مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۲۳

موضوع:

تاثیر یک پارچه بودن اراضی زراعی در بازدهی آبیاری شبکه آبیاری دز

تألیف:

محمد رضا فاطمی - اکبر شکرالهی[1] و محمد حسین شیروی[2]

چکیده:

شبکه آبیاری دز از رودخانه دز در استان خوزستان مشروب می‌شود. ساختمان این شبکه در سال ۱۳۴۱ شروع و در سال ۱۳۵۶ پایان یافته است. جمع مساحت خالص اراضی زیر شبکه ۹۳۷۵۰ هکتار است که حدود ۴۰۰۰۰ هکتار آنرا اراضی یک پارچه و بقیه آنرا اراضی غیر یک پارچه تشکیل میدهد. بر اساس نظر مهندسین مشاور دی‌اندآر (D&R) که طراح شبکه بوده‌اند بازدهی کل آبیاری آن میبایست ۵۴٪ باشد اما در نتیجه عوامل متعدد این هدف حاصل نگردیده است.

درگزارشی که در اردیبهشت ۱۳۷۲ به سمینار آبیاری و زهکشی تقدیم شد بازدهی کل آبیاری در اراضی غیر یک پارچه به وسعت حدود ۵۰۰۰۰ هکتار مورد بحث قرارگرفت و اشاره شد در این اراضی بازدهی کل آبیاری هرگز از ۲۶٪ تجاوز نمیکند و متوسط نه ساله آن (از ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۹) فقط ۲۱٪بوده است. درگزارش حاضر یکی از عوامل مهمی که بنظر میرسد در بالا بردن بازدهی آبیاری موثر باشد یعنی یک پارچه بودن اراضی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین ترتیب که در قسمتی از اراضی شبکه آبیاری دزکه محل استقرار

---

۱ ـ مشاورین فنی مدیر عامل سازمان آب و برق خوزستان.

۲ ـ مدیریت بهره برداری شبکه های آبیاری سازمان آب و برق خوزستان.

شرکتهای کشت و صنعت شهید بهشتی و شهید رجائی است و مجموعاً ۸۹۳۲ هکتار وسعت دارد بازدهی کل آبیاری در همان دوره مورد اشاره محاسبه و با ارقام قبلی مقایسه شده است. حداکثر و متوسط بازدهی کل آبیاری اراضی اخیر بترتیب حدود ۳۷٪ و ۳۲٪ بوده است. آزمونهای آماری پارامتر یک و غیر پارامتریک نشان میدهد که اختلاف بازدهی کل آبیاری در این دوگونه اراضی در سطح ۱٪ معنی دار است. همچنین بازدهی کل آبیاری در کشت و صنعت نیشکر هفت تپه نیز مورد بحث قرار گرفته و همان نتیجه حاصل شده است. با توجه به نتایج حاصله میتوان پیشنهاد نمود که برای بهبود وضع بازدهی کلی آبیاری میبایست به زراعت و مدیریت یک پارچه در شبکه های مدرن توجه کافی مبذول شود.

۱- مقدمه

احیاء و اصلاح اراضی نیازمند به سیستم زهکشی و همچنین روشهای مربوط به کاربرد سیستمهای مصنوعی در سالهای اخیر درکشورهای پیشرفته توسعه روزافزون داشته است. نتایج تحقیقات مزارع آزمایشی و آزمایشگاههای علوم مهندسی کشاورزی در خصوص کاربرد پوششها و فیلترهای زهکشی بصورت راهنمائی های کاربردی جهت مناطق مختلف کشورهای توسعه یافته منتشر شده و به موازات و کاربرد انواع مختلف آن، شناسائی ابعاد مختلف کارائی سیستمهای تصفیه و پوشاننده نیز میسر میگردد.

در شرایط کشور ما بدلیل سابقه کم زهکشی اراضی و فقدان تحقیقات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی، در طراحیها عموماًبه راهنمائی های ارائه شده توسط مراجع بین المللی اکتفا گردیده که کاملاً نتایج رضایتبخش نداده است.

ارزیابی عدم کارآئی سیستمهای زهکشی در اکثر حالات نتیجه این واقعیت است که کاربرد پوشش و فیلتر مبنی بر تجارب محلی، منطقه ای نبوده و صرفاً یک و یا حداکثر دو ضابطه معروف، مبنای طراحی قرار گرفته است.

با توجه به اهمیت موضوع در مقاله حاضر سعی شده که نقش شرایط محلی، خصوصیات خاک و جنبه های هیدرولیکی به انضمام نتایج تحقیقات انجام شده و یافته های حاصل از تجارب سایر کشورها بعنوان راهنمای طراحی و انتخاب فیلترها و پوششهای ارائه شده گردد.

جهت دستیابی به ملاکهای طراحی، عوامل مرتبط با موضوع از جمله لوله های زهکشی، پوششهای

مختلف بهمراه فاکتورهای دخیل در طراحی و انتخاب، همراه با موازین کلی انتخاب نوع پوشش در مقاله ارائه میگردد.

۲- لوله های زهکشی

کاربرد لوله های زهکشی قدمتی ۲۰۰ تا ۳۰۰ ساله دارد و روزبروز در تکنیکهای کارگذاری و مصالح بکار رفته در لوله ها تحولات قابل ملاحظه ای صورت میگیرد.

کاربرد انواع لوله ها بسته به شرایط محلی، ملاحظات اقتصادی، جنبه های هیدرولیکی و خصوصیات شیمیائی محل استقرار دارای تفاوتهائی است.

بطور کلی لوله ها دارای دو نقش اساسی میباشد. بدین صورت که لوله می‌بایستی علاوه بر دریافت زه آب از خاک با کمترین مقاومت قادر به انتقال آن در طول مسیر باشند.

علاوه بر موارد فوق قابلیت جذب آب در لوله های مختلف با توجه به افت انرژی و مقاومت ورودی متفاوت بوده و از نظر تناسب با این اهداف لوله های پوشش شده نسبت به لوله های فاقد پوشش دارای امتیازهائی است.

در یک تقسیم بندی کلی لوله های زهکشی به دو گروه "لوله های سخت " و "لوله های نرم یا نیمه سخت" تقسیم بندی می‌شود.

- لوله های سخت عمدتاً شامل لوله های سفالی و سیمانی میباشد.

- لوله های نیمه سخت یا نرم از سال ۱۹۶۰ به بازار عرضه گردید و بر اساس نوع ماده شیمیائی بکار رفته در ساختمان آن نامگذاری میشوند مانند پلی اتیلن و پلی ونیل کلراید.

در طبقه بندی کلی لوله های نیمه سخت یا پلاستیکی شامل لوله های پلاستیکی صاف سوراخ دار و پلاستیکی موجدار میباشد.

