن و ماسه استاندارد و شن و ماسه منطقه عملکرد چندان رضایت‌بخشی نداشته‌اند.

چ- در نهایت با توجه به آنالیز آماری پوشش‌های مورد استفاده در مزرعه آزمایشی و نتایج بررسی مشاهداتی، انتخاب و تعیین گزینه برتر بین دو پوشش PLM نوع PP450 و پوشش شن و ماسه استاندارد براساس معیارهای اقتصادی انجام گرفته که منجر به توصیه کاربرد پوشش PLM نوع PP450 گردیده است [۹].

## فصل هفتم

### جمع‌بندی

تنوع و تغییرات طبیعی خاک، روابط پیچیده آب و خاک و تأثیر متقابل بین آنها در مجاورت زهکش‌ها و تفاوت‌های بین عملکرد مواد پوششی مختلف، عواملی هستند که انتخاب و بکارگیری پوشش مناسب لوله‌های زهکشی را با مشکلاتی مواجه می‌سازند. مروری بر منابع موجود و بررسی آنها نشان می‌دهد که توصیه مشخص و قطعی برای طراحی پوشش زهکشی وجود نداشته و در سطح کشور نیز تحقیقاتی که منجر به توصیه شده باشد، مشاهده نمی‌گردد. لذا با توجه به تحقیقات و بررسی‌های انجام شده در سطح دنیا، استفاده از معیارهای پیشنهادی برای طراحی پوشش‌های زهکشی توسط کارشناسان امری معمول می‌باشد. در حال حاضر، معیارهای توصیه شده اداره احیای اراضی ایالات متحده و سرویس حفاظت منابع طبیعی امریکا برای طراحی پوشش‌های شنی و ماسه‌ای در سطح دنیا بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. تفاوت عمده بین این دو روش در ابعاد دانه‌بندی پوشش می‌باشد، بطوریکه دانه‌بندی محاسبه شده به روش اداره احیای اراضی ایالات متحده در مقایسه با روش سرویس حفاظت منابع طبیعی امریکا، ابعاد بزرگتری را برای پوشش بدست می‌دهد. اما هر دو روش نتایج رضایت بخشی در خاک‌های درشت بافت ارائه می‌دهند [۳]. در خاک‌های ریز بافت، روش سرویس حفاظت منابع طبیعی امریکا پوشش با دانه‌بندی ریزتری را بدست می‌دهد که ممکن است از نفوذپذیری کمتری برخوردار باشد. این موضوع به خصوص در شرایط خاک‌های با هدایت هیدرولیکی پائین باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. زیرا در این نوع خاک‌ها، استفاده از پوشش به عنوان کنترل حرکت ذرات خاک کمتر مطرح می‌باشد و کاهش مقاومت ورودی اهمیت بیشتری دارد.

بنابراین در این نوع خاک‌ها استفاده از روش اداره احیای اراضی ایالات متحده ارجح بوده ضمن آنکه روش سرویس حفاظت منابع طبیعی نیز باید بررسی شود. در همین ارتباط معیارهای مورد توصیه ولاتمن و همکاران [۲۸،۲۵] که در سال ۱۹۹۹ مجموعه ضوابط مورد بحث را بازننگری و مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه را برای استفاده کاربردی در طراحی پوشش‌های زهکشی منتشر نموده‌اند (جدول ۴-۳)، قابل استفاده می‌باشد. در مناطق معتدل که دما عامل محدود کننده‌ای نمی‌باشد، در صورتی که هزینه پوشش‌های شن و ماسه‌ای زیاد باشد، پوشش‌های مصنوعی مورد توصیه هستند. در این حالت، می‌توان از معیارهای ولاتمن و همکاران [۲۸،۲۷] استفاده نمود، ضمن این که کنترل‌های قبل از نصب و رعایت توصیه‌های کارخانه سازنده مواد پوششی مورد تأکید می‌باشد. علاوه بر استفاده از معیارهای توصیه شده، در شرایط فقدان تحقیقاتی که منجر به توصیه شده باشد، ارزیابی طراحی‌ها در مزارع آزمایشی قبل یا حین اجرای پروژه‌های زهکشی کمک مؤثری خواهد بود.

