استفاده از لوله‌های کم‌فشار در آبیاری سطحی

ترجمه و تدوین:
گروه کار توسعه و مدیریت سیستم‌های آبیاری
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره انتشار: ۷۵
تابستان ۱۳۸۲

٧٦٤٥
١٥

بسم الله الرحمن الرحیم

کتابخانه
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
شماره ثبت ۱۷۳۲

استفاده از لوله‌های کم‌فشار در آبیاری سطحی

ترجمه و تدوین:

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مسعود معلمی — محمدکاظم سیاهی

سعید نی‌ریزی — عزت‌الله فرهادی

علیرضا سلامت — حسین ناشر

احمد جعفری — علیرضا دلال‌زاده

حمید خیابانی — وحید داسدار

شماره انتشار ۷۵

۱۳۸۲

وزارت نیـرو
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ون بنتم، رابرت Van Bentum. Robert

استفاده از لوله‌های کم‌فشار در آبیاری سطحی / رابرت ون بنتم، ایان اسمات؛ ترجمه و تدوین مسعود معلمی ... [و دیگران]؛ بازخوانی و ویرایش محمدکاظم سیاهی، وحید داسدار. ـ تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۲.

ژ، ۲۶۱ ص.: مصور، جدول، نمودار. ـ (کمیته ملی آبیاری و زهکشی. شماره انتشار؛ ۷۵)

ISBN 964-6668-40-2

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیپا.

عنوان اصلی: Buried pipelines for surface irrigation.

کتابنامه: ص. [۲۴۹]-۲۶۱.

۱. آبیاری -- مهندسی. ۲. آبیاری. ۳. خطوط لوله زیرزمینی. الف. اسمات، ایان Smout, Ian k. ب. معلمی، مسعود. مترجم. ج. سیاهی، محمدکاظم، ویراستار. د. داسدار، وحید، ویراستار. هـ کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. و. عنوان.

۵ الف ۸۵ و / TC۸۰۵ ۶۲۷/۵۲

۱۳۸۲

کتابخانه ملی ایران ۸۲-۶۰۴۸م

نام کتاب: استفاده از لوله‌های کم‌فشار در آبیاری سطحی

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول: بهار ۱۳۸۲

حروف‌چینی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شابک: ۹۶۴-۶۶۶۸-۴۴-۵

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

فهرست فصل‌ها

عنوان	شماره صفحه
فصل اول ـ سیستم‌های توزیع آب با لوله زیرزمینی در آبیاری سطحی	۱
فصل دوم ـ انتخاب سیستم توزیع	۲۵
فصل سوّم ـ برنامه‌ریزی و طراحی سیستم	۶۳
فصل چهارم ـ طراحی هیدرولیکی	۸۳
فصل پنجم ـ ملاحظات طراحی سازه‌های وابسته	۱۱۱
فصل ششم ـ اجرای سیستم	۱۵۹
فصل هفتم ـ ملاحظات پس از ساخت	۱۹۱
فصل هشتم ـ تحلیل هزینه سیستم‌های توزیع آبیاری با لوله زیرزمینی	۲۰۱
فصل نهم ـ گرایش در جهت ارتقاء و توسعه سیستم‌های با لوله زیرزمینی	۲۱۷
پیوست ۱ـ جنس لوله‌های مورد استفاده در سیستم‌های توزیع با لوله زیرزمینی کم‌فشار	۲۲۱
پیوست ۲ـ مثال طراحی یک سیستم لوله بسته	۲۳۱
پیوست ۳ـ مثال طراحی یک شیر شناور برای سیستم لوله نیمه بسته	۲۴۱

فهرست مطالب

عنوان — شماره صفحه

فصل اول ـ سیستم‌های توزیع آب با لوله زیرزمینی در آبیاری سطحی ۱
۱ـ۱ـ مقدمه ۱
۱ـ۲ـ سیستم‌های توزیع آب در آبیاری سطحی ۱
۱ـ۳ـ انواع سیستم‌های توزیع آب با لوله ۳
۱ـ۳ـ۱ـ کلیات ۳
۱ـ۳ـ۲ـ کنترل فشار ۶
۱ـ۳ـ۳ـ جانمائی شبکه (شاخه‌ای یا حلقوی) ۶
۱ـ۳ـ۴ـ سیستم توزیع درجه ۴ ..... ۸
ـ نهرهای خاکی ۸
ـ لوله‌های سطحی ۸
ـ شیلنگ‌های سطحی ۸
ـ لوله‌های دریچه‌دار ۸
۱ـ۴ـ بهره‌برداری از سیستم توزیع با لوله زیرزمینی ۹
۱ـ۵ـ توسعه و سابقه کاربرد سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در آبیاری سطحی ۱۰
۱ـ۶ـ مقایسه نهرهای روباز و سیستم‌های توزیع لوله زیرزمینی ۱۱
۱ـ۶ـ۱ـ عملکرد سیستم‌های توزیع با نهرهای روباز ۱۲
ـ نهرهای خاکی ۱۲
ـ نهرهای پوشش‌دار ۱۲
۱ـ۷ـ منافع، نقاط قوت و معایب سیستم‌های لوله زیرزمینی ۱۲
۱ـ۷ـ۱ـ منافع کیفی ۱۴
ـ کلیات ۱۴
ـ محیط زیست ۱۴
۱ـ۷ـ۲ـ معایب ۱۵
۱ـ۷ـ۳ـ منافع قابل کمی شدن ۱۶
ـ اندمان‌های توزیع و انتقال ۱۶
ـ کاهش تلفات زمین ۱۷
ـ هزینه‌های کمتر ۱۷
ـ سرمایه ۱۸
ـ هزینه‌های نگهداری ۱۸

۱ـ۸ـ جنس لوله و روش ساخت ۱۸
۱ـ۹ـ طبقه‌بندی سیستم‌های لوله زیرزمینی ۱۹
۱ـ۹ـ۱ـ تعریف سیستم از نظر فشار (کم فشار، متوسط و فشار زیاد) ۱۹
ـ سیستم‌های کم‌فشار ۱۹
ـ سیستم‌های فشار متوسط ۲۰
ـ سیستم‌های فشار زیاد ۲۰
۱ـ۹ـ۲ـ طبقه‌بندی سیستم‌های لوله زیرزمینی با فشار کم ۲۰
۱ـ۱۰ـ روش‌های کنترل فشار ۲۱
۱ـ۱۰ـ۱ـ کلیات ۲۱
۱ـ۱۰ـ۲ـ سیستم‌های لوله باز ۲۲
۱ـ۱۰ـ۳ـ سیستم‌های لوله نیمه بسته ۲۲
۱ـ۱۰ـ۴ـ سیستم‌های لوله بسته ۲۲
۱ـ۱۱ـ منشاء تأمین فشار ۲۳
۱ـ۱۱ـ۱ـ نیروی ثقل ۲۳
۱ـ۱۱ـ۲ـ تلفیق نیروی ثقل و پمپاژ ۲۳
۱ـ۱۱ـ۳ـ پمپاژ ۲۳

فصل دوم ـ انتخاب سیستم توزیع ۲۵
۲ـ۱ـ مقدمه ۲۵
۲ـ۲ـ مناسب بودن سیستم لوله‌های زیرزمینی ۲۶
۲ـ۲ـ۱ـ سیستم‌های مختلف توزیع ۲۶
۲ـ۲ـ۲ـ خاک‌های با بافت درشت ۳۰
۲ـ۲ـ۳ـ منبع تأمین آب محدود و گرانبها ۳۰
۲ـ۲ـ۴ـ توپوگرافی اراضی آبخور ۳۰
۲ـ۳ـ روش‌های تنظیم جریان ورودی به سیستم‌های توزیع ۳۱
۲ـ۳ـ۱ـ تنظیم دبی ورودی به سیستم لوله باز ۳۱
۲ـ۳ـ۲ـ تنظیم دبی ورودی ثقلی به سیستم‌های لوله نیمه بسته و بسته ۳۱
۲ـ۳ـ۳ـ تنظیم دبی ورودی پمپاژ به سیستم‌های لوله نیمه‌بسته و بسته ۳۲
۲ـ۳ـ۴ـ روش موازنه دبی پمپ و مقدار تقاضا ۳۲
۲ـ۳ـ۵ـ سیستم‌های تنظیم دبی ورودی پمپاژ ۳۳
۲ـ۳ـ۵ـ۱ـ سیستم‌های دستی ۳۳
ـ روش ساده ۳۳
ـ روش مشاهده سطح آب ۳۳
۲ـ۳ـ۵ـ۲ـ سیستم‌های خودکار ۳۳

- روش مخزن هوایی روباز ۳۳
- روش مخزن هوای فشرده ۳۴
- تنظیم به وسیله فلومتر (کنتور) ۳۴
۲-۴- انتخاب سیستم بهره‌برداری و کنترل در ابتدای سیستم لوله‌ای ۳۴
۲-۴-۱- سیستم‌های با ورودی پمپاژ ۳۵
- اتصال مستقیم پمپ به شبکه (شکل ۲-۱) ۳۵
- اتصال پمپ به شبکه توسط لوله عمودی تنظیم فشار (شکل ۲-۱) ۳۵
- مخزن تأمین فشار یا برج فشار، توزیع توسط شیر کنترل تمتانی (شکل ۲-۱) ۳۵
- مخزن تأمین فشار یا برج فشار با تقسیم آب در سطح فوقانی (شکل ۲-۱) ۳۶
- مخزن هوایی همراه با لوله‌های ایستاده جداگانه (شکل ۲-۱) ۳۶
۲-۴-۲- سیستم‌های با ورودی جریان ثقلی ۴۰
- سیستم لوله نیمه بسته و بسته با کنترل دستی دبی جریان به وسیله دریچه ۴۰
- سیستم لوله نیمه بسته و بسته با کنترل خودکار سطح آب در آبگیر ۴۰
- سیستم لوله باز با شیر کنترل بر روی خط لوله ۴۰
۲-۵- روش‌های بهره‌برداری توزیع آب در سیستم‌های لوله زیرزمینی ۴۰
۲-۶- جانمایی سیستم لوله‌ای ۴۳
۲-۶-۱ جانمایی شاخه‌ای ۴۳
۲-۶-۲- جانمایی حلقوی ۴۴
۲-۷- انتخاب جنس لوله ۴۴
۲-۸- مناسب بودن جنس لوله‌های مختلف از نظر فیزیکی ۴۹
۲-۸-۱- انعطاف‌پذیری لوله ۴۹
- کلیات ۴۹
- لوله‌های پلاستیکی انعطاف پذیر ۵۱
۲-۸-۲- خوردگی لوله ۵۲
۲-۸-۳- جانمایی حلقوی یا نیاز برای کاهش مقدار تلفات نشت ۵۲
۲-۸-۴- هزینه نصب لوله ۵۲
۲-۸-۵- سهولت اجرا ۵۴
۲-۹- انتخاب اجزای سیستم ۵۵
۲-۹-۱- لوله ایستاده پمپ و مخزن تأمین فشار ۵۵
- برج فشار (مخزن تأمین فشار) ۵۵
- لوله ایستاده تنظیم فشار ۵۶
- لوله ایستاده کم فشار پمپ ۵۶
- مخزن هوایی ۵۷
۲-۹-۲- سازه‌های لوله ایستاده ۵۷

- لوله ایستاده با سرریز ۵۷
- لوله ایستاده با شیر شناور ۵۸
- لوله ایستاده دریچه‌دار ۵۸
- لوله ضربه‌گیر ۵۹
۲-۹-۳- تهویه کننده و شیرهای هوا ۵۹
- تهویه‌کننده‌های روباز ۵۹
- شیر هوا ۵۹
۲-۹-۴- پایه آبگیر ۶۰
۲-۹-۵- شیر آبگیر - شیر خروجی ۶۰
۲-۹-۶- هیدرانت ۶۰
- سازه توزیع آب (خروجی) ۶۰

فصل سوّم - برنامه‌ریزی و طراحی سیستم ۶۳
۳-۱- مقدمه ۶۳
- توجیه سیمای کلی و بررسیهای پیش نیاز طراحی ۶۳
- تهیه نقشه جانمائی لوله‌ها ۶۵
- انتخاب نهائی سیستم و کسب موافقت کشاورزان ۶۵
- طرح هیدرولیکی لوله‌ها ۶۵
- انتخاب و طراحی اجزاء سازه‌ای ۶۵
۳-۲- امکان‌یابی کلی طرح ۶۵
۳-۲-۱- اطلاعات نقشه‌ای ۶۶
۳-۲-۲- ارزیابی اجتماعی - اقتصادی ۶۷
۳-۲-۳- اهمیت عوامل اجتماعی در طراحی ۶۸
- مالکیت اراضی و حقابه‌ها ۶۸
- جانمائی سیمای طرح ۶۹
۳-۳- تهیه جانمایی خطوط لوله ۶۹
۳-۳-۱- کلیات ۶۹
۳-۳-۲- وسعت اراضی آبخور ۷۱
۳-۳-۳- دبی قابل دسترس و هیدرومدول آبیاری ۷۲
۳-۳-۴- ترکیب کشت و آب مورد نیاز گیاهان ۷۲
۳-۳-۵- راندمان توزیع سیستم‌های لوله زیرزمینی ۷۳
۳-۳-۶- مشخصات توپوگرافی ۷۳
۳-۳-۷- عوامل اجتماعی و اقتصادی ۷۳
۳-۳-۸- طول حداکثر انشعابات درجه ۴ ..... ۷۴

- نوع سیستم شبکه توزیع درجهٔ ۴ ..... ۷۵
- نوع خاک ۷۵
- کیفیت اجرای سیستم درجهٔ ۴ ..... ۷۶
۳-۳-۹- تراکم آبگیرها ۷۶
- طول انشعاب درجهٔ ۴ ..... ۷۶
- تعداد بهره‌برداران ۷۸
- توزیع اراضی قابل آبیاری در محدودهٔ تحت پوشش ۷۸
۳-۳-۱۰- مسیر خط لوله ۷۸
- یافته های کلی ۷۸
۳-۴- روش تنظیم پمپ و بهره‌برداری سیستم ۷۹
۳-۴-۱- تنظیم دستی پمپ ۷۹
- روش ساده ۸۰
- مشاهده ارتفاع سطح آب ۸۰
۳-۴-۲- تنظیم پمپ به روش خودکار ۸۰
- تنظیم با استفاده از یک مخزن هوائی روباز ۸۱
الف-تنظیم با سنسور فشار ۸۱
ب -روش تراز سطح آب ۸۱
- روش مخزن هوای فشرده ۸۲
- تنظیم با دبی سنج ۸۲

فصل چهارم - طراحی هیدرولیکی ۸۳
۴-۱- مقدمه ۸۳
۴-۲- سرعت‌های طراحی ۸۳
۴-۲-۱- حداکثر سرعت ۸۳
۴-۲-۲- حداقل سرعت ۸۴
۴-۳- شیب لوله ۸۶
۴-۴- طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته ۸۶
۴-۴-۱- تعیین فواصل و اندازه لوله‌ها برای سیستم‌های باز و نیمه بسته ۸۷
۴-۵- طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله بسته ۸۷
۴-۶- فشار قابل دسترس در ابتدای سیستم ۸۸
۴-۷- سطح آب طراحی در آبگیرها ۹۲
۴-۷-۱- افت بار در آبگیر ۹۲
۴-۷-۲- افت بار در جعبه تقسیم ۹۲
۴-۷-۳- افت بار در سیستم درجه۴ به قطعه زراعی بحرانی ۹۳

۴-۷-۴- افت بار از سیستم توزیع آب (سیستم درجه۴) به مزرعه ۹۴
۴-۷-۵- حداکثر عمق آب در سطح قطعه زراعی در طول مدت آبیاری ۹۴
۴-۷-۶- اختلاف نسبی تراز زمین بین دهانه آبگیر و قطعه زراعی بحرانی ۹۴
۴-۸- افت‌های جزئی (موضعی) ۹۴
۴-۹- طراحی خطوط لوله ۹۷
۴-۹-۱- بهینه‌سازی قطر لوله ۹۷
۴-۹-۲- سیستم‌های حلقوی و شاخه‌ای ۹۸
۴-۹-۳- برآورد اصطکاک لوله ۹۸
۴-۱۰- حفاظت در برابر ضربه و ضربه قوچ ۹۹
۴-۱۰-۱- ضربه ۹۹
۴-۱۰-۲- ضربه قوچ ۱۰۰
۴-۱۰-۳- سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته ۱۰۰
۴-۱۰-۴- سیستم‌های لوله بسته ۱۰۴
۴-۱۰-۵- توقف ناگهانی پمپ ۱۰۴
۴-۱۰-۶- تخلیه ناگهانی هوا ۱۰۴
۴-۱۰-۷- بستن ناگهانی شیر ۱۰۴
۴-۱۰-۸- روشهای کاهش خسارت افزایش فشار ناشی از بستن ناگهانی شیر ۱۰۴
- نصب وایزرهای ضربه‌گیر ۱۰۵
- نصب شیرهای رهاکننده فشار و خلاءزدا ۱۰۵
- مراقبت هنگام نصب لوله ۱۰۵
۴-۱۱- روش طراحی سیستم‌های لوله بسته با لوله هوادهی باز ۱۰۶
۴-۱۱-۱- برآورد بیشینه فشار موج بعد از بستن ناگهانی شیر ۱۰۶
۴-۱۲- مقطع طولی لوله ۱۱۰

فصل پنجم- ملاحظات طراحی سازه‌های وابسته ۱۱۱
۵-۱- ورودی‌ها، لوله ایستاده پمپ یا مخزن تأمین فشار اولیه ۱۱۱
۵-۲- لوله‌های ایستاده پمپ و مخزن تأمین فشار ۱۱۱
۵-۳- سازه‌های ورودی ثقلی ۱۱۷
۵-۴- سازه‌های کنترل و تنظیم جریان ۱۱۷
۵-۴-۱- لوله‌های ایستاده با سرریز یا تنظیم‌کننده ۱۲۰
۵-۴-۲- لوله‌های ایستاده با شیر شناور در سیستم‌های لوله نیمه بسته ۱۲۱
- انتخاب ۱۲۲
- طراحی ۱۲۵
- ساخت ۱۲۵

- بهره‌برداری - نوسانات جریان در شیر ۱۲۶
۵-۴-۳- لوله‌های ایستاده دریچه‌دار ۱۲۶
۵-۴-۴- ماسه گیرها ۱۲۸
- ساخت ۱۲۸
۵-۵- لوله ضربه‌گیر ۱۳۱
۵-۶- تهویه کننده و شیرهای هوا ۱۳۱
۵-۶-۱- تهویه کننده ۱۳۳
۵-۶-۲- شیرها ۱۳۴
۵-۶-۳- تهویه کننده‌های باز ۱۳۴
۵-۶-۴- دریچه‌های هواگیر مکانیکی ۱۳۵
۵-۶-۵- شیرهای خلاءزدایی ۱۳۵
۵-۶-۶- شیرهای تخلیه دائم هوا ۱۳۶
۵-۶-۷- اجرا ۱۳۹
- تهویه‌کننده هوا ۱۳۹
- شیرهای هوا ۱۴۰
۵-۷- خروجی‌ها و پایه‌های آبگیر ۱۴۰
۵-۷-۱- شیر آلفاآلفا ۱۴۳
- طراحی و ساخت ۱۴۳
- توصیه‌های طراحی ۱۴۳
- توصیه‌های اجرایی ۱۴۷
۵-۷-۲- شیرباغی ۱۴۸
۵-۷-۳- خروجی آب‌پخش روباز ۱۴۸
۵-۷-۴- پایه آبگیر سرپوش‌دار یا خروجی‌های آب‌پخش ۱۴۹
۵-۷-۵- پایه آبگیر در پوشدار انتهایی ۱۴۹
۵-۷-۶- لوله ایستاده روباز با روزنه‌های جانبی ۱۵۰
۵-۷-۷- سازه‌های مقسم خروجی ۱۵۰
- خروجی‌های با بدنه خاکی ۱۵۱
- حوضچه‌های آرامش آجری یا بتنی با مقسم و وسیله اندازه‌گیری جریان ۱۵۱
- حوضچه خروجی بتنی ساده یا کف بند با مصالح بنایی ۱۵۵
- حوضچه‌های آرامش بتنی یا با مصالح بنایی و با مقسم جریان ۱۵۵

فصل ششم - اجرای سیستم ۱۵۹
۶-۱- مقدمه ۱۵۹
۶-۲- جابجا کردن لوله و اتصالات ۱۵۹

۶-۲-۱- لوله بتنی غیر مسلح ۱۵۹
- لوله بتنی نر و ماده ۱۵۹
- لوله بتنی تەصاف یا کام و زبانەدار ۱۶۰
۶-۲-۲- لوله پی‌وی‌سی سخت ۱۶۰
- تحمل شرایط اقلیمی ۱۶۰
- گرما ۱۶۰
- نور خورشید ۱۶۱
۶-۲-۳- لوله آزبست ۱۶۲
۶-۳- لوله‌گذاری ۱۶۳
لوله بتنی غیر مسلح ۱۶۳
لوله پی‌وی‌سی سخت ۱۶۳
۶-۴- حفاری ترانشه و طراحی بار وارده بر لوله ۱۶۴
۶-۴-۱- طراحی برای لوله‌های سخت (بتنی و آزبست سیمان) ۱۶۴
الف - فرد شدن ۱۶۴
ب - خمش طولی ۱۶۴
- شرایط نصب ۱۶۴
- شرایط استقرار ۱۶۵
- نوع بسترسازی ۱۶۵
- درجه تراکم و مواد بستر سازی ۱۶۵
۶-۴-۲- طراحی بارگذاری لوله‌های انعطاف‌پذیر (پی‌وی‌سی سخت) ۱۶۵
- تغییر شکل لوله ۱۶۶
- بسترسازی و تراکم آن ۱۶۶
- حفاری ترانشه ۱۶۶
- پوشش روی لوله ۱۶۷
- لوله پی‌وی‌سی جدار نازک ۱۶۷
- حداقل پوشش روی لوله ۱۶۸
- حداکثر پوشش روی لوله ۱۶۸
۶-۵- استقرار لوله در ترانشه ۱۶۸
۶-۵-۱- لوله‌پی‌وی‌سی سخت ۱۶۹
۶-۵-۲- لوله‌های بتنی غیر مسلح ۱۶۹
۶-۶- اتصال لوله‌ها ۱۶۹
۶-۶-۱- لوله بتنی ۱۶۹
الف - لوله تەصاف ۱۷۰
- اتصال با طوقه ۱۷۰

- نوار کنف و ملات ۱۷۱
ب - لوله نر و ماده ۱۷۲
- اتصال با ملات سیمان ۱۷۲
- اتصال حلقه لاستیکی قابل انعطاف ۱۷۲
- جهت لوله‌ها در موقع نصب ۱۷۲
ج- اتصال کام و زبانه ۱۷۶
- اتصال صلب با ملات ۱۷۶
۶-۶-۲- لوله پی‌وی‌سی سخت ۱۷۶
- اتصال با چسب حلال ۱۷۷
- ملاحظات عمومی ۱۷۷
- نکات مهم در اجرای درز اتصال ۱۷۹
الف - برش لوله ۱۷۹
ب - آزمایش اتصال قبل از چسب زدن ۱۷۹
ج - عوامل موثر بر استحکام اتصال ۱۷۹
د - استفاده از بتونه و چسب ۱۷۹
هـ- زمان گیرش اتصال چسبی ۱۸۰
- لوله‌های پی‌وی‌سی جدار نازک ۱۸۰
۶-۶-۳- لوله‌های آزبست سیمان ۱۸۱
- اتصال لوله‌های تەصاف با استفاده از طوقه ۱۸۱
- لوله نر و ماده ۱۸۲
۶-۷- انشعابات و آبگیرها ۱۸۲
۶-۷-۱- سیستم‌های لوله بتنی غیر مسلح ۱۸۳
- اتصال لوله تەصاف با ملات ۱۸۳
- ساخت سەراه با استفاده از قالب ۱۸۳
- ساخت یک بلوک انشعاب ۱۸۳
۶-۷-۲- سیستم‌های لوله پی‌وی‌سی سخت ۱۸۵
۶-۷-۳- سیستم‌های لوله آزبست سیمان ۱۸۵
۶-۸- پشت بندها و بلوک‌های مهاری ۱۸۵
۶-۸-۱- تبدیل‌ها و انشعابات ۱۸۷
۶-۸-۲- زانوها ۱۸۸
۶-۹- مراقبت و خاکریزی تکمیلی ۱۸۸
۶-۹-۱- لوله‌های بتنی غیر مسلح ۱۸۸
۶-۹-۲- لوله‌های پی‌وی‌سی سخت ۱۸۹

فصل هفتم ـ ملاحظات پس از ساخت ۱۹۱
۷ـ۱ـ بازرسی و آزمایش ۱۹۱
۷ـ۱ـ۱ـ بازرسی چشمی ۱۹۱
۷ـ۱ـ۲ـ آزمایش هیدرواستاتیک حین اجراء ۱۹۱
۷ـ۱ـ۳ـ آزمایش هیدرواستاتیک نهایی ۱۹۴
۷ـ۱ـ۴ـ نگهداری بعد از ساخت ۱۹۴
۷ـ۱ـ۵ـ آزمایش لوله‌های بتنی غیرمسلح ۱۹۴
۷ـ۱ـ۶ـ آزمایش لوله‌های پی‌وی‌سی سخت ۱۹۴
۷ـ۲ـ تعمیرات ۱۹۶
۷ـ۲ـ۱ـ لوله بتنی غیرمسلح ۱۹۶
۷ـ۲ـ۲ـ لوله پی‌وی‌سی سخت ۱۹۶
۷ـ۳ـ نگهداری ۱۹۶
۷ـ۳ـ۱ـ روش های نگهداری ۱۹۷
۷ـ۳ـ۲ـ انسداد لوله ۱۹۷
۷ـ۴ـ طول عمر سیستم ۱۹۸
۷ـ۴ـ۱ـ شرایط خاک‌های خورنده ۱۹۸

فصل هشتم ـ تحلیل هزینه سیستم‌های توزیع آبیاری با لوله زیرزمینی ۲۰۱
۸ـ۱ـ مقدمه ۲۰۱
۸ـ۲ـ مقایسه کلی هزینه‌های گزینه سیستم توزیع ۲۰۱
۸ـ۲ـ۱ـ منابع داده‌ها ۲۰۱
۸ـ۲ـ۲ـ هزینه‌های سرمایه‌ای برای واحد طول ۲۰۲
ـ بنگلادش ۲۰۲
ـ اندونزی ۲۰۴
ـ نپال ۲۰۵
۸ـ۲ـ۳ـ هزینه‌های سرمایه‌ای سیستم ۲۰۶
الف ـ هزینه‌های سیستم توزیع با سازه‌های مربوط ۲۰۶
ـ بنگلادش ۲۰۷
ـ هندوستان ۲۰۷
ـ نپال ۲۰۸
ـ آمریکا ۲۰۸
ب ـ هزینه‌های سیستم شامل بهبود بازده انتقال ۲۰۸
ـ بازده (راندمان) انتقال ۲۰۹
ـ بنگلادش ۲۰۹

۵ ـ هزینه‌های سیستم در هر هکتار اراضی تحت آبیاری ۲۱۰
ـ مقایسه هزینه‌های سیستم در نپال ۲۱۱
۸ـ۳ـ هزینه‌های غیرسرمایه‌ای ۲۱۲
۸ـ۳ـ۱ـ هزینه استملاک اراضی ۲۱۲
۸ـ۳ـ۲ـ هزینه‌های نگهداری ۲۱۳
۸ـ۳ـ۳ـ نیروی کار مورد نیاز ۲۱۳
۸ـ۴ـ نتیجه‌گیری داده‌های هزینه ۲۱۴
۸ـ۴ـ۱ـ کلیات ۲۱۴
۸ـ۴ـ۲ـ هزینه‌های سرمایه‌ای ۲۱۴
۸ـ۴ـ۳ـ سایر هزینه‌ها ۲۱۵
۸ـ۴ـ۴ـ جنس لوله ۲۱۵

فصل نهم ـ گرایش در جهت ارتقاء و توسعه سیستم‌های با لوله زیرزمینی ۲۱۷
۹ـ۱ـ لوله‌های دریچه‌دار ۲۱۷
۹ـ۲ـ لوله‌های تاشو ۲۱۷
۹ـ۳ـ آبیاری کابلی یا آبیاری انتقالی ۲۱۸
۹ـ۴ـ آبیاری موجی ۲۱۸
۹ـ۵ـ شیرهای جابجا شونده ۲۱۸
۹ـ۶ـ انهار بزرگ مزرعه ۲۱۸
۹ـ۷ـ نتیجه‌گیری ۲۱۹

پیوست ۱ ـ جنس لوله‌های مورد استفاده در سیستم‌های توزیع با لوله زیرزمینی کم‌فشار ۲۲۱
۱ـ بتنی غیر مسلح ۲۲۱
۱ـ۱ـ روش‌های مکانیزه قالب عمودی ۲۲۱
۱ـ۱ـ۱ـ کوبه ضربه‌ای ۲۲۱
۱ـ۱ـ۲ـ پکر انتهایی ۲۲۱
۱ـ۲ـ قالب عمودی، تراکم دستی ۲۲۲
۱ـ۳ـ لوله‌های چرخشی ماشینی ۲۲۳
لوله‌های چرفشی با دست ۲۲۳
لوله‌های درجا ۲۲۴
نکات طراحی ۲۲۴
۲ـ پی‌وی‌سی سخت ۲۲۵
لوله‌های پی‌وی‌سی سخت سبک وزن‌تر ۲۲۶
سطح صاف داخلی و دیواره موهدار خارجی ۲۲۶

سطح صاف داخلی و موجهای پیچشی طولانی ۲۲۷
لوله‌های پی‌وی‌سی فلز و فرودار با سطوح صاف داخلی و خارجی ۲۲۷
لوله‌های با سطح داخلی موجدار ۲۲۷
۳ـ آزبست سیمان ۲۲۸
ملاحظات ساخت ۲۲۹

پیوست ۲ـ مثال طراحی یک سیستم لوله بسته ۲۳۱
گام اول: تهیه شمای کلی ۲۳۱
گام دوم: تهیه نقشه جانمایی لوله‌ها ۲۳۱
گام سوم: انتخاب نهائی سیستم ۲۳۴
گام چهارم: طراحی هیدرولیکی خط لوله ۲۳۵
گام پنجم: انتخاب و طراحی سازه‌های وابسته ۲۳۷

پیوست ۳ـ مثال طراحی یک شیر شناور برای سیستم لوله نیمه بسته ۲۴۱
گام اول ـ انتخاب خط لوله ۲۴۴
گام دوم ـ محاسبه میزان فشار که باید در شیر شناور مستهلک گردد ۲۴۴
گام سوم ـ انتخاب شیر شناور با استفاده از اطلاعات کارخانه سازنده ۲۴۴
گام چهارم ـ محاسبه شرایط حداکثر جریان برای حالت باز بودن کامل شیر ۲۴۵
گام پنجم ـ تعیین موقعیت شناور برای عبور دبی طراحی از شیر شناور ۲۴۵
گام ششم ـ محاسبه میزان شناوری برای بسته شدن *(SC)* ۲۴۶
گام هفتم ـ محاسبه حداکثر سطح آب در لوله ایستاده شناور ۲۴۷
گام هشتم ـ ارتفاع لوله ایستاده و حداکثر فشار بالادست ۲۴۷

پیشگفتار

در حال حاضر آب به عنوان یک کالای اقتصادی نقش اساسی را در تولیدات کشاورزی و صنعتی و تأمین نیازهای بهداشتی و شرب در سطح جهان ایفا می‌نماید.

درکشور ما در بخش کشاورزی به عنوان محور توسعه، سرمایه‌گذاری‌های معتنابهی بکارگرفته شده است تا تمامی پتانسیل منابع آب قابل استحصال کشور در چرخه تولید وارد شود و لذا در این راستا مدیریت مؤثر عرضه و تقاضا و مصرف آب برای افزایش بهره‌وری از منابع آب در دسترس نقش کلیدی خواهد داشت.
انتخاب روش‌های مناسب توزیع آب در سطح مزارع برای افزایش کارایی آب تحویلی به کشاورزان یکی از راهکارهای مدیریتی مؤثر در راستای ارتقای بهره‌وری از آب کشاورزی می‌باشد.

در دهه‌های اخیر سیستم‌های کم فشار و تحت فشار برای بهبود کارایی توزیع آب کشاورزی در سطح کشورهای پیشرفته جهان توسعه یافته است. معهذا هنوز هم حدود ۹۰٪ مجموع مساحت اراضی آبی دنیا تحت پوشش آبیاری سطحی و تنها حدود ۵٪ اراضی کشت آبی تحت پوشش لوله‌های کم فشار و حدود ۶٪ تحت پوشش آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی) می‌باشد.

اگرچه هنوز آبیاری سطحی به عنوان روش غالب در جهان محسوب می‌گردد، ولی به لحاظ نیاز به ارتقاء کارایی مصرف آب و افزایش روزافزون هزینه‌های تأمین آب و محدودیت منابع آب در دسترس، تمایل دولت‌ها به ویژه کشورهای توسعه یافته برای کاربرد سیستم آبیاری تحت فشار را افزایش داده است.
سیستم آبیاری کم فشار با لوله‌های زیرزمینی در حقیقت یک راه‌حل میانه بین سیستم انهار روباز خاکی و یا پوشش شده و سیستم آبیاری مکانیزه (قطره‌ای و بارانی) می‌باشد که امکان حصول راندمان توزیع آب در سطح مزرعه تا حدود ۹۵٪ را در شرایط اجرای خوب فراهم می‌آورد. توسعه تولید لوله‌های پلاستیکی از جنس پی وی سی سخت و پلی‌اتیلن در دهه اخیر جایگزینی لوله‌های کم فشار به جای انهار درجه ۳ و ۴ روباز را نوید می‌دهد. بطوریکه در سطح کشور ما نیز در پروژه‌های متعدد اجرا و یا طراحی شده، استفاده از لوله‌های کم فشار برای توزیع آب ملاک عمل قرار گرفته است.

با توجه به محدودیت مأخذ در دسترس در زمینه معرفی و طراحی لوله‌های کم فشار آبیاری در سطح کشور گروه کار توسعه و مدیریت سیستم‌های آبیاری کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران با همکاری گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه به ترجمه و تدوین کتاب حاضر که از معدود انتشارات جهانی در این زمینه می‌باشد، اقدام نموده است که بدینوسیله لازم می‌داند از تلاش اعضاء گروه کار سپاسگزاری نماید.

همچنین لازم می‌داند از همکاری بی‌دریغ دبیرخانه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران به ویژه سرکار خانم زهره آقابیک که در تایپ و صفحه‌آرایی این مجموعه تلاش و پیگیری داشته‌اند، تشکر و قدردانی نماید.

امید است این نشریه مورد توجه کارشناسان و مهندسین دست‌اندرکار مدیریت و طراحی و ساخت سیستم‌های آبیاری کشور قرار گیرد. همچنین انتظار داریم کارشناسان و اساتید محترم با راهنمایی‌های خود کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران را در انجام فعالیت‌های علمی برای گسترش دانش آبیاری در سطح ملی یاری نمایند.

سیداسدالله اسدالهی

دبیرکل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فصل اول

سیستم‌های توزیع آب با لوله زیرزمینی در آبیاری سطحی

۱-۱- مقدمه

در این فصل اصطلاحات شاخص در آبیاری معرفی شده، و روش‌های مختلف توزیع آب تشریح می‌گردد. سپس نمونه‌هایی از سیستم توزیع آب با لوله‌های زیرزمینی آورده شده، و نگرش جهانی بر کاربرد لوله‌های زیرزمینی در آبیاری ارائه خواهد شد. در ضمن مقایسه‌ای بین مزایای کانال‌های روباز و لوله‌های زیرزمینی بعمل آمده و جنس‌های مختلف لوله و چگونگی ساخت آنها نیز بصورت مختصر مطرح می‌گردد و در انتهای این فصل طبقه‌بندی سیستم‌های لوله‌های زیرزمینی توزیع آب با جزئیات شرح داده خواهد شد.

۱-۲- سیستم‌های توزیع آب در آبیاری سطحی

محدوده زمین‌هایی را که توسط یک سیستم کانال (معمولاً ثقلی) آبیاری می‌گردد، محدوده تحت پوشش یا اراضی آبخور[1] کانال گویند. این محدوده براساس مساحت واحدها با اندازه‌های مختلف تعریف و طبقه‌بندی شده، بطوری که هر واحد زیر مجموعه واحد دیگری است. این طبقه‌بندی به ترتیب افزایشی مساحت عبارتست از: درجه ۴ یا قطعه زراعی، درجه ۳، درجه ۲ یا فرعی و بالاخره محدوده شبکه یا پروژه، نمایش شماتیک این نامگذاری بصورت کلی در شکل ۱-۱ مشخص شده است [۱۳].

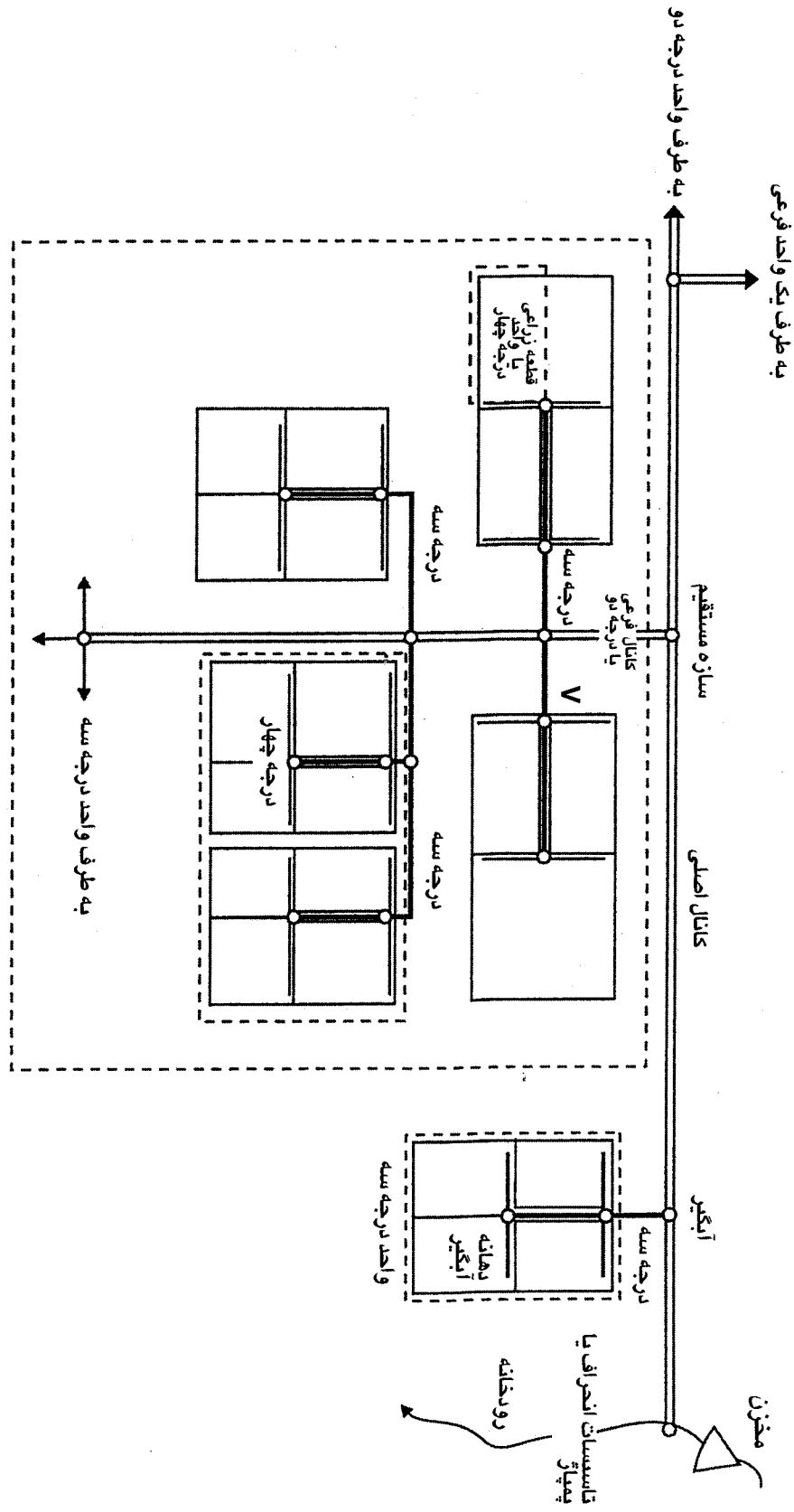
واحد درجه ۴ قطعه زمینی است که توسط یک زارع با کارائی خوب می‌تواند آبیاری شود و آب را به صورت جریان پیوسته از یک آبگیر کانال یا لوله درجه ۳ تحویل می‌گیرد. در موارد زیادی این میزان جریان بین چند زارع بطور متوالی تقسیم می‌شود. واحد درجه ۳ متشکل از ۲ یا تعداد بیشتری واحدهای درجه ۴ بوده که آب را از یک کانال یا لوله درجه ۲ تحویل می‌گیرد. کانال یا لوله درجه ۲ خود از کانال اصلی تغذیه می‌شود. حرکت آب در بین واحدهای مجموعه‌های آبیاری از منبع آب تا گیاه به سه مرحله عملیاتی تقسیم می‌گردد: انتقال، توزیع و کاربرد در قطعه زراعی [۱۴].

- انتقال، عبارتست از جابجایی آب از منبع از طریق کانال یا لوله اصلی و فرعی تا آبگیر درجه ۳.
- توزیع، عبارتست از جابجایی آب از طریق کانال و یا لوله درجه ۳ و ۴ تا ورودی قطعه زراعی.
- کاربرد در قطعه زراعی (مزرعه)، عبارتست از جابجایی آب از ورودی قطعه زراعی تا پای گیاه

این طبقه‌بندی برای پروژه‌های بزرگ آبیاری تدوین شده است و ممکن است رعایت تمام سطوح و درجات آن در برخی طرح‌های خاص ضرورت نداشته باشد. در بعضی از طرح‌های کوچک سیستم توزیع مستقیماً از منبع تغذیه می‌گردد، بدون آنکه سیستم انتقالی در بین باشد.

سیستم توزیع درجه ۳ از نقطه ورود آب به واحد درجه ۳ که معمولاً بین ۴۰ تا ۱۰۰ هکتار وسعت دارد، شروع می‌شود. مقدار جریان آب تحویلی به هر واحد درجه ۴ برابر با مقدار جریان ویژه (Q) خواهد بود که

1- Command Area



شکل ۱-۱- شمای عمومی و تعاریف یک سیستم آبیاری

مأخذ: Bos (1985)

هر زارع مرد یا زن بتواند به تنهائی در سیستم آبیاری خود کنترل و عمل نماید. در اغلب سیستم‌های آبیاری سطحی میزان ۳۰ لیتر در ثانیه جریان مناسبی بعنوان آب تحویلی به کانال درجه ۴ برای آبیاری به روش‌های مختلف بوده و ۲ تا ۸ لیتر در ثانیه برای شیلنگ متصل به هیدرانت جریان مناسبی است.

مقدار جریان ورودی به شبکه توزیع درجه ۳ معادل جریان تحویلی (Q) بعلاوه تلفات و یا مضربی از آن متناسب با نحوه تقسیم آب در آبگیرهای شبکه درجه ۳ می‌باشد. شبکه درجه ۳ متشکل از کانال (خاکی یا پوشش شده) یا لوله و یا ترکیبی از آنها است.

شبکه‌های توزیع آب بصورت سنتی از نهرهای خاکی ساخته می‌شوند که می‌توان هم در سیستم‌های قدیمی و هم در شبکه‌های مدرن آن را مشاهده نمود. در نهرهای خاکی عموماً تلفات آب بیشتر است، ولی اگر با خاک رس همراه با کوبیدگی مناسب ساخته شده باشند، مادامی که خوب نگهداری شوند، تلفات نشت از آنها کم خواهد بود.

روش متعارف کاهش تلفات، اجرای پوشش برای کانال است. گزینه‌های متعدد برای پوشش وجود دارد، از خاک رس با نفوذپذیری کم بعنوان لایه خاکی تا غشاءهای پلاستیکی و ورق‌های آزبست تا پوشش‌های سخت از قبیل بتون یا آجر را می‌توان نام برد [۲۵].

در این کتاب به استفاده از لوله‌های زیرزمینی کم فشار بعنوان شبکه توزیع طرح‌های آبیاری پرداخته می‌شود. استفاده از این شبکه‌ها در سطح جهان به ویژه در آمریکا، چین و هندوستان گسترش خوبی یافته و حدود ۴ درصد سطوح آبیاری جهان را می‌پوشاند. از لوله‌های کم فشار در مواردی نیز جهت انتقال، بعوض کانال‌های درجه ۱ و ۲ استفاده می‌گردد [۳۴، ۶۴ و ۲].

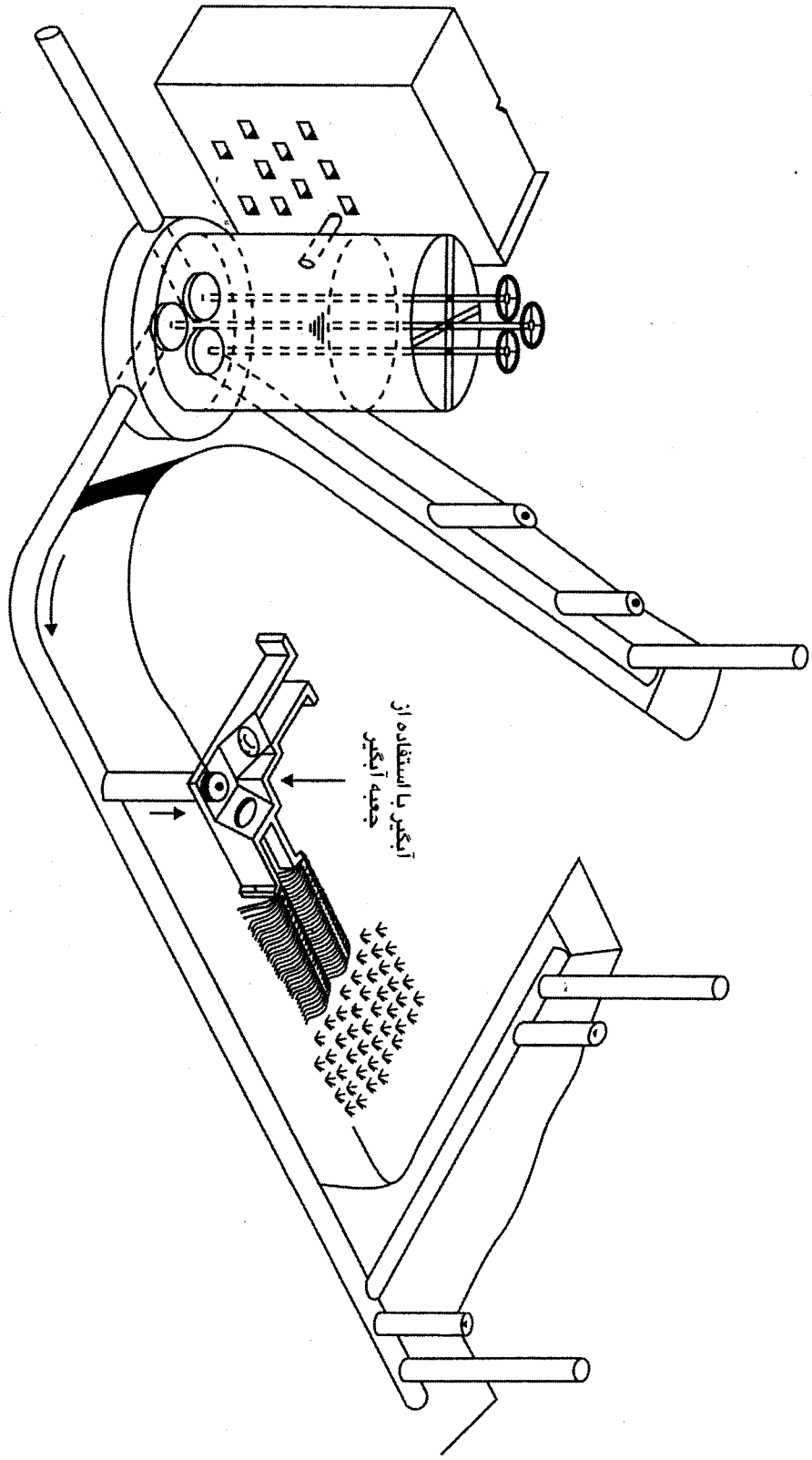
۱ـ۳ـ انواع سیستم‌های توزیع آب با لوله

۱ـ۳ـ۱ـ کلیات

نمونه کلی سیستم لوله زیرزمینی توزیع آب عبارت است از یک شبکه درجه ۳ که از کانال، مخزن یا بوسیله پمپ تغذیه شده و آب را در اراضی به وسعت ۱۰ تا ۱۰۰ هکتار از طریق ایجاد شبکه حلقوی یا شاخه‌ای لوله‌های زیرزمینی بین تعدادی آبگیر توزیع می‌کند. هر خروجی آب یک یا چند شبکه درجه ۴ متشکل از نهرهای خاکی، لوله سطحی یا شیلنگ را تأمین می‌کند. تنها سازه‌هایی که روی زمین مشاهده می‌شوند سازه‌های ورودی در ابتدای شبکه جهت هدایت آب به لوله‌ها، تخلیه هوا، لوله‌های عمودی (بعنوان پایه شیرها و ضربه گیرها) و خروجی‌ها است.

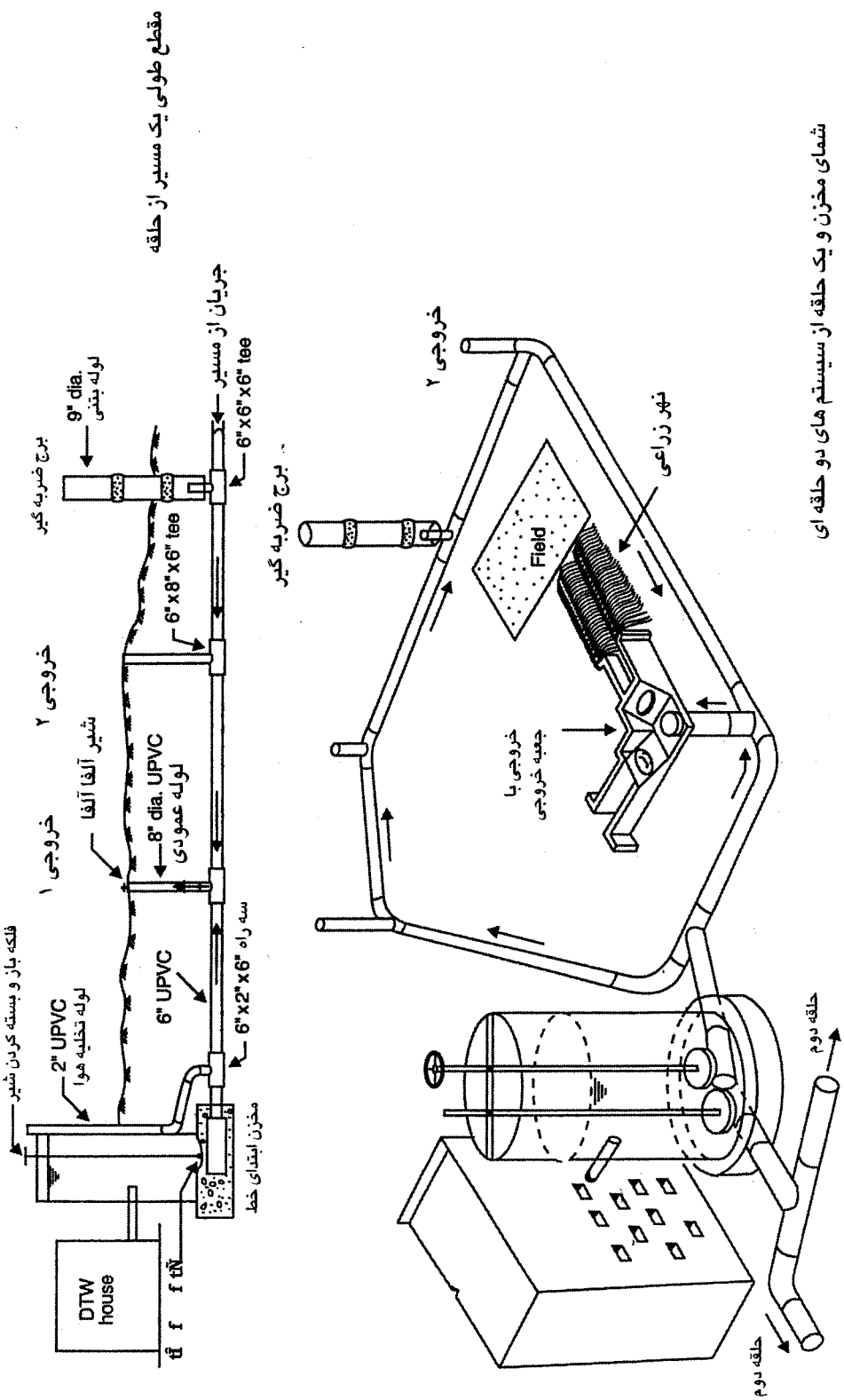
در شکل ۱ـ۲ و ۱ـ۳ نمای شماتیک شبکه‌های توزیع لوله زیرزمینی بصورت شاخه‌ای و حلقوی نشان داده شده است [۷۱]. تشریح سازه‌های استاندارد، بر مبنای وظایف آنها، در فصل ۲ ارائه شده است.

اغلب شبکه‌های لوله کم‌فشار تا این اواخر از بتون غیر مسلح ساخته می‌شده است ولی امروزه مصرف لوله‌های پی‌وی‌سی سخت رو به رشد است. استفاده از آزبست سیمان به ندرت صورت می‌گیرد مگر اینکه دلائل خاص اقتصادی و قابلیت دسترسی مطرح باشد. قطر لوله‌ها در این سیستم از ۱۵۰ میلیمتر در مورد پی‌وی‌سی سخت تا ۶۰۰ میلیمتر برای لوله‌های بتونی انتخاب می‌شود. البته لوله‌های کم‌فشار با اقطار بزرگتر نیز یافت می‌شود، ولی این لوله‌ها اغلب بعنوان خطوط درجه ۲ انتقال بوده و بعنوان شبکه درجه ۳ توزیع آب نمی‌باشند.



شکل ۱-۲- نمایش عمومی سیستم لوله زیر زمینی شاخه ای

مأخذ: MMI (1992)



شکل ۱-۳- نمایش عمومی سیستم لوله زیر زمینی با دو حلقه ای

شمای مخزن و یک حلقه از سیستم های دو حلقه ای

مأخذ: MMI (1992)

اغلب لوله‌های زیرزمینی با فشار کار حداکثر ۵ متر کار کرده و بار هیدرولیکی روی آنها غالباً کمتر از ۳ متر است. لوله‌های بتونی غیرمسلح یا مسلح که بطور گسترده در این سیستم مصرف می‌شوند قادر به تحمل فشار بیشتر از ۵ متر (شامل فشار ضربه قوچ) نمی‌باشند، ولی با استفاده از شبکه لوله‌های پی‌وی‌سی سخت فشار کار را می‌توان تا حد ۱۰ متر بالا برد. استفاده از فشار و سرعت بیشتر در مورد لوله پی‌وی‌سی سخت امکان کاهش قطر لوله را برای یک میزان جریان معین فراهم آورده، در نتیجه به پایین آوردن هزینه خطوط لوله کمک می‌نماید.

۱ـ۳ـ۲ـ کنترل فشار

سیستم‌های لوله زیرزمینی متناسب با روش کنترل فشار به شبکه بسته، باز و نیمه بسته تعریف می‌گردند. سیستم‌های بسته از روش‌های دیگر معمول‌تر است. نمونه سیستم لوله‌های بسته عبارتست از شبکه‌ای که تمام خروجی‌های آن به منبع آب مرتبط بوده، بنابراین باز و بسته کردن هر خروجی بر فشار ورودی سیستم اثر می‌گذارد. این روش امکان توزیع آب "بر حسب تقاضا" را با توجه به محدودیت‌های طراحی خطوط لوله فراهم می‌آورد. سیستم لوله‌های بسته را می‌توان در اراضی نسبتاً مسطح، دارای پستی و بلندی و یا شیب سر بالا بکار برد، البته مشروط بر اینکه فشار کافی در ابتدای ورودی به سیستم وجود داشته باشد.

سیستم‌های باز و نیمه بسته، مانند سیستم کانال، در اراضی شیبدار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سیستم لوله باز، لوله‌های ایستاده با انرژی گیر سرریزی بعنوان شیب شکن و مستهلک‌کننده انرژی مازاد ناشی از بار هیدرولیکی سیستم عمل می‌کند. سرریز ایستاده قطعات لوله را از هم جدا نگهداشته بصورتی که باز و بسته کردن خروجی تأثیری بر جریان بالا دست سازه شیب شکن ندارد. (نظیر سیستم کانال با کنترل بالادست).

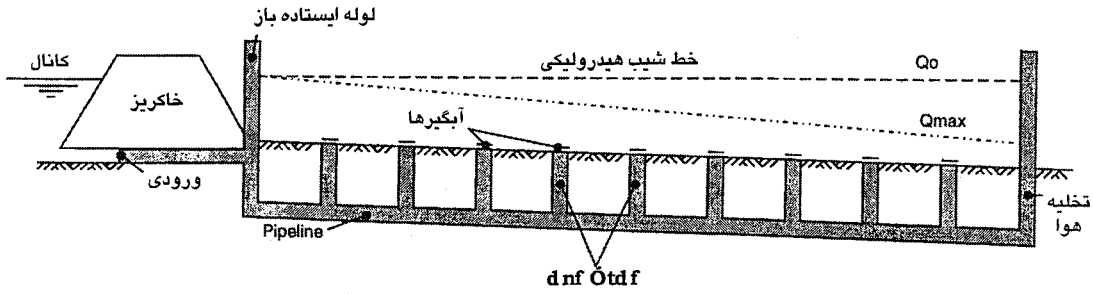
در سیستم نیمه بسته، بعوض سرریز ایستاده، از شیرهای شناور برای خنثی کردن انرژی هیدرولیکی استفاده می‌شود. با ایجاد ارتباط هیدرولیکی بین پائین دست و بالادست، تغییر میزان جریان در پایین‌دست، باعث تغییر فشار در سیستم شده و به ورودی سیستم لوله انتقال می‌یابد (نظیر سیستم کانال با کنترل از پائین دست). کاربرد سیستم‌های نیمه بسته خیلی متداول نیست.

مثال‌هایی در مورد روش‌های مختلف کنترل فشار در شکل ۱ـ۴ نشان داده شده است.

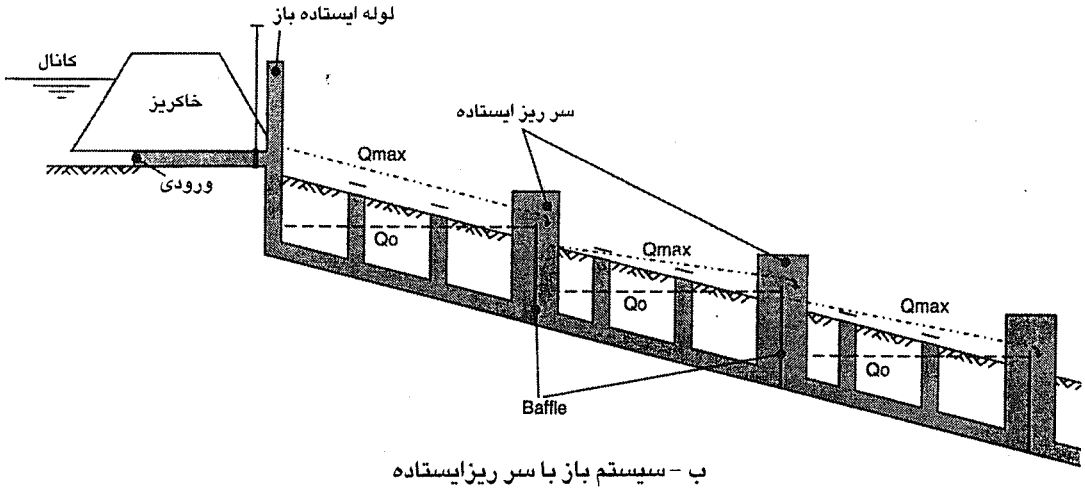
سیستم لوله‌ها نیز به لحاظ منشاء تأمین فشار به ثقلی و تحت پمپاژ دسته‌بندی می‌شوند. روش ثقلی در مناطقی امکان‌پذیر می‌باشد که اختلاف رقوم بین منبع تأمین آب (کانال یا مخزن) و اراضی تحت پوشش جبران افت اصطکاک و فشار کار لازم در نقطه خروجی را بنماید. در غیر این صورت به ویژه در حالت استفاده از آب زیرزمینی، از سیستم پمپاژ بهره گرفته می‌شود. سیستم‌های بسته باپمپاژ بصورت گسترده در مناطقی از قاره آسیا که از چاه عمیق استفاده می‌شود، متداول است.

۱ـ۳ـ۳ـ جانمائی شبکه (شاخه‌ای یا حلقوی):

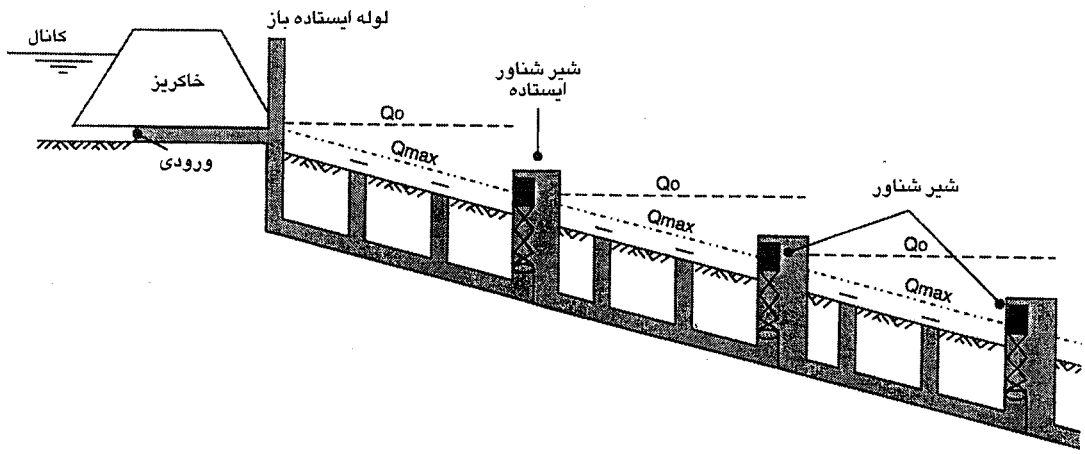
سیستم لوله‌های زیرزمینی بصورت شاخه‌ای یا حلقوی یا ترکیبی از این دو است. در الگوی شاخه‌ای تمامی دبی در جهت پایاب تا مجرای خروجی در یک خط لوله جریان می‌یابد، در حالی که در الگوی حلقوی، دبی بین دو بازو تا مجرای خروجی تقسیم می‌گردد.



الف - سیستم بسته



ب - سیستم باز با سر ریزایستاده



ج- سیستم نیم بسته با شیر شناور

شکل ۱-۴- سیستم های لوله زیر زمینی با تامین آب بروش ثقلی

مأخذ: Baudequin et al (1990)

شبکه شاخه‌ای نسبت به حلقوی قطر معادل بیشتری خواهد داشت، زیرا تمام جریان آب در یک خط لوله هدایت می‌شود. اکثر شبکه‌های لوله از سیستم شاخه‌ای استفاده می‌کنند، به ویژه در مناطقی که محل استقرار خروجی‌ها بعلت مالکیت زمین الگوی پیچیده‌ای پیدا کرده باشد.

برای لوله‌های بتنی نیز معمولاً شبکه شاخه‌ای بهتر است، زیرا با قطع کردن جریان در شاخه‌ای از لوله‌ها که در یک مقطع زمانی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند از میزان تلفات کاسته می‌گردد. بدین ترتیب تعمیر و کنترل نشت نیز در این سیستم با حداقل اختلال صورت می‌گیرد. طول شبکه در شبکه شاخه‌ای خیلی کمتر از شبکه حلقوی است. به ویژه در مناطقی که قطعات آبیاری منفصل بوده و شکل غیر منظم دارند. فقط در مورد لوله‌های گران قیمت مثل پی‌وی‌سی سخت ارزش کاهش قطر، اضافه طول لوله در شبکه حلقوی را جبران می‌نماید. فقط در سیستم‌های بسته و یا در قسمت بسته سیستم‌های دیگر، از شبکه حلقوی استفاده می‌گردد.

۱-۳-۴-سیستم توزیع درجه ۴

در مواردی ممکن است سیستم لوله‌های زیرزمینی تا سطح درجه ۴، برای تأمین آب به یکایک مزارع با مالکیت‌های مشخص و حتی به هریک از شیارهای آبیاری باغات توسعه یابد [۳۴] یا اینکه خروجی شبکه لوله‌ها به یک نهر پوشش شده درجه ۴ تخلیه گردد. ولی بهرحال معمولاً شبکه توزیع درجه ۴ شامل نهرهای خاکی، یا لوله‌های سطحی متحرک یا شیلنگ می‌باشد.

- **نهرهای خاکی**

در نهرهای خاکی درجه ۴ تلفات آب ممکن است قابل‌توجه باشد. این نهرها نسبت به کانال‌های درجه ۳ با دقت کمتر ی ساخته می‌شوند. این مسئله ناشی از طبیعت موقتی بودن این نهرها (که معمولاً هر ساله ساخته می‌شوند) و کوتاهی طول آنها متناسب با توان آبیار برای احداث و نگهداری از آنها می‌باشد. اگر به کوبیدگی و شکل نهر توجه لازم شود مقدار تلفات نشت تا حد زیادی کاهش پیدا می‌کند.

- **لوله‌های سطحی**

لوله‌های سطحی متحرک از جنس آلومینیوم یا پی‌وی‌سی مقاوم به اشعه فرا بنفش ساخته می‌شوند. جریان آب به یک کرت یا قطعه زراعی[۱] هدایت شده و لوله‌ها در فاصله بین آبیاری‌ها جابجا می‌گردد ولی نه در هنگامی که آب در آنها جریان دارد.

- **شیلنگ‌های سطحی**

معمولاً قطر شیلنگ‌های قابل انعطاف سطحی از لوله‌های سطحی کمتر است، بدین ترتیب امکان تغییر مسیر آب به مزارع مختلف بدون قطع جریان آب وجود دارد. جریان آب بطورکلی در این شیلنگ‌ها کمتر است (۲-۱۰ لیتر در ثانیه) و غالباً در آبیاری سبزیجات و باغات بکاربرده می‌شوند. استفاده از شیلنگ در شبکه‌های زیرزمینی در چین [۲۶] و در پروژه آبیاری کالادا در هندوستان گزارش شده است [۱۶].

- **لوله‌های دریچه‌دار**

لوله دریچه‌دار معمولاً از جنس آلومینیوم یا پی‌وی‌سی سخت ساخته شده و بشکل لوله با انتهای بسته مجهز به روزنه‌های قابل کنترل (دریچه‌دار) می‌باشد. این دریچه‌ها به فواصل مساوی و متناسب با فاصله شیارهای آبیاری در طول لوله قرار دارند. لوله‌های دریچه‌دار به ویژه برای استفاده در خروجی لوله‌های زیرزمینی جهت تحویل آب به یکایک شیارهای آبیاری طراحی می‌شوند. این لوله‌ها جانشین سیستم نهر

تغذیه‌کننده و سیفون آبیاری شیارها می‌گردند. کاربرد لوله‌های دریچه‌دار در امریکا رشد سریع داشته و تنها در کالیفرنیابرای ۳۶۰۰۰۰ هکتار از اراضی تحت کشت آبی از لوله‌های دریچه‌دار استفاده می‌گردد [۳۴]، همچنین در جنوب فرانسه نیز از این فن استقبال خوبی بعمل آمده و کاربرد آن رو به توسعه است. در هر دو این کشورها جاذبه کاربرد لوله‌ها دریچه‌دار در نیاز کم کارگر و امکان افزایش راندمان آبیاری نسبت به نهر تغذیه‌کننده خاکی است. روش متداول طراحی و اصول ساخت لوله‌های دریچه‌دار در مأخذ [۱۱۳، ۳۰ و ۶۰]گزارش شده است.

۱-۴-بهره‌برداری از سیستم توزیع با لوله زیرزمینی

آب ورودی به سیستم توزیع با لوله زیرزمینی از طریق مخزن، کانال، پمپ یا خط لوله ممکن است تأمین گردد. راهبری این سیستم عبارتست از تنظیم جریان ورودی و خروجی‌ها، بطریقی که دبی خروجی از آبگیرها مناسب بوده و هیچگونه آبی از سیستم سرریز نگردد. یکی از مزایای مهم سیستم لوله‌های زیرزمینی، متناسب با نحوه طراحی سیستم، انعطاف آن در زمان راهبری است.

حداکثر دبی که یک زارع با راندمان مناسب در سطح نهر درجه ۴ می‌تواند بکار بگیرد (Q) معمولاً ۳۰ لیتر در ثانیه است. اگر مقدار جریان ورودی بیشتر از آن باشد بهتر است بین چند زارع تقسیم گردد. تقسیم دبی ورودی با دقت لازم با استفاده از سرریز در ورود به سیستم (در داخل یک منبع) یا پس از خروج آب از شیر خروجی (در سازه توزیع) می‌تواند صورت گیرد. ولی تقسیم آب بطور مساوی در روی یک خط لوله با دهانه‌های خروجی متعدد، بعلت تغییر فشار در طول لوله، مشکل است و بنابراین توصیه نمی‌گردد.

انتخاب نحوه راهبری سیستم توزیع لوله زیرزمینی به نوع کار شامل، سیستم بسته یا نیم بسته یا باز، تأمین آب از طریق ثقلی یا پمپاژ، همچنین نیروی محرکه پمپ که برق یا موتور دیزل باشد بستگی دارد.

روش تنظیم جریان ورودی بصورت دستی در تمام سیستم‌های بسته و نیمه بسته امکان‌پذیر بوده ولی در مورد سیستم باز تنها راهکار است. در سیستم‌های بسته و نیمه بسته کنترل یک دریچه یا شیر در ورودی سیستم لوله تمام کار را انجام می‌دهد، ولی در سیستم‌های باز دریچه و شیرها باید به دقت در سرتاسر سیستم تنظیم گردند تا تعادل لازم بین جریان ورودی و بده خروجی ایجاد گردد، و این تنظیم باید چندان تکرار گردد تا با تغییرات بده خروجی هماهنگ گردیده و در نتیجه از سرریزی آب جلوگیری بعمل آید.

در سیستم‌های بسته و نیمه بسته که به‌روش ثقلی تأمین آب می‌گردند، بهره‌برداری آبگیرها بر مبنای تقاضا میسر است، مشروط بر اینکه در ابتدای شبکه فشار هیدرولیکی و آب کافی (با توجه به محدودیت‌های طراحی) وجود داشته باشد. در این سیستم‌ها تا خروجی باز نشود آبی در لوله جریان نخواهد داشت. مجرای ورودی معمولاً مجهز به دریچه یا شیر بوده تا بتوان جریان ورودی را در زمان لازم بسته و یا در حد کمتر از ظرفیت طراحی شده برای سیستم لوله کنترل نمود.

در سیستم‌های بسته و نیمه بسته که به روش پمپاژ تأمین آب می‌شوند، روش تنظیم جریان ورودی به سیستم لوله بستگی زیادی به نوع نیروی محرکه پمپ دارد. در مورد نیروی محرکه دیزلی مقدار جریان ورودی و دبی خروجی با تغییر در سرعت موتور و تغییر تعداد و میزان خروجی‌های بهره‌برداری هم سنگ می‌گردند. در مورد پمپ‌های با نیروی محرکه برقی، مقدار جریان ورودی با دبی خروجی توسط قطع و وصل خودکار پمپ هماهنگ با تغییر سطح آب در برج یا مخزن آب در ورودی سیستم انجام می‌گردد و یا با تغییر تعداد و میزان آبگیری خروجی‌های در دست بهره‌برداری بروش دستی صورت می‌گیرد.

۱-۵- توسعه و سابقه کاربرد سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در آبیاری سطحی

اگر چه آمار دقیقی در ارتباط با سطوح تحت آبیاری سطحی با استفاده از سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در دست نیست، ولی تخمین معقولی بر مبنای آمار جهانی آبیاری برای سطوح مشخص شده تحت پوشش سیستم‌های لوله در چند کشور عمده دارای شبکه آبیاری در سطح جهان می‌توان بعمل آورد. براساس اطلاعات مندرج در انتشارات سازمان خواربار جهانی و بانک جهانی، مجموع سطوح تحت آبیاری در دنیا حدود ۲۵۶ میلیون هکتار بوده که ۹۴ درصد آن آبیاری سطحی است [۳۳]. تخمین سطوح تحت آبیاری سیستم‌های مختلف در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در جهان در جدول ۱-۱ خلاصه شده است. و جدول ۱-۲ تخمین سطوح تحت سیستم‌های توزیع لوله‌های زیرزمینی، حاصل از این تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱- خلاصه مساحت تحت آبیاری در جهان (هزار هکتار) [۳۳]

نوع سیستم آبیاری	کشورهای در حال توسعه		کشورهای توسعه یافته		مجموع	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱- آبیاری سطحی (بدون سیستم لوله‌های کم فشار)	۱۸۰۲۵۵	۹۷	۴۶۶۲۸	۶۸/۶	۲۲۶۸۸۳	۸۹/۵
۲- بارانی	۱۵۰۰	۰/۸۵	۱۲۵۹۲	۱۸/۵	۱۴۰۹۲	۵/۵
۳- قطره‌ای	۲۰۰	۰/۱۵	۱۰۰۰	۱/۵	۱۲۰۰	۰/۵
۴- لوله‌های کم‌فشار (برآورد شده)	۳۶۸۵	۲	۷۷۴۰	۱۱/۴	۱۱۴۲۵	۴/۵

جدول ۱-۲- برآورد مساحت تحت پوشش سیستم لوله‌های کم فشار در کشورهای مختلف (هزار هکتار) [۸]

کشورهای در حال توسعه	چین	هند	بنگلادش	افریقا	پنال	جنوب	آمریکای	جمع
	۲۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰	۱۰۰	۵	۲۰	۵۰	۳۶۸۵
کشورهای توسعه یافته	**آمریکا**	**فرانسه**	**ژاپن(برآورد شده)**	**استرالیا**	**اسپانیا و پرتقال**			
	۷۳۱۰	۲۰۰	۶۰	۴۰	۱۳۰			۷۷۴۰

در مورد سطوح تحت پوشش سیستم‌های لوله کم‌فشار، بدون تردید امریکا با ۷/۳ میلیون هکتار بزرگترین سهم جهانی را بخود اختصاص داده [۶] و پس از آن چین [۲۶] و هندوستان می‌باشند. این برآورد مساحت براساس سطوح توسعه شناخته شده برای این روش بوده که سهمی هم بابت سرمایه‌گذاری بخش خصوصی خارج از کنترل دولت، در نظر گرفته شده است. ولی بهرحال امکان دست پایین بودن برآورد سطوح تحت آبیاری سیستم‌های کم فشار وجود دارد. اگرچه سیستم‌های لوله‌های زیرزمینی در شکل‌های مختلف خود تقریباً ۴۳ درصد سطوح آبیاری سطحی در آمریکا را شامل می‌شود، ولی اگر این آمار را به سطح جهان تعمیم دهیم، آمار فعلی فقط شامل ۵ درصد سطوح آبیاری جهانی می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که سیستم آبیاری سطحی با لوله ویژه آمریکا است، گرچه این وضعیت بسرعت در حال تغییر است.

با اینکه هنوز آبیاری سطحی بعنوان روش غالب در جهان محسوب می‌گردد، ولی بعلت تقاضا برای راندمان بالاتر مصرف آب، افزایش روزافزون هزینه‌های تأمین آب و محدودیت‌های منابع آب، تأکید کشورها

به ویژه کشورهای توسعه یافته برای کاربرد فن‌آوری آبیاری بارانی و میکرو افزایش یافته است. این تغییر جهت به کارائی ضعیف عملکرد و نیاز زیاد به کارگر در آبیاری سطحی و گران شدن هزینه تأمین آب نسبت داده می‌شود [۸۳].

یکی از دلائل جهت‌گیری توسعه آبیاری بارانی و قطره‌ای تشویق و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و صاحبان کارخانه‌های تولیدکننده تجهیزات آبیاری است. گفته می‌شود که "آبیاری سطحی به علت زمینه اندکی که برای ارائه سخت افزارهای قابل عرضه به بازار فراهم می‌کند در بخش خصوصی نتوانسته است جاذبه‌ای ایجاد نماید" [۸۵].

گرچه تغییر از سیستم‌های آبیاری سطحی به سیستم‌های آبیاری بارانی و میکرو میزان نیروی کارگری را در حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد، ولی در مقابل تولید محصول باید متناسباً افزایش پیدا نموده تا بتواند هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و انرژی را جبران نماید. این مورد در کشورهایی که درآمد بالایی دارند بعلت هزینه بالای کارگر قابل حصول است. ولی برای اکثریت خرده مالکین در کشورهای در حال توسعه که محصولات اساسی و خام را با کاربرد سیستم آبیاری سطحی و هزینه پایین کارگر تولید می‌کنند، برگشت سرمایه برای هزینه‌های ناشی از تغییر سیستم آبیاری به ندرت توجیه‌پذیر است. بنابراین نیاز آنها به سیستم آبیاری قابل اعتمادی که بتواند پاسخگوی تغییر در نیاز آبی آنها باشد همچنان پابرجا است.

سیستم توزیع بالوله زیرزمینی یک راه‌حل میانه بین نهرهای خاکی ارزان قیمت و سیستم‌های آبیاری گران قیمت بارانی و میکرو است. سیستم‌های موجود کانال را می‌توان ارتقاء داد تا بتوان با انعطاف بیشتری از آنها بهره‌برداری نمود. این کار با احداث مخازن در مسیر کانال‌های درجه ۲ برای تأمین آب مورد نیاز سیستم توزیع لوله زیرزمینی قابل انجام است [۶۶].

۱ـ۶ـ مقایسه نهرهای روباز و سیستم‌های توزیع لوله زیرزمینی

یکی از دلائل مهم جاذبه سیستم‌های لوله زیرزمینی در مقام مقایسه، عملکرد ضعیف، هزینه‌های بالا و طول عمر کوتاه گزینه نهر خاکی است که در فصول بعد توضیح داده می‌شود. این نواقص به ویژه هنگامی اهمیت پیدا می‌کند که بخواهیم روش تحویل آب آبیاری را بهبود بخشیده و سطح تولید در اراضی تحت کشت آبی را افزایش دهیم.

بهرحال باید به خاطر سپرد که محدودیت‌های اجتماعی، سازمانی و مدیریتی در سطوح اراضی کشت آبی، ممکن است معادل یا حتی مهم‌تر از مسائل فنی باشد، بنابراین لازم است در هرگونه مداخله موفقیت‌آمیزی که برای بهبود عملکرد کشاورزی صورت می‌گیرد، این محدودیت‌ها منظور گردد.

برای مثال در شکل ۱ـ۵ عوامل محدودکننده اراضی آبخور چاه‌های عمیق در بنگلادش که از سیستم توزیع لوله زیرزمینی استفاده کرده‌اند ارائه شده است [۸۹].

این محدودیت‌ها ممکن است به نوع سیستم توزیع بستگی نداشته باشد ـ مثلاً مسائل بازاریابی ـ ولی در مواردی هم ممکن است تأثیرات متقابل مهمی داشته باشند. مثلاً در کانال‌های خاکی برای تحویل دوره‌ای آب بصورت منظم به مشارکت بالای زارعین نیاز است و همچنین این کانال‌ها نسبت به کانال‌های پوشش‌دار و سیستم لوله در برابر تخریب و ایجاد موانعی از قبیل آب دزدی آسیب‌پذیرتر هستند. این موضوع در هر مورد

کاربردی، نیاز به تحلیل مستقل بخود دارد.

۱ـ۶ـ۱ـ عملکرد سیستم‌های توزیع با نهرهای روباز

- **نهرهای خاکی**

نهرهای خاکی بدون پوشش معمولاً از راندمان توزیع پائینی برخوردارند، در این نهرها آب بصورت نشت از بستر و دیواره‌ها، نشت بعلت آب بند نبودن سازه‌ها، تخریب توسط حیوانات با ایجاد حفره و سرریز از دیواره‌های نهر از دست می‌رود. عوامل مهم تعیین‌کننده میزان نشت و تلفات آب شامل بافت خاک، کوبیدگی در حین ساخت، نحوه نگهداری و عمق آب زیرزمینی می‌باشد.

نقاط ضعف دیگر نهرهای خاکی شامل زمان بیشتر حرکت آب تا محل خروجی و قابلیت رشد علف هرز است که از ظرفیت نهر کاسته و حرکت آب را نیز کندتر می‌کند.

راندمان پایین توزیع آب و زمان بیشتر جریان آب از منبع تا مزرعه از انعطاف آبیاری زارعین می‌کاهد. تلفات آب و رشد علف هرز به لحاظ مسائل زیست محیطی ناشی از زه‌دار شدن اراضی و بیماری‌های مرتبط با آب نیز خطر ساز هستند.

- **نهرهای پوشش‌دار**

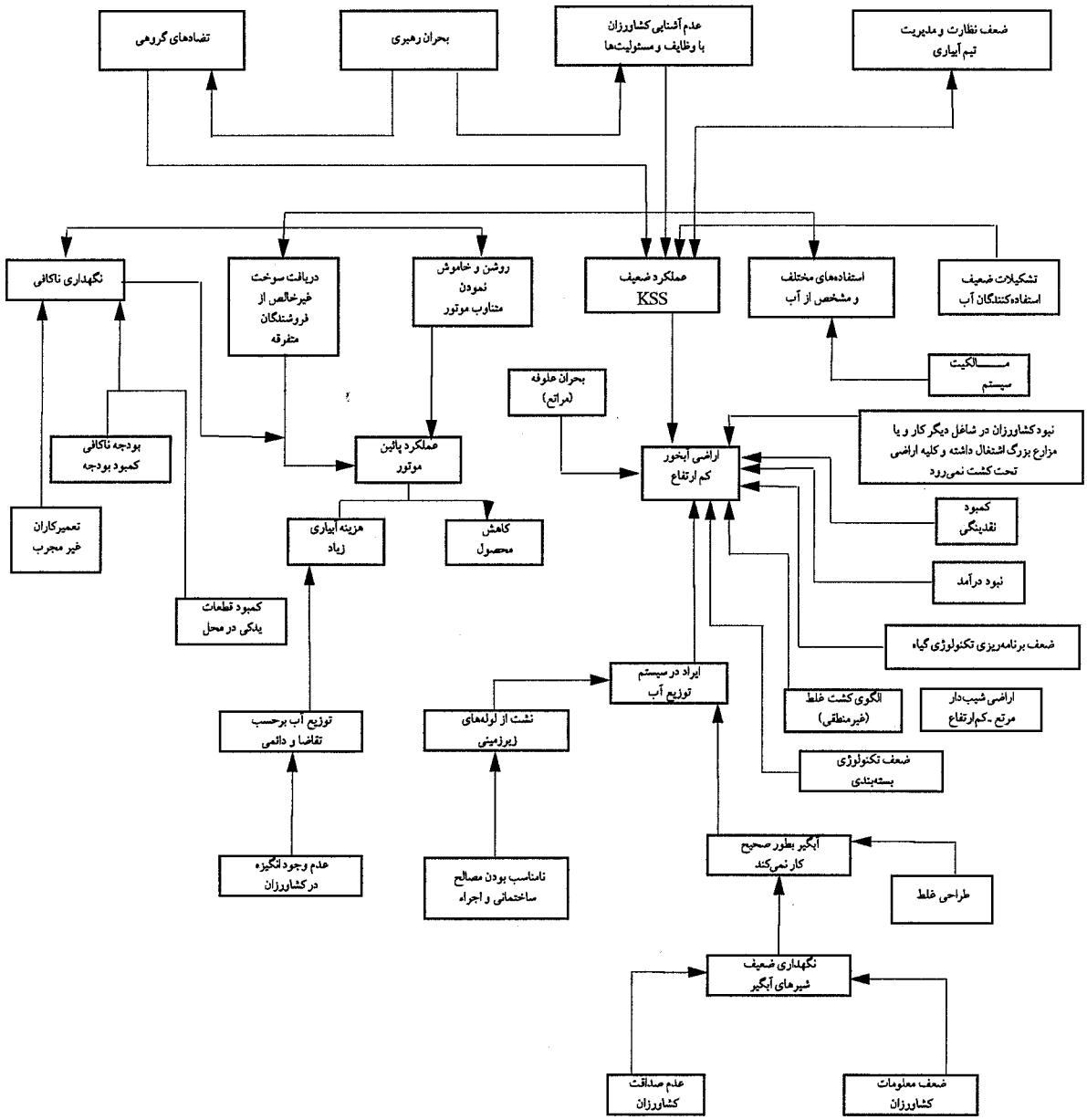
هزینه احداث نهرهای پوشش‌دار بیشتر از نهرهای خاکی است. دلائل مهم پوشش کردن نهرها عبارتند از:

- کاهش تلفات ناشی از نشت، فرار آب یا سرریز شدن در حین انتقال
- کاهش زمان حرکت آب در شبکه توزیع
- امکان افزایش شیب، سرعت بیشتر و مقطع کوچکتر برای کانال
- کاهش زمین مورد نیاز (به ویژه با استفاده از کانالت‌های پیش ساخته)
- کاهش رشد علف هرز و خطر بیماری‌هایی چون شیستوزومیا
- سهولت تمیز کردن و حفظ یکپارچگی مقطع کانال

در عمل تلفات انتقال آب از کانال‌های پوشش شده به کیفیت ساخت و نگهداری بستگی داشته، و معمولاً از ارقامی که در اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی بدست آمده بیشتر خواهد بود. تحقیقات میدانی سرعت تخریب پوشش‌های سخت را غالباً زیاد نشان می‌دهد. مثلاً براساس اندازه‌گیری‌های میدانی روی کانال‌های توزیع پوشش شده در پنجاب مشاهده شده است که میزان تلفات آب در کانال‌های پوشش‌دار چند ساله مشابه تلفات در نهرهای خاکی قبل از پوشش است [۳۹]. در این گزارش به دو گروه کانال‌های جدید و کانال‌هایی که عمر آنها بیشتر از ۴ سال است اشاره شده بصورتی که در بدترین آنها میزان تلفات بیشتر از نهرهای خاکی اندازه‌گیری شده است". آنها دلیل عمده این تلفات انتقال آب را ایجاد ترک در پوشش کانال‌ها می‌دانند.

۱ـ۷ـ منافع، نقاط قوت و معایب سیستم‌های لوله زیرزمینی

منافع مرتبط با سیستم‌های لوله زیرزمینی را می‌توان بصورت بهبود کیفی تحویل آب و راهبری سیستم آبیاری و منافع حاصل از صرفه‌جوئی در زمین، آب و هزینه‌های سیستم تقسیم نمود.



شکل ۱-۵- نمودار محدودیت های توسعه اراضی آبخور [۸۹]

۱-۷-۱- منافع کیفی

- **کلیات**

مشخصه‌های مهم استفاده از سیستم‌های لوله زیرزمینی شامل کاهش تلفات آب، انعطاف بیشتر و افزایش درجه اعتماد است. در ارتباط با طرح‌های فعال در این زمینه گزارش‌های متعددی حاکی از نقش این سیستم‌ها در بهبود زیرمجموعه‌های تولید کشاورزی نظیر اراضی آبی، محصولات تحت کشت و میزان تولید محصول ارائه شده است.

استفاده از لوله در شمال هندوستان سبب گردیده که تحویل آب به دورترین مصرف‌کننده در حد طراحی شده صورت گرفته و تلفات آب و برداشت‌های غیر مجاز به حداقل برسد. منافع اقتصادی دیگری نیز با توسعه و بهبود کیفیت کشاورزی (کشت گیاهان با ارزش‌تر) ناشی از بهبود نحوه تحویل آب حاصل می‌گردد /۱۵/.

با استفاده از شبکه توزیع لوله‌های زیرزمینی امکان کشت گیاهان گوناگون در بنگلادش فراهم گردیده و این منافع ناشی از انعطاف بیشتر سیستم است. منافع کیفی مهم دیگر شامل موارد زیر است /۳۸/:

- انتقال سریعتر آب، امکان جابجائی آب از یک قسمت اراضی به قسمت دیگر را در زمان نوسان یا کاهش تقاضا با سرعت بیشتری فراهم می‌آورد.
- کاهش زمان انتقال در واقع فاصله بین زارع و منبع آب را کاهش داده و میزان و اهمیت مسایل پایاب سیستم و آب دزدی را کم می‌نماید.
- با افزایش میزان جریان تحویلی، سرعت کاربرد آب در مزرعه بیشتر گردیده و بازده مصرف آب افزایش می‌یابد.
- در زمان احداث، به وضع موجود کشت و سیستم آبیاری کمتر صدمه زده و در نتیجه تعداد روزهای تأخیر در پیاده کردن سیستم لوله‌ها کاهش می‌یابد.
- هزینه‌های احداث خاکریز بلند و گران قیمت و سازه‌های لازم برای عبور از زهکش‌های طبیعی، بریدگی‌ها و نقاط پست حذف می‌گردد.
- صرفه‌جوئی در آب به حدی است که انتخاب پمپ با بار کمتر را میسر نموده و در نتیجه هم در هزینه‌های سرمایه‌ای و هم در هزینه‌های راهبری صرفه‌جوئی می‌گردد.

- **محیط زیست**

اگرچه در مورد اثرات زیست محیطی و بهداشتی سیستم‌های توزیع لوله زیرزمینی، اطلاعات قابل تبدیل به عدد و رقم، در حد لازم در دست نیست، ولی مستندات مربوط به صرفه‌جوئی در اراضی کشاورزی، کاهش تلفات آب و حذف میزبان بیماری‌ها، همگی حاکی از اثرات مثبت زیست محیطی این سیستم در مقایسه با نهرهای روباز می‌باشد. اثرات سیستم‌های لوله زیرزمینی برمسائل زیست محیطی را بصورت زیر می‌توان خلاصه نمود:

- کاربرد ناکارای منابع زمین، آب و انرژی: سیستم‌های توزیع لوله زیرزمینی بطور مستقیم تلفات زمین را کم نموده و از طریق کاهش تلفات در انتقال، در منابع صرفه جوئی می‌گردد (شامل منابع آب و احتمالاً انرژی مورد نیاز پمپاژ، و منابع مورد استفاده در احداث تأسیسات)
- تخریب زمین (به ویژه در موارد ماندابی و شوری): با توجه به اینکه تلفات آب از سیستم لوله کمتر

صورت می‌گیرد لذا از تخریب زمین نیز کاسته می‌شود.

- تخریب منابع آب (برای مثال کاهش کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی توسط آب زهکشی): به علت راندمان بالای انتقال آب در این سیستم از میزان آب زهکشی کاسته می‌گردد.
- جابجایی بهره‌برداران قبلی از زمین: بعلت اینکه زمین کمتری تلف می‌گردد، این مسئله تخفیف پیدا می‌کند.
- آسیب‌های زمان احداث: دوره احداث کوتاه‌تر شده لذا صدمات آن نیز کاهش می‌یابد.
- توسعه علف‌های هرز آبزی و آفات مرتبط با آنها (مثلاً ساقه خوارها) و عوامل بیماری‌زا: در سیستم لوله‌ای، زیست سایر موجودات محدود می‌گردد، زهکش‌ها بعلت بهبود راندمان انتقال، کمتر آب داشته لذا امکان زیست سایر جانوران آبزی کاهش پیدا می‌نماید.
- افزایش بیماری انسان (بویژه شیستوزمیا و مالاریا): با حذف عوامل پارازیت، در واقع کاربرد لوله به کنترل این بیماری‌ها کمک می‌نماید.

در مناطقی که از سیستم آبیاری برای تأمین آب مورد نیاز مصارف خانگی استفاده می‌گردد، کاربرد لوله فرصت آلوده شدن آب راکاهش داده و به بهبود کیفی آب کمک می‌نماید، لذا خطر بیماری‌های ناشی از انتقال آب را نیز متناسباً کم می‌نماید. دستیابی به آب برای مصارف خانگی از طریق تبدیل کانال‌های روباز آبیاری به سیستم لوله فراهم می‌شود. از این طریق آب با کیفیت خوب را می‌توان به فواصل دور از منبع انتقال داد، و در محل منبع نیز اگر آب توسط پمپاژ مستقیم به داخل لوله رانده شود کمتر قابل دسترسی می‌باشد *[۷۳]*.

۱-۷-۲-معایب

دلیل اصلی عدم استفاده از سیستم‌های لوله زیرزمینی ظاهراً قیمت بالای هزینه‌های سرمایه‌ای است، ولی معایب دیگری نیز گزارش شده است، از قبیل:

- در سیستم لوله‌ای ارتفاع هیدرولیکی بیشتری نسبت به سیستم نهر روباز مورد نیاز خواهد بود.
- در سیستم لوله‌ای جانمائی و موقعیت خروجی‌ها تقریباً ثابت بوده و بسادگی قابل تغییر نیستند.
- بعلت اینکه جریان آب در اکثر سیستم توزیع قابل رویت نیست لذا شناسایی برداشت‌های غیر مجاز در این سیستم‌ها سخت‌تر است.
- حفر کانال برای لوله‌گذاری وضع موجود آبیاری و کشت و کار را مختل می‌سازد، لذا دوره احداث محدود به ایام کمی در طول سال می‌باشد.
- احداث موفقیت‌آمیز و نگهداری سیستم لوله‌ای به کارگر ماهر نیاز دارد که همیشه در روستا در دسترس نخواهد بود.
- سیستم لوله‌ای فناوری جدید و پیچیده‌تری را مقابل زارعین خرده پا جهت راهبری قرار می‌دهد.
- عدم آشنایی مهندسان و تکنسین‌ها با نحوه طراحی و اجرای سیستم‌های لوله‌ای.

باید به این نکته توجه ویژه داشت که برای طراحی، اجرا و راهبری این سیستم‌ها ظرفیت و تخصص بالاتری نسبت به سیستم نهرهای روباز مورد نیاز می‌باشد. احتمالاً برای فراهم آوردن این امکانات و معرفی سیستم‌های لوله زیرزمینی تقویت نهادهای اداری ـ فنی ضروری می‌باشد.

۱-۷-۳- منافع قابل کمی شدن

سه منفعت قابل کمی شدن در سیستم‌های لوله زیرزمینی نسبت به گزینه نهر روباز بشرح زیر است:

- کاهش زمان انتقال و توزیع آب
- کاهش مساحت زمین تحت اشغال سیستم توزیع
- کاهش هزینه‌های نگهداری و راهبری سیستم آبیاری

- راندمان‌های توزیع و انتقال

راندمان کل توزیع در سیستم لوله‌گذاری از حاصلضرب راندمان انتقال توسط لوله و راندمان توزیع در نهرهای درجه ۴ حاصل می‌شود. با استفاده از لوله راندمان انتقال افزایش پیدا کرده، ولی بهبود راندمان توزیع در شبکه درجه ۴ مشکل است.

راندمان انتقال در سیستم لوله عبارت از نسبت آب خروجی از شیر یا شیرهای خروجی به مقدار آب ورودی به سیستم لوله است. تلفات نشت از بدنه لوله، اتصالات و سازه‌های مرتبط با خط لوله، مثلاً خروجی، رخ خواهد داد.

نشت از بدنه لوله معمولاً بسیار کم اتفاق می‌افتد مگر اینکه لوله در هنگام ساخت و نصب دچار نقطه ضعف شده و یا صدمه دیده باشد. قبل از نصب لوله آزمایش کافی باید صورت گیرد تا کاستی‌ها در مراحل اولیه آشکار گردد. تلفات ناشی از نشت در اتصالات بیشتر اهمیت دارند.

در نصب خط لوله زیر جاده‌ها باید توجه کافی صورت گیرد تا از تلفات زیاد نشت پیش‌گیری شود [۸۹]. همچنین واضح است که در لوله‌های بتونی کم فشار نشت در قسمت‌های اولیه نزدیک به منبع یا ورودی بیشتر است زیرا فشار کار در این نقاط بیشتر است.

تلفات نشت از سازه‌های مرتبط به خطوط لوله معمولاً ناشی از صدمه دیدن سازه‌های روی زمین از قبیل مخزن تأمین فشار و شیرهای خروجی فاقد آب‌بندی می‌باشد. همچنین این نشت ممکن است بعلت حرکت یا نشست سازه‌ها بعد از احداث باشد. در سیستم‌های تحت مطالعه تعداد خیلی کمی از سازه‌ها بعد از یک فصل از خود نشت نشان دادند، ولی شیرهای خروجی شکستگی داشتند. تلفات نشت از شیرهای خروجی به تعداد شیرهای دارای نشت در سیستم، جانمائی لوله‌ها (شاخه‌ای یا حلقوی) وکوشش آبیارها برای بستن شیرها بعد از اتمام کار بستگی دارد.

اندازه‌گیری‌ها و تخمین‌های نظری، تلفات نشت این سیستم‌ها درکشور بنگلادش، عددی بین ۰/۴ تا ۰/۶ لیتر برای هر شیر خروجی را بدست داده است [۸۷ و ۷۲]. مجموع تلفات از سازه‌ها در سیستمی که در بنگلادش تحت پایش قرار داشت کمتر از ۴ تا ۶ لیتر در ثانیه بوده که با توجه به بده پمپ حدود ۴۰ لیتر در ثانیه این تلفات بالغ بر ۱۰ درصد می‌باشد.

تلفات نشت در خطوط لوله خیلی متغیر بوده و به کیفیت احداث (به ویژه در مورد لوله‌های بتونی غیر مسلح)، طول خط لوله تا اتصال به نقطه خروجی و تلفات در اتصالات بستگی دارد. برطبق اندازه‌گیری‌هایی که در مورد خط لوله بتونی در بنگلادش بعمل آمده، این تلفات معمولاً در حدود ۰/۳ تا ۰/۷ لیتر در ثانیه در هر ۱۰۰ متر طول خط لوله می‌باشد [۸۷]. این اعداد، تلفات خروجی‌های روی خط لوله مورد آزمایش را نیز در بر می‌گیرد.

تلفات سیستم لوله زیرزمینی در بهترین حالت ۵٪ و در بدترین حالت ۱۵٪ تلفاتی است که در نهرهای

خاکی نمونه که لوله‌ها جایگزین آنها شده‌اند اتفاق می‌افتد /۸۹ و ۷۳/.

جدول ۱ـ۳ تخمینی از راندمان انتقال در سیستم لوله‌های بتنی بنگلادش براساس آمار میدانی حاصله و حدود این راندمان‌ها را برای سایر سیستم‌های لوله زیرزمینی که در جنوب آسیا مشاهده شده ارائه می‌دهد. تخمین‌ها در مورد لوله‌های پی‌وی‌سی سخت حاصل تعداد کمی نمونه نشت /۵۱/، مشاهدات نشت از شیرهای خروجی و تجربیات استفاده از لوله‌های پی‌وی‌سی سخت در سایر مصارف بوده است.

جدول ۱ـ۳ـ حدود راندمان انتقال در خطوط لوله (درصد) /۸۹/

شرایط	شرایط خوب	شرایط متوسط
بتن غیرمسلح	۹۰	۸۰-۸۵
پی‌وی‌سی سخت	۹۵	۹۰

لازم است که به عملکرد ضعیف بسیاری از سیستم نهرهای پوشش شده ناشی از کیفیت بد اجرا و نگهداری اشاره نمود زیرا چنین تغییراتی را می‌توان در مورد راندمان انتقال در سیستم لوله نیز انتظار داشت. برای حصول راندمان کل سیستم، راندمان شبکه توزیع درجه ۴ نیز باید بدست آید. این مورد به روش توزیع شبکه درجه ۴ و فاصله خروجی تا مزرعه بستگی دارد.

اندازه‌گیری‌هایی که در نهرهای خاکی در بنگلادش /۸۹ و ۷۳/ بدست آمده حساسیت راندمان شبکه نهرهای توزیع را به فاصله محل خروج تا مزرعه نشان می‌دهد. مزیت کاربرد لوله زیرزمینی بسادگی ممکن است با انتخاب طول زیاد نهر خاکی از بین برود، و بنابرانی توصیه می‌شود که فاصله خروجی تا مزارع هرگز از ۲۰۰ متر بیشتر نشده و ترجیحاً در حدود ۱۰۰ متر تعیین گردد.

ـ کاهش تلفات زمین

در پروژه‌های جدید آبیاری هنگامی که انتخاب بین نهر روباز و لوله زیرزمینی جهت توزیع آب مطرح می‌گردد، زمین تلف شده در هر یک با استفاده از نقشه‌های جانمایی تعیین می‌گردد.

مساحت تحت اشغال نهرهای سه سیستم آبیاری با استفاده از چاه عمیق که قبل و بعد از نصب سیستم لوله اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد، در سیستم لوله حدود ۰/۵ تا ۲/۴ درصد (میانگین ۱/۲ درصد) نسبت به مساحت ناخالص اولیه تحت پوشش آبیاری در زمین صرفه‌جوئی گردیده است /۸۹/. گرچه این مقدار زمین به نظر کم می‌رسد (برای مساحت ۴۰ هکتار حدود ۰/۴۸ هکتار می‌شود)، ولی برای زارعین ذینفع ممکن است خیلی مهم بوده و به ویژه در مناطقی که ارزش زمین زیاد است رقم قابل توجهی خواهد بود /۱۵/.

مهمتر از قیمت زمین و صرفه‌جوئی در هزینه‌ها پرهیز از مشکلات راه دسترسی و استحصال زمین است که ممکن است سرعت توسعه طرح آبیاری را بشدت محدود نماید.

ـ هزینه‌های کمتر

مقایسه هزینه‌ها (سرمایه‌ای، نگهداری و راهبری) در سیستم‌های لوله زیرزمینی و نهرهای روباز به تفسیر در فصل ۷ تشریح می‌گردد. در اینجا در مورد تعدادی از نتایج مهم که نوع و مقدار هزینه و منافع قابل حصول را مشخص می‌کند توضیح داده می‌شود.

- **سرمایه**

هزینه‌های سیستم لوله زیرزمینی که در بنگلادش، نپال و اندونزی که با استفاده از لوله‌های با جنس مختلف ساخته شده است ۲ تا ۳ برابر هزینه‌های سیستم نهرهای خاکی به همراه سازه‌های کنترل آب است، ولی از سیستم کانال‌هایی که با پوشش سخت ساخته شده‌اند به مراتب کمتر است. اگر ارزش زمین صرفه جوئی شده نیز در نظر گرفته شود هزینه سیستم لوله از کانال با پوشش بتونی در واحد طول، در بنگلادش ۱۰ درصد ارزانتر بوده [۹۱] و از پوشش آجری که در بنگلادش و نپال اجرا شده ۵۰درصد کمتر می‌باشد [۳۶ و ۴۱]. اگر راندمان بالاتر سیستم لوله در نظر گرفته شده و هزینه تأمین آب (در این مثال آب چاه عمیق) که بدین ترتیب سطح بیشتری را تأمین کرده براساس واحد هکتار محاسبه گردد در این صورت هزینه سیستم لوله زیرزمینی با سیستم نهر خاکی قابل رقابت بوده و ۵۰ درصد کمتر از گزینه‌های پوشش آجری برآورد شده است [۴۱].

- **هزینه‌های نگهداری**

دست‌اندرکاران بهره‌برداری، هزینه‌های نگهداری سیستم لوله‌های زیرزمینی را بطور کلی کمتر از سایر سیستم‌ها گزارش کرده‌اند [۱۵]، و با افزایش فشار کار این تفاوت بیشتر می‌گردد [۸۳] ولی آمار و ارقامی در این مورد در دست نیست.

۱-۸- جنس لوله و روش ساخت

سیستم‌های لوله زیرزمینی کم فشار از جنس‌های مختلف بشرح زیر ساخته می‌شوند:

- لوله‌های بتونی غیر مسلح پیش‌ساخته یا ساخت درجا
- لوله‌های آزبست سیمان جدارنازک
- لوله‌های پلاستیکی شامل لوله‌های پی‌وی‌سی سخت جدار صاف و جدار نازک

لوله‌های بتونی غیر مسلح در سیستم‌های توزیع آب با لوله زیرزمینی از اوایل دهه ۱۹۲۰ با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است [۲۲]. اگر چه لوله‌های بتونی غیر مسلح در مقابل نیروهای فشاری مقاومت خوبی دارند ولی در مقابل نیروهای کششی بسیار ضعیفند. طی مطالعه‌ای که در ایالات متحده انجام گرفته [۵۹] نشان داده شده که لوله‌های بتونی مسلح برای سیستم‌های توزیع آبیاری خیلی گران تمام می‌شود.

با این وجود هنوز لوله‌های بتونی غیر مسلح در سیستم‌های توزیع کم‌فشار، معمولاً در شرایطی که فشار کار از ۱۰ متر تجاوز نکرده و غالباً کمتر از ۴ متر باشد، بصورت گسترده‌ای بکارگرفته می‌شود [۶۸] لوله‌های بتونی غیر مسلح با استفاده از روش‌های زیر ساخته می‌شود:

- قالب مکانیزه عمودی
- قالب دستی عمودی
- ماشینی دوار
- دستی دوار
- ساخت درجا

مواردی که بعنوان مشکل ساخت مطرح می‌شود عموماً در مورد قالب دستی عمودی و اندازه‌های کوچک سیستم دوار است، ولی تجربیاتی که در بنگلادش بدست آمده حاکی از آنست که اگر سیستم دوار درست کار

کند کیفیت لوله تولید شده خوب خواهد بود [۳۵ و ۷۲].

تولید لوله‌های بتونی مورد نیاز سیستم‌های آبیاری با لوله زیرزمینی در کارخانه‌های کوچک که شامل دستگاه دوار و حوضچه عمل آوری باشد امکان‌پذیر است. کنترل کیفیت مواد و روش ساخت برای تولید رضایتبخش لوله اهمیت دارد (اطلاعات بیشتر در ضمیمه آمده است). سیستم‌های معمول اتصال لوله‌ها شامل اتصالات با ملات، لوله‌های دو سر صاف، لوله با اتصال کام و زبانه و ملات و نر و مادگی زنگوله‌ای با استفاده از ملات یا واشر لاستیکی آب بند شده می‌باشند. استانداردهای هندوستان، امریکا و انگلیس مشخصات عمومی تولید لوله بتونی را ارائه می‌نمایند، ولی برای مصارف آبیاری انجمن مهندسین کشاورزی امریکا مناسب‌ترین استانداردها و توصیه‌ها را تهیه نموده است [۳].

تا این اواخر اکثر لوله‌های پلاستیکی بکار رفته در آبیاری با استفاده از پی‌وی‌سی سخت جدار صاف ساخته می‌شد. ولی اخیراً برای کاربرد آبیاری کم فشار لوله پلاستیکی با روش جدید بصورت جدار نازک کنگره‌ای از پی‌وی‌سی سخت ساخته می‌شود [۵۲]. امکاناتی که این لوله‌ها با مواد جدید بوجود می‌آورند با جزئیات بیشتر در ضمیمه ۱ ارائه شده است.

اگرچه برمبنای سال‌ها تجربه استفاده از لوله‌های آزبست سیمان، ادعا می‌شود که این لوله‌ها عمر طولانی داشته و هزینه‌های نگهداری آنها کم است [۱۰۵]، ولی تعداد اندکی از سیستم‌هایی که از لوله آزبست سیمان استفاده کرده باشند شناسایی شده است. گزارش شده است که سیستم لوله‌های آزبست سیمانی که در بنگلادش اجرا شده، دارای مشکلات اجرائی، مسائل نشت ناشی از اتصالات غیر آب بند و هزینه بالای نصب بوده که در نتیجه استفاده از این نوع لوله چندان توفیقی به دست نیاورده است [۸۴]. لوله‌های آزبست سیمان در سیستم‌های بدون فشار (آزاد) فاضلابروها و شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی در بریتانیا و اروپا مدت زیادی است که بکار گرفته می‌شود [۳۲].

مواد مورد استفاده در ساخت لوله با جزئیات بیشتر به همراه مراجع آنها در ضمیمه ۱ ارائه شده است. مواد مختلف ساخت لوله‌های کم فشار در مأخذ [۹] ارائه شده است.

۱ـ۹ـ طبقه‌بندی سیستم‌های لوله زیرزمینی

۱ـ۹ـ۱ـ تعریف سیستم از نظر فشار (کم فشار، متوسط و فشار زیاد)

طبقه‌بندی که در اینجا آمده است برمبنای ملاحظات طراحی خطوط لوله برای فشار کار مختلف است. فشار کار طرح عبارت از مجموع فشارهای استاتیک و دینامیک در یک سیستم لوله است. فشار استاتیک تابع توپوگرافی مسیر و فشار بهره‌برداری در محل آبگیر می‌باشد. فشار دینامیک شامل تلفات اصطکاک در خط لوله و سازه‌ها است بعلاوه بخشی که برای هرگونه فشار ضربه ناشی از جریان‌های میرا نظیر ضربه قوچ در نظر گرفته می‌شود. معمولاً فشار کار طرح در محل پمپ تأمین‌کننده آب سیستم، حداکثر بار هیدرولیکی را دارا است.

- **سیستم‌های کم‌فشار**

سیستم لوله‌های زیرزمینی کم فشار عبارتست از سیستمی که حداکثر فشار کار در آنها کمتر از ۱۰ متر باشد. این

تعریف شامل اغلب سیستم‌های لوله‌گذاری برای توزیع آب و کاربرد آن در روش‌های آبیاری سطحی می‌باشد. در بیشتر موارد، حداکثر فشار مجاز در لوله، متناسب با جنس لوله، روش تولید و سیستم اتصال لوله‌ها، به مراتب کمتر از ۱۰ متر خواهد بود. جدول ۱-۴ نیز حداکثر فشار مجاز لوله‌های با جنس مختلف که معمولاً در سیستم لوله‌گذاری زیرزمینی بکارگرفته می‌شود را ارائه می‌دهد. این جدول بر مبنای راهنماهای ارائه شده در استانداردهای خاص و تجربیات میدانی حاصله در بنگلادش تدوین شده است.