بطور کلی لوله های سخت و نیمه سخت از نظر مقاومت در محیط کارگذاری، شرایط هیدرولیکی، قابلیت جذب آب مقاومت در مقابل پدیده های شیمیائی دارای مزایا و معایب متعدد میباشد که با توجه به ملاحظات اقتصادی و فنی طرح میتوان یکی از انواع مختلف را انتخاب و توصیه نمود.

در طراحی و انتخاب لوله های زهکشی اصولاً فرض بر این است که هدایت هیدرولیکی منطقه اطراف

لوله همانند محیط کارگذاری (خاک) میباشد. بنابراین امکان پیش بینی نظری انواع مختلف لوله همراه و یا بدون پوشش بر اساس میزان هدایت هیدرولیکی و شدت تخلیه طرح امکان پذیر میباشد.

فائو در این خصوص اقدام به معرفی دسته منحنی های راهنما جهت انتخاب نوع لوله توام با پوشش و یا فاقد آن نموده است.

در دسته منحنی های معرفی شده توسط فائو جهت انتخاب و یا پیش بینی نظری نوع لوله، در نظر گرفتن عواملی مانند حداکثر ارتفاع آب در بالای زهکش، افت مقاومت ورودی و نسبت شدت تخلیه به هدایت هیدرولیکی الزامی میباشد. بعنوان نتیجه گیری کلی از راهنمای فائو در شرایط یکسان از نظر هدایت هیدرولیکی پیرامون لوله و شدت تخلیه طرح انتخاب لوله های پلاستیکی موجدار و همچنینی لوله های پوشش شده با مواد فیلتیر و پوشاننده ها بجای لوله های سخت (سیمانی) میگردد.

۲-۱- افت انرژی و مقاومت ورودی لوله های زهکشی

جریان آب زیر زمینی هنگام ورود به درون لوله های زهکش تابع مقاومت ورودی است. مقاومت ورودی بستگی به عوامل مختلفی از قبیل نوع لوله، الگوی جریان در مجاورت لوله، قطر خارجی، وجود و عدم وجود پوشش، هدایت هیدرولیکی بستر و هدایت هیدرولیکی سطح تماس بین لوله (یا پوشش) خاک اطراف را دارد. رابطه بین مقاومت ورودی با افت بار در جدار لوله (و مواد پوششی در صورت وجود) و ضریب زهکشی بشرح زیر میباشد.

در رابطه فوق

Rent = مقاومت ورودی (day/m)

h = افت بار قسمت بیرونی و درونی لوله (بعلاوه مواد پوششی) (m)

C1 = ضریب زهکشی (m/day)

L = فاصله زهکشها (m)

فاکتور بدون بعد "مقاومت ورودی" (α) بستگی به قابلیت نفوذ اطراف محل استقرار لوله ها دارد که بشرح زیر تعریف میگردد.

در رابطه فوق :

K = هدایت هیدرولیکی بستر اطراف (m/day)

α = فاکتور مقاومت - بدون بعد

مقاومت ورودی بر حسب نوع لوله مقادیر متفاوتی دارد. بطوریکه لوله های سفالی و سایر انواع مشابه در مقایسه با لوله های پلاستیکی مقاومت بیشتری در برابر ورود آب به داخل لوله نشان میدهند.

۳- پوشش زهکشها

سابقاً در طرحهای زهکشی اروپا جهت سهولت جریان آب زیرزمینی به درون رقوم ها و همچنین مقابله با ورود ذرات ریز بدرون زهکش از انواع مواد آلی مانند خاک اره، خرده های چوب، تورب های الک شده و پوشال غلات استفاده می‌شد. در شرایط حاضر علاوه بر مواد معدنی استفاده از مصالح مصنوعی بصورت نواری و لفاف لوله های زهکش با توجه به کارگذاری ماشینی لوله ها بیشتر مرسوم است.

علیرغم تفاوت در تعاریف در برخی مراجع زهکشی واژه های "فیلتر" و "پوشش" به یکسان مورد استفاده قرار میگیرد. در صورتیکه از مفاهیم فوق تعاریف مجزا مورد انتظار میباشد. در این ارتباط FAO تمایز بین "پوشش (Envelope)" و "فیلتر (Filter)" ، "محاط کننده (Surround)" را با تعاریف مشخص، بیان نموده است.

۳-۱ - ضرورت استفاده از مواد پوششی و فیلتر

دلایل عمده کارگذاری پوشش و فیلتر در اطراف لوله های زهکش بشرح زیر میباشد:

- جلوگیری از ورود ذرات خاک بدرون زهکش و مقابله با انسداد آن. (نقش تصفیه).
- افزایش چشمگیر قابلیت نفوذ در مجاورت لوله های زهکشی و کاهش تلفات انرژی و یا بعبارتی افزایش قطر مؤثر لوله و سهولت جریان.
- تثبیت بستر طبیعی خاکی که لوله های زهکشی در آن کارگذارده میشوند. تثبیت بستر در اراضی تحت آبیاری با خاکهای ناپایدار و خاکهای مرطوب در زمان کارگذاری لوله های زهکشی بیشترین

اهمیت را دارد.

بطورکلی از جمله مهمترین دلایل برای استفاده از پوششها این است که با نزدیک شدن آب به لوله زهکش، سرعت آن افزایش می‌یابد. افزایش سرعت لزوماً افزایش شیب هیدولیکی را موجب میگردد.

افزایش شیب هیدرولیکی باعث کنده شدن ذرات ریز و ورود آن به لوله میگردد.

۳-۲- انواع مواد پوشاننده زهکشها

پوششهای زهکش ها بر اساس مواد تشکیل دهنده به سه گروه "پوششهای آلی"، "پوششهای مصنوعی" و "پوشش معدنی" تقسیم میگردد.

- پوششهای آلی شامل بقایای گیاهان زراعی، کلوخه های تورب خرده های چوب، الیاف نارگیل و غیره میباشند.
- پوششهای مصنوعی شامل صافی هائی از جنس پشم شیشه، نمدهای پروپیلن و پلی استر میباشند.
- پوششهای معدنی عموماً؛ "شن و سنگریزه درج بندی شده و در مواقعی خاک سطحی است که بعنوان پوشش بکار برده میشود.

۳-۳- عوامل مؤثر و فاکتورهای مربوط به انتخاب، طراحی و ضرورت کاربرد فیلتر و مواد پوششی

طراحی، انتخاب و کاربرد نادرست انواع فیلتر و پوشش موجب کاهش راندمان زهکشها و نهایتاً منجر به شکست طرح میگردد. جدا از جنبه های اقتصادی و ضرورتهای محلی منطقه ای، دقت در شرایط حاکم بر محیط زهکشی، ویژگیهای خاک و فاکتورهای مربوط به لوله از مهمترین عوامل تعیین کننده انتخاب نوع پوشش خواهد بود.