### فهرست منابع:

۱. پرتو اعظم ، رباب (۱۳۸۲). ارزیابی فیلترهای زهکشی (شنی) بکاررفته در تعدادی از طرح های آبیاری و زهکشی استان خوزستان. طرح تحقیقات کاربردی، سازمان مدیریت منابع ایران ، معاونت پژوهشی.
۲. حسن اقلی، علیرضا (۱۳۷۵). بررسی رفتار فنی لوله های ژئوتکستایل در عمق خاک در مدل های آزمایشگاهی ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۳. دفتر استاندارد ها و معیار های فنی ، وزارت نیرو (۱۳۸۴). استاندارد ضوابط طراحی و انتخاب مواد و مصالح برای زهکش های زیرزمینی ، نشریه شماره ۲۶۶-الف.
۴. روحانی، علی و کاوه ، علی (۱۳۷۷). ارزیابی عملکرد یک نوع پوشش مصنوعی (ژئوتکستایل) در زهکشی زیرزمینی ، پایان نامه دکترا ، دانشگاه آزاد اسلامی.
۵. کمیته ملی آبیاری و زهکشی (۱۳۸۱). مجموعه مقالات کارگاه فنی مسائل و مشکلات اجرایی شبکه های زهکشی.
۶. کمیته ملی آبیاری و زهکشی (۱۳۸۶). گزارش بازدید گروه کار زهکشی از طرح های زهکشی زیرزمینی استان مازندران.
۷. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی (۱۳۷۵). گزارش نهائی بررسی عملکرد فنی لوله های زهکش زمین بافته در مقایسه با لوله های زهکش رایج ، نشریه شماره ۷۳ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ، وزارت کشاورزی.
۸. مهندسین مشاور آبسو ، پاپیلا ، پندام ، کارآب ، ویسان ، یکم (۱۳۷۳). گزارش بررسی های انجام شده برای مقایسه فیلتر های زهکشی زیرزمینی.

۹. مهندسین مشاور انهار جنوب (۱۳۸۴). خلاصه ای از تدوین مبانی و روش های اجرایی نوین در شبکه زهکشی نخیلات جنوب جزیره آبادان.
۱۰. مهندسین مشاور راماب (۱۳۷۱). گزارشات مطالعات طرح شبکه آبیاری وزهکشی سد وشمگیر
۱۱. مهندسین مشاور نشتاک ، (۱۳۸۱). گزارش مطالعات طرح تجهیز و نوسازی و احیای اراضی شرکت ران بهشهر .
۱۲. نظرزاده ، محمد (۱۳۷۷). مطالعه آب و خاک با مسائل ومشکلات زهکشی مزرعه شماره ۲ دانشکده کشاورزی ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه شهید چمران اهواز.
13. De La Torre, A.A.1987, Drainage and land reclamation in Peru. In: Proc Symp. 25<sup>th</sup> Internat. Course on land drainage. Twenty-five years of drainage experience.
14. Dennis, C. W. and B. D. Trafford, 1975. Effect of permeable surround on the performance of clay field drainage pipes. Journal of hydrology, No.24, pp.239-244.
15. Dieleman, P. J. and B. D. Trafford, 1976. Drainage Testing. FAO Irrigation and Drainage paper 28. Rome, Italy.
16. Framji, K. K. BC Garg and S. P. Kaushish. 1987, Design practices for covered drains in an agricultural land drainage system: a world-wide survey. International Commission on Irrigation and Drainage /ICID, New Dehli, India. 438p.
17. Korener, R. M. 1994. Designing with geotextiles, 3<sup>rd</sup> edition, Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
18. Lennoz-Gratin, C. 1992. Envelopes to prevent pipe mineral clogging of subsurface drainage systems: a review of French standards in: Proc 5<sup>th</sup> international Drainage Workshop. W. F. Vlotman (Ed.). Lahore, Pakistan. Vol III, 5, 18-5.25.



19. Pillsbury, H. H .1967.Observation on tile drainage performance. Journal of irrigation and drainage division, proceeding of the American society of civil engineers, pp.233-241.
20. Rozendal, H. and J. Scholten, 1980. The risk of wrapping drains with peat litter envelope material in case of sub irrigation in sandy soils. Cult. Techn. Tijdschv. 19(6), 327-334.
21. Singh, P.K., O. S, Singh and C. S. Jaiswal.1992. Field performance of subsurface drain envelope materials. In: Proceedings 5<sup>th</sup> International Drainage Workshop, volume III, W.F. Vlotman (Ed.). February 8-15, Lahore, Pakistan.
22. Skaggs, R. W. 1978. Effect of drain tube opening on water table draw down. Journal of the irrigation and drainage division, ASAE, vol, 104, pp.13-21.
23. Skaggs, R. W. and Y. K. Tang, 1979. Effect of drain diameter openings and envelopes on water table draw down. Transaction of ASEA. pp. 326-333.
24. Smedema, L. K. and D. W. Rycroft. 1983. Land drainage: planning and design of agricultural drainage systems. Bats fords, London, 376p.
25. Stuyt, L. C. P. M. and L. S. Willardson. 1999. Drain envelopes In: Agricultural drainage. R. W. Skaggs and Van Schilfgaarde (Eds.). Agronomy Monograph 38. ASA. CSSA and SSSA, Madison, WI, United States, 927-962.
26. Vlotman, W.F. 1990. Proceedings Workshop on Drain Envelope Testing, Design and Research. IWASRI Pub. 49, IWASRI/NRAP. Lahore, Pakistan.
27. Vlotman, W.F. 1997. Drain envelope. Proc. Of the 7<sup>th</sup> International Drainage Workshop on "Drainage for the 21<sup>st</sup> Century", 17-21 Nov, 1997. Penang, Malaysia, pp.22.1-22.16.
28. Vlotman, W.F., L. S. Willardson and W. Dierickx. 1999. Envelope design for subsurface drains. International Institute for Land Reclamation and Improvement / ILRI, No. 60, Wageningen, the Netherlands.
29. Willardson, L. S., K. Ahmed, 1987. Comparison of USBR and SCS drain envelope specification, proc. Of the 5<sup>th</sup> National Drainage Symp. ASAE pub. 0787.