- **سیستم‌های فشار متوسط**

سیستم‌های لوله زیرزمینی با فشار متوسط به سیستم‌هایی اطلاق می‌گردد که حداکثر فشار کار طرح در آنها بین ۱۰ تا ۲۰ متر باشد. در این گروه اغلب سیستم‌های آبیاری قطره‌ای (یا آبیاری میکرو) قرار داشته، و فشار کار بالای ۱۰ متر برای غلبه بر تلفات ناشی از اصطکاک در شبکه طولانی لوله، تجهیزات صافی‌ها در قسمت ورودی و شیرهای خودکار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- **سیستم‌های فشار زیاد**

سیستم‌های لوله زیرزمینی با فشار زیاد عبارتست از سیستم‌هایی که حداکثر فشار کار طرح در آنها بیش از ۲۰ متر باشد. این فشار کار شامل اغلب سیستم‌های آبیاری بارانی، غیر از سیستم‌های آبیاری بارانی کوچک با فشار متوسط، است.

۱-۹-۲- طبقه‌بندی سیستم‌های لوله زیرزمینی با فشار کم

سیستم‌های خطوط لوله کم فشار را می‌توان بر مبنای روش کنترل فشار به سیستم‌های بسته، نیم‌بسته و باز تقسیم نمود، و یا به لحاظ نوع تأمین فشار آنها را به سیستم ثقلی، پمپاژ و یا ترکیبی از این دو طبقه‌بندی نمود *[۶۵] و [۶].*

۱-۱۰- روش‌های کنترل فشار

۱-۱۰-۱- کلیات

پیش از این مفهوم سیستم‌های باز، نیمه بسته و بسته تشریح گردید. در اینجا نظیر بحث سیستم‌های نهر روباز، سیستم‌های لوله زیرزمینی کم فشار را می‌توان هم در اراضی آبخور مسطح و هم شیبدار بکاربرد، منوط به اینکه ساز و کار کاهش فشار اضافی و کنترل فشار کار به میزان کمتر از ۱۰ متر و حداکثر سرعت آب در خط لوله کمتر از ۱/۵ متر در ثانیه را در اختیار داشت. برای کاستن از فشار مازاد مورد استفاده در سیستم خط لوله کم فشار، دو روش مختلف بکاربرده می‌شود.

در سیستم لوله باز، برای کاهش بار اضافی لوله ایستاده با سرریز که وظیفه آن شبیه سازه، شیب شکن با آبشار در نهرهای روباز است، تعبیه می‌گردد. زمانی که آب از بالای تیغه وسط سازه عمودی به قسمت مجاور آن در پایاب که سطح آب پائین‌تر است می‌ریزد، انرژی اضافه مستهلک می‌شود، در سیستم لوله نیمه بسته سرریز لوله ایستاده با شیرهای شناور جایگزین شده، که در آن صورت کاهش فشار از طریق تلفات اصطکاک در شیر شناور حاصل می‌شود.

اگر در مسیر هیچگونه کاهش فشاری از این طریق ایجاد نگردد در این صورت این سیستم را بسته می‌نامند.

شیوه کنترل فشار تأثیر بسیار زیادی بر تنظیم سیستم لوله دارد که در فصل ۲ با جزئیات توضیح داده شده است.

جدول ۱-۴- حداکثر فشار توصیه شده برای لوله‌های مختلف [۳، ۴ و ۵۴]

جنس لوله	حداکثر فشار کار توصیه شده (متر)	حداکثر مقدار لحاظ شده برای ضربه موج (متر)
۱- بتنی		
- ساخت درجا	۲-۵	منظور شده است
- دست ساز ته صاف	۴-۵	منظور شده است
- ماشینی با کام و زبانه	۵-۸	منظور شده است
- ماشینی با کام و زبانه یا نر و ماده	۵-۱۰	منظور شده است
۲- پی‌وی‌سی سخت [۱]		
- جدار نازک (برآورد) ۲/۵ (Kg/Cm^2)	۷	۳
- جدار صاف و سخت	<۱۸	۸

یادداشت

بتن غیر مسلح

در مورد لوله‌های بتونی غیرمسلح، در جزئیات استاندارد *ASAE S261.7* آمده است که حداکثر فشار کار شامل فشار ضربه در لوله‌هایی که اتصال آنها با استفاده از ملات انجام می‌شود نباید از ۲۵ درصد آزمایش فشار هیدرواستاتیک بیشتر باشد ولی در مورد اتصال‌های با واشر لاستیکی این فشار می‌تواند تا حدود ۳۵ درصد مقدار آزمایش بین ۱ تا ۲ بار (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) را بخوبی تحمل می‌کند ولی اتصال ملات سیمان این فشار را نمی‌تواند تحمل نماید، لذا در این صورت فشار کار سیستم را با در نظر گرفتن این موضوع باید کاهش داد.

پی‌وی‌سی سخت

در مشخصات استاندارد *ASAE S376.1* در مورد لوله‌های کم فشار پی‌وی‌سی سخت جزئیات زیر ارائه شده است:

- حداکثر فشار ضربه نباید بیش از ۳۰ درصد میزان کلاس فشارپذیری لوله باشد.
- مجموع حداکثر فشار کار و فشار ضربه نباید بیش از میزان کلاس فشارپذیری لوله باشد.

آمار استانداردی که تولیدکنندگان لوله در مورد کلاس‌های مختلف فشار لوله منتشر می‌کنند با فرض دمای ۲۳° سانتی‌گراد است، و در مواردی که دمای آب داخل لوله بیشتر از این حد باشد فشار طراحی شده لوله باید کاهش داده شود. بطور نمونه، اگر دمای آب به ۴۴° سانتی‌گراد برسد میزان فشارپذیری لوله باید نصف در نظر گرفته شود. ولی بهرحال بندرت دمای آب انتقالی بیشتر از ۲۳° سانتی‌گراد خواهد بود.

مقادیر کاهش فشارپذیری لوله‌های پلاستیکی با جنس مختلف در *ASAE S376.1* تشریح شده است، ولی باید به انتشارات تولیدکنندگان لوله نیز در این مورد مراجعه نمود. حداکثر فشار مجاز که در جدول ۱-۴ آمده، میزان فشار ضربه با فرض حداکثر ۳۰ درصد کاهش فشارپذیری لوله در نظر گرفته است.

در مورد استفاده از لوله پی‌وی‌سی سخت جدار نازک برای کاربرد در سیستم کم فشار توجه لازم باید صورت گیرد، زیرا تعداد اندکی از تولیدکنندگان این نوع لوله کلاس فشارپذیری لوله‌های خود را مشخص می‌کنند.

اغلب لوله‌هایی که با دیواره نازک و کنگره‌ای ساخته می‌شوند فقط برای کاربردهای بدون فشار توصیه می‌گردند. اگر قرار باشد لوله با این جنس‌ها با اعتماد کافی در کاربردهای کم فشار استفاده گردند، لازم است آزمایش‌ها و مشخصات جدیدی در نظر گرفته شود.

1- UPVC (Unplasticized polyvinylchloride)

۱ـ۱۰ـ۲ـ سیستم‌های لوله باز

با استفاده از لوله ایستاده با سرریز برای استهلاک فشار مازاد، در واقع سیستم‌های لوله باز به دو یا تعداد بیشتری قطعه که به لحاظ هیدرولیکی ناپیوسته می‌باشد تبدیل می‌شود که در آنها خط شیب هیدرولیکی ناپیوسته بوده و سرریز لوله ایستاده نقش مرز بین این خطوط را دارد. از آنجایی که فشار کار نمی‌تواند بین قطعات مختلف انتقال پیدا نماید، لذا تنظیم سیستم‌های باز مشکل بوده و اختلاف بین جریان ورودی در ابتدای سیستم و بده خروجی از آخرین خروجی قطعات لوله در پایین‌دست، در واقع تلفات بهره‌برداری در سرریزهای ایستاده بین این دو نقطه است.

مسائل مرتبط با راهبری سیستم‌های لوله باز به ویژه نیاز به تنظیم مداوم جهت ایجاد توازن بین بده ورودی و خروجی و کاهش تلفات بهره‌برداری مهم بوده و شدیداً توصیه می‌شود که سیستم‌های لوله باز موجود به سیستم نیم بسته تبدیل گردد تا در عملکرد سیستم بهبود حاصل گردیده، در مصرف کارگر صرفه‌جوئی شده وامکان بهتر کردن برنامه راهبری فراهم گردد *[۶۶]*. تصویر شماتیک یک سیستم لوله باز در شکل ۱ـ۴ـ ب نشان داده شده است.

۱ـ۱۰ـ۳ـ سیستم‌های لوله نیمه بسته

در سیستم‌های نیمه بسته بجای سرریز لوله ایستاده برای خنثی کردن انرژی اضافی در اراضی شیبدار از شیر شناور استفاده می‌شود. کاربرد شیر شناور نه تنها امکان یکپارچه شدن هیدرولیکی تمام خط لوله را فراهم می‌کند بلکه استفاده از لوله‌های با کلاس فشار بالاتر را نیز میسر می‌سازد و اغلب تعداد سازه‌های کنترل‌کننده را نیز کاهش می‌دهد *[۶۵]*. سیستم‌های نیمه بسته دارای ترکیبی از دو سیستم باز و بسته می‌باشد که در آنها ضمن حفظ توانائی کنترل خودکار تغییرات فشار و میزان جریان در پائین دست، از مقدار تلفات سرریز و پیچیدگی راهبری نیز کاسته می‌گردد. همچنین امکان کار تحت فشار کم که از مشخصه‌های سیستم‌های باز می‌باشد حفظ گردیده و بنابراین امکان کاربرد لوله ارزان‌تر نیز فراهم می‌شود. با استفاده از این سیستم از مشکلات و معایب سیستم‌های بسته که با تغییر میزان جریان، فشار کار آنها نوسان زیادی می‌کند نیز پرهیز شده است.

از سیستم‌های لوله نیمه بسته مستندات زیادی در دست نیست، شاید هم گسترش زیادی نداشته باشند که یک دلیل آن می‌تواند ابهام نسبی در طراحی آن و عملکرد شیر شناور باشد. احداث و راهبری سیستم‌های لوله نیمه بسته در سریلانکا، هندوستان و امریکا انجام شده است *[۶۳، ۶۵ و ۶۸]*.

۱ـ۱۰ـ۴ـ سیستم‌های لوله بسته

در یک سیستم لوله بسته هیچ نیازی به اتلاف انرژی مازاد آب نبوده و تمام خطوط لوله بصورت هیدرولیکی بهم مرتبط می‌باشد. در این سیستم چه بصورت پمپاژ و چه ثقلی بیشترین فشار حاصل می‌گردد. باید توجه داشت که سیستم لوله بسته می‌تواند در جایی که فشار کار اجازه احداث سازه‌های بالاتر از خط فشار هیدرولیکی را می‌دهد به فشار جو باز شود.

تغییرات فشار در سیستم‌های بسته بیشتر از سایر سیستم‌ها است، بنابراین در جایی که ایجاد تغییرات در خروجی‌ها محدودیت نداشته باشد، بدست آوردن فشار و دبی پایدار با اشکال مواجه خواهد شد [۶۶].

این سیستم‌ها بسیار رایج بوده، تغییرات تقاضای آب در محل منبع قابل تشخیص و کنترل اتوماتیک سیستم تأمین آب امکان‌پذیر است. کاربرد این سیستم بطور گسترده‌ای در نقاط مختلف جهان گزارش شده است و به میزان وسیعی در کشورهای هند، بنگلادش و چین وجود دارند [۱۱۴، ۳۶ و ۲۶].

نمایش شماتیک سیستم‌های لوله بسته تحت نیروی ثقل و پمپاژ در شکل ۱ـ۶ نشان داده شده است.

۱ـ۱۱ـ منشاء تأمین فشار

۱ـ۱۱ـ۱ـ نیروی ثقل

اگر رقوم ارتفاعی زمین برای توزیع آب در سرتاسر محدوده تحت پوشش بطریق ثقلی مناسب باشد، در این صورت سیستم ثقلی نامیده می‌شود.

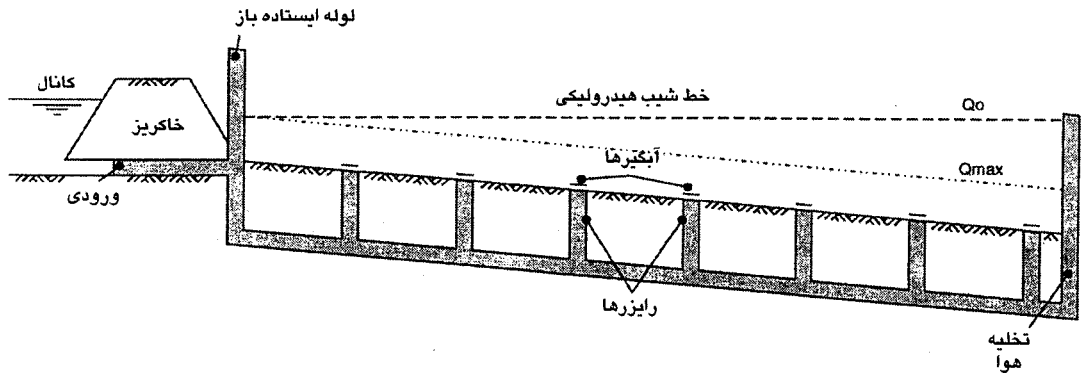
۱ـ۱۱ـ۲ـ تلفیق نیروی ثقل و پمپاژ

در نقاطی که رقوم ارتفاعی زمین امکان انتقال ثقلی به بخشی از محدوده آبخور را فراهم نموده، اما برای بقیه نواحی به پمپاژ نیاز باشد، از سیستم مختلط بمنظور کاهش هزینه‌های پمپاژ نسبت به پمپاژ کلی می‌توان استفاده نمود. باید توجه داشت که این دو سیستم مختلف از نظر کنترل و راهبری مشابه باشند.

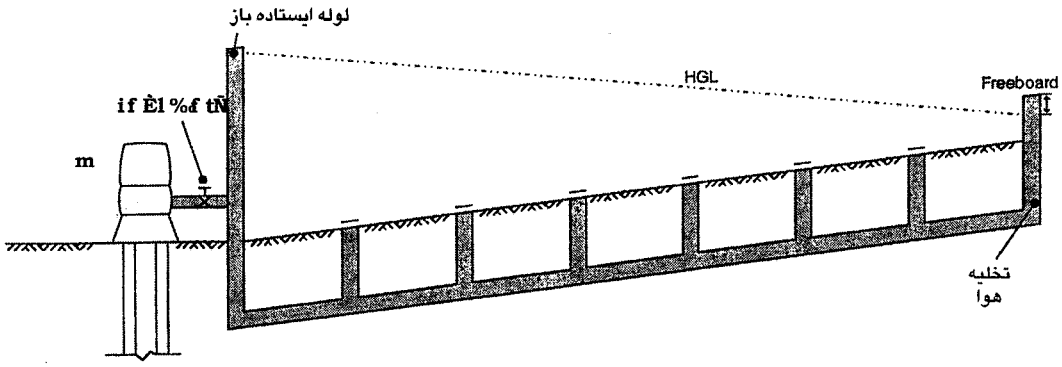
جایی که بخش ثقلی طرح، آب را به قسمت پمپاژ منتقل می‌کند، با یک خط لوله بسته یا نیمه بسته امکان کنترل اتوماتیک پمپ و بهره‌برداری برای تحویل آب برحسب تقاضا در سیستم فراهم می‌گردد [۶۶].

۱ـ۱۱ـ۳ـ پمپاژ

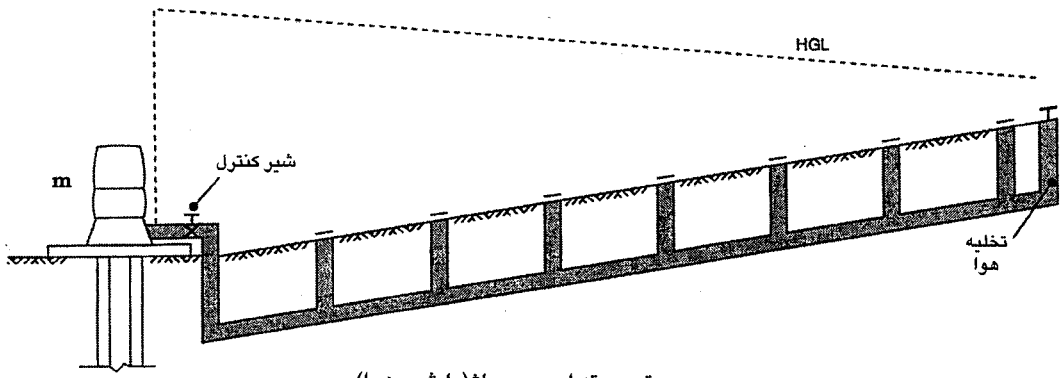
سیستم با پمپاژ در موارد استفاده از آب زیرزمینی، در نقاطی که شیب زمین برای جبران تلفات اصطکاکی لوله تکافو ننماید و در موقعیت‌هایی که به لحاظ توپوگرافی اراضی بالاتر از منبع آب قرار دارند بکار گرفته می‌شود. در موقعیت‌هایی که کشاورزان از پمپ‌های مستقل برای بالا آوردن آب از کانال‌ها به نهرهای مزرعه استفاده می‌نمایند، بطور نمونه در مصر [۲۹]، سیستم لوله بطور منطقی سرمایه‌گذاری برای پمپ‌ها را توجیه می‌کند، بدین جهت که یک پمپ قادر به انتقال آب به تعدادی از مزارع می‌باشد. نمونه الگویی این سیستم‌های لوله در مصر اجراشده است [۴۸]. سیستم لوله تحت فشار (پمپاژ) با تأمین آب از چاه در سرتاسر جنوب آسیا گسترش یافته و در هندوستان، بنگلادش، سریلانکا و تایلند اجراء شده است [۵۱، ۷۴ و ۶۳].



الف - سیستم بسته ای - ثقلی



ب - سیستم بسته ای - پمپاژ



ب - سیستم بسته ای - پمپاژ(با شیر هوا)

شکل ۱-۶- سیستم های لوله زیر زمینی بسته

مأخذ: Baudequin et al (1990)

فصل دوم

انتخاب سیستم توزیع

۲ـ۱ـ مقدمه

این قسمت به جزئیات روش انتخاب سیستم لوله‌های زیر زمینی و اجزاء آن می‌پردازد که مراحل زیر را دربردارد.

- **مناسبت سیستم لوله زیرزمینی نسبت به سایر روش‌های توزیع آب**

سیستم لوله‌های زیرزمینی همیشه مناسب‌ترین انتخاب نخواهد بود. شناخت اطلاعات در مورد سطوحی که باید آبیاری شوند، منبع تأمین آب، فرصت‌های آبیاری و عوامل محیطی و اجتماعی مشخص می‌نماید که آیا دایر کردن سیستم لوله زیرزمینی یک انتخاب بهینه است یا نه.

بیشترین تأثیر در این انتخاب ناشی از چگونگی بافت خاک، توپوگرافی اراضی آبخور و دسترسی به منبع تأمین آب می‌باشد. موارد مذکور به طور مشروح در زیر مورد بحث قرار گرفته و خلاصه آن در نمودار ۲ـ۱ نشان داده شده است. الگوی کشت نیز مهم است، تنوع محصولات و ارزش بالای نوع محصول، استفاده از سیستم لوله‌های زیرزمینی با انعطاف‌پذیری بیشتر در راهبری را نسبت به سیستم کانال‌های رو باز توجیه می‌نماید.

- **انتخاب مناسب‌ترین نوع سیستم لوله‌های زیرزمینی متناسب با توپوگرافی و منبع تأمین آب**

انتخاب بستگی به چگونگی راهبری هیدرولیکی سیستم (نمودار ۲ـ۲) و نیروی محرکه منبع تأمین آب (نمودار ۲ـ۳) دارد. (به توصیف مشروح سیستم‌های لوله در فصل اول مراجعه شود). برای هر وضعیتی ممکن است بیش از یک گزینه وجود داشته باشد و بنابراین در انتخاب باید به فاکتورهای دیگری مانند هزینه و انعطاف‌پذیری مدیریتی نیز توجه شود.

- **انتخاب روش تنظیم جریان آب به داخل سیستم لوله**

منظور از تنظیم، موازنه عرضه و تقاضای آب در سیستم لوله است. انتخاب روش مناسب تنظیم به نحوه بهره‌برداری هیدرولیکی از سیستم لوله و اینکه آیا انتقال به صورت ثقلی یا پمپاژ صورت می‌گیرد، بستگی دارد.

- **انتخاب سیستم کنترل و راهبری**

با انتخاب چگونگی تنظیم جریان در واقع روش بهره‌برداری و کنترل سیستم نیز باید انتخاب گردد. در بیشتر موارد با انتخاب روش تنظیم جریان فقط یک روش راهبری و کنترل سیستم باقی خواهد ماند.

- **انتخاب طرح جانمائی لوله گذاری و جنس لوله**

در این مرحله نخستین انتخاب بر اساس امکانات فنی و هزینه کلی صورت می‌گیرد که معمولاً لوله‌ها بیشترین سهم هزینه سیستم را به خود اختصاص می‌دهند. هنگامی که هزینه انواع مختلف لوله قابل رقابت باشد، سایر ملاحظات نظیر سادگی اجرا اهمیت خواهد یافت. در مراحل آخر طراحی، انتخاب نهایی اقطار لوله‌ها و روش اتصال آنها به یکدیگر صورت می‌گیرد.

۲ـ۲ـ مناسب بودن سیستم لوله‌های زیرزمینی

۲ـ۲ـ۱ـ سیستم‌های مختلف توزیع

برای توزیع آب در داخل واحد درجه ۳ هر طرح آبیاری گزینه‌های مختلفی مطرح می‌شوند، شامل:

- نهرهای خاکی (ترجیحاً با بازوهای خاکی کوبیده شده).
- پوشش بتونی کانال‌ها به صورت در جاو پیش ساخته.
- کانال‌های با پوشش آجر.
- پوشش با غشاء ارزان قیمت، شامل پلاستیک، مواد آزبستی و مواد لاستیکی.
- سیستم لوله‌های بتنی فشار پایین پی‌وی‌سی سخت و آزبست سیمان.
- سیستم‌های مختلط به نسبت مختلف از هر یک از موارد فوق.

تمام سیستم‌ها باید سازه‌های کنترل آب مناسب داشته باشند.

مزایای کیفی و کمی سیستم‌های لوله زیرزمینی در فصل اول شرح داده شده است. اگرچه عملکرد سیستم‌های نهر روباز اغلب در رتبه پائین‌تری نسبت به سیستم‌های لوله قرار دارد، لیکن تنها در شرایط خاصی سیستم‌های لوله‌ای کاملاً برتری دارند.

سیستم‌های توزیعی که در اینجا شرح داده شده با این فرض است که یک شبکه وسیع در حد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر نهر یا لوله را در بر داشته باشند. برای شبکه‌های کوچک (با محدوده آبخور کوچک) عموماً نهرهای خاکی هنوز هم اقتصادی‌ترین انتخاب می‌باشند.

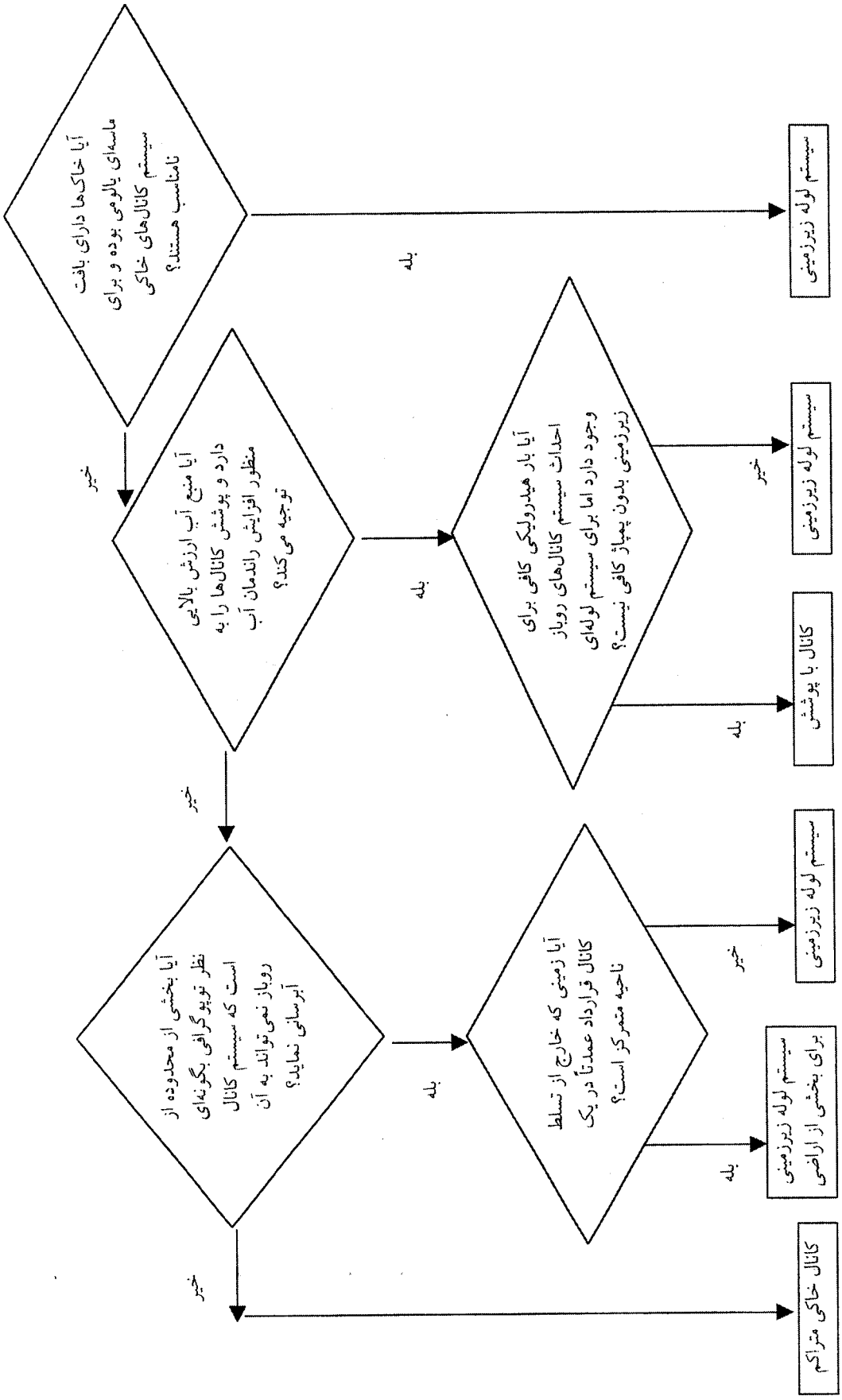
به طور کلی، هر جایی که پوشش نهرها توجیه داشته باشد، سیستم لوله زیرزمینی در صورتی که با استاندارد مناسب اجرا گردد، گزینه‌ای ارزانتر با عملکرد برتر، عمر طولانی‌تر و مزایای بهره‌برداری بیشتر می‌باشد.

مطلوب‌ترین موقعیت برای یک سیستم لوله زیرزمینی هنگامی است که تحت نیروی ثقل قابل بهره‌برداری‌باشد، یا پمپاژ برای یک سیستم کانال روباز لازم باشد و یا ارتفاع پمپاژ مورد نیاز برای سیستم لوله زیرزمینی موجب افزایش بیش از حد هزینه‌ها یا کاهش بده جریان نگردد.

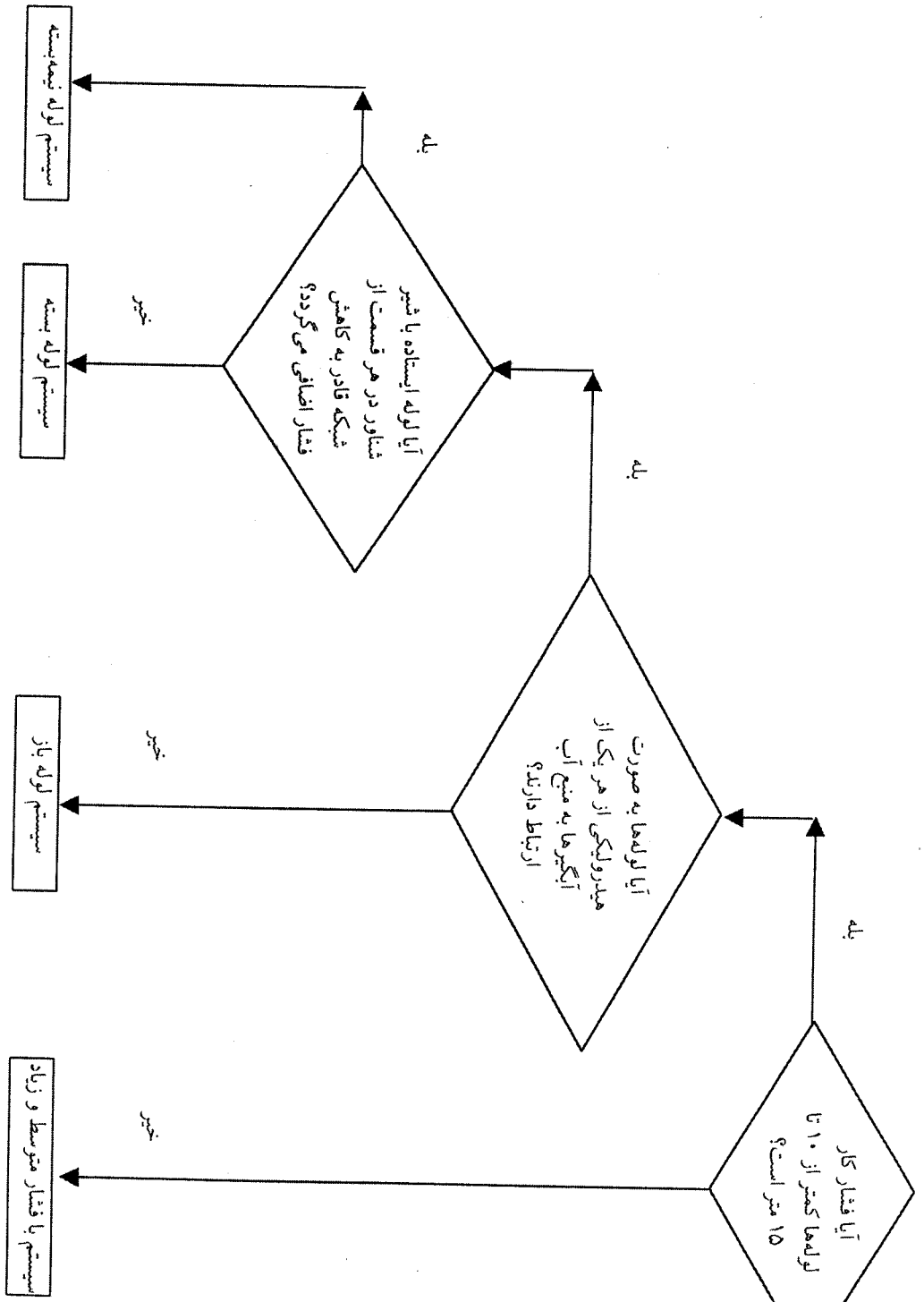
جذابیت کمتر هنگامی است که طرحی با توزیع آب به صورت ثقلی توسط سیستم کانال‌های روباز وجود داشته باشد و در صورت استفاده از سیستم لوله‌های زیرزمینی به پمپاژ نیاز پیدا کند.

موقعیت و شرایطی که در آن، سیستم‌های لوله‌ای مطلوب محسوب می‌گردند، بستگی به جنس خاک، توپوگرافی محدوده اراضی آبخور و منبع تأمین آب دارد.

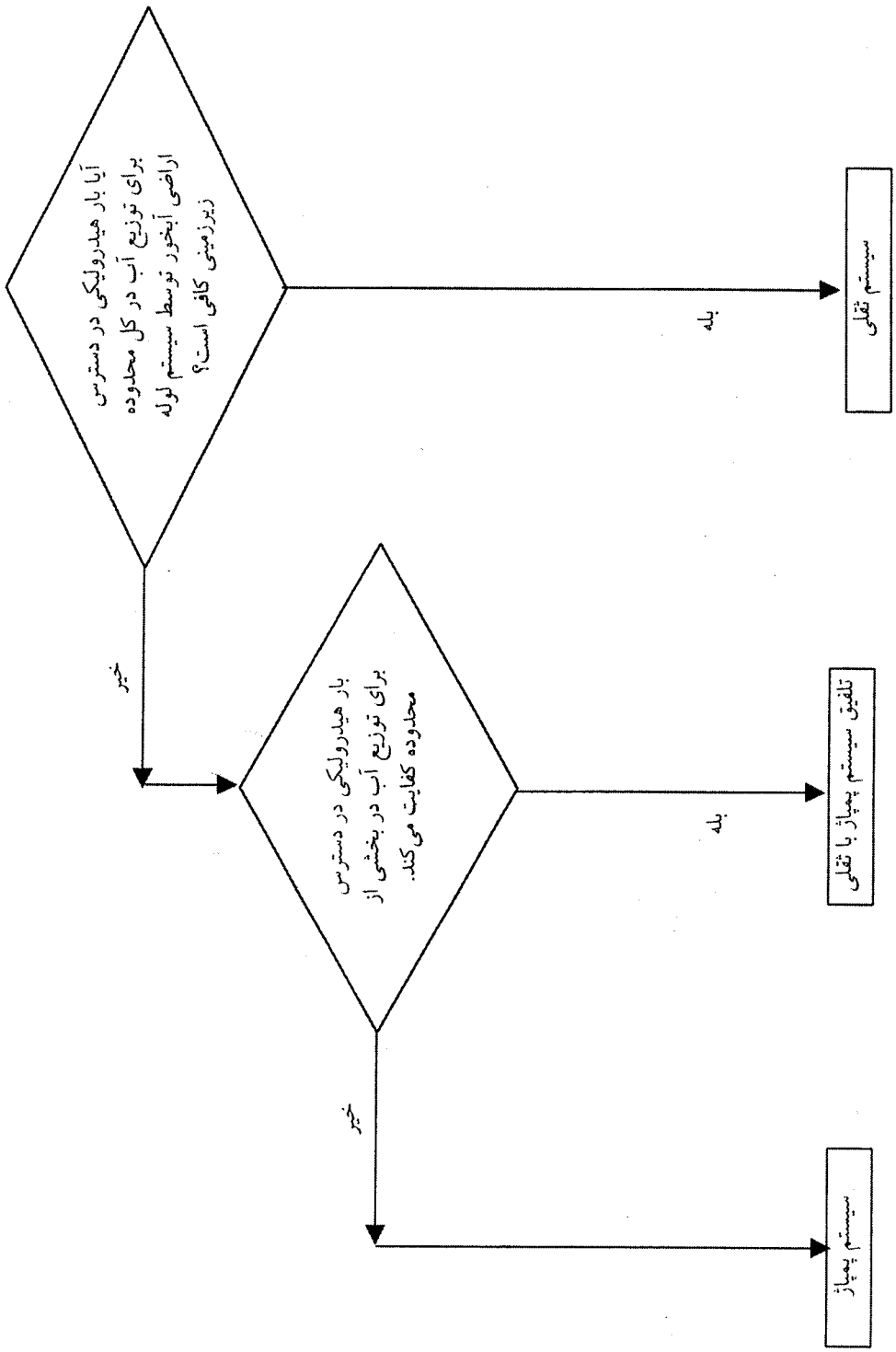
نمودار ۲ـ۱ به طور خلاصه ضوابط انتخاب سیستم‌های لوله‌ای را به موازات گزینه‌های کانال روباز شرح داده است. نمودارهای ۲ـ۲ و ۲ـ۳ جزئیات انتخاب نوع سیستم‌های لوله‌ای مناسب شرایط مختلف را نشان می‌دهند. سیستم‌های توزیع بالوله زیرزمینی به ویژه برای خاک‌های با بافت درشت، شرایط محدودیت و ارزش بالای آب و یا در شرایطی که توپوگرافی محدوده اراضی آبخور مشکل باشد، مناسب هستند. این موارد در زیر توضیح داده شده است.



نمودار ۲-۱- انتخاب سیستم توزیع



نمودار ۲-۲- تقسیم‌بندی سیستم لوله‌ای براساس نحوه کار هیدرولیکی



نمودار ۲-۳- انتخاب سیستم لوله‌ای براساس منبع تأمین فشار

۲ـ۲ـ۲ـ خاک‌های با بافت درشت

تلفات بالقوه آب در سیستم نهرهای خاکی ساخته شده در خاک‌های ماسه‌ای و با چسبندگی ضعیف، زیاد خواهد بود. این نهرها به تعمیر و نگهداری مکرر نیاز داشته و اغلب دارای عمر محدود می‌باشند. حیوانات نیز بیشتر در این خاک‌ها نقب زده و ریشه‌ها نیز در آن‌ها نفوذ بیشتری دارند. راندمان بالای انتقال آب در سیستم لوله‌ای زیرزمینی یک مزیت اصلی برای این حالت است.

شیب شیروانی دیواره‌های خاکریز کانال‌های ساخته شده در خاک با بافت درشت عموماً زیاد است. بنابراین زمین بیشتری برای احداث شبکه کانال‌ها اشغال خواهد شد.

۲ـ۲ـ۳ـ منبع تأمین آب محدود و گرانبها

در مناطقی که ارزش آب نسبت به محصول تحت کشت زیاد بوده و دسترسی به آن نیز محدود باشد، سیستم لوله زیرزمینی به سبب راندمان بالا و انعطاف‌پذیری در راهبری، جاذبه ویژه‌ای دارند. مثال‌هایی از کاربرد سیستم‌های توزیع بالوله زیرزمینی در چنین شرایطی در زیر آمده است:

- مخازن جمع‌آوری آب در نقاطی که آبیاری تکمیلی محصولات دیم سبب افزایش قابل ملاحظه تولید شده و آب مورد نیاز خیلی بیشتر از میزان تأمین باشد [۹۷].
- در نواحی‌ای که از نظر منابع آب زیرزمینی فقیر بوده و استحصال آب از منابع آب‌های سطحی در طی فصول خشک محدود است (در سیستم‌های آبیاری همراه با بالا آوردن آب توسط پمپاژ در ماهاراشترای هندوستان مشاهده شده است).
- در مناطقی که آبیاری محصولات گرانقیمت درآمد مالی زیاد حاصل می‌نماید. برای مثال در تانگیل بنگلادش [۳۸].

راندمان‌های بالای توزیع آب در سیستم‌های لوله زیرزمینی، مخصوصاً در طرح‌هایی که از منابع آب زیرزمینی عمیق با ارتفاع پمپاژ و هزینه زیاد استفاده می‌شود مزیت مهمی است. در مراجع مختلف محدودیت منابع آب و هزینهٔ بالای پمپاژ به عنوان دلایل استفاده گسترده زارعین محلی از سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در طرح‌های آبیاری باپمپاژ در هند مرکزی ذکر گردیده است.

۲ـ۲ـ۴ـ توپوگرافی اراضی آبخور

سیستم‌های لوله‌ای مخصوصاً در مواردی مطلوب هستند که:

- زمین‌هایی را فراتر از اراضی آبخور سیستم توزیع آب توسط کانال موجود، تحت پوشش قرار دهند.
- جایگزین نهرهای خاکی که به تعمیر و نگهداری سنگین نیاز داشته و تلفات نفوذ آب در آنها زیاد است، بشوند.
- تحصیل زمین مورد نیاز احداث سیستم نهرهای روباز مشکل یا پر هزینه باشد.

در اراضی که تغییرات ارتفاعی زمین مانع آبرسانی توسط سیستم کانال رو باز باشد، سیستم لوله‌ای ارتفاع هیدرولیکی مناسب را در هنگام عبور از گودی‌های زمین یا تقاطع با زهکش فراهم خواهد نمود. خطوط کوتاه لوله ممکن است جایگزین مناسبی برای نهرهای ایجاد شده در خاکریز بلند که نگهداری آنها مشکل بوده و اغلب فرار آب زیادی دارند، باشند.

در مناطقی که بخشی از محدوده اراضی آبخور دارای پستی و بلندی زیاد می‌باشد، راه حل مطلوب احداث سیستم لوله زیرزمینی در اینگونه اراضی همراه با یک سیستم نهر روباز در بقیه محدوده می‌باشد. سیستم‌های اینگونه در بنگلادش [۷۲] و هندوستان [۷۴] اجرا شده است، و مورد قبول آبیارها قرار گرفته‌اند. این سیستم‌ها هزینه کلی کمتری نسبت به سیستم کامل لوله‌ای دارند.

در حالیکه تحصیل زمین برای ایجاد کانال‌های جدید در اراضی که قبلاً کشت نشده‌اند نسبتاً آسان است، ولی در مزارعی که قبلاً به طور متمرکز کشت می‌شده‌اند انجام این کار بسیار مشکل می‌باشد. نظیر شرایطی که هدف پروژه بهبود سیستم آبیاری موجود نیز می‌باشد.

هزینه‌ها و تأخیرات ناشی از استملاک زمین در سیستم توزیع کانال رو باز ممکن است با کاربرد سیستم توزیع لوله‌ای، به علت نیاز کمتر به زمین، کاهش یابد. همچنانکه در اتارپرادش و کرالا هندوستان اتفاق افتاده است. [۵۸ و ۱۶]

۲ـ۳ـ روش‌های تنظیم جریان ورودی به سیستم‌های توزیع

کلیه سیستم‌های لوله‌ای بسته و نیمه بسته می‌توانند بر اساس روش تحویل آب بر اساس تقاضا راهبری شوند. این بدین معنی است که هر تغییری در نیاز آبی در پائین دست، به وسیله یک پمپ یا دریچه قابل کنترل یا توسط تجهیزات کنترل سطح در پائین دست یا سنسورهای دبی قابل تشخیص می‌باشند. تنظیم دبی ورودی به سیستم لوله به صورت دستی یا به روش خودکار ممکن است.

انتخاب روش تنظیم در کلیه سیستم‌های انتقال تحت فشار اهمیت دارد و به صورت دستی یا سیستم خودکار خواهد بود. در کلیه موارد روش‌های متعدد تنظیم وجود دارد و همواره تنظیم دستی به صورت اختیاری در دسترس می‌باشد.

۲ـ۳ـ۱ـ تنظیم دبی ورودی به سیستم لوله باز

اگر اجتناب از فوران زیاد آب از سرریز ایستاده مد نظر باشد، جریان ورودی به کلیه سیستم‌های لوله‌ای باز باید به صورت دستی کنترل گردد. در این صورت تنظیم دقیق شیرهای کنترل سیستم ضروری است. کنترل اتوماتیک تنها در صورتی امکان‌پذیر است که سیستم تبدیل به نیمه بسته شده و شیرهای شناور در سرریزهای ایستاده نصب گردد. سیستم‌های باز با تنظیم دستی در غرب آمریکا مشاهده می‌گردند.

۲ـ۳ـ۲ـ تنظیم دبی ورودی ثقلی به سیستم‌های لوله نیمه بسته و بسته

در انتقال ثقلی آب به سیستم‌های لوله‌ای نیمه بسته و بسته دبی ورودی به سیستم لوله می‌تواند به طور خودکار تنظیم گردد. این در صورتی ممکن است که تجهیزات مقابله با نوسانات فشار در اثر تغییرات ناگهانی دبی در خطوط لوله نصب شده باشد. در این مورد باز هم ممکن است به دلائل عملیاتی دبی جریان توسط دریچه‌ها محدود گردد. مادامی که سازه ورودی آب به سیستم لوله در رقوم بالاتر از سطح کانال یا آب در مخزن باشد، آب سرریز نخواهد شد.

اگر لازم باشد، دبی ورودی به خطوط لوله از کانال با سطح آب متغیر را می‌توان کنترل نمود. این عمل توسط سازه‌های مختلف، از جمله دریچه‌های کنترل سطح آب، انجام می‌شود. در غیر این صورت دبی ورودی بر

مبنای حداکثر ظرفیت طراحی خطوط لوله تنظیم خواهد گردید.

۲ـ۳ـ۳ـ تنظیم دبی ورودی پمپاژ به سیستم‌های لوله نیمه‌بسته و بسته

انتخاب روش تنظیم بستگی به شیوه انجام موازنه دبی جریان پمپ و مقدار تقاضا در نقطه خروجی دارد انتخاب‌ها براساس اینکه آیا پمپ توسط یک موتور الکتریکی کار می‌کند یا یک ماشین دیزل تغییر می‌کند.

۲ـ۳ـ۴ـ روش موازنه دبی پمپ و مقدار تقاضا

چهار روش متفاوت موازنه دبی ورودی و خروجی از یک سیستم انتقال با لوله تحت فشار را می‌توان معرفی نمود.

- **تغییر سرعت موتور و از این طریق تنظیم دبی خروجی پمپ با میزان تقاضا**

در موتور دیزل اغلب می‌توان سرعت موتور را در محدوده بین سرعت اسمی و ۵۰درصد پائین‌تر تغییر داد، این عمل به طور کلی اندکی بازده پمپ را کاهش می‌دهد. این شیوه در سیستم‌های چاهای عمیق در بنگلادش مشاهده می‌گردد، اگر چه کاهش سرعت موتور اغلب از نصب و نگهداری ضعیف ناشی می‌شود.

پمپ‌های آبیاری که با موتور الکتریکی کار می‌کنند، عموماً دارای سرعت‌های ثابت ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه بر اساس سرعت‌های ثابت موتور الکتریکی هستند. تغییر سرعت این پمپ‌ها از دو طریق امکان‌پذیر است:

الف) تغییر سیستم فرکانس برق ورودی به پمپ

ب) استفاده از ژنراتورهای دیزلی برای راه اندازی موتورهای الکتریکی و تغییر سرعت ژنراتور برای ایجاد فرکانس مورد نیاز

تغییر سرعت الکترو موتورپمپ‌ها در هیچ یک از سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی مورد بررسی به کار گرفته نشده است. این روش بسیار پر هزینه‌تر از موتورهای سرعت ثابت می‌باشد و احتمالاً برای اغلب کشورهای در حال توسعه مناسب نیست.

- **تغییر تعداد خروجی‌های مورد بهره‌برداری متناسب با دبی پمپ.**

در اغلب سیستم‌های کوچک لوله‌ای اگر طراحی به دقت صورت گرفته باشد و متصدی سیستم نیز تجربه کافی داشته باشد، موازنه دبی پمپ‌ها به طور مستقیم به سیستم لوله متصل هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشتر سیستم‌های لوله‌ای شناسایی شده در چین و اندونزی دارای این روش می‌باشند.

- **خاموش و روشن کردن متناوب پمپ، به صورت دستی یا خودکار، به منظور دستیابی به فشار لازم در خط یا سطح مناسب آب در یک مخزن کنترل.**

روش خودکار تنظیم الکترو موتورپمپ‌ها معمولاً با نصب سنسور تغییرات سطح آب یا فشار خط کار می‌کند. ظرفیت ذخیره مخزن تحت فشار یا تانک ذخیره باید در حدی باشد که قطع و وصل پمپ زیاد صورت نگیرد، در غیر این صورت اجزا مکانیکی یا الکتریکی پمپ، پیش از موعد خراب می‌گردند. پمپ‌های با موتور دیزلی نباید به طور مکرر روشن و خاموش گردند.

- **انتخاب یک یا تعداد بیشتر پمپ از یک مجموعه، برای تطبیق دبی با تقاضا**

این روش محدود به طرح‌های بزرگ با حدود تغییرات زیاد تقاضا بوده که می‌تواند سرمایه گذاری در یک مجموعه پمپ را توجیه نماید. این سیستم در مصر مورد استفاده قرار گرفته است [۲۹].

۲ـ۳ـ۵ـ سیستم‌های تنظیم دبی ورودی پمپاژ

سیستم تنظیم را می‌توان سیستمی توصیف نمود که با کنترل خودکار، مقدار بده ورودی و مقدار تقاضای آب را موازنه نماید، و گزینه‌های آن در زیر شرح داده شده است.

برای پمپ‌های با موتور الکتریکی، وجود سیستم تنظیم خودکار امکان‌پذیر است، در حالیکه برای پمپ‌هایی که موتور آنها دیزلی است فقط روش دستی ممکن است. اگر پمپ‌های با موتور دیزلی به طور مستقیم به سیستم لوله متصل باشند، (برای فشارهای متوسط و سرعت جریان بالا) فقط تنظیم دستی عملی است. این عمل توسط تغییر سرعت پمپ و تغییر در تعداد خروجی‌ها صورت می‌گیرد. اگر مخزن تأمین ارتفاع هیدرولیکی وجود داشته باشد، در آن صورت تنظیم دستی را می‌توان با مشاهده سطح آب در مخزن انجام داد.

برای پمپ‌های دارای موتور الکتریکی، در جایی که مقدار آب مورد نیاز آبیاری دارای حجم زیاد و محدوده تغییرات وسیع است و تأمین آب از یک منبع آب سطحی صورت می‌گیرد، چندین گزینه وجود دارد، شامل:

- تنظیم دستی پمپ‌های چندگانه.
- استفاده از موتورهای با دور متغیر.
- تنظیم خودکار پمپ‌های چندگانه توسط بده سنج.

برای سایر الکترو پمپ‌های برقی، چگونگی انتخاب، به اینکه آیا سیستم لوله‌ای به طور مستقیم به پمپ اتصال داشته باشد، یا دبی پمپ به چند شبکه جداگانه لوله تقسیم شود، بستگی دارد.

اگر مخزن ذخیره هوایی یا مخزن تأمین ارتفاع وجود داشته باشد، در آن صورت تنظیم به صورت دستی یا خودکار به وسیله کلیدهای شناور یا کنترل‌های سطح آب در داخل مخزن ممکن است.

برای انتخاب روش تنظیم پمپ، شناخت سطح مهارت آبیارهایی که بهره‌برداری و نگهداری را به عهده دارند، و امکانات تعمیراتی آنها، ضروری می‌باشد. در هر صورت، جایی که تنظیم خودکار به کار برده می‌شود، باید تنظیم دستی نیز برای حفاظت اضطراری در مواقعی که سیستم خودکار دچار اشکال می‌گردد، تدارک دیده شود. در بیشتر کشورهای در حال توسعه، به دلیل مشکلات مربوط به تعمیر و نگهداری سیستم‌های خودکار و تهیه قطعات یدکی و تغییرات مقدار تقاضا استفاده از سیستم‌های تنظیم دستی ترجیح داده می‌شود.

روش‌های دستی و خودکار تنظیم پمپ در سیستم‌های لوله زیرزمینی در زیر خلاصه شده و با جزئیات بیشتر در فصل سوم بحث شده است [۶۱].

۲ـ۳ـ۵ـ۱ـ سیستم‌های دستی

- **روش ساده**

پمپ توسط متصدی کنترل شده و همواره در وضعیت روشن و یا خاموش خواهد بود: نمونه آن سیستمی است که پمپ به طور مستقیم به سیستم لوله متصل می‌گردد.

- **روش مشاهده سطح آب**

پمپ توسط متصدی کنترل می‌شود تا سطح آب یا فشار خط را در حد مطلوبی نگه دارد.

۲ـ۳ـ۵ـ۲ـ سیستم‌های خودکار

- **روش مخزن هوایی روباز**

روش مخزن هوایی روباز از طریق دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرد:

الف) سنسور تنظیم فشار

سنسور فشار بر روی لوله دهش پمپ، هنگامی که فشار خط به حد معینی برسد، آن را خاموش می‌نماید، شیر

شناور نیز بر روی لوله ورودی مخزن هوایی نصب می‌گردد. این روش تنها برای شبکه‌های تک پمپی و طرح‌های کوچک آبیاری مناسب است.

ب) روش ارتفاع سطح آب

پمپ با استفاده از کلیدهای شناور یا وسایل حساس به ارتفاع سطح آب در مخزن هوایی، تنظیم می‌شود. این روش در جاهایی مناسب است که مخزن تنظیم نزدیک پمپ باشد [۹].

- **روش مخزن هوای فشرده**

پمپ توسط سنسورهای تنظیم فشار در یک محدوده فشاری که جریان را در مخزن تحت فشار تقلیل می‌دهد کنترل می‌شود: ترجیحاً برای سیستم لوله‌ای با فشار متوسط، نسبت به سیستم فشار کم، مناسب است.

- **تنظیم به وسیله فلومتر (کنتور)**

تعدادی از پمپ‌ها متناسب با دبی اندازه‌گیری شده از طریق فلومتر روشن و خاموش می‌شوند. این روش برای سیستم‌های لوله زیرزمینی بزرگ مقیاس که در آنها از یک مجموعه پمپ برای جوابگویی به تغییرات دبی مورد تقاضا استفاده می‌شوند، مناسب می‌باشد.

در تمامی سیستم‌های لوله‌ای نیمه بسته و بسته تغییرات سطح آب در ورودی و یا پمپ ناشی از تغییرات در مصرف بوده و با تنظیم خودکار یا دستی سیستم تأمین آب آبیاری ممکن می‌شود. در یک سیستم لوله‌ای ساخته شده در مصر آب اضافی که نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، به چاهک مکش پمپ یا چاه برگشت داده می‌شود [۲۹]. اگر چه این مسئله بیانگر راهبری با کارائی پایین است، لیکن ممکن است عملی‌ترین روش در زمانی که مقدار دهش پمپ‌ها ثابت و مقدار تقاضا بسیار متنوع است، باشد.

۲-۴- انتخاب سیستم بهره‌برداری و کنترل در ابتدای سیستم لوله‌ای

سیستم راهبری و کنترل شامل روش تنظیم دبی ورودی به سیستم لوله و انتخاب نوع سازه‌های کنترلی در ورودی و ابتدای سیستم لوله می‌باشد. انتخاب شیوه راهبری و کنترل نیاز به تصمیم‌گیری در طراحی و انتخاب فناوری دارد. طراحی مناسب سیستم لوله‌ای، در مقوله راهبری و کنترل، بستگی به فاکتورهای زیر دارد:

- خصوصیات فیزیکی اراضی آبخور
- توقع آبیار از عملکرد سیستم شامل یکنواختی توزیع یا قابلیت تغییر در دبی جریان سیستم.
- روش‌های آبیاری مورد کاربرد.

این موضوع از روش راهبری که در بخش بعدی توضیح داده شده متمایز است، و بستگی به انتخاب نحوه توزیع آب در طراحی هر سیستم لوله‌ای دارد.

در توضیحات زیر دبی ورودی به سیستم لوله‌ای از طریق یک پمپ یا هر منبع دیگر تأمین آب، به عنوان دبی جریان ورودی یا دبی پمپ (Qi)، میزان جریان از هر خروجی به نام دبی خروجی (Qo)، و جریان در کانال‌های درجه ۴ دبی مزرعه (Qf) نامیده می‌شود.

تقلی بودن انتقال آب یا تحت فشار بودن آن، حدود ممکن راهبری و روش کنترل را مشخص می‌کند. برای هر سیستم کنترل و راهبری یک الگوی راهبری طراحی شده و یک محدوده برای سایر روش‌های ممکن راهبری وجود دارد. شیوه عمل آبیار باید هنگامی که انتخاب صورت می‌گیرد، مشخص گردد. انتخاب و جانمایی

سازه‌های کنترلی سیستم ممکن است کاربرد بعضی از طرق راهبری را غیر ممکن سازد.
نمودار ۲ـ۴ و ۲ـ۵ ضوابط انتخاب سیستم راهبری را برای سیستم‌های انتقال به طریقه پمپاژ و ثقلی به ترتیب خلاصه نموده‌اند که در زیر نیز توضیح داده شده است.
برای سیستم‌های پمپاژ موضوعات مهم شامل موارد زیر می‌باشند.

- نسبت دبی هر آبگیر (Qo)به دبی ورودی (Qi) و بنابراین تعداد خروجی‌هایی که در یک زمان بهره‌برداری می‌گردند.
- چگونگی تنظیم بهره‌برداری از پمپ
- آیا دقت در تقسیم دبی لازم است و در این صورت آیا این تقسیم باید در منبع تأمین آب، سیستم لوله و یا در خروجی صورت پذیرد.

در سیستم‌های ثقلی معیارهای دیگری نیز وجود دارد:

- آیا انرژی آب جوابگوی بیشترین ارتفاع فشاری مورد نیاز در کلیه قسمت‌های اراضی آبخور می‌باشد.
- آیا سیستم راهبری بر مبنای تقاضا می‌باشد.
- آیا کنترل دستی یا خودکار سطح آب در ورودی مورد نظر می‌باشد.

در هر دو سیستم تأمین ثقلی و پمپاژ، محدوده راهبری و کنترل سیستمی که معمولاً به کار برده می‌شود به شرح زیر است. البته این لیست جامع نبوده بلکه گزینه‌های دیگر نیز وجود دارد. در دور اول مطالعه این مجموعه ممکن است بعضی افراد ابتدا از این بخش صرفنظر نموده و بعداً به آن برگردند.

۲ـ۴ـ۱ـ سیستم‌های با ورودی پمپاژ

- **اتصال مستقیم پمپ به شبکه (شکل ۲ـ۱)**

در این حالت سیستم معمولاً دارای فشار کار متوسط (کمتر از ۱۰ متر) بوده و سرعت جریان به گونه‌ای است که سبب کاهش قطر لوله‌ها و هزینه آنها می‌گردد. یک شیر فشار شکن یا سنسور فشار برای خاموش کردن پمپ در نظر گرفته می‌شود که از سیستم لوله در مقابل افزایش فشار خطوط لوله محافظت نماید. به طور کلی راهبری به صورت دستی انجام می‌گیرد چون راهبری خودکار تنها در سیستم‌های انتقال دارای الکترو پمپ بسیار کوچک که از یک مخزن تحت فشار و سنسورهای کنترل فشار استفاده می‌کنند، عملی است. سیستم‌های با این روش در تایلند اجرا شده است [۴۵].

- **اتصال پمپ به شبکه توسط لوله عمودی تنظیم فشار (شکل ۲ـ۱)**

از آنجائیکه آب در ورودی سیستم لوله بیشتر از ارتفاع مؤثر لوله عمودی بالا نخواهد رفت، فشار کار به کمتر از ۵ متر محدود خواهد گردید که موجب عدم نیاز به پیش‌بینی تجهیزات حفاظتی خاص برای خطوط لوله می‌گردد. سیستم‌های این گونه در اندونزی، چین و بنگلادش اجرا گردیده است.

- **مخزن تأمین فشار یا برج فشار، توزیع توسط شیر کنترل تمتانی (شکل ۲ـ۱)**

در این سیستم آب به داخل یک لوله قطور ایستاده سرباز تخلیه خواهد گردید که برج فشار یا مخزن تأمین فشار خوانده می‌شود. اندازه قطر به گونه‌ای است که قادر به تغذیه دو شبکه لوله یا بیشتر که در تراز کف مخزن نصب شده باشند، خواهد بود. هنگامی که بعضی از بخش‌های سیستم بهره‌برداری نمی‌شوند، امکان توزیع آب به یک یا چند بخش دیگر از سیستم فراهم می‌گردد. این موضوع سبب کاهش تلفات آب از طریق خطوط

لوله‌ای که استفاده نمی‌گردند، می‌شود که معمولاً در خطوط لوله بتنی غیر مسلح پیش می‌آید. موازنه دبی ورودی با دبی خروجی در محل‌های مصرف معمولاً به صورت دستی صورت می‌گیرد. این عمل در حالت استفاده از موتورهای دیزلی توسط تغییر سرعت دور موتور و در حالت استفاده از الکترو پمپ‌های برقی با تغییر در شیرهای خروجی انجام می‌گردد.

حجم مخزن تأمین ارتفاع معمولاً به اندازه کافی بزرگ نیست که امکان کنترل خودکار را از طریق کنترل سطح آب بدون ریسک افزایش دور پمپ ایجاد نماید. اینگونه سیستم‌ها در بنگلادش و هندوستان ساخته شده‌اند [۷۶، ۷۷، ۳۵ و ۳۶].

- **مخزن تأمین فشار یا برج فشار با تقسیم آب در سطح فوقانی (شکل ۲ـ۱)**

در این سیستم دبی ورودی به سیستم لوله به شبکه‌های مجزای لوله از طریق لوله‌های ایستاده اقماری وارد می‌گردد. آب در بالاترین قسمت مخزن تأمین فشار یا برج فشار به داخل دو یا تعداد بیشتری لوله‌های ایستاده اقماری، که ممکن است از داخل یا خارج به آن متصل شده باشند، رانده می‌شود. این سیستم، جریان دبی را به سیستم لوله‌ای که به دو قسمت مجزا یا بیشتر تقسیم شده است هدایت می‌نماید. مزیت بزرگ این سیستم این است که دبی قبل از ورود به سیستم لوله‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد و این خود امکان کاهش اندازه قطر لوله‌ها و به دنبال آن صرفه جویی در هزینه‌ها را فراهم می‌نماید. در بنگلادش، برج‌های اقماری داخلی یا خارجی استفاده می‌شوند. لوله‌های اقماری ایستاده داخلی امکان قطع جریان را برای هر یک از شبکه‌ها توسط بستن یک شیر آلفا فراهم می‌آورند.

تعدادی از طرح‌های مخازن تأمین فشار که در بنگلادش در پروژه‌های IDADTWII [۷۶] و TADP [۳۷] احداث شده‌اند و در مأخذ [۹] نشان داده شده است.

یک قابلیت در استفاده از برج‌های اقماری، الحاق قسمت‌های خارج از طرح به مخزن تأمین فشار طراحی شده می‌باشد. مجموعه سرریزهای مابین مخزن داخلی و مخازن خارجی که به شبکه‌های لوله جداگانه اتصال دارند، دبی جریان ورودی به هر یک از سیستم‌های لوله را کنترل می‌نمایند. شیرهای ابتدای هر شبکه لوله امکان تنظیم جریان و بستن آن را فراهم می‌کند.

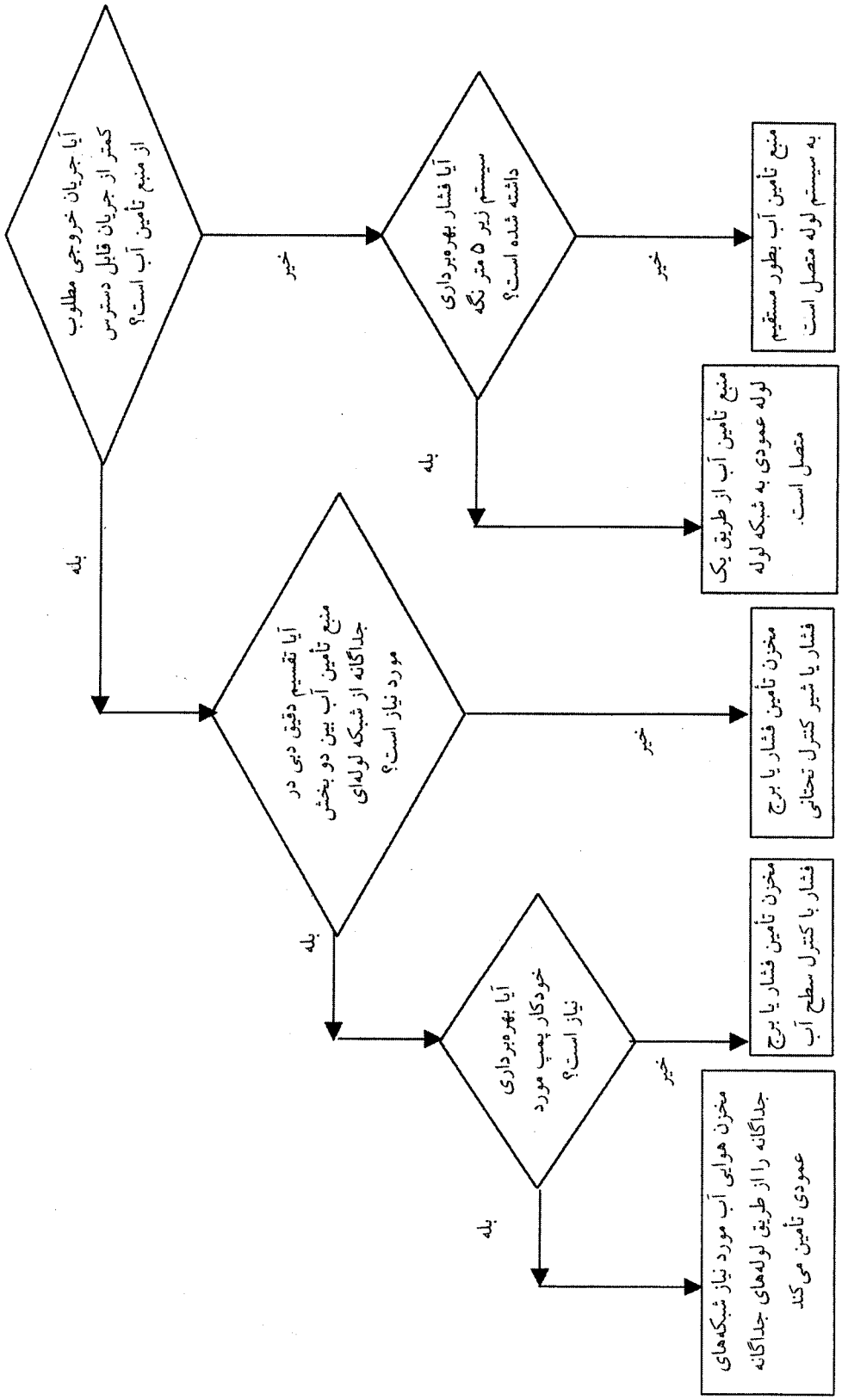
این سیستم در مخازن تأمین فشار طرح‌های آبیاری تحت پمپاژ در ماهاراشترای هندوستان استفاده شده است.

- **مخزن هوایی همراه بالوله‌های ایستاده جداگانه (شکل ۲ـ۱)**

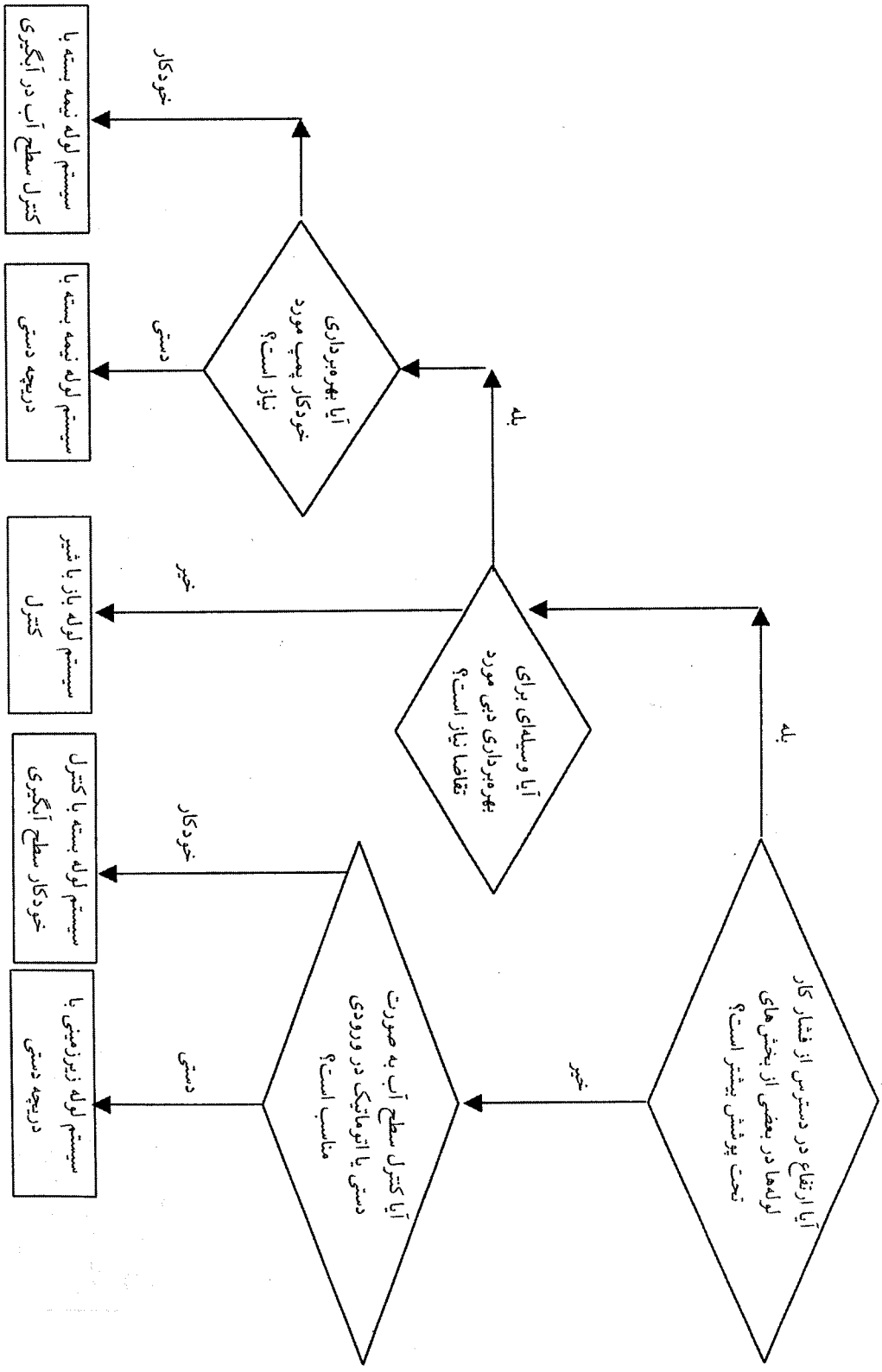
در این سیستم آب توسط پمپ به یک مخزن هوایی انتقال می‌یابد. دبی ورودی به سیستم لوله از طریق لوله‌های عمودی ایستاده به شبکه‌های مجزای لوله وارد می‌گردد. مانند سیستم قبلی، کاهش دبی جریان ورودی به مسیر لوله سبب کاهش قطر لوله و بالنتیجه صرفه‌جویی اقتصادی می‌گردد. این سیستم‌ها را می‌توان به صورت دستی یا خودکار کنترل نمود.

کنترل خودکار توسط کنترل ارتفاع سطح آب صورت می‌گیرد و از این طریق فرمان روشن و خاموش شدن پمپ صادر می‌گردد. این سیستم‌ها در اتارپرادش هندوستان احداث شده و هنوز نیز اجرا می‌گردد. این سیستم‌ها همچنین با جزئیات بیشتر در گزارش پروژه‌های بانک جهانی [۱۱۴] و [۵۱] شرح داده شده است. مخازن هوایی یک طرح مشابه در نپال احداث شده است. در پروژه مذکور تقسیم دبی بین ۴ شبکه مختلف لوله با استفاده از تیرک‌های انسداد[1] صورت می‌گیرد.

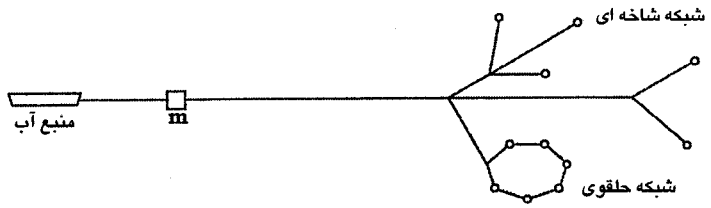
1- Stop Logs



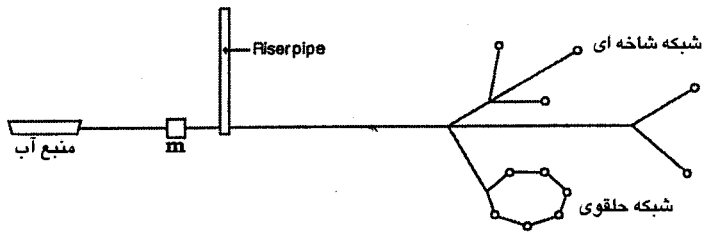
نمودار ۲-۴- انتخاب سیستم بهره‌برداری برای سیستم‌های لوله بسته و نیمه‌بسته با استفاده از پمپاژ



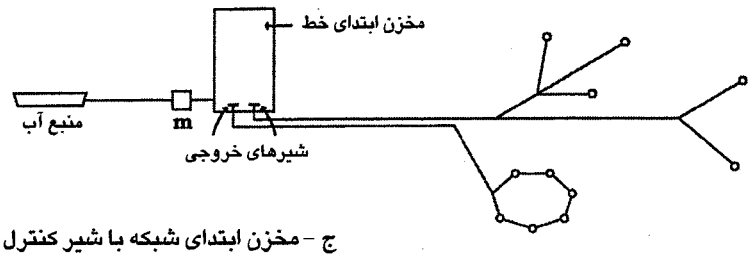
نمودار ۲-۵- انتخاب سیستم بهره‌برداری برای سیستم‌های تأمین ثقلی لوله‌ای



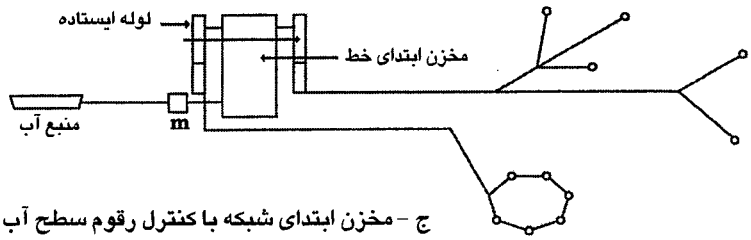
الف - منبع آب به طور مستقیم به سیستم لوله متصل است.



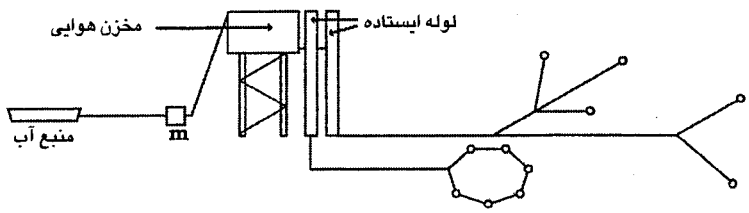
ب - منبع آب از طریق یک لوله ایستاده به سیستم لوله متصل است.



ج - مخزن ابتدای شبکه با شیر کنترل



ج - مخزن ابتدای شبکه با کنترل رقوم سطح آب



ج - مخزن هوایی تامین کننده دو شبکه جداگانه

شکل ۲-۱- شمای عمومی سیستم های تامین آب بوسیله پمپ

۲ـ۴ـ۲ـ سیستم‌های با ورودی جریان ثقلی

- **سیستم لوله نیمه بسته و بسته با کنترل دستی دبی جریان به وسیله دریچه**

دریچه هنگامی که احتیاج به آب نباشد دبی جریان را قطع می‌نماید و یا مقدار جریان را با توجه به ظرفیت طراحی خطوط لوله و اندازه رایزر و میزان باز شدن شیر کاهش می‌دهد. در صورتی که آب کافی باشد. دبی ورودی به سیستم لوله به طور خودکار دبی خروجی مورد نیاز در نقاط مصرف را تأمین می‌نماید.
این گونه سیستم‌ها که تأمین آب آنها از کانال‌های بزرگ صورت می‌گیرد، سالهاست که در کالیفرنیا و سایر ایالات غربی آمریکا مورد استفاده هستند. طرح گادیگالتار در مادیا پرادش هندوستان نیز که اخیراً اجرا شده است با این نوع سیستم و دارای ورودی ثقلی مجهز به آشغالگیر و دریچه می‌باشد [۹].

- **سیستم لوله نیمه بسته و بسته با کنترل خودکار سطح آب در آبگیر**

در محل‌هایی که سطح منبع تأمین آب نوسان دارد، ممکن است احداث یک سازه به منظور اعمال کنترل ارتفاع سطح آب در ابتدای سیستم لوله لازم باشد. در این حالت دریچه‌های خودکار حساس به ارتفاع سطح آب یا تجهیزات مشابه در آبگیری سیستم لوله ضروری می‌باشد. در صورتی که مقدار آب کافی باشد سیستم می‌تواند بر حسب تقاضا عمل نماید. در این حالت مقدار دبی خروجی در محل هر مصرف کننده (Q_o) هنوز تحت تأثیر تعداد و مکان برداشت آب توسط آبیارها است ولی تعداد کارگران کاهش یافته است. اجرای این نوع روش کنترل، به همراه تغییر سیستم لوله باز به نیمه بسته، نمادی از پیشرفت‌های اخیر در سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در امریکا بوده است [۶۴].

- **سیستم لوله باز با شیر کنترل بر روی خط لوله**

در سیستم لوله‌ای باز، مقدار دبی جریان آبگیری و مجموع دبی جریان در خروجی‌ها باید موازنه گردد. تنظیم مکرر، که موجب صرف وقت خواهد شد، برای موازنه دبی‌ها و جلوگیری از هدر رفتن آب در سرریز لوله ایستاده لازم است. هرگاه تغییری در مجموعه شیرهای خروجی ایجاد شود، موازنه باید تکرار گردد. به مشکلات این نوع راهبری و تعداد زیاد کارگر اشاره شده است [۸۳].

۲ـ۵ـ روش‌های بهره‌برداری توزیع آب در سیستم‌های لوله زیرزمینی

تعیین روش راهبری برای نحوه توزیع آب در یک سیستم لوله ضروری است. برای هر سیستم لوله بیشتر از یک روش برای راهبری وجود دارد، اگر چه طراح روشی را انتخاب می‌کند که بر سایر روش‌ها برتری داشته باشد.

روش راهبری به نسبت دبی جریان طراحی (Q_i) به دبی مورد نیاز مزرعه که بتواند با راندمان مناسب به وسیله هر کشاورز مورد استفاده قرار گیرد (Q_f)، بستگی دارد. در بیشتر طرح‌های کوچک آبیاری این دبی (Q_f) حدود ۲۰ـ۳۰ لیتر در ثانیه برای هر کانال درجه ۴ می‌باشد. چنانچه در جایی دبی ورودی به سیستم لوله، با تغییر نیازهای آبیاری مرتبط با میزان و دور آبیاری، انتخاب روش راهبری نیز ممکن است عوض شود. راه کارهای ممکن با تغییر جانمایی و تغییر نوع سازه‌ها در سیستم میسر می‌گردند.
بعضی از موضوعات اصلی در نمودار ۲ـ۶ خلاصه شده است. روش بهره‌برداری تأثیر زیادی بر روی میزان اعتماد و کفایت دبی در محل آبگیرها دارد. روش‌های ممکن راهبری در ذیل شرح داده شده است.

روش الف $Q_i \approx Q_o Z Q_{if}$، $Q_f \approx Q_o \approx Q_i$

یک آبیار، کل دبی جریان ورودی را در یک آبگیر برداشت می‌کند ($Q_f \approx Q_o \approx Q_i$ بستگی به مقدار تلفات دارد).

در هر سیستم لوله که آبیار بتواند کل جریان ورودی را با راندمان خوب به مصرف برساند، این روش راهبری بایستی استفاده شود. (در صورتی که Q_i بیشتر از ۳۰ l/s برای هر کانال خاکی درجه ۴ نباشد) سیستم‌های کوچک لوله‌های زیرزمینی که پمپ به طور مستقیم و یا به وسیله یک لوله تنظیم فشار به آنها متصل می‌باشد، با این روش باید راهبری شوند.

سایر روش‌های راهبری در مواردی به کار گرفته می‌شوند که دبی جریان بیشتر از دبی بهینه باشد.

روش ب $Q_i \approx Q_o \approx 2Q_f$،

کل دبی جریان ورودی به یک خروجی تحویل می‌گردد و در آنجا بین دو کشاورز یا بیشتر توسط یک سازه توزیع آب تقسیم می‌گردد ($Q_i \approx Q_o \approx 2Q_f$ بستگی به مقدار تلفات دارد).

این روش راهبری، امکان تقسیم مساوی جریان ورودی را فراهم می‌سازد لیکن به یک سازه تقسیم دبی در خروجی احتیاج دارد. تجربه در بنگلادش نشان می‌دهد اگر همکاری بین آبیارها ضعیف باشد در دوره‌های تقاضای پایین آب وقتی که دو آبیار بخواهند همزمان در یک خروجی آب مورد نیاز را برداشت نمایند، هماهنگی تقسیم آب به سختی صورت گرفته و مشکلات بروز می‌کند. این موضوع اغلب منتج به این خواهد شد که جریان تقسیم نشده Q_i، توسط یک آبیار در کانال‌های خاکی مزرعه مورد استفاده قرار گرفته و با سرریز شدن از کانال تلفات توزیع آب زیاد گردد.

روش ج

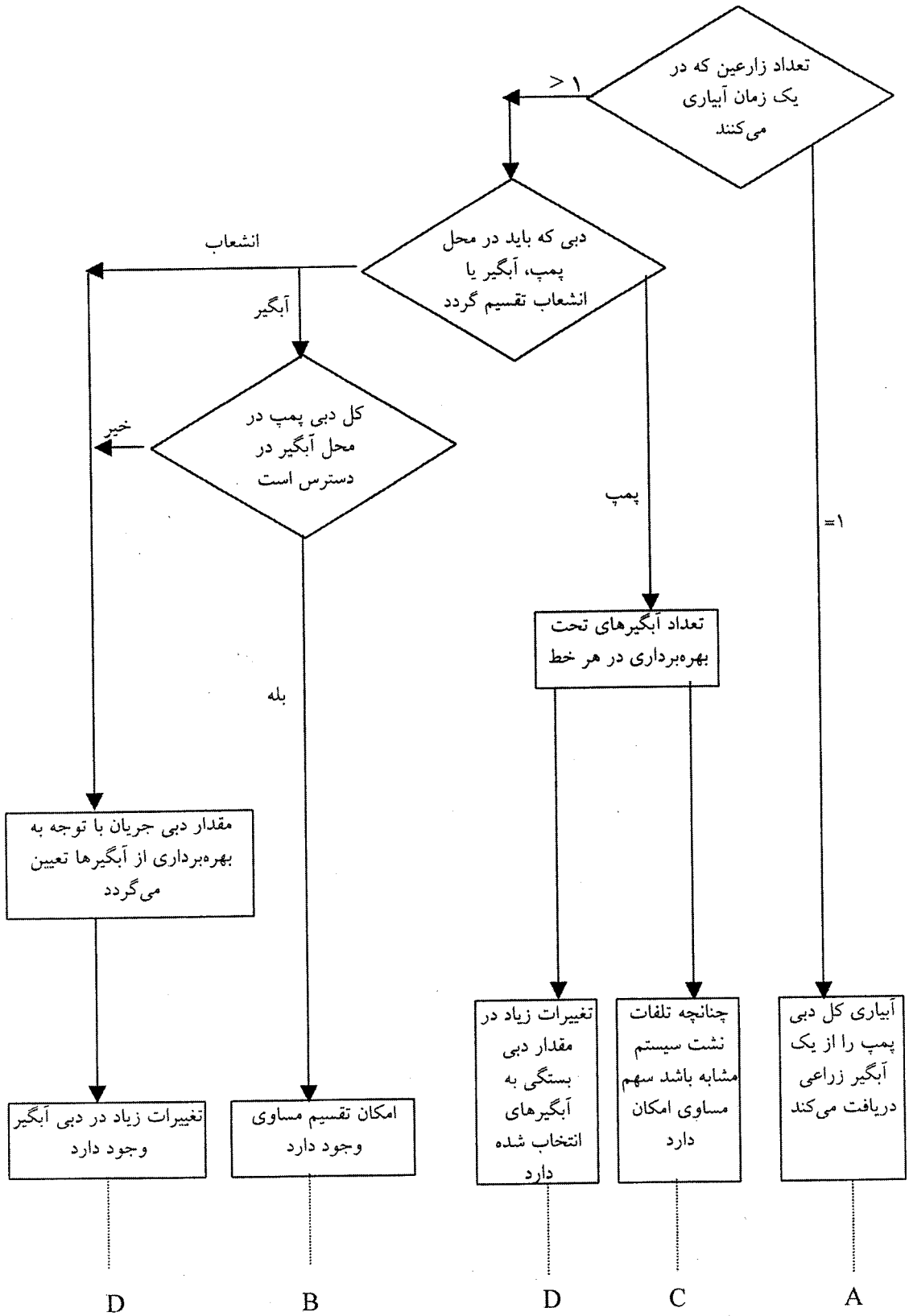
در این حالت دبی جریان ورودی در منبع تأمین آب بین دو یا سه شبکه لوله مجزا تقسیم می‌گردد ($Q_i \approx nQ_o \approx nQ_f$، $n \geq 2$).

در این روش راهبری، سازه‌های ابتدای سیستم لوله تقسیم دبی جریان بین قسمت‌های مختلف سیستم را به عهده دارند. سازه‌هایی همچون مخزن هوایی و مخزن تأمین ارتفاع با تقسیم آب از بالا به لوله‌های ایستاده اقماری، امکان تقسیم مساوی دبی را نسبت به مخزن دارای شیر کنترل در پایین، بیشتر فراهم می‌نمایند، سرریزها و دریچه‌ها نیز می‌توانند برای تقسیم دبی جریان بین شبکه‌های مختلف لوله بر اساس سطح زیر پوشش آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این روش آبیاری در مقیاس وسیع برای سیستم‌های لوله‌ای از جنس پی‌وی‌سی سخت در اتار پرادش هندوستان استفاده شده است. در آنجا مقدار نشت آب کم است و دبی به طور مساوی بین دو خروجی تقسیم می‌گردد، هر یک از خروجی‌ها برای راهبری یک حلقه لوله مجزا استفاده می‌گردد.

این روش در منطقه بیشتر ترجیح داده می‌شود و لزوم مشارکت در راهبری را کاهش داده و نهایتاً آب توسط یک زارع در هر یک از شبکه‌های لوله توزیع می‌گردد. در محل‌هایی که چهار شبکه لوله از طریق یک منبع آب تأمین می‌گردند، بدون آنکه اصل تساوی حقوق زیر پا گذاشته شود، آب می‌تواند به دو یا سه شبکه تحویل گردد. تقسیم دبی در ابتدای سیستم لوله تساوی حقوق را تضمین نمی‌کند، همانطور که مقدار تلفات با توجه به تفاوت طول خطوط لوله در کاهش دبی خروجی‌ها نقش اساسی دارد [۷۳].

در جدول شماره ۲-۱ و ۲-۲ روش‌های ممکن برای بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال ثقلی و پمپاژ ارائه شده است.



نمودار ۲-۶- گزینه‌های مختلف بهره‌برداری سیستم‌های لوله‌ای

جدول ۲ـ۱ـ روش‌های ممکن بهره‌برداری‌برای سیستم‌های لوله‌ای انتقال ثقلی دبی جریان

ردیف	سیستم‌های بهره‌برداری	روش‌های بهره‌برداری	
		پیشنهادی	قابل‌جایگزینی
۱	سیستم لوله‌ای باز با یک شیر کنترل در هر شبکه لوله	A,B,C	D
۲	سیستم لوله‌ای نیمه بسته یا بسته با دریچه دستی کنترل دبی جریان از مخزن یا کانال	A,B,C	D
۳	سیستم لوله‌ای نیمه بسته یا بسته با کنترل اتوماتیک سطح آب در ورودی	A,B,C	D

جدول ۲ـ۲ـ روش‌های ممکن راهبری برای سیستم‌های پمپاژ

ردیف	سیستم‌های بهره‌برداری	روش‌های بهره‌برداری	
		پیشنهادی	قابل‌جایگزینی
۱	منبع تأمین آب مستقیماً به شبکه لوله اتصال دارد	A	D,B
۲	منبع تأمین آب به وسیله یک لوله بالابرنده فشار آب به شبکه لوله اتصال دارد	A	D,B
۳	مخزن تأمین ارتفاع یا برج فشار با شیر کنترل در پائین مخزن	D,A	B
۴	مخزن تأمین ارتفاع یا برج فشار با کنترل سطح بالایی آب	C	D,B
۵	مخزن هوایی با لوله‌های ایستاده جداگانه تأمین کننده شبکه‌های مجزای لوله	C	D,B

روش د

دبی جریان بین چندین آبگیر در همان شبکه لوله تقسیم می‌گردد. ($Q_i \approx nQ_o \approx nQ_f$، $n > 2$).

اگر چه تمام سیستم‌های لوله‌ای می‌توانند با این روش راهبری گردند، لیکن از آنجائی که اختلاف انرژی در خروجی‌ها سبب بروز تغییرات شدید در دبی آنها می‌شود، توصیه نمی‌گردد. دبی با استفاده از شیرهای کنترلی مستقل یا دریچه‌های پایه‌دار برای تقسیم آن بین شاخه‌ها قابل تنظیم می‌باشد. این تغییرات نامنظم بوده و پیش‌بینی آنها مشکل است و هنگامی که ترکیب متفاوتی از خروجی‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، باید مجدداً تکرار گردد. برای سیستم‌های لوله‌ای ثقلی یا پمپاژ، روش‌های عمده طراحی راهبری در زیر شرح داده شده است. برای هر سیستم گزینه‌های مختلف راهبری امکان‌پذیر است اما محدودیت‌های جدی نیز وجود دارد.

۲ـ۶ـ جانمایی سیستم لوله‌ای

سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی ممکن است به صورت حلقوی یا شاخه‌ای و یا ترکیبی از هر دو طراحی شده باشند. اگر چه از نظر تئوری، خطوط لوله حلقوی مزیت‌های زیادی به لحاظ مسائل هیدرولیکی دارند لیکن بنا به دلایل عملی که در زیر به طور خلاصه توضیح داده شده، مورد پذیرش عام نمی‌باشند.

برخی از ملاحظاتی که در انتخاب طرح لوله‌گذاری دخالت دارد، در نمودار ۲ـ۷ خلاصه شده است.

۲ـ۶ـ۱ جانمایی شاخه‌ای

در یک طرح شاخه‌ای خطوط لوله ممکن است تقسیم شوند ولی دیگر به صورت حلقه به هم نمی‌پیوندند.

جریان آب در یک جهت، از طرف منبع تأمین آب به طرف خروجی‌های هر شاخه جاری است. سیستم‌های شاخه‌ای در قیاس با سیستم‌های حلقوی به قطر بزرگتر نیاز دارند زیرا کل دبی خروجی باید از یک لوله عبور نماید. اگر در خطوط لوله امکان نشت وجود داشته باشد، در یک سیستم شاخه‌ای توصیه می‌گردد که با تعبیه شیر یا دریچه‌های پایه‌دار در اول هر خط لوله، امکان جدا کردن آنها از سیستم، هنگامی که مورد استفاده نیستند، فراهم شود. با ایجاد قابلیت جدا کردن قسمت‌های مجزای سیستم، به تعمیر و برطرف نمودن نشت سیستم کمک خواهد شد.

وجود مقداری نشت در سیستم‌های لوله‌ای بتنی اجتناب‌ناپذیر است. این لوله‌ها معمولاً در طرح شاخه‌ای استفاده می‌گردند خصوصاً که کاهش قطر لوله تأثیر کمی روی هزینه لوله بتنی دارد.

آنالیز طرح‌های مناسب نشان می‌دهد که برای یک محدوده اراضی، طرح شاخه‌ای، دارای لوله‌های کمتر نسبت به طرح حلقوی بوده ولی تراکم تعداد مناسب خروجی با فواصل قابل قبول به سادگی میسر است، خصوصاً در جایی که محدوده اراضی دارای قطعات جدا از یکدیگر بوده و شکل منظمی نداشته باشد. یک نمونه طرح شاخه‌ای لوله‌ای در شکل ۲ـ۲ نشان داده شده که توسط IDA DTWII طراحی و در بنگلادش اجرا شده است [۷۵].

۲ـ۶ـ۲ـ جانمایی حلقوی

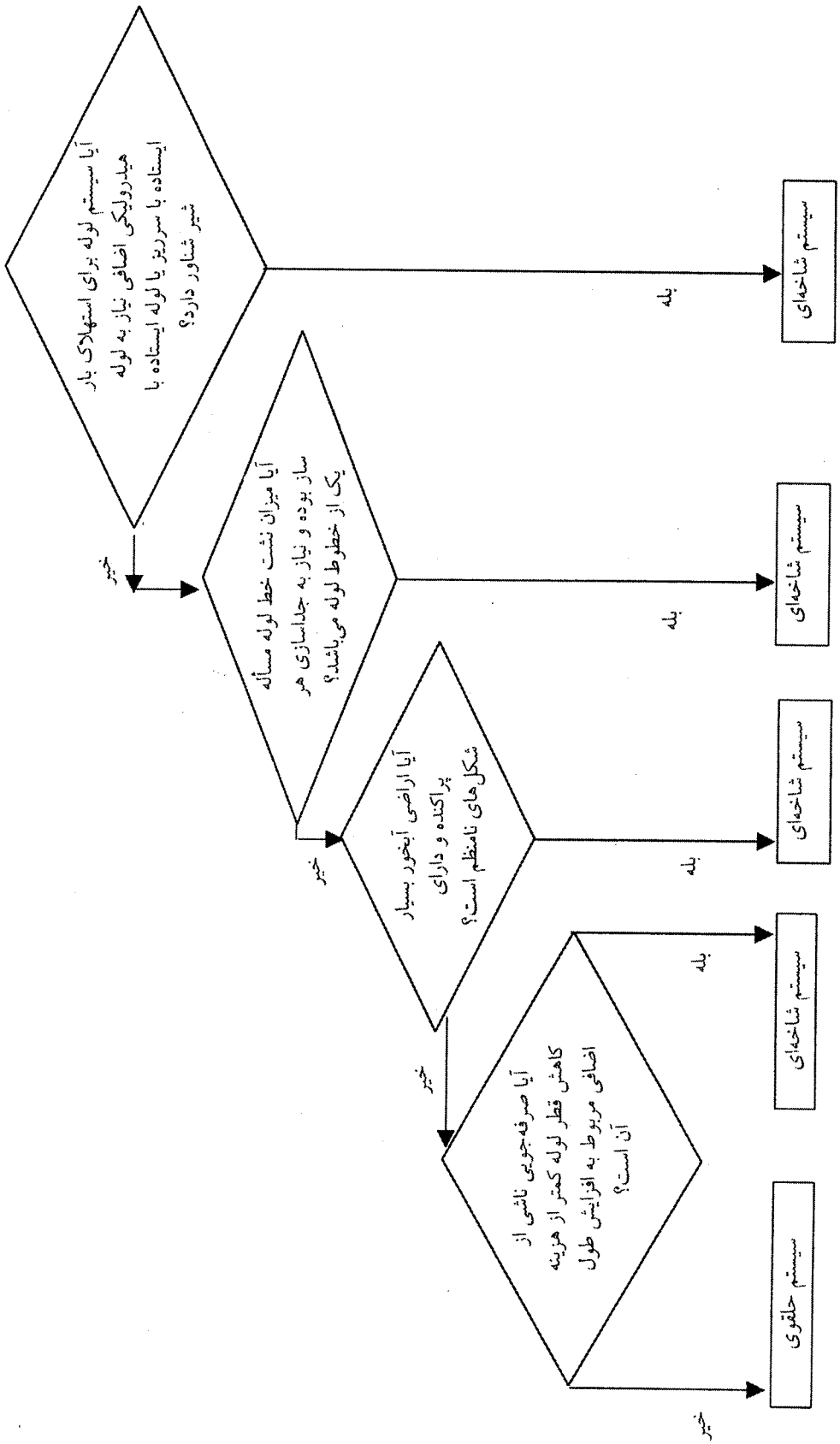
در طرح‌های حلقوی جریان بین دو نیمه از حلقه تقسیم می‌گردد بنابراین جریان آب از دو مسیر به طرف یک خروجی جاری می‌شود. این موضوع سبب کاهش قطر لوله به میزان حدود ۲۵٪ می‌گردد. ارزانی سیستم حلقوی نسبت به سیستم شاخه‌ای، بستگی به این دارد که مقدار صرفه‌جویی در کاهش قطر لوله‌ها از هزینه اضافی ناشی از ازدیاد طول لوله‌ها بیشتر باشد. فقط سیستم‌های لوله‌ای بسته یا قسمت‌های بسته از سیستم‌ها می‌توانند خطوط حلقوی را در خود جای دهند. سیستم‌های باز یا نیمه بسته، می‌توانند در قسمت بسته خود دارای شبکه حلقوی باشند مانند جایی که دو انتهای حلقه در یک قسمت خاص لوله به هم رسیده و هر بخش از حلقه از نظر هیدرولیکی به این نقطه متصل است.

از آنجائی که یک خط لوله حلقوی را نمی‌توان به سادگی با شیر و بدون کاهش ظرفیت سیستم و یا بدون ایجاد پیچیدگی در راهبری از سیستم جدا کرد، لذا باید به کیفیت کار و پائین بودن میزان نشت از لوله اهمیت داد. هنگامی که حلقه پر از آب باشد، تقریباً با باز شدن شیر و به کار افتادن جریان انتقال آب، به سرعت دبی از خروجی‌ها جاری می‌گردد. هر دو جنس لوله پی‌وی‌سی سخت و آزبست سیمان اگر به خوبی نصب شده باشند، مقدار نشت خیلی کمی دارند و برای طرح‌های حلقوی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل ۱ـ۳ یک نقشه شماتیک از سیستم لوله‌ای پی‌وی‌سی سخت و مخزن تأمین ارتفاع با شیر کنترل زیرین همانطور که در بنگلادش اجرا شده است، نشان داده شده است. شکل ۲ـ۳ یک طرح حلقوی دوتایی را از یک سیستم لوله‌ای پی‌وی‌سی سخت که در هندوستان اجرا شده، نشان می‌دهد [۲۴].

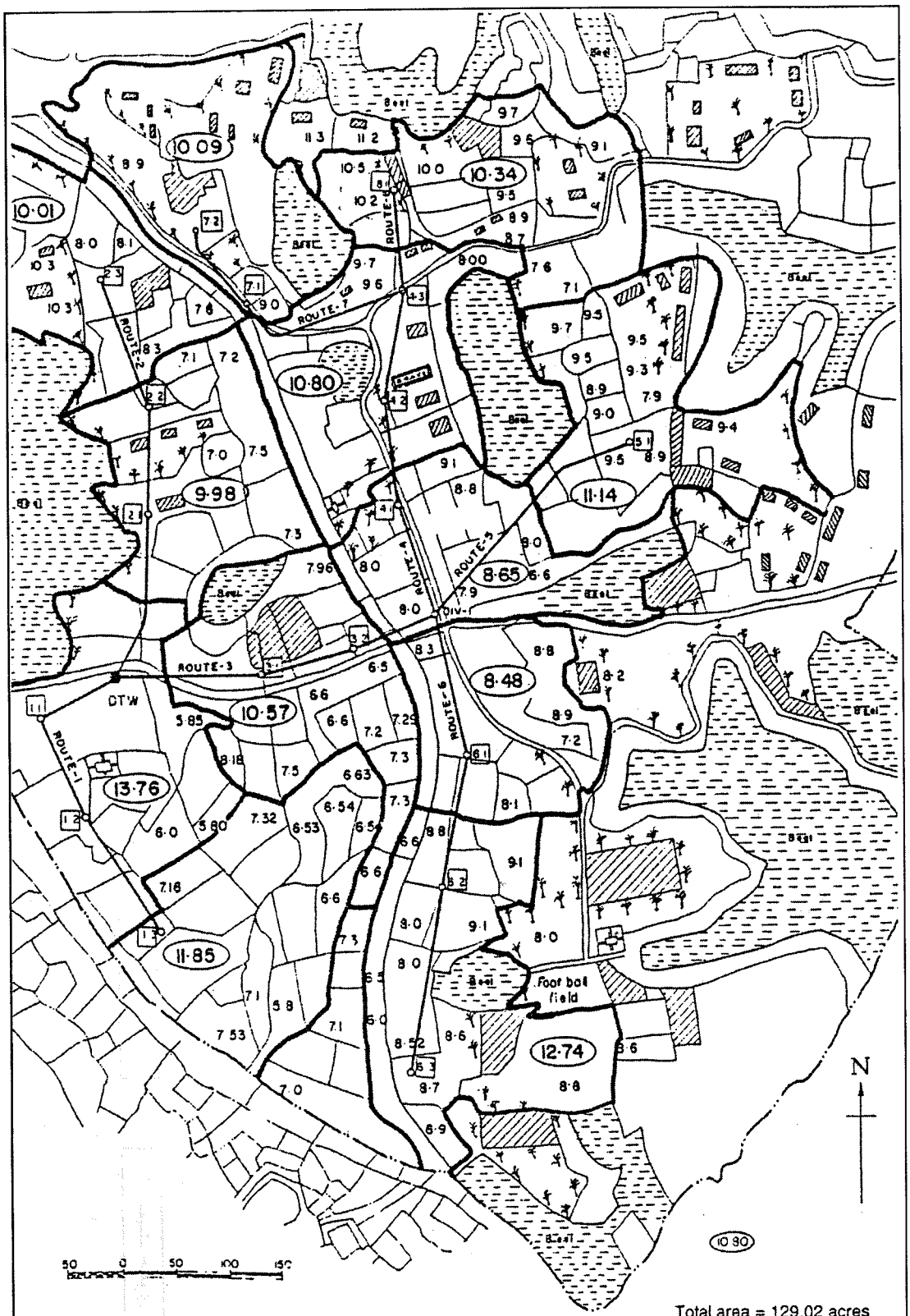
۲ـ۷ـ انتخاب جنس لوله

جنس لوله‌هایی که برای سیستم‌های توزیع کم فشار مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل موارد زیر می‌باشند:

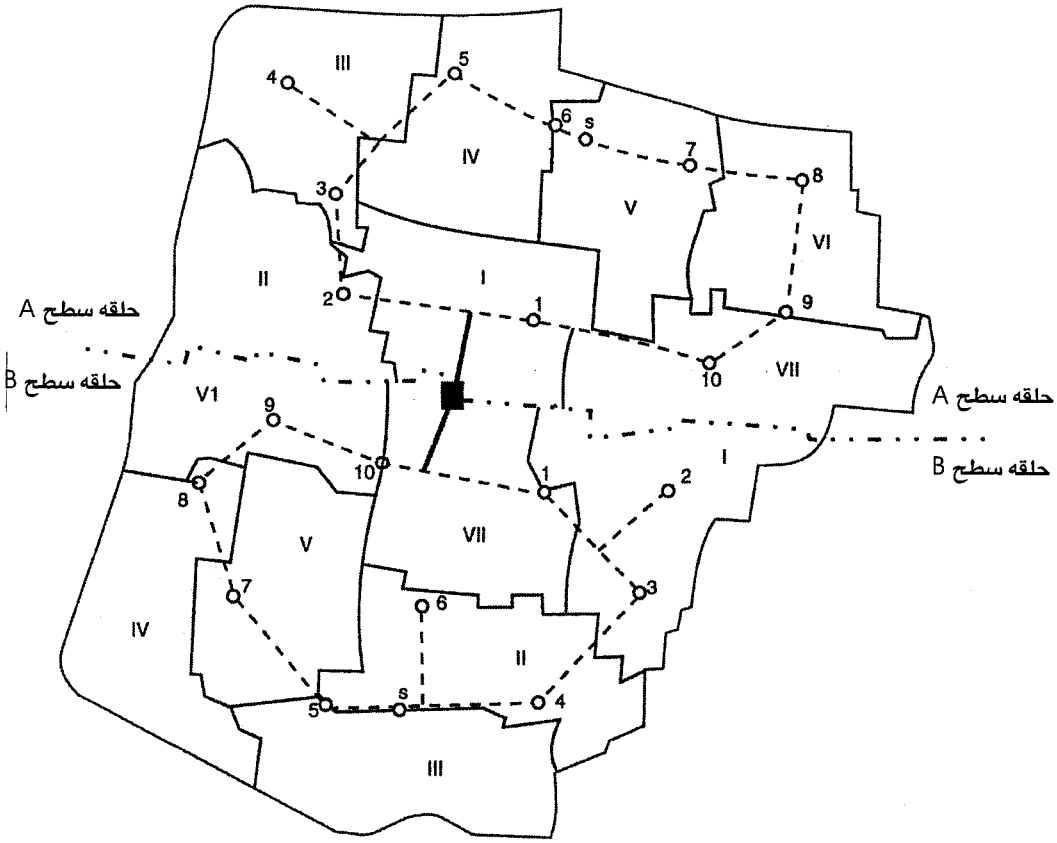
- لوله‌های بتنی غیر مسلح، مورد استفاده در امریکا، سریلانکا، چین، هندوستان، بنگلادش و فرانسه جنوبی.



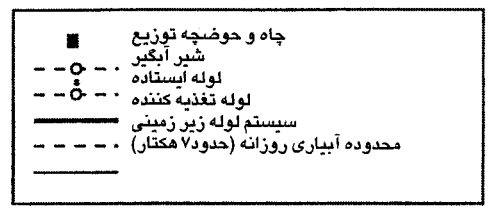
نمودار ۲-۷- انتخاب جانمایی لوله: شاخه‌ای یا حلقوی



شکل ۲ - ۲ - جانمایی سیستم شاخه ای - بنگلادش

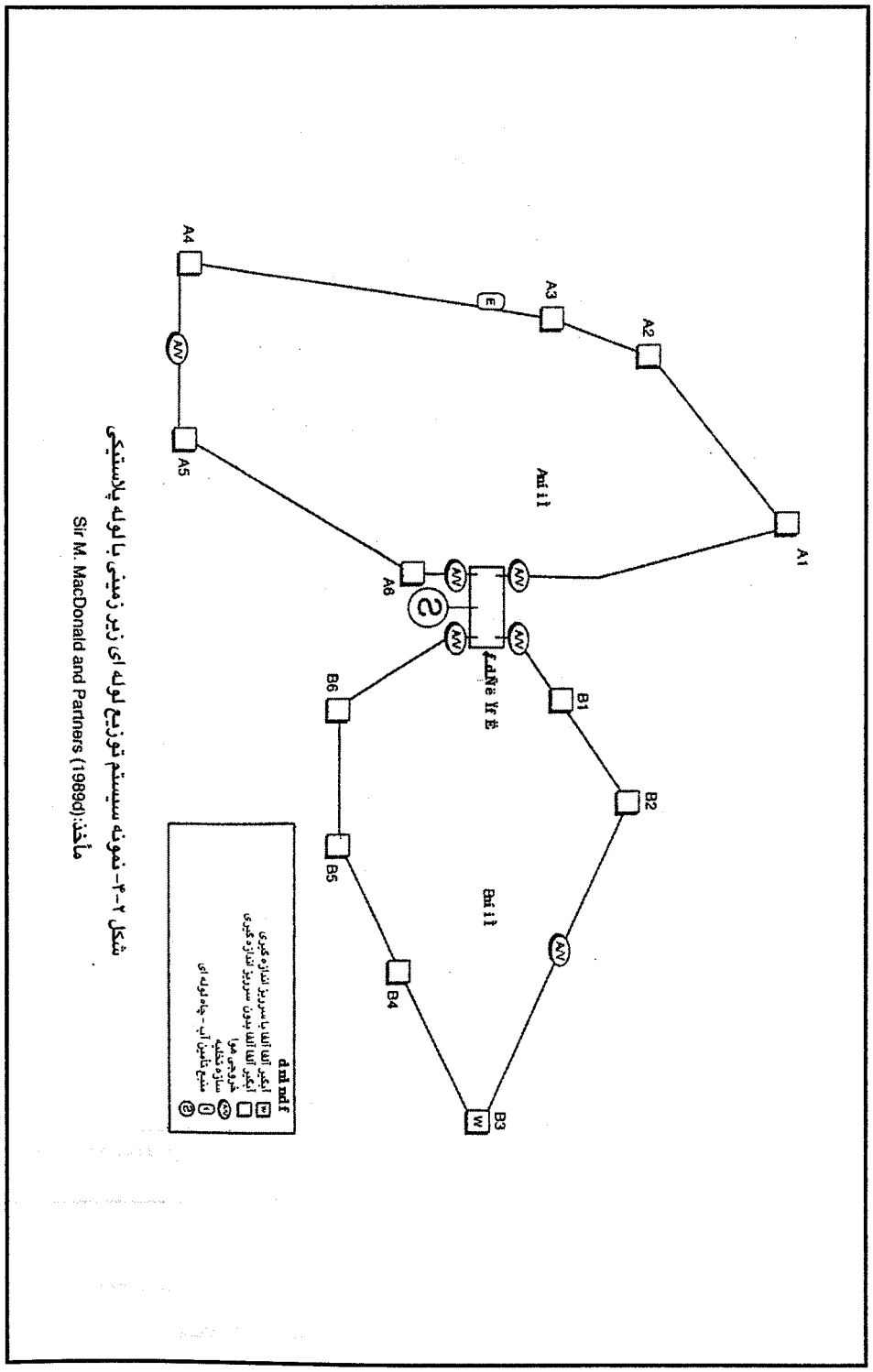


سطح تحت پوشش روزانه	نشانه	شماره آبگیرهای تامین کننده آب	
		Loop A	Loop B
دوشنبه	I	1.2.3	2.3
سه شنبه	II	2.3	3.4.5
چهار شنبه	III	3.4.5	4.5
پنجشنبه	IIV	3.5.6	7.8
جمعه	V	1.6.7	5.6.7.9.10
شنبه	VI	7.8.9	9.10
یکشنبه	VII	1.9.10	1.6.10



شکل ۱-۶- جانمایی سیستم حلقوی با لوله پی وی سی

مأخذ: بانک جهانی۱۹۸۳



شکل ۲-۴- نمونه سیستم توزیع لوله ای زیر زمینی با لوله پلاستیکی

ماخذ: Sir M. MacDonald and Partners (1989d)

- لوله‌های بتن درجا، مورد استفاده در چین و آمریکا
- لوله بتنی مسلح از کلاس بدون فشار، مورد استفاده در هندوستان مرکزی
- لوله آزبست سیمان بدون فشار، مورد استفاده در بنگلادش، پاکستان و مصر
- لوله پی‌وی‌سی سخت در فشارکارهای ۲/۵ تا ۵ بار (۲۵ تا ۵۰ متر ارتفاع) مورد استفاده در اتارپرادش ماهاراشترا و مادیاپرادش هندوستان، شرق جوا، اندونزی، تایلند، نپال جنوبی، فرانسه جنوبی، اسپانیای جنوبی
- لوله‌های پی‌وی‌سی سخت سوراخدار و کنگره‌ای نازک، مورد استفاده در هندوستان، چین، استرالیا و اسپانیا.
- لوله پلی‌اتیلن زیرزمینی نازک، مورد استفاده در غرب و شمال چین

صرف نظر از اختلاف در راندمان گذر آب بین جنس‌های متفاوت لوله که قبلاً توضیح داده شد، معیارهای مهم دیگر انتخاب جنس لوله شامل موارد زیر است:

- عملکرد مناسب لوله در شرایط فیزیکی مختلف شامل انعطاف‌پذیری در مقابل جابجایی و نشست خاک و مقاومت در مقابل شرایط خورندگی خاک.
- در مواردی که تلفات ناشی از نشت آب باید حداقل باشد، برای مثال جایی که شبکه حلقوی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اغلب لوله‌های پی‌وی‌سی سخت علیرغم هزینه بالای آنها انتخاب می‌گردد.
- هزینه اجرایی کل خطوط لوله: برای مقایسه جنس‌های مختلف لوله، لازم است کلیه هزینه‌های اجرایی شامل خرید حمل، نصب، و هزینه‌های تعمیر و نگهداری مورد مقایسه قرار گیرند.
- سهولت اجرای خطوط: وقتی که جنس لوله از نظر خواص فیزیکی و هزینه‌های اجرایی قابل مقایسه باشد، لازم است که به سهولت نصب آن بر اساس استاندارد مطابق مراجع در دسترس توجه شود.