اصلی ترین عوامل فنی که میبایستی در انتخاب پوشش بدان توجه نمود شامل شرایط خاک، جنبه های هیدرولیکی و عوامل شیمیائی و میکروبیولوژی میباشد. ذیلاً در خصوص هر یک از عوامل فوق الذکر موارد عمومی ارائه میگردد.

۳-۳-۱- عوامل مربوط به خاک

در زمینه عوامل مربوط به خاک عامل بافت و ساختمان نقش تعیین کننده دارد.

بافت خاک از جمله عوامل موجد اشکال در طرحهای زهکشی بوده و وجود ذرات ریز ماسه و سیلت بمیزان زیاد سبب انسداد لوله ها، رسوبگذاری و غیره میباشد.

در شرایط حاضر هنوز تعریف دقیق و روشنی از خاکهای دارای مسئله ارائه نشده با اینحال منابع هلندی، آلمانی و آمریکائی راهنمایی هائی در این ارتباط معرفی کرده‌اند.

منابع هلندی برای خاکهای دارای مسئله محدوده‌ای از توزیع اندازه ذرات را در فرم تجزیه مکانیکی خاک مشخص نموده (شکل شماره ۱) و در ارتباط با بافت خاک و حساسیت آن به فرسایش با تکیه بر سرعت ویژه جابجائی ذرات معتقدند که ذرات بین ۲۰ تا ۱۵۰ میکرون به راحتی در اثر نیروی حرکتی جابجا میشوند. وجود مقادیر رس در بافت خاک "علیرغم اندازه ریز آن از عوامل بازدارنده فرسایش و به تبع آن مقاومت در مقابل ترسیب میباشد.

استانداردهای آلمان غربی بر اساس بافت خاک و استعداد به رسوبگذاری خاکها را طبقه بندی و جدول شماره ۱ را معرفی نموده است.

عامل یکنواختی ($U=d_{60}/d_{10}$) ذرات متشکله خاک و شاخص شکل پذیری "PI" یعنی نسبت رس به سیلت (plasticity Indenx) از دیگر عوامل تشخیص تمایل خاک به رسوبگذاری و بدنبال آن ضرورت کاربرد پوشش یا فیلتر میباشد.

راهنمای فائو در ارتباط با تشخیص خاکهای دارای مسئله بشرح زیر است:

اگر $U>15$ باشد. خاک تمایل به رسوبگذاری ندارد.

اگر $U=5\text{-}15$ باشد. تمایل به رسوبگذاری کم است.

اگر $U<5$ باشد. تمایل به رسوبگذاری زیاد است.

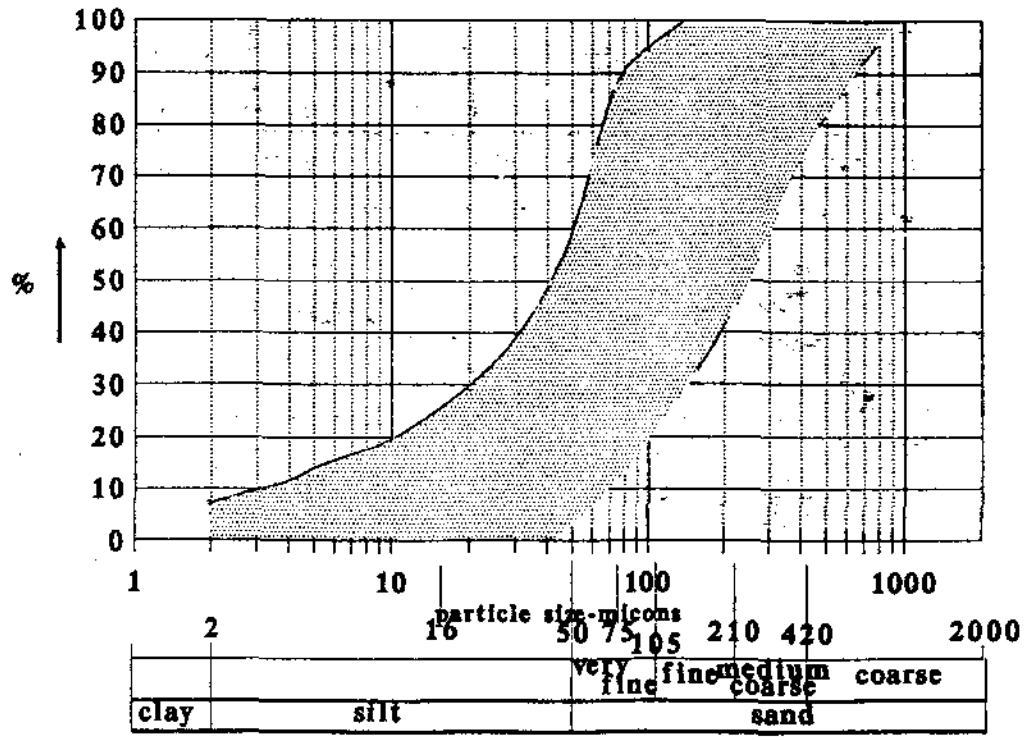
اگر $PI>12$ باشد. خاک تمایل به رسوبگذاری ندارد.

اگر $PI=6\text{-}12$ باشد. تمایل به رسوبگذاری کم است.

اگر $PI<6$ باشد. تمایل به رسوبگذاری زیاد است.

راهنمای توصیه شده سازمان حفاظت خاک امریکا با در نظرگرفتن بافت و مواد آلی توطیه هائی جهت

انتخاب نوع پوشش و فیلتر ارائه نموده است (جدول شماره ۲).



شکل شماره ۱ـ توزیع دانه بندی اندازه ذرات در خاکهای دارای مشکل (منابع هلندی)

سازمان فوق استفاده از پوشش را در تمام حالات حتی جائیکه به فیلتر نیازی نیست قابل توجه دانسته است. در راهنمای سازمان حفاظت خاک امریکا نیز همانند سایر مراجع بافت خاک بعنوان عامل تعیین کننده نیاز یا عدم نیاز به پوشش ارزیابی گردیده است.

ساختمان خاک بر اساس درجه بهم پیوستگی عناصر و ذرات تشکیل دهنده تعریف میگردد. جهت تحلیل وضعیت ساختمان خاک از نظر انتخاب کاربرد فیلتر و مواد پوشاننده میبایستی در آزمایشات مزرعه‌ای ضرورت و عدم ضرورت آنرا مورد ارزیابی قرار داد.

در خاکهای دارای ساختمان مناسب ولی شرایط رطوبتی زیاد در جریان کارگذاری و نصب لوله های زهکشی علیرغم درجه بهم پیوستگی خوب ذرات نیاز به پوشش الزامی میباشد.

در خاکهای سدیک علاوه بر لزوم به فیلتر توجه به ضخامت آن نیز در منابع مختلف توصیه شده است.