## لیست انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره	نام کتاب
۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
۲	تحلیلی بر راندمان‌های آبیاری
۳	سالنامه سال ۱۳۷۳
۴	سالنامه سال ۱۳۷۴
۵	دستورالعمل‌های کم آبیاری
۶	مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۷	مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۸	مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۹	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی و عوامل مؤثر در آن
۱۰	آبیاری موجی
۱۱	آشنایی با آبیاری کابلی
۱۲	مدیریت محلی سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۳	راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
۱۴	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۵	راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی
۱۶	معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن - ماتیس
۱۷	Water and Irrigation Techincs in Ancient IRAN
۱۸	تلاش ایرانیان در تأمین و مدیریت توزیع آب
۱۹	تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
۲۰	تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری
۲۱	مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۲۲	مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک
۲۳	مجموعه مقالات کارگاه مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی
۲۴	معیارهای انتخاب سیستم‌های آبیاری
۲۵	فن سنجش از دور در آبیاری و زهکشی
۲۶	استفاده از آب‌های شور و لب شور برای آبیاری

شماره	نام کتاب
۲۷	مجموعه مقالات همایش مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری
۲۸	مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری
۲۹	فرهنگ آب و آبیاری سنتی
۳۰	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۳۱	چاره آب در تاریخ فارس
۳۲	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدیریت استفاده از آب‌های شور
۳۳	جنبه‌های مالی مدیریت آب
۳۴	عرضه و تقاضای آب در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵ «سناریوها و مسائل»
۳۵	تدارک برای انجام پروژه‌های کوچک آبیاری
۳۶	خلاصه مقالات کارگاه فنی - آموزشی کم آبیاری
۳۷	مجموعه مقالات کارگاه فنی - آموزشی آبیاری میکرو
۳۸	مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۳۹	مجموعه کارگاه فنی ساخت کانال‌های آبیاری، محدودیت‌ها و راه حل‌ها
۴۰	راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
۴۱	مجموعه مقالات کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
۴۲	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی
۴۳	مدیریت کیفیت زه‌آب‌های کشاورزی
۴۴	نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (جلد اول)
۴۵	انسان و آب
۴۶	چاره آب در تاریخ فارس (جلد دوم)
۴۷	استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشاورزی
۴۸	CD کتاب‌ها و نشریات مؤسسات بین‌المللی
۴۹	راهنمای مقابله با خشکسالی
۵۰	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی کاربرد اینترنت در آبیاری
۵۱	مجموعه مقالات همایش تاریخ آب و آبیاری کشور
۵۲	سومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۵۳	مجموعه مقالات همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی

شماره	نام کتاب
۵۴	لوح فشرده فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی (انگلیسی-فرانسه)
۵۵	رهنمودهای انتقال مدیریت خدمات آبیاری
۵۶	راهنمای پایش و ارزشیابی انتقال مدیریت آبیاری
۵۷	زهکشی؛ کمیت و کیفیت جریان برگشتی
۵۸	واکنش گیاهان به شوری
۵۹	نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران
۶۰	برنامه‌ریزی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۱	بررسی و مقایسه تطبیقی روش پنمن - مانتیس با روش‌های فائو ۲۴ در ایران
۶۲	لوح فشرده نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (نسخه شماره ۲)
۶۳	مدیریت آب در کشاورزی؛ پیامدهای اقتصادی-اجتماعی
۶۴	قیمت‌گذاری آب آبیاری: بررسی ادبیات موضوع
۶۵	دانشنامه مشاهیر فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی
۶۶	لوح فشرده مجموعه مقالات کنفرانس‌های بین‌المللی
۶۷	مجموعه مقالات کارگاه تخصصی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۸	استاندارد ادوات و تجهیزات آبیاری تحت فشار
۶۹	استفاده از آب‌های شور در کشاورزی پایدار
۷۰	نظریه‌ها و مدل‌های زهکشی
۷۱	مدیریت نوین آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد شبکه‌های آبیاری
۷۲	آبیاری در مقیاس کوچک برای مناطق خشک، اصول و روش‌ها
۷۳	نگرشی بر روند توسعه و چشم‌انداز آبیاری تحت فشار در ایران
۷۴	مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی
۷۵	استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی
۷۶	مدیریت آب آبیاری در مزرعه
۷۷	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر مبنای تقاضا
۷۸	تاریخ آب و آبیاری استان کرمان
۷۹	لوح فشرده مجموعه مقالات کارگاه بین‌المللی راهکارهای مدیریت خشکسالی
۸۰	دانشنامه مشاهیر فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی (جلد دوم)