انتخاب جنس لوله در نمودار ۲ـ۸ خلاصه شده است.

۲ـ۸ـ مناسب بودن جنس لوله‌های مختلف از نظر فیزیکی

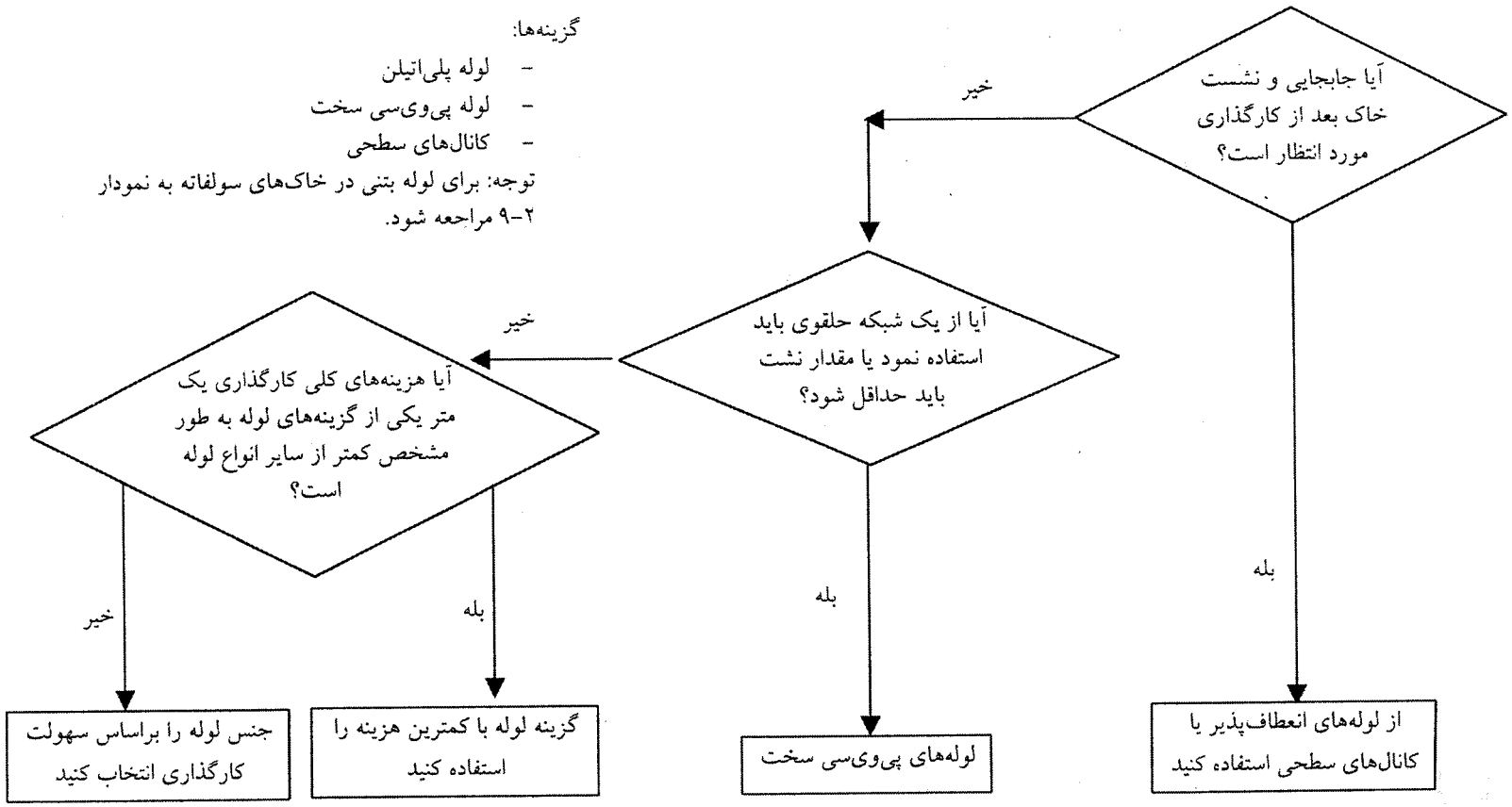
۲ـ۸ـ۱ـ انعطاف‌پذیری لوله

ـ کلیات

وقتی خطوط لوله داخل زمین کار گذاشته شده و توسط دست با مصالح محلی پوشیده می‌شوند، باید انتظار مقداری نشست در لوله و مصالح پوشش روی لوله را داشت.

رفتار خاک تحت تأثیر تغییر مکان متناوب ناشی از تغییرات درجه حرارت و رطوبت مورد توجه قرار گرفته است. این تغییرات می‌تواند در لوله‌های صلب مانند بتنی غیرمسلح منجر به شکستگی لوله و جدایی در محل اتصالات شود. این مسئله خصوصاً در مورد خاک‌های آلی و خاک‌های دارای نسبت رس قابل تورم زیاد مانند مونتموریلونیت، وجود دارد [۵۹].

حتی در خاک‌های غیرآلی، شواهدی ارایه شده است که پس از نصب و آزمایش اولیه در نقاط مختلف نشت پیوسته صورت گرفته است، ممکن است که نشست خاک سبب ایجاد شکستگی و ادامه نشت در خط لوله شده‌باشد [۸۹].



نمودار ۲-۸- انتخاب جنس لوله

مشکل دیگری که در مورد لوله‌های بتنی در بعضی مناطق ممکن است پیش بیاید، جابجایی لوله در اثر یخ‌زدگی است. این مورد در شرایط کارگذاری لوله‌ها در عمق کم در مناطق سردسیر اتفاق می‌افتد [۷].
تعمیر محل‌های نشت آب در لوله‌های بتنی غیر مسلح پرهزینه نیست [۳۸]، لیکن دست و پاگیر بوده و به عنوان یک عیب باید محسوب گردد. در مقابل اگرچه لوله‌های پی‌وی‌سی سخت مطمئناً انعطاف‌پذیرتر بوده، ولی از طرف سازندگان آن [۴۴ و ۵۲] به عنوان یک انتخاب محافظه‌کارانه توصیه شده و گزارش چندانی از کاربرد آنها منتشر نشده است.
روش‌های پیشنهادی برای کمک به مقابله با مشکلات شرایط خاک شامل موارد زیر می‌باشد:

- انتخاب یک لوله با انعطاف‌پذیری بیشتر مانند پلاستیک نوع پی‌وی‌سی سخت، پلی‌اتیلن با چگالی بالا در مناطق دارای مشکل.
- اطمینان حاصل کردن از کارگذاری لوله‌ها در زیر لایه‌های مسئله‌دار خاک
- تدارک مصالح برای پوشش روی لوله مانند شن دانه‌بندی که از لوله‌ها در مقابل جابجایی اینگونه خاک‌ها محافظت می‌نمایند
- شناسایی سریع و تعمیرات دوره‌ای نشتی لوله‌ها هر موقع که ایجاد شوند.

- لوله‌های پلاستیکی انعطاف پذیر

لوله‌های انعطاف‌پذیر، مقدار کنترل شده‌ای از تغییر شکل را پذیرفته و بدین ترتیب بخش قابل توجهی از کل بار خارجی وارده بر لوله به خاک محیط لوله منتقل می‌گردد. لوله‌های پلاستیکی با تغییرات بار خاک نسبت به زمان، سازگار شده و تنش‌های وارده را به خاک مجاور توزیع می‌نمایند. درجه انتقال بار مشخصاً به طبیعت و تراکم مصالحی که با آن روی لوله پوشش داده شده و نیز به خاک اطراف لوله بستگی دارد [۱۱۰].
طراحی لوله‌های انعطاف‌پذیر پلاستیکی برای کاربردهای آبیاری به میزان زیاد بستگی به محاسبات تغییر شکل و خمیدگی لوله زیر بار خاک و بارهای زنده دارد [۵۶، ۴۲ و ۱۱۰]. اگرچه در مورد روش محاسبه میزان خمیدگی زیر بار تفاهم کافی وجود دارد، لیکن در مورد حدود مجاز خمیدگی، اختلاف نظر زیاد است. شواهدی دال بر افزایش تعداد حوادث شکست لوله در کشورهایی که حد مجاز خمیدگی را بالا در نظر گرفته است وجود ندارد. شاخص‌های فعلی بریتانیا دارای ضریب اطمینان خیلی بالا می‌باشد.
سازنده‌های لوله‌های پی‌وی‌سی سخت بریتانیا اعلام می‌نمایند که میزان خمیدگی عمودی در دراز مدت (۵۰ سال) نباید از ۶٪ تجاوز نماید، اگرچه با توجه به تجربیات موجود، بیشتر تغییر شکل‌ها در دو سال اول رخ می‌دهد لیکن این می‌تواند به عنوان ارزیابی عملی میزان خمیدگی در طی زمان ملاک قرار گیرد. خمیدگی واقعی خطوط لوله کارگذاری شده در طی دوره ۱۴ تا ۲۰ سال را در حد مجاز خمیدگی گزارش شده است [۱۱۰ و ۱۰۷].
اگر طراحی به نحوی پیش‌بینی گردد که میزان خمیدگی در جای بیشتری را برای لوله مجاز بداند، مشخصه‌های لازم برای لوله‌گذاری و پوشش اطراف لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با جدار نازک در حد زیادی تعدیل شده و هزینه سیستم کاهش می‌یابد. به هر حال، در غیاب یک موافقت‌نامه سازنده‌ها، استانداردهای محافظه کارانه‌ای برای میزان خمیدگی در کوتاه مدت و دراز مدت توصیه می‌نمایند [۴۴ و ۵۴].

۲ـ۸ـ۲ـ خوردگی لوله

شرایط خاک‌های خورنده به ندرت در حدی خواهد بود که به دوام لوله‌های بتنی صدمه بزند خوردگی فقط مربوط به لوله‌های بتنی می‌شود، زیرا به طور کلی لوله‌های پلاستیکی برای هر گونه کیفیت آب آبیاری مناسب هستند. در استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری مسائل خوردگی در لوله‌های بتنی ممکن است پیش بیاید. خاک‌های اسیدی خورنده یا شرایط خورندگی آب‌های زیرزمینی به ندرت به طور طبیعی رخ می‌دهند و حتی اسید در تماس با بتن خنثی می‌شود و به طور کلی یک منطقه خنثی اطراف لوله به وجود می‌آورد [۷].
حمله مداوم از طرف آب زیرزمینی اسیدی فقط در بعضی از مزارع و زمین‌های معدنی محتمل است که ممکن است برای لوله‌های پلاستیکی با دیواره نازک نیز مشکل ایجاد نماید.
انجمن مهندسان کشاورزی امریکا مشکل خاک‌های سولفاته را در رابطه با لوله‌های بتنی مهم می‌داند. وجود غلظت زیاد نمک‌های سولفاته مشخصه بعضی از خاک‌های گچی ایالات غربی امریکا و بعضی از نقاط خاورمیانه است.
توصیه حاکی از آن است که اگر میزان سولفات محلول در آب کمتر از ۰/۱٪ باشد، از لوله‌های بتنی استاندارد می‌توان استفاده نمود. در شرایطی که سولفات محلول در آب در حدود ۰/۱٪ تا ۰/۲٪ باشد باید حتی الامکان از لوله‌های بتنی استفاده ننمود [۳ و ۱۱۱]. معیار و غلظت نمک توصیه شده در نمودار ۲ـ۹ خلاصه شده است.

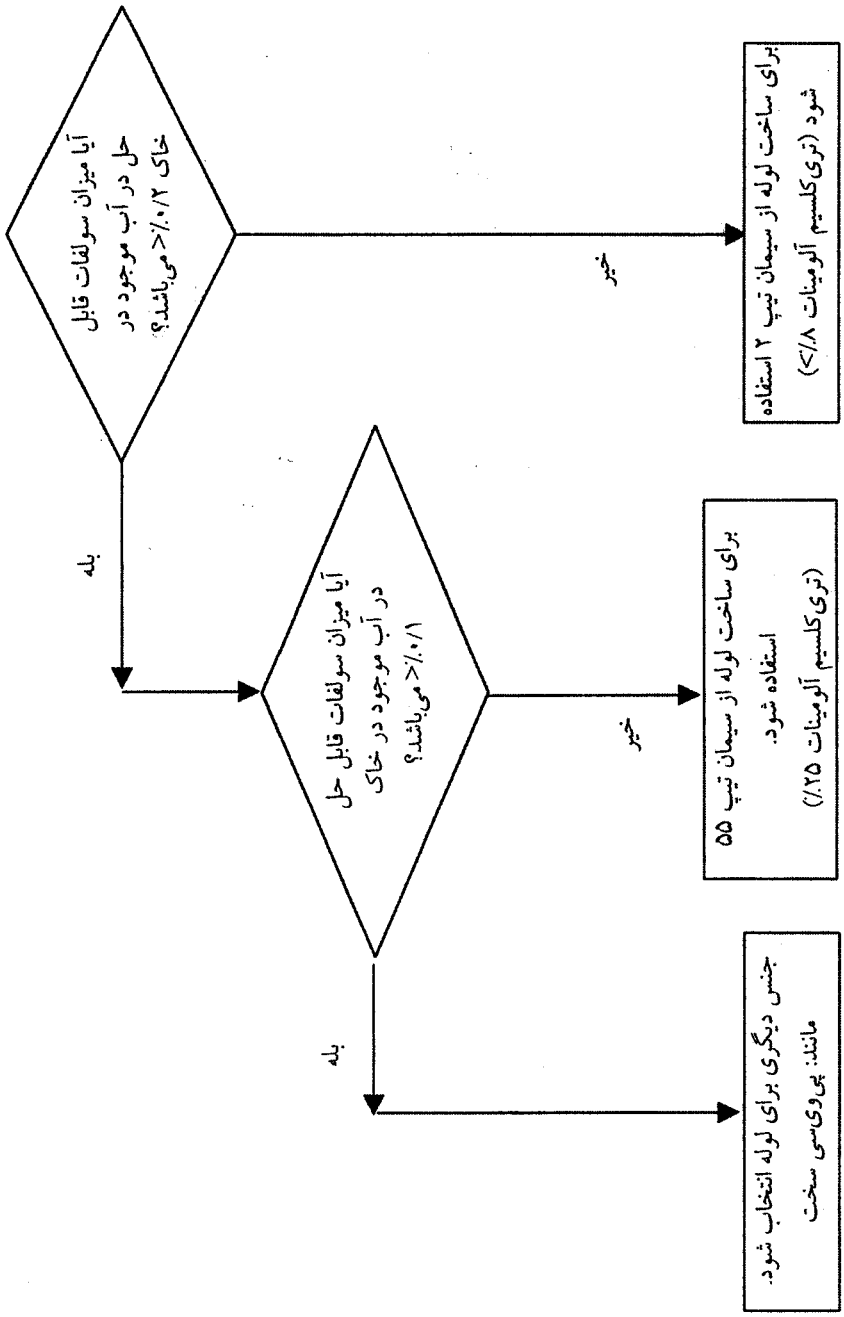
۲ـ۸ـ۳ـ جانمایی حلقوی یا نیاز برای کاهش مقدار تلفات نشت

اگر شبکه حلقوی انتخاب گردد، لوله‌های بتنی نامطلوب هستند. دلایل استفاده از لوله‌های بتنی برای طرح‌های شاخه‌ای در بالا بحث شده است.
در سیستم‌های حلقوی که اجرا شده‌اند یا از لوله‌های پی‌وی‌سی سخت استفاده شده [۲۴، ۷۴، ۵۱، ۱۰۸ و ۸۴] یا آزبست سیمان استفاده شده است. تجربه در هندوستان و بنگلادش نشان می‌دهد که سیستم‌های لوله پی‌وی‌سی سخت با مقدار تلفات نشت کم با موفقیت قابل اجرا هستند.

۲ـ۸ـ۴ـ هزینه نصب لوله

هنگامی که در مورد هزینه جنس‌های مختلف لوله صحبت می‌شود، در نظر گرفتن همه فاکتورهایی که در هزینه واحد طول لوله دخالت دارند، ضروری است.
در مقایسه کامل هزینه‌ها موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- قیمت مواد اولیه لوله.
- قیمت ساخت لوله.
- هزینه حمل و نقل شامل شکستگی لوله‌ها.
- هزینه نصب لوله.
- عمر مفید لوله در صورتی که بتوان با اطمینان تخمین زد.
- در نظر داشتن راندمان‌های مختلف توزیع.
- تفاوت هزینه‌های تعمیر و نگهداری
- در نظر گرفتن میزان مواد مورد استفاده وارداتی و محلی در تهیه لوله.



نمودار ۲-۹- انتخاب لوله‌های بتنی در خاک‌های با میزان سولفات محلول در آب ۰/۱٪ < (مأخذ ASAE S261.7, 1989)

اگر چه انتخاب بهینه جنس لوله بستگی به دسترسی در محل داشته و منطقه به منطقه فرق می‌کند، لیکن توصیه‌های کلی می‌توان ارائه نمود. یافته‌های توضیح داده شده در زیر از سیستم‌های لوله‌ای جنوب آسیا حاصل شده و بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از هزینه‌هایی هستند که در فصل ۸ ارائه شده است.

در کلیه مطالعات انجام شده اگر هر دو جنس لوله بتنی و پی‌وی‌سی سخت در دسترس بوده، در محدوده لوله‌های به اقطار ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر، لوله‌های پی‌وی‌سی سخت حتی اگر با زبری بیشتری تولید شده باشند، باز هم از لوله‌های بتنی غیر مسلح گرانتر هستند [۷۴ و ۳۶].

بیشتر لوله‌های جدار نازک پی‌وی‌سی سخت در اقطار بزرگتر از ۳۰۰ میلی متر قابل رقابت با لوله‌های بتنی غیر مسلح می‌باشند، خصوصاً در جایی که هزینه حمل و نقل یک بخش مهم از هزینه را شامل می‌گردد [۵۲]. لوله‌های بتنی غیر مسلح در صورتی از نظر قیمت می‌توانند رقابت نمایند که سازنده‌های محلی وجود داشته و فاصله حمل و نقل کم باشد و همچنین کیفیت اتصالات و لوله‌ها مناسب باشد.

۲ـ۸ـ۵ـ سهولت اجرا

سادگی اجرای یک سیستم لوله‌ای همراه با کیفیت مناسب باید مورد نظر قرار گیرد. درجه‌بندی لوله‌های کم فشار با جنس‌های مختلف بر اساس ارزیابی سهولت اجرا و مشاهدات و اطلاعات به دست آمده از آبیاری سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در جنوب آسیا در زیر آمده است.

این درجه‌بندی با فرض نظارت و کنترل کیفیت مورد نیاز برای اجرای قابل قبول سیستم تهیه شده و فقط جنس لوله‌های مورد استفاده در آبیاری کم فشار را در برگرفته است.

«ساده‌ترین»

لوله پی‌وی‌سی سخت با اتصالات نر و ماده و اتصال چسبی.

⇩

لوله پی‌وی‌سی سخت جدار نازک

⇩

لوله آزبست سیمان

⇩

لوله بتنی غیر مسلح با اتصالات کام و زبانه

⇩

لوله بتنی غیر مسلح ته صاف

⇩

لوله بتنی غیر مسلح ساخت در جا

«مشکل‌ترین»

در جایی که هزینه‌ها و نحوه عملکرد جنس‌های مختلف لوله مشابه باشند، در آن صورت اجرای ساده‌تر می‌تواند موجب صرفه جویی در هزینه‌های نظارت، کاهش تداخل در عملیات کشاورزی موجود و

صرفه‌جویی در هزینه تعمیر قسمت‌های ضعیف کار در زمان‌های بعدی گردد.

۲ـ۹ـ انتخاب اجزای سیستم

کلیه سیستم‌های لوله‌های زیرزمینی به تعدادی سازه و اجزای اساسی برای کنترل و راهبری سیستم نیاز دارند. تعداد سازه‌ها به طور کلی نسبت به سیستم‌های کانال کمتر هستند. در فصل ۳ روش‌های ویژه طراحی برای سیستم لوله‌ای و موقعیت، نوع و تعداد سازه‌های مورد نیاز بررسی شده است. راهنمایی‌های ویژه طراحی برای هر یک از اجزا در زیر فهرست شده است.

سازه‌هایی که بیش از ضرورت کار شده باشند، هزینه سیستم را افزایش می‌دهند و به نگهداری بیشتری نیاز دارند. در بیشتر حالات تغییر کوچکی در یک سازه چند منظوره تنها کار ضروری خواهد بود. این تغییرات ممکن است ایجاد حداقل ابعاد لازم باشد، به طور مثال کفایت لوله‌های باز ایستاده برای حفاظت در مقابل ضربه قوچ، یا در یک سازه خروجی توزیع، الحاق یک شکاف V شکل یا یک سرریز با تاج پهن برای اندازه‌گیری دبی خروجی کافی باشد.

انتخاب سازه‌های مناسب لزوماً بستگی به درک عملکرد آنها دارد. سازه‌های مورد نیاز با انتخاب چگونگی تنظیم دبی جریان، راهبری و کنترل سیستم تعیین خواهند شد. سازه‌های مشترک مورد استفاده در سیستم‌های لوله‌ای با جزئیات وظایف اساسی و جانبی هر یک در زیر تشریح شده است. برای جزییات طراحی و مثال‌های سازه‌هایی که اخیراً مورد استفاده قرار می‌گیرند، به فصل سوم مراجعه نمائید.

۲ـ۹ـ۱ـ لوله ایستاده پمپ و مخزن تأمین فشار [۱]

سازه لوله ایستاده به صورت روباز می‌باشد. منبع تأمین آب را به (مانند لوله آبده پمپ چاه) شبکه لوله زیرزمینی متصل می‌سازد. ارتفاع سازه مذکور از سطح زمین متناسب با فشار مورد نیاز برای سیستم لوله‌ای می‌باشد و معمولاً دارای قطری است که حجم ذخیره محدودی را فراهم نموده و کاهش مشخصی در سرعت آب که برای شیرهای ورودی لوله‌ها مناسب باشد، ایجاد می‌نماید.

این سازه‌ها می‌توانند به دو گروه تقسیم شوند، اول گروهی که سطح آب در آنها به بالاتر از لوله آبده پمپ فرستاده می‌شود و دوم گروهی که در آنها پمپ یا منبع تأمین آب به طور آزاد به اتمسفر تخلیه می‌شود.

سازه‌ها در گروه اول شامل برج‌های فشار و لوله‌های ایستاده تأمین فشار و در گروه دوم لوله‌های ایستاده با ارتفاع کم و مخازن هوایی می‌باشند.

- **برج فشار (مخزن تأمین فشار)** [۲]

لوله ایستاده پمپ که در آن، تحت فشار در داخل سازه تا حد ارتفاع مورد نیاز راه اندازی سیستم بالا می‌رود. جریان به داخل سیستم لوله از طریق کف یا لوله‌های ایستاده اقماری، نصب شده در داخل یا خارج برج جاری می‌شود. قطر سازه باید برای نصب شیرآلات و لوله‌های اقماری ایستاده داخل برج کافی باشد.

1- Pumpstand and header tank *2- pressure tower*

نکات اصلی

- منبع تأمین آب را به شبکه لوله زیرزمینی متصل می‌کند.
- ارتفاع لازم را برای جریان به داخل شبکه لوله فراهم می‌کند.
- در جایی که بیش از یک خط وجود دارد، جریان را به قسمت‌های مختلف سیستم لوله توزیع می‌کند.
- این برج فشار مثل یک شیر هوا و کنترل کننده ضربه آب عمل می‌کند.

نکات اضافی

- امکان اندازه‌گیری جریان در کل یا در قسمت‌های بخصوصی از طرح را فراهم می‌سازد.
- دقت تقسیم جریان بین دو یا چند قسمت مجزا را در محدوده اراضی آبخور ایجاد می‌نماید.
- مثل یک ماسه‌گیر عمل می‌کند.
- مقدار محدودی حجم ذخیره دارد که به تنظیم جریان کمک می‌کند.
- امکان نصب شیرآلات در ورودی خطوط لوله وجود دارد.

- لوله ایستاده تنظیم فشار [۱]

لوله ایستاده عمودی کم قطر، بین منبع تأمین آب و شبکه لوله زیرزمینی، حداکثر ارتفاع تحویلی را تأمین می‌نماید. قطر آن معادل یا بزرگتر از قطر لوله زیرزمینی است و به عنوان یک شیر هوا و دفع کننده ضربه آب عمل می‌کند، لیکن امکان ذخیره و یا فضای نصب شیرآلات را فراهم نمی‌کند.

نکات اصلی

- منبع تأمین آب را به شبکه لوله زیرزمینی وصل می‌نماید.
- انرژی ثقلی را برای جریان به داخل شبکه لوله فراهم می‌سازد.
- فشار را از بین می‌برد، بنابراین فشار وارد بر لوله از حد مجاز تجاوز نمی‌کند.

نکات اضافی

- مقدار محدودی حجم ذخیره فراهم می‌کند.

- لوله ایستاده کم فشار پمپ [۲]

سازه ایستاده کوتاه روباز برای اتصال پمپ به سیستم لوله در جایی که ارتفاع راه‌اندازی در حد سطح زمین یا بالای آن است استفاده می‌گردد (تا حدود ۱ متر). پمپ به طور آزاد دبی را به داخل سازه ایستاده تخلیه می‌نماید.

نکات اصلی

- منبع تأمین آب را به شبکه لوله وصل می‌کند.
- وقتی بیش از یک خط لوله وجود دارد، جریان را به قسمت‌های مختلف سیستم لوله توزیع می‌نماید.
- مثل یک شیر هوا و ضربه‌گیر برای بسته شدن ناگهانی شیر در خروجی‌ها عمل می‌نماید.

1- Head riser pipe

2- Low head pumpstand

نکات اضافی

- مثل یک ماسه‌گیر عمل می‌کند.
- مقدار محدودی حجم ذخیره فراهم می‌کند.
- امکان نصب شیرآلات را بر روی ورودی خطوط لوله مجزا فراهم می‌آورد.

یک نمونه لوله ایستاده کم فشار در شکل ۵-۱ تصویر شده است.

- مخزن هوایی [۱]

مخزن هوایی سرویس دهنده یک یا چند شبکه لوله از طریق لوله‌های ایستاده تأمین فشار مستقل می‌باشد. مخزن معمولاً ساز و کاری برای تقسیم جریان به وجود می‌آورد. تنظیم پمپ اگر لازم باشد، می‌تواند خودکار شود.

نکات اصلی

- منبع تأمین آب را به شبکه لوله‌های زیرزمینی متصل می‌کند.
- انرژی راه‌اندازی جریان را در سرتاسر شبکه لوله فراهم می‌سازد.
- در جایی که بیش از یک خط وجود دارد، جریان را در قسمت‌های مختلف سیستم لوله توزیع می‌نماید.

نکات اضافی

- امکان اندازه‌گیری جریان را برای تمام یا قسمت‌های مجزای طرح فراهم می‌سازد.
- امکان تقسیم دقیق جریان را بین دو یا قسمت‌های بیشتر اراضی آبخور فراهم می‌کند.
- اجازه کنترل خودکار راهبری پمپ را با استفاده از کلیدهای شناور و کنترل‌های سطحی می‌دهد.
- مانند یک ماسه‌گیر عمل می‌نماید.

۲-۹-۲- سازه‌های لوله ایستاده [۲]

- لوله ایستاده با سرریز [۳]

سازه عمودی روباز متصل به یک خط لوله در یک سیستم لوله‌ای باز است. در موقعیتی که انرژی اضافی باید تلف گردد، آب از روی یک انرژی‌گیر به سطح پایین‌تر در پایین‌دست ریزش می‌کند. ممکن است دارای یک دریچه کنارگذر انرژی‌گیر باشد تا مقدار هوای ورودی در حین سرریز شدن، کاهش یابد.

نکات اصلی

- انرژی اضافی را در سیستم‌های لوله‌ای باز به وسیله ریزش آب از روی یک انرژی‌گیر داخلی کاهش می‌دهد.

نکات اضافی

- از خالی شدن کامل خطوط لوله‌ای که از نظر موقعیت ارتفاعی بالاتر از خروجی پمپ بوده در مدت

1- Elevated tank

2- Stand-pipe structures

3- overflow stand

بهره‌برداری، به ویژه در زمان توقف بهره‌برداری، جلوگیری می‌کند.

- امکان کنترل آزاد شدن هوای محبوس را فراهم می‌سازد.
- به انعکاس امواج در زمان وقوع ضربه قوچ کمک می‌کند.
- مانند یک ماسه‌گیر عمل می‌نماید.

یک نمونه از سرریز ایستاده در شکل ۵-۷ به تصویر کشیده شده است.

- لوله ایستاده با شیر شناور [۱]

سازه ایستاده روباز، در سیستم‌های لوله‌ای نیمه بسته است که دارای یک شیر شناور می‌باشد. در زمانی که قسمت‌های بالادست و پایین‌دست لوله به طور هیدرولیکی اتصال دارند، اجازه کاهش ارتفاع آب یا فشار در لوله را فراهم می‌کند.

نکات اصلی

- امکان نصب یک شیر شناور را که از افزایش ارتفاع به مقدار زیاد جلوگیری می‌کند، در سیستم لوله‌ای نیمه باز فراهم می‌کند.
- گشتاور جریان را در زمان تغییرات جریان خروجی در خط لوله از بین می‌برد.
- از تلفات بهره‌برداری آب هنگامی که آب انتقالی بیش از مقدار تقاضاست جلوگیری می‌کند و اجازه می‌دهد که مقدار تقاضا در ورودی سیستم لوله درک گردد.

نکات اضافی

- امکان کنترل آزاد شدن هوای محبوس را فراهم می‌سازد.
- در زمان وقوع ضربه قوچ به انعکاس فشار کمک می‌نماید.
- امکان کنترل خودکار انتقال آب را به سیستم لوله فراهم می‌کند.

یک نمونه شیر شناور ایستاده در محل تقاطع در شکل ۵-۹ تصویر شده است.

- لوله ایستاده دریچه‌دار [۲]

یک سازه ایستاده روباز متصل به سیستم خط لوله است که عملکرد آن کنترل جریان آب در بعضی مسیرهاست. ممکن است دارای دو یا چند دریچه برای کنترل جریان آب به شاخه‌های مختلف لوله باشد.

نکات اصلی

- امکان کارگذاری دریچه‌ها برای کنترل جریان آب در یک شاخه در شبکه لوله وجود دارد.

نکات اضافی

- امکان کنترل آزاد شدن هوای محبوس وجود دارد.
- در زمان وقوع ضربه قوچ به انعکاس فشار کمک می‌کند.

یک نمونه دریچه ایستاده در شکل ۵-۱۳ تصویر شده است.

1- Float valve stand *2- Gate stand*

- **لوله ضربه‌گیر** [۱]

یک لوله ایستاده رو باز عمودی است که موجب انعکاس فشار امواجی که به علت وقوع ضربه قوچ اضافه شده‌اند، می‌گردد. به طور مستقیم به سیستم لوله اتصال دارد و امواج را تا ارتفاعی بالاتر از سطح حداکثر خط انرژی هیدرولیکی، بالا می‌برد، همچنین می‌تواند مانند یک شیر هوا عمل نماید.

نکات اصلی

- در زمان افزایش فشار امواج ناشی از ضربه قوچ، به منظور انعکاس فشار مانند یک لوله ایستاده روباز عمل می‌نماید.

نکات اضافی

- به کنترل آزاد شدن هوایی که در سیستم جمع شده است، بدون هدر دادن مقدار زیادی آب کمک می‌کند. یک نمونه ضربه‌گیر که در بنگلادش اجرا شده است در شکل ۵ـ۱۶ تصویر شده است.

۲ـ۹ـ۳ـ تهویه کننده و شیرهای هوا [۲]

- **تهویه‌کننده‌های روباز** [۳]

لوله ایستاده باز عمودی به منظور تخلیه هوا، به سیستم لوله زیرزمینی متصل شده و ارتفاع آب را در نقطه خروجی بحرانی تا بالای خط انرژی هیدرولیکی بالا می‌برد و در جایی که احتیاج به تخلیه هوا و حفاظت در مقابل ضربه قوچ وجود دارد، قابل استفاده است.

نکات اصلی

- به کنترل آزاد شدن هوایی که در سیستم جمع شده است، بدون هدر دادن مقدار زیادی آب کمک می‌نماید.
- به منظور انعکاس فشار امواجی که در طی وقوع ضربه قوچ افزایش یافته‌اند، مانند یک لوله ایستاده روباز عمل می‌کند.

- **شیر هوا** [۴]

شیر هوا به طور یک طرفه امکان تخلیه هوا از خط لوله را فراهم نموده و مانع تخلیه آب می‌گردد. برای مواقعی که تهویه‌کننده‌های باز کاربرد ندارند، مناسب است. مدل‌های اختصاصی در دسترس به طور کلی در فشار کم عملکرد ضعیفی دارند. بعضی از مدل‌های پیشرفته از شناورهای پلاستیکی در داخل یک محفظه استفاده می‌کنند که ممکن است بهتر عمل کنند.

نکات اصلی

- در جایی که استفاده از تهویه کننده‌های باز عملی نیست، استفاده از شیر هوا موجب تخلیه هوای محبوس در سیستم بدون هدر رفتن بیش از اندازه آب خواهد شد.

چندین نوع از شیرهای تخلیه هوا و خلاء در شکل‌های ۵ـ۱۷، ۵ـ۱۸، ۵ـ۱۹ نشان داده شده است.

1- Surge riser

2- Air vents or valves

3- Open vents

4- Air valve

۲ـ۹ـ۴ـ پایه آبگیر [۱]

قسمتی از لوله است که خط لوله زیرزمینی را به شیر خروجی وصل می‌کند. معمولاً دارای همان قطر و یا قطر کمتر از خط لوله زیرزمینی است.

نکات اصلی

- آب را از خط لوله زیرزمینی به شیر خروجی در سطح زمین منتقل می‌کند، جایی که در صورت لزوم می‌تواند رها گردد.

۲ـ۹ـ۵ـ شیر آبگیر ـ شیر خروجی [۲]

بخش نمایان سیستم لوله است که قابل تنظیم می‌باشد و با باز شدن آن، آب آبیاری جاری می‌شود. انواع مختلف شیرآلات آبگیری وجود دارند که معمول‌ترین آنها شیر یا صفحه‌ای است که روی یک لوله بالابرنده نصب شده و آلفالفا نامیده می‌شود. برای جزئیات طراحی و مثال‌هایی در مورد سازه‌هایی که اخیراً استفاده شده‌اند به فصل ۳ مراجعه کنید. توصیه‌های کلی برای انتخاب نوع خروجی در نمودار ۵ـ۱ خلاصه شده است.

نکات اصلی

- آب را از سیستم لوله زیرزمینی در یک فشار مناسب برای استفاده در سیستم توزیع رها می‌کند.

نکات اضافی

- اجازه کارگذاری یک شیر هیدرانت قابل حمل و نقل را برای توزیع آب به وسیله لوله نرم یا لوله دریچه‌دار می‌دهد.
- اجازه استفاده از یک شیلنگ لاستیکی انعطاف‌پذیر را برای توزیع آبیاری در مزرعه می‌دهد. انواع مختلف خروجی در شکل‌های ۵ـ۲۲، ۵ـ۲۳، ۵ـ۲۴، ۵ـ۲۵ نشان داده است.

۲ـ۹ـ۶ـ هیدرانت [۳]

یک اتصال روی زمینی، دائمی یا قابل حمل و نقل که بر روی یک خروجی شیر (معمولاً یک شیر آلفالفا یا باغی) سوار می‌گردد و امکان کنترل اضافی آب آبیاری را فراهم می‌سازد. به عنوان یک وسیله اتصال لوله یا شیلنگ روی زمینی استفاده شده است.

نکات اضافی

- اجازه اتصال خروجی را به لوله سطحی یا شیلنگ برای توزیع آب در مزرعه می‌دهد.

ـ سازه توزیع آب (خروجی) [۴]

سازه‌ای است که در اطراف شیر خروجی برای کنترل تخلیه آب به شبکه درجه ۴ که ممکن است شامل کانال‌ها یا لوله‌های سطحی یا شیلنگ‌ها باشد، احداث می‌شود.

1- Riser

2- Outlet valve

3- Hydrant

4- ivtlet distribution strvcture

نکات اصلی

- به جریان اجازه می‌دهد که به یک شبکه درجه ۴ یا بیشتر هدایت و توزیع گردد.
- سطوح اطراف را از شسته شدن ناشی از سرعت‌های بالا و دبی‌های کنترل نشده حفظ می‌نماید.

نکات اضافی

- با نصب شیر یا بالابرنده به محل خروجی امکان برداشت غیر مجاز آب را منتفی می‌کند.
- امکان تقسیم دقیق جریان بین یک یا چند کانال درجه چهار را فراهم می‌سازد.
- امکان اندازه‌گیری را برای دبی خروجی فراهم می‌سازد.

دو طرح برای سازه‌های توزیع خروجی همان طور که در بنگلادش ساخته شده در شکل‌های ۵-۲۶ و ۵-۲۷ ارایه شده است.

فصل سوّم

برنامه‌ریزی و طراحی سیستم

۳ـ۱ـ مقدمه

این بخش روش‌های برنامه‌ریزی و طراحی سیستم توزیع آب با لوله‌های زیرزمینی در یک طرح آبیاری را معرفی می‌نماید. در این مرحله روند تشریح شده در فصل ۲، مبنی بر گزینش موارد زیر به عنوان ویژگی‌های استاندارد یک طرح که بسیاری از شبکه‌های آبیاری مجزا را شامل می‌گردد دنبال می‌شود.

- نوع سیستم لوله زیرزمینی (باز ـ نیمه باز ـ بسته)
- سیستم نگهداری و بهره‌برداری که به کار گرفته می‌شود.
- روش تأمین آب که با آن مواجه می‌شویم
- گزینش مقدماتی جنس لوله‌ای که باید مورد استفاده قرار گیرد و جانمایی آن
- روش‌های توزیع تا حد انشعابات درجه ۴ و آبیاری در سطح مزرعه که باید مورد عمل واقع شود.
- دبی مطلوب آبگیری

در هر صورت، برخی از این انتخاب‌ها در طول دورهٔ طراحی ممکن است بنابر کسب اطلاعات و یا اتخاذ تصمیمات جدید مورد بازنگری قرار گیرد.

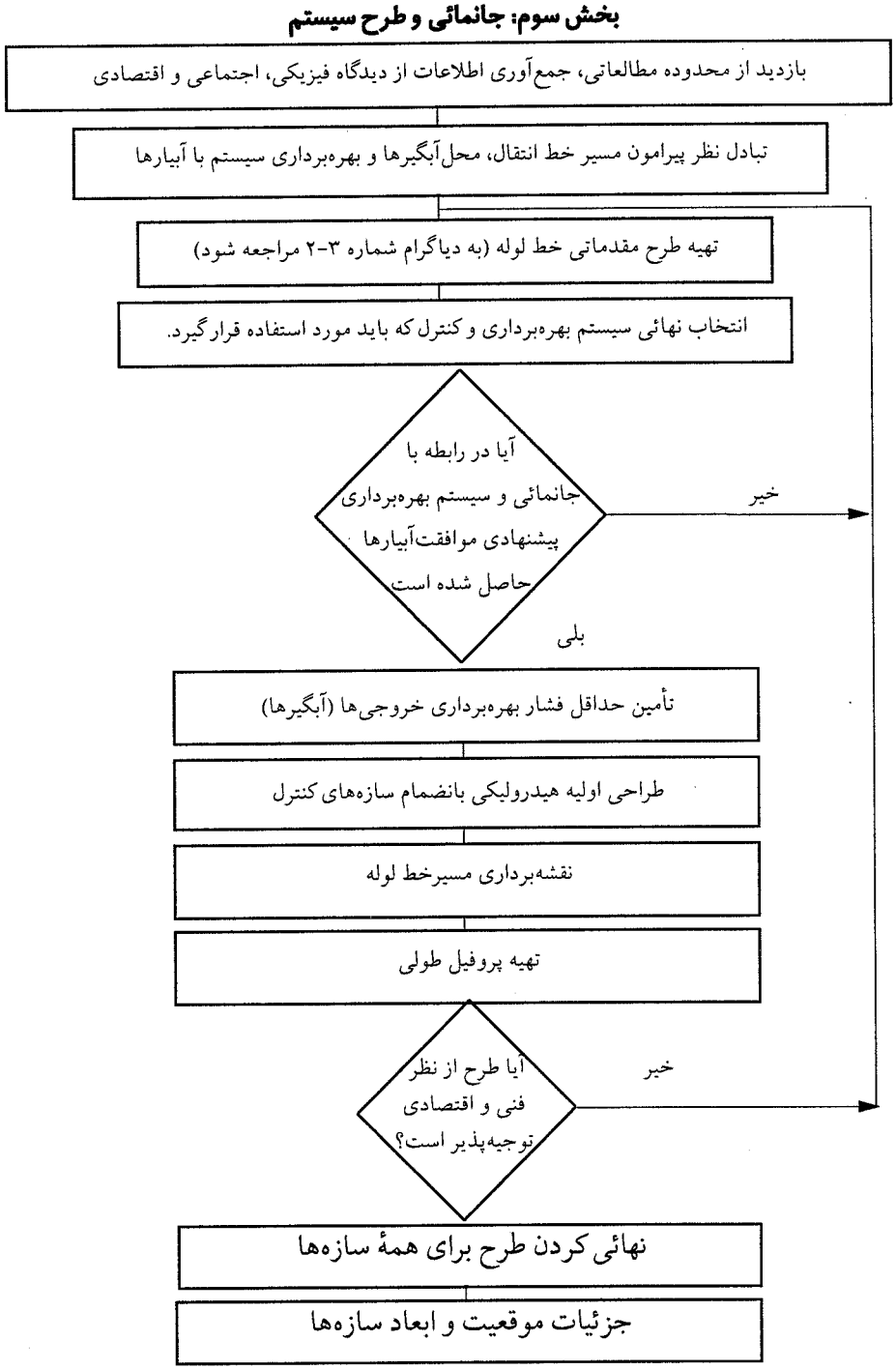
مستندات این بخش روند طراحی و روش‌های شناخته شده برای سیستم لوله‌های زیرزمینی کم فشار را به عنوان نتیجه یک کار تحقیقی معرفی می‌نمایند. گرچه عناصری نظیر طراحی هیدرولیکی و سازه‌ای برای هر یک از انواع سیستم‌های لوله‌ای متفاوت می‌باشد ولی طراحی همه سیستم‌های لوله‌ای از یک رویه مشابه تبعیت می‌کند.

یک مثال سیستم لوله‌ای بسته با انتقال آب از یک منبع چاه عمیق در ضمیمه شمارهٔ ۲ ارائه شده است.

برنامه‌ریزی کلی و مراحل طراحی در نمودار ۳-۱ خلاصه شده است و شامل مراحل زیر می‌باشد.

ـ توجیه سیمای کلی و بررسیهای پیش نیاز طراحی

مطالعات توجیهی طرح پیشنهادی و بررسی‌های پیش نیاز طراحی به طور معمول به عنوان یک بررسی جداگانه ماقبل مرحلهٔ طراحی خواهد بود. این مرحله مشتمل بر جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مرتبط با محدودهٔ طرح و تجزیه و تحلیل‌هایی به جهت اطمینان از تطابق سیمای طرح با مبانی پذیرفته شده اقتصادی، خواهد بود. اطلاعات فیزیکی می‌تواند بر پایه یک نقشه موجود همراه با کنترل و حاشیه‌نویسی به منظور مشخص کردن ویژگی‌های مرتبط، تهیه شود. اطلاعات اجتماعی و اقتصادی معمولاً به وسیله پرسش نامه یا سایر روشهای مرتبط جمع‌آوری می‌شود. در ادامه مطالب پیرامون روشهای مناسب بحث می‌شود.



نمودار شماره ۳-۱ طراحی سیستم لوله‌های زیرزمینی

- تهیه نقشه جانمائی لوله‌ها

یک نقشه جانمائی مقدماتی باید بر اساس مشاوره با کشاورزان پیرامون مسیر خط لوله، موقعیت آبگیرها و بهره‌برداری سیستم تهیه شود. در این مرحله، هدف از جانمایی باید به حداقل رساندن طول لوله و دستیابی به یک ظرفیت مناسب آبگیری باشد. بدون آنکه تا این مرحله به طرح هیدرولیکی توجه شود. طرح جانمائی خط لوله در چهار گام زیر خلاصه می‌شود که با جزئیات بیشتر در مباحث بعدی و به صورت خلاصه در نمودار ۳-۲ آمده است.

- مشخص کردن اراضی دارای قابلیت آبیاری
- تعیین طول حداکثر انهار درجه ۴
- تعیین محدوده‌های تحت پوشش آبیاری آبگیرها (خروجی‌ها)
- تعیین ساده‌ترین مسیر خط لوله که نیازهای طراحی را تأمین می‌نماید.

- انتخاب نهائی سیستم و کسب موافقت کشاورزان

جانمائی اولیه، قبل از آنکه مورد تأیید قرارگیرد و سیستم کنترل و بهره‌برداری و نحوهٔ بهره‌برداری با کشاورزان نهائی شود ممکن است بارها اصلاح شود.

- طرح هیدرولیکی لوله‌ها

برای همهٔ موارد، خطوط لوله، باید به ترتیبی طرح شوند که در محدوده افت اصطکاک مجاز، دبی طراحی را انتقال دهند. برای سیستم‌های توزیع آب با لوله این شرایط با در نظرگرفتن اختلاف فشار قابل دستیابی در ورودی سیستم و فشار بهره‌برداری مورد نیاز در حادترین خروجی تعیین می‌شود. فشار قابل دسترس برای اصطکاک لوله با احتساب حداقل افت‌های زانوها و شیرآلات و افت‌های ورودی و خروجی سازه‌ها تعیین می‌شود. روش‌های خاص طرح هیدرولیکی برای سیستم‌های باز، ... بسته و نیمه‌بسته با جزئیات در فصل ۴ و به طور خلاصه در نمودارهای ۴-۱، ۴-۲ و ۴-۳ تشریح شده است.

وقتی که در مورد مشخصات و مسیر خط لوله تصمیم گرفته شد پروفیل طولی مسیر خط لوله می‌تواند تهیه شود.

- انتخاب و طراحی اجزاء سازه‌ای

پروفیل‌های طولی خط لوله به منظور تعیین نیازهای سازه‌ای جهت تخلیه هوا و یا حفاظت از ضربه قوچ و تدقیق موقعیت و ابعاد آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد، جزئیات مربوطه در فصل ۵ ارائه شده است.

۳-۲- امکان‌یابی کلی طرح

پیش از اقدام در جهت طراحی و ساخت یک طرح، بسیار مهم است که همه زوایای توسعه و اثرات آن بر جامعه به منظور نشان دادن دیدگاه‌های اصلی طرح توسعه که شامل موارد زیر می‌باشد *(FISHTEE)* مورد توجه قرارگیرد.

- مالی *Financial*
- اداری *Institutional*
- اجتماعی و فرهنگی *Social and cultural*
- بهداشتی *Health*
- فنی *Technical*
- اقتصادی *Economic*
- زیست محیطی *Environmental*

همهٔ این موارد در سیمای طرح شبکه آبیاری با اهمیت هستند. در بسیاری از این جهات مطالعات مربوط به امکان‌یابی طرح آبیاری با استفاده از سیستم لوله‌های زیرزمینی به همان روش‌های معمول در سایر طرح‌های آبیاری انجام می‌شود. راهکارهای عمومی برای جانمائی و ارزیابی سیمای طرح آبیاری مقوله‌ای خارج از محتویات این کتاب است و در این جا مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

مراجع مفید در این زمینه عبارتند از: در زمینه جانمائی آبیاری و ارزیابی اقتصادی و مالی [۱۷]، نکاتی از کشاورزی در ارتباط با بسیاری از روش‌هایی که در مطالعات امکان‌یابی بکارگرفته می‌شوند [۳۱]، در ارتباط با جنبه‌های اجتماعی [۲۳]، در ارتباط با بهداشت [۱۰۰]، دوپرایزود لینر (۱۹۹۲) در ارتباط با جنبه‌های فنی، در ارتباط با آموزش [۹۶، ۸۰ و ۸۱]، ماک و بولتون (۱۹۹۱) در ارتباط با ارزیابی زیست محیطی [۷۰].

این موارد در قالب جنبه‌های ویژه دیدگاه‌های فنی و اجتماعی - اقتصادی ذکر شده است که معرفی آنهابرای سیستم‌های لوله زیرزمینی با اهمیت است.

۳ـ۲ـ۱ـ اطلاعات نقشه‌ای

واضح است که طراحی دقیق یک سیستم لوله زیرزمینی مستلزم در دسترس بودن یک نقشه دقیق از بخش‌های مستعد محدودهٔ مطالعاتی همراه با مرزهای قطعات زراعی، جاده‌ها، مسیرهای عبور و سایر مستحدثات محلی است. نقشه‌های اطلاعات زمینی محلی، معمولاً یک مبنای اولیه خوب برای شروع کار هستند. اگرچه ضروری است بر اساس بازدیدهای متعدد صحرائی و مشاوره با آبیارها به روز شوند.

سایر منابع آب آبیاری در محدوده باید مشخص شوند تا معلوم شود که چگونه ممکن است بر محدودهٔ توسعه پیشنهادی اثر گذارند.

عوارض مهمی که باید در نقشه نشان داده شوند عبارتند از:

- ارتفاع اراضی توسط خطوط تراز یا رقوم ارتفاعی نقاط
- مرز محدوده‌های اجرائی نظیر روستاها، اراضی با مالکیت فردی و جاهائی که طرح‌های مستقل اجرائی وجود دارد.
- اراضی که آبیاری نمی‌شوند نظیر محدوده‌های مسکونی روستائی، آب‌بندانها، مناطق پست و یا اراضی جنگلی
- سیستم‌های زهکشی و سایر منابع آب آبیاری
- سایر تأسیسات زیربنایی محلی

بسیار مهم است که این بررسی‌ها با همکاری کشاورزان انجام گیرد و اینکه آنها فرصت‌های بسیار خوبی را با ارائه نقطه نظرات مرتبط با طراحی به عنوان راهنما به دست دهند. این امر مستلزم روشی است که به ارتباط و مشاوره مفید بیانجامد. همکاری در بررسی‌ها ممکن است اولین کار ارجاعی به کشاورزان در طرح و درعین‌حال شروع روندی باشد که می‌تواند در شکل‌گیری همکاری نمایندگان آب بران مؤثر واقع شود.

سسیتم‌های لوله‌های زیرزمینی نسبت به سیستم کانال‌های روباز به بررسی‌های کمتری نیاز دارد. آگاهی از تراز ارتفاعی زمین برای طرح هیدرولیکی مورد نیاز است و معمولاً در فواصل بین هر قطعه یا فاصلهٔ معین، ارتفاع نقطه‌ای یک یا دو محل به انضمام ارتفاع بالاترین ترازی که باید آبیاری شود کافی خواهد بود. هم‌چنین شکل و وسعت سیستم‌های توزیع موجود در مجاورت هر خروجی نیز باید مشخص گردد. برای طراح ضرورت دارد که با اطلاعات جمع‌آوری شده، از محدوده بازدید به عمل آورد و این اطلاعات را به لحاظ دقت مشاهدات و نیز با مشاوره با آبیارها مورد تفسیر قرار دهد.

نقشه‌برداری باید به یک نقطه محلی مفروض بسته شود، که بتوان آنرا به یک نقطهٔ مرجع ملی *(N. C. C)* که به طور معمول دارای رقوم ارتفاعی نسبت به تراز متوسط سطح دریای آزاد است مرتبط نمود.

این کار در تفسیر اطلاعات مرتبط با سطح آب سیستم‌های دارای چاه‌های آب اهمیت به سزائی دارد. نقشه‌برداری باید با استفاده از یک نقطه مرجع انجام شود که با اقدامات توسعه‌ای که در محل رخ می‌دهد تخریب نگردد. این نقطه ممکن است کف بتنی تلمبه‌خانه یا یک مکان مسکونی دائمی و یا هر ساختمان دائمی دیگر باشد. نقطهٔ نشانهٔ مرجع دائمی باید توجیه‌پذیر باشد.

۳ـ۲ـ۲ـ ارزیابی اجتماعی ـ اقتصادی

سئوالاتی که در جهت تصمیم‌گیری برای توسعه شبکه آبیاری می‌تواند مدنظر قرارگیرد شامل موارد زیر است:

- آیا کمبود آب محدودیت اصلی سیستم زراعی فعلی است؟
- سایر محدودیت‌ها کدامند؟
- آیا آبیاری اقتصادی‌ترین راه برای افزایش تولیدات کشاورزی است؟
- آیا زمینه برای بهبود وضع موجود می‌تواند آماده‌تر از احداث یک سیستم جدید باشد؟
- با محدودیت تأمین سرمایه (اعتبار) آیا یک طرح آبیاری به سایر اشکال سرمایه‌گذاری ترجیح داده می‌شود؟
- آیا زراعت آبی مناسب‌ترین شکل استفاده از زمین در محدودهٔ مطالعاتی است؟
- نیازهای نگهداری و بهره‌برداری طرح کدامند و چگونه تأمین می‌شوند؟ آیا سرمایه و مهارت‌های لازم را می‌توان تأمین کرد؟

اگر به نظر برسد که یک طرح آبیاری برای این اراضی توجیه‌پذیر است، در آن صورت نکاتی که باید برای اطلاعات ویژهٔ اجتماعی مورد توجه قرارگیرد شامل موارد زیر است:

- نیازهای فصلی به کارگر و قابلیت دسترسی و توزیع آنها.

- اثرات ناشی از آن روی کشاورزان بزرگ و کوچک، اجاره‌داران و کارگران و بر توزیع درآمد و ثروت
- تغییرات در وضعیت اشتغال و موقعیت زنان
- تغییرات در توزیع مسئولیت و کار
- برخورد با هرگونه فشار ناشی از زیاده‌خواهی

۳ـ۲ـ۳ـ اهمیت عوامل اجتماعی در طراحی

صرف‌نظر از مورد توجه قرار دادن اثرات کلی توسعه، برای اطمینان از این که مخالفت‌های اجتماعی حل شده است، متشکل نمودن دلبستگی‌های اجتماعی در طول دورهٔ طراحی اهمیت دارد.

این مسئله به ویژه در طرح جانمائی، تعیین موقعیت آبگیرها و مشخص نمودن مرزهائی که به اراضی حقابه بر برخورد خواهد نمود اهمیت دارد.

ـ مالکیت اراضی و حقابه‌ها

این دو عامل به هم وابسته‌اند، ولی ممکن است مرزهای زمین‌ها مستقیماً با حقابه‌ها مرتبط نباشند. اغلب تفاهم کمی بین روستاها و یا خانوارهای روستائی وجود دارد که به سادگی با هر گونه مداخله خارجی این ارتباط گسسته خواهد شد. این زمین‌ها و حقابه‌ها معمولاً تثبیت شده نیستند و حقابه‌های عرفی نیز غالباً با حقابه‌های قانونی متفاوت‌اند.

مشاوره و تجسس پیرامون هرگونه بهره‌برداری فعلی از منابع آب و زمین برای دامداری و تأمین چوب، حقابه‌بران پائین‌دست و بالادست، قبرستانها و یا هر یک از اماکن متبرکه نیز اهمیت دارد. در اراضی نیمه‌خشک آفریقا بسیاری از شبکه‌های آبیاری در مقیاس بزرگ برروی زمین‌هائی که کاربری آنها برای چراگاه بوده ایجاد شده‌اند [۱].

مدنظر قرار دادن اختلاف بین حقابه‌های عرفی و مالکیت اراضی و امکان یکپارچه‌سازی اراضی توسط دولت مهم است و این امر نیز ممکن است اهمیت داشته باشد که اطمینان از امنیت زمین داران مبنی بر کاهش ترسشان از آن که دولت یا سایرین پس از توسعه، زمین آنها را تصاحب خواهند نمود، حاصل شده باشد.

سایر نکات مهم عبارتند از حقوق زنان در ارتباط با زمین و اینکه آیا کشاورزی که کوتاهی می‌کند و یا همکاری نمی‌نماید، باید با اخراج از طرح، مجازات شود؟

برای جبران نادیده گرفتن چنین مسائلی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- اراضی واقع در حریم‌ها
- خانه‌ها، چاه‌ها و درختان
- خسارت از دست رفتن محصول در حین اجرا

در شرایطی که برای کانال‌های روباز، طرح سئوالاتی برای حریم‌های دائمی در طول مسیر ضروری می‌باشد این امر در ارتباط با خطوط لوله زیرزمینی به جبران خسارت محصول در طول دورهٔ اجرا محدود می‌شود که خود یک امتیاز ویژه است.

- **جانمائی سیمای طرح**

سیمای طرح باید ترجیحاً در محل محدوده مطالعاتی هم با کشاورزان و هم با کارکنان ادارات محلی مورد بحث قرار گیرد.

این امر باید همه اراضی واقع در محدودهٔ مطالعاتی، مسیر خط لوله و محل‌های آبگیرها را تحت پوشش قرار داده و به کشاورز اجازه دهد در تصمیمات اثر گذاشته و امکان انتخاب بین شرایط مختلف تکنیکی را داشته باشد. سیمای طرح باید در نقشه و در صورت دسترسی در روی عکس‌های با مقیاس بزرگ نشان داده شود.

در صورت ممکن، مرزهای املاک و روستاها باید مورد توجه قرار گیرد. زیرا که این امر مدیریت و کاهش درگیری‌ها را تسهیل می‌نماید.

در مرحله سیمای طرح و طراحی و قبل از آن که زمینی علامت‌گذاری و یا تخریب گردد، باید وقت و زمان کافی برای تعیین مرزها و مالکیت اراضی صرف شود. اگر کشاورزان پس از توسعه به مکان‌های جدید انتقال می‌یابند همه تلاش‌ها باید در جهت بازگرداندن زمین با اندازه و یا ارزش برابر با زمین اصلی به وی مصروف گردد.

تهیه طرح شامل موارد زیر است:

- اطمینان از آن که حتی‌الامکان مرزهای توسعه و آبگیرها با مرزهای روستاها انطباق دارند.
- اتخاذ تصمیمات جامع برای تخصیص آب آبیاری در حالت کلی و در زمان‌های کمبود آب
- افزایش قابلیت کشاورزان در عهده‌دار شدن مدیریت مستقل بهره‌برداری و نگهداری از سیستم.

مسائل اجتماعی که در زمان نصب سیستم وجود دارند، احتمالاً به عنوان یک عامل بازدارنده در مقابل عملکرد سیستم آبیاری ادامه می‌یابد و این امر در عمل به اشتیاق جمعی یک جامعه متکی است.

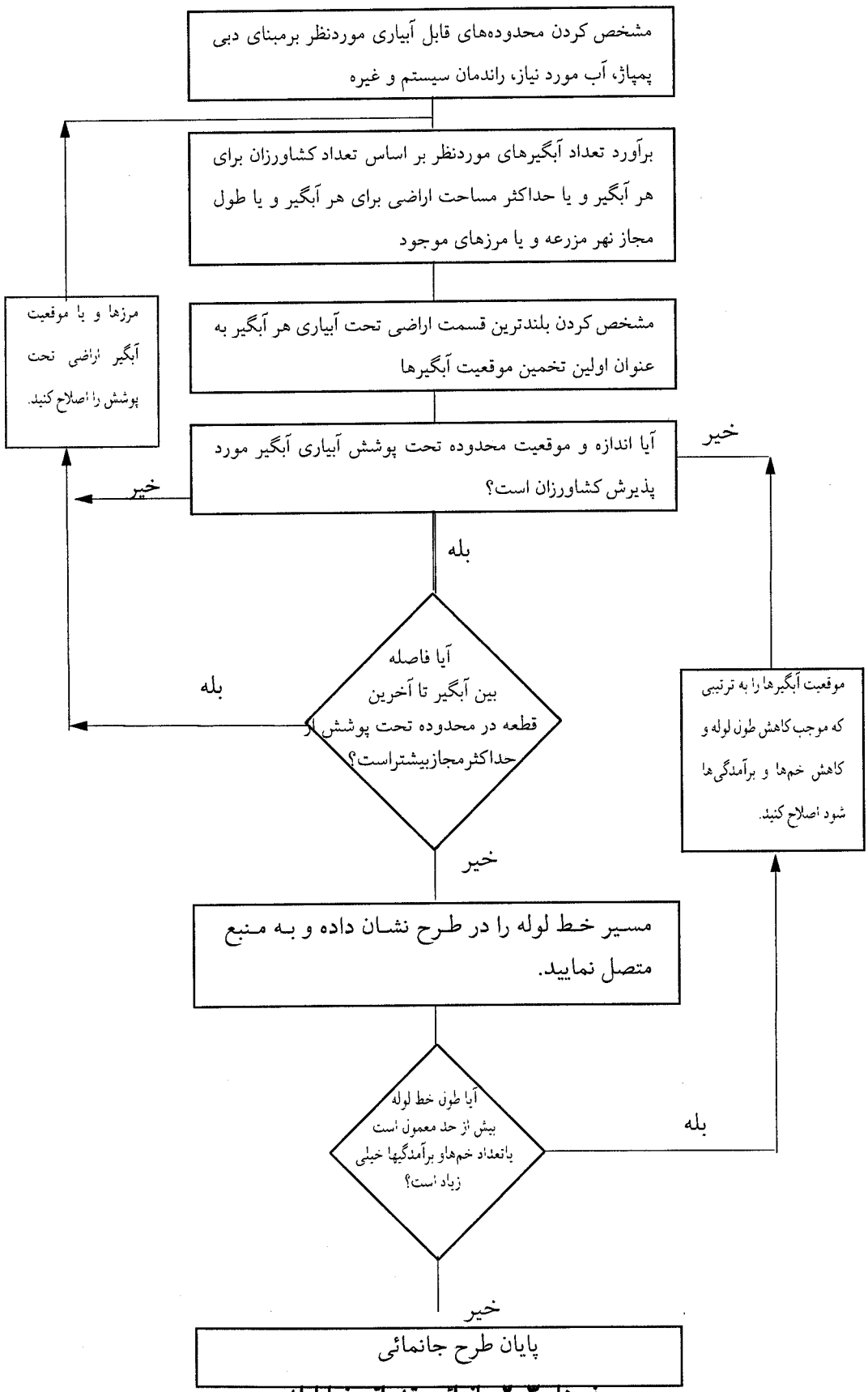
۳ـ۳ـ تهیه جانمایی خطوط لوله

۳ـ۳ـ۱ـ کلیات

جنبه‌های تفصیلی موارد زیر که از دیدگاه اقتصادی در جانمائی یک خط لوله اهمیت دارند مطابق نمودار ۳-۲ می‌باشد. در تهیه طرح، طراح در صدد است که به یک شرایط متعادلی از وسعت اراضی تحت پوشش آبیاری، هزینه سرمایه‌گذاری کم، راندمان توزیع بالا و بهره‌برداری آسان، دست یابد. همهٔ اینها به هم مرتبط بوده و به سایر پارامترهای سیمای طرح وابسته‌اند.

طراحی مقدماتی خط لوله در چهار گام اشاره شده در زیر خلاصه شده است.

- مشخص کردن حداراضی قابل آبیاری در محدودهٔ مطالعاتی
- مشخص کردن حداکثر طول انهار درجهٔ ۴
- مشخص کردن مساحت تحت پوشش آبگیرها
- انتخاب ساده‌ترین مسیر خط لوله که نیازهای طراحی را پاسخگو باشد.



نمودار ۳-۲ جانمائی مقدماتی خط لوله

۳ـ۳ـ۲ـ وسعت اراضی آبخور [1]

وسعت محدوده طرح شبکه توزیع به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \frac{Q}{q_d}$$

که در آن:

A= وسعت محدوده طرح (هکتار)

Q = دبی ورودی به سیستم خط لوله (لیتر در ثانیه)

q_d= هیدرومدول آبیاری (لیتر در ثانیه در هکتار)

و مقدار آن برابر است با:

$$q_d = \frac{I_f \times ۱۰۰۰۰}{U \times ۲۴ \times ۳۶۰۰} \times \frac{۱}{E_d}$$

که در این رابطه:

I_f= آب مورد نیاز ناخالص مزرعه برحسب میلی‌متر در روز

E_d= راندمان توزیع

U = مصرف = استمرار جریان ورودی در کل مدت:

همچنین

$$I_f = I_n \times \frac{۱}{E_a}$$

$$I_n = ET_{crop} - (P_e + G_e + W_b)$$

و در این رابطه نیز:

I_n= آب خالص مورد نیاز آبیاری (میلی‌متر در روز)

E_a= راندمان کاربرد

ET_{crop}= تعریق و تبخیر گیاه (میلی‌متر در روز)

P_e= باران مؤثر (میلی‌متر در روز)

G_e= رطوبت دریافت شده از آب زیرزمینی (میلی‌متر در روز)

W_b= آب دریافت شده از رطوبت ذخیره شده در خاک (میلی‌متر در روز)

بنابراین اندازه محدوده آبیاری وابسته به عوامل زیر است:

- هیدرومدول آبیاری طرح و آب ورودی قابل دسترس از منابع آب
- ترکیب کشت و آب مورد نیاز محصول
- راندمان توزیع سیستم خط لوله و راندمان کاربرد آب در مزرعه
- آب و هوای ناحیه و ویژگی‌های خاک و توپوگرافی
- تجربیات محلی بهره‌برداری در ارتباط با ساعات آبیاری در طول روز و روزهای آبیاری در طول هفته
- عوامل اجتماعی و اقتصادی که ممکن است مرزهای محدوده طرح و یا کشاورزی را که باید تحت پوشش قرار گیرند محدود نمایند.

1- Target command area

۳-۳-۳- آب قابل دسترس و هیدرومدول آبیاری

مشخص نمودن هیدرومدول آبیاری طرح (q_d) نیازمند اتخاذ تصمیم پیرامون نیاز دورهٔ حداکثر است که می‌تواند تعیین‌کننده باشد و در عین حال تابع دامنه تغییرات محصولاتی است که کشت خواهند شد. ظرفیت طراحی سیستم خط لوله باید برای آب مورد نیاز دوره حداکثر مصرف که با آن مواجه می‌شویم و اعمال یک ضریب افزایشی که بتواند تغییرات آتی را نیز پاسخگو باشد، پیش‌بینی گردد. زیرا افزایش ظرفیت یک سیستم خط لوله بسیار مشکل‌تر از یک سیستم کانال روباز است.

در عین حال نقطه نظراتی مبنی بر افزایش هیدرومدول آبیاری و ظرفیت خط انتقال به منظور افزایش انعطاف‌پذیری در بهره‌برداری مطرح است. از آن جاکه که یکی از ویژگی‌های اصلی و مفید سیستم‌های لوله‌ای قابلیت آنها به لحاظ انعطاف‌پذیری در تأمین آب می‌باشد، بنابراین محدود نمودن ظرفیت سیستم نه تنها بلحاظ آنکه اصلاح آن گران تمام خواهد شد بلکه بلحاظ کاهش احتمالی در برگشت اقتصادی و مالی طرح در رابطه با محدودیت انجام کشت‌های متراکم نیز مدنظر می‌باشد [۶۴].

برای همه سیستم‌ها باید در مورد مفید بودن آنها طبق تجربه و طول مدت آبیاری در روز و در هفته و به ویژه در طول دورهٔ حداکثر فصل تصمیم‌گیری شود. تجربه بهره‌برداری برای سیستم‌های بزرگ که به منظور تأمین نیازهای پیک به انجام آبیاری در طول شب وابسته‌اند و نیز سیستم‌های کوچک‌تر که عمدتاً آبیاری روزانه برای آنها عمل می‌شود متغیر است. در عین حال آبیاری شبانه فرصت تأمین نیازهای بالای دورهٔ پیک را فراهم می‌آورد. این مسئله باید با مواردی نظیر راندمان کم در مزرعه و عدم تمایل به آبیاری در این اوقات متعادل شود.

برای سیستم‌هایی که توسط پمپ تأمین آب می‌شوند، ظرفیت پمپ و طول مدت بهره‌برداری از آن در طول روز، میزان حداکثر مدول آبیاری را که برای یک محدودهٔ خاص تحت پوشش، قابل تأمین است مشخص می‌کند. در عین حال مدول کمتر آبیاری بلحاظ نصب پمپ‌های کوچک‌تر یا افزایش وسعت محدودهٔ تحت پوشش آبیاری می‌تواند موجب کاهش هزینه سرمایه‌گذاری در واحد سطح شود، در این صورت خطر عملکرد ضعیف و بهم ریختگی آبیاری در جاهائی که میزان آب تأمین شده با نیاز حداکثر در طول ساعات کار منطبق نباشد، وجود دارد.

۳-۳-۴- الگوی زراعی و آب مورد نیاز گیاهان

هیدرومدول آبیاری (q_d) طرح، نشان‌دهنده گزینه‌ای از ترکیب کشت‌ها و آب مورد نیاز مربوطه است، تجربیات عملی داخل مزرعه چنین دیکته می‌کند که سیستم لوله‌های زیرزمینی در دوره‌های کم‌آبی امکان مدیریت ترکیب کشت‌های متنوع‌تر و در نتیجه موفقیت بیشتری را نسبت به کانال‌های روباز، به لحاظ امکان توزیع آب با دقت بیشتر و سرعت بیشتر جابه جائی جریان آب از یک محدودهٔ آبیاری به محدودهٔ دیگر و حداقل تلفات آب برای آبیارها فراهم می‌آورد [۸۹].

سیستم‌های لوله‌ای در عین حال با فراهم آوردن انعطاف‌پذیری و قادر نمودن کشاورزان به تغییرات بیشتر در ترکیب کشت‌ها در برابر کشت‌هایی نظیر برنج که مصرف آب آنها بالاتر است، به کاهش مدول متوسط آبیاری کمک می‌کنند [۱۶ و ۳۸].

۳ـ۳ـ۵ـ راندمان توزیع سیستم‌های لوله زیرزمینی

جایگزینی سیستم کانال‌های روباز با سیستم لوله‌های زیرزمینی در یک شبکه آبیاری موجود می‌تواند به منظور کاهش قطع جریان تأمین آب و به دنبال آن افزایش سطح تحت پوشش به عنوان نتیجه پیش‌گیری از هدر رفتن آب به لحاظ کاهش تلفات انتقال مدنظر قرار گیرد. راندمان کلی توزیع عبارت است از راندمان انتقال سیستم درجه سه (لوله) و راندمان سیستم درجه ۴ (اغلب کانال‌های روباز) مطابق موارد مطرح شده در فصل ۱.

۳ـ۳ـ۶ـ مشخصات توپوگرافی

مشخصات توپوگرافی که می‌تواند موجب محدودیت اراضی تحت پوشش در یک سیستم لوله‌ای باشد مشتمل است بر:

- تغییرات ارتفاعی در حد فاصل بین منبع آب و تراز بلندترین مزرعه‌ای که باید آبیاری شود.
- عمق آبراهه و یا مجرای زهکشی
- یک پیکره دائمی آب

در عمل به استثنای اراضی دو عارضه و بریده بریده، به ندرت این مسئله وجود دارد که به لحاظ شرایط توپوگرافی خاص توجیه‌پذیری سیستم کانال‌های روباز نسبت به لوله‌های کم فشار ارجح می‌باشد. در جائی که وجود ارتفاعات یا تقاطع آبراهه‌ها موجب افزایش دامنه تغییرات فشار خط لوله شود، در طول بازه کوتاه از لوله‌های فشار قوی، استفاده می‌شود.

هر جا که اراضی تحت پوشش در شیب دامنه‌ها واقع شده‌اند و یا وسعت زیادی دارند سیستم تأمین آب با پمپاژ ممکن است تنها گزینه باشد. برای سیستم‌های پمپاژی که از برج‌های تأمین فشار استفاده می‌شود، در شرایطی که ارتفاع این برج‌ها بیش از ۴ تا ۵ متر باشد، هزینه احداث آنها زیاد بوده و اجرای آنها با مصالح محلی نیز مشکل است. در تمام حالات باید دقت گردد تا اطمینان لازم از این که فشار کاری حداکثر طراحی برای جنس لوله موردنظر افزایش نیافته است حاصل شود.

این مطلب خصوصاً در مورد لوله‌های بتنی غیرمسلح بیش از لوله‌های پی‌وی‌سی صدق می‌کند. جائی که یک سیستم لوله‌ای بر روی یک سیستم موجود تأمین آب با پمپاژ نصب می‌شود، بار هیدرولیکی اضافی مورد نیاز جبران افت اصطکاکی لوله‌ها نباید موجب کاهش معنی‌دار دبی پمپ گردد.

۳ـ۳ـ۷ـ عوامل اجتماعی و اقتصادی

در برخی موارد برای انتخاب محدوده آبیاری ممکن است ملاحظات فنی نسبت به دیدگاه‌های اجتماعی و اقتصادی از اهمیت کمتری برخوردار باشند. به طور کلی اهمیت مشارکت کشاورزان در تمام مراحل تهیه سیمای آبیاری امری شناخته شده است. اما به نظر می‌رسد که این امر در اغلب موارد از همان مراحل ابتدائی طرح از سوی مهندسان طراح مورد کم توجهی قرار می‌گیرد. ضروری است که عوامل مهم محلی مورد توجه قرار گیرند ولی برخی توصیه‌های عمومی زیر نیز باید به کار گرفته شود:

- از محدوده‌های تحت پوشش آبیاری بزرگ هم در ارتباط با سیمای طرح و هم در ارتباط با آبگیرها اجتناب شود.

این امر ممکن است موجب تنش‌های اجتماعی شود، به ویژه در جاهایی که تأمین آب انتظارات کشاورزان

را تأمین نمی‌کند [۸] سیمای طرح با توسعه وسیع، ممکن است ساختار سازمان محلی را بیش از ظرفیت‌شان گسترش دهد، به ویژه در جاهائی که این ساختار فقط به میزان کمی رشد یافته باشد. سیستم تحت فشار کوچک‌تر با مشارکت تعداد معدودی از کشاورزان احتمالاً از مشکلات کمتر سازمانی برخوردارند و در جاهایی که ابعاد انهار توزیع طبق ضوابط آبیارها تعیین می‌شود طراحی و بهره‌برداری از آنها نسبتاً ساده خواهد شد. اگر چه هزینه سرمایه‌گذاری در هر هکتار برای این محدوده‌های کوچک‌تر معمولاً بیشتر است لیکن نظر بر این است که به لحاظ افزایش شدت آبیاری هزینه در هکتار واقعی آبیاری کمتر خواهد شد.

- مرزهای موجود روستائی از قبیل محدوده‌ها، ساختار سازمان موجود و تصمیمات اتخاذ شده آنها به هم نریزد.

ساختار موجود جامعه روستائی برای توسعه سازمان مدیریت سیستم در جاهایی که هیچ ساختار اولیه دولتی وجود ندارد و یا در سطح پائینی توسعه یافته است مهم می‌باشد.

- تنها در زمانی باید اقدام نمود که مستندات قوی از نظر پذیرش جوامع روستائی وجود داشته باشد.

اگر چه مستندات مرتبط با پذیرش جوامع روستائی به طور ناگهانی و سریع به دست نمی‌آید، ولی بدون یک حمایت قوی از جانب اقشار زیادی از کشاورزان و صاحبان زمین در روستا، هیچ‌گونه توسعه‌ای نباید مورد اجرا قرار گیرد.

گردهمایی با روستائیان ضروری است و از میانجیگری در کشمکش‌های بین اعضاء قوی و دسته‌بندی‌ها باید اجتناب شود.

- در هر مرحله از انتخاب و طراحی سیمای طرح، آبیارها را باید دخالت داد.

درگیر کردن آبیارها در همه مراحل جانمائی، طراحی و ساخت پروژه در عین حال که باعث کندی پیشرفت طرح می‌گردد موجب احساس دلگرمی صاحبان اراضی خواهد بود. [۸۹] این نحوهٔ درگیر نمودن آب بران می‌تواند به عنوان بخشی از فعالیت ساختار مشارکت، آنها باشد. مسئولیت‌پذیری کشاورزان برای بهره‌برداری و نگهداری سیستم ممکن است با پذیرش تعهدات مالی و یا مشارکت در کار کارگری ترویج شود.

آموزش کشاورزان برای انجام کارهای تخصصی و اداره تعمیرات مورد نیاز نیز موجب تشویق آنها در جهت همکاری می‌گردد. روند مباحثه با کشاورزان به منظور تبدیل یک سیستم خطوط لوله از وضعیت ذهنی به شرایط واقعی همه آن چه را که ممکن است حلقهٔ ضعیف زنجیرهٔ مشارکت باشند نیرو می‌بخشد.

۳-۳-۸- طول حداکثر انشعابات درجه ۴

اغلب همهٔ محدوده‌های آبیاری که در آنها باید از سیستم‌های لوله‌ای استفاده شود می‌توانند با یک شکل منظم تقریباً مربع، مستطیل و یا دایره تعریف شوند. برای این حالت‌ها تجزیه و تحلیلی بر روی یک سیستم لوله‌ای با جانمائی در شرایط مطلوب صورت گرفته است و نتیجه برای سیستم‌های شاخه‌ای در جدول ۳-۱ خلاصه شده است. این جدول طول لوله در هر هکتار را برای حالات متفاوت انشعابات درجهٔ ۴ (La)، محدودهٔ تحت پوشش و موقعیت ورودی به سیستم لوله نشان می‌دهد.

بهینه‌سازی جانمائی خط لوله، دستیابی به یک محدودهٔ مطلوب تحت پوشش آبگیر را با حداقل طول لوله در

هکتار (L/A) در همان محدوده تضمین می‌نماید. از جدول ۳-۱ چنین بر می‌آید که L/A با حدّاکثر فاصله از آبگیر و دورترین مزرعه تحت پوشش آن آبگیر، نسبت معکوس دارد. این فواصل مستقیم به عنوان طول حدّاکثر انشعابات درجه ۴ (حداکثر La) تعریف شده‌اند. اگر چه در عمل انهار درجه ۴ طولانی‌تر خواهند شد زیرا که از طول مرزهای با پیچ و خم می‌گذرند.

بنابراین همچنانکه حداکثر طول انشعابات درجه ۴ (حداکثر La) افزایش می‌یابد طول خط لوله در هکتار (L/A) کاهش می‌یابد. معمولاً افزایش طول انشعابات درجهٔ ۴ یک اثر کاهشی بر تعداد آبگیرها و همچنین یک اثر افزایشی بر محدودهٔ تحت پوشش هر آبگیر دارد. زیرا که برای ارتباط تعداد کمتری از آبگیرها، شبکه خط لوله کوتاه‌تری مورد نیاز است. این مسئله‌ای است که برای محدوده مطلوب تحت پوشش آبگیر باید در نظر گرفته شود.

افزایش طول انشعابات درجهٔ ۴ همچنین موجب افزایش افت‌های مربوط به این انشعابات و در نتیجه موجب کم شدن راندمان کلی توزیع (E_d) می‌گردد. طراح نیاز به آن دارد که یک طول انشعاب درجه ۴ را بر اساس راندمان توزیع هدف، مدیریت و بهره‌برداری موردنظر و نیز تلفات برآورد شده در واحد طول انشعابات درجه ۴ انتخاب نماید. این تلفات تحت تأثیر عوامل زیر می‌باشد.

- نوع سیستم درجه ۴ (به طور نمونه انهار خاکی هستند ولی از لوله‌های سطحی و لوله‌های آبیاری لاستیکی نیز استفاده می‌شود).
- نوع خاک
- کیفیت اجرای سیستم درجهٔ ۴ (سیستم دائمی و یا سیستمی که هر سال ساخته می‌شود)

این موارد به شرح زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

- نوع سیستم توزیع درجهٔ ۴

انتخاب سیستم شبکه توزیع درجهٔ ۴ به محصولاتی که کاشته می‌شود، اندازه واحد زراعی و روش آبیاری بستگی دارد. در جائی که واحدهای زراعی بزرگ و تسطیح اراضی خوب وجود دارد و امکان استفاده از فاروهای یکنواخت و کرت فراهم است. در مقایسه با واحدهای زراعی ناهموار با پستی و بلندی‌های بسیار زیاد که به شبکه کانال‌های متراکم‌تری نیاز دارند، کانال‌های توزیع یا نیم لوله، کوتاه‌تر خواهند بود.

در جایی که از لوله‌های سطحی، لوله‌های دریچه‌دار و یا لوله‌های لاستیکی استفاده می‌شود، فاصله بین آبگیر و واحد زراعی، بیشتر از مسئله راندمان توزیع، تحت تأثیر قیمت لوله و یا مصالح مربوطه محدود می‌شود. این هزینه در جائی که تعدادی از آبیارها در استفاده از وسائل سطحی سهیم می‌شوند کاهش می‌یابد.

کانال‌های خاکی به عنوان یک گزینه شبکه توزیع با حدّاقل راندمان معمولاً کمترین هزینه سرمایه‌گذاری را در پی دارند. از این کانال‌ها تنها برای طول‌های کوتاه باید استفاده شود. (معمولاً برای طول‌های کمتر از ۱۰۰ متر) به جز در جاهائی که خاک‌ها کم نفوذپذیر هستند و یا جائی که یک همیاری خوب بین کشاورزان و تمایلی مبنی بر نگهداری و تعمیرات به موقع و سر وقت وجود داشته باشد.

- نوع خاک

کانال‌های خاکی که با مصالح با چسبندگی ضعیف و خاک‌های درشت دانه ساخته می‌شوند موجب راندمان

پائین شبکه توزیع خواهند شد. در بنگلادش حتی در خاک‌های ریزدانه لومی اندازه‌گیری راندمان کانال‌های خاکی شبکه توزیع تلفاتی معادل ۵ تا ۸ لیتر در ثانیه در هر ۱۰۰ متر را برای کانال‌های با دبی ۴۰ تا ۵۰ لیتر در ثانیه نشان می‌دهد. این مقدار معادل ۵ تا ۱۰ برابر میزان تلفات در سیستم لوله‌های بتنی غیر مسلح زیرزمینی می‌باشد. هرگونه بهبود حاصل از افزایش راندمان انتقال بتوسط لوله‌های زیرزمینی، توسط کانال‌های خاکی با طول زیاد به هدر خواهد رفت. بر اساس داده‌های دریافتی از بنگلادش حتی برای خاک‌های با نفوذپذیری کم، طول کانال‌های مزرعه نباید از ۲۰۰ متر بیشتر شود و ضروری است که اساساً در خاک‌هایی که دارای حداقل میزان بافت درشت دانه باشند عبور داده شوند.

- کیفیت اجرای سیستم درجهٔ ۴

میزان تراکم خاکریزهای یک کانال خاکی تأثیر فراوانی بر تلفات نشت آن کانال دارد. ابعاد متناسب و تراز مناسب برم‌ها در پیشگیری از جریان سرریز شونده اهمیت به سزائی دارند و برای جلوگیری از نشت مراقبت از نقاط آبگیر ضروری است.

اینها عوامل همیشگی مرتبط با کانال و نگهداری آن هستند.

مشاهدات صحرائی در بنگلادش و هندوستان نشان می‌دهد که نوع کشت محصولات و تناوب کشت به شدت بر کیفیت کانال‌های خاکی مزرعه اثر می‌گذارند. در جائی که آبیاری غرقابی برنج انجام می‌گیرد، کانال‌های مزرعه معمولاً در هر سال با تراکم محدودی بازسازی می‌شوند. و در جائی که در طول سال طیف وسیع‌تری از انواع محصولات کشت می‌شوند تمایل بر این است که کانال‌های مزرعه به صورت دائمی ساخته شوند.

تشخیص به‌موقع احتمال اجرای سیستم توزیع داخل مزرعه در مرحلهٔ طراحی به احداث انشعابات درجه ۴ با طول واقعی‌تر کمک می‌کند [۸۹].

۳-۳-۹- تراکم آبگیرها

عوامل مؤثر در محدودهٔ تحت پوشش هر آبگیر شامل موارد زیر است:

- طول قابل‌قبول انشعاب درجهٔ ۴
- تعداد بهره‌برداران و میزان پراکندگی قطعات اراضی
- میزان اراضی غیرقابل آبیاری در حواشی آبگیر

این موارد به شرح زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

- طول انشعاب درجهٔ ۴

همانطور که با افزایش طول حدّاکثر انشعابات درجهٔ ۴، محدودهٔ تحت پوشش هر آبگیر افزایش می‌یابد، محدودهٔ واقعی تحت پوشش به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. برای طول حدّاکثر انشعاب درجهٔ ۴ (La) در حدود ۲۰۰ متر، محدودهٔ تحت پوشش آبگیر عموماً به وسعت ۲ تا ۴ هکتار می‌باشد. محدودهٔ تحت پوشش تنها در شرایطی که (La) به حدود ۱۰۰ متر می‌رسد به کمتر از ۲ هکتار کاهش می‌یابد. محدوده تحت پوشش سیستم‌هایی که با لوله‌های پی‌وی‌سی سخت ساخته شده‌اند، در مقایسه با سیستم‌های لوله‌ای غیرمسلح وسیع‌ترند و این امر بر طول انشعابات درجهٔ ۴ تأثیر می‌گذارد که اغلب بیش از ۲۵۰ متر می‌باشند.

جدول ۳ـ۱ـ خلاصه داده‌های مربوط به مساحت اراضی و طول لوله برای یک سیستم جانمائی مطلوب

شمار جانمایی	موقعیت ورودی	شکل	طول لوله L (متر)	L_4= ۵۰ متر مساحت A (هکتار)	L/A	طول لوله L (متر)	L_4= ۱۰۰متر مساحت A (هکتار)	L/A	طول لوله L (متر)	L_4= ۱۵۰ متر مساحت A (هکتار)	L/A
۱	مرکز	دایره	۱۱۶۰	۱۳	۹۲	۲۳۲۰	۵۰	۴۶/۲	۳۴۸۰	۱۳	۳۰/۸
۲	مرکز	دایره	۱۰۶۰	۱۳	۸۴	۲۱۲۰	۸۰	۴۲/۲	۳۱۸۰	۱۳	۲۸/۱
۳	حاشیه	دایره	۱۴۰۵	۱۳	۱۱۲	۲۸۱۰	۵۰	۵۶/۰	۴۲۱۵	۱۳	۲۷/۳
۴	حاشیه	دایره	۱۲۳۵	۱۳	۹۸	۲۴۷۰	۵۰	۴۹/۲	۳۷۰۵	۱۳	۳۲/۸
۵	مرکز	دایره	۳۰۷۵	۲۸	۱۰۹	۶۱۵۰	۱۱۳	۵۴/۴	۹۲۲۵	۲۵۴	۳۶/۳
۶	مرکز	دایره	۲۵۸۵	۲۸	۹۲	۵۱۷۰	۱۱۳	۴۵/۷	۷۷۵۵	۲۵۴	۳۰/۵
۷	مرکز	مربع	۱۷۰۰	۱۶	۱۰۶	۳۴۰۰	۶۴	۵۳/۱	۵۱۰۰	۱۴۴	۳۵/۴
۸	مرکز	مربع	۱۱۰۰	۹	۱۲۲	۲۲۰۰	۳۶	۶۱/۱	۳۳۰۰	۸۱	۴۰/۷
۹	حاشیه	مربع	۱۰۰۰	۹	۱۱۱	۲۰۰۰	۳۶	۵۵/۵	۳۰۰۰	۸۱	۴۰/۷
۱۰	حاشیه	مربع	۱۷۰۰	۱۶	۱۰۶	۳۴۰۰	۶۴	۵۳/۱	۵۱۰۰	۱۴۴	۳۵/۴
۱۱	مرکز	مستطیل	۹۰۰	۸	۱۱۳	۱۸۰۰	۳۲	۵۶/۳	۲۷۰۰۰	۷۲	۳۷/۵
۱۲	مرکز	مستطیل	۷۰۰	۸	۸۸	۱۴۰۰	۳۲	۴۳/۸	۲۱۰۰	۷۲	۲۹/۲
۱۳	مرکز	مستطیل	۲۲۵۰	۱۸	۱۲۵	۴۵۰۰	۷۲	۶۲/۵	۶۷۵۰	۱۶۲	۴۱/۶
۱۴	مرکز	مستطیل	۱۸۵۰	۱۸	۱۰۳	۳۷۰۰	۷۲	۵۱/۴	۵۵۵۰	۱۶۲	۳۴/۲
۱۵	حاشیه	مستطیل	۹۵۰	۸	۱۱۹	۱۹۰۰	۳۲	۵۹/۴	۲۸۵۰	۷۲	۳۹/۶
۱۶	حاشیه	مستطیل	۸۰۰	۸	۱۰۰	۱۶۰۰	۳۲	۵۰/۰	۲۴۰۰	۷۲	۳۳/۳
۱۷	حاشیه	مستطیل	۱۹۵۰	۱۸	۱۰۸	۳۹۰۰	۷۲	۵۴/۲	۵۸۵۰	۱۶۲	۳۶/۱
۱۸	حاشیه	مستطیل	۱۷۵۰	۱۸	۹۷	۳۵۰۰	۷۲	۴۸/۶	۵۲۵۰	۱۶۲	۳۲/۴

توضیح: L_4 = طول درجه ۴

- **تعداد بهره‌برداران**

اگر به لحاظ پراکندگی قابل‌توجه اراضی، تعداد بهره‌برداران در مجاورت یک آبگیر زیاد باشند، با منظور نمودن یک آبگیر اضافی بهره‌برداری ساده‌تر خواهد شد. این کار همچنین به کاهش توسعه و پیچیدگی شبکه کانال‌های مزرعه کمک می‌کند.

در محدوده‌های تحت پوششی که بهره‌برداران پراکنده دارند شبکه کانال‌های مزارع اغلب مسیرهای پیچ در پیچ و باریک با خم‌های تند به خود می‌گیرند.

یکپارچه سازی اراضی به لحاظ اجرایی غالباً کار سختی است ولی روشی است برای افزایش سودآوری یک سیستم لوله‌ای توزیع آب از طریق کاهش شبکه کانال‌های خاکی که به طور قابل ملاحظه در بهره‌برداری سیستم تسهیل ایجاد می‌کند و بالعکس وجود قطعات تحت بهره‌برداری بسیار پراکنده اغلب استفاده از آبگیرهای با سطح تحت پوشش کوچک‌تر را توجیه می‌نماید اگرچه بلحاظ فنی ممکن است قابل توجیه نباشد.

- **توزیع اراضی قابل آبیاری در محدودهٔ تحت پوشش**

به منظور دستیابی به طول منطقی برای انشعابات درجه ۴ در جائی که اراضی قابل آبیاری به صورت پراکنده باشند سیمای شبکه در مقایسه با محدوده‌های دارای اراضی یکپارچه، به تعداد آبگیرهای بیشتر با محدوده‌های تحت پوشش کوچک‌تر نیاز دارد.

۳-۳-۱۰- مسیر خط لوله

تجزیه و تحلیل جانمائی‌های مطلوب سیستم توزیع با لوله نشان داده که طول لوله در هر هکتار بیش از هر چیز تحت تأثیر طول انشعابات درجه ۴ و محدودهٔ تحت پوشش آبگیرها می‌باشد و تفاوت در شکل محدوده آبیاری تنها تغییر کوچکی در این زمینه ایجاد می‌نماید.

- **یافته های کلی**

در جائی که از یک سیستم جانمایی حلقوی و یا شاخه‌ای استفاده می‌شود، طول لوله غالباً براساس حداکثر فاصله قابل قبول از هر آبگیر نسبت به دورترین قطعه زراعی تحت پوشش آن آبگیر تعیین می‌شود. *(L۴)*

چه برای سیستم جانمایی حلقوی و چه برای سیستم جانمایی شاخه‌ای، هر قدر که طول حداکثر درجه ۴ افزایش یابد میزان طول لوله در هر هکتار کاهش خواهد یافت. این مسئله اغلب موجب کاهش تعداد آبگیرها و در نتیجه افزایش سطح تحت پوشش آبیاری هر آبگیر می‌شود. زیرا که برای ارتباط تعداد محدودتر آبگیرها، شبکه لوله‌ای کوتاه‌تری مورد نیاز است.

عوامل مهم در تعیین جانمایی خط لوله شامل موارد زیر است:

۱- موقعیت آبگیر ورودی یا منبع آب در ارتباط با محدوده تحت پوشش:

این امر به این ویژگی بستگی دارد که آیا منبع آب در حاشیه قرار می‌گیرد و یا در نزدیک مرکز محدوده تحت پوشش برای محدوده‌های دایره‌ای و یا نامنظم با همان طول مجاری درجه ۴، موقعیت منبع آب در حاشیه زمین سبب می‌شود که طول لوله در مقایسه با شرایطی که منبع آب به مرکز زمین نزدیکتر باشد

حدود ۲۰ درصد افزایش یابد. برای زمینهای کشیده با طول بزرگ تغییر در طول لوله به ویژگی و مشخصات آن‌ها بستگی دارد. سایر عواملی که در انتخاب موقعیت منبع آب در ارتباط با محدوده تحت پوشش مؤثر خواهند بود عبارتند از:

- فاصله از منبع تأمین انرژی برای الکترو موتورهای پمپ‌ها:

انتقال پمپ به محل منبع انرژی حتی در شرایطی که هزینه سیستم توزیع ناشی از آن نیز لحاظ گردد ممکن است ارزانتر از عکس این حالت باشد.

- فاصله از محل استقرار روستاها برای سهولت نظارت و جلوگیری از هرج و مرج
- موقعیت اراضی بلند آب برای سهولت آبرسانی ثقلی و یا کاربرد مخزن با ارتفاع کم

۲ـ نسبت اراضی ناخالصی که غیر قابل آبیاری هستند:

مساحت زیاد اراضی غیرقابل آبیاری منجر به وسیعتر شدن اراضی ناخالص تحت پوشش آبیاری خواهد شد که به یک شبکه لوله‌ای گسترده‌تر برای دستیابی به طراحی اراضی خالص تحت آبیاری نیاز می‌باشد. در چنین حالتی بویژه اگر اراضی قابل آبیاری قطعه قطعه باشند ممکن است سرمایه گذاری سیستم درجه ۳ در همه محدوده بلحاظ اقتصادی منطقی نباشد.

یکی از گزینه‌های رقیب ممکن است ایجاد سیستمهای کوچکتر در بخشهای جدا از هم محدوده طرح با نسبتهای بیشتری از اراضی قابل آبیاری باشد. یک مثال از این حالت عبارت خواهد بود از استفاده از تعداد بیشتری از چاه‌های با ظرفیت کمتر بعنوان گزینه رقیب چاه‌های عمیق که بنحو گسترده‌ای در جنوب آسیا توسعه یافته‌اند.

۳ـ دبی سیستم و حداکثر مساحت تحت پوشش:

با افزایش اندازه محدوده، همانطورکه فاصله متوسط آبگیرها از منبع آب زیاد می‌شود. طول لوله مورد نیاز برای هر هکتار اراضی تحت پوشش آبیاری هم افزایش می‌یابد در مقابل محدوده‌های تحت پوشش وسیعتر امکان می‌دهند که هزینه تأمین منبع آب و سازه‌های کنترل و در نتیجه هزینه در واحد سطح از این بابت‌ها کاهش یابند.

کاهش هزینه‌ها نسبت به هر نوع افزایش ناشی از طول اضافی لوله در هر هکتار مهم است. این مسئله در سیستم‌های مجهز به چاههای عمیق و یا در جایی که توسعه شبکه گرانقیمت درجه ۱ و درجه ۲ می‌تواند کاهش یابد، یک امتیاز تلقی می‌شود.

۳ـ۴ـ روش تنظیم پمپ و بهره‌برداری سیستم

روشهای ممکن برای تنظیم پمپ بر روی سیستم‌های لوله‌ای به شرح زیر خلاصه می‌گردد. انتخاب نهایی باید بر اساس اولویتهای مورد نظر آبیارها، سطح مهارت و فرصتهای پدید آمده بر اساس یک سطح کنترل خودکار صورت گیرد. این حالتها به سیستم‌های دستی و خودکار تفکیک می‌شوند.

۳ـ۴ـ۱ـ تنظیم دستی پمپ

دو روش برای تنظیم دستی پمپها شامل بهره‌برداری ساده با روش هماهنگی بهره‌برداری (روش ساده) و یا استفاده از یک مخزن متعادل کننده یا مشخص‌دهنده فشار (مشاهده سطح آب) به شرح زیر است *[۶۱]*.

- **روش ساده**

اپراتور (مسئول پمپها) در زمانی که آبگیر به آب نیاز دارد و باز است استارت می‌کند و سپس با تعدیل سرعت موتور و یا بازشدگی دریچه آبگیر جریان را تنظیم می‌کند بترتیبی که به تعادل برسد. سرریزی آب از سازه کنترل، نظیر تانک یا برج فشار یا دریچه هوا، ضرورت کاهش دبی ورودی از پمپ و یا افزایش دبی آبگیر را نشان می‌دهد. در سیستم هیچ امکان ذخیره‌ای برای کمک به شرایط تغییرات در میزان آب مورد نیاز در برابر تأمین آب وجود ندارد. یک چنین سیستمی برای حالتی که فشار بهره‌برداری در برابر فشارکار توصیه شده لوله افزایش می‌یابد باید به یک مکانیزم فشار شکن مجهز باشد. مثلاً وقتی که همه دریچه‌های آبگیری (خروجی‌ها) بسته‌اند ولی پمپ استارت می‌شود. این تجهیزات می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

- پیش‌بینی لوله ارتفاع‌دهنده بار هیدرولیکی در حد فاصل پمپ و شبکه که در شرایط افزایش فشار در خطوط شبکه می‌تواند سرریز نماید. این مورد در سیستمهای خطوط لوله ساخته شده در کشورهای چین و اندونزی مورد استفاده قرار گرفته است [۲۶ و ۹۱].
- پیش‌بینی یک شیر فشارشکن که برای فشار معینی از خط عمل می‌کند. این مورد که مستقیماً به سیستم خط لوله نصب می‌شود در کشور تایلند مورد استفاده قرار گرفته است [۴۵].
- پیش‌بینی یک سنسور فشار در داخل خط که می‌تواند تحت یک فشار از پیش تعیین شده پمپ را خاموش کند. بنابر شرایط توضیح داده شده روش ساده بطور معمول در جائی مورد استفاده قرار می‌گیرد که پمپ مستقیماً به شبکه لوله وصل شده است و بطور معمول یک آبیار همه دبی پمپ را مورد استفاده قرار می‌دهد. گزینش بهینه پمپ در انطباق تنگاتنگ با نیازهای سیستم، به آسان شدن کار تنظیم پمپ کمک می‌کند. اغلب پمپهای مناسب، آنهایی هستند که دارای یک منحنی مشخصه نسبتاً ملایم بوده که بدون ایجاد فشار اضافی در خط تغییرات دبی خروجی مورد نظر را تأمین می‌کنند.

- **مشاهده ارتفاع سطح آب**

در این حالت سیستم توزیع از یک برج فشار و یا لوله ارتفاع دهنده بار هیدرولیکی در حد فاصل لوله خروجی پمپ و خط لوله سیستم توزیع استفاده می‌کند که می‌تواند مقداری ذخیره ضربه‌گیر پدید آورد و به پمپ اجازه دهد که در حد فاصل دامنه‌های فشار و یا سطح آب‌های مورد انتظار تنظیم شود.

در برج فشار و یا لوله ارتفاع دهنده بار هیدرولیکی جهت کمک به مسئول پمپ در تنظیم سطح آب، یک شناور و یا یک لوله نشانه بکار برده می‌شود. در برخی شرایط از یک مخزن بزرگتر استفاده می‌شود و مسئول پمپ بهره‌برداری پمپ را با اطمینان از این که مخزن پر می‌باشد کنترل می‌کند. در نتیجه برای یک دوره طولانی‌تر آبیاری آماده می‌شود. اگر مخزن از پمپ فاصله داشته باشد معمولاً سیستم به شیر شناور و یا یک نشاندهنده تراز سطح آب که بتواند از ایستگاه پمپاژ قابل رؤیت باشد تجهیز می‌شود.

۳-۴-۲- تنظیم پمپ به روش خودکار

تنظیم پمپ به روش خودکار تنها یک انتخاب برای پمپهای مجهز به الکتروموتور است و باید شامل تجهیزات سنسور فشاری یا الکتریکی برای حفاظت پمپ و خط لوله باشد.

سه طریق تنظیم پمپ به روش خودکار در تشریح شده است: [۶۱]

- استفاده از یک مخزن هوائی روباز
- استفاده از دریچه فشار هوا
- استفاده از دبی‌سنج مرتبط با یک دریچه فشار هوا

- تنظیم با استفاده از یک مخزن هوائی روباز

این انتخاب یکی از روشهای رایج مورد استفاده در سیستم توزیع خطوط لوله آبیاری زیرزمینی است. دو روش کنترل که بطور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- تنظیم با سنسور فشار
- تنظیم با تراز سطح آب

اگرچه در اغلب موارد مخزن در نزدیکی پمپ مستقر می‌گردد، ولی در عین حال می‌تواند در مکانهای دیگر شبکه و در هر جائی که مکان آن مناسب باشد قرار گیرد.

الف- تنظیم با سنسور فشار

در این سیستم یک مخزن متعادل کننده عمودی، یک سنسور فشار که بر روی لوله خروجی پمپ نصب شده باشد، یک کنترل کننده فشار که پمپ را در یک فشار معین خاموش می‌کند، یک کلید تأخیر زمانی که پس از یک مدت مشخص پمپ را مجدداً روشن می‌کند و یک شیر شناور در لوله ورودی به مخزن وجود دارد که با بالا آمدن سطح آب باعث بسته شدن جریان ورودی شده و موجب می‌گردد که کلید فشاری، پمپ را خاموش کند. پس از زمان تأخیری، چنانچه فشار خط کمتر از مقدار فشار کلید فشاری باشد، پمپ مجدداً روشن می‌شود. عمل نکردن و خرابی شیر شناور در زمانی که باید بطور کامل بسته باشد می‌تواند مشکل‌زا باشد. برای اجتناب از دور بالای موتور و فرسایش اجزاء وابسته به آن ضروری است که در مقایسه با مقدار جریان خروجی از پمپ، مخزن به اندازه کافی بزرگ باشد (تا بتواند حجم جریان چهار تا پنج دقیقه را در خود نگهدارد) این نوع کنترل بطور نسبی ارزان و ساده است. ولی فقط برای پمپهای منفرد نصب شده برای شبکه کوچک آبیاری با دبی کمتر از ده لیتر در ثانیه مناسب است. از این روش در ارتباط با سیستمهای خطوط لوله کم فشار آمار و اطلاعاتی در دسترس نیست.

ب -روش تراز سطح آب

در این حالت از یک مخزن هوائی با یک کلید شناور یا یک میله الکتریکی که بوسیله سیم رابط و یا امواج رادیویی به ایستگاه پمپاژ متصل است استفاده می‌شود. این نوع کنترل در اوتارپرادش هندوستان بر روی سیستم‌های خطوط لوله از نوع پی‌وی‌سی سخت نصب شده است [۱۵ و ۵۱].

فرکانسهایی که توسط آن پمپ روشن و خاموش می‌شود، به حجم مخزن و تغییرات مصرف بستگی دارد. نوسانات زیاد روشن و خاموش شدن پمپها برای تجهیزات هیدرولیکی و الکتریکی زیان بار است. دقت در تعیین ابعاد مخزن موجب گریز از بسیاری از مسائل می‌گردد. همچنین یک کلید تأخیر زمانی نیز می‌تواند بعنوان یک کنترل کننده نهایی بهره‌برداری از پمپ در سیستم قرار گیرد.

این سیستم بواقع فقط در مکانهایی که تانک تنظیم کننده تنگاتنگ پمپ و منبع آب قرار دارد و می‌توان از

کابلهای رابط الکتریکی استفاده نمود توجیه‌پذیر است. سیستم کنترل با امواج رادیویی نیز عملی است ولی بسیار گران بوده و قابل اعتماد نیز نمی‌باشد.

از آنجایی که مخزن باید مرتفع باشد، در مکانهایی که زمین‌های بلند در نزدیکی محل پمپ قرار نداشته باشد این روش به صورت یک انتخاب گرانقیمت در می‌آید و بطور مسلم این انتخاب برای محدوده‌های آبیاری کوچک بسیارگران است. (برای مساحتهای زیر ۴۰ هکتار بلحاظ هزینه بالای ساخت مخزن هوائی).

- **روش مخزن هوای فشرده**

این روش برای سیستم‌های لوله‌ای کوچک که تحت فشارهای متوسط و زیاد کار می‌کنند عملی می‌باشد. در این حالت دریچه فشار جایگزین مخزن هوائی می‌شود. پمپ برای روشن و خاموش شدن تحت فشارهای مشخصی که با کلید فشارسنج نشان داده می‌شود تنظیم شده است. از آنجا که هزینه دریچه فشار، رقم معنی‌دار و معمولاً بالائی است، اندازه این دریچه باید هر قدر که ممکن است کوچک اختیار شود.

برای سیستم‌های لوله‌ای کم فشار آبیاری، این روش تنظیم خود کار عملی نیست زیرا که کنترل دبی جریان به میزان ذخیره‌ای که در نتیجه فشار بهره‌برداری در دامنه مناسب در دریچه فشار هوا پدید می‌آید بستگی دارد. بلحاظ سادگی و هزینه سرمایه‌گذاری کم وقتی که دبی پمپاژ کم است، این روش برای سیستم‌های توزیع با تغییرات زیاد دبی مناسب نیست زیرا که سیستم نیاز دارد که دریچه فشار در شرایطی با فشار بیش از دامنه فشار عادی سیستم عمل کند، این امر ممکن است استفاده از لوله‌ها و اتصالات با تحمل فشار بیشتر را ضروری نماید، که موجب افزایش هزینه سرمایه‌گذاری می‌گردد.

- **تنظیم با دبی سنج**

در این روش تجهیزات زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- یک دبی سنج الکتریکی که بر روی لوله اصلی نصب می‌گردد.
- یک پمپ کوچک، که با یک دریچه فشار کوچک تنظیم می‌شود و یک جریان با دبی کم را برای جبران تلفات در سیستم تأمین می‌کند.
- تعدادی پمپ با لوله خروجی با منحنی مشخصه ملایم (ارتفاع پمپاژ – دبی) که قادر به تأمین نیازها در دامنه وسیعی از جریان باشد.

پمپ‌ها بر اساس میزان تقاضا که توسط دبی سنج اندازه‌گیری می‌شود روشن و خاموش می‌شوند. مخزن متعادل کننده که باید در ارتفاع قرار گیرد دراینجا مورد نیاز نیست و این یک امتیاز است. اگر پمپ بدقت انتخاب شده باشد فشار پمپ از فشار مورد نیاز برای تنظیم با استفاده از دریچه فشار هوا کمتر است. بهرحال دبی‌سنج‌های با دقت بسیار زیاد برای این شرایط بسیار گران هستند. بطور معمول یک سیستم پمپاژ ترکیبی روش کنترل دستی توسط اپراتور را بعنوان یک گزینه ایمنی در اختیار دارد.

این نوع تجهیزات برای سیستم‌های خطوط لوله زیر زمینی بزرگ با منبع آب سطحی عملی هستند. یک سیستم لوله‌ای زیرزمینی با استفاده از پمپهای ترکیبی و کنترل دستی که در مصر ساخته شده است مأخذ [۲۹] توضیح داده شده است.

فصل ۴

طراحی هیدرولیکی

۴ـ۱ـ مقدمه

در این فصل، قسمتهای مختلف شبکه لوله‌ها از دیدگاه طراحی هیدرولیکی بطور جداگانه مورد بحث قرار می‌گیرند.

در سیستم‌های لوله‌ای باز و نیمه بسته، هر قسمت از خطوط لوله که بین لوله‌های ایستاده با شیر شناور ویا سرریز، قرار می‌گیرد باید بصورت مستقل طراحی گردد. اما به هر حال در مواردی که شیب زمین و فشار بهره‌برداری (فشارکار) مشابه باشند، طراحی لوله برای قسمت‌های مختلف یکسان است. سیستم‌های لوله‌ای بسته به صورت یکپارچه در نظر گرفته می‌شوند، اگر چه انشعابات و حلقه‌های مختلف که از یک منبع آبگیری می‌نمایند بصورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

برای طراحی لوله و محاسبه شیب هیدرولیکی، نکات زیر باید برای تمام سیستمها مد نظر قرار گیرد /۵۹/:

- تراز خط شیب هیدرولیکی نباید در هیچ نقطه‌ای از مسیر، در حالت عبور جریان به کمتر از رقوم بالای لوله تنزل یابد.
- طراحی باید براساس فراهم آوردن امکان بهره‌برداری از آبگیر بحرانی صورت گیرد که معمولاً دورترین و یا مرتفع‌ترین آبگیر نسبت به منبع آب می‌باشد.
- طراحی برای سیستم‌های شاخه‌ای باید از انتهای پایین‌دست هر یک از شاخه‌ها شروع گردد و برای بخشهایی که در بالادست لوله‌های ایستاده قرار دارند، طراحی باید براساس بالاترین گرادیان مورد نیاز صورت پذیرد.

توضیح: شیب هیدرولیکی، یک خط مجازی است که نمایانگر ارتفاع صعود آب در نقاط مختلف خط لوله در یک ستون آزاد (باز) می‌باشد. این خط از نقطه ارتفاع معادل سطح آب یا فشار آب در شروع هر یک از شبکه‌های مجزا آغاز می‌گردد و شیب آن متناسب با سرعت جریان در طول خط لوله تغییر می‌نماید. یک خط شیب هیدرولیکی نمونه در شکل ۴ـ۱ توضیح داده شده است.

۴ـ۲ـ سرعت‌های طراحی

۴ـ۲ـ۱ـ حداکثر سرعت

انتخاب سرعت نتیجه مقایسه بین سرعت زیاد جهت کاهش قطر و قیمت لوله و هزینه اعمال شده برای

حفاظت در مقابل پدیده ضربه قوچ در سرعتهای بالاتر جریان، می‌باشد. سرعت جریان حداکثر توصیه شده برای لوله‌های کم فشار در محدوده ۱/۳ الی ۱/۵ متر بر ثانیه می‌باشد [۳]. این سرعت برای لوله‌های بتونی غیر مسلح با اتصالات ملات سیمان، لوله‌های آزبست سیمانی با فشار پایین و لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با جدار نازک کاربرد دارد.