جدول شماره ۱ـ استعداد ذرات معدنی به رسوبگذاری در لوله های زهکشی

نوع خاک	استعداد رسوبگذاری	درصد و اندازه ذرات		
		Clay <2 μ	Silt 2-20 μ	Sand 20-0.6mm
Sand, Sandy Loam, Loamy Sand	قابل ملاحظه	<8%	<25	>70%
Sand, Sandy Loam, Loamy Sand	ناچیز	8-10%	<20%	>70%
Loamy Sand, Sandy Loam, Loamy Silt	قابل ملاحظه	<8%	25-55%	40-70%
Sandy Loam, Loamy silt Silt Loam	ناچیز	8-12%	20-55%	35-75%

۳-۳-۲- *جنبه های هیدولیکی*

اگر چه تأثیر عوامل مربوط به خاک در ارتباط با رسوبگذاری و گرفتگی لوله ها از عوامل اصلی است ولی فاکتور لوله و جنبه های هیدرولیکی پوشش نیز از عوامل تأثیر گذار در گرفتگی و ترسیب مواد درون لوله زهکش میباشد.

با افزایش قطر لوله و تعدد منافذ موجود روی لوله و یا پوشش تمرکز جریان در مجاورت زهکش کمتر و موجب تقلیل سرعت آب میگردد. بطور کلی افزایش شعاع خارجی حد فاصل زهکش و مواد بستر و سهولت جریان به درون لوله توسط منافذ موجود از طریق پوشش امکان پذیر میباشد.

۳-۳-۳- *عوامل شیمیائی و میکروبیولوژیکی*

کارکرد پوششهای مصنوعی در اثر تخریب شیمیائی، میکروبیولوژیکی میتواند دچار اشکال گردد. خطر گرفتگی توسط رسوبات آهن، آهک و سولفات بستگی به خصوصیات خاک و آب زیرزمینی دارد. همچنین فعالیت میکروبیولوژیکی در خاک اوضاع محیط زهکش از نظر وضعیت تغییر شرایط غیر هوازی به هوازی

جدول شماره ۲ـ طبقه بندی خاکها از نظرنیاز به فیلتر و پوشش *(SCS)*

طبقه‌بندی یونیفاید (علامت گروه)	نوع خاک	نیاز به فیلتر	نیازبه‌پوشش
SP(Fine) SM(Fine) ML MH	ماسه بادانه‌بندی ضعیف ،ماسه شنی ماسه‌سیلتی، ماسه با دانه‌بندی ضعیف مخلوط بامیلت سیلت غیرارگانیک وماسه ریز، آردسنگ ،ماسه ریزسیلتی یا رس یاسیلت رسی‌همراه باکمی‌پلاستیسیته سیلت غیرآلی،خاکهای‌سیلتی‌یاماسه ای دیاتم‌یامیکائی،سیلت الاستیک	به فیلتر احتیاج دارند	درجائی که فیلترشن‌وماسه وجوددارد‌نیاز به‌پوشش‌نیست امامکن است درلوله‌های زهکشی قابل انعطاف و - انواع دیگر نیازبه‌پوشش باشد.
GP SC GM SM(coarse)	شن بامخلوط شن وماسه‌بادانه‌بندی بد همراه‌مقدارخیلی کمی مواد ریزدانه ماسه رسی،مخلوط ماسه و رس شن سیلتی،شن‌بادانه‌بندی ضعیف مخلوط بامامه‌وسیلت ماسه‌سیلتی ماسه بادانه بندی بد مخلوط با سیلت	بصورت موردی در محل بایستی تصمیم‌گیری شود	درجائی که فیلترشن‌وماسه وجوددارد‌نیاز به‌پوشش‌نیست امامکن‌است درلوله‌های زهکشی قابل انعطاف و- انواع دیگر نیازبه‌پوشش باشد.
GC CL SP,GP(coarse) GW SW CH OL OH PT	شن رسی، مخلوط شن - ماسه - رس رس‌غیرآلی با پلاستسیته کم تا متوسط ، رس شنی، رس ماسه ای رس‌سیلتی، رس لاغر همانند SP و GP(نوق‌الذکر) شن بادانه‌بندی خوب ، مخلوط شن ماسه،همراه با کمی‌مواد ریزدانه ماسه بادانه بندی خوب - ماسه شنی‌یامقدارخیلی‌کمی موادریزدانه رس‌غیرآلی با پلاستسیته زیاد سیلت آلی و رس سیلتی آلی با پلاستسیته کم رس آلی با پلاستسیته متوسط تا زیاد، سیلت آلی پیت یا سایر خاکهای آلی	نیاز ندارد	اختیاری‌نیست ممکن است در لوله‌های انعطاف پذیر نیاز باشد

برروی جنس مصالح بکار رفته در پوششها مؤثر است. فساد پذیری پوششهای آلی و تشکیل صمغ های نفوذ ناپذیر از سایر موارد مهم در انتخاب نوع پوشش و قبل از آن آگاهی به شرایط محیط زهکشی انکار ناپذیر میباشد.

۳-۳-۴- *مسائل متفرقه*

با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی، تقلیل شیب هیدرولیکی و مسائل اجرائی ضخامت توصیه شده جهت پوششهای معدنی بین ۸ تا ۱۰ سانتیمتر میباشد.

در ارتباط با کارآئی زهکشهای زیرزمینی از نظر جذب آب و مقابله با پدیده تصفیه و سهولت جریان بدرون لوله پوشش کامل اطراف لوله دارای راندمان ۱۰۰ درصد میباشد.

جدول شماره ۳-

بافت خاک	خصوصیات تشریح خاک	حداقل هدایت هیدرولیکی m/d
Medium Sand	ماسه نرم، ذرات ماسه را بصورت مجزا میتوان به آسانی تشخیص داد. با فشار به نمونه توسط دست در حالت خشک و خیس، نمونه بشکل کلوخه در نمی‌آید.	۳۰
Loamy Sand	ماسه نرم، ذرات ماسه بصورت مجزا قابل مشاهده و با احساس می‌باشد. خاک شامل مقدار کمی رس و سیلت می‌باشد. نمونه خشک شکل‌پذیر نبوده ولی نمونه مرطوب با فشار انگشتان دست به راحتی خرد می‌شود.	۲۲
Sandy Loam	دارای ماسه زیاد، ذرات ماسه قابل احساس و مشاهده می‌باشد. بعلت وجود رس و سیلت خاک چسبنده است نمونه خشک خاک در اثر فشار انگشتان دست از هم متلاشی می‌شود. نمونه مرطوب در دست شکل خود را حفظ می‌کند.	۱۵
Loam	حاوی مقداری ماسه، رس و سیلت بمیزان تقریبا" برابر دارای حالت نرم و شکل‌پذیر کلوخه‌های خاک در - حالت خشک در اثر فشار خرد می‌شود.	۹
Silt loam	درحالت مرطوب نرمی آن قابل احساس است. حاوی مقدار کمی ذرات ریز ماسه و رس که حالت شکل‌پذیری دارد در حالت خشک کمی سفت ولی کلوخه‌ها براحتی شکسته میشود. هنگام خرد شدن نرمی آن قابل احساس بوده و بصورت پودری درمی‌آید. در - شرایط مرطوب حالت روان‌داشته و بصورت مابونی است. درحالت خشک و مرطوب کلوخه‌های آن قابل جابجائی است. درزمان رطوبت کافی بین انگشتان دست خرد شده و نوار تشکیل نمی‌شود.	-
Clay Loam	درزمان مرطوب شکل‌پذیری خوبی دارد. نمونه‌های خشک آن به توده‌های سخت خرد می‌شود. درحالت مرطوب بصورت توده متراکم و خمیری در می‌آید	۶

در خصوص هدایت هیدرولیکی پوشش تجارب نظر بخوبی گویای این واقعیت است که هدایت هیدرولیکی پوشش میبایستی ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بیش از هدایت هیدرولیکی خاک باشد.