شماره	نام کتاب
۸۱	مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی
۸۲	بهره‌وری آب کشاورزی
۸۳	مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۸۴	نگرشی بر مسائل، مشکلات و تجربه‌های ساخت کانال‌های آبیاری در ایران
۸۵	انتخاب روش‌های آبیاری در کشاورزی
۸۶	ارزیابی شوری خاک
۸۷	لوح فشرده کتاب‌ها و نشریات مؤسسات بین‌المللی (جلد سوم)
۸۸	مدیریت آبیاری در سامانه‌های روباز آبیاری
۸۹	مجموعه مقالات سومین کارگاه فنی زهکشی
۹۰	راهنمای ارزیابی مقایسه‌ای و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۹۱	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری
۹۲	مجموعه مقالات کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در آبیاری و زهکشی
۹۳	مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها
۹۴	نظام آبیاری سنتی در نائین
۹۵	نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (جلد سوم)
۹۶	فرآیند ارزیابی سریع و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۹۷	مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری بارانی «توانمندی‌ها و چالش‌ها»
۹۸	مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه
۹۹	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی
۱۰۰	اصول و کاربرد کم آبیاری
۱۰۱	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۰۲	پیش‌بینی و هشدار سیل
۱۰۳	راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی
۱۰۴	مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پساب‌ها برای آبیاری
۱۰۵	مجموعه مقالات کارگاه فنی همزیستی با سیلاب
۱۰۶	کاربرد ژئوسنتتیک در آبیاری و زهکشی

شماره	نام کتاب
۱۰۷	مجموعه مقالات چهارمین کارگاه فنی زهکشی
۱۰۸	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی خرد آبیاری «توسعه و چشم‌انداز»
۱۰۹	مجموعه مقالات کارگاه فنی مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۱۰	انتقال مدیریت آبیاری (مبانی و روش‌شناسی)
۱۱۱	کارآیی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای
۱۱۲	راهنمای روش مشارکت‌مدار برای تشخیص سریع مسایل و طرح‌ریزی عملیات در سامانه‌های آبیاری
۱۱۳	مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۱۱۴	Proceedings of the 4 <sup>th</sup> Asian Regional Conference and 10 <sup>th</sup> International Seminar on Participator Irrigation Management
۱۱۵	Proceedings of the International History Seminar on Irrigation and Drainage
۱۱۶	Water and Irrigation Techniques in Ancient Iran
۱۱۷	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی اتوماسیون سامانه‌های آبیاری تحت فشار
۱۱۸	مدیریت زهاب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک
۱۱۹	خرد آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک راهنمای برنامه و طرح
۱۲۰	زهکشی زیرزمینی؛ برنامه‌ریزی، اجرا و بهره‌برداری
۱۲۱	نگرشی بر روش‌های خودکار کردن سامانه‌های آبیاری تحت فشار
۱۲۲	تبخیر و تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان)
۱۲۳	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارتقای کارآیی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۱۲۴	کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب
۱۲۵	راهنمای عملیات نگهداری سامانه‌های آبیاری (در حال چاپ)
۱۲۶	راهنمای برنامه‌ریزی رهیافت‌های سازه‌ای مدیریت سیلاب
۱۲۷	کارگاه آشنایی با راهبردهای مهندسی در آبیاری و زهکشی
۱۲۸	مجموعه مقالات سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار
۱۲۹	مجموعه مقالات دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۱۳۰	مجموعه مقالات پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست
۱۳۱	انتقال مدیریت آبیاری: تلاش‌های جهانی و نتایج
۱۳۲	مجموعه مقالات پنجمین کارگاه فنی مشارکت آب‌بران در شبکه‌های آبیاری



# **Drain Envelopes**

Iranian National Committee on  
Irrigation and Drainage (IRNCID)

*Working Group on Drainage and Environment*

**By:**

*M. J. Adimi*  
*S. Darbandi*

*S. M. Razavi Nabavi*  
*M. R. Shahriari*

**Editing by:**

*M. Akram*

*P. D. Arasteh*