برای اغلب سیستم‌های کم فشار بسته، کاربرد لوله‌های کم فشار (با حداکثر فشار کار بهره‌برداری کمتر از ۱۰ متر) و لوله‌های ایستاده روباز بعنوان سازه کنترل جریان به معنی این است که سرعت در لوله‌ها بندرت از حداکثر سرعت توصیه شده (۱/۵ متر بر ثانیه) تجاوز می‌نماید. برای سیستم لوله‌های زیرزمینی در هندوستان و بنگلادش ارتفاع رانش در حدود ۳ تا ۵ متر بوده و سرعت واقعی جریان حدود بین ۰/۶ تا ۱ متر بر ثانیه می‌باشد. سرعت جریان بیش از حد مذکور منتج به فشار بالاتر به دلیل وقوع پدیده ضربه قوچ شده که بالطبع نیاز به رایزرهای موج‌گیر پر هزینه‌تر و بیشتری را ایجاب می‌نماید.

در مواردی که جنس مصالح لوله‌های مورد استفاده تحمل فشارهای کارکرد بالاتری را داشته باشد (بیش از ۲۰ متر) وجود سرعت بیشتر جریان در سیستم امکان‌پذیر است. برای لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با جدار صاف و لوله‌های بتنی مسلح با اتصالات حلقه‌ای لاستیکی سرعت حداکثر جریان تا حد ۳ متر در ثانیه نیز امکان‌پذیر است. این گونه سیستم‌های لوله‌ای جزء سیستم‌های کم فشار محسوب نگردیده و لذا دقت زیادی باید به پدیده ضربه قوچ و تخلیه هوا مبذول گردد.

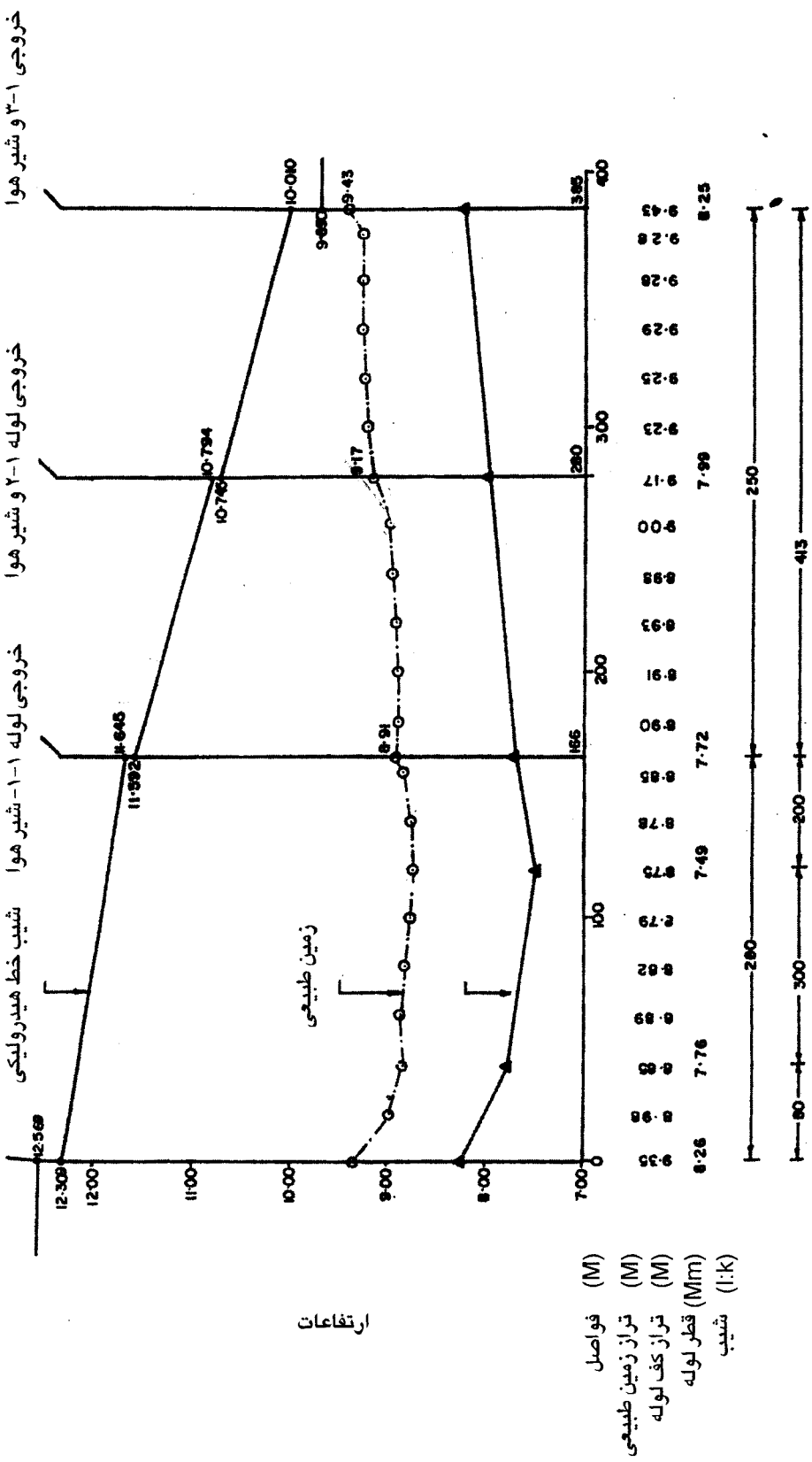
در سیستم‌های لوله‌ای باز و نیمه بسته جائی که شیب لوله، برای جبران تلفات ناشی از اصطکاک در لوله بیش از حد مورد نیاز بوده، انتخاب قطر لوله به گونه‌ای که از سرعت توصیه شده در لوله (۱/۵ متر در ثانیه) تجاوز ننماید حائز اهمیت می‌باشد. فشار مازاد بر افت هیدرولیکی لوله‌ها در شرایط جریان طراحی را باید در شیرهای شناور با سرریز و یا لوله ایستاده با شیر شناور مستهلک نمود.

۴-۲-۲- حداقل سرعت

سرعت حداقل توصیه شده برای اطمینان به شستشوی رسوب و مواد زائد وارد شده به سیستم لوله در طول زمان بهره‌برداری عادی می‌باشد. سرعت جریان تحت شرایط خاص بهره‌برداری ممکن است از مقادیر ذکر شده در این مبحث کاهش یابد لیکن زمانی که رژیم جریان بحالت عادی درآید، لوله‌ها باید به اندازه کافی از مواد ته‌نشین شده شستشو شوند.

نشریات استاندارد، سرعت شستشو در لوله‌ها را برای مواد غیر چسبنده در حد ۰/۳ متر بر ثانیه برای خاک‌های سیلتی و ۰/۵ متر در ثانیه برای ماسه‌ریز ارائه نموده‌اند که بعنوان مشکل‌زاترین موادی که وارد خط لوله‌ها می‌شوند، مد نظر قرار می‌گیرند.

سرعت مجاز حداقل برای شبکه لوله‌های تحت فشار تا حدی به قطر لوله بستگی دارد [۶۱]. سرعت ۰/۵ متر در ثانیه برای لوله‌هایی به قطر ۳۵۰ میلیمتر یا بیشتر قابل قبول بوده، لیکن سرعتهای پایین‌تر برای لوله‌های کوچک‌تر همچنانکه در جدول ۴-۱ نیز آمده مجاز دانسته شده است. بهر حال در هر جایی که، میزان رسوب قابل توجهی مورد انتظار بوده دستگاه ماسه‌گیر باید نصب گردد. در غیر اینصورت شدت جریان طراحی شده نباید در هیچ حالتی کمتر از ۰/۵ متر در ثانیه باشد.



شکل ۴-۱- پروفیل طولی لوله و شیب خط هیدرولیکی

جدول ۴ـ۱ـ سرعت مجاز حداقل در لوله‌ها/۶۱/

قطر (میلیمتر)	حداقل سرعت (m/s)
۳۵۰	۰/۵
۳۰۰	۰/۴
۲۵۰	۰/۴
۲۰۰	۰/۳۵
۱۵۰	۰/۲۵
۱۲۵	۰/۲۵
۱۰۰	۰/۲۰

۴ـ۳ـ شیب لوله

استفاده از لوله‌های کم فشار در اراضی با شیب‌های تند به طرف بالا یا پایین، اولاً بخاطر محدودیت فشار کار سیستم ناشی از جنس مواد لوله‌های کم فشار و ثانیاً هزینه زیاد ناشی از افزایش تعداد سازه‌های کنترل فشار آب عملی نمی‌باشند. سیستم‌های کم فشار در اراضی با شیبهای ۰ تا ۱۰ درصد قابل اجرا بوده و در اراضی با شیب‌های بیشتر، از سیستم لوله‌های پر فشار استفاده می‌گردد.

در صورتی که تمهیدات لازم برای نیروهای محوری جابجاکننده مدنظر قرار گیرد، بخشی از مسیر لوله می‌تواند در شیب‌های نسبتاً تند قرار گیرد. دراین حالت سازه تخلیه هوا و کنترل فشار اضافی نیز ممکن ا ست مورد نیاز باشند. سیستم‌های لوله‌ای باز و نیمه بسته معمولاً در شیب‌های مثبت (بطرف بالا) با در نظر گرفتن تمهیدات کافی برای حرکت هوا استقرار می‌یابند.

در سیستم‌های لوله‌ای بسته که بر روی اراضی هموار قرار می‌گیرند، مشکلاتی برای حرکت حبابهای هوا پدید می‌آید. شیب‌های معکوس برای خطوط لوله قابل قبول بوده، هر چند از بکاربردن مکرر شیب‌های معکوس باید پرهیز نمود، زیرا سبب تجمع هوا در نقاط مرتفع گردیده و نیاز به تخلیه هوا ضروری خواهد بود.

باید حتی‌الامکان از کارگذاری لوله‌ها به صورت برعکس و به حالت تقریباً صاف پرهیز شود زیرا سبب افزایش مشکلات مربوط به ایجاد ضربه موج ناشی از حبس هوا می‌شود. در جایی که نتوان از بروز این مسئله جلوگیری نمود، تعداد بیشتر شیر تخلیه هوا یا شیرهای روزنه‌ای هوا مورد نیاز می‌باشد.

شیب حداقل ۱ در ۳۰۰ برای کارگذاری لوله‌ها در شیب‌های روبه پایین و ۱ در ۵۰۰ برای شیب‌های رو به بالا، جهت ایمنی جریان هوا بطور رضایت بخش از شیرهای تخلیه هوا، را پیشنهاد شده است. بهر حال در شرایط قرارگرفتن لوله‌ها بر روی اراضی مسطح این امر یک فرض غیر عملی می‌باشد /۱۰۳/.

۴ـ۴ـ طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته

قبل از طراحی خط لوله در سیستم‌های باز و نیمه بسته، تعیین ارتفاع و فواصل لوله ایستاده سرریزدار از یکدیگر در سیستم‌های باز و ارتفاع و فواصل لوله ایستاده با شیر شناور در سیستم‌های نیمه بسته ضروری

می‌باشد. اندازه لوله و در نتیجه تلفات افت اصطکاکی باید برای هر یک از بخشهای خط لوله که بین محل استقرار لوله‌های ایستاده قرار می‌گیرد تعیین شود. اگرچه هم لوله‌های ایستاده با سرریز و هم لوله‌های ایستاده با شیرهای شناور برای مستهلک کردن انرژی هیدرولیکی مازاد بر فشار کار لوله‌ها طراحی گردیده‌اند، افت اصطکاکی برای قسمت‌هایی از خط لوله که در بالادست سازه‌های فوق قرار می‌گیرد از شیب خط زمین در این مسیر کمتر خواهد بود.

۴-۴-۱- تعیین فواصل و اندازه لوله‌ها برای سیستم‌های باز و نیمه بسته

این موضوع در دو گام به شرح زیر خلاصه می‌شود:

گام اول - فاصله بین لوله‌های ایستاده از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$M = E + D + SgL$$

که:

M : حداکثر فشار کار مطمئن برای لوله

E : حداقل ارتفاع انرژی مورد نیاز در محل لوله ایستاده

Sg : شیب زمین

L : فاصله لوله‌های ایستاده از همدیگر

D : میزان افت سطح آب در محل لوله‌های ایستاده

برای سیستم لوله‌های باز حداکثر ارتفاع لوله ایستاده نباید از یک حدی تجاوز نماید. جزئیات طراحی لوله ایستاده روباز و لوله ایستاده با شیرهای شناور در فصل پنجم ارائه شده است.

گام دوم - انتخاب قطر لوله‌ها

در صورتی که فواصل لوله‌های ایستاده مشخص باشد، قطر لوله باید بگونه‌ای انتخاب شود که سرعت جریان کمتر از ۱/۵ متر در ثانیه باشد، آنگاه فشاری که باید در محل شیر شناور مستهلک گردد، محاسبه می‌شود. مراحل طراحی برای سیستم‌های مختلف، متفاوت بوده و به طور کامل در بخشهای بعد تشریح می‌گردند. چکیده مراحل طراحی هیدرولیکی برای سیستم‌های باز در نمودار ۴-۱ و برای سیستمهای نیمه بسته در نمودار ۴-۲ ارایه شده است.

۴-۵- طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله بسته

طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله‌ای بسته متکی بر شناخت مسیر بحرانی برای هر یک از شبکه لوله‌ها بطور جداگانه می‌باشد. معنی این کار تجزیه و تحلیل تلفات بار (فشار) برای تأمین دبی طراحی تعدادی آبگیر می‌باشد (بر روی شبکه لوله‌ها یا در نزدیکی پیرامون آن). تلفات جزئی (موضعی) و حداقل فشار کار لازم در آبگیرهای بحرانی از بار فشار در بالادست جهت تعیین میزان بار موجود برای افت اصطکاکی در لوله کسر می‌گردد. پس از این، طراحی بقیه قسمتهای شبکه نیز کامل می‌گردد. هر یک از مؤلفه‌های مورد استفاده در طراحی هیدرولیکی شبکه با جزئیات بیشتری در بخشهای بعدی مورد بحث قرار می‌گیرند. نمودار ۴-۳ خلاصه‌ای از مراحل طراحی هیدرولیکی را برای سیستم لوله‌های بسته ارایه می‌دهد. یک مثال عملی از

طراحی سیستم لوله‌های بسته در پیوست ۲ تشریح گردیده است.

۴ـ۶ـ فشار قابل دسترس در ابتدای سیستم

ارتفاع رانش قابل دسترس بوسیله حداکثر ارتفاع سطح آب تنظیم شده در منبع آب، تعیین می‌گردد. برای سیستم‌های پمپاژ این امر با بحداکثر رساندن ارتفاع مخزن کنترل یا برج فشار، شدت فشار قابل تحمل توسط لوله‌ها یا با منحنی مشخصه دبی ـ فشار پمپ صورت می‌پذیرد. حد ارتفاع برج فشار یا لوله رایزر اغلب از طریق موازنه بین افزایش هزینه سازه‌ها با پارامتر ارتفاع و کاهش میزان دبی و یا افزایش هزینه‌های پمپاژ با ارتفاع برای بدست آوردن بهترین حالت، بدست می‌آید.

فشار قابل دسترس در سیستم‌های ثقلی تأمین آب با رقوم سطح آب تأمین شده براساس حداقل سطح آب در منبع تأمین آب (بعنوان مثال کانال درجه ۲) ارتباط دارد. در بعضی از حالات امکان افزایش حداقل سطح آب وجود دارد که بعنوان مثال با نصب یک سازه تنظیم سطح آب بر روی کانال و یا افزایش سطح آب در مخزن امکان‌پذیر می‌باشد.

در عمل، حداکثر ارتفاع برای سازه منبع آب، تا جایی که حداکثر بار (فشار) هیدرولیکی حاصله کمتر از فشار کار لوله باشد، بستگی به مصالح و روش ساخت آنها دارد. پدیده‌های ضربه قوچ یا وقوع امواج که در فشارهای بالاتر پدید می‌آید سبب سرریز شدن آب از سازه‌ها می‌شوند.

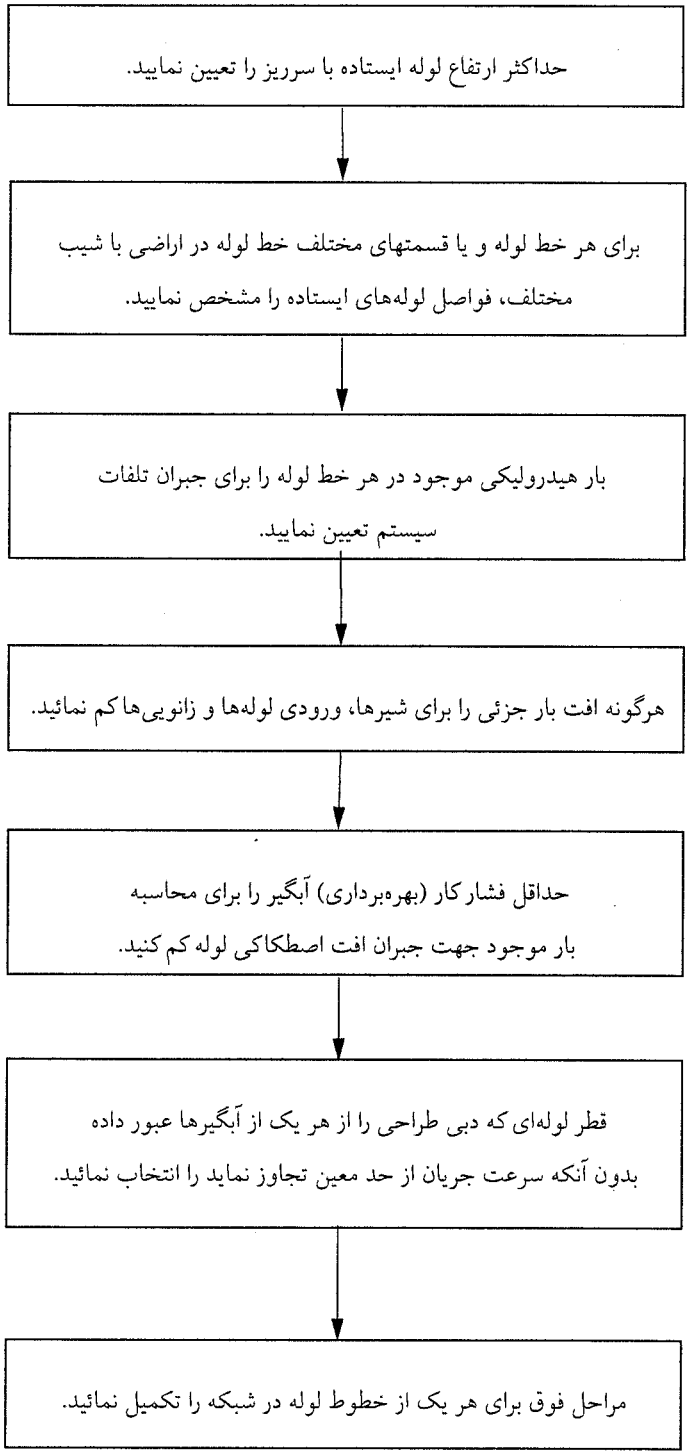
برای محاسبه حداکثر مطلق ارتفاع (بار) برای لوله ایستاده پمپ یا مخزن ابتدایی، تجزیه و تحلیل سازه‌ای و طراحی تفصیلی مورد نیاز است، لیکن برای بعضی از انواع سازه‌ها که به صورت گسترده ساخته می‌شوند محدوده ارتفاع قابل اجرا در جدول ۴ـ۲ داده شده است. ارتفاع ارایه شده بالای سطح زمین می‌باشد، در جائی که زمین در نزدیکی منبع آب مرتفع باشد، بار فشاری بیشتری قابل دسترس می‌باشد.

محدودیت سیستم‌های پمپاژ اغلب بصورت افزایش هزینه‌های پمپاژ ظاهر می‌شود و لذا ارتفاع برج آب به گونه‌ای تنظیم می‌گردد که فشار کار مورد نیاز در مجرای خروجی آبگیر بحرانی را با در نظر گرفتن افت اصطکاکی (۲ تا ۳متر) در طول لوله تأمین نماید.

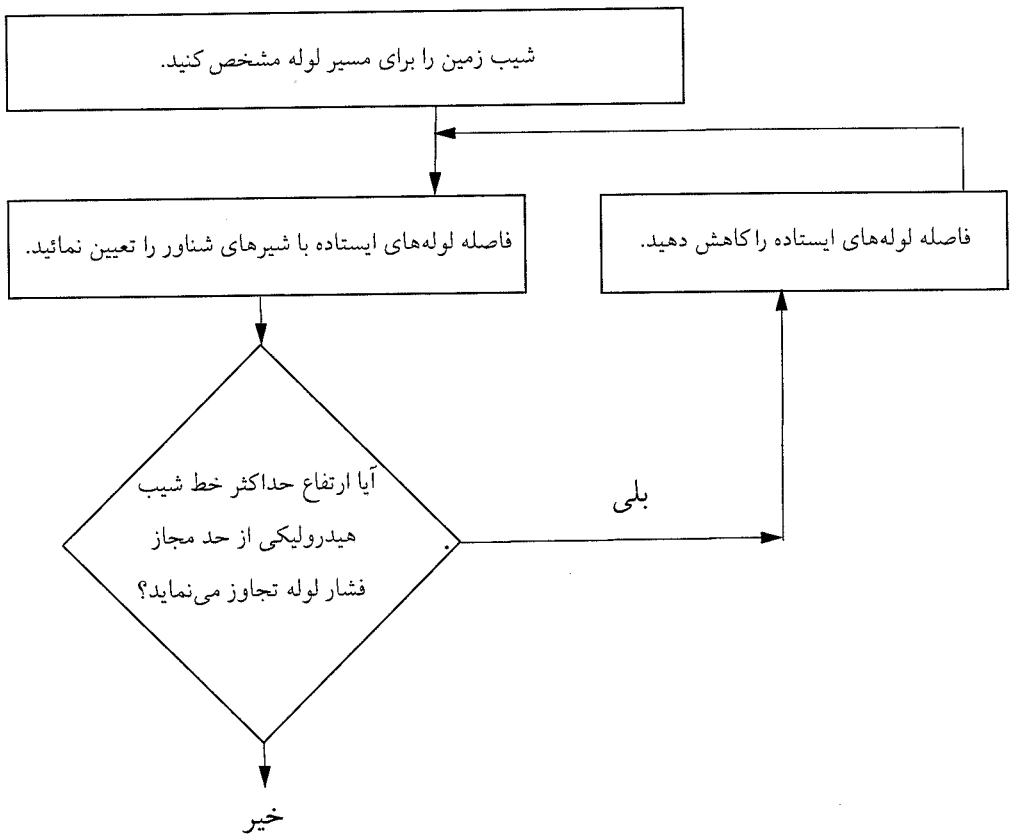
هزینه سرمایه‌ای مربوط به سازه‌ها با ارتفاع افزایش یافته و برای سازه‌های با ارتفاع تا حدود ۳ متر بالاتر از سطح زمین افزایش هزینه بصورت خطی می‌باشد. در حالت‌های بیش از ۳متر، نیاز به پی و دیوارهای سنگین‌تر و عمیق‌تر نگهدارنده وزن سازه و ستون آب، موجب افزایش هزینه‌های ساختمانی می‌شود.

جدول ۴ـ۲ـ محدوده ارتفاع سازه‌های تنظیم فشار ابتدای شبکه

نوع مخزن	ارتفاع نسبت به سطح زمین (متر)
مخازن هوایی آب با ستون نگهدارنده	۶-۵
قطعات لوله بتنی غیر مسلح	۴-۳
برج فشار آجری تقویت شده	۵-۴
لوله رایزر فولادی	۱۰-۸



نمودار ۴ـ۱ـ طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله باز



گامها

۱- لوله‌ها را با توجه به حداکثر سرعت جریان انتخاب نمایید.

۲- بار فشاری که باید در شیر شناور برای شدت جریان طراحی مستهلک گردد، محاسبه کنید.

۳- اندازه و نوع شیرشناور را بگونه‌ای انتخاب نمائید که افت اصطکاک طراحی مربوطه کمتر از میزان استهلاک بار (فشار) موردنظر باشد.

۴- شدت جریان را در شیرهای کاملاً باز محاسبه نمایید.

۵- موقعیت استقرار شناور را برای جریان طراحی تعیین نمایید.

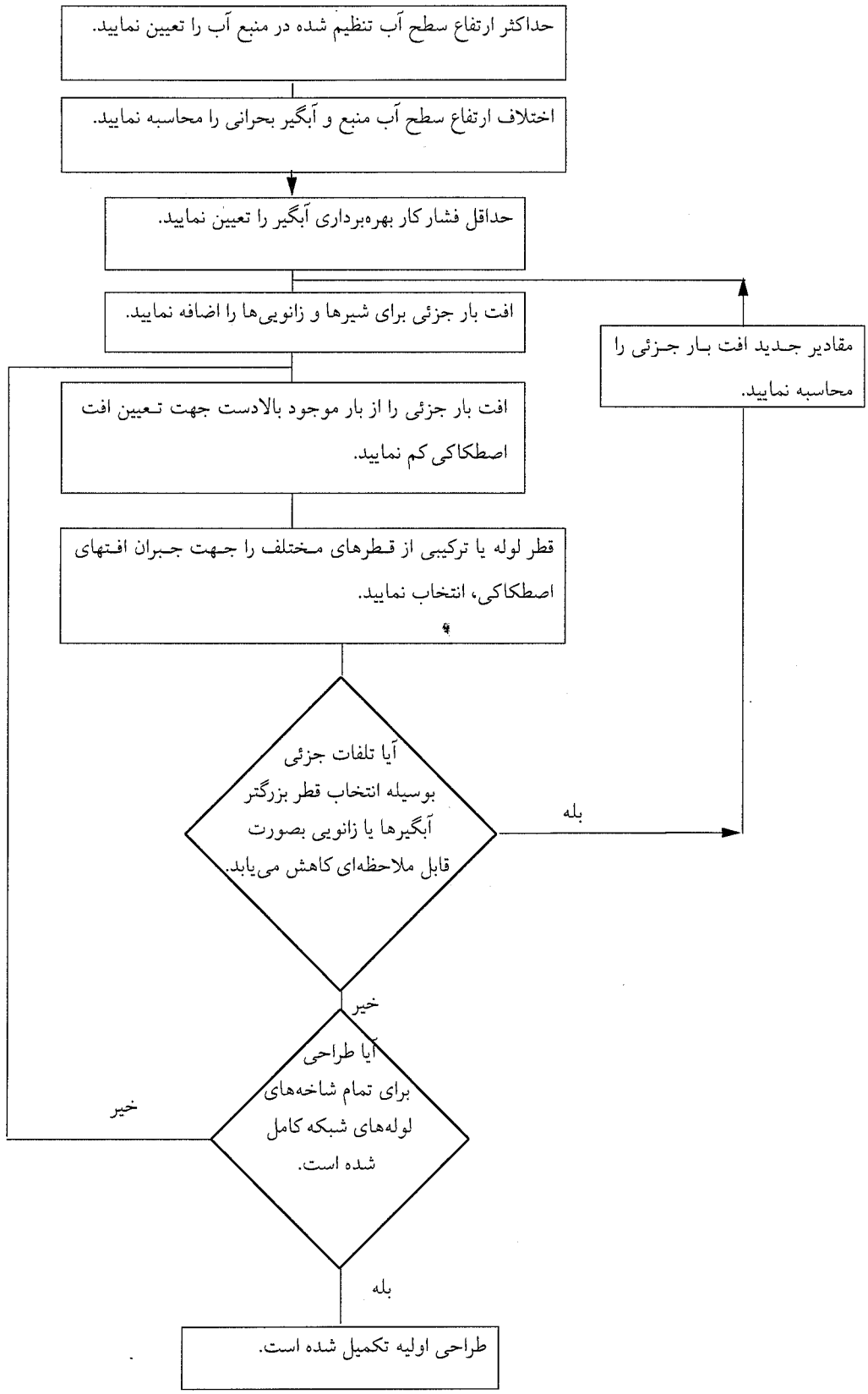
۶- میزان غوطه‌وری مورد نیاز برای شناور در حالت بسته شدن شیرها را محاسبه کنید.

۷- حداکثر سطح آب را در لوله ایستاده با شیر شناور را محاسبه کنید.

۸- ارتفاع لوله ایستاده و حداکثر فشار در بالادست را تعیین نمایید.

نمودار ۴-۲- شیب هیدرولیکی سیستم‌های لوله نیمه بسته

(مراحل طراحی برای بخشی از سیستم که در بالادست شیر شناور قرار دارد)



نمودار ۴ـ۳ـ طراحی هیدرولیکی سیستم لوله‌های بسته

۴ـ۷ـ سطح آب طراحی در آبگیرها

فشار هیدرولیکی کافی برای هر یک از آبگیرها جهت آبیاری دورترین نقطه هر یک از نواحی تحت پوشش (با هر روش توزیع آب سیستم درجه ۴) آنها باید موجود باشد. سطح آب طراحی در بیشتر حالات، براساس آبگیرهایی که از محل چاه بیشترین فاصله را دارند تعیین می‌شود، ضمناً در آبگیرهایی که در اواسط شبکه قرار دارند فشار کافی باید موجود باشد. محل آبگیرها باید تا جایی که امکان‌پذیر باشد در (یا نزدیک به) بالاترین نقطه اراضی آبخور هر آبگیر جانمایی شود تا از قرارگرفتن نهر مزرعه بر روی خاکریز جلوگیری بعمل آمده و امکان انتخاب دامنه وسیعی از روشهای توزیع آب در اراضی وجود داشته باشد.

آبگیرها و قطعات زراعی که سطح آب طراحی برای قسمتهای مختلف سیستم را دیکته می‌نمایند، اغلب بنام آبگیرها و قطعات زراعی بحرانی خوانده می‌شوند.

فشار کار یا سطح آب مورد نیاز در آبگیرها بستگی به شش پارامتر زیر دارد.

۴ـ۷ـ۱ـ افت بار در آبگیر

افت فشار در آبگیر معمولاً به کمتر از ۰/۳ متر محدود می‌شود و در صورتی که فشار اضافی (فشار بالا) باید مستهلک شود، شیر آبگیر می‌تواند نیمه بسته شود. سرعت بالای جریان نیاز به تمهیداتی جهت جلوگیری از سائیدگی در اطراف مجرای آبگیر داشته، در غیر این صورت می‌تواند سبب افزایش فرسایش و لرزش در شیرها گردد. به طور نمونه افت بار در شیرهای آلفاآلفا تقریباً حدود ۱/۵ تا ۲/۲ برابر ارتفاع هیدرولیکی معادل سرعت در طول رایزر می‌باشد. افت بار در آبگیرهای مجهز به شیر آلفاآلفا در جدول ۴ـ۳ نشان داده شده‌اند [۱۲].

افت بار ذکر شده در جدول براساس شیرهایی بوده که با دقت ساخته شده‌اند و در جایی که شیرها به صورت محلی ساخته شده باید افت اصطکاکی را بالاتر در نظرگرفت. انتخاب نوع آبگیر و اندازه آن در نمودار ۱ـ۵ با جزئیات بیشتری بیان گردیده است.

۴ـ۷ـ۲ـ افت بار در جعبه تقسیم

سازه جعبه تقسیم معمولاً همراه انهار روباز مزارع بکار برده می‌شود. افت‌های اصطکاکی بسته به عملکرد ساختمان توزیع آب به موارد زیر بستگی دارد:

- شکل هندسی سازه توزیع آب
- تقسیم جریان
- جریان از روی سرریز و حوضچه آرامش

میزان کل افت بار سازه توزیع آب دهانه آبگیر در دبی جریان طراحی به طور معمول کمتر از ۰/۲ متر بوده و نباید تحت هیچ شرایطی از ۰/۳ متر بیشتر گردد.

جدول ۴ـ۳ـ افت بار در شیرهای آلفاآلفا (برحسب عمق آب به میلیمتر) *[FAO ۱۹۷۴]*

قطر روزنه (میلیمتر)							
شدت جریان (لیتر بر ثانیه)	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰
۱۰	۲۰	۱۰					
۲۰	۱۰۰	۳۰	۱۰				
۳۰	۲۶۰	۷۰	۳۰	۱۰			
۴۰	۵۰۰	۱۳۰	۵۰	۲۰	۱۰		
۵۰	۸۳۰	۲۲۰	۸۰	۴۰	۲۰	۱۰	
۶۰	۱۲۶۰	۳۴۰	۱۲۰	۶۰	۳۰	۲۰	۱۰
۸۰	۲۵۰۰	۶۴۰	۲۴۰	۱۱۰	۵۰	۳۰	۲۰
۱۰۰		۱۰۵۰	۴۰۰	۱۸۰	۹۰	۵۰	۳۰
۱۲۵		۱۶۵۰	۶۵۰	۲۹۰	۱۵۰	۷۰	۵۰
۱۵۰		۲۵۰۰	۹۷۰	۴۴۰	۲۲۰	۱۲۰	۷۰
۱۷۵			۱۳۶۰	۶۵۰	۳۰۰	۱۷۰	۱۰۰
۲۰۰			۱۸۵۰	۸۳۰	۴۱۰	۲۲۰	۱۴۰

۴ـ۷ـ۳ـ افت بار در سیستم درجه ۴ به قطعه زراعی بحرانی

افت بار بستگی به نوع سیستم درجه ۴ بکارگرفته شده و طول سیستم تا قطعه زراعی بحرانی دارد.

اگر چه روشهای مختلفی از سیستم درجه ۴ (سیستم توزیع آب در قطعه زراعی) نظیر لوله‌های سطحی، انهار خاکی و لوله‌های تاشو را می‌توان همراه سیستم لوله‌های کم فشار مورد استفاده قرار داد، لیکن معمولترین آنها استفاده از انهار روباز می‌باشد.

فاصله بین آبگیر تا قطعه زراعی بحرانی در حالت استفاده از انهار روباز بر مبنای توازن بین حداکثر تلفات نشت آب مجاز در نهر خاکی و بالاترین هزینه سرمایه‌ای برای سیستم لوله با تراکم آبگیر بیشتر می‌باشد. اگر چه لوله‌های سطحی و لوله‌های تاشو می‌توانند مستقیم‌ترین مسیر از دهانه آبگیر تا قطعه زراعی را طی نمایند، لیکن برای بکاربردن تجهیزات با قطر کمتر که دارای هزینه‌های سرمایه‌ای پایین‌تر باشد، نیاز به فشارهای بهره‌برداری بالاتری می‌باشد، از اینرو طول لوله توزیع آب بوسیله فشار موجود و هزینه سرمایه‌ای تجهیزات بکار رفته محدود می‌گردد.

انتخاب حداکثر فاصله سیستم درجه ۴ (سیستم توزیع آب قطعه زراعی) از دهانه آبگیر تا قطعه زراعی مورد نظر قبلاً در فصل سوم مورد بحث قرار گرفته است. فشار بهره‌برداری مورد نیاز آبگیر برای روشهای مختلف بشرح زیر می‌باشد.

- انهار روباز ۰/۲ متر
- لوله‌های دریچه‌دار ۰/۲ تا ۲ متر

- لوله‌های سطحی ۰/۵ تا ۲ متر
- لوله‌های آبده تخت (تاشو) ۱ تا ۱/۵ متر

۴-۷-۴- افت بار از سیستم توزیع آب (سیستم درجه۴) به مزرعه

مقدار این افت بار کوچک بوده و بستگی به روش هدایت از سیستم درجه ۴ به قطعه زراعی دارد. فشار بهره‌برداری سیستم برای جبران تلفات خروج آب از یک یا چند روزنه سیستم لوله‌ای سطحی یا لوله تاشو توزیع آب در نظر گرفته می‌شود. در انهار روباز یکی از موارد زیر برای هدایت آب به مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- دهانه‌های آبگیری دائمی یا موقت بر روی دیواره‌های خاکی نهر
- سیفونها

۴-۷-۵- حداکثر عمق آب در سطح قطعه زراعی در طول مدت آبیاری

حداکثر عمق آب به نوع گیاه و خاک بستگی داشته ولی بهر حال نباید از ۰/۱۵ متر تجاوز نماید.

۴-۷-۶- اختلاف نسبی تراز زمین بین دهانه آبگیر و قطعه زراعی بحرانی

رقوم ارتفاعی محل آبگیر باید بالاتر از قطعه زراعی بحرانی بوده تا نیازی به ایجاد کانال خاکی در خاکریز نباشد. در جایی که ارتفاع محل آبگیر از هر کدام از قطعات زراعی کمتر بوده، لوله‌های سطحی یا لوله‌های تخت (تاشو) برای انتقال فشار از آبگیر به عنوان یک جایگزین نهر خاکی با خاکریز بلند مورد استفاده قرار می‌گیرد. برعکس، آبگیرهایی که ارتفاع آنها از قطعات زراعی اطراف خیلی بالاتر بوده نیاز به سازه‌های شیب شکن *(drop)* یا سازه‌های حفاظت در برابر فرسایش دارند.

فشار کارکرد یا تراز آب مورد نیاز آبگیر برابر خواهد بود با:

افت بار در طول دهانه آبگیر +

افت بار در ساختمان تقسیم دهانه آبگیر +

افت بار در سیستم توزیع (درجه۴) قطعه زراعی بحرانی +

افت بار از سیستم درجه۴ + مزرعه موردنظر +

عمق آب در سطح قطعه زراعی در طول مدت آبیاری +

تراز ارتفاعی قطعه زراعی بحرانی

۴-۸- افت‌های جزئی (موضعی)

بطور کلی، بجز در مواقعی که متعلقات ضعیف و سازه‌های با اندازه‌های نادرست انتخاب شده و یا مواقعی که سوار کردن لوله‌ها به خوبی انجام نشده، افت بار سیستم که ناشی از زانویی و شیرها بوده، تنها ۵ تا ۱۰ درصد کل افت اصطکاکی لوله می‌باشد و به طور معمول از آنها به عنوان افتهای جزئی یا موضعی نام برده می‌شود. از بکار بردن زانویی‌ها و اتصالات غیرضروری باید پرهیز نمود زیرا نه تنها سبب افزایش افت اصطکاکی شده بلکه نشت آب از طریق آنها نیز براحتی صورت می‌پذیرد.

افت بار معمولاً برحسب ارتفاع متناظر سرعت محاسبه می‌گردد.

معادله ۴ـ۱

$$H_m = \frac{K_m V^2}{2g}$$

K_m : ضریب افت اصطکاک

V : سرعت جریان در لوله قبل از متعلقاتی که سبب ایجاد افت اصطکاکی می‌شود (m/s)

g : شتاب ثقل (m/s^2)

H_m : افت بار موضعی (جزئی) (m)

برای شرایطی که از سیستم‌های لوله زیرزمینی استفاده شود، ضرائب افت اصطکاکی (K_m) برای انواع متعلقات بطور نمونه از اعداد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

	(Km)
زانویی ۹۰ درجه	۰/۲ تا ۰/۳
زانویی ۴۵ درجه	۰/۱ تا ۰/۱۵
زانویی $22/5^\circ$	۰/۰۵ تا ۰/۱
سه راهی ۹۰ درجه، جریان در مسیر مستقیم	۰/۱
سه راهی ۹۰ درجه با خروجی جانبی	۱/۳ تا ۱/۸
ورودی به یک لوله ایستاده	۱
خروجی از لوله ایستاده دریچه‌دار	۰/۵ تا ۰/۸
آبگیر شیر آلفاآلفا	۱/۵ تا ۲/۲
ورودی نوع آلفاآلفا	۴ تا ۶

مقدار افت اصطکاکی در شیرها که در شرایط مختلف بر روی سیستم‌های لوله زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته بصورت کامل در جدول ۴-۴ آمده است.

جدول ۴ـ۴ـ ضرائب افت اصطکاک برای سیستم لوله‌های مدفون

خصوصیات	K_m
۱ـ افت از مخزن به لوله	
قسمتی از لوله داخل مخزن است	۰/۸ تا ۱
لوله همسطح با دیوار مخزن است	۰/۴ تا ۰/۵
اتصال جدار لوله با جدار مخزن با شعاع کم	۰/۱ (برای شعاع کمتر از ۴D)
اتصال جدارلوله با جدار مخزن با شعاع زیاد	۰/۰۵ (برای شعاع بیشتر از ۴D)
۲ـ لوله به مخزن (کلیه حالات)	۱
۳ـ زانویی‌ها: r = شعاع زانویی، D= قطر لوله	
زانو ۹۰ درجه r/D =۱	۰/۳۵
۲	۰/۱۸
۵	۰/۲۰
۱۰	۰/۳۲
۱۵	۰/۳۸
۲۰	۰/۴۲

ادامه جدول ۴-۴-

برای زانویی ۶۰ مقدار بالا برای هر r/D برابر است با ۰/۸۳ Km
برای زانویی ۴۵: مقدار بالا × ۰/۷ r/D برابر است با ۰/۷ Km
و برای زانویی ۲۲/۵: مقدار بالا r/D برابر است با ۰/۴۲ Km

۴= شیرها (بازشدگی کامل)

زاویه شیر یا خروجی زاویه‌دار (Angle value)	۲/۵ تا ۵
ساچمه‌ای (حبابی)	۱۰
یکطرفه:	۲/۵-۰/۶
کشویی: با لوله ۳۰۰ میلیمتر	۰/۰۷
کشویی: با لوله ۵۰ میلیمتر	۰/۰۱۶
سوزنی	۰/۵
پروانه‌ای	۰/۳
شناور متعادل (دو سفحه‌ای)	۱/۹
شناور نامتعادل (یک صفحه‌ای)	۲/۴

۵= سه راهی

خروجی جانبی	۱/۸
ورودی جانبی	۱/۳
مسیر مستقیم	۰/۱
زانویی کوتاه	۰/۹
زانویی متوسط	۰/۸
زانویی طولانی	۰/۶
زانویی ۴۵	۰/۴
زانویی برگشتی	۲/۲
زانویی مربعی	۱/۲۷

توجه: کاتالوگ کارخانه سازنده باید مدنظر قرا رگیرد.

۶- تبدیل: باز شدن مقطع

$$h_m = k_m V_1^2 / 2g$$

$$k_m = (1 - D_1^2 / D_2^2)$$

تغییر مقطع ناگهانی

تغییر مقطع تدریجی K_m از جدول زیر= زاویه مخروط

θ°	D_1^2/D_2^2 ۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱
۷/۵	۰/۱۳	۰/۸	۰/۰۵	۰/۰۲	۰	۰
۱۵	۰/۳	۰/۲۴	۰۰/۱۵	۰۰/۰۸	۰/۰۲	۰
۳۰	۰/۷۸	۰/۴۵	۰۰/۲۷	۰۰/۱۳	۰/۰۳	۰

انقباض ناگهانی $h_m = k_m V_2^2 / 2g$

D_1^2/D_2^2	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱
K_m	۰/۵	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۰۷	۰

D_1 و V_1 مقادیر اولیه می‌باشند.

۴-۹- طراحی خطوط لوله

۴-۹-۱- بهینه‌سازی قطر لوله

در سیستم‌های خطوط لوله پیچیده، از آنجائیکه با افزایش قطر لوله، هزینه لوله‌ها افزایش یافته ولی از طرفی هزینه پمپاژ کاهش می‌یابد لذا انتخاب لوله مناسب اغلب نیاز به استفاده از یکسری مراحل بهینه‌سازی دارد. در شبکه‌های خطوط لوله ساده که در اینجا در نظر گرفته شده، دامنه قطر و نوع لوله مورد استفاده محدود خواهد بود، لذا انتخاب براساس روش سعی و خطا معمولاً دشوار نخواهد بود. استانداردسازی ابعاد و مصالح لوله می‌تواند هزینه‌های طراحی و اجرا را کاهش دهد، بنابراین امکان انتخاب دقیق و مشخص از میان دامنه گسترده‌ای از لوله‌های با قطرهای مختلف دارای مزایای مهم و قابل توجهی خواهد بود.

در جائیکه تولید محلی لوله موردنظر است، انتخاب تعداد محدودی از قطر برای لوله‌ها بطور وضوح سرمایه‌گذاری مورد نیاز را (بطور مثال قالب ساخت برای لوله‌های بتنی غیر مسلح) کاهش می‌دهد.

زمانیکه تعداد زیادی پروژه بایستی ساخته شود و این پروژه‌ها دارای متعلقات و قطرهای لوله مشابه هستند انتخاب دقیق تعداد محدودی از لوله‌های با قطر مختلف می‌تواند جوابگو باشد.

در جائیکه دامنه وسیعی از قطرهای لوله در دسترس می‌باشد، برای مثال از یک تأمین‌کننده مرکزی - جفت و جور کردن بهینه فشار هیدرولیکی در دسترس با افتهای حاصل از اصطکاک داخل لوله‌ها به سهولت میسر است. از آنجائیکه هزینه‌های مصالح لوله‌ها بسته به اینکه از چه نوع موادی استفاده شود، بین ۶۰ تا ۹۰ درصد هزینه سیستم لوله را شامل می‌شود، طراحان می‌کوشند ترکیبی از لوله‌ها با هزینه سرمایه‌ای حداقل که البته می‌تواند جریان مورد نیاز را انتقال دهد انتخاب نمایند.

قبل از انتخاب قطر لوله‌ها، دو پارامتر بایستی برای کل شبکه لوله و یا قسمتهایی از آن منظور شود:

- **فشار در دسترس، خواه از یک منبع ثقلی یا پمپاژ:**

سرعت جریان بالاتر می‌تواند به کاهش قطر لوله کمک کند در حالیکه منجر به افزایش فشار مورد نیاز در قسمت ورودی می‌شود. سرعت جریان پایین‌تر نه تنها هزینه پمپاژ را کاهش می‌دهد بلکه کمترین نوسانات را در دبی جریان بهره‌برداری از آبگیرهایی که بطور همزمان در یک شبکه بسته عمل می‌نمایند فراهم می‌آورد.

- **ظرفیت جریان خطوط لوله:**

لوله‌های با قطر بزرگتر می‌توانند انعطاف‌پذیری بهره‌برداری از سیستم را افزایش دهند و اهمیت این مسئله ممکن است افزایش بیشتر هزینه سرمایه‌ای ناشی از افزایش قطر را توجیه نماید.

در جائیکه جریان در سیستم توسط یک پمپ تأمین می‌شود، ظرفیت جریان با دبی پمپ انطباق داده می‌شود. وقتی یک سیستم لوله به یک منبع آب و تأسیسات پمپاژ موجود متصل می‌شود، ظرفیت جریان بایستی بازتابی از هرگونه بهبود قابل انتظار در بازده منبع آب یا هر تغییر ممکن در تجهیزات عمل‌کننده سیستم باشد. برای مثال یک پمپ احتمال دارد که برای دفعات متعددی در طول عمر یک سیستم توزیع آب، جایگزین شود. تغییرات در الگوی کشت و روش‌های آبیاری می‌تواند نیاز به دبی جریان بیشتر را سبب گردد.

اگر بخواهیم در شبکه‌های لوله‌ای ساده، هزینه کل هر قسمت از مسیر لوله را کمینه نماییم معمولاً به بیش از دو نوع لوله با اقطار مختلف نیاز نخواهیم داشت و حتی در ۹۰ درصد مواقع تنها استفاده از یک لوله با قطر مشخص برای قسمت‌های مختلف سیستم کفایت می‌نماید.

۴-۹-۲- سیستم‌های حلقوی و شاخه‌ای

در سیستم‌های حلقوی هدف بایستی انتخاب یک قطر لوله برای کل شبکه باشد. در جائیکه دامنه وسیعی از قطر برای لوله‌ها در دسترس نیست، دو قطر لوله می‌تواند برای فراهم آوردن تعادل لازم بین افت انرژی و هزینه‌های سرمایه‌ای مناسب باشد.

در سیستم‌های شاخه‌ای، قطر لوله با دور شدن از منبع آب کاهش نشان می‌دهد. شاخه بحرانی و آبگیر بحرانی، انتخاب لوله‌ها از دامنه قطرهای در دسترس را با توجه به فشار لازم جهت غلبه بر افت اصطکاکی فراهم می‌کند. بهینه‌سازی سخت گیرانه انتخاب لوله، تنها اجازه بکارگیری لوله‌های با قطر کوچکتر در شاخه‌های لوله غیر بحرانی کوتاه را بدست می‌دهد.

عموماً لوله‌های با طول کمتر از ۵۰متر با لوله دوم با قطر کوچکتر جفت نمی‌شوند، زیرا هزینه تأمین و ساخت لوله‌های با طول کم، زیاد می‌باشد. استفاده از لوله بزرگتر از حد مورد نیاز برای برخی از شبکه‌های با منبع دارای پمپ، موجب کاهش محدودی در هزینه‌های بهره‌برداری می‌شود.

در هر حال کاهش هزینه بهره‌برداری ناشی از استفاده از لوله با قطر بیشتر از حد نیاز برای شاخه‌های لوله غیر بحرانی، در سیستم‌های دارای پمپ، بستگی به انتخاب سیستم کنترل و بهره‌برداری دارد.

با یک مخزن مرتفع یا یک برج فشار کنترل سطح آب، فشار موردنیاز بوسیله سرریز یا ارتفاع مخزن عمدتاً تأمین می‌شود.

۴-۹-۳- برآورد اصطکاک لوله

مهمترین اطلاعات مربوط به طراحی سیستم لوله آگاهی از دبی‌های حداکثر جریان است که بایستی در قسمت‌های مختلف سیستم انتقال داده شود. سیستمی که دارای ظرفیت ناکافی باشد شدیداً محدودیت ایجاد نموده و جبران آن هزینه‌بر می‌باشد.

برای لوله‌های کم فشار افزایش سرعت جریان همیشه تنها گزینه مناسب نمی‌باشد. بطور کلی برای جنس لوله‌ها و فشارهای متداول، سرعت‌های جریان بندرت از ۱/۵ متر بر ثانیه بیشتر می‌شود.

از میان تمام معادلات بکارگرفته شده برای تخمین افتهای اصطکاکی لوله معادله کلبروک ـ وایت که ترکیبی از نظریه جریان آشفته (متلاطم) با داده‌های آزمایشگاهی برای جریان در لوله‌های متعارف می‌باشد بنظر از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار است. این معادله تمامی دامنه جریان‌های متلاطم را ضمن ملاحظه درجه حرارت شامل می‌شود. معادلات مناسبی برای استفاده از ماشین حساب‌های دستی که می‌توانند برای طراحی یک لوله با دریافت سه متغیر از چهار متغیر ارتفاع زبری (K)، قطر لوله (d)، سرعت جریان (V) و شیب اصطکاکی (S) عمل نمایند، توسعه داده شده‌اند.

جداول و نمودارهای تهیه شده توسط تحقیقات هیدرولیک برای دامنه وسیعی از متغیرها ارائه شده که تمام حالات قابل وقوع در شبکه خطوط لوله زیرزمینی را شامل می‌گردد و محاسبات را آسان می‌نماید. اندازه‌گیری‌های صحرایی، صحت عمومی معادله را در شرایطی که مقادیر مناسب ارتفاع زبری انتخاب شده باشند، تأیید می‌کنند [۴۶ و ۴۷].

در انتخاب مقدار زبری نه تنها کیفیت اتصالات بلکه تغییرات زبری سطح لوله‌ها که در شرایط قطر یکسان نیز

دیده می‌شود، باید توجه نمود.

مقادیر برگرفته از اندازه‌گیری‌های تأیید شده صحرائی در جدول ۴ـ۵ نشان داده شده است. این‌ها مقادیر محافظه کارانه‌ای هستند، تولیدکننده‌های لوله ممکن است مقادیر بیشتری را ارائه نمایند، (بعنوان مثال $K=۰/۰۱۵$ برای لوله‌های پی‌وی‌سی سخت). عموماً برای لوله‌های با ابعاد کوچک و سرعت‌های جریان کم این عامل فقط یک اختلاف کم در تخمین افت اصطکاکی بوجود می‌آورد. در مواردی که جنس لوله‌ها یا طراحی‌های شبکه لوله‌ای بکارگرفته شده ناشناخته باشند، اندازه‌گیری صحرایی باید هرچه زودتر برای تأیید ارتفاع زبری انتخابی انجام گیرد.

ارتفاع زبری بمنظور قابلیت تخمین افت اصطکاکی در اشکال ۴ـ۲، ۴ـ۳ و ۴ـ۴ تهیه شده است.

جدول ۴ـ۵ـ مقادیر پیشنهادی ارتفاع زبری (K)

شرایط لوله	پی‌وی‌سی سخت	بتنی غیرمسلح	آزبست سیمان
خوب	۰/۰۳	۰/۳	۰/۰۱۵
عادی	۰/۰۶	۰/۶	۰/۰۳

۴ـ۱۰ـ حفاظت در برابر ضربه و ضربه قوچ

در این بخش نیازمندیهای طراحی و حفاظت از ضربه قوچ و ضربه تشریح می‌گردد. توجه بخصوص به شبکه لوله‌های بسته جائیکه لوله‌های ایستاده نصب شده‌اند بمنظور کمینه نمودن مقدار افزایش فشار شده است.

قبل از بحث طراحی و تمهیدات مقابله، باختصار ضربه و ضربه قوچ تعریف می‌شوند.

۴ـ۱۰ـ۱ـ ضربه [1]

ضربه به هر نوع نوسان فشار ناپایدار که ممکن است در شبکه خطوط لوله در فشار اتمسفر اتفاق بیافتد، اشاره دارد. در خلال ضربه، شرایط جریان ناپایدار شده و به شکل نوسانی از یک حالت پایدار به حالت دیگر تغییر می‌نماید.

اغلب ضربه آب با ورود و خروج هوا که در مجموعه لوله در تله می‌افتد همراه است. مسائل ضربه در خطوط لوله کم فشار معمولاً با آزاد شدن ناگهانی و کنترل نشده هوای حبس شده بوجود می‌آید.

هوا در خلال پرشدن لوله یا ورود جریان در سازه‌هائی از قبیل لوله‌های ایستاده سرریزی می‌تواند جمع گردد. آسیب ضربه به سیستم خطوط لوله باز، جائیکه لوله‌های ایستاده سرریزی بکار گرفته شود، نسبت به دیگر سیستم‌های خطوط لوله بیشتر است. اگر حجم بزرگی از هوا آزاد گردد یک ضربه می‌تواند تولید شود.

راه‌های جلوگیری از ضربه شامل:

- تمهیدات بکارگیری شیرهای هوا یا تخلیه‌کننده‌های هوا در مجموعه لوله بمنظور فراهم نمودن آزادسازی

1- Surge

کنترل شده هوا، (انتخاب و طراحی تخلیه‌کننده‌های هوا به تفصیل در فصل پنجم تشریح شده است).

- جلوگیری از تغییرات غیرضروری در مسیر قائم لوله بمنظور کاهش موقعیت‌هایی در سیستم لوله که در آنها هوا حبس شده و در شرایطی بطور ناگهانی آزاد شود.
- اطمینان از پر بودن سیستم لوله از آب که بطور موثری مشکلات ضربه را کاهش می‌دهد.

۴ـ۱۰ـ۲ـ ضربه قوچ

هنگامی که انرژی جنبشی آب در حال حرکت به انرژی فشاری تبدیل شود، یک موج فشار که بصورت نوسانی در خط لوله جلو و عقب می‌رود تولید می‌شود. در هر نقطه از خط لوله، این موج تحت فشار بنام ضربه قوچ شناخته می‌شود. موج فشار هنگامی که با سطح آزاد آب مواجه می‌شود، معمولاً در سازه ایستاده باز به پشت خود بازتاب می‌نماید و میرایی موج نتیجه جمع اثرات افزوده شدن، بر خود موج می‌باشد.

ضربه قوچ در سیستم خطوط لوله مدفون معمولاً بعنوان نتیجه توقف ناگهانی جریان با یکی از دلایل زیر اتفاق می‌افتد:

- بسته شدن ناگهانی شیر.
- رها شدن ناگهانی هوا.
- توقف ناگهانی پمپ.

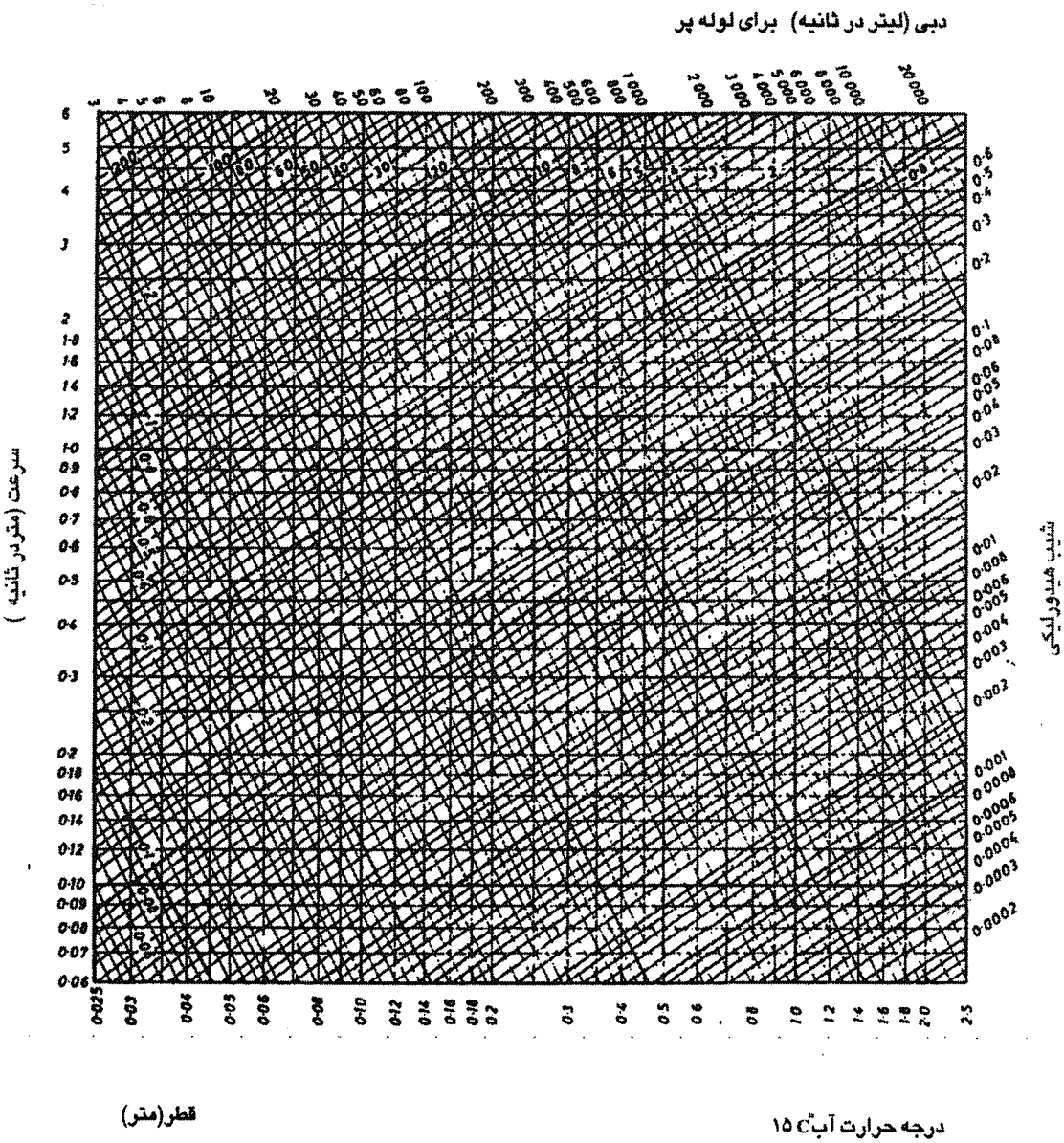
از رها شدن ناگهانی هوا می‌توان با بکارگیری تمهیدات کافی برای رهاسازی هوا توسط شیر یا تخلیه‌کننده هوا جلوگیری نمود. در حالت توقف ناگهانی پمپ و بسته شدن شیر، فشار موج حاصله اگر به زیر حد معینی محدود نشود مخرب می‌باشد. این صدمات شامل:

- اگر جمع فشار اولیه لوله و فشار اضافی ناشی از ضربه قوچ از بیشینه فشار مجاز لوله افزایش یابد، نتیجه آن خطر شکست لوله یا اتصالات خواهد بود.
- اگر فشار منفی بوجود آید، آنگاه یک محل کاویتاسیون (خوردگی ناشی از خلاءزایی) بوجود می‌آید که به شکست دیواره لوله، (بخصوص در لوله‌های پلاستیکی) یا درزهای لوله منجر خواهد شد.
- تناوب فشارهای مثبت و منفی با توجه به فرسودگی لوله، می‌تواند تخریب را در زمان کمتری شتاب بخشد.

نیازمندیهای مقابله با موج و ضربه قوچ و روش‌های انتخابی مقابله یا آنها بستگی به نوع سیستم خطوط لوله مدفون مورد بررسی دارد.

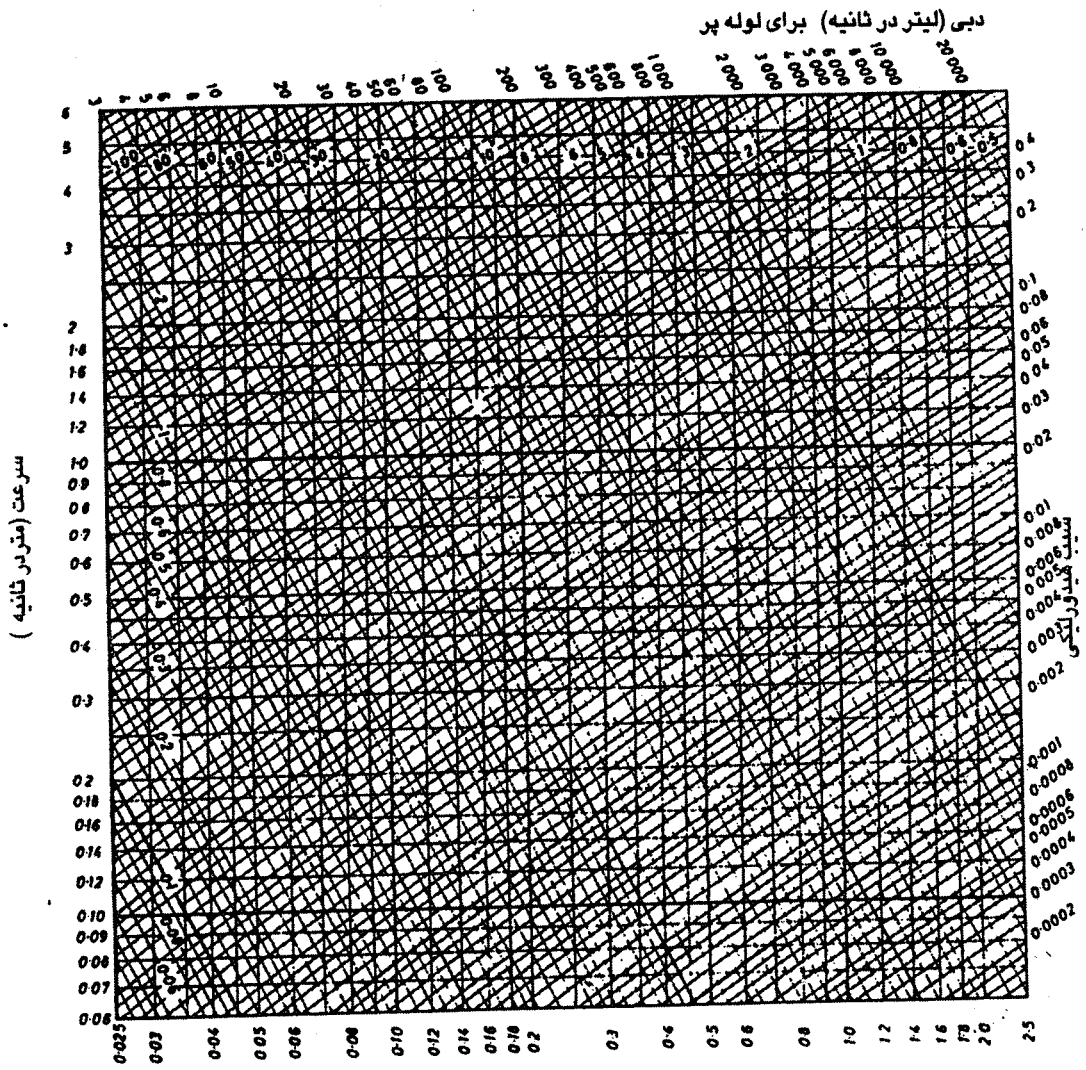
۴ـ۱۰ـ۳ـ سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته

در سیستم‌های باز و نیمه بسته فواصل استقرار شیرهای ایستاده سرریزی و شیرهای شناور ایستاده معمولاً اطمینان لازم از اینکه پدیده ضربه قوچ در سازه‌های ایستاده، به سرعت تحلیل یافته و میزان افزایش فشار محدود می‌گردد، را به دست می‌دهد. برای شرایط بسته شدن سریع شیر، در اکثر حالات فواصل استقرار سازه‌های ایستاده به نحوی است که شیرهای آبگیری در محدوده کمینه فاصله از سطح آزاد آب عمل می‌نمایند. روش محاسبه این کمینه فاصله در ادامه و در نمودار ۴ـ۴ بیان شده است.



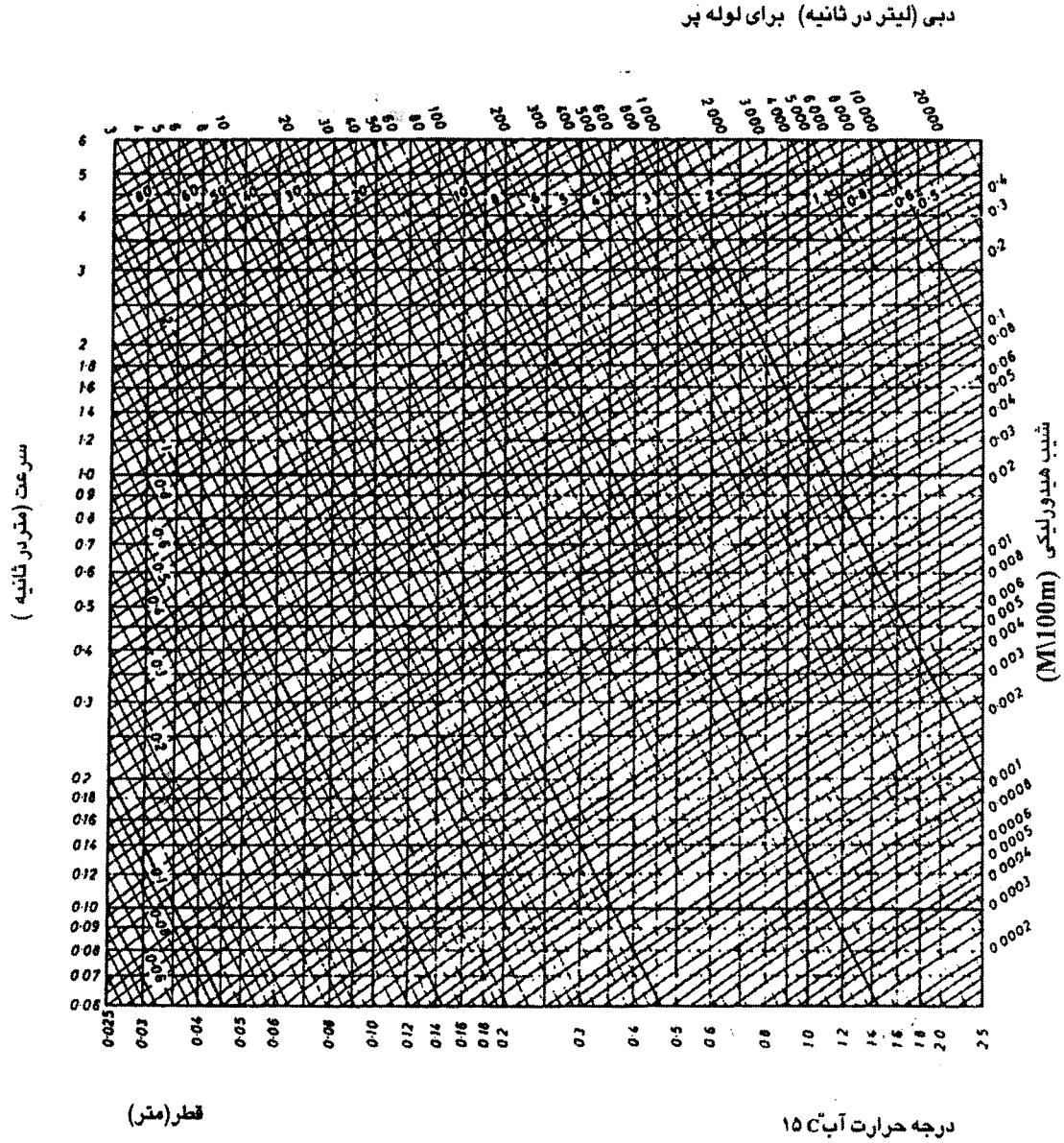
لوله بتنی غیرمسلح در شرایط متعارف Ks=%6mm

شکل ۴-۲- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله ها



لوله آز بست سیمان در شرایط متفاوت Rs=%3mm

شکل ۴-۳- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله ها



لوله پی وی سی سخت در شرایط متعارف Ks=%6mm

شکل ۴-۴- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله ها

جائیکه خطوط لوله مستقیم بوده و تعداد سازه‌های ایستاده کم است، برای طراحی تمهیدات حفاظتی سیستم‌های بسته ممکن است تخلیه کننده‌های باز هوا یا شیرهای تقلیل فشار (شیر فشار شکن) مورد نیاز باشد. در سیستم‌هایی که تعداد زیادی از آبیاران همزمان در یک وقت معین، آب دریافت می‌کنند، تغییرات در نوسانات جریان اغلب کم بوده و مشکلات محدودی را بوجود می‌آورد.

معمولاً می‌توان با روش‌های معقول بهره‌برداری بخصوص در دوره پرنمودن لوله از بروز مسائل ناشی از موج جلوگیری نمود. روش‌هایی که به جلوگیری از به تله افتادن مقادیر زیادی هوا و رها شدن ناگهانی بعدی آن کمک می‌نماید، شامل:

- بکارگیری دریچه‌های زیر آب *(undershot)* در سرریزهای ایستاده در سیستم خطوط لوله باز *[۶۴]*.
- پرنمودن خطوط لوله از آب به دقت و به آرامی در زمانی که خالی هستند.

۴ـ۱۰ـ۴ـ سیستم‌های لوله بسته

در سیستم‌های لوله‌ای بسته همیشه تحلیل برای نیاز مقابله با ضربه قوچ ضروری است. انتخاب روش مقابله برای محدود نمودن میزان افزایش فشار بستگی به امکان نصب رایزرهای تخلیه‌کننده روباز موج دارد. در بیشتر سیستم‌های کم فشار، این امر معمولاً امکان‌پذیر است. در مواردی که بکارگیری تمهیدات فوق‌الذکر امکان‌پذیر نیست استفاده از شیر فشار شکن مخصوص ضروری است. استفاده از لوله با فشارکار بالاتر می‌تواند از نیاز به اینگونه سازه‌ها جلوگیری نماید.

۴ـ۱۰ـ۵ـ توقف ناگهانی پمپ

در اغلب سیستم‌های لوله‌ای با منبع تأمین‌کننده آب توسط پمپ، از لوله ایستاده باز یا مخزن بین پمپ و خط لوله، برای حفاظت شبکه لوله از ضربه قوچ ناشی از توقف ناگهانی پمپ استفاده می‌شود. جائیکه پمپ بطور مستقیم به خط لوله متصل شده است یک شیر رهاسازی فشار (فشار شکن) مورد نیاز خواهد بود.

۴ـ۱۰ـ۶ـ تخلیه ناگهانی هوا

از بروز ضربه قوچ ناشی از رها شدن ناگهانی هوا در خطوط لوله می‌توان با نصب تخلیه‌کننده‌های هوا یا شیرهای رهاسازی فشار در نقاط مرتفع یا مناطق مسئله‌دار جلوگیری نمود. هر نوع سازه ایستاده باز بعنوان یک تخلیه‌کننده هوا عمل می‌نماید و کاهش‌دهنده اتفاقات ناشی از رها شدن ناگهانی هوا می‌باشد.

۴ـ۱۰ـ۷ـ بستن ناگهانی شیر

بسته شدن ناگهانی شیر دلیل غالب تشکیل ضربه قوچ در سیستم‌های لوله‌ای بسته می‌باشد و کمینه نمودن افزایش فشار بوجود آمده موضوع طراحی رایزرهای تخلیه‌کننده روباز موج است.

۴ـ۱۰ـ۸ـ روشهای کاهش خسارت افزایش فشار ناشی از بستن ناگهانی شیر

در تهیه مطالب این قسمت عمدتاً از مأخذ *[۱۶]* استفاده شده است. تحلیل ضربه قوچ پیچیده است و هر

تلاشی برای پیش‌بینی شرایط قابل وقوع نیازمند فرضیاتی می‌باشد. بطورکلی اگر زمان بستن شیر (T_1) بیشتر از ۲۰ برابر زمان بستن لحظه‌ای (T_c) باشد آنگاه موج فشار می‌تواند بی اهمیت باشد. زمان بستن لحظه‌ای به زمانی اطلاق می‌شود، که موج فشار توسعه یافته ناشی از بستن شیر برای طی فاصله رفت و برگشتی تا نزدیک‌ترین سطح آزاد آب، نیاز دارد.

بستن لحظه‌ای شیر با بکارگیری معادله ۴ـ۴ محاسبه می‌شود. برای هر موقعیت بینابینی که در آن $T_c<T_1<۲۰T_c$ باشد، آنگاه در نحوه طراحی برای محدود نمودن افزایش فشار و یا کاهش اثرات تخریبی آن باید تصمیم‌گیری شود.

مقدار افزایش فشار را به روش‌های مختلف شامل موارد زیر می‌توان کنترل نمود:

کنترل میزان بستن شیر با تمهیدات زیر:

- بکارگیری شیرآلات با دندانه‌های رزوه ریز تا پیچاندن بیشتری برای یک میزان مشخص از بستن مورد نیاز باشد، اغلب شیرآلات آلفاآلفا برای مصارف عمومی با این دیدگاه ساخته می‌شوند.
- بکارگیری شیرآلاتی که با یک آچار مخصوص باز می‌شود، باید برای هر قسمت از پیچاندن آچار را آزاد نموده و در موقعیت جدید قرار بگیرد. یک طرح شیر آبگیری از این نوع در شکل ۴ـ۵ نشان داده شده است [۱۶].

مأخذ و مراجع معدودی برای اطلاع از دوره زمانی بستن این نوع شیرها در عمل، وجود دارد. تجارب صحرائی نشان می‌دهد که بستن شیر در مدت زمان بیش از ۲۰ ثانیه شود در عمل با مشکل قابل حصول می‌باشد.

ـ نصب رایزرهای ضربه‌گیر

انتخاب و استقرار رایزرهای ضربه‌گیر روش ابتدائی برای محدود نمودن مقدار افزایش فشار است، که گام‌های طراحی آن در زیر تشریح شده است. رایزرهای ضربه‌گیر در تمام سیستم‌های لوله‌ای مورد نیاز می‌باشد اگرچه در عمل هر سازه ایستاده باز با قطر کافی برای بازتاب موج فشار عمل می‌نماید.

تحلیل مقدار افزایش فشار برای لوله‌های ساخته شده از مصالح صلب از قبیل بتن یا آزبست سیمان مهم است.

ـ نصب شیرهای رهاکننده فشار و خلاءزدا

اگرچه شیرآلات از این نوع در سیستم‌های لوله‌ای بسته یک کاربرد دارد ولی مصرف معمول آنها در سیستم‌های لوله‌ای با تأمین آب توسط پمپ رایج است که در آنها توقف کار پمپ و قطع برق دلیل عمده و معمول وقوع ضربه قوچ می‌باشد. شیرهای ساده رهاسازی فشار که بتواند در فشارهای نسبتاً کم حساس شده و عمل نمایند، در دسترس نمی‌باشد.

ـ مراقبت هنگام نصب لوله

حفظ خط شیب هیدرولیکی بالاتر از لوله مهم است. اگر تراز شیب هیدرولیکی به لوله نزدیک باشد در این صورت وقوع فشار پایین‌تر از فشار اتمسفر در لوله در شرایط تولید امواج فشار منفی ناشی از بستن شیر

امکان‌پذیر است. حفظ تراز لوله به میزان کافی پائین‌تر از شیب هیدرولیکی ممکن است نیاز به پرهیز از عبور از نقاط مرتفع میانی در طول مسیر و یا انجام خاکبرداری عمیق داشته باشد. شیرهای خلاء را می‌توان نصب کرد اما هوایی که این شیرها در خلال فشارهای منفی دریافت می‌کند اگر بطور ناگهانی رها گردد می‌تواند موجب بروز مشکل پدیده ضربه شود.

۴-۱۱- روش طراحی سیستم‌های لوله بسته با لوله هوادهی باز

روش طراحی معمول باید بر مبنای لوله‌ای که بتواند در مقابل فشارهای ضربه برآورد شده تحت شرایط عملی بستن آرام شیر مقاومت نماید همراه با پیش‌بینی سازه رایزر تعدیل ضربه، استوار باشد. روش طراحی بیان شده توسط [۱۶] برآوردی از میزان ارائه شده است.

برای طراحی یک سیستم لوله‌ای افزایش فشار همراه با کمینه زمان مورد انتظار برای بستن شیر یا توقف پمپ باید انجام گیرد. این ضربه فشار هنگامی که به بیشینه فشار کار اضافه شود باید کمتر از میزان فشار قابل تحمل لوله باشد. تحلیل موضوع برای تعدادی از موقعیت‌های بحرانی در سیستم لوله باید تکرار شود.

نمودار ۴-۴ روش برآورد بیشینه فشار ضربه و تعیین کمینه فاصله از یک شیر تا یک سازه ایستاده باز با جزئیاتی که در زیر آمده است بیان می‌نماید.

۴-۱۱-۱- برآورد بیشینه فشار موج بعد از بستن ناگهانی شیر

گام ۱ محاسبه حداکثر مجاز افزایش فشار موج

این موضوع با بیشینه فشار کار در یک نقطه و میزان تحمل فشار لوله تعریف می‌شود. همانطور که قبلاً اشاره شد برای لوله‌های پی‌وی‌سی فشار موج نباید از ۳۰ درصد میزان فشار لوله بیشتر گردد. برای لوله‌های بتنی کم فشار، فشار موج اضافه شده به فشار کار نباید از ۲۵ تا ۳۵ درصد فشار آزمایش هیدرواستاتیک فراتر رود.

گام ۲ انتخاب یک برآورد اولیه برای بیشینه فاصله بین محل افزایش فشار و هر موقعیت سطح آزاد آب

برای سیستم‌های لوله‌های پی‌وی‌سی این مقدار از ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر می‌باشد.

برای سیستم‌های لوله‌های بتنی غیر مسلح این مقدار از ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر می‌باشد.

گام ۳ محاسبه بیشینه افزایش فشار در شرایط جریان حداکثر و بستن لحظه‌ای شیر

در حالت عبور جریان حداکثر، باید حداکثر افزایش فشار ناشی از بسته شدن لحظه‌ای شیر محاسبه گردد.

بیشینه افزایش فشار زمانی رخ می‌دهد که بسته شدن شیر یا توقف پمپ در دوره زمانی مساوی و یا کمتر از زمانی که موج فشار به سطح آزاد می‌رسد، صورت گیرد. (زمان تمرکز نامیده می‌شود).

بیشینه افزایش فشار و افت فشار منفی بر حسب متر از معادله زیر به دست می‌آید.

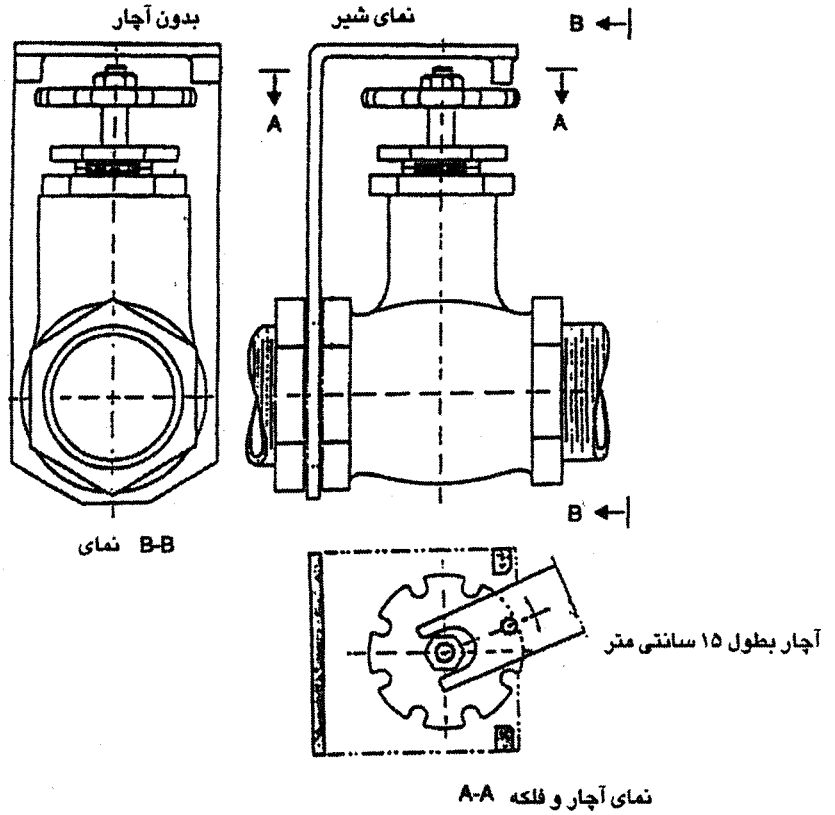
معادله ۴-۲ $\frac{V_a U}{g}$

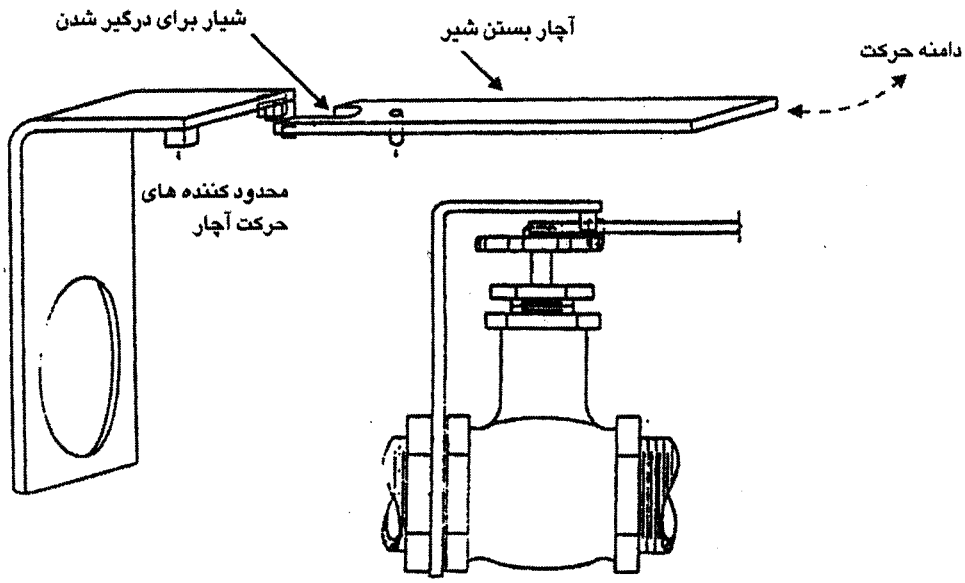
که

V_a = سرعت جریان قبل از بستن شیر یا توقف پمپ (متر بر ثانیه).

U = سرعت موج فشار در مصالح ساخت لوله موردنظر (متر بر ثانیه).

g = شتاب ثقل (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه).





شکل ۴-۵- تجهیزات برای جلوگیری از بستن سریع شیر

ماخذ: Campbell (1986)

سرعت موج تابعی از خصوصیات ارتجاعی آب و جنس دیواره لوله است. سرعت موج، با تغییرات قابل ملاحظه‌ای در دامنه قطر لوله نسبت به تغییر مصالح یکسان تغییر نمی‌کند. سرعت موج نمی‌تواند از ۱۴۰۰ متر بر ثانیه که سرعت صوت در آب است تجاوز کند. مقادیر سرعت موج در مصالح متعارف بکار رفته برای ساخت لوله‌ها در جدول ۴ـ۶ آمده است.

جدول ۴ـ۶ـ سرعتهای موج فشار در لوله با مواد مختلف /۷۴/

جنس لوله	ضخامت دیواره (میلیمتر)	قطر لوله (میلیمتر)	نسبت	سرعت موج (متر بر ثانیه)
بتن غیر مسلح	۲۵	۲۵۰	۰/۱	۱۱۰۰
بتن غیر مسلح	۲۵	۳۰۰	۰/۰۸۳	۱۰۶۰
پی‌وی‌سی (۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	۴/۵	۲۵۰	۰/۰۱۷	۲۲۰
پی‌وی‌سی (جدارنازک)	۲/۵	۲۵	۰/۰۱	۱۷۰
فولاد	۴/۵	۲۵۰	۰/۰۱۷	۱۱۴۰

توجه: نسبت دوطرفه ضخامت جداره به قطر خارجی لوله به نسبت اندازه (DR) موسوم است.

مقدار افت فشار منفی یا افزایش بر حسب پاسکال بیان می‌شود.

معادله ۴ـ۳

$$P(KPa) = W \times g \times P(m)$$

W = چگالی آب (۱ تن بر مترمکعب)

g = شتاب ثقل (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه)

زمان تمرکز بر حسب ثانیه (T_c) از رابطه زیر به دست می‌آید:

معادله ۴ـ۴

$$T_c = \frac{2L}{U}$$

L = فاصله از شیر یا پمپ تا سطح آزاد یا مخزن (متر)

U = سرعت موج فشار در جنس مصالح لوله (متر بر ثانیه)

گام ۴ محاسبه افزایش فشار برای مقادیر کاهش جریان که کمتر از شرایط بستن لحظه‌ای می‌باشد

بمنظور برآورد افزایش فشار برای زمان‌های طولانی‌تر بستن شیر یک محاسبه تقریبی باید انجام گیرد زیرا میزان تغییر سرعت در دوره بستن یکنواخت نمی‌باشد. فرض بر این است که تغییر معرف سرعت در خلال زمان رفت و برگشت سه برابر میزان متوسط تغییر در طول یک دوره کامل بستن می‌باشد. لذا تغییر متوسط در T_c و V_0

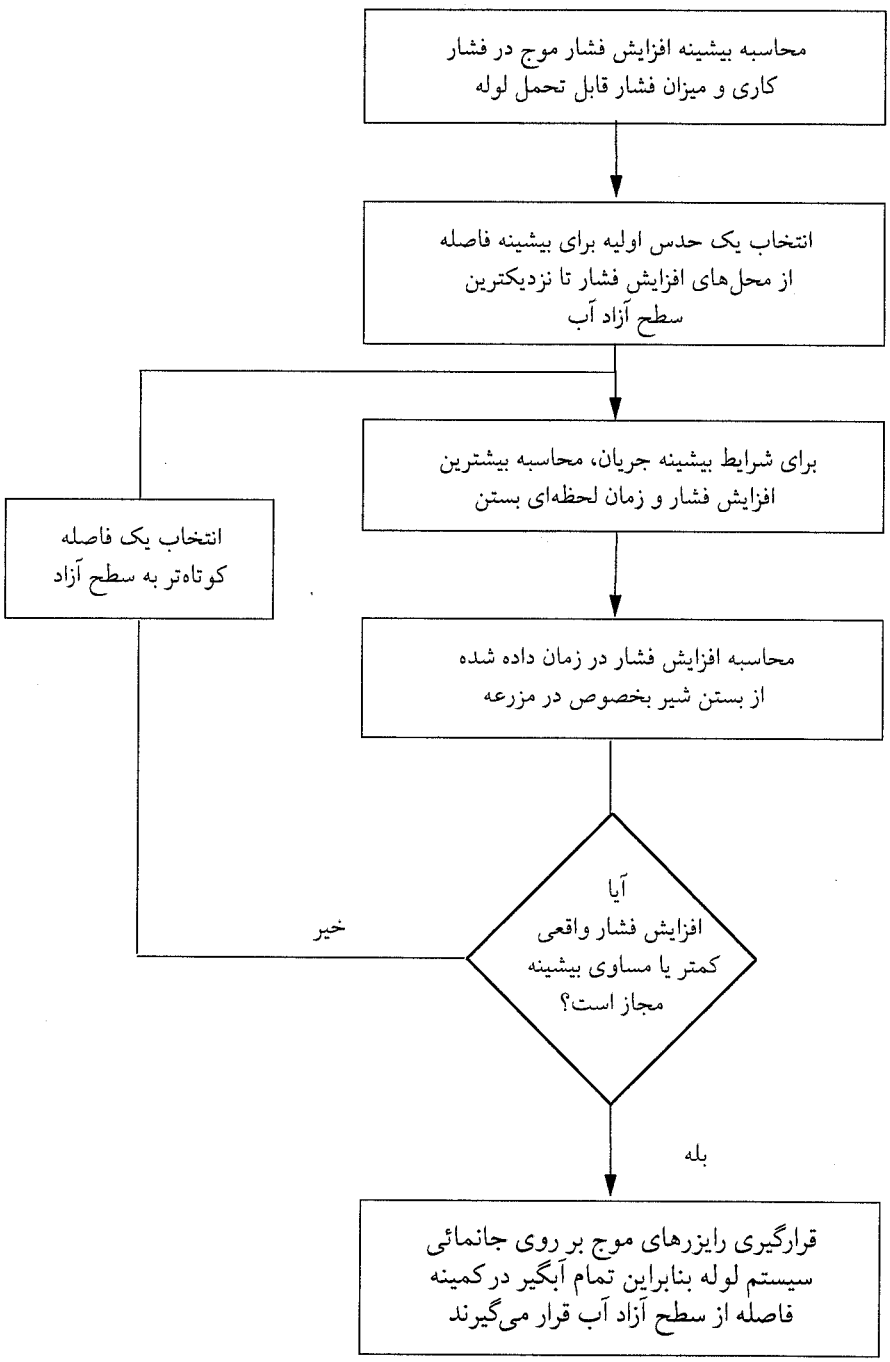
معادله ۴ـ۵

$$= \frac{0.5\ T_c \times V_0}{T_1}$$

T_1 = زمان بستن شیر بر حسب ثانیه

تغییر مصرف V_0 = سه برابر متوسط تغییر سرعت $(۳ \times V_0)$

بیشینه افزایش ارتفاع با جایگزینی این مقدار در معادله ۴ـ۲ حاصل می‌شود.



نمودار ۴ـ۴ـ مقابله با ضربه قوچ برای سیستم‌های لوله‌ای بسته با تخلیه‌کننده هوا به صورت باز

گام ۵ مقایسه مقادیر محاسبه شده افزایش فشار با بیشینه فشار ضربه مجاز

اگر فشار ضربه خیلی زیاد باشد آنگاه فاصله کوتاه‌تری تا سطح آزاد آب باید انتخاب گردد. اگر فشار ضربه درحد قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقدار مورد قبول باشد فاصله بیشتری می‌تواند انتخاب شود و بنابراین کمترین تعداد رایزرهای ضربه تعبیه می‌گردد.

۴-۱۲- مقطع طولی لوله

هنگامی که افت‌های اصطکاکی برآورد گردید و موقعیت سازه‌هایی از قبیل رایزرهای ضربه یا تخلیه‌کننده‌های هوا تعیین شد یک مقطع طولی برای هر قسمت از خطوط لوله که نشان‌دهنده خط شیب هیدرولیکی و خط زمین باشد و همراه با نیمرخ طولی لوله در عمق نصب توصیه شده تهیه می‌گردد. نمونه‌ای از یک مقطع طولی خط لوله در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.

اگرچه تهیه مقطع طولی با استفاده از اطلاعات نقشه‌برداری موجود امکان‌پذیر است، لیکن برداشت نقشه‌برداری با جزئیات بیشتر از مسیر انتخابی خط لوله ممکن است مورد نیاز باشد.

بر مبنای نیمرخ طولی کنترل خط شیب هیدرولیکی به منظور اطمینان از اینکه این خط در تمامی طول لوله در محدوده فشار کار و ارتفاع فیزیکی سازه‌ها می‌باشد، انجام می‌گیرد. مقادیر بیشترین فشار کار (شامل مقدار مجاز برای ضربه) بعنوان راهنما در جدول ۱-۴ ارائه شده است که بستگی به جنس مصالح لوله دارد. خط شیب هیدرولیکی برای تعیین ارتفاع سازه‌ها (در محدوده حد فیزیکی آنها) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فصل پنجم

ملاحظات طراحی سازه‌های وابسته

۵ـ۱ـ ورودی‌ها، لوله ایستاده پمپ [۱] یا مخزن تأمین فشار اولیه[۲]

ورودی‌ها، لوله ایستاده پمپ و برج‌های آب شامل دامنه وسیعی از سازه‌هائی می‌شود که پمپ یا منبع فشار را به سیستم لوله متصل می‌نماید. این سازه‌ها با توجه به چگونگی ارتباط پمپ و نحوه ارتباط سیستم لوله‌ها با منبعی که فشار را تأمین می‌نماید به انواع تیپ‌های مختلف تقسیم می‌شوند. از نظر طرح هیدرولیکی سیستم لوله‌های زیرزمینی، در دو گروه سازه، قابل تشخیص هستند:

- سازه‌هائی که در آنها جهت جبران افت‌های اصطکاکی سیستم، آب از طریق پمپ به داخل یک برج یا لوله عمودی و به سطح مورد نیاز، بالاتر از ورودی سیستم رانده می‌شود. برج‌های تثبیت فشار[۳]، مخزن تأمین فشار اولیه و لوله‌های عمودی تنظیم فشار [۴] در این گروه از لوله‌های ایستاده پمپ قرار می‌گیرند.
- سازه‌هائی که در آنها آب تأمین شده ثقلی یا پمپ شده به صورت آزاد به داخل مخزن یا لوله عمودی تنظیم فشار وارد می‌گردد، که در آنها بار هیدرولیکی قابل دسترس با توجه به ارتفاع و موقعیت استقرار لوله تخلیه جریان و یا خروجی جریان آب تعیین می‌شود. لوله‌های ایستاده کم فشار بتنی [۵]، مخازن هوائی [۶] و همچنین ورودی‌های مستقیم از منابع آب در این گروه از سازه‌ها قرار می‌گیرند. در شکل ۵ـ۱ یک لوله ایستاده پمپ کم‌فشار به صورت نمونه نشان داده شده است [۱۰۴].

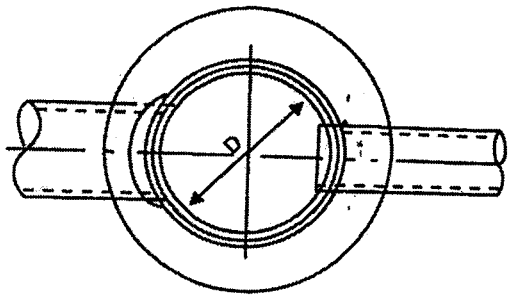
طراحی لوله ایستاده پمپ و مخزن تأمین فشار آب برای هر دو گروه فوق در زیر مورد توجه قرار گرفته است و به دنبال آن بحثی در مورد طراحی سازه‌های "ورودی ثقلی" ارائه شده است.

۵ـ۲ـ لوله‌های ایستاده پمپ و مخزن تأمین فشار

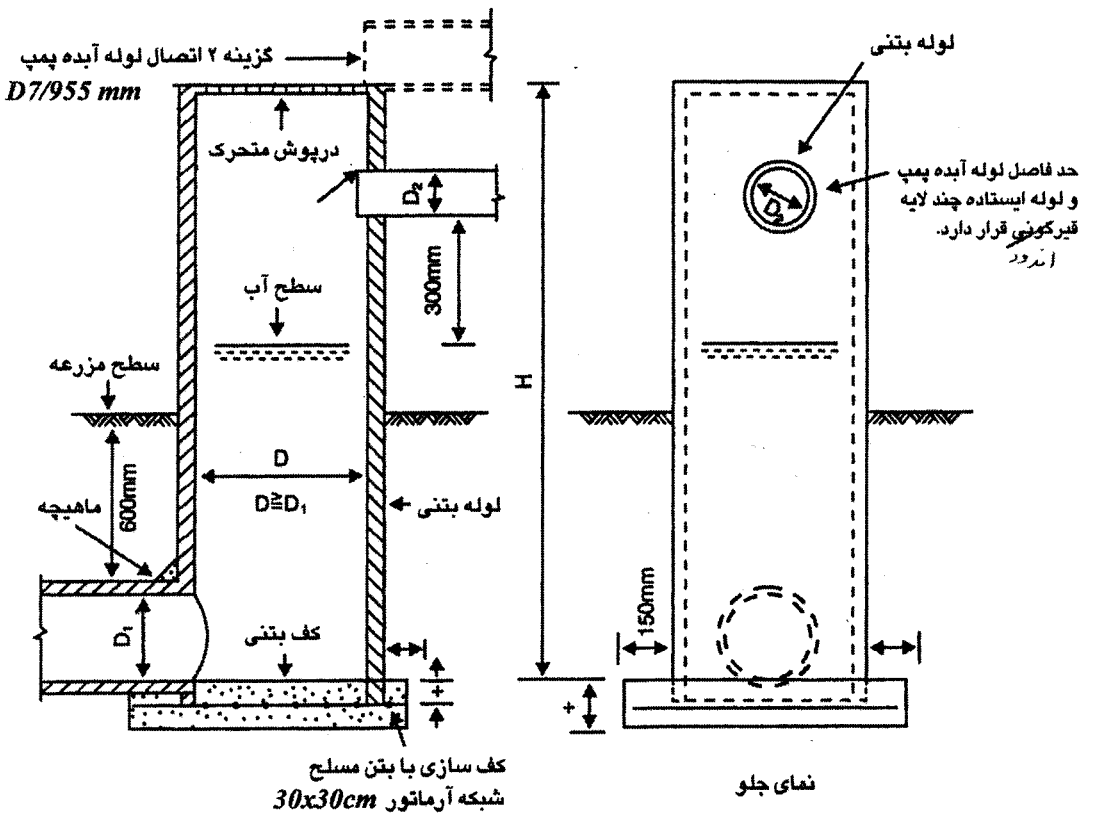
لوله ایستاده پمپ یا مخزن تأمین فشار جهت فراهم نمودن تراز آب در حدی که شیب هیدرولیکی جریان آب در سیستم لوله‌ها برقرار باشد، طراحی می‌گردد. برای تعیین ارتفاع طراحی سازه، حداقل ۰/۳ متر به عنوان ارتفاع آزاد به تراز فوق اضافه می‌گردد.

برای برآورد بار هیدرولیکی قابل دسترس جهت تعیین ارتفاع لوله ایستاده پمپ یا مخزن تأمین فشار، افت‌های جزئی محاسبه و مدّ نظر قرار می‌گیرد. اگر بار هیدرولیکی طراحی شدهٔ نهائی خارج از حدود تأمین ثقلی جریان بوده و یا نوع مخزن تأمین فشار مطابق انتظار نباشد، لازم است طراحی جهت دستیابی به بار هیدرولیکی کمتر تکرار گردد.

1- *Pumpstands*
2- *Header Tank*
3- *Pressure Towers*
4- *Riser Pipes*
5- *Lowhead Concrete Pumpstand*
6- *Elevated Tank*



پلان



شکل ۵-۱-لوله ایستاده کم فشار

ماخذ: US SCS (1967)

در طراحی سازه‌های تأمین فشار موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- منبع آب بایستی تا حد ممکن در مجاورت اراضی بلند آبی باشد که آبیاری می‌گردد.
- در صورتی که حفر چاه جدید مورد نظر باشد، عموماً حفر چاه عمیق‌تر در نقطه بلند آب، ارزانتر از ساخت یک مخزن تأمین فشار بلند می‌باشد. اگر چاه در نقطه‌ای بلند آب قرار داده شود باعث تأمین بار هیدرولیکی و در نتیجه باعث کاهش قطر لوله‌ها و کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای سیستم لوله می‌شود.

توصیه‌های انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا درباره طراحی لوله ایستاده پمپ [۵۹] به قرار زیر است:

- انحراف محور مرکزی لوله رانش پمپ از محور مرکزی لوله خروجی بایستی حداقل به اندازه مجموع اقطار لوله‌های ورودی و خروجی باشد.
- شیرآلات کنترل بایستی در مسیر تخلیه پمپ و در محلی نصب شود که امکان برگشت جریان آب (جهت تخلیه شدن) و یا خسارت به پمپ وجود نداشته باشد.
- لرزش‌های لوله انتقال جریان پمپاژ نبایستی به لوله قائم پمپ منتقل شود. روش‌های فنی برای دستیابی به آن شامل موارد زیر می‌باشد:

i- نصب یک رابط انعطاف‌پذیر در خط لوله مابین پمپ و لوله ایستاده

ii- استفاده از یک لائی انعطاف‌پذیر نظیر یک لوله لاستیکی میانی یا لایهٔ قیراندود در محل اتصال خط لوله و لوله ایستاده پمپ

- اگر اندازه لوله ایستاده پمپ در حد لولهٔ رانش پمپ آب کاهش یابد، معبر خروجی آب بایستی دارای آنچنان مقطع عرضی باشد که در صورت تخلیه کل جریان پمپ شده از آن جا، متوسط سرعت از سه متر در ثانیه تجاوز نکند.

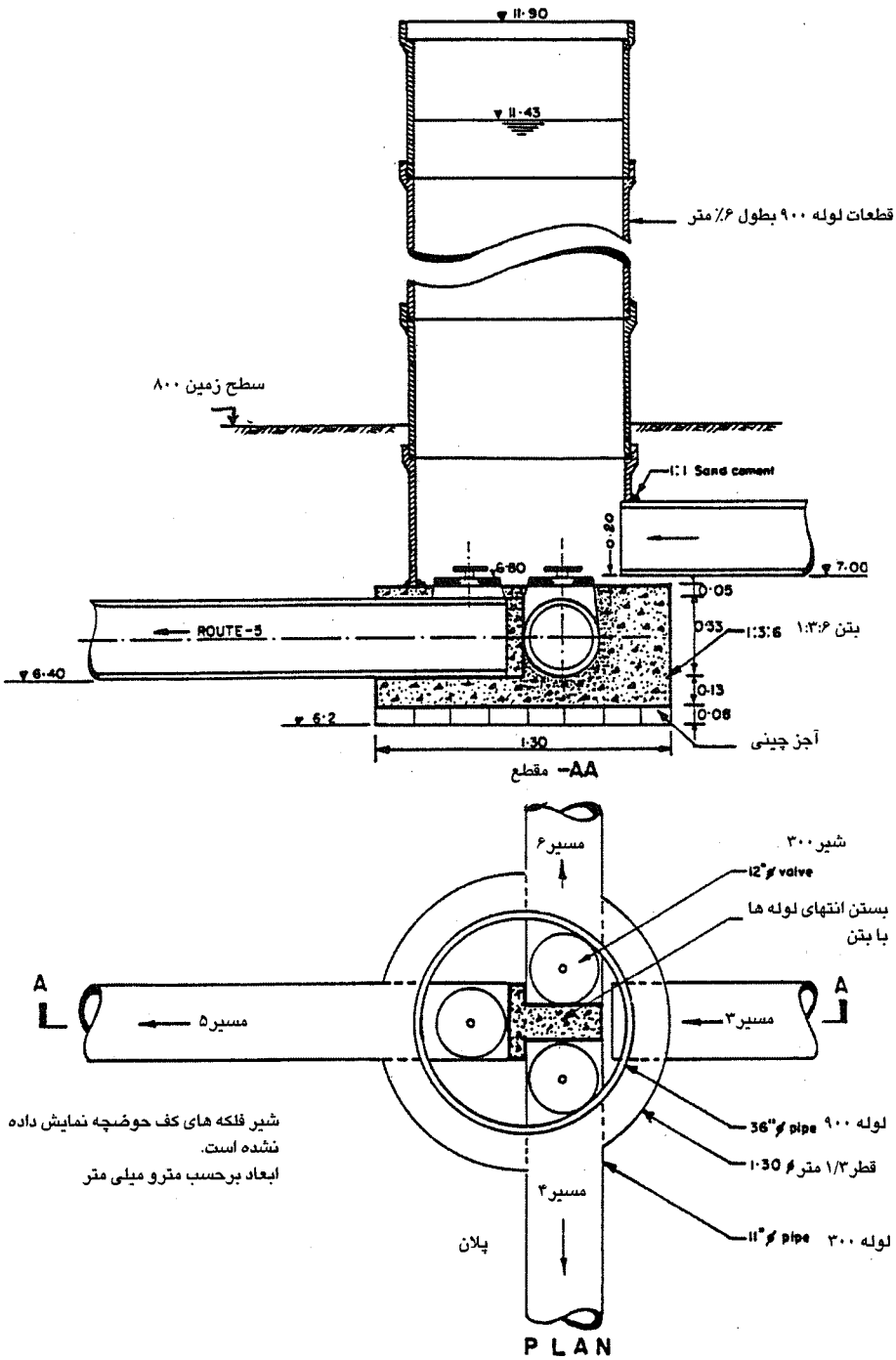
لوله قائم تنظیم فشار[1] بایستی قطر مساوی یا بزرگتر از خط لوله زیر زمینی که به آن متصل می‌شود داشته باشد.

ابعاد برج تأمین فشار یا مخزن تأمین فشار ابتدایی باید به نحوی باشند که شیرآلات یا دریچه‌های مورد نیاز قابل نصب در آن سازه باشد. معمولاً، حداقل ۰/۹ متر اندازهٔ قطر داخلی، برای دسترسی جهت انجام عملیات نگهداری در نظر گرفته می‌شود. در یک مخزن تأمین فشار با لوله‌های تنظیم فشار داخلی، حداقل اندازه بایستی در حدی باشد که تعمیرات لازم داخل برج عملی باشد.

یک مخزن تأمین فشار با شیرآلات کنترل در کف سازه، که در بنگلادش ساخته شده است در شکل ۵-۲ نشان داده شده است. احتمالاً طراحی این سازه بسیار معمول بوده، و در موقعیت‌های مختلف به کار گرفته شده است. شکل ۵-۳ یک مخزن تأمین فشار با کنترل سطح آب، بوسیله لوله‌های نصب شده در خارج از مخزن را نشان می‌دهد.

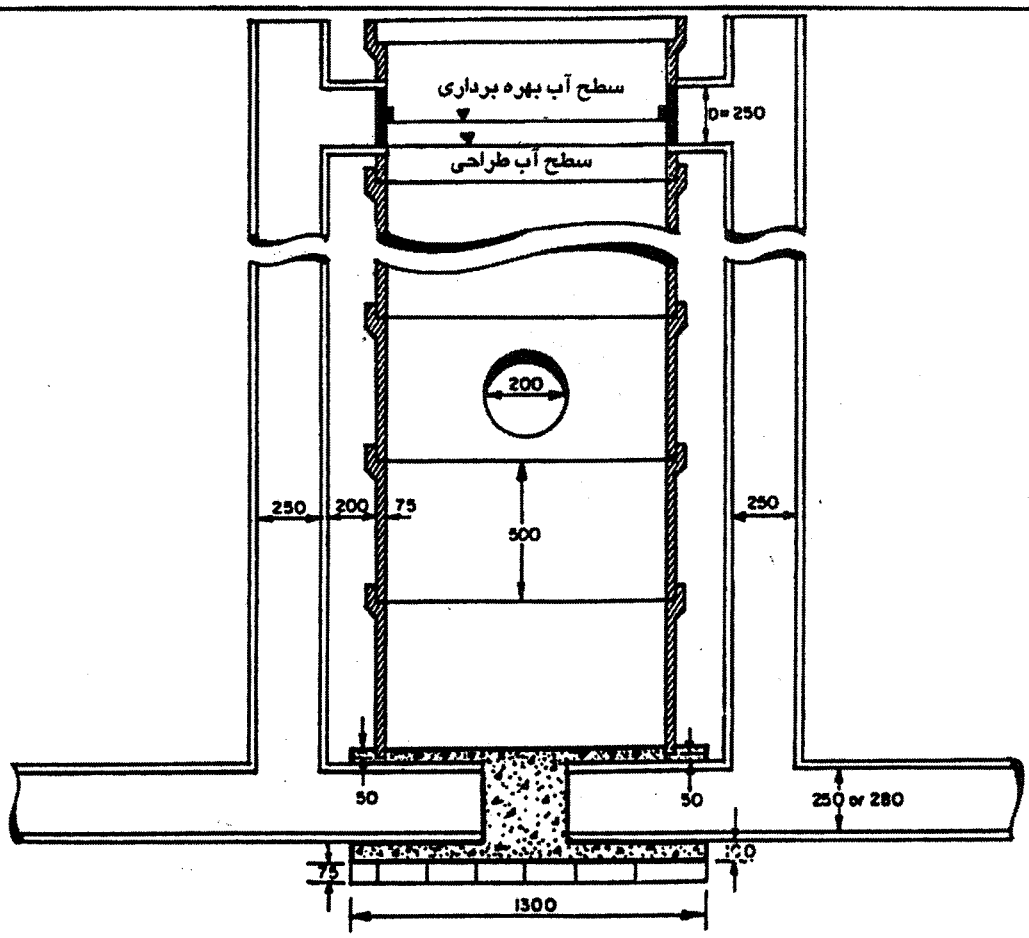
این سازه حداقل در یک مورد در بنگلادش [۷۱] به کار برده شده است. و همچنین مخزن تأمین فشار مشابه آن در طرح تانگیل [۳۸] ساخته شده است. نمونه‌هائی از چنین سازه‌هائی در مأخذ [۹] نمایش داده شده است. در شکل ۵-۴ آرایش لوله‌های تثبیت فشار در داخل مخزن نشان داده شده است.