وینگر و رایان (Winger and Rayan) از USBR بر اساس آزمایش و تجارب مختلف در سال ۱۹۷۵ حداقل هدایت هیدرولیکی مورد لزوم را جهت خاکهای مختلف بصورت جدول شماره ۳ ارائه نمودند.

۳-۳-۵- *موازین کلی انتخاب نوع پوششها*

در مباحث پیشین تأثیر عوامل مختلف بهمراه ملاحظات فنی در خصوص پوششهای گوناگون مورد بررسی قرار گرفت. آنچه در این قسمت بصورت جمع بندی شده ارائه میگردد، توصیه های عمومی در ارتباط با انواع پوششها است.

فاکتورهای مرتبط با انتخاب نوع مواد پوششی شامل پایداری و ساختمان خاک، بافت، میزان رس و مواد آلی، درجه تکامل خاک، اسیدیته، شرایط کارگذاری و غیره میباشد.

– معیار پایداری خاکدانه ها وجود مقادیر رس میباشد که در کشورهای مختلف حدود متفاوتی در نظر گرفته میشود.

– در خاکهای لومی پوششهای ورقه‌ای بعلت امکان انسداد توصیه نمیگردد.

– در خاکهای لومی دارای بافت درشت پوششهای ورقه ای (فیلتر) جهت ممانعت از ورود ذرات توصیه میگردد.

– در مناطقی که خطر شدید گرفتگی برای پوشش پیش بینی شود استفاده از پوششهای حجیم مناسب خواهد بود و یا اینکه استفاده از پوششهای (مصنوعی) سنتتیک مناسب میباشد.

– در شرایطی که عامل خیز از کف زهکشها جدی باشد علاوه بر کاربرد پوششها، تمهیداتی در ارتباط با حفاظت خطوط زهکشی اصل اجتناب ناپذیر میباشد.

– در خاکهای جوان و تکامل نیافته و یا فاقد ساختمان و دارای هدایت هیدرولیکی کم کاربرد پوششهای حجیم قابل توصیه است.

– توجه به میزان مواد آلی خاک و PH محیط پیش بینی های لازم در ارتباط با فسادپذیری پوشش مسئله جدی میباشد.

– در خاکهای توربی خطر گرفتگی پوششهای ورقه‌ای نازک توسط مواد حاصل از تجزیه عناصر آلی شدیدتر از پوششهای حجیم است.

علاوه بر موارد فوق الذکر توجه به فاصله زهکشها، دسترسی به مواد پوششی، ملاحظات اقتصادی، تکنیک های کارگذاری، شرایط کارگذاری و کیفیت شیمیائی آب زیرزمینی مسائلی است که در سالهای اخیر مورد توجه برنامه ریزان و مهندسین زهکشی قرار گرفته است. بنابراین در نظر گرفتن ویژگیهای طرح و شرایط منطقه عمل از عوامل تعیین کننده پایداری سیستمها خواهد بود.

۴- طراحی پوششها

معیارهای طراحی پوششهای معدنی و مصنوعی بعلت تفاوت در مصالح اولیه و همچنین عامل تخلخل دارای تفاوتهای اساسی است. در ارتباط با پوششهای معدنی اولین بار آقای ترزاقی[۱] در سال ۱۹۲۲ مکانیسمی را که بر پایه تئوری رگاب[۲] و نفوذ در سازه های هیدرولیکی استوار بود آغاز و توسعه داد. بدین ترتیب ترزاقی پایه‌گذار طراحی فیلتر در زمینه زهکشی اراضی، شن ریزی چاهها و غیره بود که بتدریج معیارهای وی مورد آزمایش قرار گرفت و توسعه یافت.

در این قسمت از مقاله خطوط اصلی معیارهای طراحی پوششهای معدنی و آلی ارائه میگردد.

۴-۱- معیارهای طراحی پوششهای معدنی

جهت طراحی پوششهای معدنی ظوابط مختلفی توسط سازمانهای تحقیقاتی بین‌المللی و دانشمندان مختلف ارائه شده که بسته به شرایط، برخی از آنها را میتوان در طراحی بکار گرفت.

ضوابط سازمان حفاظت خاک امریکا (SCS)، دفتر عمران اراضی امریکا (USBR) و آزمایشگاه

۱- *Terzaghi*

۲- *Piping*

تحقیقات راه انگلستان (PRL) از جمله معیارهای انتخاب پوششهای معدنی میباشد. در جدول شماره ۴ خلاصه معیارهای طراحی پوششهای معدنی تعدادی از کشورها و سازمانهای بین المللی ارائه گردیده است.

در ارتباط با سه ضابطه معروف یعنی USBR,SCS و RRL لازم به ذکر است که معیار USBR درشت ترین ترکیب دانه بندی را نسبت به دو ضابطه دیگر دارد.

ضابطه PRL عموماً RRL عموماً برای کارهای مهندسی سیویل بکار برده میشود.

۴-۲- طراحی پوششهای آلی و مصنوعی

معیارهای طراحی پوششهای معدنی (گرانولار) برای پوششهای الیافی و مصنوعی قابل کاربرد نبوده و طراحی اینگونه پوششها تا حدودی به تئوری و یافته های تجربی و آزمایشگاهی استوار است.

جهت طراحی پوششهای الیاف تنیده و ساخته شده از مواد آلی ومصنوعی سه روش وجود دارد.

- بررسیهای تئوریکی
- تحقیقات در مزارع آزمایشگاهی
- تحقیقات ازمایشگاهی

الف - بررسیهای تئوریکی

در این روش تجزیه و تحلیل ریاضی جریان از محیط متخلخل بدرون زهکش زیرزمینی بر اساس قانون دارسی و داده های حاصل از وضعیت جریان صورت میگیرد. در بررسیهای تئوریکی توجه به الگوی جریان و شکل ورود آن بدرون لوله از میان سوراخها و اتصالات مابین آن اهمیت دارد.

تأثیر ضخامت پوشش و اثر متقابل آن در کاهش و یا افزایش مقاومت ورودی از دیگر روشهای بررسی تئوریکی است.

ب - تحقیقات حاصل از مزارع آزمایش

تحقیقات مزارع حاصل از مزارع آزمایشی معمولاً در یک ناحیه خاص قابل اتکا است . بنابراین تصمیم نتایج تحقیقات مزارع آزمایشی از یک ناحیه به ناحیه دیگر میبایستی با احتیاطهای لازم انجام گیرد.

ج - تحقیقات آزمایشگاهی

معمولی ترین مدلهائیکه برای آزمایش پوشش در آزمایشگاه بکار برده میشود، مخزن شن و وسیله اندازه‌گیری جریان میباشد. اساس کلیه روشهای آزمایشگاهی مبتنی بر قانون دارسی است. آزمونهای آزمایشگاهی به علت دستیابی سریع به نتیجه ترجیح داده میشود.

ضمن اینکه هزینه بررسیهای آزمایشگاهی بمراتب کمتر از مزارع آزمایشی میباشد.

۴-۲-۱ - موارد مهم در طراحی و انتخاب پوششهای مصنوعی

در طراحی و انتخاب پوششهای مصنوعی توجه به محل هیدرولیکی پوشش و عمل مکانیکی آن راهنمای کاربرد میباشد.

در خصوص عمل هیدرولیکی ضخامت پوشش و تأثیر آن درکاهش مقاومت ورودی، مقادیر هدایت هیدولیکی پوشش و وضعیت خطوط جریان در محیط پوشش اهمیت دارد.

در ارتباط با عمل مکانیکی پوششهای مصنوعی مسئله انسداد پوشش اهمیت پیدا می‌کند.

ظرفیت، یک ماده پوششی جهت نگهداری ذرات خاک با نسبت اندازه ویژه منافذ پوشش به اندازه ویژه ذرات خاک بیان میگردد.

جدول ۲ — خلاصه معیارهای طراحی پوشش‌های معدنی

معیار	نوع پوشش	ضابطه طراحی	سایر موارد
طرز افی وکروه مهندسین امریکا (Us Corps of Engineers)	پوشش معدنی	D15 env / --------- ≥4 / D15 Soil D15 env / --------- <4 / D85 Soil	مواد پوششی بیش از ۱۰ برابر نفوذپذیرتر از مواد اصلی (خاک) باشد.
(USBR-1955) براساس دفتر کار پوف	پوشش یکنواخت (طبیعی)	D50 env / ---------=5-10 / D50 Soil	حداقل ضخامت پوشش‌ها ۴ اینچ
	پوشش دانه‌بندی‌شده (طبیعی)	D50 env / ---------=12-58 / D50 Soil	
	پوشش دانه‌بندی‌شده (از سنگ‌شکسته)	D50 env / ---------=9-30 / D50 Soil	هرگز بیش از ۵ درصد مواد کوچکتر از ۰/۷۰ میلیمتر نباشد.
	پوشش دانه‌بندی‌شده (از سنگ‌شکسته)	D15 env / ---------=6-18 / D15 Soil	

(USBR-1978)

۰/۶ درصد عبوری مواد اصلی (خاک) (قطر ذرات بر حسب mm)	محدوده دانه‌بندی مواد پوشاننده (قطر ذرات بر حسب میلیمتر)												پوشش انتخابی عاری از گل ولای و بقایای گیاهی باشد و حداکثر مواد باقیمانده از مرحله ۱/۵ اینچ عبور کند بیش از ۵ درصد مواد از مرحله ۰/۷۴ عبور نکند
	حد پائین						حد بالا						
	درصد عبوری						درصد عبوری						
	0	5	10	30	60	100	0	5	10	30	60	100	
0.02 - 0.05	.074	.3	.33	0.81	2	9.52	.59 -	2.5	8.7	10	60	38.1	
0.05 - 0.10	.074	.3	.38	1.07	3	9.52	.59 -	3.0	10.4	12	60	38.1	
0.10 - 0.25	.074	.3	.40	1.30	4	9.52	.59 -	3.8	13.1	15	60	38.1	
0.25 - 1.00	.074	.3	.42	1.45	5	9.52	.59 -	5.0	17.3	20	60	38.1	

ضریب یکنواختی پوشش در مورد ماسه Cu>۴
ضریب یکنواختی پوشش در مورد شن Cu>۶
ضریب انحنا در مورد ماسه و شن Cc=۱ تا ۳

ادامه جدول ۴ — خلاصه معیارهای طراحی پوشش‌های معدنی

معیار	نوع پوشش	رابطه طراحی	سایر موارد
SCS	پوشش دانه‌بندی‌شده	$\frac{D50\ env}{D15\ Soil} = 12\text{-}58$	حداقل ضخامت پوشش ۴ اینچ و کمتر از ۱۰ درصد مواد کوچکتر از ۲۰۰ میلیمتر باشد
	پوشش دانه‌بندی‌شده	$\frac{D15\ env}{D15\ Soil} = 12\text{-}40$	
	پوشش یکنواخت	$\frac{D85\ env}{D85\ Soil} = \leq 5$	حداقل قطر سوراخهای زهکش باید حدی کوچکتر از ۸۵ درصد پوشش باشد. ۱۰ درصد مواد از سرند 1.5 اینچ بگذرد. ۹۰ درصد مواد از سرند 3.4 بگذرد. D5 env>0.42 mm باشد.
قوانین گفته شده	پوشش معدنی	$\frac{D15\ env}{D15\ Soil} = \geq 4$ $\frac{D15\ env}{D50\ Soil} = \geq 3$	
قوانین اعلام شده توسط برترام (Bertram 1940)	برای ذرات یکنواخت با فشردگی ۸۵ درصد	$\frac{D15\ env}{D15\ Soil} \simeq 9$	
		$\frac{D15\ env}{D85\ Soil} \simeq 6$	
	برای خاک خوب دانه‌بندی‌شده و مواد پوشش یکنواخت	$\frac{D15\ env}{D15\ Soil} \simeq 26$	Cu<1.78
		$\frac{D15\ env}{D85\ Soil} \simeq 6$	

ادامه جدول ۴ — خلاصه معیارهای طراحی پوشش‌های معدنی

معیار	نوع پوشش	ضابطه طراحی	سایر موارد
آزمایشگاه دفن زباله راه انگلستان (ARL)	ملاکهای عمومی پوشش معدنی	D15 env ≤5 D85 Soil D15 env ≤20 D15 Soil D50 env ≤25 D50 Soil D15 env ≥5 D15 Soil	حداکثر فضای مخلخل پوشش ۱۲ درصد و کمتر از ۱۰ درصد مواد کوچکتر از ۲/۰ میلیمتر باشد
	برای خاک یکنواخت Cu≤1.5	D15 env ≤6 D85 Soil D15 env ≤20 D15 Soil D50 env ≤25 D50 Soil D15 env ≥5 D15 Soil	
	برای خاک با دانه بندی خوب Cu≥4	D15 env ≤5 D85 Soil D15 env ≤40 D15 Soil D50 env ≤25 D50 Soil D15 env ≥5 D15 Soil	حداکثر اندازه ذرات پوشش باید کوچکتر یا برابر 0.83 D85 env باشد.