1- Head riser pipe

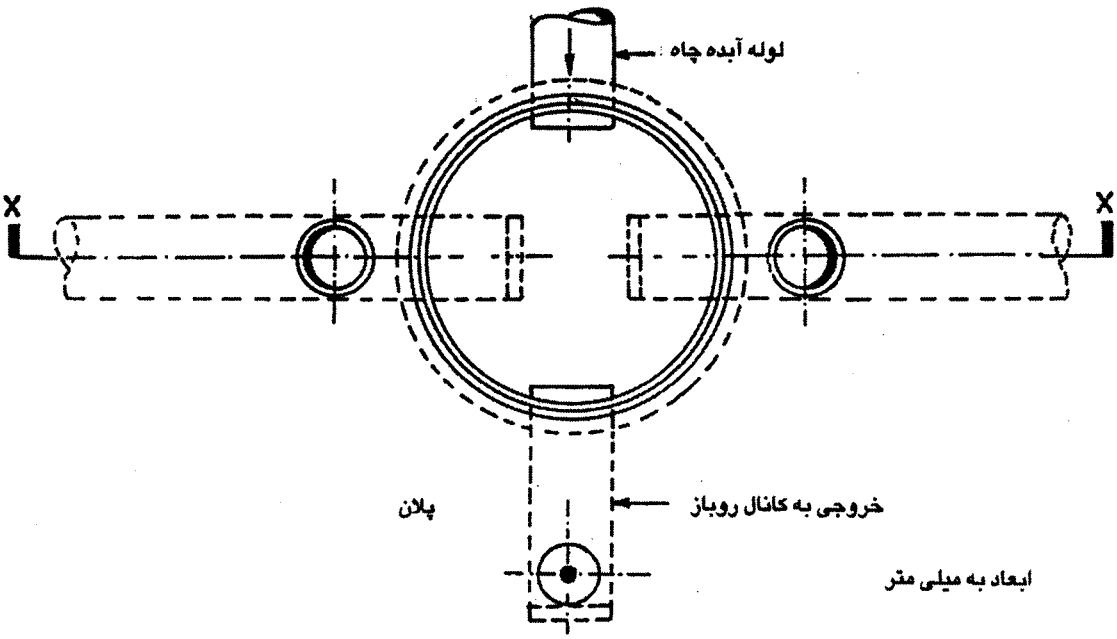


شکل ۵-۲- برج تقسیم آب سیستم لوله زیرزمینی

ماخذ: *MM, 1992*

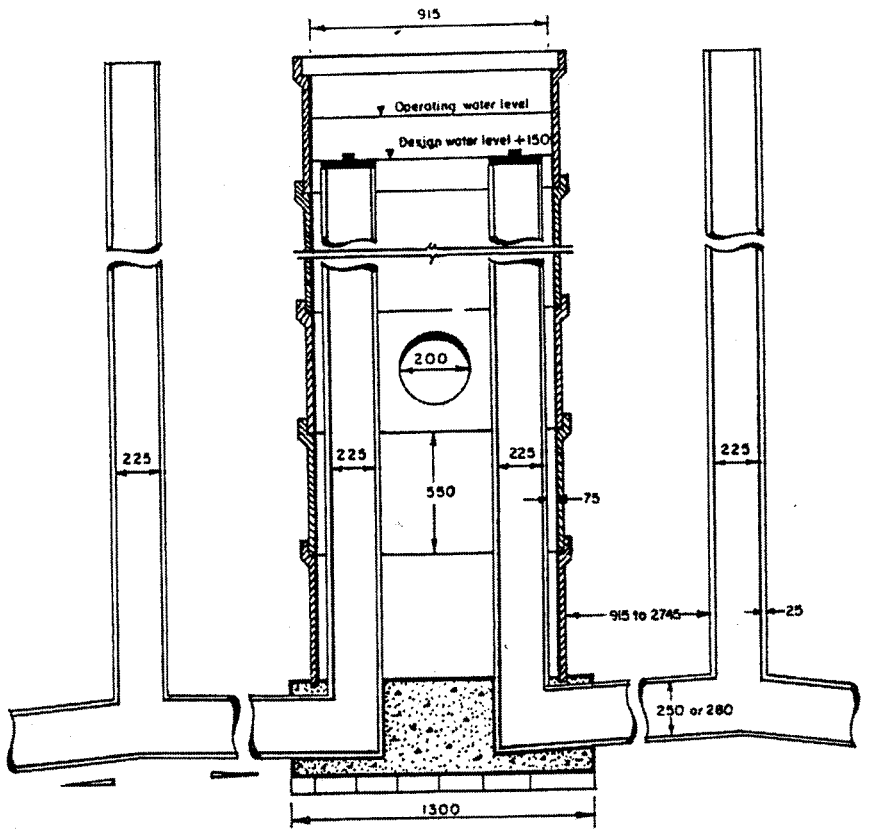


XX مقطع عرضی

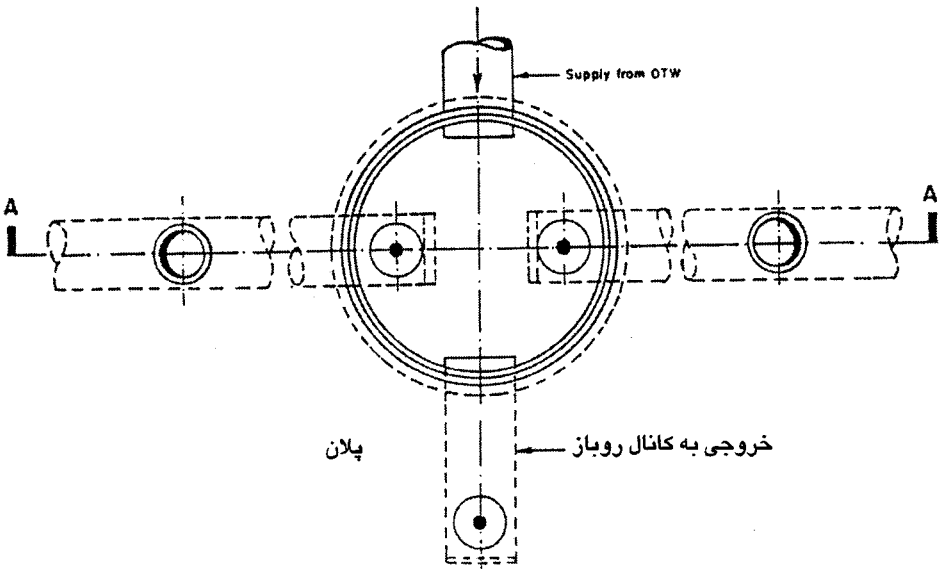


شکل ۵-۳- مخزن تامین فشار ابتدایی با کنترل از بالا

ماخذ: MMI (1992)



مقطع عرضی AA



پلان

All dimensions in millimetres

شکل ۵-۴- مخزن تامین فشار ابتدائی با کنترل از بالا (آرایش لوله ها در داخل)

مأخذ: MMI (1992)

حجم ذخیره برج‌های معمولی تنظیم فشار، معمولاً به عنوان مخزن ذخیره‌ای، در پمپهای تنظیم خودکاری که از شناور استفاده می‌کنند به منظور ممانعت از چرخش اضافی پمپ کفایت نمی‌کند. برای چنین منظوری لازم است سازه‌های بزرگی در نظر گرفته شود. نمونه‌هائی از این نوع مخازن هوائی مورد استفاده در سیستم‌های لوله‌ای در «اوتارپرادش ـ هندوستان» ساخته شده است. نمونه‌هائی از این کار در مأخذ شماره ۹ ارائه شده است.

۵ـ۳ـ سازه‌های ورودی ثقلی [۱]

در حالتی که آب از کانال روباز یا مخزن آب تأمین می‌گردد انواع مختلفی از سازه‌های ورودی لازم می‌شود. ساده‌ترین این سازه‌ها دریچهٔ روزنه‌ای متصل به کانال از طریق سیستم لوله است. یک دریچه کشویی [۲] یا دریچه پیچی [۳] وسیله‌ای برای قطع و وصل یا تنظیم جریان آب به داخل سیستم لوله‌ها است. در سیستم‌های باز لوله‌ای دریچه‌های نصب شده میزان دبی جریان را اندازه‌گیری می‌کند، در حالی که در سیستم‌های بسته و یا نیمه بسته، میزان دبی جریان با اندازه‌گیری خروجی‌ها تعیین می‌شود.

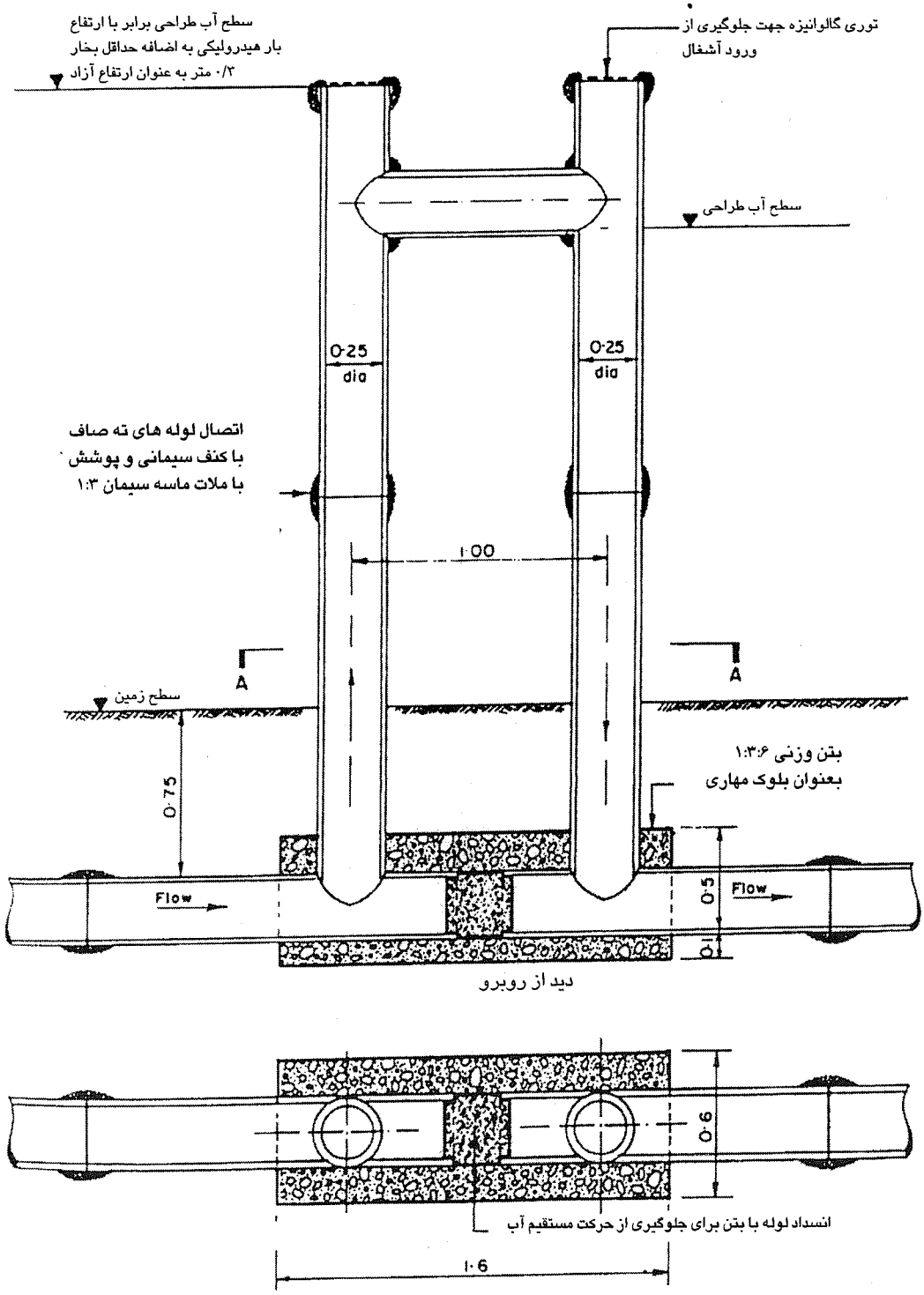
در جائی که بار هیدرولیکی در ورودی سیستم لوله‌ها به صورت گسترده‌ای متغیر باشد، ممکن است شکلی از سازه‌های کنترل خودکار جریان ورودی مورد نیاز باشد.

گزینه دیگر استفاده از دریچه‌های کنترل از پائین‌دست ساخت «نیر تک» می‌باشد، که شامل انواع آویو و آویس می‌باشد [۴۰]. این دریچه‌ها در داخل سازه‌های بتونی، مشابه دریچه‌های قطاعی استاندارد، تعبیه می‌شوند. این دریچه‌ها بصورت هیدرولیکی خودکار هستند و بنابراین برای جلوگیری از ورود اشغال به شبکه لوله‌ها و ممانعت از گرفتگی دریچه‌ها، تعبیه آشغالگیر لازم است. تنظیم اولیه و واسنجی این دریچه‌ها بایستی مورد توجه باشند. عملیات نگهداری این دریچه‌ها، به انجام گریسکاری و رنگ‌آمیزی در موارد نیاز محدود می‌گردد. دریچه‌ها باید در تراز مورد انتظار نصب شده و در داخل دامنه مجاز تغییرات طراحی باقی بمانند و نیازی به تنظیم مجدد نداشته باشند. سیستم لوله‌ها در هر دو صورت سیستم باز و نیمه باز به صورت خودکار جریان حداکثر را محدود خواهد کرد.

۵ـ۴ـ سازه‌های کنترل و تنظیم جریان [۴]

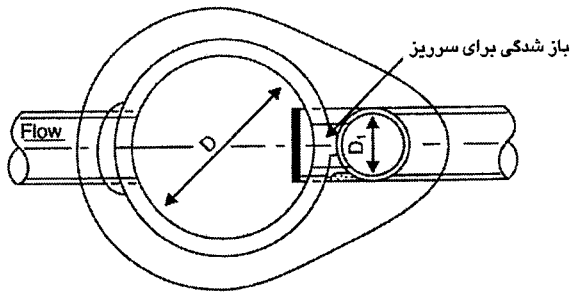
برای کنترل جریان در سیستم لوله‌های زیرزمینی، انواع متعددی از سازه‌ها وجود دارد این سازه‌ها با توجه به انعطاف‌پذیری آنها در بهره‌برداری و میزان دخالت‌های انسانی متفاوت می‌باشند. بسیاری از سازه‌ها در سیستم‌های لوله‌ای، گزینه‌هائی از لوله‌های ایستاده روباز تنظیم فشار [۵] هستند که از لوله‌های عمودی ،بتونی ساخته شده در جا، و یا با سنگ و ملات، تشکیل شده‌اند. این سازه‌ها می‌توانند به عنوان لوله‌های ایستاده دریچه‌دار یا لوله‌های مجهز به شیر شناور با عملکرد ثانوی مانند هواگیر، ضربه‌گیر یا آشغالگیر انجام وظیفه کنند.

1- *Gravity inlet structures*
2- *Slide gate*
3- *Screw gate*
4- *Flow check and control structures*
5- *Open Stand*

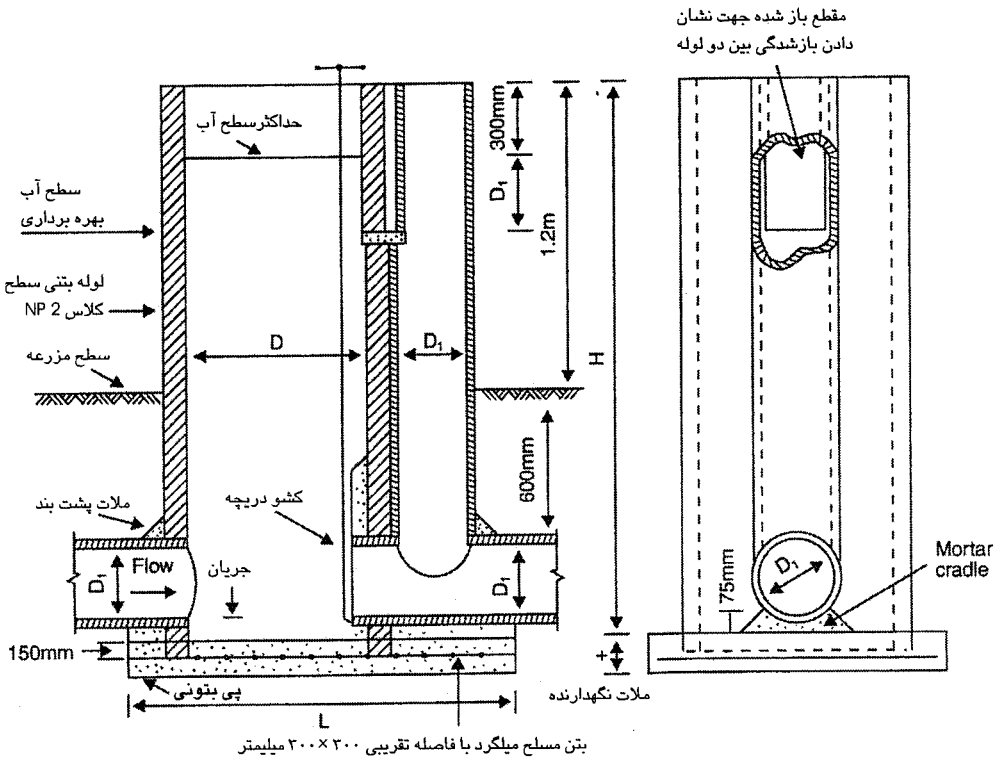


شکل ۵-۵- سرریز تنظیم کننده ایستاده در سیستم لوله زیرزمینی

مأخذ: MMI (1992)



پلان



مقطع عرضی رقوم ارتفاعی

شکل ۵-۶-لوله های ایستاده دریچه ای

مأخذ:US SCS (1967)

برای سازه‌های زیر توصیه‌های طراحی پیش‌بینی شده است:

- لوله‌های ایستاده با سرریز یا تنظیم‌کننده‌ها [۱]
- لوله‌های ایستاده با شیر شناور
- لوله‌های ایستاده دریچه‌دار
- ماسه‌گیر

استاندارد *(ASAE S261.7, 1989)* پیشنهاد می‌کند که :

- در لوله‌های ایستاده تأمین فشار بایستی با کاهش تلاطم آب تا حد ممکن از ورود هوا به خط لوله جلوگیری شود.
- سازه‌ها بایستی به گونه‌ای ساخته شوند که حداقل ۳۰ سانتی‌متر ارتفاع آزاد داشته باشند.
- سرعت آب در این نوع سازه‌ها به سمت پائین، همیشه کمتر از سرعت آب در خط لوله و ترجیحاً کمتر از ۰/۶ متر در ثانیه باشد. بنابراین قطر این سازه‌ها باید بیشتر از قطر لوله‌های مدفون در زمین باشد.

۵-۴-۱- لوله‌های ایستاده با سرریز یا تنظیم‌کننده [۲]

لوله‌های ایستاده با سرریز علاوه بر عملکرد به عنوان آبشار و تنظیم سطح، به عنوان تخلیه هوا و ضربه‌گیر نیز عمل می‌نمایند. این سازه به عنوان تنظیم‌کننده، سطح آب را در بالادست تنظیم می‌کند تا بهره‌برداری از خروجی‌های لوله‌ها عملی باشد و به عنوان آبشار، فشار بهره‌برداری داخل لوله‌ها را در حد مورد نیاز کاهش می‌دهد. افت انرژی آب یا از طریق انرژی‌گیر یا از طریق لوله افقی متصل‌کننده دو لوله عمودی، حاصل می‌شود.

شکل ۵-۵ یک لوله ایستاده با سرریز لوله‌ای نصب شده در یک سیستم بسته را که در بنگلادش استفاده می‌شود، نشان می‌دهد. این سازه در جائی که شیر کنترل جریان آب پیش‌بینی نشده است مانع برگشت آب به سمت پمپ و تخلیه به چاه می‌شود.

در یک سیستم لوله‌های باز، ارتفاع و فاصله لوله‌های ایستاده با سرریز، بایستی قبل از طراحی لوله‌های حدفاصل تعیین گردد. در مرحله‌ای که حداکثر ارتفاع لوله‌های ایستاده معلوم باشد، فاصله‌ها قابل تعیین است. ارتفاع لوله ایستاده با توجه به خط شیب هیدرولیکی قابل دسترس می‌باشد و ارتفاع ماکزیمم آن باید کمتر از دو مورد زیر باشد:

- در ارتباط با نوع لوله و فشار ماکزیمم، جدول ۱-۴ به صورت کلی اندازه‌هایی را برای انواع لوله‌های کم‌فشار ارائه می‌دهد.

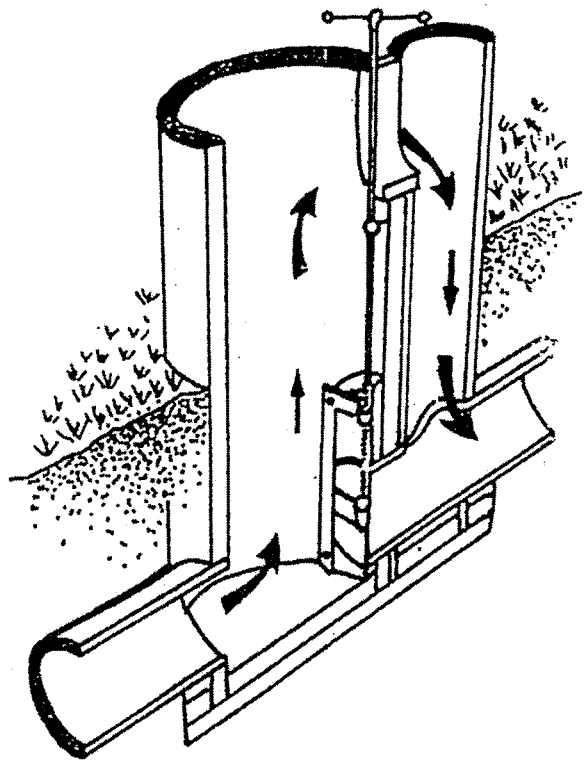
فاصلهٔ بین لوله‌های ایستاده با سرریز به گونه‌ای باید باشد که در صورت عدم وجود جریان آب، لوله‌های مابین آنها به صورت پر باقی بماند و البته با این فرض که تلفات نشت از لوله‌ها ناچیز باشد. این مسئله باعث اطمینان از عدم تجمع هوا در لوله شده و به هنگام برقراری مجدد جریان آب، مسئله‌ای را در پی نخواهد داشت. فاصله لوله‌های ایستاده با یک ارتفاع مشخص انرژی‌گیر [۳] با توجه به تغییرات شیب زمین متغیر خواهد بود.

1- Overflowstands or chcek

2- Over flow stands or check

3- Baffle

شکل ۵ـ۷ یک نمای سه بعدی از لوله‌های ایستاده بتنی با سرریز که عمدتاً در سیستم‌های لوله‌ای باز، دیده می‌شود را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۷-لوله های قائم سرریزی

مأخذ: US SCS (1967)

۵ـ۴ـ۲ـلوله‌های ایستاده با شیر شناور در سیستم‌های لوله نیمه بسته [۱]

این سازه‌ها نیز مانند لوله‌های ایستاده با سرریز، جهت کاهش فشار در سیستم‌های لوله‌ای نیمه بسته در اراضی شیبدار به کار می‌روند. شیرهای شناور یا شیرهای معروف به هاریس[۲] که اغلب به نام توسعه دهنده‌اش به این اسم معرفی می‌شود، فقط مقدار آبی را که مورد نیاز پائین‌دست است از طریق شناور حساس به سطح آب، در پائین‌دست شیر در داخل لوله ایستاده رها می‌کند.

ارتفاع شناور، سطح آب لوله ایستاده و به تبع آن فشار جریان در پائین‌دست را کنترل می‌نماید. در فشارهای زیادتر بالادست، سیستم شیر شناور در حد قابل قبولی با لوله‌های قائم با سرریز آزاد، در حالیکه فشار کار لوله افزایش نداشته باشد قابل مقایسه بوده که در این حالت تعداد سازه‌های کمتری مورد نیاز خواهد بود.

1- Float valve stand for semi - closed pipe system

2- Haris

- انتخاب

انتخاب یکی از دو نوع شیر شناور متوازن[۱] و نامتوازن[۲] بر اساس اختلاف فشار مورد انتظار *(Pd)* در دو طرف شیر لوله قائم با شیرهای شناور انجام می‌شود.

شیر شناور نامتوازن - متر ۸ < *Pd*

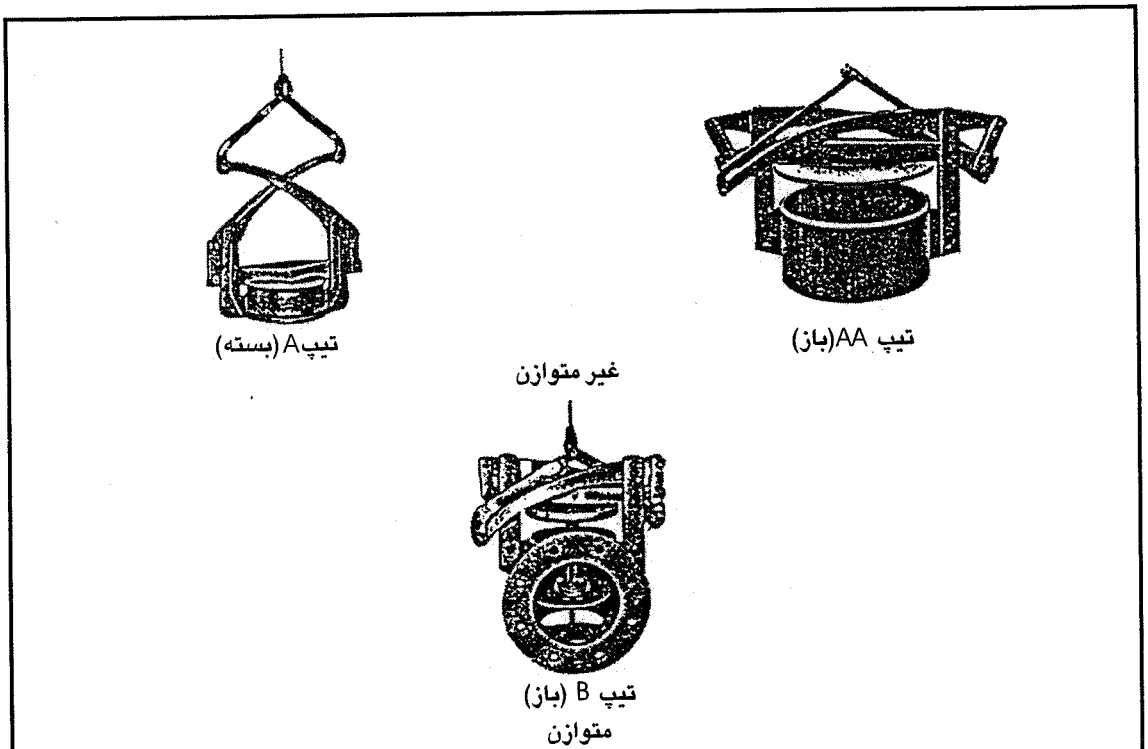
شیر شناور متوازن - ۱۵ > *Pd* > ۸ متر

آنجا که اختلاف فشار از ۱۵ متر تجاوز نماید یا باید فاصلهٔ بین ایستگاه‌ها کاهش یابد و یا در آن فاصله، فشار شکن قرار داده شود.

برای هر اندازه مشخصی از شیرآلات، پیشنهاداتی از طرف کارخانهٔ سازنده برای ابعاد شناور و قطر لوله ایستاده وجود دارد. اساس این پیشنهادات، تجربیات به دست آمده از نصب تعداد زیادی از شیرآلات توسعه یافته است لذا بایستی تقریباً برای کلیه سیستم‌های لوله‌ای قابل‌قبول باشند. در شرایط خاص، وضعیت‌هائی وجود دارند که شیرآلات و لوله‌های قائم تعیین شده کارآیی لازم را نداشته‌اند. این موارد شامل:

- لوله‌های به کار برده شده با اقطار بالا در بازه‌های طولانی
- جائی که نه فقط تنظیم جریان، بلکه تغییرات سریع جریان آب مورد نیاز است
- خط لوله‌های خیلی طولانی در مسیرهای با شیب زیاد

انواع مختلف شیرهای شناور در شکل ۵-۸ نمایش داده شده است *[۶۵]* مقطع و نمای سه بعدی از یک شیر شناور در اشکال ۵-۹ و ۵-۱۰ نمایش داده شده است *[۱۰۴ و ۹]*.

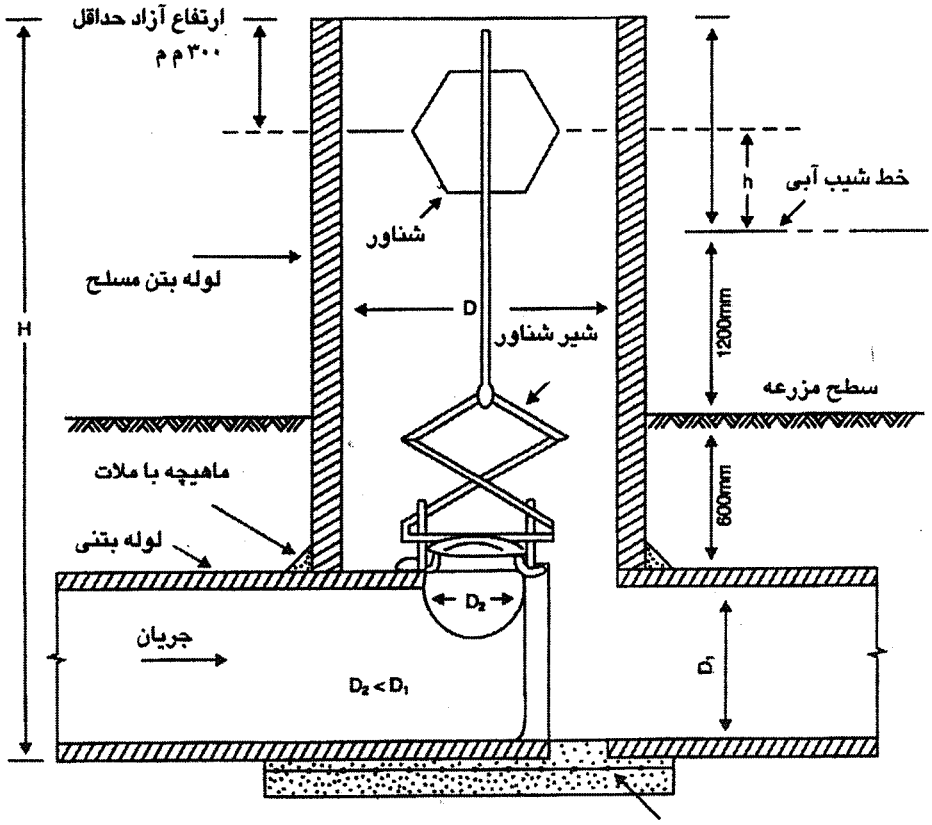


شکل ۵-۸- نمونه هایی از شیرهای شناور هاریس

مأخذ: Merriam (1987b)

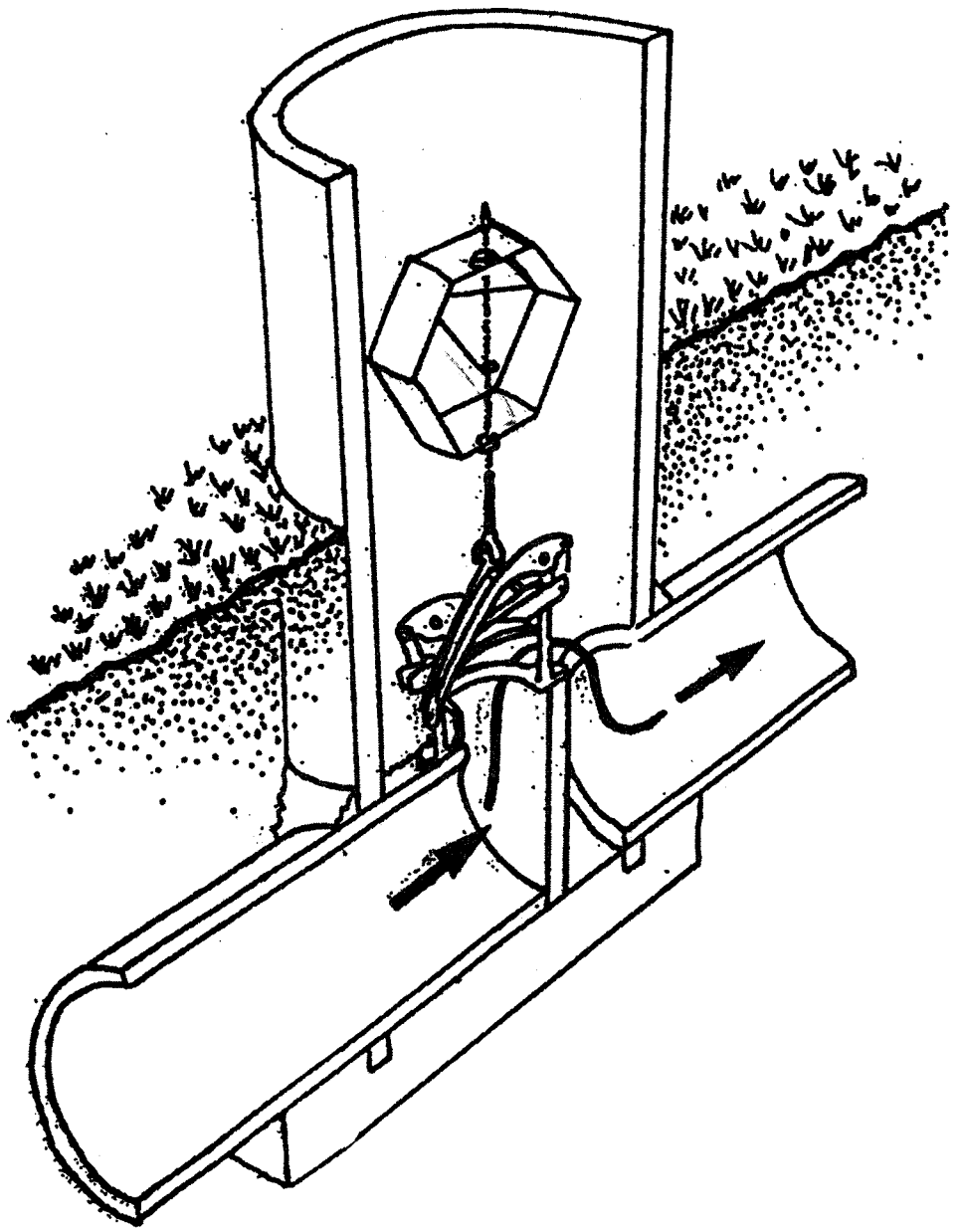
1- *Balanced*

2- *Unbalanced*



مقطع طولی

شکل ۵-۹- مقطع طولی شیر شناور ایستاده



شکل ۵-۱۰- مقطع طولی ایستاده با شیر شناور

- طراحی

اتلاف انرژی در گذر جریان آب از شیر شناور، برابر تفاضل بین تلفات انرژی اصطکاکی لوله *(SL)* و انرژی حاصل از تغییر در ارتفاع زمین *(SgL)* است.

طراحی شیرهای شناور و لوله‌های ایستاده مربوطه برای سیستم‌های لوله‌های نیمه بسته در یک روندگام به‌گام توضیح داده می‌شود. برای طراحی لوله‌ها لازم است موارد زیر قبلاً تعیین گردد:

- شیب زمین در مسیر خط لوله *(Sg)*
- فاصله لوله‌های قائم که بیشترین حد آن با توجه به تحمل فشار حداکثر لوله تعیین می‌گردد: با این توضیح که فشار حداکثر لوله در بالادست شیر شناور برابر خط انرژی، در حالت عدم عبور جریان آب خواهد بود.
- حداقل انرژی هیدرولیکی طراحی در بالای سطح زمین *(E)*: این میزان انرژی باقی‌مانده در لوله‌های قائم با شیر شناور، در دبی طراحی را پس از ملحوظ نمودن افت‌های شیرآلات و تنگ‌شدگی مسیر را برقرار می‌کند.این انرژی باقی مانده به فشار حداقل بهره‌برداری مورد نیاز در خروجی (آبگیر) بلافاصله واقع در پایین‌دست لوله قائم بستگی دارد.

به منظور فراهم آوردن امکان هرگونه بهره‌برداری از سیستم، تأمین انرژی حداقل در دبی طراحی در کل مسیر لوله بایستی مدّنظر قرار گیرد.

مراحل طراحی خلاصه شده در نمودار ۴-۲ توضیح داده شده است *[۶۵]* و شامل محاسبات شرایط هیدرولیکی در دبی طراحی و حالتی که شیر کاملاً بسته است می‌باشد. جزئیات شامل معادلات و تعاریف گردش مورد استفاده در شکل پ ۳-۱ در پیوست ۳ به تفصیل ارائه شده است. اطلاعات افت انرژی شیرهای شناور به همراه اطلاعات پایه کارخانهٔ سازنده در شکل پ ۳-۲ پیوست ۳ ارائه شده است.

یک مثال عملی از طراحی و انتخاب شیر شناور در پیوست ۳ آورده شده است.

- ساخت

بهره‌برداری از شیرهای شناور، در نواحی آبیاری مختلف در کالیفرنیای آمریکا با مشکلات خیلی کم طی ۲۵ سال گزارش شده است *[۲۰]*. در مورد خرابکاری مطلبی ارائه نشده ولی در برخی شرایط وقوع آن به عنوان یک مشکل محتمل می‌باشد. با عمل نمودن به پیشنهادات زیر در ساخت شیرهای شناور لوله‌های ایستاده، مشکلات فوق‌الذکر اجتناب‌پذیر خواهد بود.

- صفحات شیرآلات کاملاً افقی نصب گردند.
- برای شیرهای بزرگتر به منظور اجتناب از فرسایش آن در اثر برخورد با دیوارهای لوله قائم بازوی هدایت‌کننده شناور[۱] در نظر گرفته شود.
- شناور اسفنجی [۲] بایستی به صورت مطمئن به میله رابط بسته شود و داشتن بست ذخیره، اقدام تضمین کننده خوبی می‌باشد.
- تمامی لوله‌های قائم بایستی دارای اندازه کافی جهت دسترسی ساده برای نگهداری بوده و یک شیر قطع و وصل در یک سمت آن نصب شود.

1- Float stem guide

2- Styrofoam

- در مفصل‌های لولائی شیرها، استفاده از پین‌های فولادی یا دارای مقاومتی در حد فولاد به پین‌های برنجی ترجیح دارد. در برخی موارد ثابت شده است که فرسایش سریع پین‌های برنجی مشکل ساز است.

- بهره‌برداری ـ نوسانات جریان در شیر [۱]

در صورتی که شیر برای نوسانات کمتر سطح آب تنظیم شده باشد ممکن است مشکلاتی در بهره‌برداری از شیرها ظاهر شود. این امر در شیرهای شناور متوالی تشدید می‌شود *[۶۵]*. این مشکل با اطمینان از محدود کردن سطح آب در محدوده ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر در شیر شناور، در حالت کاملاً باز یا بسته به حداقل می‌رسد. چنانچه دامنه وسیع‌تری از تغییرات سطح آب مورد نیاز باشد با به کار بردن شناورهای نازک‌تر می‌توان به حل مشکل فوق کمک کرد. در حالت یکسان فشار آب به سمت بالا و جائی که نوسانات آب ناگزیر باشد، معمولاً به یکی از دو روش زیر مسئله می‌تواند کنترل شود:

- ساده‌ترین روش تنظیم، عبارت است از جابجائی ارتفاع کنترلی شناورها در لوله‌های ایستاده مجاور، در بالا و در پائین، به طوری که شیب انرژی جریان تغییر نماید.
- تغییر شکل شناورهای متوالی نیز در جائی که دبی جریان یکسان باشد یکی از راهکارهای عملی می‌باشد. تغییر شکل باعث دگرگونی وضعیت استغراق شده و به تبع آن حجم آب در لوله قائم تغییر می‌کند که این امر باعث تغییراتی در دریچه شیر خواهد شد.

پرکردن خط لوله بایستی به آرامی انجام شود به طوری که جریان آب به صورت پیوسته و یکنواخت جاری گردیده، بدون آنکه مسئله ضربهٔ آبی پدید آید.

خط لوله بایستی پر نگهداشته شود و در مواقعی که از آب لوله استفاده نمی‌شود (در سیستم‌های تأمین آب ثقلی) می‌توان لوله کوچکی به صورت کنارگذر [۲] جهت جایگزینی نشت آب ازلوله‌ها به هنگام بسته بودن دریچه‌ها در نظر گرفت *[۶۵]*.

۵-۴-۳-لوله‌های ایستاده دریچه‌دار [۳]

لوله‌های ایستاده دریچه‌دار، اساساً برای کنترل جریان در محلی که خط لوله به چند شاخه منشعب شده و لازم است جریان آب مورد نیاز به آن شاخه‌ها هدایت شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. مخازن تأمین فشار و برج‌های فشار، در جائی که شیرها یا دریچه‌ها، ورود آب به انشعابات لوله را کنترل می‌کند همانند لوله ایستاده دریچه‌دار عمل می‌کند و در بیشتر سیستم‌های لوله‌ای کوچک نیازی به لوله‌های ایستاده دریچه‌دار اضافی وجود ندارد. استثناء در این مورد در جائی است که جریان باید بین دو انشعاب به جهت کاهش اندازه لوله یا کاهش افت اصطکاک تقسیم گردد. در سیستم‌های لوله‌ای بزرگتر، ممکن است لوله‌های قائم دریچه‌دار برای کنترل تقسیم جریان مورد نیاز باشند. اما زمانی که انتخاب شیرهای بهره‌برداری تغییر می‌کند، آنها احتیاج به تنظیم مداوم دارند[۴] و بهره‌برداری را به جهت نیاز به تنظیم دستی پیچیده می‌کنند.

در سیستم‌های لوله‌ای باز، لوله‌های قائم با سرریز اغلب به دریچه مجهز می‌گردند تا در جریان دبی حداکثر به

1- Valve Hunting

2- by Pass

3- Gate stands

4- Continual resetting

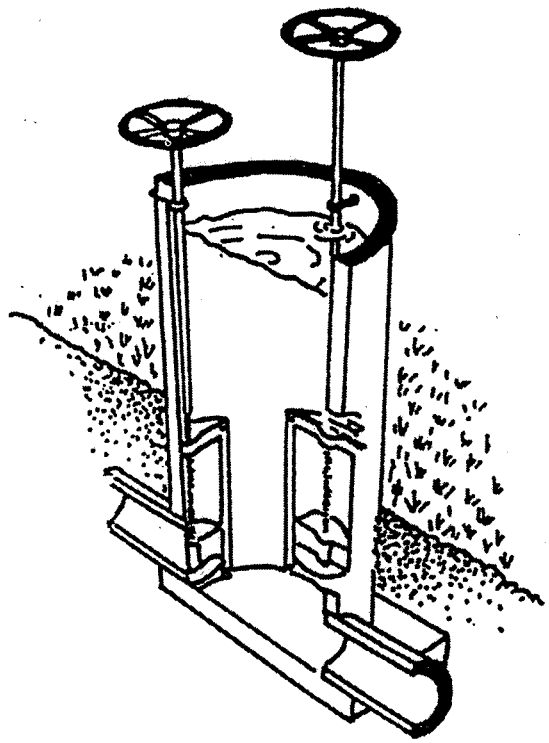
کاهش ورود هوا کمک کنند.

دو نوع آرایش دریچه‌ها در داخل لوله‌های قائم معمول است:

- جائی که لوله به صورت جانبی وارد لوله قائم می‌شود، از دریچه‌های کشوئی استفاده می‌شود. این دریچه‌ها به وسیله دسته‌ای با محور رزوه‌ای[1] باز می‌شوند.

استفاده از یک فرمان متحرک برای بهره‌برداری از دریچه، لرزش ناشی از تنظیم دریچه را کاهش می‌دهد. یک لوله قائم دریچه‌دار از این نوع در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده است. این دریچه‌های کشوئی نباید بدون واسطه مورد استفاده قرار گیرد، مگر در سیستم‌های خیلی کوچک، چرا که به دلیل جرم‌گرفتگی [2] یا فرسوده شدن دریچه، بهره‌برداری مشکل می‌گردد.

- لوله ایستاده بر روی لوله افقی ساخته می‌شود، به طوری که یک باز شدگی در کف لوله ایستاده وجود خواهد داشت. دریچه‌های آلفالفا که در کف لوله قائم کار گذاشته می‌شوند به وسیله دسته‌های بلندی که به کلاهک دریچه قفل می‌گردند باز و بسته می‌شوند.



شکل ۵-۱۱- مقطع طولی لوله ایستاده دریچه دار

ماخذ:US SCS (1967)

1- *threaded*

2- *rewevalel wheel*

برای نگهداری دسته‌ها در جایشان می‌باید از چهارچوب‌های هدایت‌کننده استفاده شود. چرا که مجدداً قرار دادن دسته شیر در لوله قائم پرآب مشکل خواهد بود. چنین چهارچوب‌هائی برای مخازن تأمین فشار در سیستم‌هائی در بنگلادش [۳۵ و ۷۴] ساخته شده است. جزئیات دسته و چهارچوب هدایت‌کننده در شکل ۵-۱۲ نشان داده شده است.

لوله‌های ایستاده دریچه‌دار معمولاً بصورت بتنی پیش ساخته یا در جا با قطرهای بزرگ ساخته می‌شوند. در بعضی موارد لوله‌های ایستاده از سنگ یا آجر و ملات ساخته می‌شوند، که باید دارای قطر حداقل ۰/۷۵ متر باشند [۵۹]. شرایطی که در آن لوله‌های ایستاده دریچه‌دار خاص، جدا از مخزن تأمین فشار، در سیستم لوله‌ای تعبیه می‌گردند، در سیستم‌های ساخته شده آمریکائی در چندین مورد گزارش شده است [۸۲ و ۸۳].

۵-۴-۴- ماسه‌گیرها[1]

ماسه‌گیرها معمولاً بین منبع تأمین آب و سیستم لوله‌ای استقرار می‌یابد و فقط در لوله‌های ایستاده روباز و جریان‌های آزاد کاربرد دارد. ماسه‌گیرها ممکن است به عنوان یک قسمت از سازه ورودی در سیستم بهره‌برداری ثقلی مورد نیاز باشد و یا در یک لوله ایستاده پمپ، جائی که آب از یک منبع سطحی با میزان زیاد مواد معلق جامد تأمین می‌شود قرار گیرد.

از این ماسه‌گیرها برای سیستم‌هائی که تأمین آب آنها از منابع زیرزمینی است و مقادیر زیاد مواد معلق جامد آب نشان‌دهنده عدم کارآئی ساختمان چاه و لوله‌گذاری آن است و باعث فرسودگی پمپ می‌شود، نبایستی استفاده شود. در شکل ۵-۱۳ یک طرح نمونه از این ماسه‌گیر نشان داده شده است.

ماسه‌گیر فقط ذرات بزرگتر شن را ته‌نشین می‌کند به طوری که مواد سیلتی و رسی در سرعت‌های نرمال جریان ورودی به ماسه‌گیر، رسوب نمی‌کنند. در بیشتر موارد که ذرات سیلت یا رس در سیستم‌های لوله‌ای مدفون امکان ته‌نشینی می‌یابد، لازم است سرعت آب در محل خروجی‌ها به اندازه‌ای باشد (۰/۴ تا ۱/۵ متر در ثانیه) تا بتواند رسوبات را شستشو دهد.

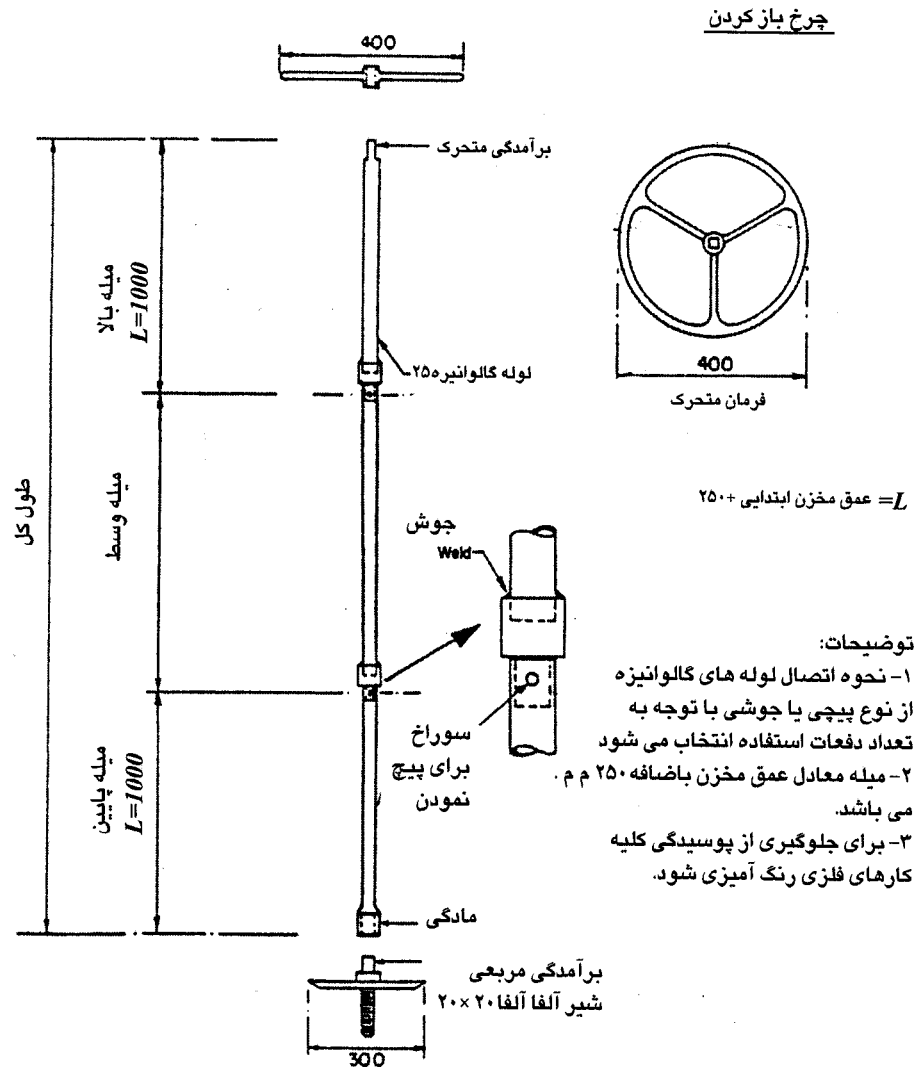
ابعاد ماسه‌گیر بایستی متناسب با حجم پیش‌بینی شده رسوبات و همچنین تخمین محافظه‌کارانه از تناوب تخلیه رسوبات باشد.

- ساخت

آقای کلووک [۵۹] پیشنهادات زیر را ارائه نموده است:

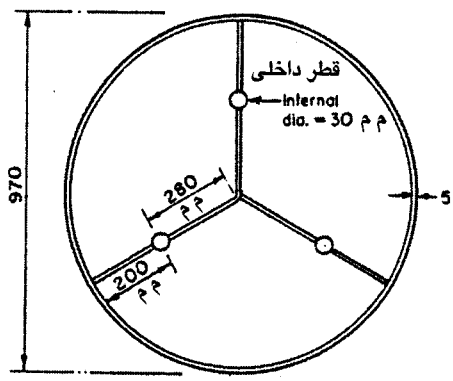
- لوله‌های ورودی و خروجی در لوله‌های ایستاده می‌بایست حداقل به اندازه دو برابر قطر لوله‌ها و به طور عمودی و موازی قرار گیرند.
- لوله‌های ایستاده پمپ که به عنوان ماسه‌گیر هم عمل می‌کنند، بایستی دارای قطر داخلی حداقل ۰/۸ متر بوده و کف آن نسبت به لولهٔ خروجی ۰/۵متر پایین‌تر باشد.

1- Sand Traps



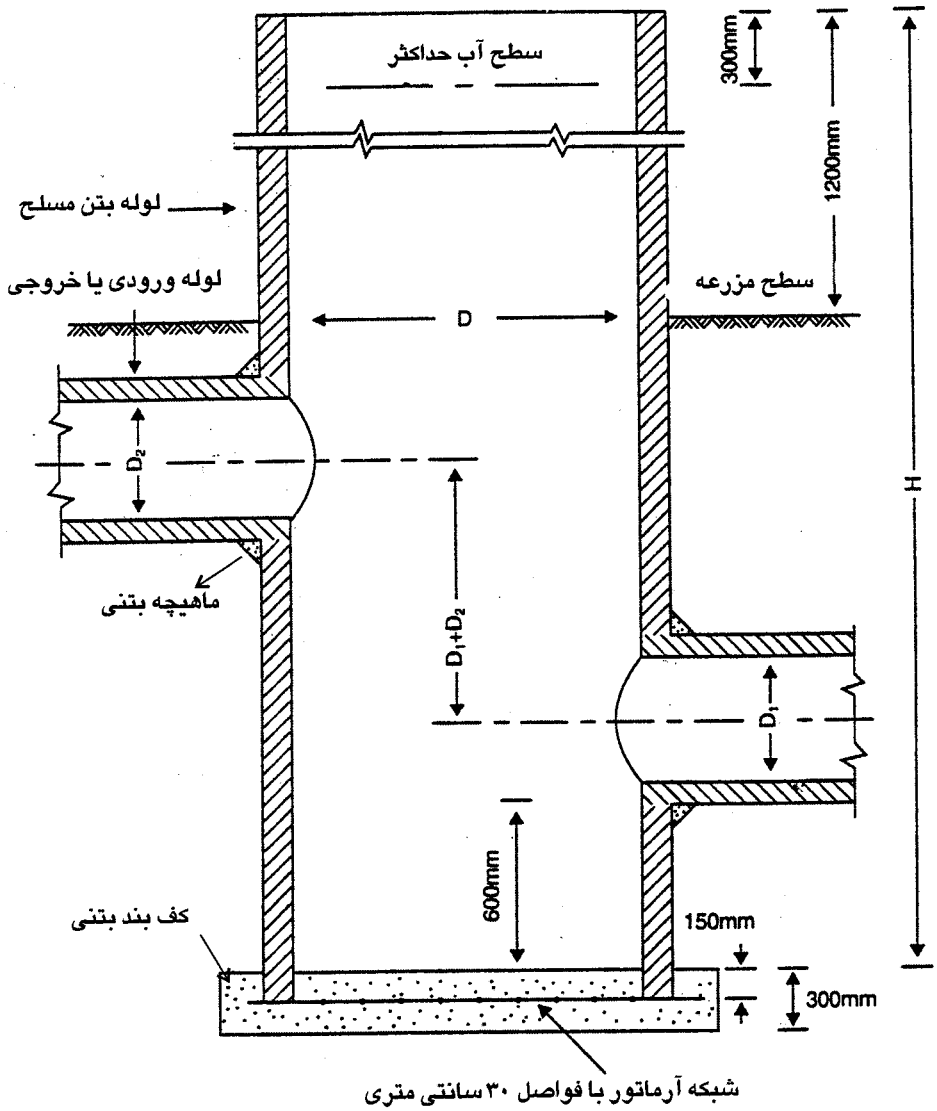
L= عمق مخزن ابتدایی +۲۵۰

توضیحات:
۱- نحوه اتصال لوله های گالوانیزه از نوع پیچی یا جوشی با توجه به تعداد دفعات استفاده انتخاب می شود
۲- میله معادل عمق مخزن باضافه ۲۵۰ م م . می باشد.
۳- برای جلوگیری از پوسیدگی کلیه کارهای فلزی رنگ آمیزی شود.



قاب هدایت کننده:
توضیحات:
۱- قاب در بالای لوله ایستاده پمپ هدایت میله ها نصب میشود.
۲- با استفاده از تسمه ۵+۲۵ م.م.
ابعاد به میلی متر

شکل ۵ - ۱۲ - چگونگی کنترل در مقسم و منبع فشار
ماخذ: *MMI, 1992*



شکل۵-۱۳- مقطع ماسه گیر

ماخذ: *Us SCS (1967)*

- مخزن تأمین فشار باید دارای آنچنان ابعادی باشد که سرعت عمودی جریان آب در آن از ۰/۱ متر در ثانیه تجاوز نکند.
- در اراضی شیبدار لازم است جهت تخلیه ماسه ته‌نشین شده لوله‌ای به قطر حداقل ۱۰۰ میلی‌متر تعبیه شود.

۵-۵- لوله ضربه‌گیر [۱]

در عمل هر نوع لوله‌ای ایستاده باز، شامل مخزن تأمین فشار یا برج فشار و همچنین سازه‌هایی که برای کنترل جریان پیش‌بینی شده‌اند و یا لوله‌های ایستاده سرریز دار، همانند لوله‌های ضربه‌گیر عمل خواهند کرد.
ارتفاع لوله ضربه‌گیر باید بالای خط شیب هیدرولیکی برای بهره‌برداری از کلیه خروجی‌های موجود سیستم باشد. این مقدار شامل ارتفاع مجاز آزاد آب (۰/۳ متر) جهت اجتناب از سرریزی ناشی از نوسانات محدود انرژی در دوران بهره‌برداری می‌گردد.
برای این که ستون‌های ضربه‌گیر در مقابل ضربهٔ آبی عکس‌العمل‌های مؤثری داشته باشند، توصیه‌های زیر ارائه شده است *[۱۶]*:

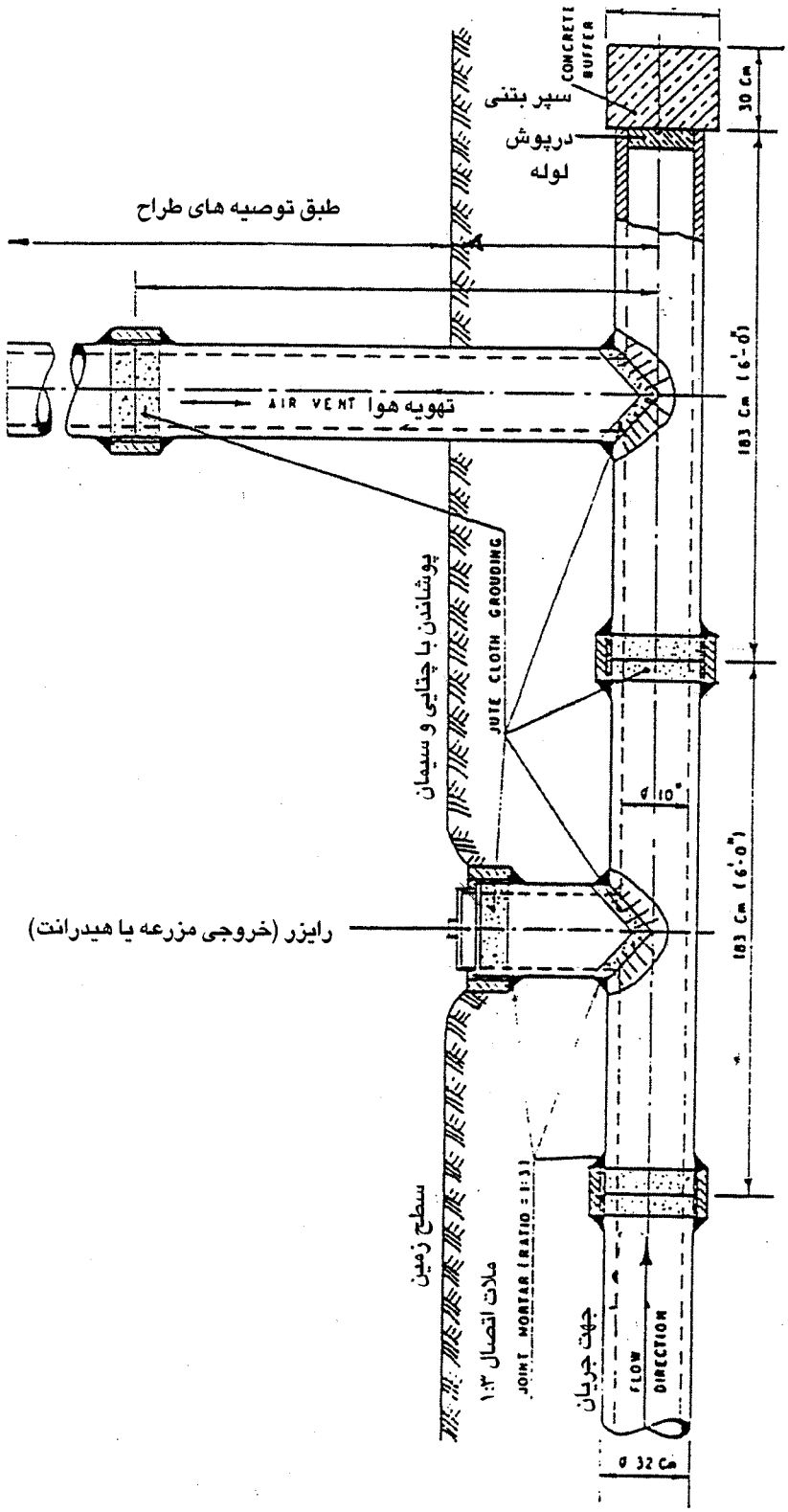
- لوله ضربه‌گیر بایستی مستقیماً یا از طریق یک شاخه کوتاه با شیب منفی و در طولی کمتر از ۳۰متر به خط لوله متصل گردد.
- قطر لوله ضربه‌گیر نباید کمتر از قطر لوله‌ای که به آن متصل می‌گردد باشد.
- در صورت استفاده از لوله‌های جدار نازک پی‌وی‌سی سخت که برای آن پائین‌ترین فشار منفی دارای اهمیت است، نبایستی قطر داخلی لوله قائم (ضربه‌گیر) کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

ارتفاع حداکثر لوله ضربه‌گیر بالای لوله نباید از فشار مجاز کار در لوله بیشتر شود،البته این ارتفاع با توجه به روش‌های ساختمانی و مصالح مورد استفاده محدود می‌گردد. عموماً حداکثر ارتفاع با استفاده از شیرهای تخلیه هوا در حالت استفاده از لوله‌های پی‌وی‌سی سخت حدود ۵ متر و در حالتی که لوله‌های بتنی غیرمسلح باشد ۴ متر خواهد بود.
لوله‌های ضربه‌گیر که سازه‌ای ساخته شده بر روی سطح زمین هستند، مانند دریچه‌های تخلیه هوا در معرض خرابکاری و آسیب‌دیدگی هستند. جهت کمک به کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، روش‌های مشابهی که برای شیرهای تخلیه هوا ذکر شده می‌تواند در این جا نیز مورد استفاده قرارگیرد. یک نوع لوله ضربه‌گیر که به وسیله *TADP* در سیستم‌های بنگلادش ساخته شده و همچنین به عنوان شیر تخلیه هوا عمل می‌کند، در شکل ۵-۱۴ نشان داده شده است *[۳۵]*.

۵-۶- تهویه‌کننده و شیرهای هوا [۲]

تهویه‌کننده‌های هوا اصولاً برای رهاسازی آهسته و کنترل شدهٔ هوا نصب می‌شوند و از آنجائی که جزء سازه‌های مستقر روی زمین هستند، جهت حداقل نگهداشتن هزینه‌های نگهداری، بایستی به تعداد هر چه کمتر از آنها در سیستم استفاده شود.

1- Surge risers *2- Air vents and valves*



شکل ۵ - ۱۴ - لوله ایستاده تهویه هوا و ضربه گیر
ماخذ: *Georgi (1999)*

توضیح: سپر بتنی در انتهای لوله باید از دو طرف دیوار تراشه ۳۰ سانتی متر به داخل خاکهای دست نخورده ادامه یابد طول کل حدود ۱۵۰ سانتی متر

هوا در کلیه خطوط لوله پیدا می‌شود و اگر نتواند از راه کنترل شده تخلیه شود، موجب ایجاد ضربه در لوله می‌شود و همانگونه که پیش از این ذکر شد، همچنین باعث کاهش ظرفیت جریان در خطوط لوله می‌گردد. هوا از طرق گوناگون به لوله وارد می‌شود:

- عملکرد گردابی پمپ
- از ورودی قسمت انتهائی لوله مکش
- هنگامی که لوله خالی است.
- به صورت محلول در آب [۱]
- وارد شدن از دهانه ورودی منبع آب

گرچه شرایطی که در آن دریچه‌های تخلیه هوا مورد نیاز محتمل می‌تواند از پیش تعیین شود، امّا دشوار است که بدون «طراحی دست‌بالا [۲]» انتظار داشت که طراحی بدون اشتباه در همهٔ شرایط امکان‌پذیر باشد. در بیشتر سیستم‌های لوله‌ای جائی که مشکلی پس از استفاده از سیستم پدید می‌آید، تعبیه یک دریچه هوای اضافی عمل نسبتاً ساده‌ای است. استانداردها، رهنمودهائی در مورد فاصله نصب دریچه‌های تخلیه هوا ارائه کرده و فواصل ۴۰۰ متری و ترجیحاً ۲۰۰ متری را پیشنهاد می‌کنند *[۳]*.

امّا تجربیات حاصل از طراحی و بهره‌برداری در محل بهترین راهنمای منطقی را فراهم می‌سازند.

شرایطی که مشخصاً دریچه‌های تخلیه هوا مورد نیاز هستند عبارت است از:

- سیستم‌های لوله‌ای خیلی مسطح، جائی که حرکت هوا به هنگام پر کردن لوله‌ها بسیار کند است.
- جائی که تجمع هوا در خط لوله در بین دو آبیاری به میزان قابل توجهی توسعه یابد، به عنوان مثال لوله‌های بتنی با ملات در محل اتصالات

در موقعیت‌هائی که مقادیر زیادی از هوا وارد جریان آب می‌شود:

I) در لوله‌های ایستاده سرریزدار در سیستم‌های لوله‌ای باز

II) در لوله‌های باریک ایستاده پمپ با سرعت‌های زیاد جریان آب در داخل لوله

- تغییرات ناگهانی در مسیر خط لوله به خصوص در نقاط مرتفع و تغییرات نزولی خط انرژی در مسیر جریان
- پائین‌دست شیرهای قطع و وصل در مسیر جریان، جهت خلاءزدائی در لوله‌هائی که به فشار منفی حساس هستند.

در شرایط یکسان، سیستم‌های لوله‌ای شاخه‌ای نسبت به سیستم‌های حلقوی که از دو جهت پر میشوند، به تعداد بیشتری دریچه تخلیه هوا نیازمند هستند. در هر جا امکان داشته باشد سیستم باید طوری طراحی شود که مقدار هوای ورودی و یا تعداد دفعاتی که در آن سیستم لوله‌ها در حد فاصل دوره‌های آبیاری، تخلیه می‌شود به حداقل برسد.

سازه‌های تخلیه هوا به دو گروه تقسیم میشوند: تهویه‌کننده‌ها و شیرها

۵ـ۶ـ۱ـ تهویه‌کننده [۳]

این دریچه‌ها شامل برج‌های روبازی هستند که در خطوط لوله کم فشار مورد استفاده قرار می‌گیرند و ارتفاع

1- in solution

2- Over design

3- Vent

آنها می‌بایست بالای خط شیب انرژی قرار گیرد. این سازه‌ها با جزئیات بیشتر در زیر تحت عنوان «تخلیه یا تهویه‌کننده‌های باز[1]» مورد توجه قرار گرفته‌اند. نوع دیگر این سازه، سازه مکانیکی تخلیه هوا است که فقط جهت رها کردن مقادیر زیادی هوای جمع شده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵ـ۶ـ۲ـ شیرها

جائی که در فشارهای زیاد دریچه‌های باز کارآئی لازم را ندارند، شیر تخلیه هوا، امکان تخلیه هوا را فراهم می‌سازد، ابعاد روزنه یک شیر هوا بستگی به قطر لوله، شیب لوله، میزان جریان و فشار کار دارد. زمانی که پر کردن لوله‌ها با تواتر مشخصی مورد نیاز است، مثلاً در جائی که لوله‌ها به جهت تلفات نشت آب خالی می‌شوند، شیرهای تخلیه هوا با روزنه بزرگ مورد نیاز است. عملکرد این شیرها برای تخلیه مقادیر کم هوا، در طول بهره‌برداری معمولی ضعیف بوده و اغلب شیرهای اضافی تخلیه هوا که به طور مداوم کار می‌کنند، مورد نیاز است.

جهت اجتناب از به وجود آمدن خلاء که باعث خرابی در لوله‌های نظیر لوله‌های پی‌وی‌سی با دیوارهٔ نازک می‌گردد، از شیرهای خلاء [2] برای ورود مجاز هوا به داخل لوله استفاده می‌شود.

۵ـ۶ـ۳ـ تهویه‌کننده‌های باز

این نوع دریچه‌ها مستقیماً به خط لوله وصل می‌شود و بلندی آن به اندازه ارتفاع خط هیدرولیکی جریان در بالای کف لوله به علاوهٔ حداقل ۰/۳ متر به عنوان ارتفاع آزاد در نظر گرفته می‌شود. معمولاً این نوع دریچه برای ارتفاعی بالاتر از ۴ تا ۵ متر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، همچنین جائی که قطر لولهٔ این دریچه حداقل ۲۰۰ میلی‌متر باشد، می‌تواند به عنوان ضربه‌گیر در مقابله با ضربه آبی عمل کند. جائی که به محافظت سیستم در مقابل ضربه نیازی نیست، قطر دریچه تخلیه هوا می‌تواند $\frac{1}{60}$ قطر لوله اصلی یا حداقل ۵۰ میلی باشد [۳]. کاهش قطر می‌تواند از ارتفاعی نه کمتر از قطر لوله اصلی در بالای محور آن شروع شود. لوله بایستی به سمت دریچه ادامه یابد (حدود ۵۰ میلی‌متر) چرا که حجم کمی از هوای محبوس، خرابی ناشی از ضربه را باعث می‌شود.

جدول ۵ـ۱ـ حداقل اندازه روزنه برای دریچهٔ تخلیه هوا با حجم زیاد [۳]

حداقل اندازه روزنه (mm)	قطر لوله (mm)
۵۰	۱۵۰
۵۵	۲۵۰
۸۰	۳۸۰
۱۰۰	۵۰۰
۱۲۵	۷۶۰
۱۶۵	۹۱۰

1- Open Vents
2- Vacuum Valves

در اینجا دو نوع سازه تخلیه هوا نشان داده می‌شود. اولی (شکل ۵ـ۱۴) نوعی از دریچه‌های باز است که در سیستم‌های لوله‌ای بسته در بنگلادش استفاده شده است. در طرح دوم (شکل ۵ـ۱۵) از یک لوله فولادی با قطر کوچکتر، که می‌تواند با شیر تخلیه هوا از نوعی که در ذیل توضیح داده شده است، جایگزین شود. این نوع که در سیستم‌های حلقوی لوله کم فشار از جنس پی‌وی‌سی سخت استفاده شده است در مادهایا پرادش هندوستان ساخته شده است. نمونه‌های دیگری از کاربردهای عمومی دریچه‌های باز تخلیه هوا در مأخذ [۹] ارائه شده است.

۵ـ۶ـ۴ـ دریچه‌های هواگیر مکانیکی [1]

این شیرها می‌توانند به جای دریچه‌های باز تخلیه هوا در خطوط لوله کم‌فشار استفاده شوند. این شیرها تخلیه حجم زیادی از هوا را امکان‌پذیر می‌سازند و خصوصاً به هنگام پر شدن لوله اهمیت می‌یابند و در دورهٔ بهره‌برداری عادی که لوله‌ها پر هستند، بسته می‌مانند. این نوع شیرها معمولاً تا کمتر از ۰/۵ متر بالای زمین استقرار می‌یابند و قابلیت تخلیه مقادیر کم هوای محبوس شده را در دوران بهره‌برداری ندارند.

توصیه‌های مربوط به حداقل اندازه این نوع شیرها در استاندارد امریکائی [۳] تدوین شده، که خلاصه‌ای از آن در جدول ۵ـ۱ ارائه شده است. جدا از مأخذ مربوط به ساخت و استفاده از محفظه‌های بزرگ بتنی با دریچه‌های دارای شناور توپی در قسمت ورودی در سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی از جنس لاستیک در چین [۲۱]، سازندگان قابلیت استفاده و دسترسی به این نوع دریچه‌ها را صرفاً برای حد فشار ۷ و ۳۵ متر که در آن آب‌بند می‌باشد اعلام می‌نمایند. رجوع شود به شکل ۵ـ۱۶.

۵ـ۶ـ۵ـ شیرهای خلاءزدایی [2]

این شیرها یا به صورت تک منظوره فقط برای تخلیه خلاء و یا دو منظوره، در جائی که وظیفه تخلیه هوا را نیز عهده‌دار است کاربرد دارد. شیرهای خلاءزا بخصوص در سیستم‌های با لوله پی‌وی‌سی جدار نازک که نسبت به شکستگی ناشی از فشار منفی حساسیت بیشتری دارند، مهم هستند.

جدول ۵ـ۲ـ اقطار حداقل روزنه ورودی هوا شیرهای دفع‌خلاء [۳]

قطرلوله(میلی‌متر)	۱۵۰	۲۵۰	۳۸۰	۵۰۰	۷۶۰
درصد شیب	حداقل‌اقطارروزنه‌ورودی‌هوا (mm)				
۱	۱۵	۵۵	۹۰	۱۱۵	۱۷۵
۲	۲۵	۶۰	۱۰۰	۱۳۰	۲۰۰
۳	۳۰	۷۰	۱۰۵	۱۴۵	۲۲۰
۴	۴۰	۷۵	۱۱۰	۱۵۵	۲۳۵
۶	۵۰	۸۵	۱۲۰	۱۶۰	۲۶۰
۱۰	۵۵	۹۰	۱۳۵	۱۷۵	۳۱۵
۲۰	۶۰	۱۰۰	۱۶۰	۲۱۰	۳۷۰

1- *Mechanical air vents*

2- *Vacuum relief valves*

در سیستم‌های آبیاری با لوله‌های پی‌وی‌سی سخت جدار نازک که در برابر فشار منفی شدیداً شکننده هستند، خلاء ایجاد شده در اثر تخلیه سریع لوله، عامل مهمی در شکستن لوله می‌باشد. همچنین در زمان بهره‌برداری عادی سیستم، چنانچه خط انرژی پایین‌تر از خط لوله قرار گیرد و یا هنگام تعمیرات لوله که سیستم تخلیه می‌گردد، خلاء ایجاد می‌شود دراین حالت از یک شبه مکش هوا، می‌توان به منظور ایجاد حالت سیفون در لوله استفاده نمود و با طراحی دقیق، نیاز به شیرهای تخلیه هوا را به حداقل ممکن رسانید.

محل استقرار اصلی شیرهای هواگیری و هوادهی پایین‌دست پمپ‌هاست و این شیرها باید به طور مستقیم روی خط لوله نصب شوند و بتوانند به طور سریع هوای شیرها و دریچه‌های خط لوله تخلیه کنند. سیستم لوله‌های بتونی کم‌فشار معمولاً به علت استفاده از خروجی روباز، نیازی به این شیرها ندارند.

سیستم لوله‌های تحت فشار به تجهیزات مکانیکی تخلیه هوا و شیرهای هواگیری که در فشار مشخصی به کار می‌افتند نیاز دارد.

برخی از تولیدکنندگان، شیرهای مخصوصی عرضه می‌کنند که در فشارهای متوسط تا زیاد عملکرد خوبی دارند (شکل ۵ـ۱۷) درجه اعتبار عملکرد این شیرها در فشارهای کم نامشخص می‌باشد. حداقل اندازه‌های پیشنهادی روزنه‌های شیرهای خلاءزداکه در نقاط مرتفع نصب می‌گردند با جزئیات در جداول ۵ـ۱ و ۵ـ۲ ارائه شده است *[۳]*.

۵ـ۶ـ۶ـ شیرهای تخلیه دائم هوا [1]

این نوع شیرها قادر به تخلیه حجم زیادی از هوا نمی‌باشند. اما در مواردی که در حین بهره‌برداری مقداری هوا در لوله‌ها جمع می‌شود، کاربرد دارد. از این شیرها می‌توان در خطوط لوله‌ای که در حد فاصل فعالیت‌های آبیاری کاملاً تخلیه نمی‌شوند و یا به عنوان ضمائم شیرهای روزنه‌ای بزرگ استفاده کرد.

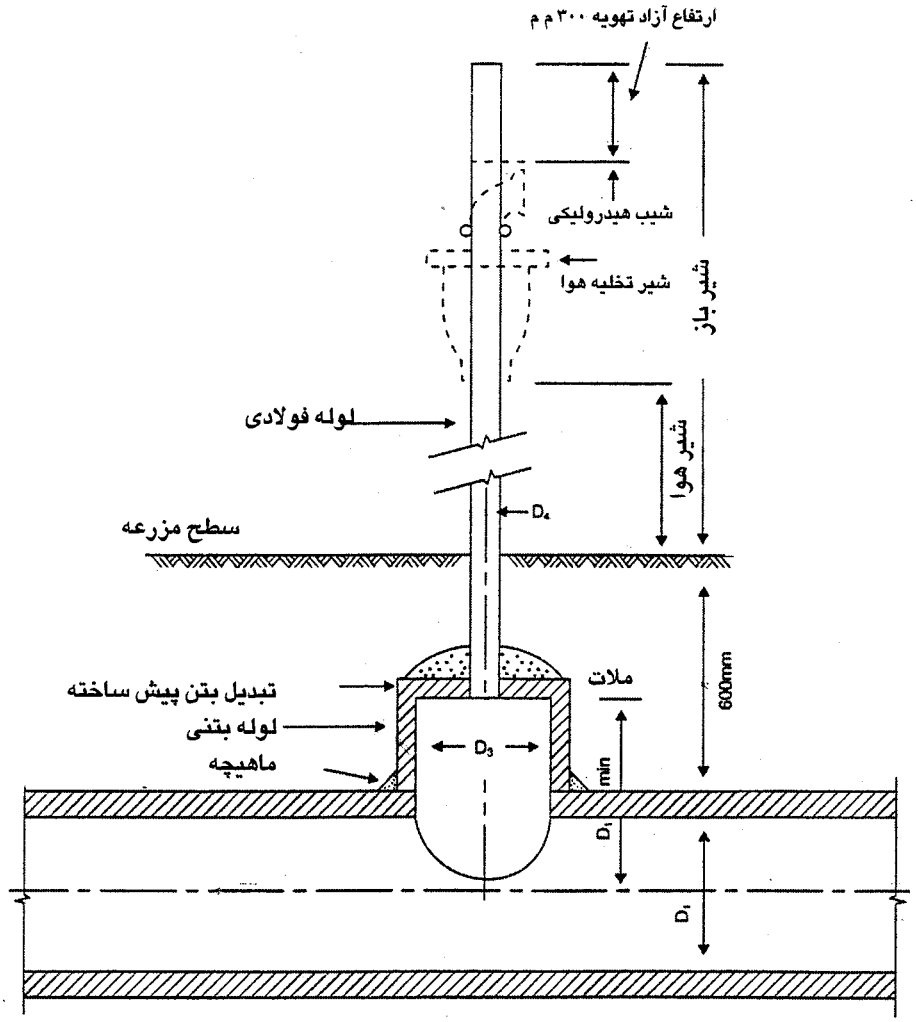
سازندگان، شیرهای انحصاری را توصیه می‌کنند که ترکیبی از شیرهای هواگیری و تخلیه هوا می‌باشد و در فشارهای پایین در حد ۳ متر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند (شکل ۵ـ۱۸).

اندازه‌های پیشنهادی روزنه شیرها برحسب دبی خط لوله در جدول شماره ۵ـ۳ آورده شده است *[۳]*.

جدول ۵ـ۳ـ حداقل اندازه روزنه برای لوله‌های با دبی مختلف و تخلیه دائمی هوا *[۳]*

اندازه روزنه (میلی‌متر)	دبی (لیتر در ثانیه)
۲/۵	۰ـ۲۵
۴	۲۵ـ۵۰
۵	۵۰ـ۱۰۰
۶	۱۰۰ـ۱۵۰
۱۰	>۱۰۰

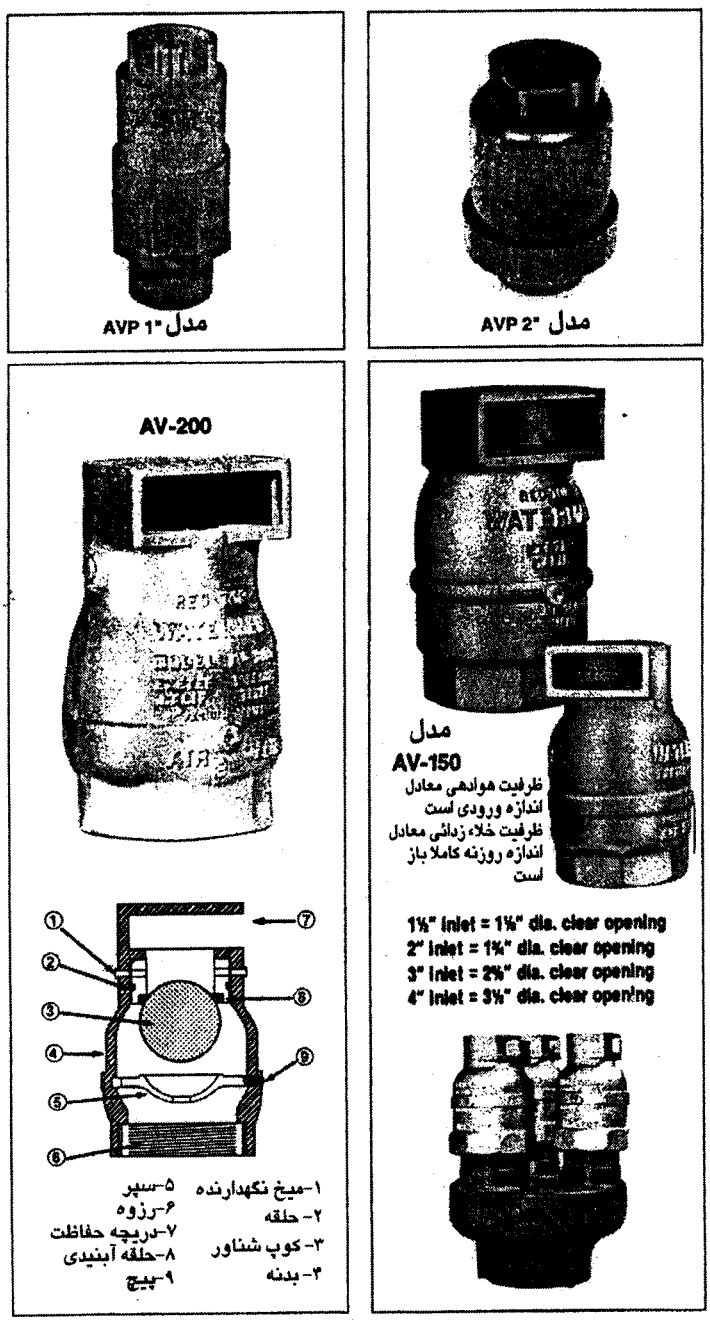
1- *Continuously acting air release valves*



مقطع طولی

شکل ۵-۱۵- تهویه هوا

ماخذ: *Us scs (1967)*



شکل ۵-۱۶- تهویه کننده های مکانیکی غیردائمی
ماخذ:Waterman industnies(1990)

۵ـ۶ـ۷ـ اجرا

ـ تهویه‌کننده هوا

موقعیت لوله‌های هوا بهتر است همزمان با طراحی سیستم لوله‌های ضربه‌گیر تعیین گردد زیرا کلیه لوله‌های ضربه‌گیر می‌توانند به عنوان لوله‌های هوا نیز عمل نمایند. در برخی موارد می‌توان لوله‌های ضربه‌گیر را طوری جابه‌جا نمود که بدون این که تأثیر معنی‌داری در عملکرد آنها به وجود آید به عنوان شیرهای تخلیه هوا و هواگیری نیز عمل نمایند.

با هدف استاندارد کردن، لوله‌های هوا را می‌توان از نوع مواد لوله‌های شبکه ساخت. همچنین به عنوان یک گزینه، می‌توان از لوله‌های فلزی گالوانیزه با حداقل قطر ۵۰ میلی‌متر استفاده کرد.

حداکثر ارتفاعی که یک لوله هوا را می‌توان اجرا نمود بستگی به نوع مواد مورد استفاده در آن دارد. برای لوله‌های بتونی غیرمسلح، این ارتفاع حداکثر ۳ متر بالاتر از سطح زمین می‌باشد. در صورتی که این ارتفاع برای لوله‌های پی‌وی‌سی سخت تا بیش از ۴ متر امکان‌پذیر است. ارتفاع مورد نیاز برای لوله‌های هوا (خط انرژی - ارتفاع آزاد) را باید بصورت موردی برای هر لوله روباز تعیین نمود.

سیستم لوله‌های بتونی کم فشار به ندرت به لوله‌های هوای مرتفع تراز ۳ متر نیاز دارند. در صورتی که در سیستم لوله‌های پی‌وی‌سی سخت ممکن است در محل‌هایی که فشارهای حین بهره‌برداری از فشار در نظر گرفته شده در محل لوله‌های هوای روباز فراتر رود، شیرهای تخلیه هوا لازم باشد. شیرهای مکانیکی هوا که برای فشارهای متوسط بسیار قابل اطمینان هستند، بهترین انتخاب برای این شرایط می‌باشند واین شیرها از اجزا، بسیار ضروری تأسیسات پایین‌دست هر نوع پمپی هستند که مستقیماً به منبع تأمین آب متصل می‌شوند. همانند سایر سازه‌های روی زمین، شیرهای هوا در مقابل تخریب آسیب‌پذیر هستند و راهکارهای مختلفی را برای مبارزه با مشکلات آن باید در نظر گرفت این قبیل راهکارها که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد شامل موارد زیر است:

- برای استفاده‌کنندگان سیستم، اهداف و نقش تأسیسات تشریح شود چرا که ناآگاهی می‌تواند مشوقی در تخریب یا حتی ربودن وسایل مستقر در روی زمین باشد. مشکلات مربوط به از بین بردن لوله‌های ضربه‌گیر در شبکه لوله‌های پی‌وی‌سی سخت در اوتار پرادش با تشریح اهداف سیستم طراحی شده برای کشاورزان کاهش یافت.
- اطمینان داده شود که در مورد لوله‌های روباز هوا که در قسمت‌های مرتفع ساخته شده و به راحتی در دسترس کودکان قرار می‌گیرند اقدامات احتیاطی صورت می‌گیرد. اکثر لوله‌های هوا دارای قطر کوچک هستند و خطری برای کودکان ایجاد نمی‌نمایند. تجربه نشان می‌دهد که لوله‌های ضربه‌گیر بزرگ و لوله‌های قائم کنترل آب به عنوان یک محل خطرناک محسوب می‌شوند.
- بر روی لوله‌های هوادهی روباز باید یک درپوش مشبک و یا یک توری قرار داد و یا یک شبکه آهنی ایجاد نمود تا مانع ورود اشیاء بزرگ (از قبیل سنگ‌ها و یا کلوخ‌ها) که می‌توانند باعث مسدود شدن لوله گردند، بشود. در مواردی که لوله‌های هوا مرتفع باشد، به این درپوش‌ها نیازی نیست. در لوله‌های ضربه‌گیر از نوع پی‌وی‌سی سخت و لوله‌های هوا که در اوتار پرادش در سیستم لوله‌های پی‌وی‌سی سخت مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بالای لوله توسط درپوش مشبک پوشانیده شده است.
- برای جلوگیری از ورود اشیاء به داخل لوله‌های هوای با قطر کوچک، یک زانوئی U شکل در بالای آن لوله

نصب می‌شود. از این روش در سیستم لوله‌های زیرزمینی در پروژه مزارع نمونه در هندوستان استفاده شده است.

نمونه‌هایی از سازه‌های فوق‌الذکر در مأخذ /۹/ نشان داده شده است.

- شیرهای هوا

شیرهای تخلیه هوا و هوادهی را می‌توان در زیر زمین و یا در داخل یک محفظه تعبیه کرد و یا ممکن است آنها را بالای یک پایه در روی زمین نصب نمود. در هر دو حالت باید تجهیزات شامل یک شیر قطع و وصل باشد که بر روی یک انشعاب قرار گیرد تا امکان برداشتن (تعمیرات) آن بدون نیاز به تخلیه لوله وجود داشته باشد. دسترسی برای نگهداری باید آسان بوده و چنانچه امکان یخ‌زدگی وجود داشته باشد حفاظت‌های کافی برای جلوگیری از یخ‌زدگی و عایق‌بندی آنها صورت گیرد.

این شیرها به ویژه شیرهای تخلیه هوا باید قادر به تخلیه مقادیر کم آب، در شرایط بهره‌برداری معمولی و مقادیر زیادی از اشیاء خارجی جمع‌شده در محل شیر باشند تا از گرفتگی کامل آنها جلوگیری شود.

باید ترتیبات مقتضی برای زهکشی آب تخلیه شده و جلوگیری از ماندابی شدن اراضی در اثر جمع شدن آب تخلیه شده صورت گیرد.

۵ـ۷ـ خروجی‌ها و پایه‌های آبگیر [۱]

یک خروجی وسیله‌ای برای تحویل آب از لوله‌های زیرزمینی به سطح زمین برای توزیع در سطح مزرعه می‌باشد. در حساس‌ترین حالت یک خروجی شامل یک شیر، لوله آبگیر و یا یک دریچه آبگیر می‌باشد.

انتخاب نوع یک آبگیر تا حد زیادی تابع روش مورد استفاده برای توزیع سطحی آب و حداکثر میزان جریان که از آبگیر خارج می‌شود، می‌باشد. هر چند که در اکثریت قریب به اتفاق شبکه‌های لوله‌های زیرزمینی، شیرهای استاندارد آلفاآلفا یا انواع مشابه ساخت محلی آنها، برای استفاده مناسب است. تیپ پایه‌های آبگیر و خروجی‌های آلفاآلفا که مستقیماً به کانال‌های خاکی منتهی می‌شوند، در شکل ۵ـ۱۹ نشان داده شده است.

روند انتخاب نوع یک خروجی در نمودار ۵ـ۱ به صورت خلاصه آورده شده است.

چنانچه شبکه توزیع آب در مزرعه شامل لوله‌های سطحی یا شیلنگ‌های پلاستیکی باشد، یکی از موارد زیر مناسب خواهد بود.

- شیرهای جا به جا شونده[۲] (شکل ۵ـ۲۰)
- خروجی سطحی لوله‌ها[۳] (شکل ۵ـ۲۰)
- بازوی توزیع‌کننده چرخان [۴]
- شیر ثابت آبگیری [۵]

چنانچه سیستم توزیع شامل انهار خاکی باشد، اساس انتخاب، چگونگی تقسیم آب در خروجی (بیشتر در محل مقسم‌ها) می‌باشد. خروجی‌ای که آب را به میزان مختلف بین دریچه‌ها یا مجاری، تقسیم می‌کند،

1- Outlets and risers

2- portable hydrant

3- Surface pipe outlet

4- Swivel arm distributor

5- Fixed hydrant

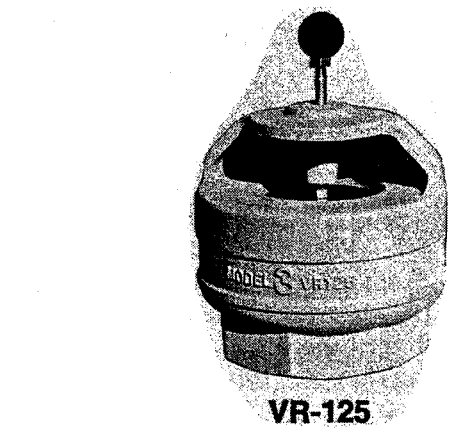
مشتمل است بر:

- خروجی دریچه‌دار [۱]
- پایه‌های آبگیر درپوش‌دار یا محفظه [۲](شکل شماره ۲۰-۵)
- محفظه باز [۳](شکل ۵-۲۱)
- لوله ایستاده باز با روزنه جانبی

چنانچه جریان کامل آب خروجی در سازه‌های مقسم بین انهار خاکی تقسیم شود گزینه‌های خروجی شامل موارد زیر خواهد بود:

- شیر آلفاآلفا (شکل ۵-۲۱)
- شیر آلفاآلفای اصلاح شده [۱۰۴]
- شیرهای باغات میوه (شکل ۵-۲۱)
- پایه‌های آبگیر درپوش‌دار [۴]

شیرهای آلفاآلفای اصلاح شده قابلیت اتصال به شیر جا به جا شونده، برای تغذیه لوله‌ها و یا شیلنگ، را دارد. شیرهای باغات برای دبی‌های کمتر از آبگذری شیرهای آلفاآلفا طراحی شده است. نمونه‌هایی از بکاربری شیرهای خروجی مختلف در مأخذ [۹] نشان داده شده است.



شکل۱۷-۵- شیرهای هواگیری و خلاء زدائی

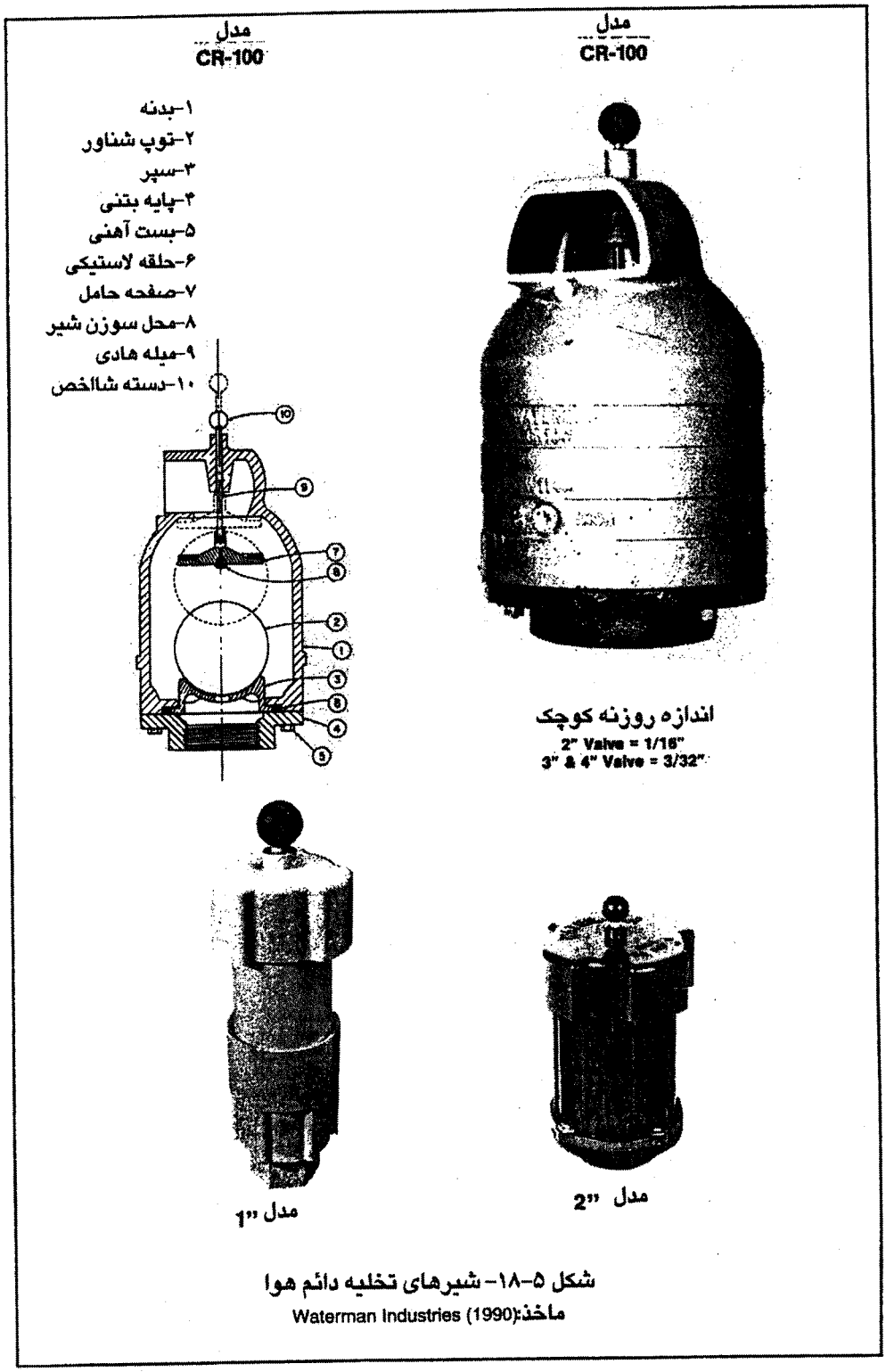
مأخذ: Waterman Industries (1990)

1- gated outlet

2- Cappedriser or pot

3- open pot

4- End capped riser



شکل ۵-۱۸- شیرهای تخلیه دائم هوا

ماخذ: Waterman Industries (1990)

۵-۷-۱- شیر آلفاآلفا [۱]

این شیر، شامل یک شیرپیچی است که به بالای پایه آبگیر متصل می‌شود. میزان بازشدگی شیر مساوی قطر داخلی پایه آبگیر است. درپوش شیر به یک میله یا دوک رزوه‌دار وصل شده که با چرخاندن درپوش به وسیله دست یا دسته و یا کلید جاگذاری شده در وسط درپوش بالا و پایین می‌رود. وقتی که درپوش باز است، آب از تمام اطراف شیر جریان پیدا می‌کند. یک نمونه از شیر آلفاآلفا که در بنگلادش ساخته شده است، در شکل شماره ۲۴-۵ نشان داده شده است. مهم‌ترین جنبه در طراحی، انتخاب شیر و پایه آبگیر با قطر مناسب با حداکثر آبگذری خروجی می‌باشد. افت انرژی در شیر آلفاآلفا بستگی زیاد به سرعت جریان دارد و همچنین ابعاد و شکل و مشخصات طراحی شده نیز در این افت موثر است. افت انرژی معمولاً معادل ۱/۲ الی ۱/۵ برابر ارتفاع معادل سرعت می‌باشد $(\frac{V^2}{2g})$.

اندازه شیر باید طوری انتخاب شود که افت انرژی آن کمتر از ۰/۱۵ متر باشد. افت اصطکاک برآورد شده شیرهای آلفاآلفا برای قطرهای مختلف در جدول ۴-۳ فصل ۴ /۱۲/ ارائه شده است. بر پایه برآوردهای فوق‌الذکر و با مجاز دانستن حداکثر ۰/۱۵ متر افت انرژی برای شرایط کم‌فشار و ۰/۶۵ متر افت انرژی برای شرایط پرفشار، حداکثر آبگذری توصیه شده برای اندازه‌های مختلف شیرهای آلفاآلفا در جدول ۵-۴ ارائه گردیده است.

شیرهای آلفاآلفا معمولاً برای مصرف مناسب و کم هزینه هستند. انواع محلی این شیرها، استانداردهای شیرهای آلفاآلفای آمریکایی را رعایت می‌کنند. افت انرژی ویژه این شیرها مطابق اعلام سازندگان شیر تغییر می‌کند به هر حال ابعاد آنها بستگی به تغییراتی دارد که برای ساده‌سازی آن‌ها صورت گرفته است.

- **طراحی و ساخت**

با توجه به این که شیر یکی از معدود قسمت‌های متحرک در سیستم لوله‌ها می‌باشد، دقت ویژه در طراحی و ساخت آن می‌تواند به کاهش دامنه تخریب و تعویض کمک نماید.

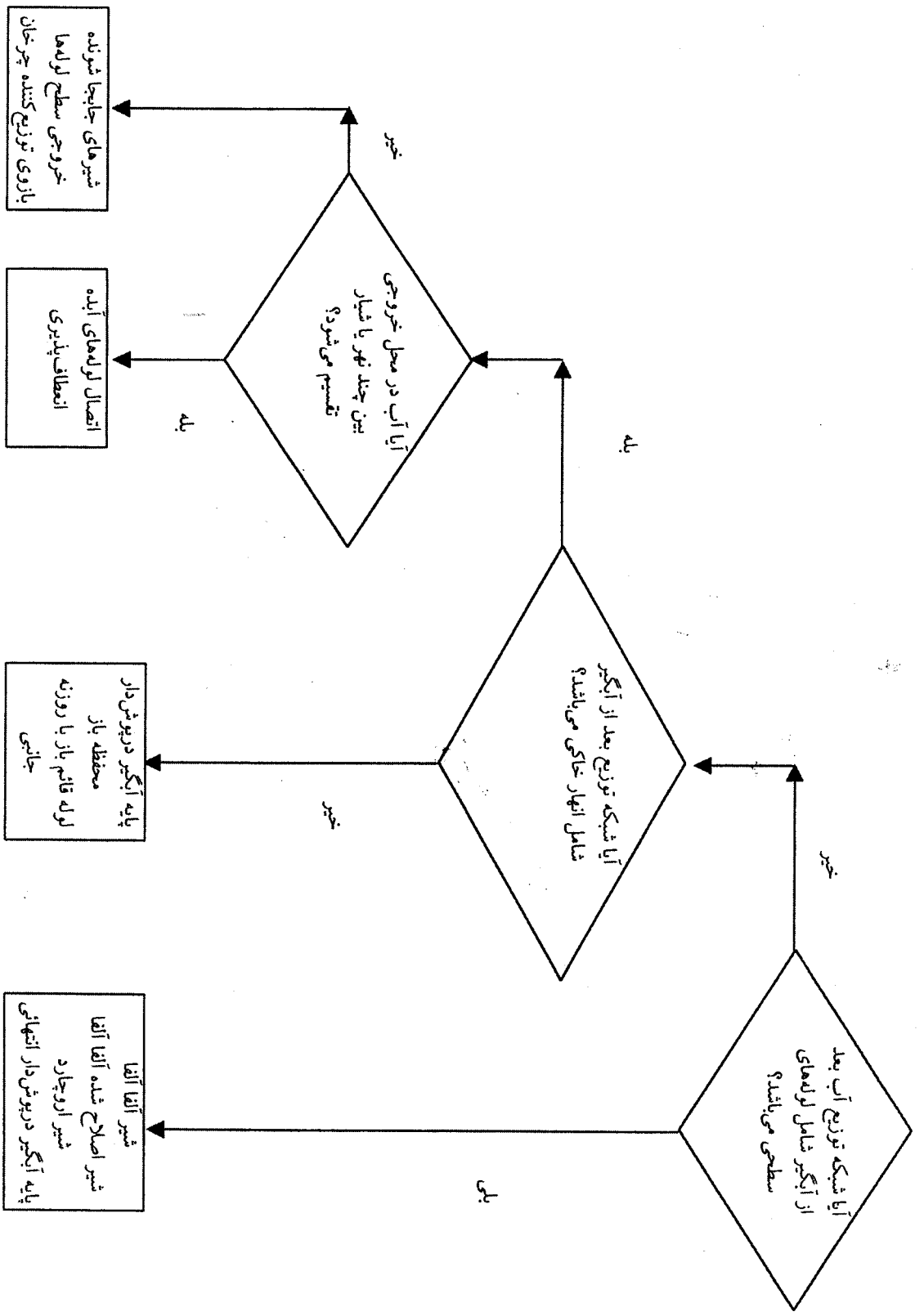
- **توصیه‌های طراحی**

- به دلیل این که شیر به صورت اجتناب‌ناپذیر احتیاج به تعمیر و تعویض دارد، باید مواد مورد استفاده و روش تولید آن ارزان قیمت باشد.

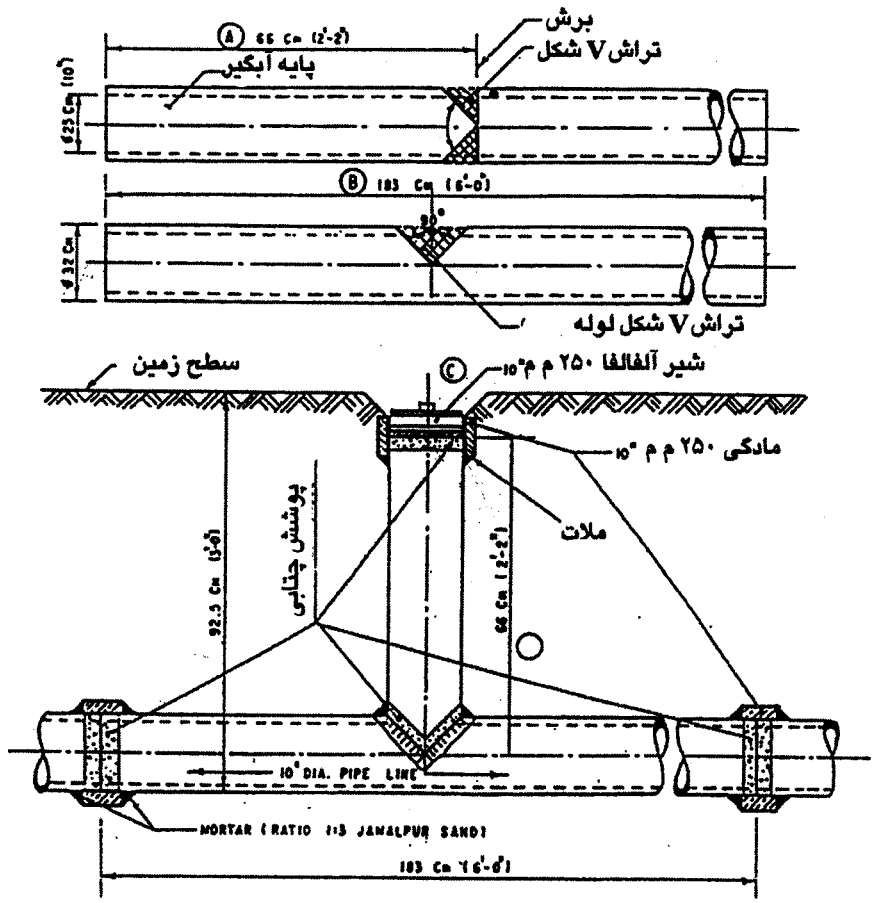
جدول ۵-۴- ظرفیت‌های بیشینه طراحی شیرهای آلفاآلفا /۵۹/

قطر داخلی پایه آبگیر (mm)	قطر خروجی (mm)	ظرفیت بیشینه طراحی (لیتر در ثانیه)	
		کم فشار (۰/۱۵m)	پرفشار (۰/۶۵m)
۱۵۰	۱۵۰	۲۲/۶	۴۵/۳
۲۰۰	۲۰۰	۳۹/۶	۷۹/۳
۲۵۰	۲۵۰	۶۲/۳	۱۲۴/۵
۳۰۰	۳۰۴	۸۷/۷	۱۷۸/۳
۳۵۰	۳۵۰	۱۲۱/۷	۲۴۳/۴

1- *Alfalfa valve*



نمودار ۵-۱- انتخاب نوع خروجی



توضیح:

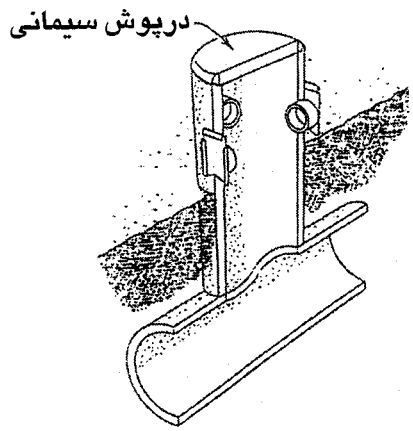
۱- درپوش شیر آلفا لفا باید حداقل ۶ م م بالاتر از خود باشد.

۲-بالای درپوش شیر آلفا لفا باید ۸۰ م م پایین تر از سطح زمین باشد.

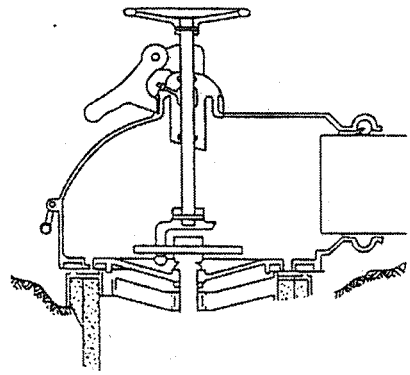
System \ Measurement	A (cm)	B (cm)	C (in)
8"	72 cm	100 - 110	8"
9"	66 cm	100 - 110	8"
12"	60 cm	100 - 110	10"

شکل ۵-۱۹- طراحی پایه شیر آبگیر

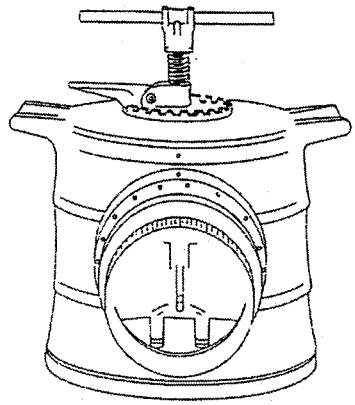
ماخذ: TADP. Georgi (1989)



پایه آبگیر سرپوش دار یا خروجی آبپخش



آبگیر آلومینیومی ریخته گری شده قابل حمل



آبگیر ساخته شده از ورق فلزی قابل حمل

انواع آبگیرها - تیپ ۱

ماخذ: James (1988)

تلاش‌های کمی برای استاندارد نمودن روش انتخاب و تولید شیرآلات انجام گرفته است. در حالی که همین تلاش‌های مختصر هم از طرف سازندگان نادیده گرفته شود، کیفیت شیرآلات ناامیدکننده خواهد بود نظر به اینکه تعمیر و جایگزینی شیرآلات خود نیازمند خدمات مستمر و مداوم می‌باشد لذا این شیرآلات باید از مصالح با دوام ساخته شوند و چنانچه این شیرها زود خراب می‌شوند باید لوازم یدکی آنها در دسترس بوده و یا به سادگی تولید شوند.

- برای آب‌بندی، شیر باید به گونه‌ای طراحی شود که صفحه آن در داخل تورفتگی بالای بدنه چفت شود همچنین از استفاده از واشرهای لاستیکی که بی‌دوام هستند و بخوبی آب‌بندی نمی‌شوند خودداری شود. هرچه سطوح در تماس به خوبی صیقلی شوند آب‌بندی بهتر خواهد شد.
- عمده‌ترین مسئله نگهداری فرسایش سریع محور چدنی است که مانند دوک می‌چرخد. چندین سال بعد از بهره‌برداری دندانه‌ها خراب می‌شوند و حرکت دوکی شکل، آزادانه و بدون چرخش انجام شده و منجر به نشت مداوم از شیر می‌شود.

دو روش نسبتاً کم هزینه که برای افزایش دوام شیرها بکار می‌رود عبارتند از:

۱ـ استفاده از جنس غیر آهنی از قبیل مفرغ یا برنز در قطعات مرکزی

۲ـ استفاده از قطعات قابل تعویض که بتواند جایگزین قطعات فرسوده شده گردد.

- معمولاً به کارگیری یک کلید برای بازکردن و بستن شیر، زمان بستن شیر را افزایش می‌دهد و این امر بمثابه جلوگیری از بسته شدن سریع شیر بوده و باعث کاهش هر چه بیشتر اثرات ضربه قوچ می‌شود. در این کلیدها با پیچانیدن یک پیچ کوچک روی محور، از بسته شدن آرام شیر، اطمینان حاصل می‌شود.
- به منظور جلوگیری از رها شدن کامل بالای شیر باید یک میخ (پین) سگک‌دار در انتهای محور، ثابت شود این موضوع مانع خرابی درپوش شیر در زمان بهره‌برداری می‌شود. اما در مواقع لازم برای نگهداری و تعمیر (جایگزینی) به سهولت جابه‌جا می‌شود و این نسبت به کارگیری پیچ و مهره که ممکن است در اثر زنگ‌زدگی غیرقابل حرکت باشد گزینه بهتری است.