۵- نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه انواع پوششها و فیلترها

یکی از روشهای انتخاب نوع ماده پوششی مناسب با شرایط علاوه بر در نظر گرفتن جنبه های اقتصادی، سهولت دستیابی و تهیه مصالح مورد نیاز شرایط خاک و محیط استفاده از نتایج تحقیقات انجام شده و مشابه سازی تقریبی شرایط میباشد. در راستای هدف فوق در این قسمت از مقاله خلاصه نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه مقایسه معیارها انتخاب مصالح معدنی، مقایسه پوششهای مختلف آلی، مصنوعی و معدنی ارائه میگردد.

۵-۱- مقایسه مشخصات و ویژگیهای پوشش زهکشها بر اساس معیارهای SCS و USBR

با توجه به مطالب پیش گفته معیارهای انتخاب پوششهای معدنی بر پایه ضوابط USBR و SCS در اندازه ذرات انتخابی دارای تفاوتهائی است.

بمنظور بررسی ضوابط منابع فوق الذکر آزمایش انجام شده برروی تعداد پنج نمونه خاک مربوط به قسمتی از اراضی دره cache در ایالت یوتا منجر به نتایجی گردیده که ذیلاً مهمترین جنبه های آن ارائه میگردد.

در شکل شماره ۲- توزیع دانه بندی خاکهای مورد آزمایش نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده بشرح ذیل میباشد.

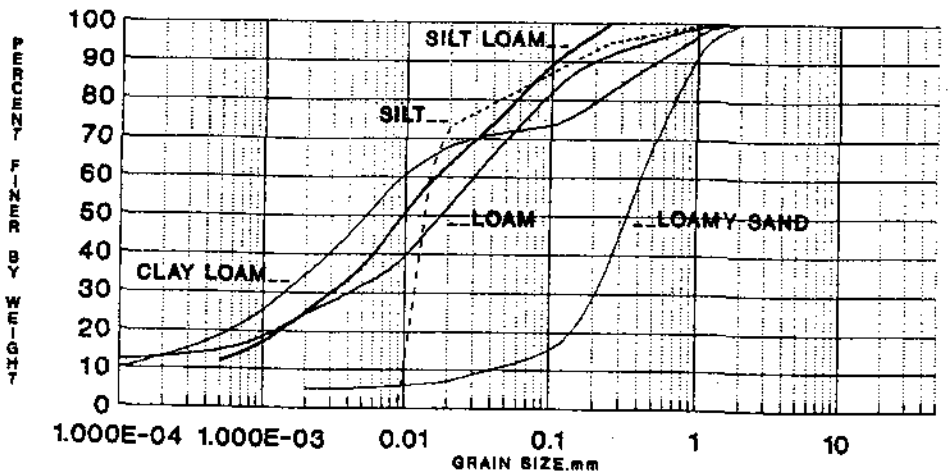
- هر دو ضابطه جهت خاکهای با بافت درشتتر قابل قبول و راضی کننده است.
- محدودیت ریز بودن مواد پوششی در معیار SCS از نظر هدایت هیدرولیکی قابل قبول بوده اما فی الواقع جهت کلیه خاکهای ریز بافت نمیتواند پایدار باشد.
- بر عکس هدایت هیدرولیکی که به افزایش درشتی ذرات افزوده میشود، شیب شکست هیدرولیکی[۱]

۱- شیب شکست هیدرولیکی در واقع پارامتری جهت بیان مقاومت ورودی و افت انرژی در جریان آزمایش روی نمونه های خاک میباشد.

کاهش خواهد یافت.

- غیر از خاکهای ریز هر دو ضابطه از نظر نقطه توقف شیب شکست هیدرولیکی در آزمایشگاه نتایج قابل مقایسه ای را ارائه مینماید.

- بطور کلی ضابطه USBR درشتترین ترکیب دانه بندی را نسبت به SCS ارائه میکند.



شکل شماره ۲ـ منحنی های توزیع اندازه ذرات پنج نمونه خاک

۵-۲- نتایج تحقیقات انجام شده در پروژه گجرات هند

نتایج حاصل از مزارع آزمایشی و بررسیهای صحرائی راهنمای بسیار مناسبی جهت ارزیابی کارائی پوششهای مختلف بوده و در شرایط انطباق وضعیت نواحی دارای خصوصیات یکسان با نتایج مزارع آزمایشی میتوان به راهنمائی های کاربردی دست یافت.

در بررسیهای صحرائی مربوط به ایالت گجرات هند در خصوص مقایسه انواع پوششها، شامل گراول دانه بندی شده، ژئو تکستایل، توری و الیاف نارگیل در زمینه مقاومت ورودی و میزان رسوبگذاری در درون

زهکشها نتایج ذیل حاصل گردیده است.

در ارتباط با مقاومت ورودی: مقاومت ورودی گراول در طی سه سال (دوره آزمایش) با گذشت زمان کاهش که مؤید بهبود وضعیت در اثر گذشت زمان میباشد.

مقاومت ورودی ژئوتکستایل طی سال دوره آزمایش مقادیر نسبتاً ثابتی نشان داده که حاکی از کارکرد ثابت ژئوتکستایل میباشد.

- پوشش توری پلاستیکی از نظر مقاومت ورودی به ترتیب در سالهای اول و دوم و سوم (سالهای آزمایش) مبین این واقعیت است که علیرغم بالا بودن مقاومت ورودی این نوع پوشش با گذشت زمان نیز بر میزان آن افزوده میشود.

- میزان مقاومت ورودی الیاف نارگیل طی سالهای اول و دوم جزئی کاهش داشته که سال سوم مجدداً افزایش می‌یابد. وقوع این پدیده نشان دهنده فساد پذیری الیاف نارگیل میباشد. حرکت مواد بدرون لوله نتایج بررسیها نشان داده که این پدیده کاملاً متاثر از نوع پوشش میباشد. بطوریکه حداقل میزان رسوبات در لوله های زهکشی مربوط به لوله های پوششی شده با ژئوتکستایل و حداکثر آن مربوط به الیاف نارگیل بوده است. توری پلاستیکی و گراول پس از ژئوتکستایل به ترتیب در مرتبه دوم و سوم قرار داشتند.