ـ توصیه‌های اجرایی

- برای جلوگیری از دستکاری‌های مخفیانه شیرها، حصارهای کامل و محکمی از آجر یا مصالح بنایی مانند آنچه که در شبکه لوله‌های پی‌وی‌سی سخت در هندوستان [۲۴] به کار گرفته شده است، طراحی شده که این حصارها، تعمیرات را گران‌تر و مشکل‌تر کرده است لذا باید از آن اجتناب شود. اگرچه دستکاری‌های مخفیانه کاهش یافته لیکن این حصار کشی‌ها در حل مسئله تخریب شیرها موفق نبوده است. در حالیکه توسعه مشارکت زارعین و همکاری بین آنها، تأثیر خیلی مهمی در کاهش دفعات تخریب شیرها داشته است.
- در مواردی که آب مستقیماً به یک کانال خاکی تخلیه می‌شود، برای کاهش فرسایش ناشی از آب آبیاری و به حداقل رسانیدن برخورد با این شیرها در حین عملیات زراعی، این شیرها باید طوری نصب شود که بالای آنها از سطح زمین حدود ۵ الی ۱۵ سانتیمتر پایین‌تر باشد. در اینگونه موارد باید مراقبت‌های لازم به عمل آید تا از افت شدید فشار در شیر که موجب افزایش فرسایش در شیر می‌گردد، جلوگیری شود.
- در مواردی که فشار قابل تأمین کم باشد، باید پایه آبگیر و شیر آلفاآلفا قطر یکسان داشته باشند تا افت هیدرولیکی در خط لوله کمینه شود.

مثال‌هایی از نشت شیرآلات که ناشی از فرسودگی و تخریب خروجی آنها می‌باشد. در مأخذ شماره ۹ ارائه شده است.

۵ـ۷ـ۲ـ شیرباغی [1]

شیر باغی یک نوع شیر خروجی است که با یک درپوش قابل تنظیم یا سرپوش مشابه آلفاآلفا در داخل لوله آبگیر نصب می‌گردد. به دلیل این که بازشدگی شیر کوچک‌تر از قطر داخلی پایه‌آبگیر است، دبی جریان کمتر می‌باشد. یک نمونه از شیر باغات طراحی و نصب شده در شکل (۵ـ۲۱) نشان داده شد.

شیر ممکن است کاملاً در زیر سطح زمین نصب شود و یا ممکن است بر روی زمین قرار گیرد و با دریچه‌های کشویی یا سرریز ادغام شود. در دبی‌های کمتر، اغلب این شیرآلات برای آبیاری ردیفی درختان به کار گرفته می‌شود. از این جاست که این نوع شیرها، شیر باغات میوه نامیده می‌شود.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که طراحی و ساخت این شیرها بسیار شبیه شیرهای آلفاآلفا است.

ابعاد و حداکثر دبی شیرآلات باغی در جدول ۵ـ۵ آمده است.

جدول ۵ـ۵ ظرفیت‌های جریان توصیه شده برای شیرآلات باغی

قطرداخلی علمک (mm)	قطر خروجی شیر (mm)	ظرفیت طراحی (لیتر در ثانیه)	
		کم فشار (۰/۳ متر)	پرفشار (۰/۷۵ متر)
۱۵۰	۳۷/۵	۱/۱	۲/۲
۱۵۰	۶۲/۵	۳	۶
۱۵۰	۸۷/۵	۶	۱۲
۲۰۰	۱۲۵	۱۳	۲۶
۲۵۰	۱۵۰	۱۹	۳۸
۳۰۰	۲۰۰	۳۳	۶۷

۵ـ۷ـ۳ـ خروجی آب‌پخش روباز [2]

این خروجی شامل یک شیر باغات می‌باشد که در بالای پایه آبگیر نصب شده و قطر آن بیشتر از قطر پایه آبگیر است. آب از میان دو یا تعداد بیشتر دریچه نصب شده در اطراف آب‌پخش سرریز می‌شود. (شکل ۵ـ۲۱) این خروجی آب را به سمت فاروها روانه می‌کند و عمدتاً در آبیاری باغات میوه به کار گرفته می‌شود. اگر فشار خیلی کم باشد آب‌پخش سرریز نمی‌کند و می‌توان از شیر باغات صرفنظر کرد در این صورت جریان آب باید در تراز قطعه آبیاری تنظیم و کنترل شود.

ظرفیت‌های طراحی پیشنهادی برای خروجی‌های آب‌پخش روباز در جدول ۵ـ۶ آمده است.

1- orchard valve

2- Open pot outlet

۵ـ۷ـ۴ـ پایه آبگیر سرپوش‌دار یا خروجی‌های آب‌پخش [۱]

این شیر شامل یک پایه آبگیر قرارگرفته در بالای زمین با یک درپوش آب‌بند و دریچه‌های خروجی در اطراف آن می‌باشد که کمی بالاتر از سطح زمین قرار داده می‌شوند (شکل ۵ـ۲۰) یک نوع از این پایه آبگیر درپوش‌دار عبارتست از یک آب‌پخش با قطر بزرگتر از قطر پایه آبگیر که می‌تواند شامل چند دریچه باشد. این آبگیرها،خروجی آب‌پخش درپوشدار نامیده می‌شود.

در صورتیکه فشار آب روی زمین از یک متر بیشتر شود ممکن است جریان آب در دریچه‌های خروجی ایجاد فرسایش کند. مهم‌ترین مزیت خروجی‌های درپوش‌دار جلوگیری از رسوبگذاری و گرفتگی دریچه‌های خروجی است که با حذف شیر باغات از بین می‌رود. مانند خروجی‌های آب‌پخش روباز، این خروجی‌ها، عموماً برای تأمین آب آبیاری جویچه‌های باغات میوه به کار می‌روند. ظرفیت‌های بیشینه طراحی برای دریچه‌های کشویی روی پایه آبگیر درپوشدار در جدول ۵ـ۷ آمده است.

جدول ۵ـ۶ـ ظرفیت‌های طراحی خروجی‌های آب‌پخش روباز با شیرهای باغی

قطر بازشدگی *(mm)*	دبی بیشینه $(\frac{l}{s})$	قطر داخلی‌رایزر *(mm)*	قطر شیر *(mm)*	ظرفیت پیشینه *(e/s)*
۲۵	۰/۶	۱۵۰	۴۰	۱/۱
۴۰	۱/۱	۱۵۰	۶۰	۳/۴
۵۰	۱/۱	۱۵۰	۹۰	۶/۵
۷۵	۴/۴	۲۰۰	۱۲۵	۱۳
۱۰۰	۷/۴	۲۵۰	۱۵۰	۱۵/۸
۱۲۵	۱۱/۶	۲۵۰	۱۶۰	۲۲
۱۵۰	۱۷/۰	۳۰۰	۲۰۰	۳۳/۴

۵ـ۷ـ۵ـ پایه آبگیر در پوشدار انتهایی [۲]

این نوع پایه آبگیر شامل یک خم لوله ۴۵ درجه از جنس فولادی گالوانیزه، یک فلنج که به لوله سه راهی متصل شده و پایه می‌باشد. پایه ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر از سطح زمین بالا آمده و انتهای آن با یک کلاهک که به ته آن پیچ شده و یا با یک ورق صاف، که به فلنج انتهایی متصل است، بسته شده است. این نوع خروجی در سیستم کوچک لوله‌های کم فشار، در مهاراشترای هند مورد استفاده قرارگرفته است و در آنجا قطعات تشکیل دهنده آن، از تولیدات محلی تجهیزات آبیاری قابل تأمین می‌باشد.

یکی از این خروجی‌ها را نشان داده شده است *[۹]*.

1- Capped riser or pot outlet

2- End capped riser

جدول ۵ـ۷ـ اندازه‌های پیشنهادی آب‌پخش برای ابعاد و تعداد مختلف دریچه‌های کشویی

قطر بازشدگی (mm)	تعداد بیشینه دریچه	اندازه (mm)
۱۵۰	۲	۷۵
۲۰۰	۴	۲۵
۲۰۰	۲	۱۲۵
۲۵۰	۴	۵۰
۲۵۰	۲	۱۵۰
۳۰۰	۶	۲۵
۳۰۰	۴	۵۰
۳۵۰	۶	۴۰
۳۵۰	۴	۷۵
۴۰۰	۸	۲۵
۴۰۰	۴	۱۰۰

۵ـ۷ـ۶ـ لوله ایستاده روباز با روزنه‌های جانبی [1]

این خروجی‌ها شامل یک لوله قائم با روزنه‌های ساده و یا لوله‌هایی که با فلنجهایی در اطراف لوله قائم جا سازی شده است، می‌باشد. بهره‌برداری از این خروجی با تنظیم و هماهنگی جریان آب داخل لوله با میزان نیاز آب در خروجی صورت می‌گیرد. به طور معمول جریان آب با بکارگیری یک شیر دریچه‌دار در خطوط لوله کنترل می‌شود.

۵ـ۷ـ۷ـ سازه‌های مقسم خروجی [2]

طرح‌های مختلفی برای سازه مقسم با خروجی، برای شبکه لوله‌های آبیاری مدفون ارائه شده است. این سازه‌ها فقط در مواردی که جریان خروجی به کانالهای خاکی تخلیه می‌شود، مورد استفاده واقع می‌شود. انتخاب باید بر اساس نیازمندیهای کاربردی سازه‌ها صورت گیرد. گزینه‌های مختلف می‌توانند بر اساس عملکرد و مواد و روشهای ساخت آن‌ها طبقه‌بندی شوند.

سازه‌های مقسم خروجی بطور خلاصه به شرح زیر می‌باشند:

- خروجی با بدنه خاکی
- خروجی با کف ساده بتنی یا با مصالح بنایی
- حوضچه‌های آرامش بتنی یا آجری با و یا بدون تقسیم کننده جریان
- حوضچه‌های آرامش بتنی یا آجری با سرریزهای اندازه‌گیری برای تقسیم آب

1- Open stand with side orifices

2- Outlet distribution structures

تمام سازه‌های توزیع کننده باید بنحوی عمل نمایند که آب به داخل یک یا چند کانال مزرعه انحراف یابد و چنانچه سرعت آب زیاد باشد، بنحوی محیط اطراف را از فرسایش حفاظت کنند. سازه‌ها باید ظرفیت کافی برای عبور دبی بیشینه را داشته باشد که ممکن است همان دبی طراحی شده نباشد. سرریز شدن آب از بالای سازه به سرعت باعث فرسایش و تخریب زیرسازه می‌شود و اصلاح آن هزینه زیادی در بر دارد.

اگر چه دبی مورد نیاز می‌تواند از هر یک از خروجی‌ها تأمین شود لیکن اعمال تقسیم دقیق جریان بسیار ارزشمند است، بخصوص جائی که عملکرد منظم در تقسیم دبی بین دو آبپاش مطرح باشد. سازه‌های مقسم خروجی، متعدد و مختلف هستند و تعدادی از آنها که بطور گسترده مورد استفاده واقع می‌شوند، در نشریه «تصاویر خطوط لوله مدفون برای آبیاری سطحی» تشریح شده‌اند.

- خروجی‌های با بدنه خاکی [1]

این خروجی‌ها، ساده‌ترین و ارزانترین نوع خروجی هستند که کشاورزان بمنظور هدایت آب به کانال مزارع آنرا تخریب کرده و دوباره می‌سازند (شکل ۵-۲۲ تیپ *II*). در مواردی که سرعت آب خروجی زیاد است و یا خاکها به اندازه کافی چسبنده نیستند و براحتی فرسایش می‌یابد، از آنها استفاده نمی‌شود. چنانکه جریان آب خروجی بر روی اراضی مجاور سرریز نماید، ممکن است به یک سازه شیب شکن خاص نیاز باشد.

- حوضچه‌های آرامش آجری یا بتنی با مقسم و وسیله اندازه‌گیری جریان [2]

این وسیله اندازه‌گیری جریان، در مواردی که ضرورت دارد دبی خروجی، مطابق برنامه تأمین آب، بصورت دقیق تنظیم شود، بکار گرفته می‌شود. (بعنوان مثال، اگر از دو خروجی بطور همزمان بهره‌برداری شود). در یک سرریز ساده، با انجام کنترل چشمی، تنظیم میزان دبی میسر می‌گردد.

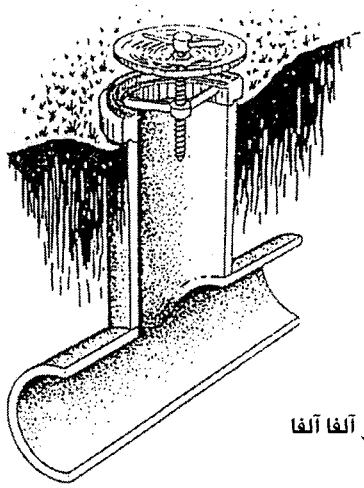
اندازه‌گیری جریان در خروجی، به منظور تعیین دقیق میزان گشودگی شیر یا برآورد آب مصرفی کاربرد ندارد و فقط برای اهداف تحقیقاتی و طراحی مناسب است. تجربه نشان می‌دهد که در اغلب موارد سرریزها بدلیل نادرست بودن ابعادشان که ناشی از کیفیت متغیر و همچنین ساخت آنها می‌باشد به واسنجی ویژه نیاز پیدا می‌کنند.

شیرهای آلفاآلفا باید در فاصله‌ای در حدود ۵۰ تا ۱۵۰ میلی متر زیر زمین یا تراز کف کانال خاکی قرار داده شوند تا از خوردگی بیش از اندازه آنها جلوگیری گردد. زارعین بر حسب نیاز به منظور انتقال آب به کانالهای مزارع، خاکریزها را تخریب و ترمیم می‌نمایند. یک نوع خروجی با بدنه خاکی که در بنگلادش ساخته شده است، در شکل ۵-۱۹ ارائه شده است.

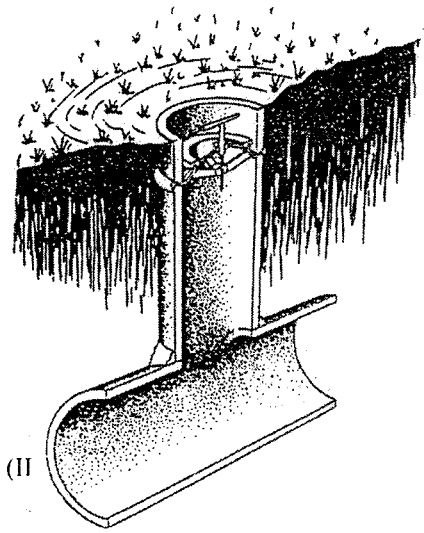
در سیستم‌های کوچک لوله‌ای در ایالت مهاراشترا هندوستان، آبپاش‌هایی با بکارگیری یک پایه آبگیر با برآمدگی ساده که توسط ورق انتهایی، بسته می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1- Earth - bunded outlets

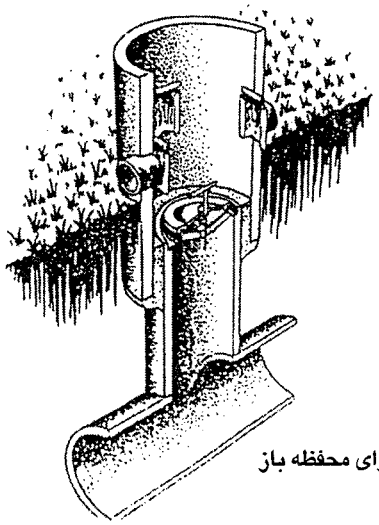
2- Concrete or masonary stilling basins with flow division and flow measurement



I) خروجی شیر آلفا آلفا



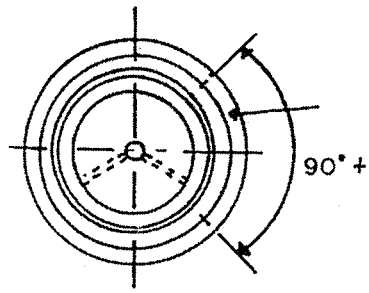
II) خروجی شیر باغات میوه (شیر باغی)



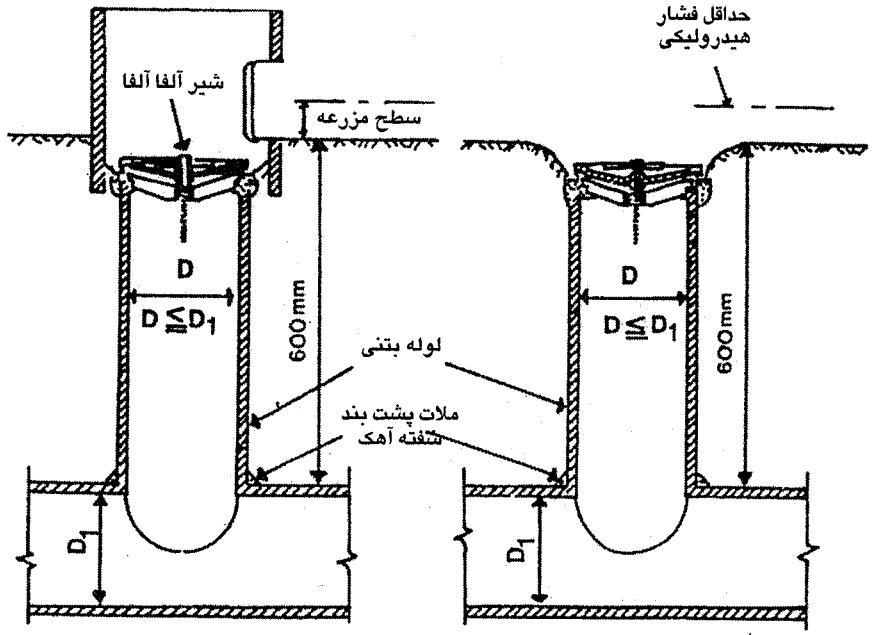
III) شیر باغات میوه با خروجی دارای محفظه باز

شکل ۲۱-۵- گزینه دوم خروجی ها

مأخذ: Baudequin et al (1990)



پلان



مقطع عرضی نوع۱

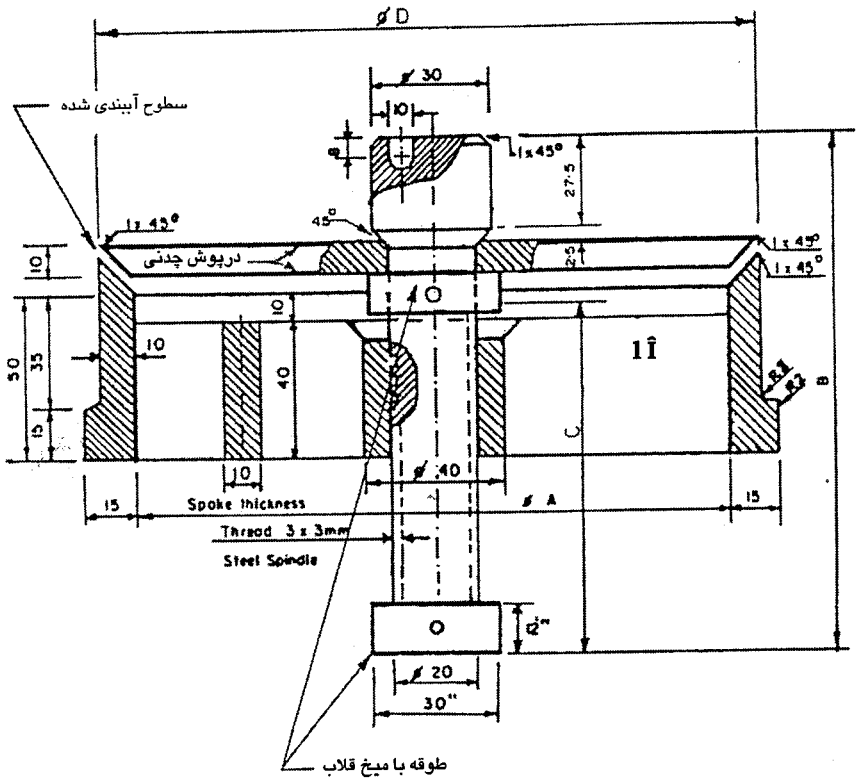
زمانی توصیه می شود که سرعت آب در لوله قائم بیش از ۱متر در ثانیه باشد یا هیدرانت بکار نرفته باشد.

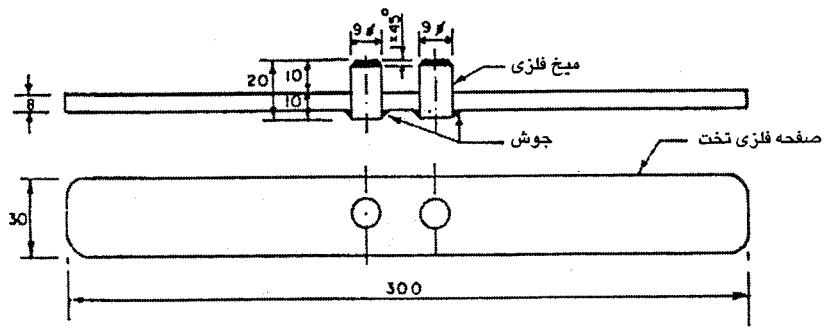
مقطع عرضی نوع۲

زمانی توصیه می شود که سرعت آب در لوله قائم کمتر از ۱متر در ثانیه باشد یا هیدرانت بکار رفته باشد.

شکل۲۲-۵- مقاطع عرضی شیرهای آلفا آلفا

مأخذ:US SCS (1967)





Valve size	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
150mm	150	150	105	170
200mm	200	150	105	220
225mm	225	160	115	245
250mm	250	160	115	270
275mm	275	170	125	295
300mm	300	170	125	320

شکل۲۳-۵- خروجی یا شیر عمودی- آلفا آلفا II

مأخذ: MMI (1992)

- حوضچه خروجی بتنی ساده یا کف بند با مصالح بنایی [۱]

در مواردی که سرعت جریان آب خروجی زیاد و در حد سرعت فرساینده باشد، احداث یک کف بند یا محوطه سازی ساده که مستقیماً در مقابل جریان قرارگرفته و بین دیوارهای جانبی محصور می‌گردد، مناسب خواهد بود. این سازه حسب مورد، ممکن است در یک یا چند جهت ساخته شود. با جانمایی دقیق خروجی‌ها، بسیاری از مسائل بالقوه فرسایش از بین می‌رود. احداث این نوع سازه‌ها در حد وسیعی توسعه پیدا کرده است بطور کلی در این سازه‌هاموارد زیر مهم است:

- خروجی نباید از حداکثر ارتفاع مورد نیاز بلندتر باشد.
- یک دستورالعمل برای تعیین موقعیت خروجی در شبکه کانالهای مزارع تهیه گردد. تغییرات کوچک در موقعیت خروجی‌ها، نباید بر عملکرد شبکه خطوط لوله تأثیر بگذارد، لیکن تأثیر زیادی در عمر مفید خروجی‌ها خواهد گذاشت.
- سطح اراضی مزرعه نباید خیلی پایین‌تر از خروجی قرار گرفته باشد. در غیر اینصورت خروجی باید شامل یک آبشار نیز باشد.
- محفظه‌های خروجی ساده به یک سرریز ساده مجهز شوند تا اندازه‌گیری چشمی جریان خروجی توسط زارعین را برای جلوگیری از فرسایش میسر سازند.
- در مواردی که خروجی‌های ویژه و منحصر بهر آبپاش بتواند مدیریت بهره‌برداری را آسانتر نماید، به سازه‌های پیچیده نیاز نخواهد بود و سنگینی بار مسئولیت نگهداری از بین خواهد رفت.
- موقعیت خروجی‌ها باید با مسیر شبکه کانالهای خاکی همخوانی و مطابقت داشته باشد.

بیشتر طرحهای متداول سازه‌ها، شامل یک محفظه ساده با یک خروجی روزنه‌ای یا سرریزی می‌باشد. این نوع سازه‌ها در سیستم خطوط لوله‌های مدفون در تایلند، هندوستان، سریلانکا و اسپانیا بکار گرفته شده است. سازه‌های مقسم خروجی ساخته شده بر روی شبکه لوله‌های پی‌وی‌سی سخت در پروژه چاههای لوله‌ای بانک جهانی در اوتارپرادش، با هدف جهت دهی جریان در یک یا چند مسیر مختلف در نظر گرفته شده است. بمنظور هدایت وتقسیم آب در مقسم‌ها، می‌توان بدون محدودیت خاص آنها را از خاک یا هر مصالح قابل دسترس، درست کرد. یک نوع طراحی تحت بررسی در چاه‌های لوله‌ای، و خروجی‌ها در بنگلادش که قبلاً مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، شامل یک محفظه بتنی با دو فضای خالی برای عبور آب در جهات مختلف می‌باشد. این تیپ فقط برای فشار محدود آب خروجی و سرعت جریان کم آب، خوب کار می‌کند. مثالهایی از انواع مختلف سازه‌های مقسم خروجی، در مأخذ /۹/ ارایه شده است.

- حوضچه‌های آرامش بتنی یا با مصالح بنایی و با مقسم جریان [۲]

استفاده از این نوع سازه‌ها، گسترش زیادی یافته است. بعنوان نمونه سازه «پوکانوکاس» که شامل یک شیر آلفاآلفا می‌باشد که آب را در وسط سازه و یا در یک چاهک آرامش تخلیه می‌کند و آب با یک روش فنی بطرف

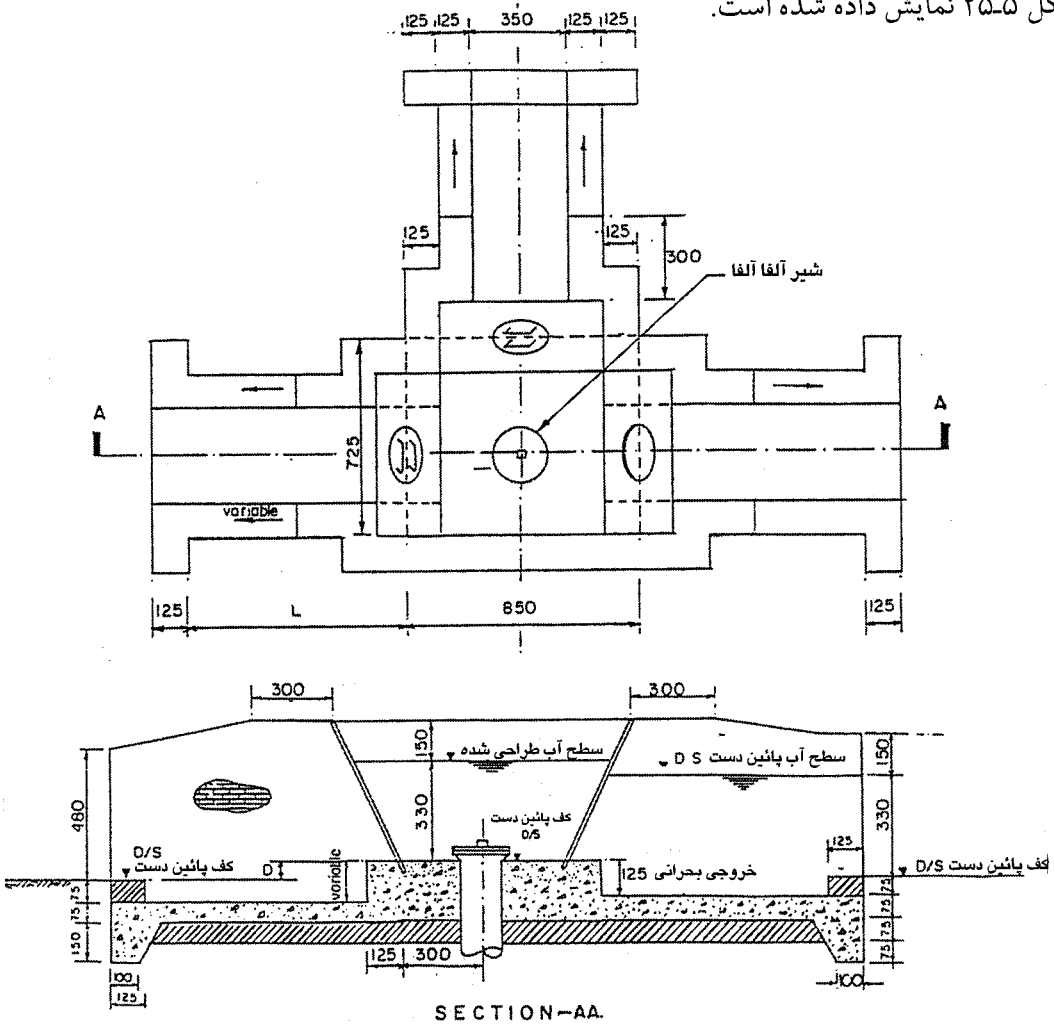
1- Simple concrete outlet box or masonary apron

2- Concrete or masonary stilling basins with flow division

کانالهای خاکی هدایت می‌شود و ادوات آن شامل دریچه‌های کشوئی چوبی می‌باشد که با بتن یا با خاک مستحکم می‌شود. پوکانوکاس یک ابداع مورد استفاده در پاکستان است که شامل یک صفحه بتنی پیش ساخته با روزنه می‌باشد که ابعاد آن بر حسب دبی عبوری و مطابق استاندارد، طراحی شده است (تروت و کمپر ۱۹۸۰) این روزنه توسط یک دریچه بتنی پیش ساخته بسته می‌شود.

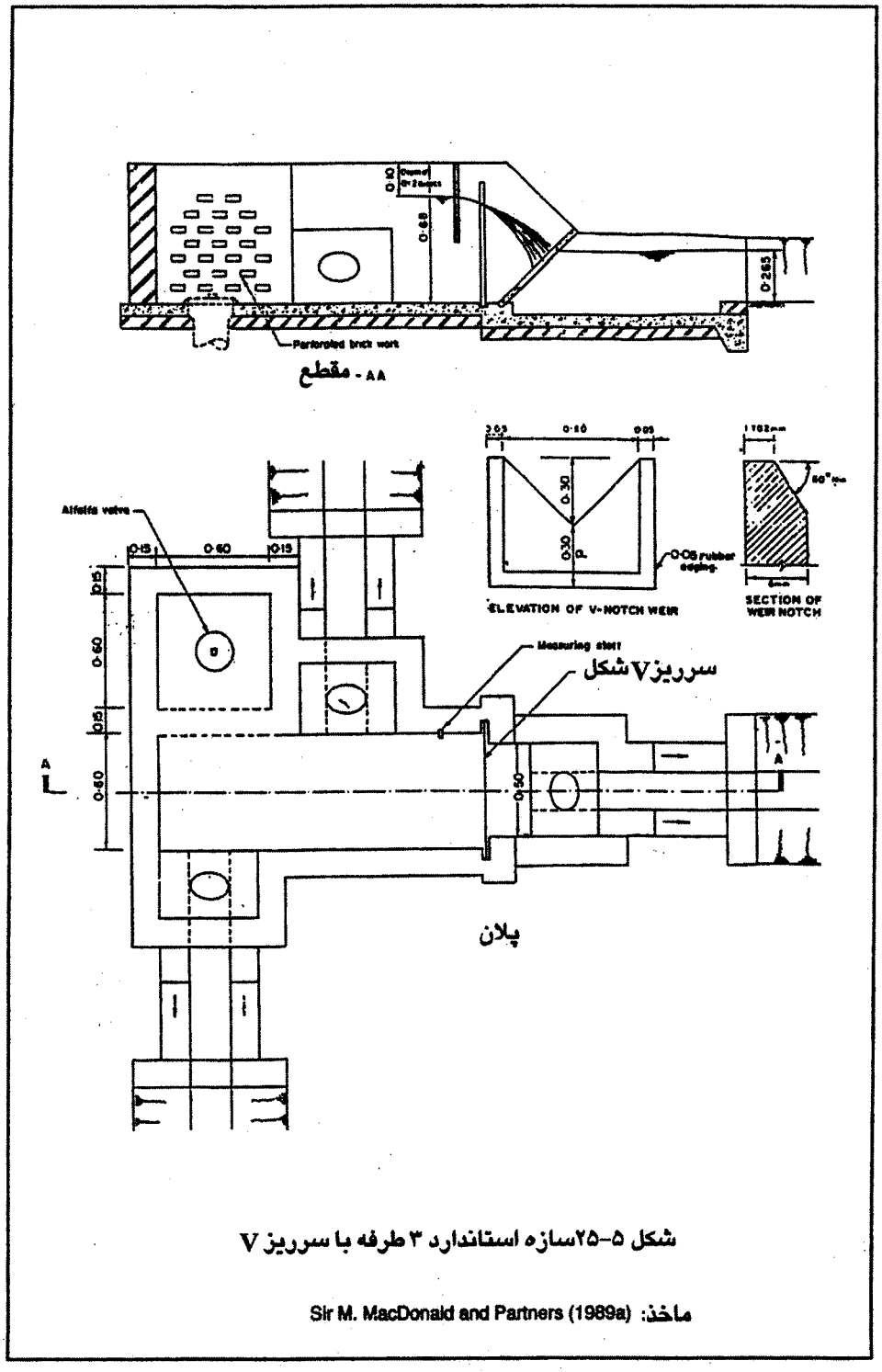
یک نوع از این سازه که به منظور تقسیم و توزیع آب بین سه کانال مزرعه در بنگلادش ساخته شده است، در شکل ۵-۲۴ نشان داده شده است. انواع دیگری از این سازه نیز، در مواردی که جریان آب بین دو یا چهار کانال مزرعه تقسیم می‌شود، ساخته شده است.

اندازه‌گیری کلی دبی خروجی‌ها می‌تواند با یک سرریز V شکل برای جریانهای کم و یا با یک سرریز لبه پهن مستطیلی با دقت کمتر اما مناسب برای جریانهای بیشتر، با حداقل افت جریان، انجام گیرد. طرح یک سازه مقسم آب بهمراه یک سرریز که، تعدادی از آن در سیستم آبیاری لوله‌ای در بنگلادش ساخته شده است در شکل ۵-۲۵ نمایش داده شده است.



شکل۲۴-۵- سازه خروجی توزیع سه طرفه استاندارد

مأخذ: Sir M. MacDonald and Partners (1989a)



شکل ۵-۲۵سازه استاندارد ۳ طرفه با سرریز V

ماخذ: Sir M. MacDonald and Partners (1989a)

فصل ششم

اجرای سیستم

۶ـ۱ـ مقدمه

انجام عملیات اجرایی صحیح برای احداث یک سیستم لوله‌کم فشار آبیاری مطمئن و قابل قبول ضروری بوده و باعث می‌گردد که هزینه‌های نگهداری، تعمیرات و تعویض قطعات به میزان زیاد کاهش یابد. کشورهای مختلف دنیا با توجه به شرایط خاص خود، برای اجرای خطوط لوله استانداردهای خاصی را تدوین و مورد استفاده قرار می‌دهند. لذا در این فصل سعی شده است که با استفاده از طرحهای مهندسی معتبر و تجارب کارهای اجرایی انجام شده، خلاصه‌ای از نتایج آنها ارائه گردد. در تهیه مطالب این فصل بطور عمده از تجارب و مأخذ *DTWII, IDA* و سازمان توسعه کشاورزی بنگلادش و مؤسسه مک دونالد استفاده گردیده است.

بطور کلی برای سیستم‌های کم فشار آبیاری، در شرایط خاکهای مختلف و نیروهای وارده، لوله‌هایی از جنس مواد سخت (لوله بتنی) و پی‌وی‌سی (صاف) مناسب می‌باشد. در منابع مختلف، محدودیت نیروهای وارده برای انواع لوله‌ها مشخص شده است، اما در مورد لوله‌های پلاستیکی (جدار نازک) ضرورت دارد که در هنگام طراحی و اجرا، دقت بعمل آمده تا نیازهای نصب و بهره‌برداری فراهم گردد. مسائل عمده که در طراحی‌ها باید مورد توجه و ارزیابی قرار گیرند عبارتند از: فشار هیدرواستاتیک، درجه حرارت آب داخل لوله، فشارهای منفی و مثبت، موج ناشی از ضربه قوچ، تنش ناشی از کمانش[1] در شرایط بارهای ثابت (مرده) و زنده و فشار هیدرواستاتیک خارج لوله.

۶ـ۲ـ جابجا کردن لوله و اتصالات

۶ـ۲ـ۱ـ لوله بتنی غیر مسلح

قبل از حمل لوله به کارگاه و یا محل مصرف باید کلیه مراحل تکمیلی ساخت لوله انجام و معایب آن برطرف گردد و از حمل ونقل غیر ضروری اجتناب نمود. این لوله‌ها عموماً در طول‌های ۱/۸ متر تهیه می‌گردد. اما برای قطرهای بیشتر از ۳۵۰ میلی‌متر چنانچه طول آنها کمتر یا مساوی یک متر باشد، امکان نصب آنها بطور دستی امکان‌پذیر می‌باشد. لوله‌های سنگین در هنگام حمل و جابجایی (اگر بطور صحیح انجام نشود) بیشتر از لوله‌های سبک آسیب‌پذیر می‌باشند.

- **لوله بتنی نر و ماده**

لوله‌های بتنی غیر مسلح در هنگام حمل و نقل غیر صحیح در معرض ترک خوردن و شکستن بوده و این

1- buckling stress

خسارت بویژه در قسمت کاسه (مادگی) بیشتر می‌باشد. لوله‌های بلند هنگام حمل در اثر نیروی خمشی ترک می‌خورد. پس از حمل لوله به کارگاه (محل مصرف) و در ابتدای ورود لوله‌های خراب و آسیب‌دیده باید علامت گذاری و تفکیک شوند. به منظور جلوگیری از صدمه‌دیدن قسمت مادگی این لوله‌ها را باید، بصورت عمودی و یا به ترتیبی که قسمت مادگی آن با سطح (زمین یا کامیون) در تماس نباشد، حمل و نقل و یا انبار نمود.

- **لوله بتنی تەصاف یا کام و زبانه‌دار**

از آن جایی که این لوله‌ها را در داخل کامیون و یا در محل انبار می‌توان بصورت افقی قرار داد لذا خسارت مربوط به شکستن آنها کاهش می‌یابد. میزان تلفات این لوله‌ها در صورتی که در هنگام حمل و نقل در فواصل نسبتاً زیاد (تا ۱۰۰ کیلومتر) دقت کافی شود، کمتر از ۱ درصد می‌باشد (تجارب در هندوستان). در لوله‌های به طول ۲ متر خسارت ناشی از دقت کم در جابجایی، گاهی تا ۵ درصد خواهد بود.

با بکارگرفتن اقدامات زیر در هنگام حمل و نقل می‌توان میزان تلفات را کاهش داد:

- پوشاندن کف کامیون با ماسه به ضخامت ۱۰ سانتیمتر و قراردادن پارچه و گونی در بین لوله‌ها.
- استفاده از لوله‌های کوتاه: در لوله‌های با طول کوتاه، هر چند که تعداد اتصالات آنها زیادتر می‌گردد اما بعلت ایجاد تنش کمتر بویژه در هنگام حمل و نقل، احتمال ترک‌خوردگی آنها کاهش می‌یابد.

در لوله‌های سرصاف و زبانه‌دار به منظور جلوگیری از حرکت لوله‌ها در محل دپو، حداکثر ۴ ردیف لوله روی هم قرارگرفته و ردیف اول را باید توسط وسایل مناسب (از قبیل گوه) مهار نمود.

۶-۲-۲-لوله پی‌وی‌سی سخت

در این لوله‌ها چنانچه به جدار آنها به ویژه محل اتصالات نر و مادگی صدمه وارد گردد، برروی فشارکار و طول عمر آن تأثیر مستقیم می‌گذارد. در معرض نور خورشید بودن شرایط نامناسبی ایجاد می‌کند که، تمهیدات لازم براساس توصیه‌های کارخانه سازنده ضروری می‌باشد. (به استثنای لوله‌هایی که جنس آنها از مواد خاصی باشند). به منظور جلوگیری از کاهش کیفیت، ضروری است که دقت‌های کافی در هنگام حمل و نقل، نگهداری و انبار نمودن، اعمال گردد. در شکل ۶-۱ نحوه نگهداری نشان داده شده‌است.

تحمل شرایط اقلیمی

- **گرما**

معیار تعیین مقاومت لوله در برابر فشارهای داخلی و خارجی، مقاومت‌های فشاری *(Impact Strength)* و کششی *(Hoop Strength)* می‌باشد. درجه حرارت زیاد باعث افزایش و کاهش مقاومت‌های مذبور می‌گردد. بنابراین با افزایش درجه حرارت آب داخل لوله، در حد بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد، کاهش میزان فشار لوله ضروری می‌شود. برای این منظور جداول مربوط به رابطه فشار و درجه حرارت که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌گردد، باید مورد استفاده قرار گیرد. یک روش ساده آنست که برای هر درجه سانتیگراد بالاتر از ۲۰ درجه و حداکثر تا $60\ ^{\circ}c$ مقدار فشار ۲ درصد کاهش می‌یابد. بعضی از بررسی‌های جدید نشان می‌دهد که این مقدار کاهش برای درجه حرارت‌های تا ۳۳ درجه خیلی دست بالا (محافظه کارانه) می‌باشد. لذا بررسی‌های

جدید برای کشورهای در حال توسعه با اقلیم گرم بسیار با اهمیت است.

- نور خورشید

تأثیر تابش مستقیم اشعه خورشید بر روی لوله‌های پی‌وی‌سی سخت به دو روش توسط آقای (۱۹۸۹) *WRC* تشریح گردیده است /۱۱۱/:

اولاً، دریافت و جذب نور خورشید باعث می‌شود که درجه حرارت لوله نسبت به هوای اطراف افزایش یافته، که این پدیده بزرگترین خطر برای ایجاد تغییر شکل در لوله می‌باشد. در شرایطی که لوله‌ها به طور کامل و یا هرگز مهار نشده باشند، تغییر شکل‌های ناشی از توده کردن و یا خم نمودن زیاد می‌باشد.

ثانیاً، نور ماوراء بنفش خورشید، باعث ایجاد یک قشر نازک تغییر شکل و رنگ یافته در سطح لوله‌های پی‌وی‌سی سخت می‌گردد که عمق این لایه ۰/۰۵ میلی‌متر می‌باشد. این تغییر حالت دادن برای لوله‌های با ضخامت کم بسیار مهم است. در مراحل پیشرفته‌تر، پس از مشاهده تغییر رنگ، در سطح لوله ترک ایجاد شده و باعث کاهش مقاومت فشاری[1] می‌گردد.

نتایج کاربردی بشرح زیر ارائه شده است:

- اشعه‌ماوراء بنفش باعث تغییر رنگ، افزایش ناچیز در مقاومت کششی[2] و کاهش مقاومت فشاری گردیده و لوله ترد و شکننده می‌شود.
- در لوله‌های پی‌وی‌سی سخت که بطور مستقیم در معرض نور خورشید باشند، کاهش کیفیت در اثر اشعه ماوراءبنفش اتفاق می‌افتد. چنانچه لوله در عمق کمی از خاک مدفون شود، کاهش کیفیت متوقف می‌گردد.
- قسمتهای داخلی و خارجی انتهای لوله (سرلوله) که در معرض نور قرار گیرند بسیار مهمتر از قسمت‌های خارجی لوله می‌باشد.

پیشنهاد شده است که لوله‌های جدار نازک پی‌وی‌سی سخت را باید با مواد رنگی از قبیل اکسید تایتانیوم تهیه نمود که دراین صورت باعث محافظت آن به مدت طولانی در برابر اشعه ماوراءبنفش می‌گردد. لوله‌های بدون این مواد رنگی را باید به دور از نور شدید نگهداری نمود. در این حالت سایه درختان برای محافظت کافی می‌باشد. درجه پیشرفت تخریب سطح لوله تابع شدت نور می‌باشد.

یک رویه خوب شامل موارد زیر می‌باشد:

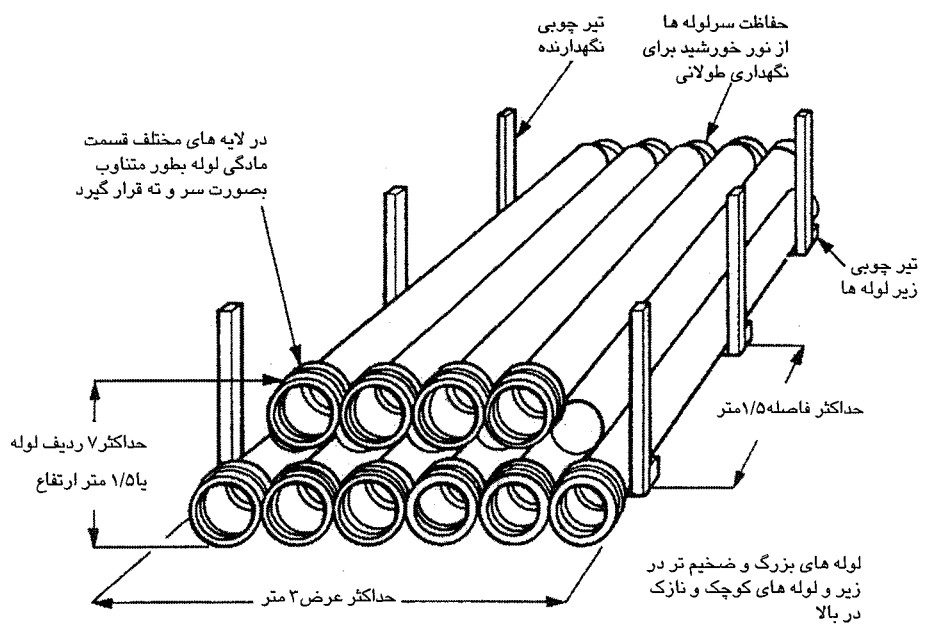
- از پرت نمودن و کشیدن لوله‌ها خودداری کرده و توسط اجسام سخت ضربه وارد نشود.
- لوله‌ها را باید با دست در محل کار به ترتیب خاص دپو نمود.
- در محل صاف و محکم نگهداری نموده و تمامی طول لوله مهار گردد.
- نحوه قرار گرفتن لوله‌ها به ترتیبی باشد که برجستگی قسمت مادگی لوله بطور متناوب قرار بگیرند. روی لوله‌ها پوشیده شود، زیرا وجود پوشش مناسب لوله را از صدمات نور آفتاب حفاظت نموده و مانع از تغییر سطح و تغییر شکل طولی و مقطع می‌شود. برای مدت زمان کمی نگهداری در محل‌های سایه بلامانع است.
- با توجه به پیشرفت عملیات اجرایی و نیاز به لوله، بایستی حمل به محل کارگاه و محل مصرف به نحوی تنظیم گردد که مدت کمی در محل کارگاه باقی بماند.

1- Impact strength *2- Tensile strength*

۶ـ۲ـ۳ـ لوله آزبست

مجموعه راهکارهای صحیح به راحتی قابل درک بوده اما حداقل ذکر چند نکته مهم ضروری می‌باشد:

- کلیه لوله‌ها و اتصالات در زمان ورود از نظر معایب آن کنترل شده و با لیست سفارشات مطابقت داشته باشد.
- تخلیه محموله به دقت انجام گیرد تا در مراحل بعدی کمتر نیاز به تعمیر و رفع عیب آنها باشد. از غلطاندن و پرتاب نمودن جلوگیری کرده و توسط طناب جابجا شود.
- نظیر سایر لوله‌ها می‌توان آنها را روی یکدیگر قرار داده و نباید ارتفاع آنها از ۲ متر تجاوز نماید و به دقت روی سطح صاف قرار داده شود و برای جلوگیری از حرکت و ریزش با استفاده از گوه مهار گردد. اتصالات کوچک را حداکثر به تعداد ۳ تا ۴ عدد روی همدیگر قرار داده و حلقه‌های لاستیکی همراه با مواد اتصالی تازمان استفاده در یک محل سایه و خنک نگهداری شود. روغن، گریس و آفتاب شدید به حلقه‌های لاستیکی صدمه وارد می‌کند.



شکل۶-۱- نحوه انبار نمودن لوله

مأخذ: Sir M. MacDonald and Partners (1989e)

۶ـ۳ـ لوله‌گذاری

بهترین حالت قرارگرفتن و نصب لوله‌ها آنست که در طول یک مسیر و یا بین دو محل سازه لوله ایستاده [۱]، لوله‌ها بطور مستقیم و با شیب یکنواخت قرار گیرند. وجود زانو در مسیر نیاز به بلوک مهاری و یا تسمه‌های نگهدارنده برای مقابله در برابر نیروهای داخلی لوله داشته و باعث افزایش هزینه‌های نصب می‌گردد. نحوه ساخت بلوک مهاری در قسمت‌های بعدی ارائه شده است. تغییر زیاد در جهت مسیر لوله را می‌توان توسط یک سازه لوله ایستاده و یا سازه‌های مشابه برحسب مورد حل نمود.

لوله بتنی غیر مسلح

لوله‌های بتنی غیر مسلح را نمی‌توان به آسانی تغییر مسیر داد. در مواردی که از لوله‌های نر و ماده در محل زانو استفاده می‌گردد، چنانچه فاصله خالی بین لوله‌ها از ۱۰ میلی‌متر تجاوز کند، آب‌بندی محل اتصال بسیار سخت و حتی غیرممکن می‌گردد.

چنانچه از لوله‌های ته‌صاف استفاده می‌شود، می‌توان با بریدن و تراش قسمتی از سر لوله به میزان مورد نظر زاویه انحراف ایجاد نمود. هر چند این اتصالات به سادگی ساخته می‌شود اما مشکلاتی را ایجاد می‌نماید که حتی‌الامکان باید به تعداد محدود مورد استفاده قرارگیرد. در بعضی از موارد زانوهای پیش ساخته در دسترس می‌باشد. این اتصالات بطور نسبی گران بوده و ضروری است که در ابتدای کار، تعداد و ابعاد مورد نیاز سفارش داده شود. گاهی انتظار برای دسترسی به اتصالات خاص نیازمند تأخیر زیاد می‌باشد.

ابداع دیگری که در آمریکا در مورد زانوها استفاده می‌گردد، کاربرد لوله‌های زبانه‌دار تحت نام تجارتی *(Rotacurve)* می‌باشد. این لوله‌ها مقداری انحراف داشته و دو سر آن زبانه‌دار یا نر و ماده می‌باشد. استفاده از این لوله‌ها تغییر جهت مسیر با زوایای انحراف متفاوت را ممکن می‌سازد و مشابه لوله‌ها پشت سرهم نصب می‌شوند. استفاده از این روش باعث بوجود آمدن زانوهای طولانی (شعاع قوس زیاد) شده و میزان نیروی بلوک‌های مهاری را به حداقل می‌رساند.

لوله پی‌وی‌سی سفت

اگر چه این لوله‌ها را می‌توان به سهولت به میزان زیاد خم نمود، حتی‌الامکان باید بصورت مستقیم قرارگرفته و جز در مواردی که برای جلوگیری از برخورد با مانع ضروری است از پیچ و خم دادن آنها پرهیز نمود. اتصالات پیش ساخته برای تغییر مسیرهای متعدد در دسترس بوده و درکلیه موارد احداث بلوک مهاری در محل تغییر مسیر ضروری می‌باشد.

لوله‌های پی‌وی‌سی با قطر بیش از ۱۶۰ میلی‌متر را نباید در حالت سرد خم نمود. زیرا باعث ایجاد تنش در لوله می‌گردد. برای لوله‌های با قطر کمتر از ۱۶۰ میلی‌متر، حداقل شعاع قوس از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$R_{min} \geq 200^{*} (OD)$$

R_{min} حداقل شعاع قوس

OD قطر خارجی لوله

برای یک لوله با قطر ۱۶۰ میلی‌متر حداقل شعاع قوس، معادل ۳۰ متر و یا انحراف ۰/۵ متر در طول ۶ متر

1- STAND

می‌باشد.
لوله‌ها باید توسط بلوک‌های مهاری و در بعضی از موقعیت‌ها، محل مادگی و قسمت صاف لوله توسط تسمه‌های مهاری محکم بسته شوند. ایجاد قوس در لوله‌ها را نباید در درجه حرارت‌های کمتر از ۵ درجه سانتیگراد انجام داد.

۶-۴- حفاری ترانشه و طراحی بار وارده بر لوله

بارهای وارده بر روی یک لوله زیرزمینی مدفون در خاک تابع شرایط قرارگیری لوله، نوع بستر، میزان تراکم خاک و جنس مواد بستر لوله می‌باشد.

۶-۴-۱- طراحی برای لوله‌های سخت (بتنی و آزبست سیمان)

تئوری محاسبه بار وارده بر لوله‌های مدفون در خاک، بطور مشروح در منابع مختلف ارائه شده است.
در عمل سازندگان لوله جداول خلاصه‌ای برای انواع لوله‌ها که در آن حداقل و حداکثر عمق پوشش، برای شرایط خاص ترانشه و نوع مصالح برای پر نمودن اطراف لوله و بر حسب قطر لوله است ارائه می‌نمایند.
لوله‌های صلب در اثر بارگذاری تحت دو نوع تنش قرار می‌گیرند:

- خرد شدن (تغییرشکل مقطع)
- خمش طولی (همانند تیر)

الف - خرد شدن [1]

هنگامی که مقطع عرضی یک لوله را مورد بررسی قرار می‌دهیم، نیروهایی که ایجاد تنش بر روی مقطع لوله می‌نماید از سه جزء تشکیل می‌گردد.

- وزن خاکریز روی لوله
- فشار حاصل از بارهای سطحی که توسط خاک منتقل می‌گردد. (بار زنده)
- عکس العمل بستر لوله

برای اطمینان از طراحی این نیروها، باید مجموع حداکثر نیروهای وارده به جدار لوله در طول عمر طرح تعیین گردد. در حال حاضر روش کلی مورد قبول برای تعیین مقاومت لوله‌های سخت با مقطع دایره‌ای، نتایج حاصل از آزمون‌های دو یا سه لبه‌ای بر روی نمونه لوله‌ها می‌باشد (در مقایسه با استفاده از تئوری خمشی)

ب - خمش طولی

شکستگی ناشی از خمش طولی برای این لوله‌ها تا قطر خارجی ۳۰۰ میلی‌متر مطرح می‌باشد. عدم مهار مناسب، عمق کم لوله‌گذاری در زیر جاده‌ها باعث ایجاد تنش خمشی زیاد می‌گردد.

شرایط نصب

چهار وضعیت مختلف برای نصب لوله‌ها وجود دارد:

- نصب در ترانشه‌های باریک که سپس پر می‌گردد.

1- CRUSHING

- نصب در ترانشه‌های روباز و یا روی زمین که روی آن یک خاکریز اجرا می‌شود و به آن آن برجستگی مثبت [۱] می‌گویند.
- نصب در داخل ترانشه ایجاد شده در یک خاکریز که به آن برآمدگی منفی [۲] می‌گویند.
- نصب در داخل یک تونل یا مجرای اجرا شده توسط لوله رانی [۳]

به طور کلی برای سیستم‌های آبیاری تحت فشار شرایط ترانشه باریک و برآمدگی مثبت برای لوله‌های زیرزمینی قابل استفاده است. برای شرایط برآمدگی منفی و لوله رانی نیاز به انجام محاسبات داشته و معمولاً سازندگان لوله، مقدار پوشش برای هر نوع لوله را ارائه می‌نمایند.

شرایط استقرار

به غیر از حالتی که لوله در روی سطح زمین قرار گرفته و هیچگونه باری را تحمل نمی‌کند، از نظر قرار گرفتن لوله و تأثیر نیروهای خارجی دو حالت ترانشه‌ای [۴] و زیرگذر [۵] وجود دارد. در اغلب شرایط لوله‌ها در داخل ترانشه‌های کم‌عرض قرار می‌گیرد. در این شرایط وزن خاک که روی لوله تأثیر می‌گذارد کمتر از وزن کل خاک می‌باشد. عرض ترانشه حتی الامکان باید کم باشد چنانچه این عرض بیشتر از ۴ برابر قطر لوله باشد، روش زیرگذر یا خاکریز بکار گرفته می‌شود. که در این حالت نیروی وارده بر روی لوله افزایش می‌یابد.

در محل‌هایی که ترانشه لوله کم عمق بوده (در زیر خاکریز) و لوله نسبت به خاکهای دست نخورده اطراف، بالاتر باشد حالت زیرگذر به وجود می‌آید. در این شرایط مقدار نیروی عمودی وارد بر لوله معمولاً، بیشتر از خاکریز روی لوله است، زیرا نیروی چسبندگی خاکها باعث انتقال بارهای اطراف می‌گردد.

در بعضی از قسمتهای سیستم لوله‌ها شرایط زیرگذر وجود داشته و باید مورد توجه قرار گیرد.

نوع بسترسازی

بسترسازی مورد نیاز برای سیستم‌های لوله کم‌فشار از نوع معمولی بوده که در این روش کف ترانشه و اطراف لوله (حداقل ۵۰ درصد قطر لوله) را باید با مصالح دانه ریز، صاف و متراکم نموده تا لوله مهار گردد.

درجه تراکم و مواد بستر سازی

خاکهای خیلی ریزدانه با حد روانی زیاد و خاکهای آلی در کلیه موارد برای بستر سازی و ریختن اطراف لوله و همچنین به عنوان خاکریز اولیه روی لوله نامناسب می‌باشد.

۶-۴-۲- طراحی بارگذاری لوله‌های انعطاف‌پذیر (پی‌وی‌سی سخت)

عکس العمل لوله‌های نرم نسبت به لوله‌های سخت در برابر نیروهای وارده متفاوت می‌باشد. زیرا در لوله‌های نرم مقدار کمی از نیرو توسط لوله تحمل می‌گردد. لوله‌های پی‌وی‌سی را باید در مقابل نیروهای فعال بستر آماده نموده و مهار اطراف لوله بخوبی انجام شود.

1- *Positive projection*
2- *Negative projection*
3- *Pipe Jacking*
4- *Trench*
5- *Culvert*

برای رسیدن به استاندارد طراحی، دو جنبه مورد نظراست:

- باید مطمئن بود که تغییر شکل مقطع لوله تحت بارهای وارده در حد قابل قبول باشد.
- باید مطمئن بود که لوله در اثر کمانش [1] تخریب نمی‌شود.

تغییر شکل لوله:

باید اطمینان حاصل نمود که عملکرد لوله‌های پی‌وی‌سی فشار ضعیف و تغییر شکل بلند مدت آن محدود به ۶٪ قطر عمودی باشد. لوله در مدت عمر خود به تدریج تغییر شکل داده اما این تغییر شکل عمدتاً در طول ۲ سال اول بعد از نصب صورت می‌گیرد.

میزان تغییر شکل لوله‌های پی‌وی‌سی را می‌توان با استفاده از رابطه معروف آیوا محاسبه نمود.

$$\text{تغییر شکل} = \frac{\text{بارعمودی وارد به لوله}}{\text{سختی خاک + سختی لوله}}$$

روش محاسبه تغییر شکل در مأخذ [۱۱۰] تشریح شده‌است.

لوله در زمان نصب که خالی از آب است تحت تأثیر تغییر شکل قرار می‌گیرد. برای اطمینان از این که لوله به خوبی در برابر حداکثر بار به میزان حداکثر ۶٪ تغییر شکل داشته باشد، ضروری است که کنترل طراحی انجام گیرد.

بسترسازی و تراکم آن

استفاده از خاکهای خیلی دانه‌ریز و با حد روانی زیاد و خاکهای آلی برای بستر سازی و ریختن در اطراف لوله و همچنین به عنوان خاکریزی روی لوله مناسب نیستند. مخصوصاً در مواردی که جنس لوله پی‌وی‌سی جدار نازک می‌باشد، مواد دانه درشت با مقدار کم دانه‌ریز (یا بدون دانه‌ریز) برای رسیدن به تراکم مناسب، ضروری است. وقتی که خاکهای دانه درشت و یا خاکهای بدون چسبندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید توصیه‌های سازندگان در رابطه با ظرفیت بارگذاری مواد لوله مورد توجه قرار گیرد.

حفاری ترانشه

به منظور حداقل نمودن عملیات حفاری، دیواره‌های ترانشه‌ها باید عمودی باشد. هنگامی که عمق ترانشه زیاد و یا خاک پایدار نیست، استفاده از تخته‌های حایل به منظور جلوگیری از ریزش دیوار قبل و یا هنگام‌نصب‌ضروری‌است. دربعضی از خاکهای‌درشت دانه، استفاده از قالب‌بندی موقتی ضروری است.

در هنگام بارندگی‌های شدید به علت خطر ریزش دیواره‌ها، نباید عملیات حفاری انجام شود. چنانچه امکان‌پذیرباشد، باید آب داخل ترانشه را خارج نموده و آنرا قبل از انجام عملیات لوله‌گذاری خشک نمود. عملیات حفاری باید در حداقل زمان ممکن قبل از انجام عملیات لوله‌گذاری صورت گیرد تا خسارت‌های وارده به فعالیت‌های کشاورزی به کمترین مقدار برسد. مواد حاصل از خاکبرداری را باید در یک طرف ترانشه

1- Buckling

دپو نمود تا بتوان از طرف مقابل جهت دسترسی به لوله استفاده نمود. بهتر است که کف ترانشه سست نبوده، عاری از کلوخه و سنگ و مواد زاید باشد.

چنانچه عملیات حفاری در سنگ یا قلوه‌سنگ و بستر سخت و یا اراضی با خاک سست انجام می‌شود، باید حداقل ۳۰ سانتیمتر اضافه حفاری انجام شده و توسط مصالح محلی مناسب پر و رگلاژ گردد. به علت آن که این عملیات بطور قابل ملاحظه‌ای هزینه‌ها را افزایش می‌دهد، لذا باید در جهت یافتن گزینه دیگری برای مسیر لوله و یا پیدا نمودن راه حل دیگر برای این مسئله سعی نمود. در خاکهایی که در اثر تغییر رطوبت و حرارت، کاهش یا افزایش حجم می‌دهند، مسائل خاصی به وجود می‌آید. معمولاً برای پرهیز از این موارد افزودن بر عمق حفاری کافی می‌باشد. در این قبیل شرایط باید از لوله‌هایی با مواد قابل انعطاف‌تر و یا گزینه‌های دیگری در مورد پرنمودن اطراف لوله و ترانشه استفاده نمود. شرایط خاک را باید در مراحل اولیه طراحی مورد توجه قرار داده و موقع انتخاب جنس لوله نکات مهمی راکه در نمودار (۲ـ۸) ارائه شده، ملحوظ نمود.

ترانشه باید به اندازه کافی برای ایجاد فضای کار در موقع نصب لوله و اجرای اتصالات عریض باشد. حداقل عرض برای لوله‌های با قطر کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر معادل ۰/۵ متر بوده و برای لوله‌های بزرگتر حداقل عرض باید ۰/۴ تا ۰/۶ متر عریض‌تر از قطر خارجی لوله باشد. برای لوله‌های باقطر بزرگ باید، کف ترانشه را بشکل نیم‌دایره حفاری نمود.

پوشش روی لوله

حفاری‌های عمیق و غیرضروری باعث افزایش هزینه نصب شده، لذا باید از آن اجتناب نمود. میزان پوشش روی لوله بستگی به عملیات کشاورزی و جنس لوله دارد، لوله باید به اندازه کافی عمیق بوده تا عبور ماشین آلات، عملیات زارعی، یخبندان و ترک‌های خاک تأثیری بر آن نداشته باشد.

به طور معمول در اراضی کشاورزی، برای انواع لوله‌ها حداقل ۰/۴ تا ۰/۶ متر پوشش روی تاج لوله توصیه می‌گردد. برای لوله‌های با قطر بزرگتر و نصب لوله در خاکهای رسی سنگین، نیاز به عمق پوشش بیشتر می‌باشد. محدودیت‌های خاص برای پوشش روی لوله در رابطه با بافت خاک و نوع بار ترافیکی، برای لوله‌های با جنس پی‌وی‌سی توسط سازندگان ارائه شده‌است. نباید خاک زیاد روی لوله‌های جدار نازک پی‌وی‌سی ریخته شود.

برای لوله‌های بتنی در مواقعی که عمق نصب زیاد است، یک ضریب حداقل ۱/۲۵ را باید برای آزمایش سه لبه‌ای در موقع محاسبه بارهای خارجی ناشی از مواد خاکریز روی لوله منظور نمود [۳]. در مواردی که لوله از زیر جاده و یا خاکریز عبور می‌نماید حدود پوشش روی لوله باید براساس فرضیات "شرایط کالورت" محاسبه گردد. برای لوله‌های بتنی عمق پوشش ۰/۷ تا ۰/۹ متر را باید بکار گرفت. این موضوع به ندرت مشکلی ایجاد می‌نماید، زیرا غالباً جاده‌ها بر روی خاکریزهای بالاتر از سطح مزارع قرار دارند. فشرده‌نمودن خاک اطراف لوله در هنگام خاکریز نمودن روی لوله بسیار مهم است. مخصوصاً در لوله‌های پی‌وی‌سی تحمل در برابر بارهای وارده مهم است.

لوله پی‌وی‌سی جدار نازک

توصیه‌های مشخص بستگی به مواد تشکیل دهنده لوله و سختی مواد دارد. در این قبیل حالات سازندگان باید

مورد مشاوره قرار گرفته و راهنمایی‌های لازم در رابطه با مواد لوله‌ها را ارائه نمایند.
به عنوان یک الگو، اطلاعات حاصل از یک شرکت سازنده برای جنس لوله‌ها در زیر خلاصه گردیده است:
توصیه‌ها بر اساس محدودیت بارهای وارده، برای لوله‌های نصب شده در اعماق مختلف ارائه شده است. اگر چه خاکهای موجود در محل و یا رس به عنوان مصالح خاکریزی اطراف لوله توصیه نمی‌گردد، اما می‌توان در قسمتهای مشخصی از پروفیل با استحکام کافی از این مواد استفاده نمود. انتخاب مقطع (پروفیل) برای مواد مختلف اطراف لوله در مأخذ [۵۴] ارائه شده است.
تعدادی از توصیه‌ها در زیر ارائه گردیده است.

حداقل پوشش روی لوله

بجز در مواردی که از مصالح خاص با حداقل تراکم برای خاکریزی مجدد دور لوله استفاده می‌گردد. (به عنوان مثال شن شکسته)، برای بارهای ترافیکی سبک، حد ۰/۷۵ متر پوشش روی لوله لازم است. برای بار استاندارد چرخ‌ها، حداقل ۱/۵ متر پوشش مورد نیاز می‌باشد [۱۱۶].

حداکثر پوشش روی لوله

برای لوله‌های از قطر ۲۲۵ تا ۷۵۰ میلی‌متر، حداکثر پوشش روی لوله از ۶ متر برای لوله‌های با قطر کم تا ۳ متر برای لوله‌های با قطر بزرگ توصیه شده است [۵۲]. هنگامی که عمق پوشش از این اعداد بیشتر می‌شود، باید با سازندگان لوله برای شرایط خاص و طراحی مربوطه مشورت بعمل آید.

۶ـ۵ـ استقرار لوله در ترانشه

لوله‌های بتنی و آزبست را باید با دقت به داخل ترانشه برده (بدون آسیب دیدن) و در محور ترانشه قرار داد. برای این منظور می‌توان از طناب استفاده نموده و قسمت مادگی لوله برای جلوگیری از آسیب‌دیدن، روی زمین قرار نگیرد. حتی‌الامکان تمامی طول لوله روی پی یکنواخت و محکم قرارگیرد. همانطوریکه قبلاً نیز گفته شد لوله باید با کف ترانشه حداقل به اندازه ۵۰٪ قطر تماس داشته باشد. برای لوله‌های باقطر کمتر (mm ۳۰۰>) این امر چنانچه کف ترانشه نرم باشد و یا کف ترانشه به شکل لوله حفاری شود عملی می‌گردد. برای اتصالات دارای مادگی و طوقه، فضای لازم در کف ترانشه حفاری شده به طوری که مسیر و محور لوله تغییری پیدا نکند.
لوله‌هایی که ترک داشته و خسارت دیده‌اند را نباید مصرف نمود و لوله‌هایی که در مسیر خود نشست داشته و روی محور قرار ندارند، باید برداشته شده و مجدداً لوله‌گذاری شود. لوله‌های پی‌وی‌سی را در کنار ترانشه (بالای ترانشه) به یکدیگر متصل نموده و در حالی که از خم شدن آن‌ها جلوگیری می‌شود به داخل ترانشه منتقل می‌گردد.
در طول لوله‌گذاری، خاک و مواد خارجی را باید از لوله دور نمود، برای این منظور با استفاده از یک کیسه پر و کشیدن آن توسط طناب در داخل لوله، بعد از اتمام کار گروه لوله‌گذار، عمل تمیز نمودن انجام می‌گردد که مانع مسدود شدن لوله توسط قطعات بزرگ آشغال و یا ابزار باقیمانده در آن می‌گردد.
هنگامی که لوله‌ها نصب شده و یا در محل کارگاه نگهداری می‌شود، باید از جریان هوا در داخل لوله‌ها

جلوگیری نموده و به حداقل کاهش یابد. این عمل مانع از تغییرات شدید رطوبت در جدار لوله می‌گردد. مسدود نمودن قسمتهای باز باعث کاهش جریان هوا شده و مانع از ورود جانوران موذی به داخل لوله بعد از انجام کارهای روزانه می‌گردد. لانه کردن و خفه شدن حیوانات باعث انسداد لوله می‌گردد.

۶ـ۵ـ۱ـ لوله پی‌وی‌سی سخت

در شرایطی که هوا بشدت گرم، سرد و یا مرطوب است باید از نصب لوله‌ها خودداری نمود. در این شرایط عملیات نصب فقط در طول بعضی از روزها انجام می‌گیرد. بعد از نصب و قراردادن لوله و اتصالات در داخل ترانشه، به منظور ایجاد درجه حرارت یکنواخت در لوله باید روی لوله تا قبل از آغاز عملیات نهایی و پر نمودن ترانشه پوشانده شود. این موضوع برای لوله‌های پی‌وی‌سی به علت بالا بودن ضریب انبساط، بسیار مهم است. اگرچه شرایط اقلیمی را نمی‌توان به طور یقین پیش بینی نمود، اما ممکن است که تا بهتر شدن شرایط اقلیمی، توقف عملیات اجرایی برای مدت کوتاه ضروری باشد. به علت قابل انعطاف بودن لوله‌های پی‌وی‌سخت، در طول حمل و نقل و یا انبار نمودن تغییر شکل مقطع در آنها حادث می‌گردد. بنابراین چنانچه این مقدار تغییر شکل ۱ تا ۲ درصد قطر لوله باشد، در موقع نصب در داخل ترانشه آن را در جهت بزرگترین تغییر شکل (به طور عمودی) قرار داده که این کار باعث جبران مقداری از این تغییر شکل می‌گردد [۵۴].

۶ـ۵ـ۲ـ لوله‌های بتنی غیر مسلح

در اثر کاهش درجه حرارت در خاک و یا آب (در داخل لوله) و یا تأثیر خشک بودن اطراف لوله، گاهی در لوله‌های بتنی غیر مسلح، تنش ایجاد شده و باعث بوجود آمدن ترک‌های مویی در لوله‌ها می‌گردد. حالت بسیار متداول این نوع خسارت، پایین بودن درجه حرارت آب در اوایل پاییز و زمستان و به خصوص مواقعی که تأمین آب از منابع سطحی باشد رخ می‌دهد. آب چاهها معمولاً در طول سال دارای درجه حرارت یکنواخت بوده و مشکلی را بوجود نمی‌آورد. با پیش‌تنیده نمودن طولی لوله‌ها می‌توان از ایجاد این شکاف‌ها جلوگیری نمود. در شرایطی که لوله‌ها در محل خشک نصب شود، پس از مرطوب شدن بطور خودکار منبسط شده لذا پیش‌تنیده نمودن لوله مانع از انبساط لوله گردیده و صدمه دیدن لوله و اتصالات در اثر عوامل دیگر را کاهش می‌دهد [۵۹].

۶ـ۶ـ اتصال لوله‌ها

۶ـ۶ـ۱ـ لوله بتنی

سیستم‌های اتصال لوله‌های بتنی کم فشار عبارتند از:

- لوله‌های ته‌صاف [۱]
- لوله‌های نر و ماده‌ای [۲]
- لوله‌های فاق و زبانه‌ای [۳]

1- *Plain Ended*

2- *Spigot & Socket*

3- *Tongue & groove*

- لوله‌های لبه‌دار[۱] (نمونه ساده شده فاق و زبانه‌ای است)

برای بعضی از این نوع اتصالات، با توجه به دستیابی به میزان آب بندی، روشهای مختلفی وجود دارد. این روشها به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شود:

- اتصالات یکپارچه (با ملات و سیمان) ـ صلب [۲]
- اتصالات (با حلقه‌های لاستیکی) قابل انعطاف [۳]

در اتصالات یکپارچه برای آب‌بندی از ملات ماسه و سیمان استفاده می‌گردد. در اثر کوچکترین جابجایی و یا نشست در اثر بارهای وارده، اتصال صدمه دیده و نشت آب بوجود می‌آید. در شکل‌های ۶ـ۲ و ۶ـ۳ انواع مختلف اتصالات یکپارچه ارائه شده است.

در زمان نصب و اجرای اتصالات و انجام خاکریزی روی لوله به منظور جلوگیری از صدمه‌دیدن اتصالات یکپارچه ضروری است دقت و توجه کافی بعمل آید.

اگر چه در عمل مشاهده می‌گردد که تعداد معدودی از اتصالات یکپارچه با ملات ماسه و سیمان نسبت به بقیه از شرایط بهتری برخوردار هستند، اما در این اتصالات، آب بندی به طور کامل امکان‌پذیر نمی‌باشد.

ـ در اتصالات قابل انعطاف، برای آب‌بندی از یک حلقه لاستیکی[۴] استفاده می‌گردد. در این نوع اتصال، امکان تغییر مکان (جابجایی) وجود دارد، و مقدار جابجایی بستگی به نوع طراحی محل اتصال دارد. بعلت آن که ساخت این نوع لوله‌ها نیاز به تجهیزات خاص دارد، گرانتر می‌باشد. در شکل ۶ـ۴ نمونه‌هایی از این نوع اتصال ارائه شده‌است. با توجه به امکانات و سهولت ساخت برای سازندگان لوله‌های بتنی در نقاط مختلف دنیا، انواع مختلف این نوع اتصال ارائه شده است.

الف ـ لوله تەصاف

بررسی‌های انجام شده در سیستم لوله‌های بتنی تەصاف که در بنگلادش اجرا شده است، نشان می‌دهد که بیشترین مشکلات مربوط به نشت آب، از اتصالات بین مخزن ابتدایی[۵] تا اولین آبگیری‌ها می‌باشد (فشار این قسمتها زیادتر می‌باشد). علاوه بر آن در اطراف سازه‌ها و بخصوص در تقاطع با جاده‌ها نشت آب نیز وجود دارد. لذا ضروری است که در موقع اجرا، دقت‌های خاص و نظارت دقیق برای احداث اتصالات در این محل‌ها اعمال گردد. برای لوله‌های تەصاف دو نوع اتصال یکپارچه وجود دارد:

- استفاده از طوقه (شکل ۶ـ۲ـب)
- استفاده از نوار چتایی و ملات [۶] (شکل ۶ـ۲ـج)

الف ـ۱ـ اتصال با طوقه [۷]

در صورت استفاده از طوقه، هزینه‌های نصب ۱۰٪ افزایش می‌یابد. اما در عین حال این نوع اتصال باعث تقویت اتصال در برابر فشارهای نامتعادل خاک می‌گردد. چنانچه فضای بازبین لوله و طوقه در اثر ساخت

1- Rebated

2- Rigid

3- Flexible

4- Gasket

5- Header Tank

6- Sacking and Mortar band

۷- سایر کلمات متداول، غلاف ـ کولار ـ مانشون

نامناسب در کارخانه و ضعیف بودن مشخصات و یا تغییر جزئی در مسیر لوله کوچک باشد، در این حالت‌ها قرار دادن ملات به منظور آب‌بندی اتصال (درز) در محل طوقه بسیار مشکل خواهد بود.
تعداد اجرای این اتصال در روز کم (به طور معمول ۲۰ عدد توسط یک نفر) و در شرایطی که استانداردهای اجرایی و نظارت ضعیف باشد، مقدار نشت آب افزایش می‌یابد. در شرایطی که استفاده از روش‌های دیگر امکان‌پذیر باشد نباید از اتصالات نوع طوقه استفاده نمود.
طول طوقه عموماً بین ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر بوده و برای تقویت آن از یک شبکه آرماتور استفاده می‌شود. قطر داخلی آنها از قطر داخلی لوله بیشتر بوده و حدود ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر فضای خالی بین لوله و طوقه را ایجاد می‌کند.
دو روش زیر برای اتصال لوله‌ها استفاده می‌شود:

- لوله‌ها و طوقه به داخل یکدیگر متصل شده و با استفاده از ملات سفت (سیمان به ماسه ۱:۲ یا ۱:۳) در فضای خالی سیخ‌زده می‌شود.
- یک طناب قیری در حد فاصل دو لوله قرار داده و فضای خالی بین لوله و طوقه توسط یک نوار کنفی قیری پر می‌گردد. در انتها فضای خالی باقیمانده توسط ملات پر می‌گردد.این روش در سیستم‌های اجرا شده در بنگلادش، مورد استفاده قرار گرفته است.

الف ـ۲ـ نوار کنف و ملات [1]

این نوع اتصال لوله‌ها به چندین روش اجرا می‌گردد، اما روش ارائه شده در زیر بهترین نتیجه راارائه می‌دهد.

- سرلوله‌ها را مرطوب نموده و (تا حد ممکن) به یکدیگر نزدیک می‌کنند.
- به منظور دسترسی به زیر لوله در محل اتصال، زیر لوله را خالی می‌کنند.
- یک نوار به عرض ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر چتایی (گونی نازک) را به ملات سیمانی آبدار با مقدار کم ماسه آغشته نموده و حداقل یک دور در اطراف محل اتصال می‌پیچانند.
- بعد از این که این نوار آغشته به سیمان خشک گردید، (۱۰ تا ۱۵ دقیقه) یک لایه به عرض ۱۰ سانتی‌متر از ملات ماسه سیمان به نسبت ۳ به ۱ بر روی آن قرار می‌گیرد (شکل ۶ـ۲).

در اتصال لوله‌های بتنی غیر مسلح از نوع ته‌صاف که یک لایه ملات بر روی نواری از چتایی در محل اتصال قرار گرفته، ایجاد یک حفره در زیر محل اتصال به منظور قرارگرفتن ملات در زیر لوله (در محل اتصال) ضروری می‌باشد. (شکل ۶ـ۲ ج)
هرچند که این نوع اتصال به طور نسبی ارزان و نصب آن سریع می‌باشد (۱۰۰ عدد اتصال توسط یک نفر در روز)، اما نیاز به بستر سازی دقیق برای لوله‌ها می‌باشد. در این روش هنگام پر نمودن ترانشه و انجام کارهای تکمیلی بایستی دقت کافی به منظور جلوگیری از جابجایی اتصالات بعمل آید. در اثر اجرای ضعیف و همچنین جابجایی لوله در طول مدت نشست، خطر شکسته شدن اتصال وجود دارد. در هر صورت در این روش تعمیر آسان و برای اجرا سریع می‌باشد.

1- Jute and Mortar band

در طرح توسعه کشاورزی بنگلادش که در حال حاضر در دست بهره‌برداری می‌باشد، ترکیبی از این روش اجرا گردیده است. طبق گزارش کارکنان طرح، نشت در ۵ تا ۷ درصد اتصالات شبکه و برای چند سال اول بوده است. همچنین میزان نشت به طور عمده تابع کیفیت، نحوه ساخت و اتصالات خوب می‌باشد. این اطلاعات بر اساس گزارش‌های کارهای اجرا شده، می‌باشد [۸۹].

ب ـ لوله نر و ماده

بلحاظ نوع حاضر اتصالات نر و ماده‌ای، استفاده از لوله‌های با این نوع اتصالات گرانتر می‌باشد. مزیتی که این لوله‌ها دارند، امکان تغییر مسیر تدریجی بین ۳ تا ۵ درجه برای هر اتصال می‌باشد. برای ساخت این لوله‌ها تکنولوژی متداول گریز از مرکز[1] مشکل بوده و معمولاً از روش ساخت با قالب‌های عمودی استفاده می‌گردد. اتصال این لوله‌ها به یکدیگر به دو روش، استفاده از ملات سیمان و یا حلقه‌های لاستیکی قابل انعطاف امکان‌پذیر است.

ب ـ۱ـ اتصال با ملات سیمان

در شکل‌های شماره (۶ـ۲) و (۶ـ۳) این نوع اتصالات نشان داده شده است. در این اتصال چون انتهای لوله در داخل لوله بعدی محصور می‌گردد، بعد از انجام عملیات نصب و آزمایش، مشکلات کمی را از نظر نشت می‌توان انتظار داشت. در شرایطی که لوله‌ها در روی یک مسیر مستقیم نباشند، بعد از انجام عملیات خاکریزی، غالباً در محل زیر اتصال نشت مشاهده می‌گردد. معمولاً استفاده از ملات ۳ به ۱ یا ۲ به ۱ ماسه به سیمان متداول بوده و برای تقویت اتصال یک لایه چتایی به آن اضافه می‌گردد.

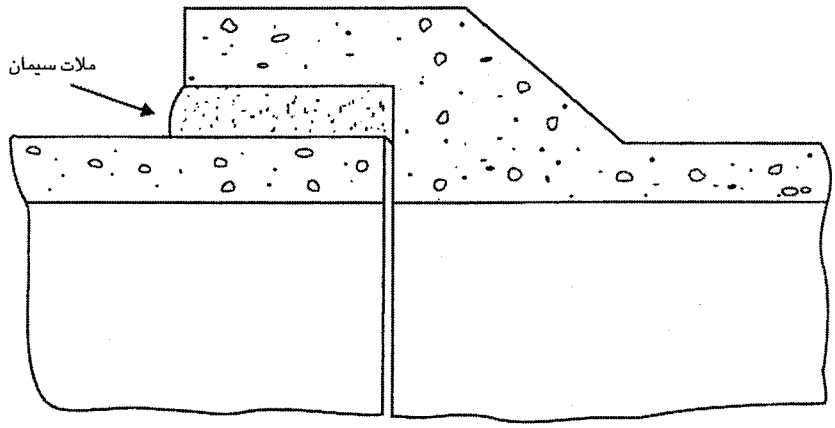
ب ـ۲ـ اتصال حلقه لاستیکی قابل انعطاف

در شرایطی که لوله در معرض تنش بوده، و نیاز به انعطاف دارد، استفاده از این نوع اتصال توصیه می‌گردد. این تنش‌ها شامل تغییرات فصلی درجه حرارت آب و یا جابجایی خاک می‌باشد. توصیه‌های مربوط به محل نصب و مقطع حلقه لاستیکی که از طرف کارخانه سازنده ارائه می‌گردد باید مورد عمل قرار گیرد. در شکل (۶ـ۴) نمونه‌هایی از نحوه کاربرد حلقه لاستیکی ارائه شده‌است.

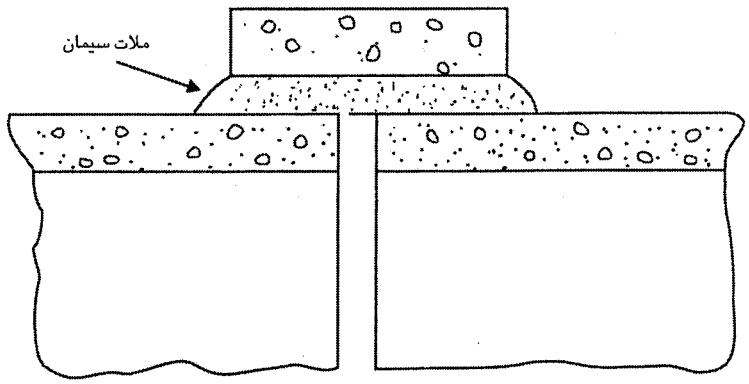
ب ـ۳ـ جهت لوله‌ها در موقع نصب

بطور مسلم به منظور اجرای خوب و قابل قبول نصب لوله از نقطه نظر آب‌بندی، قرار دادن قسمت مادگی لوله در جهت بالادست جریان ضروری می‌باشد. امّا در عمل مشخص گردیده است که هنگام نصب در داخل ترانشه، آسان‌تر است که قسمت صاف لوله را به داخل قسمت مادگی لوله‌ای که قبلاً نصب شده است وارد نمود. بنابراین چنانچه لوله گذاری را از بالادست مسیر جریان شروع نماییم، برای سهولت کارگذاری قسمت مادگی لوله در سمت پایین دست قرار می‌گیرد. (قسمت مادگی بر عکس مسیر واقعی قرار می‌گیرد). به طور مشخص دلیل محکمی برای ارجحیت یک روش بر روش دیگر برای بهبود عملکرد خط لوله ارائه نشده است.

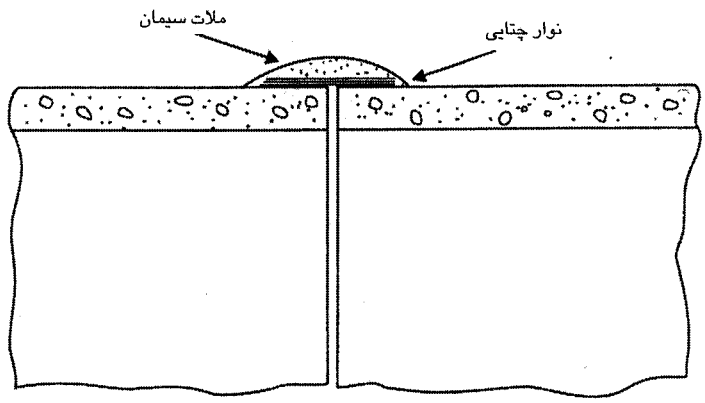
1- Pipe - Spinning



الف- اتصال نر ومادگی



ب- اتصال طوقه ای (مانشون)



ج- اتصال با یک نوار ملات سیمانی(لوله های ته صاف)

شکل۶-۲- اتصالات صلب برای لوله های بتنی غیر مسلح

۶ـ اتصال کام و زبانه

روش دیگر برای اتصال لوله‌های بتنی غیر مسلح، اتصال از نوع کام و زبانه بوده که یک انتخاب مناسب است. استفاده از این روش در طول چند دهه گذشته در کشور آمریکا توسعه و بهبود یافته و روش موفقی می‌باشد. این روش در هندوستان بطور محدود مورد استفاده قرار گرفته است. به منظور استفاده موفقیت‌آمیز از این نوع اتصال لوله‌ها، ضروری است که تولید لوله با یک استاندارد مناسب انجام گیرد. لوله‌های کام و زبانه با کیفیت مناسب به دو روش: قالب‌های عمودی مکانیزه و وسایل لرزنده دستی[1] قابل ساخت می‌باشد. نصب سریع و قابل قبول این نوع لوله‌ها امکان‌پذیر بوده و میزان نشت از آنها می‌تواند بسیار کم باشد.

در شبکه‌های لوله‌ای اجرا شده جدید در هندوستان میزان نشت طبق گزارش کارکنان محل حدود ۱ درصد بوده که در مقایسه با لوله‌های ته‌صاف (با اتصال نوع ملات) اجرا شده در بنگلادش که حدود ۵ درصد می‌باشد، قابل مقایسه می‌باشد. به منظور سهولت جابجایی لوله‌های با قطر زیاد، باید در قطعات کوچکتر تهیه گردد. در مراجع موجود فقط نحوه اتصال این لوله‌ها با استفاده از ملات سخت دیده شده است. اتصال با استفاده از حلقه‌های لاستیکی با لوله‌های خاص ساخته شده در کارخانه نیز یک راه‌حل دیگر می‌باشد. در شکل (۶ـ۵) نحوه اتصال لوله‌های کام و زبانه‌ای ارائه شده است.

با تغییر اندازه‌های طولی استاندارد لوله، امکان ساخت زانوها بدون نیاز به اتصالات خاص فراهم می‌گردد. این روش شامل ساخت لوله‌های کام و زبانه و یا نرو ماده‌ای با قسمت‌های اریب بوده که به *ROTACURVE* معروف است.

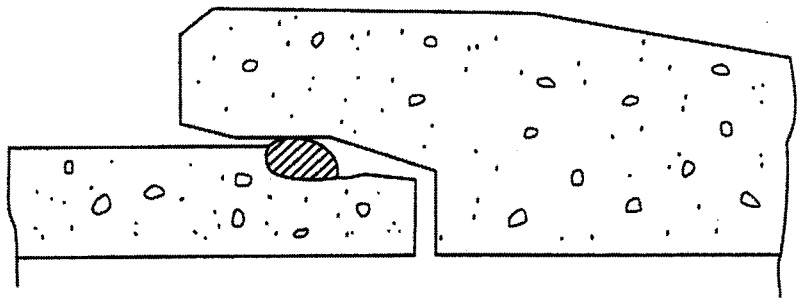
۶ـ۱ـ اتصال صلب با ملات

طرز اجرای این نوع اتصال عبارت از قراردادن ملات سیمان در داخل شیار سرلوله و سپس وارد نمودن لوله بعدی با فشار می‌باشد. ملات‌های اضافی که در اثر فشار از محل اتصال خارج می‌گردد باید توسط یک برس نرم دسته بلند در قسمت داخلی لوله صاف گردد. پلاستیسیته ملات بسیار مهم بوده و بستگی به میزان مواد دانه ریز ملات دارد. قابلیت کارکردن با ملات، از مقاومت آن مهمتر می‌باشد. ملات حتی‌الامکان نباید سفت باشد تا بتوان قسمتهای زیرین محل اتصال را به خوبی اجرا نمود. غالباً محل اتصال توسط یک نوار ملات سیمان و بدون استفاده از چتایی پوشیده می‌گردد که این عمل بیشتر جنبه مرتب نمودن (شکل دادن) به اتصال داشته و نقش خاصی را ندارد. شکل (۶ـ۳ـب) در هنگام نصب بهتر است که قسمت کام لوله به منبع آب متصل نشود.

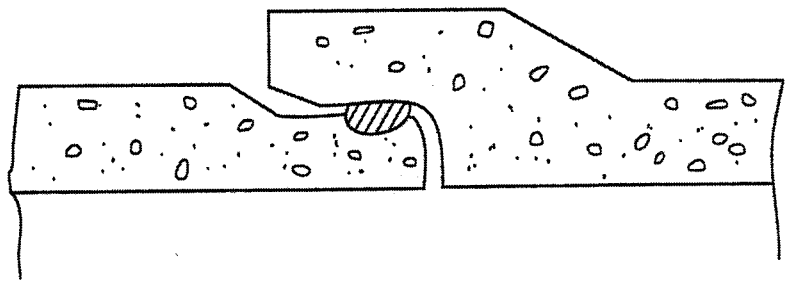
۶ـ۶ـ۲ـ لوله پی‌وی‌سی سخت

این لوله‌ها معمولاً در طول‌های ۵ تا ۶ متر و اتصال آن‌ها از نوع نر و ماده‌ای تهیه می‌شود. اتصال آنها به یکدیگر بااستفاده از یک نوع چسب (حلال چسبنده) و همچنین با استفاده از حلقه‌های لاستیکی انجام می‌شود. اصطلاح لوله‌های پی‌وی‌سی بسیار کلی بوده و دامنه وسیعی از مواد مختلف پلاستیکی را شامل می‌گردد. برای هر نوع لوله که توسط کارخانه خاصی ساخته می‌گردد، به منظور اتصال لوله‌ها باید از چسب‌های خاص توصیه شده برای آن، استفاده گردد. بکار گرفتن چسبهای کهنه و یا باقیمانده در انبار و یا تهیه شده توسط تولید کنندگان دیگر، ممکن است که در بهترین حالت باعث ضعیف شدن و در بدترین حالت باعث خرابی محل اتصال شود. آزمایش مواد وترکیبات مورد استفاده برای اتصال لوله‌ها در قسمتی از لوله‌ها قبل از اقدام به اجرای کار (نصب) به منظور ارزیابی عملیات اجرایی ضروری می‌باشد.

1- Labour - Intensive Spinning



الف- اتصال حلقه لاستیکی ساده



ب- اتصال حلقه لاستیکی داخل شیار

شکل۶-۳- اتصالات قابل انعطاف برای لوله های بتنی غیر مسلح

مأخذ: Indian standard 783 (1985)

اتصال با چسب حلال

اگر چه اتصال بوسیله چسب برای لوله‌های فشار قوی با قطر بیش از ۱۵۰ میلی‌متر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، اما برای اتصال لوله‌های آبیاری با فشارکم، غالباً تاکنون از این روش استفاده می‌گردد. در ادامه نکات عمده عملیات چسباندن لوله‌ها ارائه گردیده است. برای انواع چسبها و مشخصات آنها، تولیدکنندگان مختلف، راه‌حل‌هایی را ارائه و یا توصیه می‌نمایند.

ملاحظات عمومی

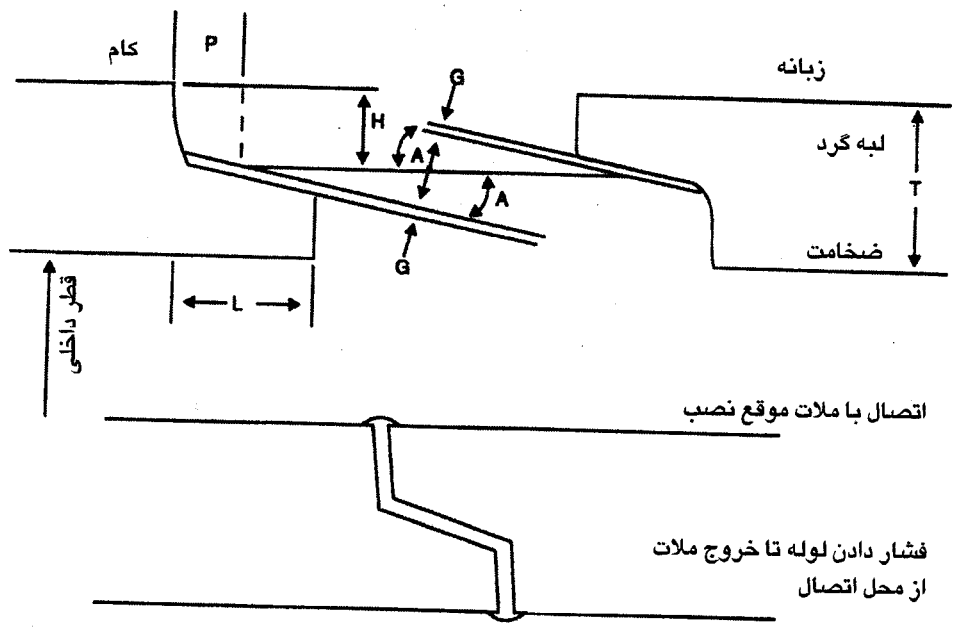
- سطح محل اتصال باید کاملاً توسط یک محلول پاک کننده (از قبیل تتراکلریدکربن) تمیز گردد. درعمل، برای تمیز نمودن محل استفاده از یک پارچه خشک تمیز ممکن است کافی باشد.
- یک حلال مناسب و یا ترکیبی از حلال‌ها باید به سطوح مالیده شود. در ترکیب حلال معمولاً مقادیری ترکیبات پلمیری پی‌وی‌سی (ترکیبات غیرقابل حل پلیمر پی‌وی‌سی) وجود دارد.
این مواد غالباً تا ۱۰٪ حلال و در حلالهای سفت در بعضی موارد تا ۳۰٪ را تشکیل می‌دهند این مواد بعنوان چسب حلال [1] شناخته می‌شوند.

وقتی چسب‌های حلال، با حلال‌ها (حلال‌های مستقیم) مقایسه می‌شود، استفاده از چسب‌های حلال ارجح می‌باشد. زیرا مزیت اصلی آن کاهش تلفات تبخیر در موقع استفاده می‌باشد. در این حالت اتصالات بهتر کنترل شده و همواره مشکلات کمتری را در رابطه با مالیدن مواد به سطوح خارج از سطح تماس بوجود می‌آورد. (باید توجه نمود که چسب حلال، قسمت‌های خالی را پر نمی‌نماید، زیرا پلیمرهای باقیمانده آن بطور نسبی کم است. اگر پلیمرهای آن زیاد باشد تا حدی به عنوان پرکننده عمل می‌کند). برای دستیابی به نتایج بهتر چسب کاری، همواره باید سطوح لوله‌ها بطور کامل با یکدیگر در تماس بوده و هیچگونه فضای خالی وجود نداشته باشد.

- محل اتصال را باید برای مدت کوتاهی آزاد گذاشته تا حلال جذب سطوح گردد. سطوح محل اتصال مقداری متورم می‌گردد. این مدت کمتر از ۳۰ ثانیه و در شرایط هوای گرم کمتر از این مقدار می‌باشد.
- لوله و اتصالات را باید به یکدیگر نزدیک نموده و تحت فشار قرار داد. نظر به اینکه هنگام متصل نمودن لوله‌ها، امکان وارد آوردن فشار بطور عمودی به محل اتصال مسیر نمی‌باشد، لذا عدم وجود فضای خالی بین سطوح تماس بسیار مهم است.

به منظور جلوگیری از برگشت به عقب لوله‌ها، بهتر است که اتصالات برای مدت یک دقیقه بطور محکم نگهداری گردد. (تحت فشار نگه داشته شود)

1- Solvent Cement



T = ضخامت لوله

$L = \frac{3}{4}T$

$P = \frac{1}{2}L$

$H = \frac{1}{2}T$

G = متغیر متناسب با قطر لوله(۰/۸ م م برای لوله ۱۵۰ تا ۳/۲ م م برای لوله ۶۰۰)

A = درجه

شکل ۶-۵- طرح اتصالات کام و زبانه

ماخذ: ***Koluvek***

نکات مهم در اجرای درز اتصال

الف ـ برش لوله

سرلوله باید توسط یک اره نرم بطور عمودی بریده شود. برآمدگی‌های ایجاد شده در هنگام اره‌نمودن را باید صاف و سرلوله گرد گردد. زیرا ناهموار بودن سرلوله در هنگام تداخل لوله‌ها باعث صدمه زدن به سطوح صاف لوله‌ها می‌گردد. به منظور افزایش تأثیر نفوذ حلال‌ها، سطوح محل اتصال را باید توسط کاغذ سمباده نرم و یا پشم فلزی بطور ملایم، زبر نمود.

ب ـ آزمایش اتصال قبل از چسب زدن

اگر محل اتصال لوله درست ساخته شود، اتصال لوله‌ها به یکدیگر به راحتی انجام گرفته و قبل از آنکه لوله به طور کامل در محل اتصال وارد شود، باید اتصال سفت و محکم شود.

چنانچه وارد شدن سرلوله به محل اتصال به آسانی انجام شود، استفاده از مقدار بیشتری چسب در محل اتصال، مساله را حل می‌نماید. چنانچه این موضوع ادامه داشته باشد، باید توسط کارخانه سازنده، اندازه اتصالات اصلاح شوند.

ج ـ عوامل موثر بر استحکام اتصال

غالباً ضرورت دارد که قبل از خشک شدن چسب، عملیات متصل نمودن لوله‌ها با سرعت زیاد انجام گیرد. حتی‌الامکان از چسباندن لوله‌ها در هوای گرم خودداری نموده (مثلاً وقتی که درجه حرارت بالای ۴۵ درجه است) و درهوای سرد به منظور نفوذ مواد حلال به سطح لوله، باید فرصت زمانی بیشتری را منظور نمود. در این شرایط به طور معمول مدت ۲ تا ۳ برابر می‌گردد. خراشیدن سطح یک نمونه آزمایش توسط چاقو، میزان نفوذ حلال را مشخص می‌نماید.

د ـ استفاده از بتونه و چسب

در بعضی از روشهای اتصال لوله‌ها، قبل از بکارگیری چسب که حاوی مقادیری پلیمرهای غیر حلال می‌باشد، به منظور حل نمودن سطوح، از یک بتونه و یا حلال استفاده می‌گردد.

ـ از چسب به مقدار زیاد استفاده نشود زیرا باعث تضعیف لوله و اتصال می‌شود.

ـ وقتی که لوله در کلیه جهات با فشار به داخل مادگی هدایت می‌شود، بایستی در قسمت صاف لوله با علامت گذاری مقدار آن مشخص گردد. چرخانیدن لوله به میزان $\frac{1}{4}$ دور علاوه بر پخش نمودن چسب، چنانچه ماسه و یا اشغال وجود داشته باشد باعث هدایت به داخل محل اتصال می‌شود.

حداقل طول محل اتصال باید به اندازه نصف قطر داخلی لوله و یا حداقل ۷/۵ سانتیمتر باشد.

به منظور جلوگیری از حل نمودن بیشتر جدار لوله که باعث تضعیف اتصال می‌گردد، باید چسبهای اضافی اطراف مادگی را تمیز نمود.

جدول ۶ـ۱ حداقل مدت توصیه شده برای سفت شدن اتصالات چسبی

درجه‌حرارت(^{C} ۰)	مدت سفت شدن (ساعت)
۱۵ تا ۴۰	۰/۵
۵ تا ۱۵	۱
۵ـ تا ۵	۲
۱۵ـ تا ۵ـ	۴

هـ زمان گیرش اتصال چسبی

مدت زمان کمی بعد از آن که اجرای اتصال خاتمه یافت (معمولاً ۳۰ دقیقه)، می‌توان لوله و اتصال را بارعایت دقت و احتیاط جابجا نمود. ۸ روز بعد از اجراء اتصال طول می‌کشد تا اتصال به طور کامل سفت و یکپارچه شده و معمولاً ۲۴ ساعت بعد از اجرای اتصال مقاومت لوله برای آزمایش فشار کافی می‌باشد. حداقل مدت سفت شدن اتصالات در جدول (۶ـ۱) آمده است. در عمل مقاومت برشی اتصال بصورت پیوسته در طول زمان افزایش می‌یابد. برای نمونه در جدول شماره (۶ـ۲) مقاومت برشی یک اتصال لوله پی‌وی‌سی ارائه شده است. این مدت برای جنس لوله و چسب، متفاوت می‌باشد. معمولاً بعد از ۲۴ ساعت مقاومت آن تا ۷۰ درصد مقاومت نهایی می‌رسد. باید توجه نمود که مقاومت نهایی بستگی به کیفیت کار در مراحل مختلف اجرا دارد. چنانچه در مراحل اولیه تحت تنش قرار گیرد، اتصال بطور دائمی ضعیف می‌گردد.

مزیت اصلی چسبهای حلال سرعت عمل و دوام آن‌ها می‌باشد. لوله‌ها را نیز می‌توان در خارج از ترانشه به یکدیگر متصل نموده و سپس به داخل ترانشه انتقال داد. هزینه استفاده از چسبهای حلال گران بوده و اعداد مختلفی برای آن بیان می‌گردد. میزان مصرف آن بین ۰/۹ تا ۱ لیتر بر متر مربع سطح محل اتصال و یا ۴۰ میلی لیتر برای ۱۵ سانتی‌متر طول اتصال می‌باشد.

لوله‌های پی‌وی‌سی جدار نازک

برای اتصال لوله‌های جدید پی‌وی‌سی آجدار (خرطومی) و اسپیرال روشهای متفاوتی وجود دارد. در بعضی موارد از چسبهای حلال استفاده می‌گردد. این اتصال استفاده و متعلقات شامل، تبدیل‌های داخلی لوله آجدار، متعلقات استاندارد لوله‌های پی‌وی‌سی و ساخت متعلقات بصورت درجا (ساخت در محل) می‌باشد. گاهی در ساخت اتصالات از حلقه‌های لاستیکی استفاده می‌شود. البته این نوع اتصال قادر به تحمل فشار زیاد نمی‌باشد.

برای اتصال لوله‌های اسپیرال با الیاف پی‌وی‌سی[۱]، از یک حلال چسبنده که ماده اصلی آن پلی‌اورتان [۲] و توسط سازنده لوله معرفی می‌شود، استفاده می‌گردد. برای لوله‌های با الیاف پی‌وی‌سی در موقع ساخت اتصال کارگاهی، از یک ماده‌ای استفاده می‌شود که به طور معمول شامل یک ماده حلال مناسب به اضافه یک ماده پرکننده[۳] می‌باشد. این ماده پر کننده شامل الیاف شیشه‌ای[۴] و مخلوطی از درزنبد[۵] می‌باشد.

جدول ۶ـ۲ـ خلاصه بهبود مقاومت اتصال

زمان از موقع ساخت اتصال (ساعت)	۰/۵	۱	۴	۸	۱۶	۳۲	۴۸	۹۶
درصد مقاومت نسبت به مقاومت نهایی(٪)	۱۹	۲۰	۳۷	۴۸	۶۷	۸۳	۸۴	۹۷

۶ـ۶ـ۳ـ لوله‌های آزبست سیمان

لوله‌های آزبست مورد استفاده در سیستم‌های کم فشار برای زهکشی و فاضلاب شامل یک طوقه و حلقه‌های لاستیکی می‌باشد. لوله‌های نر و ماده با استفاده از حلقه‌های لاستیکی برای آب‌بندی نیز وجود دارد.

اتصال لوله‌های تەصاف با استفاده از طوقه

برای لوله‌های تەصاف با فشارکم، متداول‌ترین روش استفاده از اتصالات طوقه از جنس آزبست سیمان می‌باشد.

نظر به این که وجود هرگونه ایراد در روی لبه اتصال، بر روی آب بندی محل اتصال تأثیر می‌گذارد، لذا باید قبل از کارگذاری لوله در ترانشه، لوله‌ها و اتصالات کنترل گردند. در صورتی که ناصافی‌های سر لوله کم باشد، باید سر لوله‌ها سوهان‌کاری شده و در غیر این صورت برای ناصافی‌های زیاد، باید لوله‌ها را برش داده و یا تعویض نمود.

انجام عملیات نصب صحیح تابع عواملی از قبیل: تمیز نمودن کلیه قسمتها، قرار گرفتن در یک امتداد و ترازبودن، قراردادن طوقه در محل‌های صحیح، مطالعه و پیروی از دستورالعمل‌های کارخانه سازنده می‌باشد. محل اتصال لوله به طوقه باید به طور کامل لغرنده بوده به طوری که عمل نصب بدون نیاز به فشار اضافی امکان‌پذیر باشد. چنانچه نیاز به نیروی زیاد برای جا انداختن باشد، باید مشکل را پیدا نموده و کار را ادامه داد

1- Spirally wound uPVC

2- Poly urethane

3- Filler

4- Glass Fibre

5- Caulk

(امتداد نصب لوله‌ها کنترل شود).

تغییر مسیرهای جزئی از مسیر مستقیم را می‌توان توسط انحراف لوله‌ها تأمین نمود. برای این منظور ابتدا باید لوله را بطور صحیح در امتداد لوله قبل نصب نموده و سپس انتهای آنرا جابه جا نمود. برای این کار باید ترانشه عریض‌تر باشد.

چنانچه در مسیر (امتداد مسیر) لوله، قوس‌های عمودی (قوس در پروفیل طولی) وجود دارد، ابتدا باید با مهار نمودن لوله‌ها، آنها را در یک امتداد نصب و سپس محل اتصال لوله درکف ترانشه قرارگیرد. حد مجاز مقدار جابجایی انتهای آزاد لوله از مسیر مستقیم توسط کارخانه سازنده تعیین می‌گردد.

میزان زاویه انحراف برای لوله‌های آزبست استاندارد بر حسب قطر لوله در جدول (۶ـ۳) ارائه شده است.

جدول ۶ـ۳ـ میزان حد مجاز خم‌شدگی برای لوله‌های آزبست سیمان

قطر لوله	میزان جابجایی انتهای آزاد لوله از مسیر مستقیم (cm)			زاویه انحراف
میلی متر	طول شاخه لوله (m)			درجه
۷۵ـ۱۰۰	۲۶	۳۵	-	۵
۱۵۰ـ۳۰۰	-	۲۸	-	۴
۳۵۰ـ۵۰۰	-	۲۱	۲۶	۳
۶۰۰ـ۷۵۰	-	۱۴	۱۸	۲

لوله نر و ماده

در هنگام نصب لوله باید دقت نمود که به قسمت مادگی صدمه‌ای وارد نشود. چنانچه این قسمت لوله صدمه کمی دیده باشد، می‌توان با استفاده از میله‌گرد و ملات سیمان، ایراد آنرا بر طرف نمود. قسمتهای مادگی که آسیب کلی دیده‌است، با استفاده از اتصالات بزرگتر (مانشون) ترمیم می‌شوند. در این جا نیز نحوه قرارگرفتن لوله در ترانشه، نظیر لوله‌های بتنی غیر مسلح توصیه می‌گردد.

مشاهدات مختلف حاصل از آزمایش فشار آب در لوله‌ها نشان می‌دهد که، خوابانیدن لوله‌ها در ترانشه به طوری که مادگی آن در بالادست (نسبت به جهت جریان) باشد، باعث کاهش نشت آب از اتصالات می‌گردد و علت آنرا این گونه بیان می‌کنند که در حد فاصل بین مادگی و دیواره لوله حبابهای هوا تجمع نمی‌یابند. هنگامی که شرایط برای خوابانیدن لوله مشکل بوده و مشکلات مربوط به نحوه قرارگرفتن لوله‌ها موجب نشت آب از اتصالات شود، در این صورت قرار دادن قسمت مادگی در پایین دست مسیر ممکن است مراحل نصب

اتصالات را آسان‌تر نماید.

در تعدادی از شبکه‌های اجرا شده با استفاده از لوله‌های آزبست سرصاف و نر و ماده‌ای از حلقه لاستیکی برای آب بندی استفاده شده است.

۶ـ۷ـ انشعابات و آبگیرها

انشعابات لوله در موارد زیر ضروری می‌باشد:

- در محل لوله ایستاده و آبگیر
- در محل تخلیه هوا و یا لوله ایستاده که قطر آنها کمتر یا مساوی قطر لوله باشد.
- در محل انشعاب شبکه لوله

انشعابات به یکی از سه روش زیر ساخته می‌شود.

- استفاده از یک لوله ایستاده با قطر زیاد که لوله‌های متعدد به آن متصل می‌گردد.
- استفاده از اتصالات پیش ساخته آماده در بازار
- استفاده از اتصالات پیش ساخته در کارگاه (در محل)

معمولاً در لوله‌های بتنی غیر مسلح از اتصالات پیش‌ساخته در کارگاه و برای لوله‌های پی‌وی‌سی و آزبست از اتصالات کارخانه‌ای (ساخته شده در کارخانه) استفاده می‌گردد.

۶ـ۷ـ۱ـ سیستم‌های لوله بتنی غیر مسلح

بالا بودن هزینه و مشکلات تهیه اتصالات پیش‌ساخته باعث شده است که استفاده از آنها غیر معمول و غیر ضروری شود. ساخت انشعابات در محل به سه روش زیر متداول می‌باشد:

- اتصال دو لوله ته‌صاف با ملات
- ساخت سه راهی با استفاده از قالبگیری در جا
- ساخت در جای یک مجموعه انشعاب که لوله‌های ته‌صاف به آن وصل شده است.

اتصال لوله ته‌صاف با ملات

در این روش، بر روی بدنه خارجی لوله برشی به شکل V داده می‌شود، سپس سر لوله دوم را مطابق با همان

شکل برش داده و در محل شکاف لوله اول قرار می‌دهند. یکی از مزایای این روش آن است که در یک صفحه افقی می‌توان لوله‌ها را با زاویه‌های دلخواه به یکدیگر متصل نمود.

در شکل (۶-۶) جزئیات این نوع اتصال ارائه گردیده است. شکاف روی بدنه لوله باید به اندازه قطر خارجی لوله دوم به اضافه ۲/۵ سانتی‌متر باشد. اما در صورت گشاد نمودن بیش از اندازه، آب‌بندی محل اتصال مشکل می‌گردد. محل اتصال توسط یک قطعه گونی آغشته به ملات سیمان پوشانده و سپس یک لایه ملات سیمان بر روی آن کشیده می‌شود. (به جزئیات استفاده از یک لایه گونی و ملات سیمان مراجعه شود).

در محل اتصال سه راهی و یا رایرز و به منظور تحمل وزن شیر آلفالفا و یا سایر نیروهای وارده در سطح زمین و به منظور جلوگیری از نشت آب، عموماً اطراف محل اتصال بتن‌ریزی می‌شود.

اگر چه احداث این بلوک بتنی باعث افزایش هزینه ساخت می‌گردد، اما عدم اجرای آن سبب نشت آب در محل اتصال می‌شود. چنانچه در هنگام ساخت و آزمایش سه راهی‌ها دقت کافی نشود، همواره محل اصلی نشت در شبکه خواهد بود.

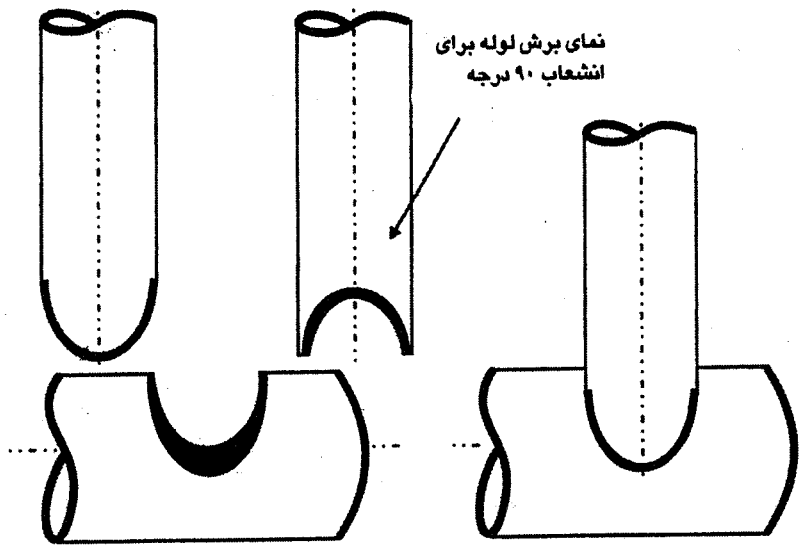
ساخت سه‌راه با استفاده از قالب

در این روش ساخت سه راهی در محل کارگاه انجام می‌گیرد. هر چند که تعدادی از آنها بعد از خارج نمودن از داخل قالب شکسته می‌شوند اما مابقی آنها پس از نصب، فاقد نشت می‌باشند.

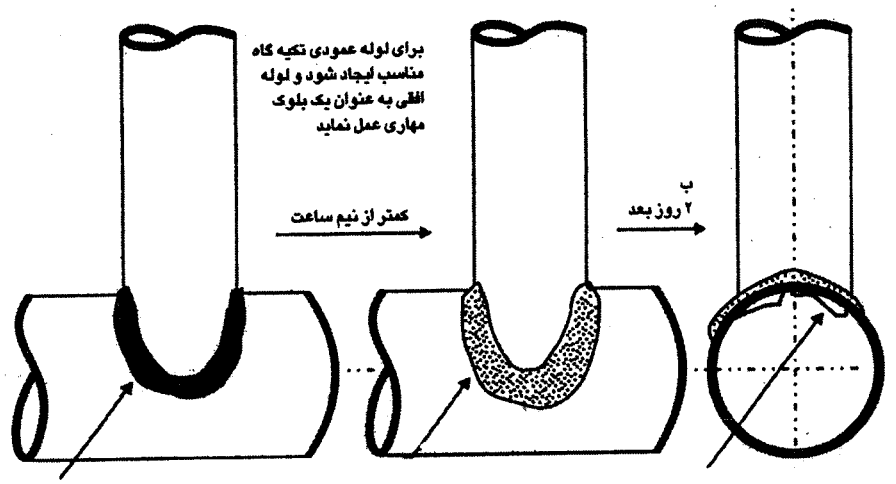
این انشعابات را باید در قطرهای مختلف تهیه نموده و آب‌بندی تکمیلی محل اتصال پس از نصب با استفاده از ملات سیمان صورت گیرد. یکی از مشکلات این روش آن است که باید قبل از استفاده، برنامه‌ریزی برای ساخت آنها از نظر تعداد و ابعاد انجام گرفته و به تعداد کافی در محل کارگاه ذخیره گردد هر گونه تغییر طراحی در هنگام اجرا باعث تأخیر در عملیات اجرایی می‌گردد.

ساخت یک بلوک انشعاب

از این روش در شبکه‌های چین استفاده شده است. بلوک انشعاب از بتن ساخته می‌شود و لوله ایستاده و یا انشعاب فرعی به آن متصل می‌گردد. لوله‌های انشعابات در داخل حفره‌های مربوطه قرار گرفته و با استفاده از ملات سیمان آب بندی می‌شود. در این نوع ساخت انشعابات، اتصال انشعاب با زاویه قائم بوده و به علت مصرف زیاد مصالح در بین سه روش ساخت انشعاب، گران‌تر می‌باشد.



پس از تعیین الگوی برش با قلم و چکش روی لوله برش مناسب داده می شود.
فضای وحل اتصال طوری باشد که نوار کنف آغشته به سیمان بصورت فتیله در محل اتصال قرار گیرد.



قسمتهای برآمده داخل لوله صاف و تمیز شود

محل اتصال دو قطعه با ملات ۳ سیمان و ماسه پوشیده می شود.

اتصال بین دو قطعه با پارچه کفی آغشته به دوغاب سیمان بسته می شود.

شکل ۶-۶- ساخت انشعابات بتنی

ماخذ: *Mmp (1989a)*

مشکل‌دیگر این نوع انشعابات، حمل از محل ساخت به محل مصرف در صورت عدم وجود ماشین‌آلات می‌باشد. این بلوک‌های بتنی، امکان استاندارد نمودن اتصالات را فراهم می‌نماید. (ابعاد اتصالات باید استاندارد شود).

۶ـ۷ـ۲ـ سیستم‌های لوله پی‌وی‌سی سخت

در سیستم‌های با لوله پی‌وی‌سی، سه راهی‌ها و اتصالات پیش‌ساخته استاندارد گردیده و استفاده ازآنها با چسب انجام می‌گیرد. در این روش سرعت نصب رایزرها و انشعابات زیاد می‌باشد.

برای اتصال لوله‌های پی‌وی‌سی به لوله‌های سیمانی از ملات سیمان استفاده می‌گردد. رایزرهای لوله پی‌وی‌سی را می‌توان با سیمان به شیرهای آبگیر متصل نمود، اما چنانچه به شیر و لوله متصل به آن صدمه‌ای وارد شود تعمیرات آنها خیلی مشکل است. برای نصب لوله در مسیرهای کم عمق و یا روی زمین، باید از لوله‌های گالوانیزه و یا بتنی غیر مسلح استفاده نمود. استفاده از اتصالات فلنجی و یا قرارگرفتن در یک شیار بتنی، تعمیرات آنرا آسان می‌کند.

۶ـ۷ـ۳ـ سیستم‌های لوله آزبست سیمان

در این سیستم‌ها برای ساخت انشعابات از سه راهی و اتصالات پیش‌ساخته استفاده می‌گردد. در این سیستم‌ها چنانچه نیاز به حذف نشت در محل اتصالات باشد، استفاده از اتصالات با حلقه‌های لاستیکی و ساخت اتصالات با استاندارد بالا ضروری است. چنانچه ابعاد اتصالات پیش‌ساخته یکنواخت نباشد، باید محل شیار حلقه لاستیکی توسط ملات سیمان پر گردد. تهیه اتصالات به روشهای دستی و یا ماشینی انجام می‌گیرد که اتصالات دست ساز نسبت به شکستگی حساس‌تر می‌باشند.

۶ـ۸ـ پشت بندها و بلوک‌های مهاری

در محل‌های تغییر مسیر لوله با زاویه بیش از ۱۵ درجه (عمودی یا افقی) به منظور استحکام اتصال در برابر نیروهای جریان آب از بلوک‌های مهاری استفاده می‌گردد. وظیفه این بلوک‌ها، انتقال این نیرو به خاکهای اطراف می‌باشد. بلوک‌ها از حرکت اتصالات و از بین رفتن آنها جلوگیری نموده و آب‌بندی آنها حفظ می‌گردد.

نصب بلوک‌های مهاری در محل‌های زیر ضروری می‌باشد:

- کلیه زانوهای افقی یا عمودی با زاویه انحراف بیش از ۱۵ درجه.
- تغییر قطر لوله (تبدیلها).
- سه راهی‌ها و انشعابات لوله.
- در محل شیرهای روی خط لوله (شیرهای کشویی، فشارشکن، هوا).
- انتهای خط لوله (در پوش انتهایی)

بلوک‌های مهاری را می‌توان به دو روش زیر اجرا نمود:

- پرنمودن حد فاصل متعلقات تا دیوار ترانشه (دست نخورده) با بتن.
- مخلوط نمودن خاکهای درشت دانه با سیمان به نسبت ۱۲ به ۱ و سپس متراکم نمودن آن.

در بعضی از موارد می‌توان بجای بلوک مهاری از روش متراکم نمودن خاکریزی پشت متعلقات استفاده نمود (از قبیل ایجاد زانو با تغییر مسیر تدریجی لوله). تراکم خاکریزی پشت لوله و اتصالات باید تا حد

خاکهای دست نخورده برسد.

اندازه نیروی مهاری که بلوک باید در مقابل آن پایدار بماند با دو فرمول ساده زیر محاسبه می‌شود:

- برای درپوش انتهایی لوله و انشعابات سه راهی

$$T = ۱۰/۲ \times A \times P$$

- برای زانوها:

$$T = ۱۰/۲ \times A \times P \times ۲ \times Sin\ (\frac{\alpha}{۲})$$

در این روابط:

T = نیروی مهاری بر حسب (KN)

A = سطح مقطع خارجی لوله (m^2)

P = حداکثر فشار آب (متر)

α = زاویه انحراف زانو (درجه)

به طور کلی برای لوله‌های با زاویه انحراف کمتر از ۱۵ درجه متراکم نمودن خاکریز اطراف لوله و بدون بلوک مهاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هر محل، بلوک مهاری باید سطح کافی برای تأمین نیروی عکس‌العمل فشاری را ایجاد نماید. سطح مورد نیاز برای تحمل فشار برابر است با کل نیروی وارده تقسیم بر مقاومت فشاری خاک:

$\frac{T}{B}$ = (طول بلوک ـ متر) $L \times$ (ارتفاع بلوک ـ متر) D = سطح مورد نیاز بلوک

T = کل نیروی وارده (KN)

B = مقاومت فشاری خاک (KPa)

طبق استاندارد *ASAE S261.7.1989* حداقل ارتفاع بلوک باید ۱۵ سانتی‌متر و یا برابر قطر خارجی لوله باشد. در اتصالاتی که قطر لوله تغییر می‌کند، بلوک بتنی باید حداقل به اندازه بزرگترین قطر لوله باشد. سطح تماس بلوک با خاک حداقل ۰/۵ مترمربع باشد.

مقاومت فشاری (قابل تحمل) برای بعضی از خاکها در زیر ارائه گردیده است. تغییرات زیادی در مقاومت خاکهای با بافت مختلف در برابر فشار وجود دارد، که در صورت عدم دسترسی به اطلاعات دقیق، اعداد جدول زیر قابل استفاده می‌باشد [۴].

نوع خاک	مقاومت فشاری قابل تحمل *(KPa)*
ـ شیست (۱)	۵۰۰
ـ شن و ماسه فشرده (۲)	۲۰۰
ـ ماسه درشت‌ونرم‌متراکم (۳)	۱۵۰
ـ رس متوسط (۴)	۱۰۰
ـ رس نرم (۵)	۵۰
ـ خاک آلی (۶)	۰

1- Sound Shale

2- Cemented gravel and Sand

3- Coarse and Fine Compact Sand

4- Medium Clay

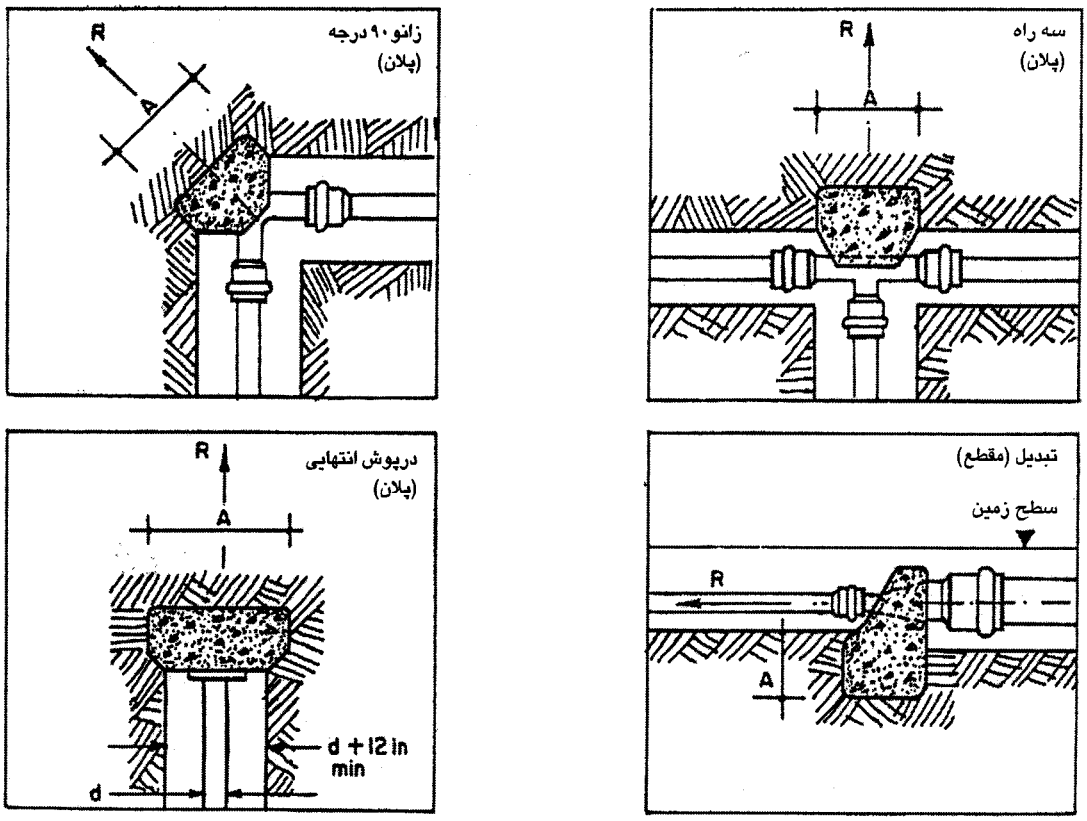
5- Soft Clay

6- Muck

۶-۸-۱- تبدیل‌ها و انشعابات:

چنانچه موقعیت و شرایط تبدیل و انشعابات نسبت به دیواره‌های ترانشه، شرایط متعارفی را داشته باشند (عرض ترانشه زیاد نباشد) سطح مورد نیاز برای مهار بتن بلوک در انتهای خط لوله و یا انشعابات، متفاوت از سطح مقطع ترانشه و بلوک بتنی برای درگیر شدن با دیوار و کف می‌باشد.

احداث بلوک مهاری برای چهارراهی‌هایی که طول انشعابات آنها بیش از ۱۰۰ متر است ضروری نمی‌باشد.



در کلیه موارد مقدار سطح پشت بند از تقسیم نیروی P بر ظرفیت مجاز باربری خاک بدست می آید.

شکل ۶-۷- بلوک های مهاری

مأخذ: MMI (1992)

۶ـ۸ـ۲ـ زانوها:

در مواردی که تغییر مسیر لوله‌ها در صفحه قائم باشد، به منظور نگهداری اتصالات و زانوها، از تسمه‌های فولادی و نصب آنها در بتن استفاده می‌شود. برای لوله‌های بتنی تسمه‌های فولادی گالوانیزه و برای لوله‌های پی‌وی‌سی از مواد قابل انعطاف (نظیر لاستیک) استفاده می‌گردد. چنانچه در محل اتصالات و لوله‌ها از بتن استفاده گردد؛ این اتصالات باید به منظور جلوگیری از ایجاد تنش در ورقه‌های پلاستیکی ضخیم و یا مواد مشابه بطور کامل پوشانده شود.

جزئیات مربوط به بلوک‌های مهاری و روش محاسبه حداقل سطح آنها در استانداردهای مأخذ /۳ و ۴/ ارائه شده است. در شکل ۶ـ۷ نمونه‌هایی از طرح بلوک مهاری ارائه شده است.

۶ـ۹ـ مراقبت و خاکریزی تکمیلی

روی کلیه لوله‌ها را باید با مصالح (خاکریزی) خوب و پایدار بطور یکنواخت پوشانید. برای لوله‌های کم فشار آبیاری با قطر مساوی و بزرگتر از ۴۵۰ میلی‌متر ضرورت دارد که دقت‌های کافی برای مراحل بسترسازی و خاکریزی بعمل آید. در این قبیل موارد (لوله‌های بزرگ) تجزیه و تحلیل و طراحی خاص برای مصالح خاکریزی ضروری می‌باشد. بر طبق این استاندارد ضروری است که قبل از خاکریزی روی لوله، آب به داخل لوله‌ها هدایت شده و آن را پر نمود. هر چند این کار در بسیاری از موارد عملی نمی‌باشد (امکان آبگیری و آب اندازی مشکل است) اما این عمل در لوله‌های پی‌وی‌سی باعث عدم تغییر شکل مقطع لوله در طول خاکریزی شده و از شناور شدن لوله در اثر آبهای داخل ترانشه جلوگیری می‌نماید.

۶ـ۹ـ۱ـ لوله‌های بتنی غیر مسلح

به منظور ساخت اتصالات آب‌بندی شده، ضروری است که مراقبت‌های ویژه (عمل آوری اتصالات) برای اتصالات انجام داد. ضعف در عمل آوری اتصالات باعث ایجاد ترک و نشت آب می‌گردد. قبل از خاکریزی روی لوله باید محل اتصالات را باگونی و یا خاک مرطوب پوشاند. در طول مدت نصب لوله و اتصالات به منظور جلوگیری از جریان هوای خشک در داخل لوله که باعث تسریع در خشک شدن ملات می‌گردد، باید قسمت‌های مختلف لوله مسدود گردد. بعد از خاکریزی روی لوله، به منظور تکمیل عمل آوری اتصالات باید، خاکهای خشک روی اتصالات را مرتباً مرطوب نموده خاکریزی را باید بعد از آن که اتصالات به اندازه کافی عمل آوری گردید، شروع نموده و به نحوی باشد که صدمه‌ای به اتصالات وارد نشود. (حدود ۱۲ ساعت بعداز ساخت اتصالات)

به منظور جلوگیری از صدمه دیدن اتصالات در موقع خاکریزی، باید روی نوار ملات اتصالات با یک ورقه پلاستیکی و یا مقوا پوشانیده شود.

برای خاکریزی باید خاک مقداری مرطوب بوده و فاقد کلوخ‌های سفت، سنگ و مواد آلی بوده، و خاکریز اطراف لوله به دقت متراکم گردد. استفاده از خاک مرطوب در اطراف لوله باعث حذف تنش رطوبتی در جدار لوله شده و این تنش را به حداقل می‌رساند. ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر بالای لوله را باید در ابتدا خاکریزی نمود، این عمل به منظور حفاظت لوله‌ها در مقابل انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دما می‌باشد. این نیرو باعث فشار آوردن لوله‌ها به یکدیگر و به سازه شده و می‌تواند به لوله و اتصالات صدمه وارد نماید.

برای انجام آزمایشات خط لوله و تعمیرات مورد نیاز نباید ترانشه را خاکریزی کامل نمود. باید دقت شود که

آب به داخل ترانشه وارد نشده، زیرا باعث شناوری و بهم خوردن آرایش و تغییر محور لوله و خرابی اتصالات می‌گردد (به فصل ۷ مراجعه شود).
بعد از انجام کارهای تعمیراتی مورد نیاز و پایان آزمایش مجدد لوله‌ها، باید ترانشه را به طور کامل خاکریزی نمود.

۶ـ۹ـ۲ـ لوله‌های پی‌وی‌سی سخت

برای لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با جدار صاف، عمق پوشش ۱/۵ متر برای خاکریزی مناسب می‌باشد. به منظور تحمل فشار خاک روی لوله و بار ترافیکی، ضروری است که در موقع خاکریزی دقت شده و برای تقویت اطراف لوله تراکم مناسب ایجاد گردد. این تمهیدات بخصوص برای لوله‌های پی‌وی‌سی جدار نازک بسیار مهم می‌باشد. بعد از اتصال لوله‌های پی‌وی‌سی و قرار دادن در داخل ترانشه، اطراف لوله در لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری به تدریج خاکریزی و متراکم شده و این کار بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری بالای لوله ادامه می‌یابد.
بعد از انجام آزمایشات و تعمیرات مورد نیاز احتمالی، عملیات خاکریزی تکمیلی صورت می‌گیرد. چنانچه ممکن است بر روی لوله بار ترافیکی مؤثری اعمال شود، به منظور حصول مقاومت لوله در برابر این فشارها، خاکریزی با مصالح دانه‌بندی شده و ایجاد تراکم مناسب ضروری می‌باشد.

فصل هفتم

ملاحظات پس از ساخت

۷ـ۱ـ بازرسی و آزمایش

در مدت عملیات ساخت هدف باید رعایت استانداردها و نظم در تسلسل عملیات بوده، به طوری که عملیات اجرایی از بهترین کیفیت برخوردار گردد. به منظور جلوگیری از بروز مشکلات بعدی، آزمایش نمونه‌هایی از لوله در محل تولید از قبیل آزمایشهای مقاومت لوله (آزمایش سه‌لبه‌ای) و فشار هیدرو استاتیکی ایمن ضروری می‌باشد. در شکل ۷ـ۱ نمونه‌ای از تجهیزات آزمایشی مورد نیاز برای آزمایش سه‌لبه‌ای تشریح شده‌است. یک ترکیب ساده برای آزمایش هیدرواستاتیک لوله در شکل ۷–۲ نشان داده شده‌است. شرح تجهیزات مورد نیاز دو مجموعه آزمایشی فوق در نشریه "تصاویر خطوط لوله زیرزمینی برای آبیاری سطحی" ارائه شده‌است.

بازرسی دقیق و از نزدیک تمام عملیات اجرایی، بجز در طرحهای نمونه آزمایشی، که در آن تربیت نیروی انسانی هدف اصلی محسوب می‌شود، نه تنها ممکن نبوده بلکه صحیح هم نیست. راهکارهایی که به بهبود کیفیت ساخت کمک می‌کنند شامل:

- مشارکت آبیاران در هدایت عملیات اجرایی که توسط کارگران پیمانکار انجام می‌شود و تشویق آنها به مسئولیت‌پذیری برای اطمینان از عملکرد مناسب مجموعه متعلق به آنها تا حدی که امکان داشته باشد.
- استخدام افراد محلی برای ساخت مجموعه متعلق به آنها.
- نگهداری بخشی از پرداخت صورت وضعیت پیمانکار بعنوان تضمین حسن انجام کار تا زمانی که مجموعه لوله‌ها بطور موفقیت‌آمیز آزمایش و رفع نقص گردد.
- حفظ کارکنان تربیت شده برای برنامه‌های کاری آینده در صورت امکان.

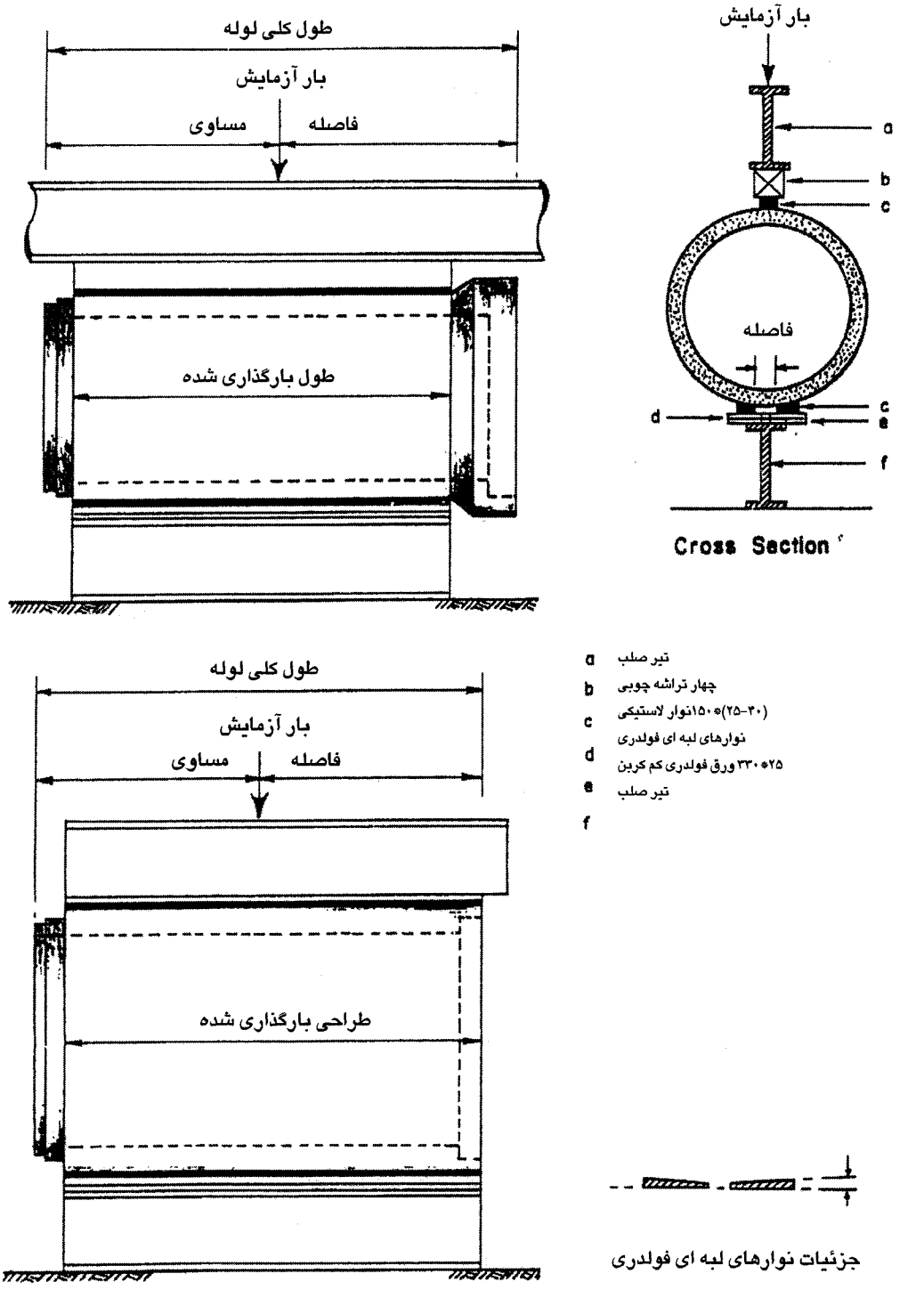
بازرسی و آزمایش باید شامل مراحل زیر باشد.

۷ـ۱ـ۱ـ بازرسی چشمی

یک نفر باید مسئول بازرسی چشمی هر یک از قسمت‌های خطوط لوله قبل از خاکریزی روی لوله باشد، زیرا وجود مشکلات، اغلب در مراحل ابتدائی مشخص می‌شوند.

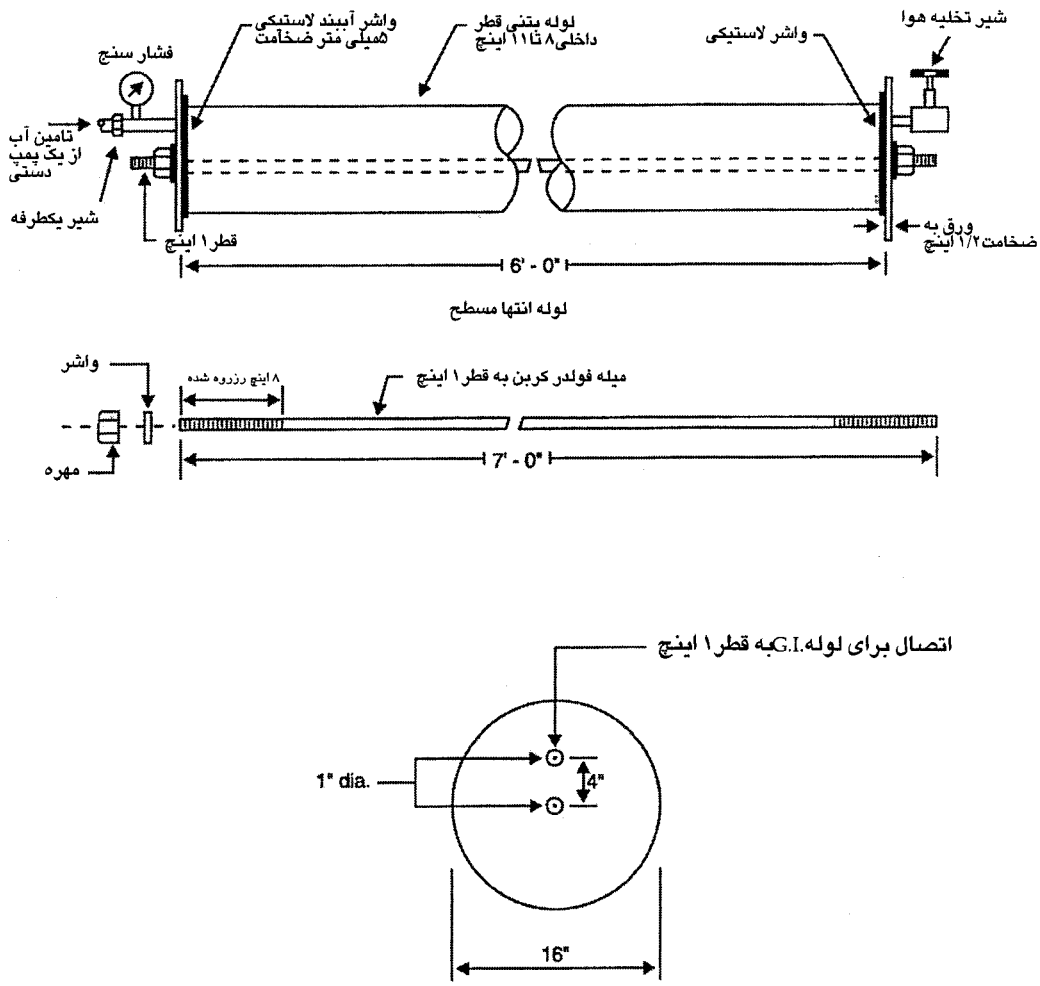
۷ـ۱ـ۲ـ آزمایش هیدرواستاتیک حین اجراء

آزمایشهای اتفاقی بخشهای کوچکی از لوله تکمیل شده در حین عملیات ساخت، می‌تواند در همان مراحل ابتدایی کار به مشخص شدن مشکلات کمک مؤثری نماید. این آزمایشها می‌تواند بطور متناوب شامل عمل ساده پر کردن خط لوله با آب و تعیین نشت باشد.



شکل ۷-۱- مقدمات آزمایش برای آزمایش سه لبه ای

منبع: ام ام ای (۱۹۹۲)



شکل ۷-۲- تجهیزات آزمایش فشار هیدرو استاتیک

منبع: ام ام ای (۱۹۹۲)

۷ـ۱ـ۳ـ آزمایش هیدرواستاتیک نهایی

هنگامی که رفع نقص و آماده‌سازی خطوط لوله به طور کامل انجام شد، تمام خطوط لوله سیستم باید در بیشینه فشار کاری آزمایش شوند. هر چند قبل از اتمام آزمایش نهائی باید از خاکریزی کامل برروی لوله‌ها خودداری گردد، که البته این امر همیشه ممکن نیست. در اغلب خاکها، نشت آب از خط لوله در سطح خاک قابل رؤیت بوده مگر آنکه مقادیر نشت بسیار کم باشد، در هر حال در حالت بافت خاک درشت دانه خاکریز باید فقط خاکریزی کمی باشد تا به ردیابی نشت کمک شود. در تمام حالات خاکریزی کافی به منظور جلوگیری از حرکت لوله باید انجام گردد.در اغلب حالات آزمایش فشار با پر بودن خط لوله در فشار کاری آن تطبیق می‌نماید. یک مجموعه آزمایشی بکار گرفته شده برای آزمایش لوله‌های پی‌وی‌سی سخت در اندونزی در شکل ۷-۳ نشان داده شده است.

۷ـ۱ـ۴ـ نگهداری بعد از ساخت

به منظور تعیین مشکلات بعدی و رسیدن به مقاومت نهائی خط لوله، آگاهی دقیق از عملکرد مجموعه برای چندین هفته به طور پیوسته ضروری است.

۷ـ۱ـ۵ـ آزمایش لوله‌های بتنی غیرمسلح

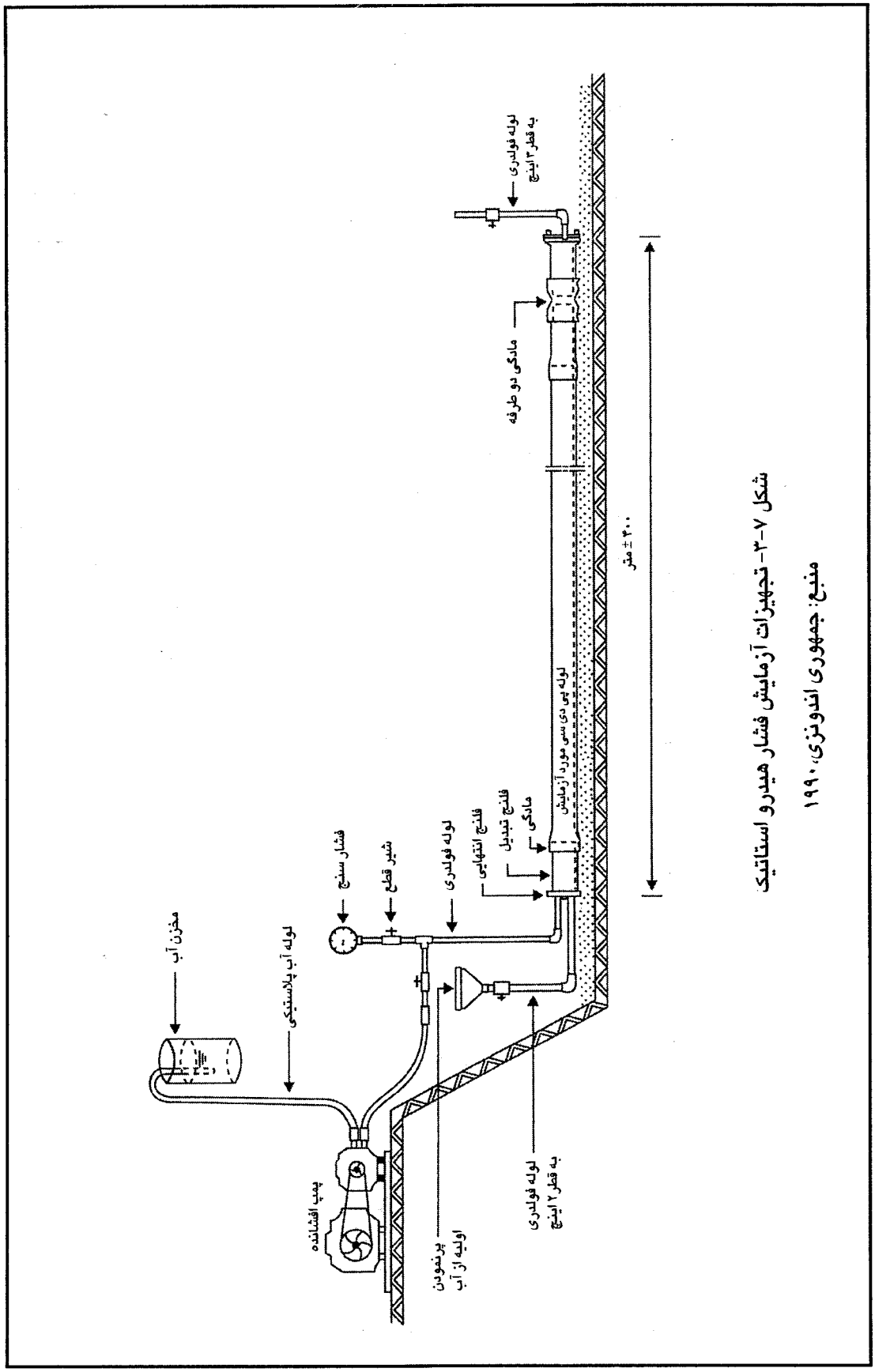
قبل از انجام آزمایش هیدرواستاتیک در هر قسمت از خط لوله، باید برای یک دوره حداقل هفت روزه بمنظور آماده‌سازی اتصال اجرا شده، فرصت داده شود. آزمایش لوله‌ها در حین عملیات ساخت، باید با حداقل سطح آب یک متر بالاتر از سطح زمین و یا بیشتر اگر امکان داشته باشد، انجام گردد.

وقتی مجموعه خط لوله کامل گردید و اتصالات برای مدت زمان کافی مراقبت شد، سیستم در فشار کار مربوط می‌تواند مورد آزمایش قرار گیرد. سرعت نصب لوله و اتصالات به منظور کاهش اختلال در فعالیت‌های کشاورزی و ترغیب کشاورزان برای انتظار تا انجام آزمایش‌ها قبل از اجرای خاکریزی در ترانشه، اهمیت دارد.

۷ـ۱ـ۶ـ آزمایش لوله‌های پی‌وی‌سی سخت

از دید نظری، لوله‌های پی‌وی‌سی پنج ساعت بعد از تکمیل اتصال با چسب حلال می‌تواند مورد آزمایش واقع شود. هر چند در جائیکه بلوک‌های مهاری اجرا شده است، حداقل یک دوره سه روزه (ترجیحاً هفت روزه) برای افزایش مقاومت کافی، باید فرصت داده شود. قسمتی از سیستم که مورد آزمایش واقع می‌شود باید از مجموعه غیرفعال جدا بوده و این می‌تواند با استفاده از یک تبدیل فلنج انتهائی یا در پوش مهار شده که بتواند در مقابل نیروهای وارده مقاومت نماید، انجام گردد.

مجموعه باید به طور آرام پر شود تا اجازه خروج تدریجی هوا و جلوگیری از بروز موج داده شود. هنگامی که به مجموعه پر به میزان دو ساعت فرصت داده شد تا هوای باقی‌مانده خارج شود، پس از آن اندازه‌گیری‌های مورد لزوم در حالی که مجموعه پر است می‌تواند انجام گردد. استفاده از تجهیزات آزمایشی قابل حمل برای مجموعه لوله‌های پی‌وی‌سی سخت تا فشار بالغ بر ۲ بار (معادل ۲۰ متر آب) گزارش شده است. تجهیزات آزمایش که مجهز به یک پمپ کوچک و تأمین نیرو محرکه از یک موتور بنزینی می‌باشد در شکل ۷-۳ نمایش داده شده است.



شکل ۷-۳- تجهیزات آزمایش فشار هیدرو استاتیک

منبع: جمهوری اندونزی، ۱۹۹۰

در طرح توسعه آبیاری چاه‌های عمیق در بنگلادش [۷۴] تصریح شده که مقدار نشت نباید بیش از ۲ لیتر در کیلومتر خط لوله در هر متر قطر اسمی برای یک متر ارتفاع فشار آزمایش در ۲۴ ساعت باشد. این در اغلب موارد به مفهوم میزان نشت در حد غیرقابل توجه خواهد بود. هیچ نتیجه‌ای از میزان نشت و سیستم لوله‌های زیرزمینی در اختیار نیست تا براساس آن بتوان به این استاندارد اگر بتواند ارضاءکننده مجموعه‌های نصب شده باشد، پرداخت.

۷ـ۲ـ تعمیرات

۷ـ۲ـ۱ـ لوله بتنی غیرمسلح

ترک‌ها و حفره‌های کوچک لوله را می‌توان، با تراشیدن حفره، مرطوب ساختن سطح و پیچاندن چند لایه گونی آغشته به دوغاب سیمان و سپس یک لایه ملات تعمیر نمود. حفره‌های بزرگتر از ۵۰ میلی‌متر می‌تواند به طور مشابه اما با بکارگیری یک قطعه ورقه فلزی در قسمت داخلی لوله و نگهداری آن با سیم فلزی تعمیر شوند؛(a MMP، ۱۹۸۹).

اتصالات با نشتهای اساسی یا لوله‌های شکسته شده باید تعویض شوند. تعمیرات تا توقف نشت آب از اتصال و خشک شدن خاک نباید انجام گیرد. هنگامی که یک یا تعدادی لوله جابجا می‌شود، نیروهای فشاری طولی وارد آمده در خلال لوله‌گذاری در بخش‌هائی از مسیر از بین رفته و لوله‌های نزدیک به محل تعمیر جابجا می‌شوند. چنانچه قبل از انجام تعمیرات تا جائی که ممکن است (برای چند روز تا یک هفته) به خط لوله فرصت خشک شدن داده شود، این تعداد جابجایی بطور محسوسی کاهش می‌یابد. برای تسریع و کمک به خشک نمودن، تمام آب را از خط لوله خارج نموده، (توسط پمپاژ، یا نشت طبیعی و زهکشی) و تمام شیرآلات، موانع و دریچه‌ها به منظور تسهیل در چرخش هوا باز گذاشته می‌شود. قطعات مقاطعی از لوله‌ها که در تعمیرات به کار گرفته می‌شود باید در هنگام نصب بطور کامل خشک بوده و خاک مرطوب دوباره برای خاکریزی به‌کار گرفته شود.

برای اتصالات و انشعابات پر دردسر بتن حجیم می‌تواند برای محصور کردن اتصال بکار گرفته شود اما این برای تعداد زیاد اتصال در هر سیستم گران‌قیمت خواهد بود.

۷ـ۲ـ۲ـ لوله پی‌وی‌سی سخت

اتصالاتی که نشت می‌دهند، باید بریده شده و یک قطعه جدید با اتصال مربوط تکمیل گردد. برای استفاده مجدد نباید از اتصالات نر و مادگی کار شده استفاده شود. جزئیات فرآیند تعمیر اتصال لوله‌های پی‌وی‌سی سخت جدار نازک تهیه شده از الیاف به روش اسپیرال را در مأخذ [۵۴] تشریح شده است.

۷ـ۳ـ نگهداری

یکی از مزایای مهم مجموعه‌های لوله‌های زیرزمینی نسبت به نهرهای سطحی، نیاز بسیار کم آنها به نگهداری می‌باشد.

اغلب هزینه نگهداری در سازه‌های روزمینی مربوط به تعمیر آنها است. این موضوع اغلب به سبب

خسارت‌های ناشی از استفاده اشتباه یا دستکاریهای غیر مجاز، (به عنوان مثال شیرآلات) در مقایسه با کارکرد عادی و فرسودگی آنها می‌باشد. در مورد لوله بتنی، به منظور جلوگیری از هزینه‌های زیاد نگهداری، نصب در زیر عمق ایجاد ترک، در خاک‌های منبسط شونده و توسعه مقاومت نسبت به تغییرات حرارت و میزان رطوبت (در زیر عمق یخبندان خاک) با اهمیت می‌باشد.

در طرح‌های در بنگلادش مشکلی که با آن مواجه شده‌اند، ملات صلب اتصالات در انتهای ساده لوله بود که در سال‌های بعد از تکمیل شدن طرح، نشت ادامه داشت. در مقایسه با اتصالات طوقه‌ای، ملات و پیچیدن گونی دور اتصال مقاومت کمتری در کشش از خود نشان داده و این تصور وجود دارد که نشست منجر به تخریب اتصال خواهد شد. اگر چه تعمیرات لوله کار راحتی نیست ولی به سرعت توسط کارگران محلی با هزینه نسبتاً ارزان قابل انجام می‌باشد.

هزینه تعمیر یک نشت در سیستم لوله‌های بنگلادش حدود ۱ پوند می‌باشد. تعداد نشتهای گزارش شده در یک تحقیق بعمل آمده از هشت سیستم لوله‌های زیرزمینی در بنگلادش تغییرات وسیع داشت ولی دامنه آن از ۰ تا ۱۰ بوده است. هزینه تعمیرات لوله در بیشتر طرح‌ها کمتر از ۱ درصد کل هزینه بهره‌برداری طرح بوده است. فقط در یک حالت هزینه تعمیر سیستم لوله بسیار زیاد گزارش شده، که ناشی از مشکلات مزمن بعد از نصب ضعیف لوله بوده است.

تعمیر شیرهای آبگیر خروجی و سازه‌های روی زمینی تخریب شده برای هیچ یک از طرحها در خلال زمان دو ساله تحقیق گزارش داده نشد.

به طور نمونه هزینه‌های نگهداری مجموعه لوله‌های زیرزمینی را می‌توان نسبت به گزینه کانال‌های پوشش شده و خاکی کمتر دانست.

۷ـ۳ـ۱ـ روش های نگهداری

اغلب نیازهای نگهداری بستگی به تعمیر سازه‌های روی زمینی و همچنین تعمیر نشت‌های لوله جائی که بطور مشخص در فصل خشک در روی سطح زمین ظاهر می‌گردد، دارد. بعلاوه یک سری از فنون مختلف نگهداری وجود دارد که در مباحث آتی ذکر می‌شود.

۷ـ۳ـ۲ـ انسداد لوله

یکی از دلایل انسداد سیستم لوله‌های زیرزمینی، خاشاک یا رسوب می‌باشد. به منظور اجتناب از این موضوع ترجیح داده می‌شود که تجهیزات مناسب توری یا رسوب‌گیری در موقعیت‌های مناسب در نظر گرفته شود. کودکان بی‌مسئولیت ممکن است اجسامی در سیستم لوله‌ها وارد نمایند، اگر چه نصب توری در بالای لوله‌های ایستاده و لوله‌های تخلیه هوا به کاهش این مشکل کمک می‌کنند ولی نمی‌توانند جایگزین مشارکت، مسئولیت‌پذیری و آموزش قرارگیرد.

در جائی از یک لوله که مورد تردید از نظر انسداد است، اولین هدف باید مشخص نمودن مسیری از لوله باشد که از این بابت مورد تردید می‌باشد. این امر از طریق مشاهده اثراتی که در آبگیرهای تحت تأثیر صورت می‌گیرد، قابل پی‌گیری است. مجموعه‌ای از فن آوری‌ها می‌تواند به منظور جلوگیری از شکست در لوله‌ها بکار گرفته شود، (سعی گردد). وسائل زیر می‌تواند مورد استفاده واقع شود.

- یک پمپ قابل حمل با فشار بالا را می‌توان به منظور تأمین فشار زیاد در شیلنگ قابل انعطاف بکار گرفت که تغذیه کننده قسمت‌های پائین طول لوله بین دو شیر باشد. لوله آب قابل انعطاف با فشار بالا (به قطر ۲۵ تا ۴۰ میلی‌متر) با افشاننده‌های دایروی شکل خاص یا برسهای چرخنده که در هر یک از شیرهای دریافت کننده قرار بگیرد و تأمین کننده دبی آب و ماسه پمپ شده از اطراف شیر باشد، در طرح چاه لوله‌ای هندوستان، استفاده از این روش برای تمامی مجموعه‌ای که نیاز به تمیز نمودن داشته، پیشنهاد شده است.
- دو صفحه چوبی دایره‌ای شکل که در فاصله تقریبی ۳۰ سانتی‌متر از همدیگر توسط میله به همدیگر متصل شده‌اند به وسیله یک طناب متصل به آن در طول لوله کشیده شود. این شیوه می‌تواند برای حرکت رسوبات ریزدانه از لوله‌های کوچک مؤثر واقع شود.
- به یک توپ چوبی یا لاستیکی "توپ‌های ساحلی (۱)" یا "حبه‌ها(۲)" که یک طناب به آنها متصل شده است، اجازه داده می‌شود در لوله جریان یابد. این توپ به مانند سدی در مقابل جریان آب عمل کرده و فشار لازم برای ایجاد سرعت شستشو حد فاصل توپ و کف لوله را تأمین می‌نماید. قطر توپ کمی کمتر از قطر لوله است.

۷-۴- طول عمر سیستم

به طور معمول برای لوله پی‌وی‌سی سخت جوش داده شده با چسب حلال، عمر مفید حدود ۵۰ سال بیان می‌شود. لوله بتنی با کیفیت خوب تحت شرایط یکسان از عمر مفید مشابه یا کمی کمتر برخوردار می‌باشد. عمر لوله به کیفیت تولید لوله بستگی زیاد دارد، بخصوص لوله بتنی و مراقبت اعمال شده در خلال نصب آن. همچنین لوله‌های جداره نازک پی‌وی‌سی سخت به تخریب در حین حمل و نصب نسبت به لوله‌های استاندارد پی‌وی‌سی سخت با فشار ۲/۵ تا ۴ بار از حساسیت بیشتری برخوردار هستند.
مهندسان کارگاهی یک طول عمر مفید ۲۰ تا ۳۰ ساله برای لوله‌های قطر بزرگ بتنی در جا با نگهداری مختصر در ۱۵ سال اول را بیان می‌کنند.

۷-۴-۱- شرایط خاک‌های خورنده

به ندرت خاک‌های اسیدی خورنده یا شرایط آب زیرزمینی به طور طبیعی اتفاق می‌افتد و حتی بعد از تماس اسید با لوله بتنی خنثی شده و در نتیجه یک منطقه خنثی در اطراف لوله ایجاد می‌شود. تداوم حمله فقط زمانی که جریان آب زیرزمینی اسیدی وجود داشته باشد اتفاق می‌افتد. این فقط در بعضی از مناطق زمین لغزشی یا معادن وجود دارد.
تمرکز بیشتر سولفات در خاک‌های قلیایی مناطقی نظیر ایالات خشک غرب آمریکا و بعضی از قسمت‌های خاورمیانه می‌باشد. سولفات‌های قابل حل در آب باید به بتن نفوذ نماید که در اثر تبخیر متمرکز شده و سبب تخریب می‌شود. استفاده از سیمان ضد سولفات (تیپ II در ایالات متحده آمریکا) برای ساخت بتن در جا به منظور مقاومت بیشتر در مقابل سولفات پیشنهاد می‌شود.
یخبندان در بعضی مناطق سبب بروز مشکلات می‌شود. بطور کلی استفاده از بتن با نسبت آب به سیمان کم برای تهیه لوله‌های پیش‌ساخته باعث افزایش مقاومت لوله در مقابل یخبندان و آب شدن می‌گردد. مشکل

---

1 - beach balls. *2 - Pills*

تخریب در اثر یخبندان زیاد نبوده بلکه جابجایی اتصالات ناشی از ایجاد انحراف در مسیر لوله در اثر تورم زمین که با بروز شرایط یخبندان خاک رخ می‌دهد، اتفاق می‌افتد. اگر خاکبرداری در زیر عمق یخبندان عملی نباشد می‌توان از مواد عایق‌بندی استفاده نمود. گزینه دیگر تخلیه سیستم از آب می‌باشد و این نیازمند نصب شیرآلات تخلیه در نقاط مناسب کم‌ارتفاع بوده بطوریکه سیستم بطور ثقلی یا پمپاژ بتواند تخلیه شود.

همچنین سرعت‌های جریان بالا در افزایش مقاومت خط لوله به یخبندان کمک مؤثر می‌نماید. در شرایط یخبندان، در مواقع عدم کارکرد خط لوله نباید بیشتر از شش تا هشت ساعت آب در داخل لوله باقی بماند.

فصل هشتم
تحلیل هزینه سیستم‌های توزیع آبیاری با لوله زیرزمینی

۸ـ۱ـ مقدمه

در این فصل رئوس هزینه‌های انواع مختلف سیستم لوله‌های زیرزمینی ارائه و با گزینه‌های کانال روباز مقایسه شده است. فقط در مواردی که داده‌های هر دو سیستم لوله‌های زیرزمینی و کانال روباز با جزئیات در دسترس بوده است، به طور کامل تشریح شده است.

اغلب سیستم‌هایی که اطلاعات هزینه‌ای آنها ارائه و مورد بحث واقع شده است، مربوط به سیستم‌های کشورهای جنوب آسیا بوده که از طریق بازدیدهای صحرائی یا کارهای تحقیقاتی در بنگلادش، استخراج گردیده‌است. به دلیل تنوع طراحی‌های سیستم در طرح‌های مختلف مورد بررسی، نتیجه‌گیری از روی مقایسه هزینه‌ها ممکن نیست، اما می‌توان روند عمومی و روابط بین داده‌ها را برقرار نمود.

داده‌ها و روش‌های تحلیل با جزئیات تشریح شده‌اند تا افراد توانائی لازم برای همخوان ساختن مباحث با شرایط خاص طرح خود را به دست آورند.

همانگونه که هزینه‌های کلی سیستم مقایسه می‌شود، هزینه‌های سیستم‌های لوله‌ای بر مبنای متر طول نیز مقایسه گردیده است. هزینه‌های سیستم، نخست با در نظر گرفتن ارزش زمین از دست رفته و هزینه سازه‌های تنظیم آب پیش‌بینی شده (برای کانال‌های روباز)، و دوم بر اساس هزینه در هکتار با در نظر گرفتن اثر بهبود بازده انتقال در اراضی آبخور مقایسه گردیده است.

به جز هزینه‌های سرمایه‌ای، سایر هزینه‌ها از قبیل: تلفات زمین توسط سیستم توزیع، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و مخارج سوخت برای سیستم پمپاژ و کارگران در تمام سیستم‌ها مورد بررسی واقع شده‌اند.

۸ـ۲ـ مقایسه کلی هزینه‌های گزینه سیستم توزیع

۸ـ۲ـ۱ـ منابع داده‌ها

در جداول ۸ـ۱ تا ۸ـ۶ داده‌های هزینه سیستم‌ها در بنگلادش، هند، اندونزی و نپال ارائه شده است. آنها در قسمت‌های بعد مورد بحث واقع شده‌اند. هر چند اغلب داده‌ها از منابع بنگلادش و نپال گرفته شده است، ولیکن برخی از هزینه‌های خیلی عمومی از دیگر نقاط جنوب آسیا دریافت شده است. هیچ داده‌ای از سیستم‌هائی که در حال حاضر از لوله‌های جدید جدار نازک با مصالح پی وی سی استفاده می‌نمایند در دسترس نبوده است.

کاملاً آشکار است که هر کشور و منطقه‌ای برای طرح سیستم‌های لوله زیرزمینی خود، نیازمندی‌های بالنسبه متفاوتی دارد. هنگام بررسی اطلاعات هزینه‌ای در هر کشور، شناسائی شرایط منحصر به فردی که بر انتخاب و هزینه تکنولوژی لوله‌های زیرزمینی اثر می‌گذارد با اهمیّت است.

خصوصیات خاصی که درانتخاب وهزینه سیستم‌های لوله زیرزمینی دربنگلادش اهمیّت دارند بقرار زیر

می‌باشد:

- عدم وجود مصالح دانه درشت مورد نیاز در بسیاری از قسمت‌های کشور، استفاده از تولیدات محلی آجر (خشت) شکسته به صورت خرده به عنوان مصالح دانه درشت برای تمام انواع بتون را الزامی می‌نماید.
- به دلیل نرخ بالای بیکاری و عدم اشتغال، دستمزد کارگر بسیار پائین بوده و صرفه‌جویی در هزینه‌های مصالح نسبت به صرفه‌جویی در هزینه کارگران بسیار ارزشمندتر می‌باشد.
- شدت بالای نشست زمین و الگوی مالکیت خرد زمین نه تنها سبب ارزشمندی بسیار زمین است بلکه مانعی برای تأسیس سیستم‌های توزیع آبیاری پیشرفته جدید است.
- فقدان منابع محلی پتروشیمی و تجهیزات کارخانه‌ای ساخت لوله و کمبود منابع ارزی، دولت را مجبور به اعمال نرخ‌های بالای مالیاتی هم برای مواد اولیه و هم تولیدات نهائی پی وی سی شامل لوله‌های آبیاری، به منظور تشویق استفاده از مصالح و منابع محلی و بومی می‌نماید.

۸ـ۲ـ۲ـ هزینه‌های سرمایه‌ای برای واحد طول

بسیاری از قیمت‌های واحد پایه، از منابع بنگلادش و نپال دریافت و توسط داده‌های مطالعه شده برای کشور اندونزی هماهنگ شده است. به دلیل اینکه هزینه‌های مربوط به لوله زیرزمینی از ۶۰ تا ۹۰ درصد هزینه‌های کلی سیستم را در بر می‌گیرد، هزینه واحد طول لوله یا کانال می‌تواند برای مقایسه سیستم‌های مختلف به کار گرفته شود، به خصوص جائی که طراحی‌های مجموعه مشابه باشند. برای مثال هزینه لوله پی‌وی‌سی سیستم لوله‌ای ساخته شده در بنگلادش ۸۴ درصد کل هزینه سیستم توزیع را شامل می‌شود، (جدول ۸ـ۵).

هزینه‌های سرمایه‌ای واحد کانال‌های روباز به استثنای هزینه‌های سازه‌ای لازم برای تنظیم آب و تلفات زمین توسط کانال‌ها یا سازه‌های بزرگ، با سیستم لوله هم ارزش بوده است. جزئیات این هزینه‌ها شامل مقایسه هزینه‌های سرمایه‌ای در ادامه تشریح گردیده است.

بنگلادش

جزئیات داده‌های سه طرح مختلف در بنگلادش با عنوان هزینه‌های اجرائی در سه جدول ۸ـ۱، ۸ـ۲ و ۸ـ۳ ارائه شده است. داده‌ها نشان می‌دهد که هزینه‌های ساخت یک متر سیستم‌های کانال خاکی تقریباً بین ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه با لوله‌های بتنی غیر مسلح می‌باشد.

سیستم‌های پوشش بتنی و آجری به میزان قابل ملاحظه‌ای گرانتر از لوله‌های بتنی است، زیرا میزان مصرف مصالح سنگدانه آجری و سیمان بیشتر می‌باشد.

بهترین گزینه‌های پوشش (بتن پیش ساخته) تنها ۲۰ درصد گرانتر هستند، در حالی که در بدترین حالت (کانال‌های تماماً با پوشش آجری) تا حدود ۳۰۰ درصد هزینه لوله بتنی می‌تواند باشد. به دلیل میزان بالای مالیات و تعرفه دولتی اعمال شده بر مواد پتروشیمی، لوله‌های پی‌وی‌سی به میزان قابل توجهی نسبت به لوله‌های بتنی به خصوص با افزایش قطر لوله، گرانتر می‌باشد.

در حالی که داده‌های جدول ۸ـ۳ نشان می‌دهد که هزینه یک متر طول سیستم‌های با لوله پی وی سی بیش از دو برابر سیستم‌های با لوله بتنی می‌باشد، داده‌های جدول ۸ـ۲ نشان می‌دهد که هزینه‌های متر طول بین مصالح بتنی و پی وی سی قابل مقایسه هستند و در جائی که لوله‌های پی وی سی با قطر کوچک باشند، (۱۵۰

میلی‌متر) این تفاوت کمتر می‌شود.

جدول ۸ـ۱ـ مقایسه هزینه‌های سیستم‌های توزیع، تانگایل، بنگلادش (۱۹۸۸) [۳۸]

ارزش حاضر هزینه‌ها به TK در متر کانال / لوله

سیستم توزیع	زمین	اجرا	نگهداری	کل (ارزش حال)
خاکی	۳۳/۳	۱۶	۲۶/۷	۷۶
لوله‌های زیرزمینی	ناچیز	۱۳۰	۸/۷	۱۳۹
پوشش با آجر	۲۶/۷	۳۴۰	زیاد	۴۰۰ بیشتر
بتن در جا	۲۶/۷	۱۳۰	زیاد	۲۰۰ بیشتر

$1US\ \$ = ۳۵TK$

جدول ۸ـ۲ـ مقایسه هزینه‌های سیستم‌های توزیع، بی ای آدی پی، بنگلادش [۸۶]

سیستم توزیع	هزینه (Tk/m)	حریم (m)	هزینه زمین (Tk/m)	جمع هزینه (Tk/m)
کانال خاکی	۲۹/۵	۳/۰۵	۶۴	۹۳/۵
پوشش آجر پوکا	۷۱۰	۲/۱۳	۴۵	۷۵۵
نیم‌دایره پیش‌ساخته	۲۴۰	۱/۵	۳۲/۱	۲۷۲/۱
نیم‌دایره کارگاهی	۳۵۶	۱/۵	۳۲/۱	۳۸۸/۱
لوله بتنی کم‌فشار ۱۰ اینچ (۲۵۰) میلی‌متر	۲۲۵			۲۲۵
لوله پی‌وی‌سی سخت ۶ اینچ (۱۵۰ میلی‌متر)	۲۵۶			۲۵۶

توجه: ارزش زمین= Tk ۲۱۰۰۰۰ در هکتار، (۶۰۰۰ هزار دلار آمریکا در هکتار). TK=تاکا(واحد پول).

جدول ۸ـ۳ـ مقایسه هزینه‌های سیستم‌های توزیع، تانگایل، بنگلادش، (۱۹۹۰) [۸۹]

ارزش حاضر هزینه‌ها در ۱۹۸۹ـ۱۹۹۰ به (Tk/m)

سیستم توزیع	حریم (m)	زمین	اجرا	کل
کانال خاکی سنتی	۲/۴	۵۹	۳۹	۹۸
کانال خاکی نیمه مدرن (کوبیده شده) با سازه‌های تنظیم	۳	۷۵	۱۰۵	۱۸۰
پوشش آجری	۳	۷۵	۵۸۴	۵۹۶
نیم دایره بتنی در جا	۱/۵	۳۸	۵۵۸	۵۹۸
لوله‌های زیرزمینی بتنی (۱۰ اینچ / ۲۵۰ میلی‌متر)	-	-	۳۰۸	۳۰۸
لوله‌های پی‌وی‌سی سخت (۸ اینچ / ۲۰۰ میلی‌متر)	-	-	۷۷۰	۷۷۰

توجه: ارزش زمین = Tk ۲۵۰۰۰۰ در هکتار (۷۱۴۰ دلار آمریکا در هکتار)

اندونزی

هزینه یک متر طول سیستم‌های مختلف برای کشور اندونزی در جدول ۸-۴ ارائه شده است. با توجه به امکانات و توصیه‌های انجام شده برای استفاده از منابع داخلی ماده پی‌وی‌سی سخت و نرخ پائین مالیات‌ها و تعرفه‌های دولتی، هزینه سیستمهای لوله پی‌وی‌سی سخت در مقایسه با دیگر مصالح برای اجرای پوشش سخت کانال‌ها، قابل رقابت می‌باشد.

جدول ۸-۴- مقایسه مناسب بودن انواع مختلف از پوشش کانال‌های باز با سیستم‌های لوله‌ای /۹۱/

سیستم کانال پوشش‌دار/ لوله	امتیاز	هزینه در متر (روپیه × ۱۰۰۰)	نسبت به هزینه لوله	عمر مفید بدون نوسازی اساسی
دبی = ۳۵ لیتر درثانیه				
گزینه‌های کانال پوشش‌دار				
۱- بتن، درجا، غیرمسلح، ذوزنقه‌ای ضخامت ۵ سانتی‌متر	۵۰	۲۸/۴	۱/۳۳	۲۰
۲- مانند ردیف ۱، مسلح باشبکه فولادی	۵۵	۳۲/۴	۱/۵۱	۲۵
۳- بتن‌پیش‌ساخته قطعات غیرمسلح ۳۵۰ بار	۶۵	۲۷/۹	۱/۳۰	۲۵
۴- مانند ردیف ۳ قطعات مسلح ۳۰۰ بار	۶۵	۳۱/۹	۱/۴۹	۳۰
۵- بتن،دال‌های‌پیش‌ساخته مسلح، ۲۲۵ بار	۳۷	۲۸	۱/۳	۱۰
۶-کار آجری، دولایه‌ای تیزگوشه‌ای	۳۴	۲۴/۲	۱/۱۳	۱۰
۷-کار آجری، دولایه‌ای لایه پلاستیکی، لایه‌روئی فقط تیزگوشه‌ای	۴۴	۲۵/۱	۱/۱۷	۱۰
۸- مصالح بنائی سنگی ملات ۱ به ۴ ذوزنقه‌ای ضخامت ۲۰۰ میلی‌متر	۳۷	۳۱/۲	۱/۴۶	۱۰
۹- سیمان با الیاف فلزی(بتن الیاف‌دار) درجا۳۵ میلی‌مترضخامت ذوزنقه‌ای مسلح	۵۲	۲۶/۲	۱/۲۲	۱۵
سیستم لوله‌ای				
۱۰-لوله پی وی سی سخت ۵۰ متر فشار، ۱ متر عمق	۶۵	۲۱/۴	۱/۰۰	۲۵

جدول ۸ـ۵ـ خلاصه هزینه برای سیستم‌های لوله‌های زیرزمینی در هند و بنگلادش

شرح	اوتاربرادش [۵۱] شبکه حلقوی پی‌وی‌سی		TADP(بتن)* [۳۷] شبکه شاخه‌ای بتنی		فریدپور [۴۹] شبکه شاخه‌ای بتنی		IDADTW II [۷۶] شبکه حلقه‌ای پی‌وی‌سی سخت	
	(Rs) روپیه	دلارآمریکا	(Tk)	دلارآمریکا	(Tk)	دلارآمریکا	(Tk)	دلارآمریکا
۱ـبرج یا مخزن	۱۹۵۵۰	۸۵۰	۲۰۰۰	۵۷	۶۳۸۲	۱۸۲	۳۰۸۰۰	۸۸۰
۲ـ هزینه لوله			۱۱۴۱۷۵	۳۲۶۲	۱۲۲۰۵۸	۳۴۸۷	۴۵۱۹۷۲	۱۲۹۱۳
۳ـ شیرآلات			۹۸۳۵	۲۸۱	۱۳۸۷۶	۳۹۶		
۴ـ اتصالات			۱۹۹۲۰	۵۷۰	۳۳۳۵۲	۹۵۳		
۵ـ ترانشه‌کنی			۱۴۳۶۳	۴۱۰	۲۹۹۵۰	۸۵۶	۴۰۹۳۷	۱۱۶۹
۶ـ سازه‌های دیگر			۲۷۷۰۸	۷۹۱	۱۵۵۳۰	۴۴۴	۷۷۴۸	۲۲۱
۷ـنهرهای مزرعه زیر جمع	۹۷۵۰	۴۲۴	۱۰۵۰۰	۳۰۰	۱۰۵۰۰	۳۰۰	۱۰۵۰۰	۳۰۰
مخزن توزیع (ردیف ۱)	۱۹۵۵۰	۸۵۰	۲۰۰۰	۵۷	۶۳۸۲	۱۸۲	۳۰۸۰۰	۸۸۰
سیستم توزیع (ردیف ۲ تا۶)	۲۱۶۲۰۰	۹۴۰۰	۱۸۶۰۰۰	۵۳۱۵	۲۱۴۷۶۶	۶۱۳۶	۵۰۰۶۵۷	۱۴۳۰۴
نهرهای مزرعه (ردیف ۷)	۹۷۵۰	۴۲۴	۱۰۵۰۰	۳۰۰	۱۰۵۰۰۰	۳۰۰	۱۰۵۰۰	۳۰۰
جمع کل	۲۴۵۵۰۰	۱۰۶۷۴	۱۹۸۵۰۰	۶۳۰۰	۲۳۶۰۷۱	۲۶۱۸	۵۴۱۹۵۷	۱۵۴۸۳
اراضی آبخور (ha)		۱۰۰		۴۰		۴۰		۴۰
هزینه‌درهکتار		۱۰۶۷		۱۵۸		۱۶۵		۱۳۸

* لوله بتنی غیرمسلح.

با وجود دامنه وسیع گزینه‌های مختلف پوشش سخت برای نهرها با استفاده از مصالح با ملات سنگ و پوشش بتنی با قطعات بتن مسلح مورد آزمایش واقع گردید، تفاوت هزینه‌ها در متر طول بسیار کم می‌باشد، (۱۰ تا ۲۰درصد).
احتمالاً این موضوع بعلت مصرف نسبتاً زیاد مصالح با قیمت زیاد می‌باشد.

ـ نپال

برآورد هزینه برای سیستم‌های توزیع کانال روباز، بر اساس متوسط نرخ‌های واحد بها در نپال تهیه شده، در جدول ۸ـ۶ ارائه شده است /۴۱/. هزینه‌های اجزاء سیستم لوله زیرزمینی بر اساس نرخ لوله‌ها، اتصالات و آبگیرها با شیرهای آلفاآلفا که برای مقایسه سیستم‌ها در اوتار پرادش هند ساخته شده است، می‌باشد.

برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای مجموعه کانال‌های پوشش‌دار و بدون پوشش به ترتیب ۱۷۸ و ۱۴ درصد هزینه لوله‌های پی وی سی می‌باشد، که این هزینه شامل سازه‌های تنظیم و هزینه تملک اراضی نمی‌شود. در این حالت پوشش کانال آجر نیمه است و در مقایسه با گزینه‌های پوشش با بتن پیش‌ساخته به‌کار رفته در دیگر

قسمت‌های جهان به نسبت گران هستند.

جدول ۸ـ۶ـ خلاصه هزینه‌های سیستم توزیع چاه ـ لوله عمیق، نپال - برحسب هزار روپیه نپال [۴۱]

شرح	دبی چاه $300 m^3/h$			دبی چاه $150 m^3/h$		
	لوله شبکه حلقوی پی‌وی‌سی	پوشش‌دار (آجری)	بدون پوشش (خاکی)	لوله شبکه حلقوی پی‌وی‌سی	پوشش دار (آجری)	بدون‌پوشش (خاکی)
چاه						
حفاری	۳۷۳/۶	۳۷۳/۶	۳۷۳/۶	۲۳۲/۲	۲۳۲/۲	۲۳۲/۲
پمپ	۱۱۲/۰	۱۱۲/۰	۱۱۲/۰	۸۰/۲	۸۰/۲	۸۰/۲
برق‌رسانی	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۷۲/۵	۱۷۲/۵	۱۷۲/۵
زیر جمع	۷۸۵/۶	۷۸۵/۶	۷۸۵/۶	۴۸۴/۹	۴۸۴/۹	۴۸۴/۹
تأسیسات سرچاه						
تلمبه‌خانه	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۲/۴	۲۲/۴	۲۲/۴
حوضچه	۰	۷/۶	۷/۶	۰	۵/۷	۵/۷
مخزن تنظیم	۷۶/۵	۰	۰	۵۱	۰	۰
زمین	۵	۵	۵	۵	۵	۵
جمع	۱۰۵/۹	۳۷	۳۷	۷۸/۴	۳۳/۱	۳۳/۱
جمع کل هزینه چاه	۸۹۱/۵	۸۲۲/۶	۸۲۲/۶	۵۶۳/۳	۵۱۸/۰	۵۱۸/۰
سیستم توزیع						
کانال‌ها	۶/۲	۱۱۴۸/۰	۸۹/۰	۳/۱	۴۹۶/۰	۴۶/۲
لوله‌های زیرزمینی	۶۳۶/۵	۰	۰	۳۱۸/۲	۰	-
سازه‌ها	۰	۱۲۳/۴	۱۱۰/۵	۰	۷۰/۹	۶۶/۷
زمین	۰	۲۲/۵	۲۲/۲	۰	۹/۹	۸/۹
زیر جمع	۶۴۲/۷	۱۲۹۳/۹	۲۲۲/۳	۳۲۱/۳	۵۷۶/۸	۱۲۱/۸
جمع کل ساخت	۱۵۳۴/۴	۲۱۱۶/۵	۱۰۰۴/۹	۸۸۴/۶	۱۰۹۴/۸	۶۳۹/۶
مهندسی (۱۰٪)	۱۵۳/۴	۲۱۱/۷	۱۰۴/۵	۸۸/۵	۱۰۹/۵	۶۳/۹
جمع‌کل	۱۶۸۷/۶	۲۳۲۸/۲	۱۱۴۹/۴	۹۷۳/۱	۱۲۰۶/۳	۷۰۳/۵
اراضی‌آبخور(هکتار)	۸۸	۸۰	۶۰	۴۴	۴۰	۳۰
هزینه‌ها در هکتار						
سیستم توزیع *	۷/۳	۱۶/۲	۳/۷	۷/۳	۱۴/۴	۴/۱
کل سیستم	۱۹/۱	۲۹/۱	۱۹/۲	۲۲/۶	۳۰/۱	۲۳/۵

* شامل ۱۰ درصد برای خدمات مهندسی

۸ـ۲ـ۳ـ هزینه‌های سرمایه‌ای سیستم

الف ـ هزینه‌های سیستم توزیع با سازه‌های مربوط

هزینه در هکتار یک شاخص اولیه برای مقایسه سیستم‌ها می‌باشد. این شاخص برای سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در مقایسه با گزینه‌های مختلف نهرهای پوشش‌دار و بدون پوشش حتی در شرایطی که هزینه

سازه‌های کنترل آب و یا ارزش اراضی از دست رفته در این گزینه‌ها منظور نشود، کمتر می‌باشد.

- **بنگلادش**

هنگامی که هزینه سازه‌ها در سیستم توزیع با انهار و ارزش زمین از دست رفته اعمال شوند، پیش‌بینی می‌شود که هزینه سیستم‌های کانال خاکی در حدود ۵۵ تا ۶۰ درصد هزینه یک سیستم لوله بتنی می‌باشد، (رجوع به جدول ۸ـ۳) [۸۹]. کانال خاکی متراکم شده یک حریم دارد، که ۳ متر و به میزان دو برابر عرض در نظر گرفته برای پوشش پیش ساخته بتنی است و هزینه زمین اشغال شده به میزان ۴۰ درصد هزینه سیستم توزیع تخمین زده می‌شود. توجه داشته باشید که سیستم‌های کانال خاکی متراکم شده با سازه‌های تنظیم آب تقریباً دو برابر هزینه سیستم‌های کانال خاکی معمولی در نظر گرفته می‌شوند.

بررسی‌های انجام شده دیگر نشان می‌دهد هزینه احداث سیستم‌های کانال خاکی تقریباً ۴۰ درصد هزینه سیستم‌های لوله بتنی می‌باشد، (جدول ۸ـ۱) در حالی که این تفاوت هزینه‌های نگهداری را شامل نمی‌شود [۳۶]. این موضوع همچنین توسط داده‌هایی از طرحی دیگر تأیید شده است و جزئیات آن در جدول ۸ـ۲ ارائه شده است [۸۶].

کل هزینه‌های سیستم لوله‌ای ارائه شده در جدول ۸ـ۵ نشان می‌دهد که بین هزینه‌های لوله‌ای سیستم پی‌وی‌سی سخت و بتنی ساخته شده در بنگلادش تفاوت اساسی وجود داشته و هزینه‌های سیستم لوله‌ای پی‌وی‌سی در مقایسه با لوله بتنی دو برابر می‌باشد.

- **هندوستان**

اگر چه هیچگونه اطلاعاتی از سیستم‌های خاص دریافت نشده است، هزینه‌های کلی برای سیستم‌های لوله‌ای به کار گرفته بر اساس طراحی‌ها و مصالح موجود در بخش مرکزی و شمالی هند ثبت شده است. در جدول ۸ـ۵ هزینه‌های سیستم لوله‌ای پی‌وی‌سی ساخته شده در اوتار پرادش با هزینه‌های سیستم لوله بتنی در بنگلادش مقایسه شده است [۳۷ و ۸۸] و یک سیستم لوله پی‌وی‌سی توسط پروژه *IDADTWII* [۷۶] ساخته شده است.

هزینه در هکتار سیستم‌های لوله‌ای بتنی در هند براساس دلار ۱/۷ برابر هزینه سیستم‌های لوله بتنی ساخته شده در بنگلادش است، اما هنوز به میزان قابل ملاحظه‌ای ارزانتر از سیستم لوله‌ای پی‌وی‌سی ساخته شده در بنگلادش می‌باشد، زیرا این اختلاف ناشی از تفاوت در ساختار مالیات و تعرفه‌های اعمال شده می‌باشد. سیستم‌های لوله‌ای بنگلادش تقریباً ۴۰ هکتار و سیستم‌های هندی ۱۰۰ هکتار را تحت پوشش قرار می‌دهد.

سیستم‌های دیگر لوله‌ای در هند که برای آنها کل هزینه مشخص شده است به شرح زیر می‌باشند:

	روپیه در هکتار	دلار آمریکا در هکتار
۱ـ روش آبیاری شرقی ویندهیاسینی آلکادسیلارژ	۱۶۵۶۰	۹۲۰ (۱۹۸۶)
۲ـ روش آبیاری متری پیپاداقارهی	۲۹۲۰۰	۱۶۲۲ (۱۹۹۰)
۳ـ روش آبیاری مخزن گادیگلتار رویه کلی	۴۰۳۵۰	۱۶۱۳ (۱۹۹۰)
۴ـ روش آبیاری مخزن گادیگلتار سیستم توزیع	۹۷۷۰	۳۹۰

مأخذ: [۸ و ۱۱]

- نپال

هنگامی که هزینه تملک زمین و سازه‌ها در هزینه‌ها منظور شود، هزینه سرمایه‌ای کانال پوشش‌دار و بدون پوشش به ترتیب ۱۹۸ و ۳۵ درصد افزایش یافته و سیستم‌های لوله پی‌وی‌سی مورد توجه واقع می‌شود، (به جدول ۸ـ۶ مراجعه شود). هزینه زمین تملک شده تنها ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه‌های کلی برای تأسیس یک مجموعه با کانال‌های خاکی مورد توجه واقع شده است.

- آمریکا

در شرایطی که آمریکا بزرگ‌ترین مناطق دایر (فعال) با سیستم‌های توزیع لوله زیرزمینی را در اختیار دارد، اطلاعات هزینه‌ای دقیق خیلی کمی در دسترس می‌باشد. آقای کلر [۵۷] داده‌های هزینه‌ها در آمریکا را برای انواع سیستم‌های آبیاری مدرن که در میان آن سیستم لوله‌های زیرزمینی برای آبیاری سطحی به عنوان یک گزینه مورد توجه قرار داده، خلاصه نموده است. این موارد هزینه‌های دقیق آبیاری سطحی (با تسطیح اراضی دقیق) در سیستم لوله‌های زیرزمینی را از ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ دلار آمریکا در هکتار ارائه می‌دهد. این گزینه نسبت به هزینه‌های تکنولوژی آبیاری بارانی کم هزینه، گران‌تر بوده اما نسبت به سیستم‌های آبیاری ثابت و آبیاری موضعی به روش میکرو با قطره‌چکان یا اسپری (آبفشان) که هزینه‌ای از ۲۰۰۰ تا ۳۵۰۰ دلار در هکتار دارد، ارزانتر هستند.

همچنین او نتیجه می‌گیرد که هزینه‌ها برای سیستم‌های مشابه در کشورهای توسعه یافته بدلیل ابعاد کوچک مزرعه، هزینه‌های باربری، ارزهای خارجی و مشکلات فنی بین ۲۵ تا ۱۰۰ درصد بیشتر است. حد بالای هزینه‌های فوق برای سیستم های لوله زیرزمینی برای آبیاری سطحی مربوط به مزارع بزرگ که به صورت دقیق با ماشین تسطیح شده، می‌باشد. اگر سیستم‌های آبیاری کرتی با سیستم لوله‌ای در کشورهای در حال توسعه یافت شود، ملاحظه می‌شود که در حد پائین هزینه یعنی بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ دلار در هکتار قرار دارد. فقط دو روش هندی (قبلاً هزینه‌های آن به اختصار آمده بود) بدین گونه هزینه داشته‌اند. قبلاً هزینه‌های سیستم بنگلادش مورد توجه قرارگرفت که یک کسری از این مورد هستند، احتمالاً دلیل آن استفاده از نسبت بالای کارگر و مصالح محلی و تأکید بر روی قابلیت توانائی سیستم.

ب ـ هزینه‌های سیستم شامل بهبود بازده انتقال

هنگامی که هزینه‌های کلی سیستم از دیدگاه هزینه در هکتار زمین آبیاری شده مورد توجه واقع شود، اگر بالا بودن بازدهی انتقال سیستم‌های لوله‌ای به حساب آورده شود، یک تصویر متفاوتی پدیدار می‌گردد. جدول ۸ـ۶ خلاصه اطلاعاتی را از هزینه‌های سیستم‌های مقایسه‌ای در مورد نپال بیان نموده در حالی که جدول ۸ـ۷ خلاصه داده‌هائی بر اساس تجارب بنگلادش ارائه نموده و باید به طور خالص هزینه‌های محتمل مورد توجه واقع شود.

دو مورد تحلیل هزینه‌های سرمایه‌ای برای سیستم توزیع بطور کامل برای سیستم‌های آبیاری سطحی مقایسه گردیده است. در هر دو سیستم‌های نپال و بنگلادش که مورد مقایسه قرارگرفته منبع تأمین آب یک چاه عمیق بود. هزینه‌ها شامل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری نبوده و هیچگونه استهلاک مجاز و جایگزینی احتمالی در نظر گرفته نشده است.

- بازده (راندمان) انتقال

به منظور مقایسه هزینه در هکتار سیستم لوله‌ای زیرزمینی با دو گزینه کانال پوشش‌دار و خاکی، برای هر سیستم باید بازده انتقال پیش‌بینی گردد.

جدول ۸ـ۸ تخمین بازده انتقال بر اساس کارهای صحرائی در بنگلادش و دیگر کارها را ارائه می‌دهد. متوسط بازده واقعی در خطوط انتقال، بطور واقعی برای سیستم‌های لوله‌ای بتنی ۸۰ درصد برای سیستم‌های لوله‌ای پی‌وی‌سی ۹۰ درصد در نظر گرفته می‌شود در حالی که بازده انتقال در کانال‌های خاکی و پوشش‌دار به ترتیب ۵۰ تا ۷۰ درصد تخمین زده شده‌اند. این موضوع توسط کارهای تحقیقاتی انجام شده در بنگلادش تأیید شده است که توصیه می‌کند افت تلفات آب در سیستم‌های لوله‌ای بتنی در بدترین حالت ۲۵ درصد افت سیستم‌های کانال پوششی‌دار عادی و کمتر از ۱۰ درصد سیستم‌های کانال خاکی می‌باشد [۸۹]. بر اساس نرخ متوسط نشت آبگیرها به میزان ۴۰ درصد آبگیرها در سیستم، کل افت سیستم لوله‌های پی‌وی‌سی ۱۰ درصد فرض شده است [۵ و ۸].

جدول ۸ـ۷ـ مقایسه هزینه سرمایه‌ای برای سیستم توزیع بنگلادش (به هزاردلار آمریکا) [۸]

شرح	لوله‌های بتنی غیرمسلح	پی‌وی‌سی سخت	خاکی	آجری
چاه‌پمپ، موتور و تلمبه‌خانه	۱۷/۱ـ۲۲/۹	۱۷/۱ـ۲۲/۹	۱۷/۱ـ۲۲/۹	۱۷/۱ـ۲۲/۹
حوضچه	۰	۰	۰/۲ـ۰/۳	۰/۲ـ۰/۳
مخزن ابتدائی	۰/۴ـ۰/۶	۰/۴ـ۰/۶	۰	۰
کل هزینه‌های چاه	۱۷/۵ـ۲۳/۵	۱۷/۵ـ۲۳/۵	۱۷/۳ـ۲۳/۲	۱۷/۳ـ۲۳/۲
کانال‌های توزیع	۰	۰	۱/۴ـ۱/۷	۱۴/۳ـ۲۰/۰
لوله‌های زیرزمینی	۸/۶ـ۱۱/۴	۱۵/۷ـ۱۸/۶	۰	۰
سازه‌ها	شامل می‌شود	۱/۱ـ۱/۷	۱/۱ـ۱/۷	۱/۱ـ۱/۷
کل هزینه‌های سیستم توزیع	۸/۶ـ۱۱/۴	۱۶/۸ـ۲۰/۳	۲/۵ـ۳/۴	۱۵/۴ـ۲۱/۷
جمع کل	۲۶/۱ـ۳۴/۹	۳۴/۳ـ۴۳/۸	۱۹/۸ـ۲۶/۶	۳۲/۷ـ۴۴/۹

- بنگلادش

یک چاه عمیق مجهز به پمپ با آبدهی ۵۶ لیتر در ثانیه با چند سیستم توزیع که آبیاری می‌کنند، مورد مقایسه قرار گرفته است. در این مقایسه چهار سیستم توزیع آبیاری مورد مطالعه واقع شده‌اند، که شامل:

۱ـ سیستم کانال خاکی با سازه‌های تنظیم، ۲ـ سیستم پوشش آجری، ۳ـ سیستم لوله‌ای بتن غیرمسلح ۴ـ سیستم لوله‌ای پی وی سی سخت.

فرضیات زیر در طراحی، بهره‌برداری و برآورد قیمت مورد ملاحظه قرار گرفته است.

- سیستم لوله‌های زیرزمینی بتنی به طول ۱۸۰۰ متر شامل سه شاخه ۶۰۰ متری مجزا
- سیستم لوله‌های پی وی سی شامل دو سیستم حلقه‌ای بقطر ۱۵۰ میلی‌متر هر کدام به طول ۱۳۰۰ متر.
- سیستم کانال خاکی متراکم شده با ۲۰۰۰ متر طول شامل سازه‌های کنترل آب و آبگیر بتنی.

- همچنین کانال با پوشش آجری به طول ۲۰۰۰ متر و سازه‌های کنترل آب و آبگیر بتنی.

هزینه‌ها در اراضی آبخور بنگلادش که نسبتاً توپوگرافی هموار با عوارض ناچیز داشته بستگی دارد. در جائی که اراضی دارای پستی بلندی یا قطعه‌قطعه شده باشد سیستم توزیع کانال روباز به طور قابل توجه‌ای گرانتر خواهد شد، اگر بعلت بعضی شرایط دیگر توجیه‌ناپذیر نباشد.

سیمای سیستم نهرهای مزرعه برای سهولت با طول و مساحت مساوی در نظر گرفته شده، اگر چه در عمل تفاوت هائی ممکن است وجود داشته باشد. تحلیل هزینه‌ها نشان می‌دهد که سیستم‌های کانال خاکی تقریباً ۳۰ تا ۳۵ درصد (فقط هزینه سیستم توزیع) و ۷۰ تا ۸۰ درصد (جائی که هزینه‌های چاه شامل می‌شود) از هزینه سیستم توزیع با لوله‌های بتنی هستند. در این حالت تراکم برای خاکریز نهرها منظور شده است و سازه‌های لازم برای توزیع آب در نظر گرفته شده است. هزینه سیستم‌های کانال با پوشش آجری دو برابر هزینه سیستم‌های لوله‌های بتنی می‌باشد. سیستم‌های لوله‌های پی‌وی‌سی از نظر هزینه قابل رقابت با پوشش آجری هستند و در هر دو سیستم و در تراز کلی مجموعه (شامل هزینه‌های چاه).

جدول ۸ـ۸ـ اندازه‌گیری‌های صحرائی بازده انتقال [۸۷ و ۸]

جنس لوله	نشت لیتردرثانیه‌در ۱۰۰ متر	طول لوله متر	دبی لیتر در ثانیه	درصد بازده انتقال
۱ـ لوله بتنی غیرمسلح ته‌صاف با اتصالات *Sacking wapped*				
الف ـ متوسط	۰/۳۳	۵۰۰	۳۵	۹۵
ب ـ ضعیف	۰/۶۹	۸۰۰	۴۰	۸۶
۲ـ پی‌وی‌سی سخت	NK	۱۵۰۰	۵۶	۹۵
۳ـ پی‌وی‌سی سخت	NK	۳۰۰	۲۰	۹۵
۴ـ کانال خاکی	۷/۷	۳ـ۴۰۰	۴۵	۵۰

NK: شناخته نشد

ج ـ هزینه‌های سیستم در هر هکتار اراضی تحت آبیاری

صرف‌نظر از عوامل غیرمهندسی می‌توان گفت، منطقه قابل آبیاری برای یک دبی عملی به بازده انتقال (خطوط لوله توزیع) بستگی دارد. اثرات این موضوع با تحلیل ذیل براساس بیشینه سطح خالص قابل آبیاری ۵۰ هکتار با بازده انتقال ۱۰۰ درصد تشریح شده است. بازده انتقال کمتر موجب سطح آبخور کوچکتر و هزینه‌های سرمایه‌ای بیشتر در هکتار اراضی آبیاری شده می‌باشد که در جدول ۸ـ۹ نشان داده شده است.

هزینه‌های نسبی (که مستقل از فرض ۵۰ هکتار می‌باشند) به روشنی نشان می‌دهد که افزایش بازده سیستم‌های لوله‌های زیرزمینی نسبت به یک سیستم کانال روباز، هزینه در هکتار کمتری را در بر خواهد داشت، همانطوریکه هزینه سرمایه‌گذاری چاه بر روی یک سطح بزرگتر توزیع می‌گردد.

هنگام توجه به سیستم توزیع به تنهائی، هزینه‌های سیستم کانال خاکی تا نزدیک ۵۰ درصد هزینه گزینه

لوله بتنی افزایش می‌یابد، در حالی که سیستم لوله‌های پی‌وی‌سی ۱/۷ برابر و پوشش آجری بیش از دو برابر هزینه‌های سیستم‌های لوله بتنی هستند.

جائی که هزینه‌های کلی، چاه (چاه لوله‌ای عمیق) منظور شود سیستم‌های کانال خاکی قابل مقایسه می‌شود (۹۲۴ دلار در هکتار)، و حتی کمی گرانتر از سیستم‌های لوله‌ای بتنی (۷۰۷ دلار در هکتار) و پی‌وی‌سی (۸۱۵ دلار در هکتار) هستند، در حالی که پوشش آجری گران‌ترین گزینه باقی می‌ماند (۱۱۰۴ دلار در هکتار).

مشابه این محاسبات را در موقعیت‌های دیگر می‌توان عمل نمود، برای مثال، اگر منطقه قابل آبیاری تثبیت شده باشد منبع می‌تواند (اگر یک چاه لوله‌ای کانال یا مخزن) با سیستم توزیع لوله زیرزمینی نسبت به کانال‌های روباز کوچک‌تر و ارزانتر باشد، بهر حال ممکن است ذخایر (پس‌انداز هزینه) چندان قابل اهمیت نباشد.

ـ مقایسه هزینه‌های سیستم در نپال

داده‌هایی از نپال برای دومین مقایسه به کار گرفته شده است، و در جدول ۸ـ۶ به جزئیات ارائه شده است، بر اساس سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی طراحی و ساخته شده در اوتارپرادش هند و جزئیات تشریح شده مربوطه می‌باشد [۵۱ و ۸]. سیستم از این نوع با مخازن مرتفع و حلقه‌هایی از خطوط لوله پی‌وی‌سی در منطقه ترایی نپال ساخته شده است [۴۱].

سیستم‌های کانال خاکی و پوشش‌دار برای مقایسه ۱۳۰۰ متر کانال با سازه‌های تنظیم آب فرض شده است و با فرض آنکه یک سطح مدیریت آب احتمالاً مشابه سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در دسترس باشد. دو اندازه سیستم آبیاری مورد آزمایش واقع شده است [۴۱] و به منظور ملاحظه کاربرد مقیاس اقتصادی. به طریق مشابه مدل بنگلادش با اختلاف در بازده انتقال به منظور استنتاج در یک حوزه بزرگ آبیاری برای یک دبی ورودی ثابت فرض شده است.

تخمین بازده انتقال نسبی سیستم انتخابی مزبور [۴۱] بسیار محافظه‌کارانه است، بر اساس کارهای صحرائی بنگلادش، (مریدها، ۱۹۹۳) تفاوت نرخ نشت اندازه‌گیری شده بین کانال‌های بدون پوشش به وضوح تا ۱۰ برابر می‌رسد. در سیستم‌های لوله‌ای، بازدهی تا ۹۰ درصد موردنظر بوده در حالی که بازده کانال های روباز پوشش‌دار و خاکی به ترتیب ۸۰ و ۶۰ درصد فرض شده است.

اگر هزینه‌های سیستم توزیع در سراسر یک حوزه مشخص مورد توجه قرار بگیرد، هزینه یک سیستم توزیع کانال خاکی برابر ۶۰ درصد هزینه‌های سیستم لوله‌های زیرزمینی است، در حالی که یک سیستم کانال پوشش‌دار بیش از دو برابر هزینه سیستم لوله‌ای (۷۳۰۰ روپیه نپال در هکتار) می‌باشد. هنگامی که حوزه آبریز در نسبت بازده انتقال به دست آمده متغیر باشد، کانال‌های خاکی در هزینه‌ها با سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در حدود ۲۰۰۰۰ روپیه نپال در هکتار برابر می‌شوند، در حالی که سیستم‌های کانال پوشش‌دار ۵۰ درصد گرانتر در حدود ۳۰۰۰۰ روپیه نپال در هکتار باقی می‌ماند.

هزینه‌های کمتر بهره‌برداری و نگهداری در افزایش احتمالی فاصله قیمت بین سیستم‌های لوله زیرزمینی و کانال پوشش‌دار وجود دارد.

جدول ۸ـ۹ـ بازده انتقال، منطقه قابل آبیاری و هزینه در هکتار برای سیستم‌های بنگلادش

مورد	لوله بتنی غیرمسلح	لوله‌های پی‌وی‌سی	کانال‌های خاکی	کانال‌های با پوشش آجری
بازده انتقال (٪)	۸۰	۹۰	۵۰	۷۰
سطح قابل آبیاری (هکتار)	۴۰	۴۵	۲۵	۳۵
هزینه در هکتار (دلار آمریکا)				
سیستم توزیع	۲۱۵ـ۲۸۵	۳۷۳ـ۴۵۱	۱۰۰ـ۱۳۶	۴۴۰ـ۶۲۰
هزینه‌های چاه	۴۳۸ـ۵۸۸	۳۸۴ـ۵۲۲	۶۹۲ـ۹۲۸	۴۹۴ـ۶۶۳
جمع هزینه‌ها	۶۵۳ـ۸۷۳	۷۵۷ـ۹۷۳	۷۹۲ـ۱۰۶۴	۹۳۴ـ۱۲۸۳
هزینه‌های نسبی	۰/۸۶ـ۱/۱۵	۱/۰۰ـ۱/۲۸	۱/۰۵ـ۱/۴۱	۱/۲۴ـ۱/۶۹

منبع: هزینه‌های از جدول ۸ـ۷ دریافت شده است.

تحلیل‌های فوق از هزینه‌های سیستم‌های لوله‌ای از بنگلادش و نپال فرض می‌کند که بازده انتقال قید بحرانی است. کارهای صحرائی انجام شده در بنگلادش [۸۹]، نشان می‌دهد که مناطق آبیاری انتخاب شده با چاه‌های لوله‌ای به طور قابل ملاحظه ضعف در طراحی داشته و به طور اساسی توسط یک رویه ضعیف مدیریت و خدمات توسعه‌ای ناکافی روبرو بوده‌اند، (شکل ۱ـ۵). این موضوع با ارزیابی عملکرد شیوه‌های آبیاری با لوله‌های زیرزمینی از کارهای تکمیل شده. طرح اوتارپرادش و بر روی طرح جدید عمومی توسعه چاه‌ها در اوتارپرادش تأیید شده است [۵۸ و ۸۱].

تنها مگر در مواردی که موضوعات اقتصادی ـ اجتماعی، حقوقی و مدیریتی با دقت بیشتری در خلال طراحی و حل مجدد در مراحل اولیه مورد توجه واقع شوند، توانائی کامل سیستم‌های لوله زیرزمینی احتمالاً واقعی نمی‌باشد.

۸ـ۳ـ هزینه‌های غیرسرمایه‌ای

جدا از هزینه تملک اراضی توسط سیستم‌های کانال روباز، هیچ داده دیگری که میزان هزینه‌های غیرسرمایه‌ای را به رقم درآورد به دست نیامده است. بر اساس ارزیابی صحرائی از سیستم‌های لوله‌ای مورد بازدید واقع شده در خلال تحقیقات، یک خلاصه‌ای از هزینه‌های نسبی برای هر یک از سیستم‌های مختلف لوله‌ای در جدول ۸ـ۱۰ ارائه شده است. هزینه‌های واقعی ارائه نشده است اما نسبت هزینه ترجیحی بر اساس انتظارات هزینه‌ای برای یک سیستم پی‌وی‌سی با "×" بیان شده است. در تمام حالات این موضوع که سیستم‌های لوله‌ای در هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و میرآب و کشاورز به طور قابل ملاحظه‌ای صرفه‌جویی می‌نماید مورد توجه واقع شده است.

هزینه‌های بهره‌برداری برای سوخت و روغن به طور غیرمستقیم در نسبت بازده انتقال مورد توجه واقع شده است اگرچه یک محدوده ۳ تا ۴ متر افزایش در ارتفاع پمپاژ سیستم لوله‌ای، کاهش به نسبت ۱۰ درصد در هزینه‌های بهره‌برداری کانال‌های روباز را سبب می‌شود.

۸ـ۳ـ۱ـ هزینه استملاک اراضی

اطلاعات ارائه شده در جدول ۸ـ۲ و ۸ـ۳ نشان می‌دهد که متوسط حریم برای کانال‌های خاکی و پوشش

آجری ۲ تا ۳ متر است. اگر در یک سیستم توزیع کانال روباز نمونه که به ۴۰ هکتار آبرسانی می‌کند طول کانال ۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰ متر فرض شود آنگاه زمین تملک شده در دامنه‌ای از ۰/۲۸ تا ۰/۵۳ هکتار (۰/۷ تا ۱/۳ درصد اراضی آبخور) خواهد بود.

با به کارگیری سیستم‌های لوله زیرزمینی در کارهای تکمیل شده در بنگلادش تخمین زده می‌شود به طور متوسط ۱/۲ درصد زمین صرفه‌جویی شده است. اگرچه این تنها ۰/۴۸ هکتار در حوزه ۴۰ هکتاری می‌باشد، در بعضی مناطق متراکم با ارزش زیاد زمین می‌تواند ذخیره ارزشمندی باشد. برای مثال در بنگلادش جائی که زمین در منطقه تانگالی برای هر هکتار ارزشی بین ۲۰۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰۰ TK دارد. یک منطقه با ۰/۴۸ هکتار وسعت به ترتیب ۲۵ تا ۴۵ درصد هزینه‌های سرمایه‌ای سیستم لوله‌ای پی‌وی‌سی و بتنی را ارائه می‌دهد. ارزش زمین گرفته شده را باید از دیدگاه درآمد از دست رفته نسبت به ارزش فروش زمین مؤکداً مورد توجه قرار داد، هر چند مقایسه بیان شده به دستیابی ارزش زمین برای تولید ثروت و تأمین فضای زندگی کمک می‌نماید.

۸ـ۳ـ۲ـ هزینه‌های نگهداری

داده‌های واقعی از سطح هزینه‌های نگهداری برای سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در مقایسه با سیستم‌های کانال روباز به دست نیامده است، اگرچه یک تعداد از منابع بر اساس هزینه‌های انجام شده در اختیار برای سیستم تحت فشار زیاد پیش بینی‌هائی پیشنهاد کرده‌اند. آقای روکی پیشنهاد می‌کند که هزینه‌های نگهداری یک سیستم لوله‌ای تحت فشار زیاد جمعاً ۰/۵ درصد هزینه‌های لوله‌گذاری سیستم خواهد بود [۹۴].

در مأخذ [۳۶] هزینه‌های پرداختی سالانه بابت سیستم‌های لوله‌ای را ۱ درصد هزینه‌های سرمایه‌ای و برای سیستم کانال خاکی ۲۵ درصد فرض نموده است، که شامل هزینه‌های ارائه شده در جدول ۸ـ۱ می‌باشد. علیرغم اختلاف در هزینه‌های سرمایه‌ای، هزینه سالانه کانال خاکی دو برابر سیستم‌های لوله‌های زیرزمینی می‌شود.

یک بخش مهم از هزینه نگهداری سیستم‌های لوله‌های مدفون، طول خدمت مورد انتظار برای خط لوله است. هر چه یک سیستم لوله‌ای به پایان عمر مفید خود نزدیک می‌شود، افزایش قابل توجهی در هزینه‌های مورد انتظار خواهد بود. در حالی که عمر سیستم‌های لوله بتنی غیرمسلح تولید شده در جنوب آسیا مشخص نیست، سیستم‌های ایجاد شده در ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ در آمریکا همچنان به طور قابل اطمینان کارآ هستند [۲۵ و ۶۴]. سیستم لوله‌ای پی‌وی‌سی تحت فشار زیاد به خوبی بیش از ۲۰ سال خدمت می‌دهد، در تشخیص شرایط لوله‌های موجود نصب شده ۵۰ سال عمر برای لوله‌های پی‌وی‌سی به کارگرفته شده بسیار محافظه‌کارانه است و تحت شرایط خوب عمر طراحی ۱۰۰ سال واقع‌گرایانه است [۱۰۷].

۸ـ۳ـ۳ـ نیروی کار مورد نیاز

فرصتی را که توسط سیستم های لوله‌ای زیرزمینی برای کاهش کارگران بهره‌برداری و نگهداری بدست می‌آید به سختی می‌توان به کمیت درآورد. شیوه‌هایی که در سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی تعداد کارگران را کاهش می‌دهد تشریح شده است.

- با کم کردن طول کانال‌های روباز نیاز به کارگر برای نگهداری سالانه کاهش داده می‌شود.

- در سیستم‌های لوله‌ای بسته یا نیم‌باز جائی که بهره‌برداری می‌تواند از ابتدای سیستم تنظیم شود، یک بهره‌بردار مورد نیاز است که با تهیه برنامه آبیاری مورد نیاز مورد توافق واقع شده وقت کمی را برای هدایت آب به بخش‌های خاصی از اراضی آبخور صرف نماید.
- به دلیل اینکه سیستم‌های با توان بازده انتقال بیشتر دبی جریان بیشتری به مزرعه هدایت می‌کند، کشاورز می‌تواند زمان کمتری را برای آبیاری صرف نماید و مدیریت آب مزرعه توسعه یابد.

جدول ۸ـ۱۰ـ نسبت‌های هزینه‌های غیرسرمایه‌ای [۸]

مورد	لوله بتنی غیرمسلح	لوله‌های پی‌وی‌سی	کانال‌های خاکی	کانال‌های با پوشش آجری
زمین تملک شده هکتار	ناچیز	ناچیز	۰/۵ـ۰/۲۵	۰/۴ـ۰/۲
هزینه‌های نگهداری	۱/۵×	×	۵ـ۳×	۸ـ۳×
هزینه سوخت بهره‌برداری	۱/۲×	×	۱/۷×	۱/۳×
کارگر (بهره‌برداری)	۱/۵×	×	۳×	۲×
کارگر(کشاورز)	×	×	۲×	۱/۵×

۸ـ۴ـ نتیجه‌گیری داده‌های هزینه

۸ـ۴ـ۱ـ کلیات

با تمام تأکیدات متعارف برای پوشش کانال، قابل مقایسه بودن هزینه‌های سیستم لوله‌ای که به روشنی مشخص است جالب توجه می‌باشد. هر چند محدودیت‌های داده‌ها، برای اثبات مقایسه‌ای هزینه‌های سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی کافی نیست. لیکن این مطالب می‌تواند به طراحان و فعالان بخش آبیاری به تلاش به کارگیری سیستم‌های لوله‌ای اطمینان بدهد، اگر فقط مزایای عملکرد آنها بیش از راه‌حل‌های پوشش نمودن سنتی کانال با کمی هزینه بیشتر را ارائه بدهد.

متأسفانه اطلاعات مفید بسیار کمی از هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی در اختیار است.

پیشرفت‌های حاصله در بازده انتقال سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی همیشه موجب افزایش سطح تحت آبیاری نیست. توزیع هزینه‌های منابع تأمین آب بر روی سطح بزرگتر آبیاری و تقسیم عادلانه جریان موجب افزایش سطح تحت آبیاری می‌شود محدودیت منابع آب، ساختار سازمانی توسعه یافته و ارزش زیاد محصولات و انگیزه برای همکاری آبیاران را فراهم می‌نماید.

اگرچه داده‌های هزینه‌ها محدود هستند، برخی از نتایج عمومی می‌تواند بر اساس سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی که در جنوب آسیا ساخته شده است، به دست آید.

۸ـ۴ـ۲ـ هزینه‌های سرمایه‌ای

در تمام شرایط مورد بررسی، سیستم‌های توزیع با خطوط لوله، ارزان‌تر از یک دامنه وسیع از گزینه‌های پوشش سخت، ساخته شده است. به طور کلی سیستم‌های لوله‌ای بتنی به طور قابل ملاحظه‌ای از سیستم‌های

پی‌وی‌سی سخت در جائی که سطح خدمات ارائه شده یکسان باشند، ارزان‌تر هستند. اگر سیستم‌های لوله‌ای پی‌وی‌سی سخت با سیستم‌های کانال پوشش‌دار قابل مقایسه باشند بستگی به هزینه مکانیسم‌ها در کشور برای مواد اولیه لوله‌های یوپی‌وی‌سی و انواع سیستم‌های معمول پوشش ساخته شده دارد. سیستم‌های پوشش آجری که به طور وسیع در جنوب آسیا ساخته شده است عموماً به طور قابل ملاحظه‌ای هزینه بیشتری نسبت به گزینه‌های لوله‌ای زیرزمینی دارد.

در حالی که هزینه سیستم‌های کانال خاکی در بدترین شرایط ۵۰ تا ۶۰ درصد هزینه گزینه لوله بتنی می‌شود، اگر هزینه تأمین منابع آب بر روی سطح اراضی آبخور که برای بازده انتقال بیشتر تعدیل شده پخش شود، آنگاه اختلاف هزینه‌ها کم خواهد بود، هزینه‌های کمتر بهره‌برداری و نگهداری برای انتخاب سیستم‌های لوله‌ای بسیار مورد پسند است.

بدیهی است قابل رقابت‌ترین گزینه مصالح لوله از کشوری به کشور دیگر و از محلی به محل دیگر متغیر است اما در تمام حالات انتخاب دقیق سیستم‌های توزیع لوله‌ای برای ساخت می‌تواند انجام شود به گونه‌ای که هزینه آن نسبت به گزینه پوشش سخت کمتر باشد.

۸-۴-۳- سایر هزینه‌ها

سایر هزینه‌های صرفه‌جویی شده از قبیل زمین تملک شده توسط سیستم‌های کانال روباز و کاهش هزینه‌های کارگر در جاهای مختلف با اهمیت است. جائی که زمین محدود باشد و قیمت بالائی داشته باشد از قبیل بنگلادش و شمال هند، تملک زمین یک مورد با اهمیت خواهد بود، در حالی که هزینه‌های کارگر در کشورهای با درآمد متوسط از قبیل تایلند یک محدودیت اساسی هستند.

۸-۴-۴- جنس لوله

بافراهم نمودن امکانات تولید محلی لوله‌های بتنی غیرمسلح با اتصالات ساده به منظور کاهش هزینه‌های تولید و با توجه به در دسترس بودن لوله‌های از جنس پی‌وی‌سی سخت که در حال حاضر در اغلب مناطق در دسترس می‌باشد، می‌تواند با افزایش نسبت سود به هزینه فرصت مناسبی را برای توسعه استفاده از سیستم‌های لوله‌ای زیرزمینی فراهم نماید. تحلیل‌های هزینه‌ای آتیه می‌تواند هزینه کمتر سیستم‌های لوله‌ای پی‌وی‌سی سخت با به کارگیری مواد جدید لوله‌های موجدار جدار نازک که در حال حاضر برای کاربردهای کم‌فشار در بازار موجود است را نشان بدهد.

فصل نهم

گرایش در جهت ارتقاء و توسعه سیستم‌های با لوله زیرزمینی

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، کاهش هزینه سیستم‌های آبیاری با لوله زیرزمینی یکی از دلایل مهم برای قبول گسترده این سیستم می‌باشد. هر چند در مناطقی از جهان با درآمدهای بالاتر، نیاز به راندمان بیشتر استفاده از آب همراه با کاهش کارگر، باعث تشویق سرمایه‌گذاری در فن‌آوری به منظور افزایش بازده سیستم‌های آبیاری با لوله زیرزمینی کنونی شده است. سیستم‌های لوله کم فشار به عنوان گزینه‌ای که نیاز به سرمایه‌گذاری و هزینه انرژی کمتر در مقایسه با گزینه تبدیل شبکه‌های آبیاری سطحی به بارانی و میکرو دارد، تشخیص داده شده است *[۶۶]*.

به موازات آن، پیدایش لوله‌های پلاستیکی موج‌دار با ضخامت جداره نازک به منظور مصرف در زهکش‌های ثقلی و فاضلاب که می‌تواند در شبکه‌های کم‌فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد یکی از عوامل تأثیرگذار بوده است *[۹۲]*.