۵-۳- آزمایشات پیشنهادی منابع فرانسوی

پیشرفت مصالح مصنوعی بکار رفته در سیستمهای زهکشی در ارتباط تنگاتنگ با تحقیقات صحرائی منجر به ارتقاء کیفیت مصالح گردیده بطوریکه استانداردهای فرانسوی برای کنترل کیفیت ژئوتکستایل ها و همچنین انتخاب آن جهت کاربرد در سیستمهای زهکشی سه نوع آزمایش بشرح زیر را معرفی نموده است.

- آزمایش خصوصیات : به جهت اندازه گیری خواص فیزیکی از قبیل تعیین جرم به سطح، ضخامت، حدود هدایت هیدرولیکی ، اندازه و توزیع خلل و فرج

- آزمایش قابلیت زهکشی : به جهت رطوبت پذیری (Wettability) و تصفیه (Filtration).

- آزمایش مناسب بودن عمدتاً بمنظور دستیابی به تناسب بین خاک محل استقرار زهکش و پوشش انتخابی از نظر خطر انسداد، افت بار حد فاصل بین خاک و ژئوتکستایل پیشنهاد شده است.

کلیه موارد فوق الذکر در شرایط آزمایشگاه و کاربرد دستگاههای نفوذ سنج و مخزن شن عملی میباشد.

۵-۴- تجربه طراحی پوشش زهکشهای زیرزمینی در فوردواه سایکیای پاکستان

علاوه بر جنبه های فنی انتخاب و طراحی پوششها مقایسه کلیه حالتهای ممکن در بکاربری امکانات محلی، هزینه های تهیه مصالح، حمل و نقل از عواملی است که میبایستی در طرحها بکار گرفته شود. در چنین شرایطی انتخاب واقعی اقتصادی و محلی میسر میگردد.

پروژه فوردواه سادیکیای (FARDWAH SADIQIA) پاکستان متدلوژی مناسبی را جهت انتخاب پوشش ارائه میکند. مراحل مختلف در پروژه فوق بشرح زیر میباشد.

- شناخت شرایط هیدروژئولوژیکی محدوده طرح.
- شناخت فیزیوگرافی و منابع قرضه جهت مصالح رودخانه ای و مسائل مربوط به هزینه های حمل و نقل.
- بررسی و ترکیب مصالح رودخانه ای و امکان کاربرد آن بعنوان پوشش.
- شناخت ویژگیهای دقیق خاک و در صد ذرات متشکله آن.
- انجام آزمایشات فیزیکی برروی مصالح مصنوعی و آزمایشات آزمایشگاهی برروی مصالح مصنوعی.
- کاربرد توام مصالح مصنوعی با مواد معدنی.
- ارزیابی اقتصادی مصالح مختلف و انتخاب نهائی پوشش مناسب.

۵-۵- تجربیاتی در مورد پوشش مکانیکی لوله ها در مصر

سازمان پروژه های زهکشی مصر (Epadp) براساس جمع بندی تجربه کاربرد پوشش معدنی در پروژه های زهکشی در زمینه استفاده رضایتبخش از مواد معدنی و هزینه های تهیه در سال ۱۹۹۰ بررسی و ارزیابی امکانات تولید داخلی و استفاده از مصالح مصنوعی را به موسسه تحقیقات زهکشی واگذار نمود.

در همین راستا موسسه مزبور امکان تولید داخلی و بکارگیری مناسبترین تکنولوژی ساخت و لفاف کردن لوله ها را در دستور کار قرار داد و ضمن هماهنگی و همکاری مشترک با کارخانه فیلترهای زهکشی هرمن در هلند، شالوده "پروژه مزرعه آزمایشی و تکنولوژی DTPA" پی ریزی شد.

آنچه بعنوان نتیجه گیری میتوان در ارتباط با تجربه مصر بیان کرد موضوع کنترلهای لازم طی پروسه

تولید و عرضه مصالح مصنوعی است.

کنترل های لازم که در تجربه مصر مورد توجه قرار گرفته بشرح زیر میباشد.

کنترل ورودی: این کنترل شامل نوع لوله، جنس ماده پوششی، نخ پوشاننده و بسته بندی میباشد.

کنترل محصول: کنترل محصول در واقع کیفیت پوشش شده محصول از نظر یکنواختی توزیع در سطح لوله، نحوه و کیفیت نخ پیچیده شده بدور پوشش مصنوعی، فاصله نخها، میزان تولید و نوع بسته بندی لوله های آماده شده را در بر می‌گیرد.

کنترل ذخیره و حمل و نقل، مربوط به پروسه پایانی تولید و کاربرد در مزرعه ها میباشد.

کنترل در زمین : محصولات آماده قبل از کاربرد از نظر آسیب های وارده طی مراحل تولید تا کاربرد در شرایط مزرعه تحت کنترل قرار میگیرد. م/س.

فهرست منابع

۱- بازاری، محمد ابراهیم، علیزاده، امین و نی ریزی، سعید (ترجمه): مهندسی زهکشی دانشگاه فردوسی (مشهد) شماره ۱۰۳(۱۳۶۷).

۲- علیزاده امین: زهکشی اراضی، دانشگاه فردوسی شماره ۹۶(۱۳۶۶).

۳- فرداد حسین (ترجمه): اصول زهکشی و کاربرد آن، جلد چهارم طراحی و مدیریت شبکه های زهکشی، نشر کتیبه، تهران (۱۳۶۵).

۴- بای بوردی، محمد، اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک، دانشگاه تهران شماره ۱۳۴۴ چاپ دوم تهران (۱۳۶۲).

۵- حق نیا، غلامحسین و علیزاده، امین (ترجمه) : مهندسی خاک و آب ، دانشگاه فردوسی شماره ۱۰۶ مشهد (۱۳۶۸).

۶- اکرم مجتبی ، پلی کپی درس مهندسی زهکشی، دانشگاه تهران - دانشکده کشاورزی ۱۳۷۰

منابع مورد استفاده (خارجی)

1- Drainage Manual : A water Resources Technical Publication U.S. Department of the Interuir Bareau of Reclamation (1978)

2- Dieleman P.J and Trafford .B.D: Drainage Testing, Irrigation and Drainage paper NO.28,FAO.Rome,(1984)

3- Drainage of Agricultural Land^ Soil Conservation Service U.S. Department of Agricultuer. Washington.D.C 91972)

4- Wessling, J: proceedings of the International Drainage works hop, ILRI, Wageningen (1979)

5- Vlotman. W.F: proceedings 5th International Drainage workshop. Volume III, Lahore, Pakistan.(1992)

6- Drainage Design and management: proceeding of the Fifth National Drainage Symposium, American Socity of Agricultural Engineers (ASAE), December.14-15, 1987 Hyatt Regency Chicago in Illinois center.

7- Drainage, handbook^ Advanced Drainage System, Inc Northwest Regional Office, Ohio copyright 1978

8- Drainage Materials^ 30th International course on land, wageningen- the Netherlands,(1991)