لوله‌های زیرزمینی به عنوان گزینه‌ای با هزینه متوسط برای بهسازی شبکه‌های آبیاری شناخته شده است منابع *[۶۲، ۳۴ و ۹۰]*. به بیان تحقیقات و فعالیت‌هایی که در فرانسه و آمریکا بر روی توسعه و تکامل فن‌آوری به منظور ارتقاء بازدهی و کارآیی شبکه‌های سطحی و خصوصاً شبکه لوله‌های زیرزمینی کنونی تا حد شبکه‌های بارانی و میکرو تمرکز یافته است، پرداخته‌اند. بسیاری از این فن‌آوری‌ها (آنهائی که بیشتر از همه توسعه یافته در زیر تشریح می‌شوند) هنوز در خارج از کشور محل پیدایش خود، به خوبی شناخته شده نیستند. فن‌آوری‌هائی که از مرحله آزمایشی گذشته‌اند عبارت‌اند از:

۹ـ۱ـ لوله‌های دریچه‌دار

لوله‌های دریچه‌دار، لوله‌های قابل حمل به منظور توزیع آب از خروجی‌های لوله‌های کم‌فشار به هر یک از جویچه‌های منفرد از طریق روزنه با دهانه قابل کنترل [۱] می‌باشد که به فاصله منظم روی لوله در مقابل جویچه‌ها قرار گرفته‌اند *[۱۲]*. لوله از جنس پی‌وی‌سی سخت همراه با نقاط اتصال انعطاف‌پذیر به منظور حمل و نقل آسان‌تر می‌باشد، ولی در برخی مواقع از جنس آلومینیم هستند. این فن‌آوری برای جایگزینی با کانال‌های خاکی سنتی و سیفون می‌باشد و در حال حاضر در کالیفرنیا حدود ۳۶۰۰۰۰ هکتار را تحت پوشش قرار داده است *[۶]*.

۹ـ۲ـ لوله‌های تاشو

لوله‌های انعطاف‌پذیر از جنس پی‌وی‌سی ضد اشعه ماوراء بنفش و یا لوله‌های لاستیکی بوتیل[۲] به عنوان

1- Shutter-Centralled *2- butyl*

«لوله‌های دریچه‌دار» که به منظور سهولت در امر عبور و مرور ماشین‌آلات در مزرعه پس از آبیاری، توسعه و تکامل پیدا کرده‌اند [۳۴ و ۶]. لوله‌ها معمولاً دارای غلاف لاستیکی آستین‌دار قابل انعطاف با قطر پایین هستند که از طریق آنها آب خارج می‌شود. کنترل جریان از طریق تا زدن و یا گیره زدن این غلاف‌ها صورت می‌گیرد و بدین ترتیب جریان کاهش می‌یابد و یا قطع می‌شود.

۹-۳- آبیاری کابلی یا آبیاری انتقالی

یکی از سیستم‌های خودکار تنظیم خروجی بوده که در فرانسه و آمریکا توسعه یافته که مجهز به یک کابل متصل شده به یک توپی آویزان با دریچه شیب‌دار یا لوله زیرزمینی می‌باشد. فرآیند توپی به گونه‌ای است که به انواع گروه‌های مختلف دریچه‌ها و رایزرها با نوسان جریانی مشخص شده توسط سرعت توپی اجازه عبور جریان را میدهد. این فن که در سال ۱۹۸۰ توسعه یافت در آمریکا بنام آبیاری کابلی[۱] و در فرانسه بنام آبیاری انتقالی[۲] شناخته می‌شود [۳۴ و ۹۰].

۹-۴- آبیاری موجی

این فن‌آوری به منظور استفاده در آبیاری نشتی (فارو) ابداع شده، بدین ترتیب که جریان آب آبیاری به تناوب از خروجی لوله‌های زیرزمینی در نشتی وارد می‌شود تا جبهه آب در طول نشتی‌ها با سرعت زیاد به بیش برود. آبرسانی نشتی‌ها از طریق لوله‌های دریچه‌دار یا رایزر صورت می‌گیرد و موج از طریق یک شیر موجی که جریان را پی در پی به یک یا دو لوله هدایت می‌کند ایجاد می‌شود.

برآورد می‌شود که تا سال ۱۹۸۸ آبیاری موجی در بیش از ۱۵۰۰۰۰ هکتار از اراضی ایالات متحده به کار گرفته شده است.

۹-۵- شیرهای جابجا شونده

رنو (۱۹۸۸) گزارش می‌دهد که شیر زمان داری توسط نیرتک و اس. دو. سی. دی. پی ابداع شده تا جریان آب پس از یک زمان مشخص از یک مسیر به مسیر دیگر تغییر داده شود. لیکن دامنه کاربرد این ابزار گزارش نشده است [۹۰].

۹-۶- انهار بزرگ مزرعه

آقای مریام به تشریح مزیت‌های ایجادجریان‌های بزرگ، به صورت متغیر می‌پردازد [۶۷]. او می‌افزاید که این کار باعث می‌شود که بتوان تعداد زیادی نشتی یا نوار را در یک بلوک به صورت هم زمان به کار گرفت و هر زمان که لازم شد جریان را کاهش داد. نظر او این است که این کار باعث کاهش نیروی انسانی مورد نیاز شده و باعث افزایش یکنواختی توزیع و راندمان به میزان قابل ملاحظه می‌شود. جریان بزرگ از طریق ایجاد مخازن بینابین که جریان منظمی از سیستم انتقال (کانال درجه ۲) دریافت می‌کند و سپس می‌تواند جریان متغیر و بزرگ ایجاد کند حاصل می‌شود. لوله‌ای با ظرفیت بالا که دارای خروجی به لوله‌های دریچه‌دار باشد مورد نیاز

1- Cablegation

2- Transirrigation

می‌باشد. سیستمی برای برگشت هرزآب خروجی به مخزن می‌تواند باعث افزایش راندمان استفاده از آب و کاهش مشکلات زهکشی گردد.

در عین حال که بایستی برای این روش ارزش قائل شد، لیکن چنین جریانات بزرگی برای مالکیت‌های بزرگ که نوعاً در کشورهای صنعتی غربی نظیر ایالات متحده یافت می‌شود مفید خواهد بود.

۹ـ۷ـ نتیجه‌گیری

مزایای لوله‌های زیرزمینی نسبت به کانال‌های روباز در فصل ۱ تشریح گردید. کاربرد لوله در طرح‌های کوچک و متوسط آبیاری که در آنها آب آبیاری پمپاژ می‌شود و یا اینکه شیب کافی موجود است موضوع را تأیید می‌کند. در پروژه‌های بزرگ نیز می‌توان با کاربرد شبکه توزیع لوله‌ای به جای کانال‌های درجه ۳، سیستم را بهسازی نمود احتمالاً این کار نیاز به پمپاژ از کانال‌های درجه ۲ خواهد داشت که می‌توان با مخازن واسط انعطاف‌پذیری ایجاد نمود. در هر صورت نیاز به پمپاژ در مقایسه با ارتقاء سیستم به بارانی و یا قطره‌ای کمتر خواهد بود. از این رو لوله‌های زیرزمینی یک فن‌آوری واسط در توسعه و تکامل آبیاری است. برای توسعه و تکامل مؤثر این روش در هر صورت نیاز به طراحی دقیق مطابق با روش بهره‌برداری انتخابی و توجه به کیفیت ساخت می‌باشد.

پیوست ۱

جنس لوله‌های مورد استفاده در سیستم‌های توزیع با لوله زیرزمینی کم‌فشار

۱ـ بتنی غیر مسلح

۱ـ۱ـ روش‌های مکانیزه قالب عمودی

دو روش که بطور گسترده در ایالات متحده بکار گرفته شده و در حال حاضر نیز متداول می‌باشد عبارتند از [۵۹]: روش قالب‌بندی عمودی کوبه ضربه‌ای [۱] و پکر انتهایی [۲]

در روش کوبه ضربه‌ای علاوه بر قالب خارجی یک قالب داخلی نیز بکار گرفته شده و در حالیکه یک سری میله بطور مداوم در فضای بین دو استوانه در حال حرکت می‌باشند، بتن سفت با اسلامپ پایین به آرامی ریخته شده و حرکت میله‌ها موجب تراکم بتن می‌گردند. دیافراگم داخلی یا مرکزی لوله که قطر لوله را تعیین می‌کند، یک تیوپ استوانه‌ای از جنس چدن یافولاد پیش ساخته می‌باشد. قالب خارجی از دو نیم استوانه تشکیل شده که بعد از خارج شدن قالب از ماشین می‌توانند از لوله جدا و یا برداشته شده و بر روی زمین بصورت عمودی دسته‌بندی گردند.

کل فرآیند ساخت برای یک لوله در زمان ود یک دقیقه انجام می‌پذیرد. برای انجام عملیات عمل‌آوری، به جای استفاده از روش‌های آبپاشی مستمر و یا استخر آب، لوله را در شرایط رطوبتی بالا در داخل پوشش پلاستیکی عایق قرار می‌دهند.

۱ـ۱ـ۱ـ کوبه ضربه‌ای

استفاده از اولین ماشین کوبه ضربه‌ای را در ایالات متحده ذکر می‌شود [۵۹]. این ماشین مجهز به تجهیزات بتن ساز بوده و علیرغم خودکار نبودن به نیروی کارگری نسبتاً کمی نیاز داشت. کارخانه‌های لوله‌سازی کنونی کاملاً خودکار بوده و سرعت تولید لوله‌های تمام شده آنها بسیار بیشتر می‌باشد. در یک نصب نمونه، می‌توان لوله‌هایی با اقطار بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ میلیمتر و با استانداردی تولید نمود که آزمایش فشار هیدرواستاتیک ۳۰ متر $ASTM$ را برآورده نماید. لوله‌ها معمولاً با اتصالات کام و زبانه و با طول حدود ۱/۳ متر ساخته می‌شوند.

۱ـ۱ـ۲ـ پکر انتهایی

در روش پکر انتهایی قالب داخلی لوله با یک ماله چرخان مکانیکی جایگزین شده است. با وجود اینکه به کمک این تکنیک با حذف قالب‌ها، لوله‌های با اندازه بزرگتر و با هزینه کمتر تولید می‌گردد، لوله‌های ساخته شده دارای کیفیت مشابه می‌باشند. تجهیزات بکار گرفته شده خیلی پیچیده‌تر از روش کوبه ضربه‌ای می‌باشد،

1- Tamping stick *2- Head packer*

با این حال در اکثر کارخانه‌های لوله‌سازی خودکار جدید در آمریکا این روش استفاده می‌شود [۵۹]. یک کارخانه لوله‌سازی با ماشین‌های پکر انتهایی مدرن که در بنگلادش راه‌اندازی شده است [۳۵].

هر دو تکنیک امکان متراکم کردن بتن با اسلامپ پایین برای ساخت لوله فشار ضعیف با کیفیت بالا را فراهم می‌نمایند. هزینه ساخت این تجهیزات در ایالات متحده برای تولید این نوع لوله‌ها برای بازسازی تجهیزات حدود ۳۰۰۰۰ دلار آمریکا و برای ماشین آلات کاملاً نو، بیش از ۶۰۰۰۰ دلار آمریکا (قیمت‌های سال ۱۹۹۱) برای ساخت لوله‌های به قطر ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلیمتر و تا طول ۱/۳ متر برآورد شده است. البته این هزینه شامل هزینه‌های قالب‌ها و تجهیزات جنبی نمی‌گردد [۶۸].

همچنین روش‌های ساخت با قالب عمودی از لرزاننده‌ها و میزهای لرزاننده برای دستیابی به تراکم مناسب بتن با اسلامپ پایین استفاده می‌کنند، این عمل معمولاً با نصب قالب بر روی میز لرزنده و یا در داخل یک محفظه مخصوص انجام می‌گردد. محققین چینی در ایالت هبی [۲۶] استفاده از کارخانه ساخت لوله‌های عمودی کوچک راکه از میز لرزنده اصلاح شده و تجهیزات بلند کردن استفاده نموده و بوسیله دو اپراتور کار می‌کند را گزارش نموده‌اند.

۱ـ۲ـ قالب عمودی، تراکم دستی

در این روش لوله با تراکم بتن دست ساز و با استفاده از میله‌های با دست نگهداری شده در داخل قالبی که از رویه بیرونی و هسته درونی تشکیل شده است ساخته می‌شود [۳۵]. اگرچه فولادهای ساخته شده در کارخانه معمول‌ترین و با دوام‌ترین مصالح برای قالب‌های لوله می‌باشند، اما این قالب‌ها می‌توانند از مصالح مختلفی نظیر چوب، ورق‌های آهنی و پلاستیک باشند. بهرحال تنها اطلاعات بدست آمده در ارتباط با قالب‌های فولادی در بنگلادش می‌باشد. در حالیکه لوله‌های ساخته شده با این روش با اتصالات مختلف نظیر نر و ماده، کام و زبانه، با ته‌صاف امکان‌پذیر می‌باشد اما نتیجه‌گیری می‌شود که ساخت لوله‌های با انتهای صاف از همه آسان‌تر بوده است. قالب‌ها برای ساخت لوله‌هایی که نوع اتصال آن متناوب و یک در میان باشد پیچیده و پر هزینه می‌باشد.

روش دیگر ساخت لوله با دیافراگم‌های عمودی بوده که هسته آنها از چندین پروفیل طولی از جنس فولاد نرم تشکیل شده و بمنظور سهولت در برداشتن آنها این پروفیل‌ها بداخل لوله قابل فروریزش می‌باشد [۳۵]. روغن سوخته برای آغشتن سطح قالب به منظور جلوگیری از چسبیدن بتن به آن استفاده شده و در حالیکه بتن با دست به داخل قالب ریخته می‌شود با استفاده از میله‌هایی که در داخل فضای قالب در حرکت می‌باشند متراکم می‌گردد.

در تشریح فعالیت‌های اولیه طرح توسعه کشاورزی بنگلادش *TADP* [۳۸] در ساخت لوله، گزارش شده است که تنها استفاده از تزریق بر روی کل سطح لوله‌های عمودی ساخته شده می‌تواند نسبت به آب‌بندی کافی لوله اطمینان ایجاد نمود. با مشخص شدن مشکلات در مصالحی که سیستم را می‌سازند تصمیم اولیه، برای تبدیل اتصالات نر و ماده به کام و زبانه گرفته شد.

بنظر می‌رسد که دستیابی به تراکم کافی عمده‌ترین مشکل در ارتباط با ساخت لوله‌های عمودی با دست می‌باشد و تناسب زیاد لوله‌های ساخته شده اجتناب از وجود فضاهای خالی را امکان‌پذیر نمی‌سازد و بنابراین آب بند نخواهند بود [۸۹]. در بحث‌های انجام شده با مهندسین طرح توسعه کشاورزی بنگلادش پایین آوردن

نسبت آب به سیمان بمنظور کمک به تراکم دلیل اصلی لوله‌های بتنی ضعیف و متخلخل اعلام شده است. تجربه بدست آمده با این روش در مرحله آزمایشی طرح منجر به این شد که در طرح توسعه مناطق روستایی تانگیل[1] در بنگلادش قالب‌های عمودی در رقابت با لوله‌های چرخشی گریز از مرکز از رده خارج شوند /۳۵/.

۱ـ۳ـ لوله‌های چرخشی ماشینی

ساخت لوله‌های بتنی با ماشین چرخنده یک روش توسعه یافته خوب بویژه برای ساخت لوله‌های بتنی غیر مسلح در منطقه آسیا می‌باشد. اغلب لوله‌های فشار ضعیف با قطرهای بزرگ و لوله‌های فشار قوی در همه اندازه‌ها با استفاده از این روش ساخته می‌شوند. در بعضی از کشورها مانند هند و بنگلادش، برای ساخت لوله‌های بتنی غیر مسلح با قطرهای کوچک‌تر در این روش اصلاحاتی انجام شده است. اگرچه این فرآیند نسبتاً کند می‌باشد، ولی با استفاده از این روش لوله با کام و زبانه و کام و انگشتانه نیز می‌توان تولید نمود /۳۸/.

مشابه روش‌های دیگر لوله چرخشی، قالب سخت شده خارجی با نصب بین دو محور که یکی از آنها با تسمه‌ای که به موتور کوچک ثابت وصل است، می‌چرخد. در حالیکه قالب باسرعت ۲۰۰ تا ۳۰۰ دور در دقیقه می‌چرخد بتن دست ساز با بیلچه از هر کدام از دو انتها به داخل قالب در حال چرخش ریخته می‌شود. نیروی گریز از مرکز بوجود آمده نگهداری و پخش بتن با اسلامپ پایین را در داخل قالب تضمین می‌نماید. همچنین یک ورق فولادی طویل برای دستیابی به ضخامت یکسان و سطح صاف بکار گرفته می‌شود.

با توجه کافی به کیفیت مصالح و ساخت می‌توان لوله‌های با کیفیت خوب تولید نمود /۷۲/. برای اجتناب از تغییراتی که در بتن دست ساز می‌تواند رخ دهد استفاده از بتن ساز مفید خواهد بود. در بعضی از مواقع به علت ضعف‌هایی را که اپراتورهای کارخانه از قبیل کاهش مقدار سیمان، استفاده از شن و ماسه با دانه‌بندی ضعیف، و افزایش سرعت تولید، ایجاد می‌نمایند، لوله‌های با کیفیت پایین تولید می‌شود.

در بنگلادش، هند، و پاکستان کارگاه‌های خصوصی کوچکی موجود می‌باشند که تجهیزات چرخش لوله در آن با موتور کار کرده و در آن لوله‌های بتنی غیر مسلح تولید می‌شوند. تلاش زیادی برای کوچک و ساده کردن تجهیزات مورد نیاز برای ساخت لوله‌ها بوسیله این روش انجام شده است، بنابراین کیفیت لوله کاملاً بستگی به کنترل دقیق فرآیند ساخت و مصالح مصرفی دارد.

در بنگلادش برای ارایه توصیه‌های کلی در ساخت لوله‌ها و بخصوص ساخت لوله با ماشین‌های چرخشی کارهای قابل ملاحظه‌ای صورت پذیرفته است. نتایج این کارها در مأخذ /۷۲/ تشریح شده است. بدلیل آنکه توصیه‌های ارائه شده در مورد ساخت با شن و ماسه حاوی تراشه‌های آجر بوده است، باید برای کاربرد در شرایط دیگر دقت نمود.

لوله‌های چرخشی با دست

به منظور افزایش سطح اشتغال در سطح روستا، در بنگلادش این امر منجر به توسعه تجهیزاتی که با دست می‌چرخند شده است /۳۵ و ۴۹/. اگر چه تجهیزاتی که با دست می‌چرخند بازدهی کمتری (۲۰ لوله در هر

1- *Tangail Rural Development Project*

روز) نسبت به تجهیزات مشابهی که از موتور استفاده می‌کنند دارند (۴۰ تا ۵۰ لوله در هر روز بسته به تعداد قالب موجود) اما بدلیل آنکه سرمایه‌گذاری اولیه کمتری نیاز داشته و تجهیزات آن نسبت به کارخانه‌های لوله‌سازی چرخشی مکانیزه قابل حمل‌تر می‌باشد به آن توجه ویژه‌ای شده است.

طرح توسعه مناطق روستایی تانگیل از این روش بمدت بیش از ۵ سال برای ساخت لوله‌های با انتهای صاف و با کیفیت قابل‌قبول برای لوله‌های فشار ضعیف در سیستم‌های توزیع لوله‌ای مدفون در بنگلادش با موفقیت استفاده کرده است. در جنوب آسیا بخش خصوصی که لوله‌های بتنی مسلح و غیر مسلح تولید می‌کنند اغلب دارای کیفیت پایین می‌باشند [۷۴]. برای بهبود باید اختلاط مصالح با دقت انجام شده و بتن خوب عمل آورده شود. با حذف آرماتور و توانمند کردن کاربران سیستم آبیاری برای ساخت لوله‌های خود، کاهش هزینه‌ها امکان‌پذیر خواهد بود.

لوله‌های درجا [1]

انجمن بتن آمریکا [۲] لوله‌های درجا را بدین صورت تعریف می‌کند: مجرای زیرزمینی بتنی غیرمسلح پیوسته که هیچگونه درزی مگر بخاطر الزامات و نیازهای ساخت نداشته باشد. استفاده از لوله‌های درجا روشی است که بیش از ۲۵ سال از آن استفاده شده است. در کالیفرنیا از این روش بیش از ۴۰ سال پیش در دره سن جواکوین [2] استفاده شده است [۲]. در ایالات متحده، روش‌های اولیه ساخت با دست با روش‌های مکانیزه جایگزین شده است.

ساخت لوله‌های درجا دارای فناوری نسبتاً پیچیده بوده و لوله بویژه نسبت به تنش‌های ناشی از تغییرات حرارت و رطوبت حساس است. اگرچه لوله‌ها با قطرهایی در محدوده گسترده‌ای از ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ میلیمتر ساخته شده است ولی اغلب لوله‌های ساخته شده با قطر بزرگتر از ۶۰۰ میلیمتر بوده و بیشتر برای خطوط انتقال استفاده شده است. حداقل قطر لوله در ایالات متحده طوری منظور شده است که اجازه عبور یک شخص را برای هرگونه تعمیر مورد نیاز در طول خط لوله فراهم نماید (دانشگاه کالیفرنیا ۱۹۷۷).

اخیراً محققین چینی روشی کم هزینه برای ساخت لوله‌های درجا با دست و با استفاده از ماشین‌های کوچک ارائه داده‌اند. اگرچه هزینه‌های گزارش شده توسط چینی‌ها پایین می‌باشد، اما اطلاعاتی در ارتباط با عملکرد آنها در دسترس نیست [۲۶]. باید در نظر گرفت که لوله‌های بتنی درجا نسبت به لوله صلب بتنی پیش ساخته بدلیل حساس بودن روش‌های ساخت و شرایط خاک و مشکلات در ایجاد درزها و اتصالات آب‌بند غیرقابل اعتمادتر می‌باشند.

نکات طراحی

استانداردهای آمریکایی (*ACI* ۱۹۹۰) بیان می‌کنند که لوله‌های درجا برای حداکثر فشار آب ۴/۶ متر که شامل اثرات موج‌های فشاری و ضربه قوچ نیز می‌شود قابل استفاده است. کیفیت باید طوری باشد که لوله دارای حداقل مقاومت فشار ۲۰/۷ مگاپاسکال باشد. معمولاً لوله‌های درجا برای خطوط انتقال لوله‌ای، در سیستم‌های لوله‌ای بسته با فشار کم، یا ایستگاه‌های لوله‌ای روباز ساخته شده در هر سازه کنترل آب یا

1- Cast-in-place pipe *2- San Joaquin Valley*

شیرهای قطع و وصل استفاده می‌شوند. فرض شده که لوله‌ها با حداقل پوشش ۶۰۰ میلیمتر قادر به تحمل بار سنگین ترافیک باشند، اگرچه باید توجه نمود که مقاومت آن از لوله‌های بتنی پیش ساخته مشابه کمتر می‌باشد. ساخت موفقیت‌آمیز لوله‌های بتنی درجا با اقطار ۱۵۰ تا ۳۵۰ میلیمتر با استفاده از طوقه‌های پلاستیکی تحت فشار توسط محققین چینی (*DST*، ۱۹۹۰) تشریح شده است. اطلاعات محدود حاصل از آزمایش‌ها بر روی لوله‌ها نشان می‌دهد که فشار ۱ تا $۲Kg/cm^2$ قابل تحمل می‌باشد.

حداکثر فشار در سیستم‌های لوله‌ای کمفشار باز، در کشور چین غالباً کمتر از ۵ متر می‌باشد. کاملاً واضح است که اگر حتی لوله‌های درجا با موفقیت نصب گردند، فقط برای مواقعی که فشار خیلی کم باشد قابل استفاده خواهند بود. یکی از مسائلی که در ارتباط با استفاده از لوله‌های بتنی مطرح می‌باشد عمر لوله است، که نسبت به حرکت خاک و کیفیت اولیه ساخت حساس می‌باشد. در لوله‌های با اندازه کوچک که در سیستم‌های لوله زیرزمینی استفاده می‌گردد اصلاح و مرمت ترک‌ها و نشتی‌هایی که در آن ایجاد می‌گردد غیر ممکن است. این امر در لوله‌های با قطر بزرگ با استفاده از اندود داخلی قابل انجام می‌باشد.

مشخصات و توصیه‌های که در ارتباط با ساخت لوله‌های درجا در ایالات متحده استفاده می‌شوند تحت پوشش استانداردهای انجمن بتن آمریکا [۲] قرار دارند.

۲- پی‌وی‌سی سخت

تقریباً کلیه لوله‌های پلاستیکی بکار رفته در سیستم‌های کم‌فشار در حال حاضر بصورت غیر پلاستیکی یا پی‌وی‌سی سخت در آمده است. علیرغم آنکه بدلیل افزایش شدید هزینه ساخت و حمل قطر بزرگتر از ۲۵۰ میلیمتر، اقطار بزرگتر بندرت در آبیاری استفاده می‌شوند، این نوع لوله‌ها در اندازه‌های متنوعی تولید می‌گردند. درزها از نوع نر و ماده با چسب‌های حلال[۱] می‌باشند، اگرچه در بعضی موارد از اتصالات حلقه‌ای لاستیکی [۲] (اتصالات Z) نیز استفاده شده است. پی‌وی‌سی سخت مزیت‌های زیادی نسبت به بتن و آزبست سیمان دارد از جمله این مزیت‌ها عبارت است از:

- کار با آن آسان بوده و وزن کمتری دارد.
- بدلیل داشتن سطح صاف، افت کمتری ایجاد می‌نماید.
- درزهای کمتری داشته و اتصال درزهای آن آسانتر می‌باشد.

عیب اصلی لوله‌های پی‌وی‌سی سخت هزینه آن می‌باشد. در اندونزی [۹۱]، هند [۲۴]، و تایلند [۴۵] طرح‌هایی وجود دارند که در آن از لوله‌های پی‌وی‌سی سخت استفاده شده است. فشار کاری مجاز لوله‌های نصب شده بین ۲۵ تا ۴۰ متر (۲ تا ۴ بار) که برای نیازهای فشار هیدرواستاتیکی اضافی سیستم خوب می‌باشد. لوله‌های با ضخامت دیواره بیشتر و یا فشار کاری بالاتر بیش از آنکه برای مقاومت هیدروستاتیکی بیشتر باشد به لحاظ سختی و مقاومت آن در برابر خرابی در هنگام کار با آن و نصب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سازندگان لوله‌های پی‌وی‌سی در سال‌های اخیر لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با ضخامت دیواره کمتر و مشخصات ابعادی یکسان (بطور مثال: سختی) با لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با ضخامت بیشتر ساخته‌اند. برای

1- Solvent cement glue *2- Rubber ring*

کاهش مصالح پی‌وی‌سی خام مصرفی در هر متر طول این تولیدات از دیواره خارجی موجدار [1] یا از دیواره‌های توخالی با چگالی کمتر استفاده می‌کنند. اگرچه در مجموع این نوع لوله‌ها هزینه کمتری نسبت به لوله‌های با همان قطر را دارند ولی باید توجه نمود که قسمتی از هزینه صرفه‌جویی در مصرف مصالح صرف هزینه‌های ساخت اضافی می‌گردد (جدول پ ۱-۱).

این نوع لوله‌های پی‌وی‌سی سخت را می‌توان در سه دسته بشرح زیر جای داد:

- سطح صاف داخلی و دیواره موج‌دار خارجی
- لوله‌های با سطح صاف داخلی و موج‌های پیچشی حلزونی
- لوله‌های با سطح صاف داخلی و خارجی با خلل و فرج در دیواره

این دسته‌ها در ذیل تشریح شده‌اند. مشخصات لوله‌های پی‌وی‌سی سخت در چندین استاندارد ارائه شده است:

- *ASAE S376.1*: طرح، نصب و عملکرد لوله‌های آبیاری زیرزمینی ترموپلاستیک. ژوئن ۱۹۸۸، تصویب شده اداره استانداردهای ملی آمریکا.
- استانداردهای بریتانیایی *312:1972* آیین‌نامه کار با لوله‌های پلاستیکی، قسمت اول: اصول کلی و انتخاب مصالح. قسمت دوم: کار با لوله‌های پی‌وی‌سی سخت برای انتقال مایعات تحت فشار.
- *ASTM F1176* طرح و نصب لوله‌های ترموپلاستیک با قطر بزرگ برای سیستم‌های آبیاری (حداکثر فشار *63psi*). نوامبر ۱۹۹۰.

لوله‌های پی‌وی‌سی سخت سبک وزن

سطح صاف داخلی و دیواره موج‌دار خارجی

کارخانه‌های پلاستیک‌سازی در بعضی از کشورها لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با ضخامت دیواره نازک ساخته‌اند که در داخل دارای سطح صاف بوده و سطح خارجی آن موج‌دار می‌باشد. این لوله‌ها دارای کاربردهایی نظیر پوشش مجدد مجاری فاضلاب، زهکش‌های رواناب ناشی از سیلاب، کالورت‌های جاده و خطوط لوله انتقال آب سیستم آبیاری می‌باشند. اختلاف‌های موجود بین لوله‌های موجود در بازار، مربوط به کاهش وزن مصالح پی‌وی‌سی سخت در واحد طول و روش‌ها و هزینه‌های تولید نسبت به لوله‌های پی‌وی‌سی سخت معادل می‌باشد *[۵۶]*.

هرگونه برآورد برای انتخاب تولید مناسب برای سیستم‌های لوله‌ای فشار ضعیف نیاز به منظور نمودن جزئیات محل سیستم لوله‌ای پیشنهادی و مشخصات مصالح هر لوله دارد. در هر صورت از خلاصه کاهش وزن که در جدول (پ ۱-۱) ارائه شده است می‌توان به تخمین اولیه میزان صرفه‌جویی در هزینه دست یافت. باید به یاد داشت که اگرچه در اغلب موارد بیشترین هزینه مربوط به هزینه مصالح خام مصرفی می‌باشد ولی این هزینه فقط یک قسمت از کل هزینه‌ها می‌باشد. مقایسه کاملتر فقط در صورتی انجام خواهد گرفت که هزینه‌های ساخت، حمل و نقل، و نصب نیز در محاسبات منظور گردد.

تعدادی از انواع مختلف لوله‌های پی‌وی‌سی سخت در حال حاضر در دسترس می‌باشند و با علامت تجاری

1- corrugated

لیست شده‌اند که بشرح زیر می‌باشد:

- *Ribstruct*
- *Dynamit nobel*
- *DSA*
- *Ultra-rib*
- لوله‌های دو جداره (توسط دروس باخ *Drossbach*)
- *Sonrib*
- *Bauku*
- *Permaloc*

اگرچه در حال حاضر این نوع از مصالح لوله‌ها بطور گسترده‌ای برای زهکشی، فاضلاب و هر نوع خطوط انتقال استفاده می‌گردد ولیکن تولید، آزمایش و استفاده از این نوع لوله‌ها در سیستم آبیاری فشار ضعیف به چین نسبت داده می‌شود [۲۶].

سطح صاف داخلی و موج‌های پیچشی حلزونی

این دسته از لوله‌های پی‌وی‌سی سخت بوسیله خارج کردن با فشار به صورت پروفیل‌های استاندارد ساخته می‌شود. پروفیل‌ها وقتی به ساختگاه منقل شدند، با استفاده از تجهیزات قابل حمل و نقل پیچانده شده تا لوله‌های کامل در قطرهای متنوع تولید گردند. بمنظور بهم متصل کردن پروفیل‌ها به شکل نهایی، سیستم بستن شکاف بوسیله چفت شدن فشاری و چسب‌های شیمیایی انجام می‌شود.

اگرچه چندین کمپانی بر روی این نوع لوله‌ها کار می‌کنند، ولی اطلاعات فقط از یکی از آنها در ارتباط با استفاده موفق از این نوع محصولات در سیستم‌های توزیع لوله‌ای فشار ضعیف برای آبیاری سطحی در اسپانیا، استرالیا، و هند بدست آمده است [۵۲ و ۹۲].

لوله‌های پی‌وی‌سی خلل و فرج‌دار با سطوح صاف داخلی و خارجی

نوع سوم لوله‌های پی‌وی‌سی از جنس سخت و کم وزن بوده که جدار داخلی و خارجی آنها صاف می‌باشد. کاهش وزن با استفاده از اضافه کردن خلل و فرج در داخل دیواره لوله، در طول و یا هم مرکز، و یا با تولید پی‌وی‌سی سخت با چگالی کمتر به صورت فوم برای دیواره بدست می‌آید. چندین نوع محصول مختلف در حال حاضر در دسترس می‌باشند که آنها با نام‌های زیر شناخته می‌شوند:

- *Bipeau* (در بازار لوله‌های فاضلاب فرانسه مهم می‌باشد)
- *Wavihol*
- *Petzetakis*

هیچگونه اطلاعاتی در رابطه با استفاده از مصالح لوله برای توزیع آب فشار ضعیف بدست نیامده است.

لوله‌های با سطح داخلی موج‌دار

آخرین دسته از لوله‌های پی‌وی‌سی سخت سبک وزن‌تر، لوله‌های با جدار داخلی و خارجی موج‌دار می‌باشند. از سال‌های گذشته برای زهکشی زمین از این نوع لوله‌ها با ایجاد شیارهایی منظم در قسمت‌های گود لوله برای

جذب آب داخل خاک استفاده می‌شده است. این نوع لوله‌ها نسبت به لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با سطح صاف خیلی سبک‌تر می‌باشند ولی ظرفیت جریان کمتری بدلیل سطح غیر مسطح داخلی نسبت به لوله با جدار صاف داخلی دارد. اگرچه استفاده از این نوع لوله‌ها به زهکشی آب‌های ناشی از سیلاب محدود شده است اما تعداد متنوعی از این لوله‌ها در حال حاضر تولید می‌شوند [۵۲].

در مواقعی که افت‌های اصطکاکی مهم نبوده و احتمال رسوب‌گذاری وجود نداشته باشد لوله‌های با جدار داخلی موج‌دار برای سیستم‌های لوله‌ای مدفون جدید گزینه بسیار مناسبی می‌باشند. لوله‌های تولیدی در حال حاضر عبارتند از:

- لوله‌های موج‌دار نوردیسک [۱]
- لوله‌های موج‌دار براندون و پرساینی [۲]

۳ـ آزبست سیمان

اگرچه لوله‌های آزبست سیمان بطور گسترده‌ای برای آبیاری فشار بالا، کاربردهای شهری و صنعتی استفاده شده است، ولی در سیستم‌های آبیاری کم فشار استفاده از آن محدود بوده است. لوله‌های با فشار کمتر (حداکثر فشار کاری ۱۲ متر) که برای کاربردهای زهکشی و فاضلاب ساخته می‌شوند در اندازه‌های بین ۱۰۰ تا ۷۵۰ میلیمتر می‌باشند.

اگرچه معمولاً لوله‌های آزبست سیمان در مقایسه با لوله‌های بتنی یا پی‌وی‌سی سخت خیلی گران‌تر می‌باشند، لوله‌های بتنی با کیفیت مناسب و لوله‌های پی‌وی‌سی سخت با قیمت قابل رقابت ممکن است همواره در دسترس نباشد. در حالیکه ادعا می‌شود که براساس تجربه‌های میدانی بدست آمده لوله‌های آزبست سیمان دارای عمر طولانی بوده و هزینه‌های نگهداری آن کم می‌باشد (دانشگاه کالیفرنیا ۱۹۷۷) ولی تعداد کمی سیستم‌های لوله‌ای مدفون ساخته شده با استفاده از لوله‌های آزبست سیمان شناخته شده‌اند.

جدول پ ۱ـ۱ـ مقایسه مصالح مصرفی در لوله‌های پی‌وی‌سی نسبت به لوله‌های پی‌وی‌سی سخت [۹۲]

صرفه‌جویی در وزن با استفاده از لوله‌های سبک وزن (دارای سختی دو ساله یکسان)

سطح داخلی صاف	وزن	صرفه‌جویی در وزن (٪)
PVC با جدار پر	۱۰۰	۰
Bipeau	۸۰	۲۰
Mavihol	۷۵	۲۵
(Mabo) Riblock	۶۵	۳۵
Ultra rib	۵۵	۴۵
لوله‌های دو جداره (دروس باخ *Drossbach*)	۴۵	۵۵
لوله‌های موجدار نوردیسک	۳۵	۶۵
لوله‌های موجدار براندون و پرساینی	۲۵	۷۵

توجه: مقایسه براساس قطر داخلی تقریباً یکسان می‌باشد.

1- *Nordisk*

2- *Brandon and Pressigny*

لوله‌های آزبست سیمان ساخته شده تجاری نسبت به لوله‌های بتنی چرخشی مشابه دارای سطح صاف‌تری می‌باشد بنابراین ضریب اصطکاک کمتری داشته و در نتیجه می‌توان قطرهای کمتری را استفاده نمود که این امر منجر به صرفه‌جویی در هزینه کلی خواهد شد [۴۷].

ملاحظات ساخت

هر قطعه از این نوع لوله‌ها دارای طول متغیر بین ۲ تا ۴ متر بوده و بطور معمول با استفاده از درزهای لاستیکی بهم متصل و آب‌بندی می‌شوند [۸۴ و ۳۲]. این نوع اتصال مستلزم داشتن یک طوقه یا غلاف از آزبست سیمان با لایی لاستیکی برای آب‌بندی هر لوله می‌باشد. اگرچه سازندگان بطور قاطع ادعا می‌کنند هیچگونه شواهدی مبنی بر اینکه کیفیت آب تحت تأثیر مصالح لوله باشد وجود نداشته و با احتیاطات معمولی که در هنگام کار کردن و نصب لوله‌های استاندارد و اتصالات انجام می‌پذیرد، هرگونه خطر سلامتی به حداقل می‌رسد، ولی بهرحال باید در استفاده از لوله‌های آزبست سیمان دقت نمود که خطرات مربوط به تهدید سلامتی به حداقل برسد. سازندگان لوله‌های آزبست سیمان از اره دستی و یا دیسک‌های برنده موتوری استفاده می‌نمایند و به منظور به حداقل رساندن گرد و غبار در هنگام برش لوله‌های آزبست سیمان آبپاشی مداوم صورت می‌گیرد [۳۲]. در هر صورت در صورتیکه غلظت گرد و غبار در هنگام نصب بالا باشد باید محیط مرطوب نگهداشته شده و از ماسک استفاده شود.

مشخصات خاصی برای استفاده از لوله‌های آزبست سیمان در آبیاری پیدا نشده است اما سیمای کلی استفاده از این نوع لوله‌ها باید براساس استانداردهای زیر برای لوله‌های زهکشی و فاضلاب فشار ضعیف باشد:

- *BS 3656*
- *IS 243*
- *ISO 881* (سیمان ضد سولفات)

پیوست ۲
مثال طراحی یک سیستم لوله بسته

کلیات

داده‌های این مثال طراحی از سیستم *IDADTWII [۷۶]* در بنگلادش بدست آمده است. این طرح بنام ناحیه‌ای که اولین بار در آن بکار رفته است یعنی «بهالوکا»، نامیده شده است. سیستم همانطوریکه طراحی شده، تشریح می‌گردد. اطلاعات مورد نیاز توسط کارکنان شرکت بین‌المللی مات مک‌دونالد (۱۹۹۰-۱۹۸۹) تهیه ولی در موارد لزوم تغییراتی در طراحی داده شده است.

سیستم شامل یک شبکه لوله‌ای بسته با تأمین آب از طریق پمپاژ از چاه است.

مراحل طراحی مطابق گام‌های تشریح شده در نشریه اصلی می‌باشد که بطور خلاصه در زیر بیان می‌شود:

- گام اول ـ تهیه شمای کلی سیستم
- گام دوم ـ تهیه جانمایی خطوط لوله
- گام سوم ـ انتخاب نهائی سیستم
- گام چهارم ـ طراحی هیدرولیکی خطوط لوله
- گام پنجم ـ انتخاب و طراحی بقیه سازه‌ها

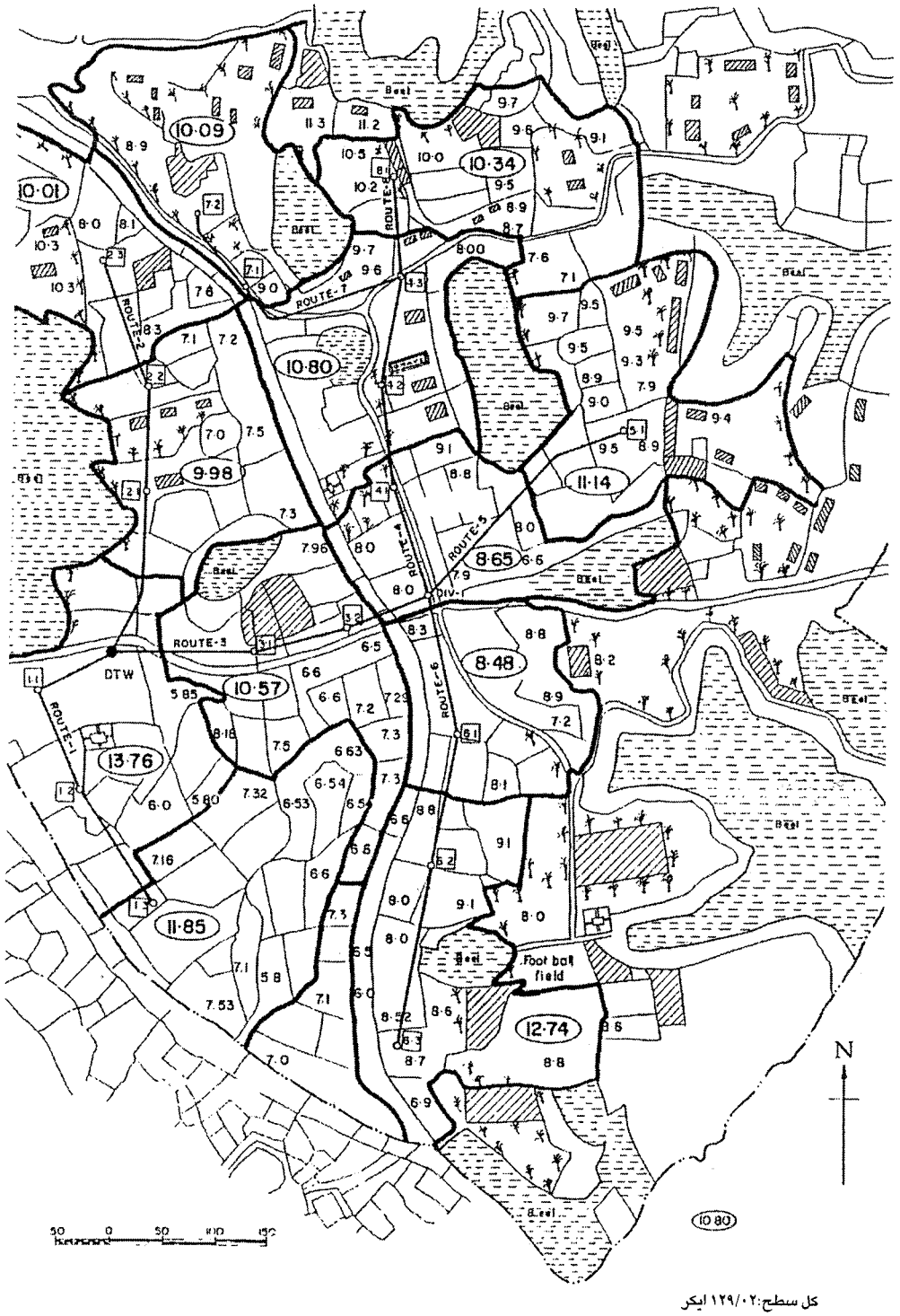
• گام اول: تهیه شمای کلی

اولین قدم برای بررسی پتانسیل اراضی قابل آبیاری، تهیه نقشه وضع موجود اراضی بوده است. از طریق بررسی میدانی و مشاوره با زارعین نقشه‌ای تهیه شد که در شکل ۲ـ۱ الف نشان داده شده و بعداً اطلاعات جانمایی به آن اضافه شده است. یک نقطه ارتفاعی در هر قطعه زراعی قابل آبیاری برای مقاصد طراحی مناسب و کافی تشخیص داده شد و این داده‌ها در حد تقریب یک دهم روی نقشه آورده شد. ارزیابی‌های اجتماعی و اقتصادی به طور همزمان انجام گرفت که از سویی برای شناخت اراضی دارای مشکل مورد استفاده قرار گرفت و از سویی دیگر تصمیم به اجرای سیستم توزیع را تأیید می‌نمود.

• گام دوم: تهیه نقشه جانمایی لوله‌ها

ـ اراضی آبخور

مدول دوره حداکثر نیاز آبیاری برمبنای فرض کشت برنج در فصل خشک زمستان بعنوان کشت اصلی در محدوده طرح تعیین شده است. با بررسی نیاز آبی برنج، بیشینه نیاز آبی ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار در ماه مارس، با در نظر گرفتن ۵ میلیمتر تلفات نفوذ عمقی در روز و ۱۱ میلیمتر بارندگی مؤثر ماهانه، بدست آمد.



شکل ۲-۱-الف- جانمایی سیستم شبکه توزیع لوله ای مدفون بهالوکا

منبع: ام ام پی (b ۱۹۸۹)

مدول آبیاری طرح بستگی به بازده توزیع و بیشینه دوره کارکرد روزانه پمپ دارد. جدول پ ۲-۱- محدوده مدول آبیاری کشت برنج را برای بازده‌های مختلف توزیع و بیشینه دوره کارکرد روزانه پمپ نشان می‌دهد.

جدول پ ۲-۱- مدول آبیاری برنج برای بهالوکا (لیتر در ثانیه در هکتار)

کارکرد پمپ	راندمان توزیع			
(ساعت)	٪۶۰	٪۶۵	٪۷۰	٪۷۵
۱۲	۳/۸۶	۳/۵۶	۳/۳	۳/۰۸
۱۴	۳/۳	۳/۰۵	۲/۸۳	۲/۶۴
۱۶	۲/۸۹	۲/۶۷	۲/۴۸	۲/۳۱
۱۸	۲/۵۷	۲/۳۷	۲/۲	۲/۰۵

براساس این جدول ملاحظه می‌شود که نیاز آبی برنج در فصل خشک زمستان خیلی زیاد است.
مدول آبیاری ۱/۴ لیتر در ثانیه در هکتار برای طرح انتخاب شده است. که در راندمان ۶۵ درصد و ۱۸ ساعت پمپاژ روزانه ۶۰ درصد سطح به کشت برنج اختصاص می‌یابد. در عمل با بهبود راندمان توزیع و انتخاب محصولات کم مصرف، سطح تحت آبیاری بیشتر از ۶۰ درصد خواهد شد.

با آبدهی چاه معادل ۵۶ لیتر در ثانیه و مدول آبیاری ۱/۴ لیتر در ثانیه در هکتار سطح تحت آبیاری به حدود ۴۰ هکتار می‌رسد. این میزان سطح می‌توان حد پائینی تصور نمود، زیرا آبیاری سطح تا ۵۰ هکتار با یک سیستم توزیع وابسته به یک چاه عمیق امکان‌پذیر است.

- مشخصات توپوگرافی

در شرایط بهالوکا، موقعیت چاه از قبل مشخص بود و نیاز به یک طرح در محدوده اراضی تحت پوشش انهار سطحی موجود، بود. امکان توسعه اراضی تحت پوشش در قسمت غربی چاه فراهم و مطلوب بود اما از نظر زارعین اراضی بلند آب قسمت حاشیه شرقی چاه اولویت داشت. براساس نقشه‌ها این قسمت کاملاً ناهموار و توسط اراضی پست سیل‌گیر جدا افتاده بود. به هرحال سیستم لوله‌ای در سطح گسترده‌ای نسبت به شرایط معمول صورت می‌گرفت و خیلی گران بود. برای کاهش هزینه‌ها، طراحی بدین صورت انجام شده که بجای هدایت کل جریان به سمت آبگیرهای دوردست، جریان در یک جعبه تقسیم واقع در ضلع شرقی اراضی به دو قسمت تقسیم شود.

- طول انهار مزرعه

در «بهالوکا» که دارای بیشترین سیستم چاه در آسیا می‌باشد، برای توزیع آب به قطعات زراعی کشاورزان منفرد از کانال‌های خاکی استفاده شده است. بسته به بافت خاک تلفات نشت حدود ۱۰-۵ لیتر در ثانیه در ۱۰۰متر می‌باشد و این در حالی است که جریانی معادل ۳۰-۲۰ لیتر در ثانیه در محل آبگیر قابل تحویل است. طول نهر قطعه زراعی نباید بیش از ۱۰۰ متر باشد اما در بهالوکا این مسئله برای آبگیرهای اراضی حاشیه‌ای پذیرفته شده است. شیب در مزرعه خیلی ملایم می‌باشد و طول کوتاه نهر به برقراری حداقل عمق جریان در نهر کمک می‌کند.

- **دبی آبگیر**

دست یافتن به بازده کاربرد بیشتر در آبیاری کرتی بستگی به سرعت پرشدن کرت دارد. داشتن بیشترین جریان قابل مدیریت و کنترل توسط زارع مطلوب می‌باشد معمولاً کنترل بیش از ۳۰ لیتر در ثانیه بدون تلفات قابل توجه و سرریزی در سیستم نهر خاکی برای زارعین مقدور نمی‌باشد. بنابراین برای بهره‌برداری بهینه، آب چاه با آبدهی ۶۰-۴۵ لیتر در ثانیه بایستی بین چند نهر قطعات زراعی تقسیم شود.

- **نحوه اجرا**

تلفات نشت از واحد طول نهر قطعه زراعی، بدلیل تراکم ضعیف خاک بدنه، نسبتاً زیاد است. نهر زراعی بجز موقعیت‌هائی که از زمین کشت نشده عبور می‌کند، معمولاً همه ساله قبل از فصل آبیاری بر روی بستر پیشین بازسازی می‌شود.

- **سطح زیرکشت آبگیر**

اندازه سطح زیرکشت آبگیر در بهالوکا عمدتاً با توجه به طول قابل‌قبول نهر زراعی تعیین شده است. که بیشترین مقدار آن حدود ۴ هکتار می‌باشد سطح تحت آبیاری یک آبگیر که زمین در اطراف آن بطور متعادل قرار گرفته باشد برای طول نهر ۱۰۰ متری، حدود ۳/۲ هکتار خواهد بود.

- **جانمایی خطوط لوله و طول آن‌ها**

همانطوریکه قبلاً ذکر شد جانمایی طرح بهالوکا عمدتاً با توجه موقعیت چاه عمیق موجود تعیین شده است. در تعیین موقعیت چاه مسایلی از قبیل نزدیکی به منزل مالک بزرگ اراضی در نظر گرفته شده است. جانمایی شاخه این سیستم لوله‌ها در بهالوکا با توجه به مجزا بودن قطعات زمین و استفاده از لوله بتنی انتخاب شده است. در محل مخزن ابتدایی در محل چاه سه شاخه لوله پیش‌بینی شده است. بنابراین بستن قسمت‌هایی از سیستم که استفاده نمی‌شود، امکان‌پذیر است که در نتیجه تلفات نشت از خط لوله کاهش می‌یابد.

- **گام سوم: انتخاب نهائی سیستم**

انتخاب اولیه سیستم کنترل و بهره‌برداری براساس یک مخزن با دریچه کنترل در پائین آن بود. با این طرح می‌توان کل جریان را به جعبه تقسیم هدایت کرده و در این محل آب را به دو مورد از شاخه‌های لوله‌های انشعابی تحویل نمود. بنابراین دبی پمپاژ شده بین دو آبگیر که هر یک روی یک شاخه لوله است تقسیم می‌گردد، این عمل در محل مخزن و یا در جعبه تقسیم انجام خواهد شد. توسط کنترل در کف هر دو سازه، تقسیم دقیق جریان به انتخاب شیرها و شاخه‌های لوله در دست بهره‌برداری بستگی خواهد داشت. بر روی آبگیرهایی که قادر به دریافت کل دبی پمپاژ شده هستند یک سازه توزیع و تقسیم آب در نظر گرفته می‌شود. مشکل این سیستم بهره‌برداری این است که تقسیم دقیق جریان با ترکیب خاصی از باز و بسته شدن شیرها صورت خواهد گرفت. بمنظور تأمین جریان انعطاف‌پذیر در شرایطی که جریان بطور مساوی به هر دو شاخه لوله تقسیم می‌شود بکارگیری تمهیدات کنترل سطح در مخزن و جعبه تقسیم ضروری خواهد بود.

- **گام چهارم: طراحی هیدرولیکی خط لوله**

در محدوده سیستم کنترل و بهره‌برداری تشریح شده، مسیر بحرانی برای طراحی هیدرولیکی احتمالاً جائی خواهد بود که دبی کل پمپ به مقسم تحویل شده و جریان بین مسیر ۴ و ۶ تقسیم می‌گردد. در وضعیتی که شیرهای انتهای هر خط لوله باز باشند، احتمالاً بیشترین افت اصطکاک حاصل خواهد شد. تشخیص آبگیرهای خاصی که بحرانی هستند به نتیجه محاسبه سطح آب طراحی شده آبگیرها بستگی خواهد داشت.

تراز هیدرولیکی قابل تأمین

تراز هیدرولیکی قابل تأمین توسط بیشینه ارتفاع عملی برج فشار کنترل می‌شود. در این طرح برای سازه برجک که از لوله بتنی غیر مسلح ساخته می‌شود، ارتفاع ۴ متر در نظر گرفته شده است.

طراحی سطح آب آبگیر:

تراز سطح آب آبگیر با مجموع مقادیر زیر برابر است:

- افت بار در آبگیر
- افت بار در سازه توزیع آب آبگیر
- افت بار در سیستم توزیع مزرعه تا قطعه زراعی بحرانی
- افت بار از سیستم توزیع تا قطعه زراعی بحرانی
- عمق آب در سطح قطعه زراعی
- تراز سطح زمین در قطعه زراعی بحرانی

- افت بار آبگیر

در «بهالوکا» افت آبگیر براساس بکارگیری شیر ۲۵۰ میلیمتری بر روی یک رایزر به قطر ۲۷۵ میلیمتر و در حالیکه جریان از ۵۶ لیتر در ثانیه بیشتر نباشد از ۰/۱ متر بیشتر نخواهد شد.

- افت بار در ساختمان توزیع

حداکثر افت بار در ساختمان توزیع، جائیکه «پوکا نوکاس» برای تقسیم جریان و یک سرریز برای اندازه‌گیری جریان استفاده می‌شود، ۰/۲ متر خواهد بود.

- حداکثر عمق آب

ماکزیموم عمق آب آبیاری در سطح قطعه زراعی ۰/۱ متر می‌باشد.

- افت بار در شبکه توزیع

افت بار در انهار خاکی شبکه توزیع، براساس طولانی‌ترین نهر قطعه زراعی تعیین می‌شود. شیب طراحی نهر مزرعه $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ است. افت بار از نهر به داخل قطعه زراعی قابل ملاحظه نبوده و می‌تواند صرفنظر گردد، در صورتیکه دیواره نهرهائی برای هدایت آب به کرت بریده شده باشد.

$$\text{افت بار} = \frac{\text{طول نهر } (m)}{۲۰۰۰}$$

بنابراین برای طول ۱۰۰متری نهر از قطعه زراعی، مقدار شیب ۰/۰۵ متر خواهد بود.
سطح آب آبگیر بصورت زیر تعیین می‌شود:

شیب نهر خاکی + ۰/۴متر + تراز سطح زمین بحرانی‌ترین قطعه زراعی

خلاصه طراحی سطح آب برای آبگیرها در بهالوکا در جدول پ ۲-۲ ارائه شده است.

- ضرایب افت‌های موضعی (جزئی)

افت اصطکاکی جزئی برای مسیر بحرانی شامل موارد زیر می‌باشد:

- تعداد سه راهی‌های مستقیم
- تعداد و زاویه زانوئی،
- افت شیر ورودی،
- افت سه راهی خروجی،

در عمل بیشترین افت بار، بوسیله شیر ورودی ایجاد می‌شود.
دو روش بهره‌برداری برای تعیین مسیر بحرانی شبکه لوله‌ای مورد بررسی قرارگرفته است. این دو روش شامل ترکیبی از آبگیرهای زیر هستند:

- آبگیرهای ۷/۱ و ۶/۳.
- آبگیرهای ۸/۱ و ۵/۱.

اتصالات مورد نیاز و ضرایب مربوطه هر یک از دریچه‌های فوق بشرح زیر هستند:

- ۷/۱ و ۶/۳
- ۸/۱ و ۵/۱

برای هر یک از قسمت‌های خط لوله واتصالات ضرایب بشرح زیر آمده است.

آبگیر ۷/۱ تا سازه تقسیم:

زانو ۴۵° ۲×	۲×۰/۱۵=۰/۳
زانو ۹۰° ۱×	۱×۰/۲=۰/۲
زانوهای ۲۲° ۳×	۳×۰/۱=۰/۳
سه راهی مستقیم ۳	۳×۰/۱=۰/۳
رایزر ۱	۱×۱/۵=۱/۵
شیر ورودی ۱	۱×۴/۵=۴/۵
	۷/۱= جمع

آبگیر ۶/۳ تا سازه تقسیم:

رایزر ۱	۱×۱/۵=۱/۵
شیر ورودی ۱	۱×۴/۵=۴/۵
T مستقیم ۲	۲×۰/۱=۰/۲

	۶/۲= جمع
آبگیر ۸/۱ تا سازه تقسیم:	
زانو °۲۲×۳	۳×۰/۱=۰/۳
سه‌راهی مستقیم ۳	۳×۰/۱=۰/۳
رایزر ۱	۱×۱/۵=۱/۵
شیر ورودی ۱	۱×۴/۵=۴/۵
	۶/۶= جمع
آبگیر ۵/۱ تا سازه تقسیم:	
زانو °۴۵×۱	۱×۰/۱۵=۰/۱۵
رایزر ۱	۱×۱/۵=۱/۵
شیر ورودی ۱	۱×۴/۵=۴/۵
	۶/۱۵= جمع
تقسیم تا چاه ـ لوله‌ای عمیق (منبع تأمین آب)	
خم‌های °۲۲×۲	۲×۰/۱=۰/۲
سه‌راهی مستقیم ۲	۲×۰/۱=۰/۲
شیر ورودی ۱	۱×۴/۵=۴/۵
خروجی تا تقسیم ۱	۱×۱=۱
	۵/۹= جمع

برای لوله بتنی به قطر ۲۸۰ میلیمتر و این ضرایب افت‌های جزئی، محاسبات هیدرولیکی در جدول پ ۲ـ۳ خلاصه شده است. افت اصطکاکی لوله براساس رابطه کلبروک وایت برای بلندی زبری (mm) ۰/۶ میلیمتر بدست آمده است.

براساس سطح آب محاسبه شده ملاحظه می‌گردد که برای مسیر بحرانی، سطح آب مورد نیاز به تراز سطح آب حداکثر مجاز برج فشار خیلی نزدیک است. ممکن است استفاده از لوله با قطر بیشتر برای بعضی از خطوط شبکه جهت کاهش ارتفاع نظیر سرعت و افت اصطکاکی مناسب‌تر باشد.

- **گام پنجم: انتخاب و طراحی سازه‌های وابسته**

کنترل ضربه قوچ ناشی از بستن سریع دریچه

۱ـ محاسبه حداکثر افزایش مجاز فشار موج

برای مورد لوله بتن غیرمسلح با درزگیری توسط ملات سیمان که تا فشار هیدرواستاتیک ۱۰ کیلوگرم بر مترمربع آزمایش شده است بیشینه فشار کارکرد مجاز بعلاوه فشار موج ۳۰ درصد فشار مورد آزمایش $(3m)$ خواهد شد.

اگر فشار کارکرد در آبگیر باز ۰/۵ متر باشد:

$$\text{حداکثر مجاز فشار موج} = 3 - 0/5 = 2/5m$$

۲ـ تخمین اولیه کمینه فاصله آبگیر از سطح آزاد آب:

کمترین فاصله ۲۰۰متر پیشنهاد شده است.

۳ـ محاسبه فشار حداکثر در بستن لحظه‌ای شیر

حداکثر فشار بصورت زیر تعیین می‌شود:

$$\frac{V_0 \times U}{g}$$

$V_0 = ۰/۹۴ m/s$ و $U = ۱۱۰۰ m/s$

فشار حداکثر عبارت خواهد بود از:

فشار حداکثر در بستن لحظه‌ای شیر $= \frac{۰/۹۴ \times ۱۱۰۰}{۹/۸۱} = ۱۰۵m$

مدت بستن لحظه‌ای شیر:

$$۲\frac{L}{U} = \frac{۲ \times ۲۰۰}{۱۱۰۰} = ۰/۳۶sec$$

۴ـ محاسبه افزایش فشار برای بستن آهسته دریچه

برای مدت بستن T_1، ۲۰ ثانیه، متوسط تغییر سرعت چه مقدار است؟

متوسط تغییر سرعت $= ۰/۵T_c \times V_0/T_1 = \frac{۰/۵ \times ۰/۳۶ \times ۰/۹۴}{۲۰}$

$= ۰/۰۰۸ m/s$

حداکثر تغییر سرعت $= ۰/۰۰۸ \times ۳ = ۰/۰۲۵ m/s$

حداکثر افزایش بار هیدرولیکی $= \frac{۱۱۰۰ \times ۰/۰۲۵}{۹/۸۱} = ۲/۸m$

حداکثر بار هیدرولیکی از فشار مجاز برای لوله مورد استفاده تجاوز نموده است. فشار ضربه را بـه یکـی از راه‌های زیر می‌توان کاهش داد:

- کاهش فاصله تا سطح آزاد آب.
- کاهش سرعت بستن دریچه (عملی نیست).
- استفاده از لوله با جنس مصالح دارای فشار کارکرد مجاز بیشتر.

فرض می‌شود که تنها راه، کاهش فاصله آبگیر تا سطح آزاد آب می‌باشد. محاسبات بـرای فـاصله ۱۵۰ مـتر دوباره انجام و نتایج زیر بدست می‌آید:

- مدت زمان بستن لحظه‌ای برابر ۰/۲۷ ثانیه می‌باشد.
- متوسط تغییر در سرعت:

$$\frac{۰/۵ \times ۰/۲۷ \times ۰/۹۴}{۲۰} = ۰/۰۰۶۳ m/s$$

- حداکثر تغییر سرعت:

$$۳ \times ۰/۰۰۶۳ = ۰/۰۱۹ m/s$$

- حداکثر افزایش فشار:

$$\frac{۰/۰۱۹ \times ۱۱۰۰}{۹/۸۱} = ۲/۱۳M$$

که در محدوده مجاز افزایش فشار موج بوده و قابل‌قبول می‌باشد.

رایزرهای موج اضافی بنحوی مکان‌یابی می‌شوند که هیچیک از آنها بیش از ۱۵۰ متر نسبت به محل سطح آزاد آب یا در این حالت بخصوص از برجک آزاد و یا هواکش فاصله نداشته باشد. در جاهائیکه مجرای آزاد تخلیه

هوا امکان کاربرد نداشته باشد باید شیر تخلیه فشار که در فشار کاری مجاز حداکثر تنظیم شده، نصب گردد. در مثال بهالوکا، رایزرهای ضربه در انتهای شاخه‌های آبگیرهای ۵/۱، ۷/۱ و ۶/۳ مورد نیاز می‌باشد. رایزرهای اضافی بایستی بین آبگیرهای ۶/۱ و ۶/۲، ۱/۱ و ۱/۲ و نزدیک آبگیرهای ۲/۲ و ۴/۳ استقرار یابند.

جانمائی تهویه هوا

پس از تکمیل پروفیل طولی مسیرلوله، موقعیت‌های مورد نیاز برای نصب هواکش را می‌توان تعیین کرد. در خیلی از نقاط استفاده از رایزرهای موج بعنوان هواکش نیز کافی است. جاهائیکه اختصاصاً مجرای تخلیه هوا نیاز است می‌توان از مجاری تخلیه روباز هوا یا شیرتخلیه هوا استفاده نمود.

جدول پ ۲ـ۱ـ نیاز آبی طراحی برای بهالوکا (لیتر در ثانیه در هکتار)

	راندمان توزیع			
دوره پمپاژ ساعت	٪۶۰	٪۶۵	٪۷۰	٪۷۵
۱۲	۳/۸۶	۳/۵۶	۳/۳	۳/۰۸
۱۴	۳/۳	۳/۰۵	۲/۸۳	۲/۶۴
۱۶	۲/۸۹	۲/۶۷	۲/۴۸	۲/۳۱
۱۸	۲/۵۷	۲/۳۷	۲/۲	۲/۰۵

جدول پ ۲ـ۲ـ ترازهای آب آبگیر (خروجی) برای بهالوکا

آبگیر (خروجی) پمپ	بیشترین ارتفاع زمین (متر)	طول کانال مزرعه (متر)	تراز آب طراحی (متر)
۱/۱	۹/۲	۰	۹/۶
۱/۲	۸/۵۶	۴۰	۸/۹۸
۱/۳	۷/۸۸	۰	۸/۴
۲/۱	۸/۶۲	۰	۸/۹۲
۲/۲	۹/۴۸	۰	۹/۸۸
۲/۳	۱۰/۳	۵۰	۱۰/۷۲
۳/۱	۸/۹	۰	۹/۳
۳/۲	۷/۹۶	۱۰۰	۸/۴۱
۴/۱	۹/۱	۷۵	۹/۵۳
۴/۲	۹/۴۸	۰	۹/۸۸
۴/۳	۹/۷	۵۰	۱۰/۴
۵/۱	۹/۷	۱۵۰	۱۰/۱۸
۶/۱	۸/۹	۱۰۰	۹/۳۵
۶/۲	۹/۱	۷۵	۹/۵۳

جدول پ ۲ـ۳ـ محاسبات هیدرولیکی برای بهالوکا [۷۶]

آبگیر (خروجی)	خط لوله	طول (متر)	قطر (میلیمتر)	جریان (لیتر بر ثانیه)	سرعت (متر بر ثانیه)	ارتفاع نظیر سرعت (متر)	Kمجموع تمامی ضرایب افت (میلیمتر)	افت اتصالات (متر)	افت (متر/متر)	افت لوله (متر)	افت کل (متر)	ترازآب پایین‌دست (متر)	ترازآب بالادست (متر)
۷/۱+۶/۳	۷/۱ تاتقسیم	۷۲۰	۲۷۵	۳۰	۰/۵	۰/۰۱۳	۷/۱	۰/۰۹۲	۰/۰۰۱۲	۰/۸۶	۰/۹۵	۱۰/۷۰	۱۱/۶۵
	۶/۳ تاتقسیم	۴۳۰	۲۷۵	۳۰	۰/۵	۰/۰۱۳	۶/۲	۰/۰۸۱	۰/۰۰۱۲	۰/۵۲	۰/۶۰	۹/۲۶	۹/۸۴
	تقسیم‌تا چاه	۳۴۰	۲۷۵	۶۰	۱/۰۰	۰/۰۵	۵/۹	۰/۲۹۵	۰/۰۰۴۶	۱/۵۶	۱/۸۶	۱۱/۶۵	۱۳/۵۲
۸/۱+۵/۱	۸/۱ تاتقسیم	۴۴۰	۲۷۵	۳۰	۰/۵۰	۰/۰۱۳	۶/۶	۰/۰۸۶	۰/۰۱۲	۰/۵۳	۰/۶۱	۱۰/۹۳	۱۱/۵۴
	۵/۱ تاتقسیم	۳۴۰	۲۷۵	۳۰	۰/۵۰	۰/۰۱۳	۶/۱۵	۰/۰۸۶	۰/۰۱۲	۰/۴۱	۰/۴۶	۱۰/۱۸	۰/۵۹
	تقسیم‌تا چاه	۳۴۰	۲۷۵	۶۰	۱/۰۰	۰/۰۵	۵/۹	۰/۲۹۵	۰/۰۴۶	۱/۵۶	۱/۸۶	۱۱/۵۴	۱۳/۴

افت‌های اصطکاکی لوله براساس نمودارهای تحقیقات هیدرولیک از برآورد کلبروک وایت می‌باشد.

پیوست ۳

مثال طراحی یک شیر شناور برای سیستم لوله نیمه بسته

در این مثال ضمن راهنمایی، جزئیات طراحی شیر شناور و لوله ایستاده در سیستم‌های لوله‌ای نیمه بسته تشریح شده است. روش محاسبات براساس مأخذ [۶۵] بوده و لزوماً در طراحی، رعایت شرایط واقعی هیدورلیکی و اعمال بعضی از تقریب‌ها مورد توجه قرار گیرد.

اطلاعات ارائه شده در اینجا، طراحی قسمتی از یک مسیر مشخص لوله بوده که می‌بایستی قبل از طراحی کل مجموعه و اعمال شرایط خاص مسیرها انجام گیرد.
روش طراحی ارائه شده فقط برای قسمتی از لوله بین دو شیر شناور ایستاده، طراحی شیر شناور پائین دست و لوله ایستاده قابل استفاده می‌باشد. در شرایطی که قسمت‌های بین دو لوله ایستاده مشابه همدیگر می‌باشد، تجزیه و تحلیل را می‌توان عمومیت داد، اما در هر صورت می‌باید هر یک از قسمت‌های سیستم لوله‌ای نیمه بسته را بطور کامل طراحی نمود.

Sg= شیب زمین	$Sg=۰/۰۱$
Q_{des}= دبی طراحی	$Q_{des}= ۶۰\ (LS)$
لوله بتنی غیر مسلح مورد استفاده براساس فرمول کلبروک وایت	$Ks=۰/۶$
M= حداکثر فشار مطمئن برای لوله بتنی	$M= ۶(m)$
E= حداقل ارتفاع انرژی	$E= ۱/۵(m)$
D= حداقل پوشش روی لوله	$D= ۱(m)$

بنابراین فواصل لوله‌های ایستاده از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

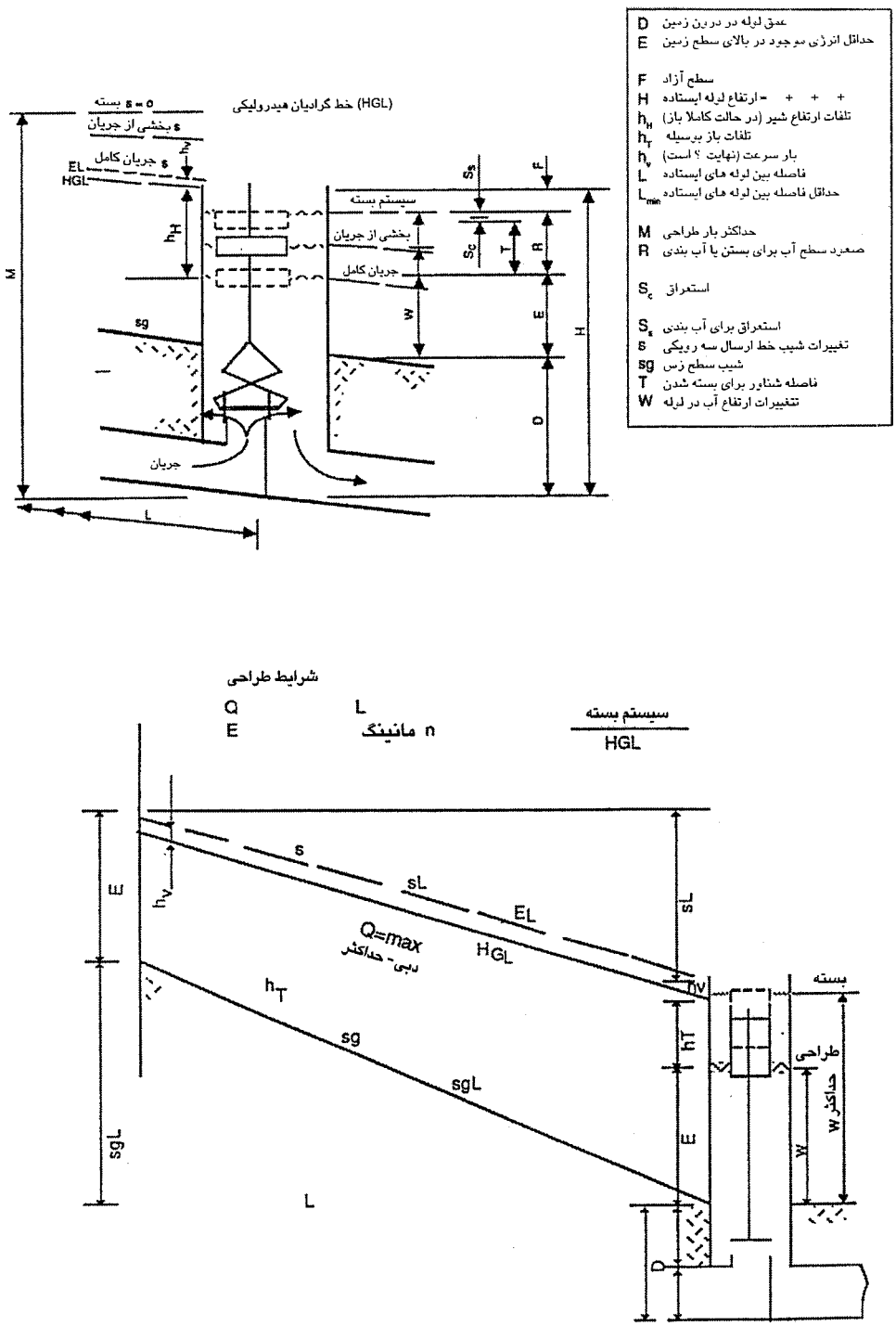
$$M= E+D+SgL$$

$$L= M-(E+D)/Sg$$

یا

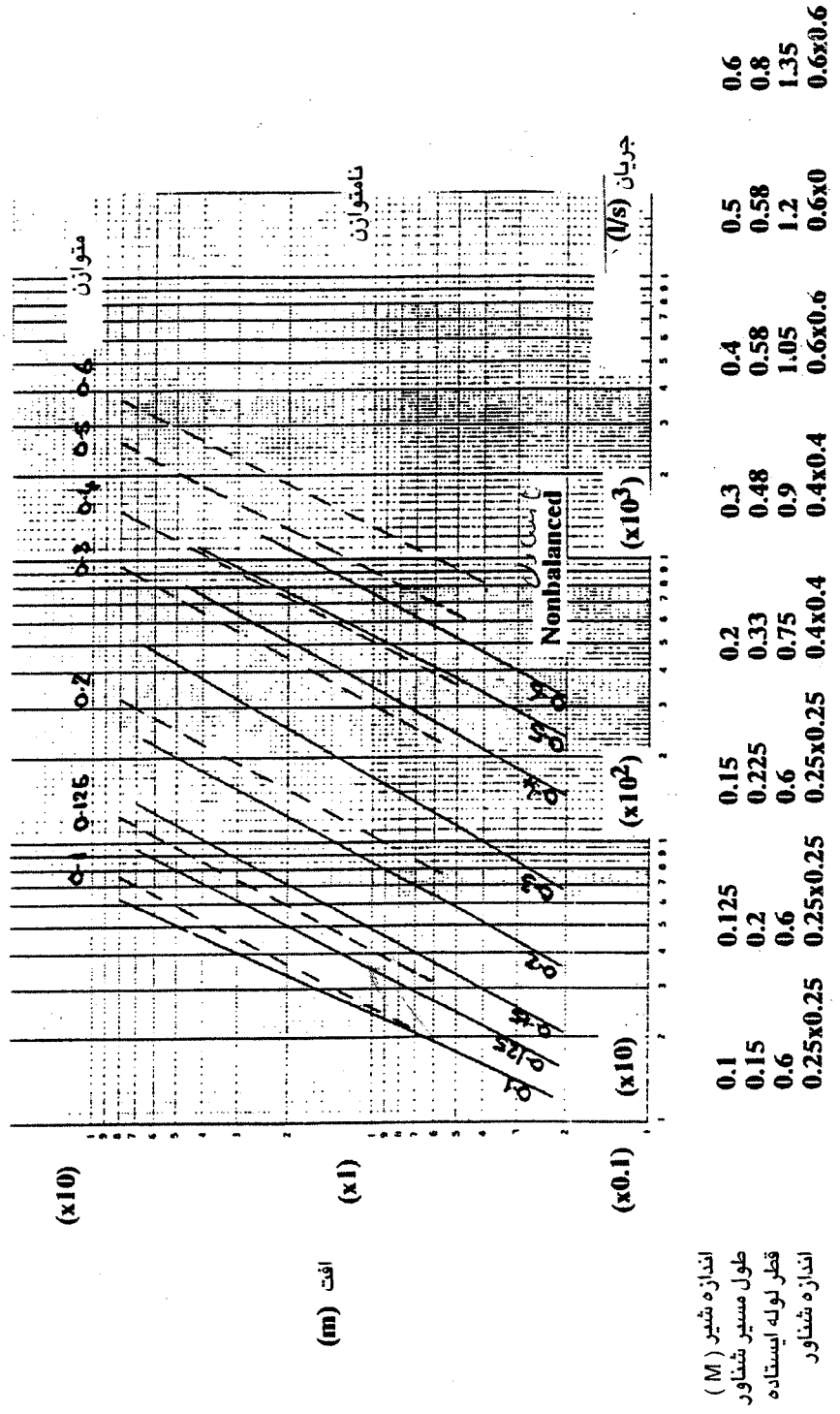
$$L= \frac{۶-(۲/۵)}{۰/۰۰۱}$$

$L=$ متر ۳۰۰



شکل ۳-۱-الف- برگه طراحی برای شیر شناور هاریس

مأخذ: هر بام (۱۹۸۷)



شکل پ ۳-۲- افت شیر شناور هریس دهانه گشاد

ماخذ: *Merriam(1987b)*

گام اول ـ انتخاب خط لوله

قطر صحیح لوله باید به نحوی باشد که میزان افت اصطکاک برای دبی طراحی از شیب زمین کمتر باشد. برای دبی طراحی ۶۰ لیتر در ثانیه، سرعت جریان باید کمتر از ۱/۵ متر در ثانیه باشد.
برای عبور جریان ۶۰لیتر در ثانیه گزینه‌های لوله زیر وجود دارد. این اطلاعات بطور مستقیم از جداول هیدرولیکی معادلات کلبروک قابل استخراج می‌باشد.

قطر لوله *(mm)*	افت اصطکاک *(m/m)*	سرعت *(m/s)*
۲۷۵	۰/۰۰۴۶	۱/۰۱
۲۵۰	۰/۰۰۷۸	۱/۲۲
۲۲۵	۰/۰۱۳۳	۱/۱۵

با توجه به جدول فوق لوله بتنی با قطر ۲۷۵ میلی‌متر که سرعت کمتری را ارائه نموده انتخاب شده است، زیرا برای ظرفیت‌های بیشتر قیمت لوله‌های بتنی کمتر می‌باشد.

گام دوم ـ محاسبه میزان فشار که باید در شیر شناور مستهلک گردد

طبق اصل بقاء انرژی در دو طرف شیر شناور معادلات زیر صادق می‌باشد (شکل الف ۳ـ۱)

$$SgL+E= SL+h_v+h_t+E$$

که در آن:

SgL= اختلاف ارتفاع

E= حداقل انرژی بالاتر از سطح زمین

SL= افت اصطکاکی در لوله

h_v= ارتفاع نظیر سرعت

h_t= افت بار مربوط به دهانه خروجی

بنابراین:

$$h_t=SgL-SL-h_v$$

$$h_t= ۳-۱/۳۸-۰/۰۵=۱/۵۷m$$

گام سوم ـ انتخاب شیر شناور با استفاده از اطلاعات کارخانه سازنده

با استفاده از اطلاعات سازندگان در شکل (الف ـ ۳ـ۲) شیر شناور باید قادر به عبور جریان طراحی با افت اصطکاک کمتر از h_t باشد.
با اختلاف بار کمتر از ۸ متر یک شیرشناور غیر موازنه شده مناسب می‌باشد. مناسبترین اندازه شیرشناور غیر موازنه‌ای ۲۰۰ میلیمتر (۰/۲ متر) می‌باشد که در حالت دبی طراحی میزان افت آن ۰/۵ متر می‌باشد.

گام چهارم ـ محاسبه شرایط حداکثر جریان برای حالت باز بودن کامل شیر

دراین شرایط کل فشار موجود در حین عبور از شیر مستهلک می‌گردد. حداکثر جریان از معادله زیر محاسبه می‌گردد.

$$Q= CA(2gh_t)^{0/5}$$

که در آن:

C=۰/۶: برای شیرهای غیر متوازن

C=۰/۹۵: برای شیرهای غیر متوازن

h_t= فشار مورد نیاز در شیر

Q×۱۰۰۰= لیتر در ثانیه

با استفاده از نمودار، حداکثر جریان برای h_t= ۱/۵۷(m) معادل ۱۰۵ لیتر در ثانیه می‌شود. با استفاده از رابطه فوق میزان حداکثر دبی عبوری تأیید می‌گردد.

با استفاده از معادله:

$$Q= 0/6\times 0/0314\times 1000(2\times 9/81\times 1/57)^{0/5}$$

Q= ۱۰۴l/S (تقریباً معادل ۱۰۵l/S)

گام پنجم ـ تعیین موقعیت شناور برای عبور دبی طراحی از شیر شناور

سطح مقطع شیر معادل قطر لوله بوده و فرض می‌شود، در حالت باز شدگی شیر به میزان $\frac{1}{4}$ قطر لوله، شیر بطور کامل باز می‌باشد. طول حرکت شناور از حالت کاملاً باز تا حالت بسته (T) توسط سازنده برای هر شیر تعریف می‌گردد. ترکیب شناور در شکل (الف ـ ۳ـ۲) ارائه شده است.

طول حرکت کامل شناور (T) برای شیر شناور غیر موازنه شده بقطر ۲۰۰ میلیمتر معال ۰/۳۳ متر است. تعیین موقعیت شناور برای انتقال دبی طراحی تابعی از نسبت $\frac{Q_{des}}{Q_{Max}}$ بوده و براساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

(Rc) نسبت بسته بودن شیر (T) طول حرکت کامل شناور = (T_1) طول حرکت طراحی شده شناور

$$R_c= 1-\frac{-Q_{des}}{Q_{Max}}$$

$$Rc= 1-\frac{60}{105}= 0/43$$

$$T1=T*Rc$$

$$T1= 0/43\times 0/33=0/14m$$

رقوم کف شناور در شرایط باز بودن کامل شیر معادل فشار طراحی (E) منهای طول مسیر محاسبه شده (T_1) منهای میزان غوطه‌وری ناشی از وزن شناور و اتصالات (S_v) می‌باشد.

رقوم کف شناور = E - (T_1) طول مسیر شناور در طراحی − استغراق (S_v)

S_v= میزان شناوری برای تحمل وزن شیر و شناور (با توجه به اندازه شیر معمولاً بین ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ متر

می‌باشد) میزان شناوری (S_q) هرچند که تابع شیرهای مختلف و ترکیبات آنها می‌باشد، اما معمولاً معادل ۰/۰۷ متر انتخاب می‌شود.

بنابراین می‌توان نوشت:

رقوم کف شناور = ۱/۵-۱/۴-۰/۰۷ = ۱/۲۹ متر

گام ششم ـ محاسبه میزان شناوری برای بسته شدن *(SC)*

به منظور محاسبه حداکثر سطح آب در شیر شناور، ضروری است که غوطه‌وری در شرایط بسته بودن و یا در حالت دبی ناچیز و یا قطع کامل محاسبه شود. فشار آب در دو طرف شیر شناور را می‌توان با روابط زیر برای شرایط بالا دست و پائین دست تشریح نمود.

فشار آب بالادست = $M = W+D+SgL$

فشار آب پائین دست = $D+W_{max}$

در دبی‌های کم و یا جریان صفر مقادیر D (عمق پوشش روی لوله) و W (ارتفاع آب در لوله عمودی) در لوله‌های ایستاده بالادست و پایین‌دست یکسان هستند. تفاوت فشار از داخل شیر را می‌توان با عبارت SgL (تغییر در ارتفاع) بیان نمود. این نیرو در برابر بسته شدن شیر شناور مقاومت نموده و باید بر نیروی معادل و مخالف با بالا آمدن سطح آب در شناور مقابله نماید.

نیروی بالا برنده در جهت مخالف بسته شدن شیر بر حسب Kg/m^3 معادل است با:

$$Kg/m^3 = A * SgL * ۱۰۰۰$$

در این حالت نیروی بالا برنده برابر است با $۰/۰۳۱۴\times۳\times۱۰۰۰=۹۴/۲Kg/m^3$

بعلت وجود بازوی اهرم، برای بلند نمودن شناور، فقط نیاز به تأمین نیرویی معادل $\frac{۱}{۶}$ نیروی بالابرنده در حالت بسته بودن، می‌باشد.

مقدار نیروی مورد نیاز بالادهنده شناور در حالت بسته: $\frac{A\times SgL\times ۱۰۰۰}{۶}$

برای این مثال حل شده مقدار نیروی بالادهنده شناور در حالت بسته: $\frac{۹۴/۲}{۶}=۱۵/۷Kg/m^3$

بالا رفتن شناور توسط شناور پلی استرین *(Poly styrene Float)* بحالت استغراق تأمین می‌گردد. هر مترمکعب شناور نیروی معادل ۸۵۰ کیلوگرم را فراهم می‌نماید. نیروی بالادهنده برای هر متر ارتفاع شناور بستگی به سطح مقطع شناور داشته و توسط روابط زیر تعریف می‌شود.

واحد بالادهنده شناور:

واحد بالادهنده شناور = سطح مقطع شناور × ارتفاع واحد (m) × واحد بالادهنده (واحد) $۸۵۰Kg/m^3$

بنابراین:

واحد بالادهنده شناور = $۰/۰۶۲۵\times۱\times۸۵۰=۵۳/۱۲Kg\ lift/m$

و

$$Sc = \frac{\text{مقدار نیروی بالادهنده در حالت بسته}}{\text{بالادهنده شناور}} = \frac{۱۵/۷}{۵۳/۱۲} = ۰/۳ \text{ متر}$$

با معلوم بودن میزان استغراق برای بسته شدن *(Sc)* سپس می‌توان مقدار W_{max} را با استفاده از قدم ۷ محاسبه نمود.

همچنین می‌توان ارتفاع مورد نیاز شناور را از اطلاعات در دسترس بدست آورد.

$$\text{ارتفاع شناور} = S_c + S_v + S_s$$

در این مثال نمونه، ارتفاع شناور با فرض سطح مقطع معادل ۰/۰۶۲۵ مترمربع بقرار زیر است:

۰/۳+۰/۰۷+۰/۰۷=۰/۴۴ متر

به منظور فراهم نمودن شرایط صحیح برای هر کدام از شناورها، شناورهای پلی استرین را می‌توان برحسب ابعاد و حجم مورد نیاز تهیه نمود.

گام هفتم ـ محاسبه حداکثر سطح آب در لوله ایستاده شناور

حداکثر سطح آب W_{max} در حالت بسته بودن شیر و آب‌بندی کامل فراهم می‌شود. این مقدار معادل حداقل سطح آب طراحی *(E)* به اضافه باقیمانده طول حرکت شیر از حالت طراحی تا حالت بسته شدن و یک مقدار اضافه برای استغراق شناور برای بسته شدن و آب‌بندی شیر در برابر تفاوت فشار می‌باشد. این موارد را می‌توان با روابط زیر نشان داد.

$$W_{max} = E + (T - T_1) + S_c + S_s$$

که در این فرمول:

T_1 = میزان بالا آمدن شناور برای دبی طراحی

S_c = میزان استغراق برای بسته شدن

S_s = میزان استغراق برای آب‌بندی و معمولاً در ۰/۰۷ متر قرار می‌گیرد.

بنابراین:

$$W_{max} = ۱/۵ + (۰/۳۳ - ۰/۱۴) + ۰/۳ + ۰/۰۷$$

W_{max}=۲/۰۶ متر

گام هشتم ـ ارتفاع لوله ایستاده و حداکثر فشار بالادست

ارتفاع لوله ایستاده معادل حداکثر سطح آب به اضافه ارتفاع آزاد (معمولاً ۰/۳ متر) و عمق نصب لوله می‌باشد. میزان ارتفاع آزاد را می‌توان با تغییر موقعیت نصب شناور و حداقل ارتفاع فشار E از زمانی که بالا آمدن شیر تقریباً ثابت می‌گردد، تنظیم نمود.

$$\text{ارتفاع لوله ایستاده} = W_{max} + F_b + D$$

ارتفاع لوله ایستاده = ۲/۰۶ + ۰/۳ + ۱ = ۳/۳۶ متر

حداکثر فشار بالادست بر روی لوله عبارتست از

$$W_{\max}+SgL+D$$

در آن:

D= عمق لوله در داخل زمین

در این مقطع از لوله حداکثر فشار بالا دست عبارتست از $۲/۰۶+۳+۱=۶/۰۶(m)$

حتی اگر فرض شود که فشار افزایش پیدا نماید، این مقادیر قابل‌قبول می‌باشد، سپس ارتفاع آزاد را می‌توان کاهش داده بطوریکه حداکثر فشار بالادست به کمتر از ۶ متر کاهش یابد.

بنابراین مشاهده می‌شود که یک سازه با ارتفاع حدود ۲ متر قادر به کنترل حداکثر فشار تا ۶ متر می‌باشد. بنابراین در این شرایط امکان استفاده از یک سازه لوله ایستاده روباز امکان‌پذیر نمی‌باشد. در هر صورت لوله‌های با قدرت تحمل فشار حداکثر مورد نیاز خواهد بود.

در شرایطی که فشار حداکثر از مقدار مطمئن فشار لوله تجاوز نماید، این فشار را می‌توان به روش‌های زیر کاهش داد:

- انتخاب فواصل نزدیک لوله‌های ایستاده به نحوی که ارتفاع کافی در حالت دبی طراحی برای تلفات اصطکاکی شیر را تأمین نماید.
- حداقل فشار مورد نیاز (E) را می‌توان با قرار دادن کف شناور در رقوم پائین‌تر تأمین نمود.

REFERENCES

[1] Adams, W.M. (1992) Wasting the rain. Rivers, people and planning in Africa. Earthscan Publications Ltd. London. UK.

[2] ACI. (1980) "Recommendations for Cast-in-Place Nonreinforced Pipe". Report from ACI Cimmittee 346. American Concrete Institute, ACI 346R-81.

[3] ASAE S261.7.(1989). "Design and Installation of Nonreinforced Concrete Irrigation Pipe Systems" American Society of Agricultural Engineers, American National Standards Institute. ANSI/ASAE S261.7. USA.

[4] ASAE S376.1 (1989) "Design, installation and performance of underground, thermoplas-tic irrigation pipelines". American Society of Agricultural Engineers, American National Standards Institute. ANSI/ASAE S376.1. USA.

[5] ASTM. "Specifications for concrete pipe for irrigation and drainage". C118. American Society of Testing Materials.

[6] Baudequin, D., Galand, A. and Renault, D. (1990) "Les reseaux basse-pression en irrigation de surface". (Low pressure pipe networks for surface irrigation) CEMAGREF/S.C.P./ENGREF. France

[7] Bealey, M. (1987) "Durability considerations: precast concrete pipe". Katherine and Bryant Mather International Conference on Concrete Durability. Michigan, USA.

[8] van Bentum, R.J. (1992) "Low pressure buried pipe distribution systems for surface irrigation". Unpublished MPhil thesis. Loughborough University of Technology. UK.

[9] van Bantum, R.J. and Smout, I.K. (1993.) "Photographs of Buried Pipelines for

Surface Irrigation". Water, Engineering and Development Centre, Loughborough University of Technology. UK.

[10] van Bentum, R.J. and Smout, I.K. (1990.) Interim report on desk study. "Research into buried pipe distribution systems for irrigation". Overseas Development Administration (UK) Project R4575: Water, Engineering and Development Centre, Loughborough, UK.

[11] van Bentum, R.J. and Smout, I.K. (1991.) "Supporting data collected during study tour and research project". Overseas Development Administration, UK, Project R4575. WEDC. Loughborough, UK.

[12] Booher, L.J. (1974.) Surface irrigation Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). FAO Agricultural Development Paper No. 95. FAO/University of California, Davis, USA.

[13] Bos, M.G. (1985.) "Summary of ICID definitions on irrigation efficiency". January 1985. ICID Bulletin Vol. 34 No.4.

[14] Bos, M.G. and Ngutren, J. (1990.) On irrigation efficiencies. International Institute for Land Reclamation and Improvement. 4th edition. The Netherlands.

[15] Campbell, D.E. (1984.) "Pipe distribution systems in groundwater development". Agricultural Administration Vol. 16, 209-227.

[16] Campbell, D.E. (1986.) "Design and operation of irrigation systems for smallholder agriculture in south Asia". FAO Investment Centre Technical Paper 3/2. Rome, Italy.

[17] Carruthers, I. and Clark, C. (1981.) The economics of irrigation. Liverpool University Press. UK.

[18] Chambers, R. (1988.) Managing canal irrigation, practical analysis from south Asia. Cambridge University Press. UK.

[19] Chambers R.E. and McGrath T.J. (1981.) "Structural design of buried plastic pipe". Paper 2, Session 1. Proceedings of the International Conference on Underground Plastic Pipe. March 30-April 1, 1981. American Society of Civil Engineers/Plastic Pipes Institute. New Orleans, USA.

[20] Chandler, J.C. (1987.) "Case studies, semi-closed pipeline systems. Orange Cove and Solano Irrigation District". Symposium on Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. ASCE Irrigation and Drainage Division Specialty Conference. Oregon, USA.

[21] Chengzhi, Z. (September 1988.) "Irrigation system with underground plastic hose and the experiments". Proceedings of International Conference on Irrigation System Evaluation and Water Management. Wuhan, China.

[22] Coles, E.D. (1991.) Comments on low pressure pipeline systems. Personal correspondance regarding consulting experience with low pressure buried pipelines. Unpublished.

[23] Coward, E.W. (editor). (1980.) Irrigation and agricultural development in Asia. Perspectives from the social sciences. Cornell University Press. Ithaca, USA.

[24] Cunningham, J.F. (1986.) "Groundwater development technology, an Indian case study The Second Uttar Pradesh Public Tube-wells Project". World Bank Irrigation/Drainage Seminar.

[25] Deacon, N.H.G. (1984.) "Seepage and durability of irrigation canal linings, A review of published data". Tech Note OD/TN5. Hydraulics Research, Wallingford, UK.

[26] DST. (1990.) Irrigation techniques with low pressure pipe distribution. Department of Scientific Technology and Education of Ministry of Water Resources. China.

[27] Doorenbos, J. et al. (1979.) "Yield response to water". Irrgation and Drainage

Paper No. 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

[28] Dupriez, H. and Deleener, p. (1992.) Ways of water; runoff, irrigation and drainage. Land and Life Series.

[29] EWUP. (1983.) Design report El-Hammami pipeline, Technical Report No. 21. Fort Collins staff Team. Egypt water Use and Management Project. Egypt.

[30] Eisenhauer, D.E. (1990.) Gated pipelines for improvement of surface irrigation efficiency. Siphon No. 5. PP. 10-14. Newsletter from the Centre for Irrigation Engineering, K.U. Leuven. The Netherlands.

[31] Elsevier. (1989.) Agricultural compendium for rural development in the tropics and sub-tropics. (Third edition.) Elsevier Scientific Publishing Company. The Netherlands.

[32] Everite Eternit Tac Pressure Pipe Ltd. Everite. (1986.) Manufacturer's literature.

[33] Field, W.P. (1990.) World irrigation. Irrigation and Drainage Systems. 4. pp. 91-107. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

[34] Galand, A. (1989.) "Automation of surface irrigation using the system trans-irrigation: experience and recent developments". (Colloque sur les menthodes d irrigation ameliorees.) Southern France.

[35] Georgi, F. (1989.) "Manual on buried pipe irrigation systems". Tangail Agricultural Development Project. BRDB/GTZ. Bangladesh.

[36] Gisselquist, D. (1986a.) "Low-cost concrete pipe irrigation system for shallow tube-wells, deep tube-wells and low-lift pumps". Draft paper. Bangladesh.

[37] Gisselquist, D. et al. 1986b. "Report on water management study tour to India". Tangail Agricultual Development Project. BRDB/GTZ. Bangladesh.

[38] Gisselquist, D. (1989.) "Demonstrating command area development". Tangail Agricultural Development Project. BRDB/GTZ. Bangladesh.

[39] Goldsmith, H. and Makin, I.W. (1989.) "Canal Lining: from the laboratory to the field and back again". Paper 4.3. Proceedings of the Interntional Conference "Irrigation: Theory and Practice". Southampton, UK.

[40] Goussard, J. (1987.) "Neyrtec automation equipment for irrigation canals. Symposium on Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems". ASCE Irrigation and Drainage Division Specialty Conference. Oregon, USA.

[41] GDC. (1987.) Study of groundwater development strategies for irrigation in the Terai (Nepal). Groundwater Development Consultants Int. Ltd. Vol. 4, Engineering and Volume 1, Main Report. Cambridge, UK.

[42] Gumbel, J.E., O'Reilly, M.P., Lake, L.M., and Carder, D.R. (1982.) "The development of a new design method for buried flexible pipes". Europipe 1982 Conference, Basel, Switzerland, Paper 8. pp. 87-98.

[43] Harris. (1990.) "Float valve literature and costs". Harris Float Valves Inc. Missoula, Montana, USA.

[44] HPPA. (1989.) "Ultra-Rib, design and installation guide". Technical Report. High Performance Pipe Association. Aylesford, UK.

[45] HHP/HTS. (1988.) Sukhothai Groundwater Development Project. Final report. Howard Humphreys and Partners in association with Hunting Technical Services. Royal Irrigation Department, Kingdom of Thailand.

[46] Hydraulics Research. (1990a.) Tables for the hydraulic design of pipes and sewers. Fifth edition. Wallingford, UK.

[47] Hydraulics Research. (1990b.) Charts for the hydraulic design of channel and

pipe. Sixth edition. Hydraulics Research Station, Wallingford, UK.

[48] Hydraulics Research. (1990c.) "Proposal for research into the performance of low pressure pipe irrigation systems in Egypt". Research Proposal OD/RP 74. Wallingford, UK.

[49] IDP WRC. (1990.) Experiences in design and Constructuin of two buried pipe schemes in Faridpur and Kurigram. IDP Water Resources Cell. Rural Employment Sector Programme. Bangladesh.

[50] Indian Standards 783. (1985.) "Standard for the construction and testing of non-pressure concrete buried pipelines using rigid and flexible joints". Indian Standards Association. New Delhi.

[51] IDTP. (1989.) Indo-Dutch Tube-well Project Monitoring and Appraisal Cell. Indo-Dutch Uttar Pradesh Tube-well Project. Draft inception report. Lucknow, Uttar Pradesh, India.

[52] Jain. (1989.) "Ribloc PVC pipes for low pressure irrigation". Short report. Jain Group of Industries. Jalgaon, Maharashtra, India.

[53] Jain. (1990.) "Technical specification of lightweight ribbed PVC pipe with smooth inside and helical "T" outside. Draft publication. Jain Group of Industries, India. Jalgaon, India.

[54] Jain Ribloc. (1991.) "Installation of Ribloc pipe, users manual and Ribloc design guidelines". Jain Plastics and Chemicals Pvt. Ltd. Ribloc Division. Jain Group of Industries. Jalgaon, India.

[55] James, L.G. (1988.) Principles of farm irrigation design. Washington State University. Wiley and Sons, USA.

[56] Jarvenkyla, J.J. (1988.) "Thin-walled thermoplastic pipes". Paper 30. International Conf. Plastics Pipes VII, 19-22 September 1988. University of Bath, UK.

[57] Keller, J. (1990.) "Modern irrigation in developing countries". Fourteenth Congress of the International Commission on Irrigation and Drainage. Special Session R. 9, Rio de Janeiro, Brazil.

[58] Kolavalli, S. and Shah, N. (1989.) "Management of public tube-wells in Uttar Pradesh". Draft rport. Centre for Management in Agriculture. India Institule of Management, Aurangabad, India.

[59] Koluvek, P.K. (1970.) Report to the government of India on design criteria, construction guide, and material standards for irrigation pipelines. USAID Mission to India.

[60] Kruse, E.G., A.S. Humphreys, and E.J. Pope. (1980.) "Farm water distribution systems". In: Jensen, M.E. (ed), Design and Operation of Farm Irrigation Systems. Monograph No. 3. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan.

[61] Labye, Y., Olson, M.A., Galand, A. and Tsiourtis, N. (1988.) "Design and optimization of irrigation distribution networks". FAO Irrigation and Drainage Paper 44. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.

[62] Manuellan G. (1988.) Developments in water conveyance and water control in France. Technological and Institutional Innovation in Irrigation". Proceedings of a Workshop held at the World Bank. World Bank Technical Paper No. 94. Part II. Washington, USA.

[63] Merriam, J.L. (1985.) "Demand irrigation schedule concrete pipeline pilot project". Final report. Mahaweli Development Board, Area H. Sri Lanka.

[64] Merriam, J.L. (1987a.) "Case study Open pipeline system. Coachella Valley Water District". Symposium on Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. ASCE Irrigation and Drainage Division Specialty Conference. Oregon, USA.

[65] Merriam, J.L. (1987b.) "Design of semi-closed pipeline systems". Symposium on

Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. ASCE Irrigation and Drainage Division Speciality Conference. Oregon, USA.

[66] Merriam, J.L. (1987c.) "Pipelines for flexible deliveries". Symposium on Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. ASCE Irrigation and Drainage Division Sepciality Conference. Oregon, USA.

[67] Merriam, J.L. (1987d.) "Reservoirs help on-farm operation and automation". Symposium on Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. ASCE Irrigation and Drainage Division Speciality Conference. Oregon, USA.

[68] Merriam, J.L. (1990.) "Gadigaltar tank irrigation pilot project". Irrigation Department, Khargone, Madhya Pradesh, India.

[69] Michael, A.M. (1978.) "Irrigation theory and practice". Vikas, New Delhi, India.

[70] Mock, J.F. and Bolton, P. (1991.) "Environmental effects of irrigation, drainage and flood control projects. Checklist for environmental impact indication". Hydraulics Research Report OD/TN 50. Hydraulics Research Overseas Development Unit.

[71] MMI. (1992.) Deep Tubewell II Project. Final Report. Main Report and Supplement 2.4/2 Bangladesh Agricultural Development Corporation, Bangladesh.

[72] MMI. (1990a.) S.I. Brod: Tour report, 16 December 1989-14 June 1990". IDA Deep Tube-well II Project. Mott MacDonald International Ltd. Bangladesh Agricultural Development Corporation. Bangladesh.

[73] MMI. (1990b.) S.J. Ray: Tour report and Annex, 9 January 1989-31 July 1990. IDA Deep Tube-well II Project. Mott MacDonald International Ltd. Bangladesh Agricultural Development Corporation. Bangladesh.

[74] MMP. (1989a.) "Buried pipe irrigation distribution systems implementation note". Draft Working Paper No. 34. IDA Deep Tube-well II Project. Sir M.

MacDonald and Partners Ltd. Bangladesh Agricultural Development Corporation. Bangladesh.

[75] MMP. (1989b.) "Groundwater irrigation manual. Assistance in the establishment of design criteria and manuals for irrigation projects in Nepal". Sir M. MacDonald and Partners Ltd. Cambridge, UK.

[76] MMP. (1989c.) "The case for buried pipe distribution systems". IDA Deep Tube-well II Project. Sir M. MacDonald and Partners Ltd. Bangladesh Agricultural Development Corporation. Bangladesh.

[77] MMP. (1989d.) S.A. Waters: "Tour Report, 23 January-27June 1989". IDA Deep Tube-well II Project. Sir M. MacDonald and Partners Ltd. Bangladesh Agricultural Development Corporation. Bangladesh.

[78] MMP. (1989e.) O.C.C. Taylor: "Tour Report, 23 January-27 June 1989". IDA Deep Tube-well II Project. Sir M. MacDonald and Partners Ltd. Bangladesh Agricultural Development Corporation. Bangladesh.

[79] Mridha, M.A.K. (1993.) "The performance of concrete buried pipe distribution systems for irrigation under farmer management in Tangail, Bangladesh". Unpublished M.Phil. thesis. Loughborough University of Technology. UK.

[80] Ostrom, E. (1992.) "Crafting institutions for self-governing irrigation systems". Institute for Contemporary Studies. San Francisco, USA.

[81] Pant, N. (1989.) "Water distribution and management in new design public tube-wells in eastern Uttar Pradesh". MAC Indo-Dutch Tube-well Project and Centre for Development Studies. Lucknow, India.

[82] Pillsbury, A.F. (nodate.) Concrete pipe for irrigation. University of California Publications. USA.

[83] Pimley, L. and Fischer, G. (1990.) "Design, installation and maintenance of

pipe systems". Session 8-1, Water Systems Operation and Maintenance Workshop. US Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Denver, Colorado, USA.

[84] Plusje, J. (1981.) "Short report of experimental underground low pressure pipe system for irrigation water distribution". Bogra District. Bangladesh.

[85] Plusquellec, H. et al. (1988.) "Technological and Institutional Innovation in Irrigation". Proceedings of a Workshop held at the World Bank. World Bank Technical Paper No. 94. Washington, USA.

[86] Prokashali Sangsad Consulting Engineers. (1987.) Design report prepared for Barind Integrated Agricultural Development Project. Dhaka, Bangladesh.

[87] Rashid, MH., Mridha, M.A.K., van Bentum, R.J. and Smout I.K. (1990a) "Research into buried pipe distribution systems for irrigation, interim fieldwork report: 1989-90 Irrigation Season". Overseas Development Administration, UK. Project R4575. Bangladesh Agricultural Research Institute/Water, Engineering and Development Centre. Loughborough, UK.

[88] Rashid, M.H., Hye, A.K.M. and Das, R.K. (1990b.) "Evaluation of traditional (farmermanaged) deep tube-well irrigation systems (1988-89 irrigation season). IDA-DTW II Project. Agricultural Engineering Division, BARI. Joydepur, Gazipur, Bangladesh.

[89] Rashid, M.H., Mridha, M.A.K., van Bentum, R.J. and Smout I.K. (1992.) Research into buried pipe distribution systems for irrigation, final report, 1989 to 1991: Studies on eight deep tube-wells in Tangail district, Bangladesh. Overseas Development Administration UK. Project R4575. Bangladesh Agricultural Research Institute/Water, Engineering and Development Centre. Loughborough, UK.

[90] Renault, D. (1988). Modernization of furrow irrigation in the south-east of France, automation at field level and its implications. Irrigation and Drainage Systems 2:229-240. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.

[91] Republic of Indonesia. (1990.) "Groundwater development project in east Java. The utilization of buried pipeline for irrigation distribution system". Directorate of Irrigation II. Ministry of Public Works. East Java, Indonesia.

[92] Riblok, Australia, Ltd. (1990.) Product literature, covering material use in agriculture, for concrete formwork, stormwater drainage, sewer relining and concrete pipe formwork.

[93] Rotacurve. (no date.) "An alternative bend for tongue and groove pipes". California, USA.

[94] Rouke, D. (1984.) "Pipelines (design, construction and operation)".

[95] Rushton, K.R. et al. (1992.) "Interim results of numerical model study of losses from lined canals". SERC Grant No. GR/F/05565. University of Birmingham. UK.

[96] Sargardoy et al. (1982.) "Organization, operation and maintenance of irrigation schemes". FAO Irrigation and Drainage Paper No. 40. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

[97] Seckler, D. (1986.) Institutionalism and agricultural development in India. Journal of Economic Issues. Vol. XX, No. 4.

[98] Smout, I. (1990.) "Farmer Participation in planning, implementation and operation of small-scale irrigation projects". ODI-IIMI Irrigation Management Network. Paper 90/2b.

[99] Stern, P. (1979.) Small-scale irrigation: A manual of low-cost water technology. Intermediate Technoligy Publications Ltd. and International Irrigation Information Centre. Israel.

[100]Tiffen, M. (1989.) "Guidelines for the incorporation of health safeguards into irrgation projects through intersectoral cooperation". Joint WHO/FAO/UNEP panel of experts on environmental management for vector control (PEEM). Guidelines

series 1.

[101]Titow, W.V. (1985.) PVC technology. Fourth edition. Elsevier Applied Science Publishers. London.

[102]Trout, T.J. and Kemper, W.D. (1980.) "Watercourse improvement manual". Water management technical report no. 58. consortium for International Development. water management Research Project. Colorado State University. USA.

[103]Twort, A.C., Law F.M. and Crowley, F.W. (1985.) Water supply. Third edition. Edward Arnold. London.

[104]US SCS. (1967.) National Engineering Handbook Section 2, Part 1. Engineering Conserviation Practices. United States Soil Conservation Service.

[105]Univ. Cal. (1977.) Leaflet 2908, "Low-head irrigation pipe: concrete, asbestos-cement, and plastic". University of California Division of Agricultural Sciences. Davis, USA.

[106]Walker, W.R. (1989.) "Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems". Food and Agriculture Organization of the United Nations. Irrigation and Drainage Paper No. 45. Rome, Italy.

[107]Walton, D. and Elzink, W.J. (1988.) "The long-term behaviour of buried uPVC sewer pipe". Paper 26. International Conf. Plastics Pipes VII, 19-22 September 1988, University of Bath, UK.

[108]WAPDA. (1989.) "Experimental buried pipe water distribution system". An interim report. Mona Reclamation Experimental Project. Water and Power Development Authority of Pakistan. Bhalwal, Pakistan. USAID and University of Idaho, USA.

[109]Waterman Industries Inc. (1990.) "Irrigation appliance catalogue A. Red Top water control gates, valves and equipment". Exeter, California, USA.

[110]WRC. (1986.) "Guide to the water industry for the structural design of underground nonpressure uPVC pipelines". Water Research Centre. Swindon, UK.

[111]WRC. (1989.) "Manual for the design, installation, and operation of uPVC pressure pipe systems". Water Research Centre. Swindon. UK. 1989.

[112]WRC. (1991.) "Water Industry Specification, Specification for solid wall concentri cexternal rib-reinforced uPVC sewer pipe". Water Research Centre. (IGN No. 4-31-05).

[113]Watts, P. and Smith, P. (1985.) "Design of gated pipe irrigation systems". Fifth Afro-Asian Regional Conference on Irrigation and Drainage. Planning and management of water for agriculture in the tropics. Townsville, Australia.

[114]World Bank. (1983.) Second Uttar Pradesh Public Tube-wells Project. Staff appraisal report India.

[115]Young, O.C. and O'Reilly, M.P. (1983.) A guide to design loadings for buried rigid pipes. Transport and Road Research Laboratory. Department of Transport. HMSO. London, UK.

[116]Young O.C., Brennan G. and O'Reilly M.P. (1986.) Simplified tables of external loads on buried pipelines. HMSO. London, UK.

Buried Pipelines for Surface Irrigation

Translated by:

M. Moalemi
A.R. Salamat
A. Jafari
E. Farhadi
H. Nasher
A.R. Dalalzadeh

Edited by:

V. Dasdar
M.K. Siahi

Buried Pipelines for Surface Irrigation

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage
(IRNCID)

No.75 - 2003

ISBN: 964-6668-40-20

شابک: ۲-۴۰-۶۶۶۸-۹۶۴

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تهران - خیابان وحید دستگردی (ظفر) - خیابان شهید کارگزار - خیابان شهرساز پلاک ۲۴ - طبقه دوم

تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۷۲۲۸۵

BURIED PIPELINES FOR SURFACE IRRIGATION

Intermediate Technology Publications
in association with
The Water, Engineering and Development Center

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

ISBN:964-6668-44-5
شابک: ۵-۴۴-۶۶۶۸-۹۶۴