

۱- مقدمه.....	۱
۲- مروری بر آبیاری تحت فشار.....	۳
سازگاری روش آبیاری بارانی.....	۵
مشکلات مربوط به شوری.....	۶
مزایای روش آبیاری بارانی.....	۷
سازگاری.....	۷
کاهش نیروی کارگری.....	۷
استفاده های ویژه از آبیاری بارانی.....	۸
صرفه جویی در مصرف آب.....	۸
معایب.....	۸
هزینه های بالا.....	۸
انتقال و کیفیت آب.....	۹
محدودیت های طراحی و محدودیت های محیطی.....	۹
۳- روابط آب-خاک- گیاه.....	۱۰
رطوبت خاک.....	۱۰
عمق ریشه.....	۱۰
مقدار مصرف.....	۱۱
مدیریت رطوبت خاک.....	۱۳
عمق آبیاری.....	۱۴
فواصل آبیاری ها (دور آبیاری).....	۱۴
مفاهیم عمومی طراحی.....	۱۵
مدیریت و برنامه ریزی.....	۱۷
کنترل شوری.....	۱۸
زهکشی.....	۲۰
عمق آبیاری و دور آبیاری.....	۲۰
۴- انواع سیستم های آبیاری بارانی.....	۲۲
سیستم های نیمه ثابت (با جابجایی متناوب).....	۲۲
سیستم لاترال های متحرک دستی.....	۲۲
سیستم لاترال های ته کش (End-Two System).....	۲۲
سیستم لاترالهای چرخدار (Side-Roll Lateral System).....	۲۴
سیستم لاترالهای چرخدار با جابجایی یکطرفه (Side-Move Laterals).....	۲۵
آبپاشهای تفنگی و بوم.....	۲۷
سیستم های آبیاری بارانی ثابت.....	۲۹
سیستم های دیگر آبیاری بارانی.....	۳۰
سیستم های متحرک دائمی.....	۳۳
سیستم اربه ای (تفنگی).....	۳۳
سیستم آبیاری عقربه ای (Center Pivot).....	۳۴
لاترال با حرکت خطی (Linear-Moving Laterals).....	۳۷
عمق کاربرد آب آبیاری و راندهای کاربرد.....	۳۸
۵- عوامل مؤثر در طراحی آبیاری بارانی.....	۴۰
فرآیند طراحی.....	۴۰

۴۳	 مشخصات آبپاشها
۴۴	 الگوی پاشش و فاصله بندی مناسب بین آبپاشها
۵۱	 اندازه و فشار کارکرد نازلها
۵۳	 طراحی اولیه
۵۴	 عمق ناخالص آبیاری
۵۴	 ظرفیت مورد نیاز سیستم
۵۸	 نفوذ و شدت پاشش بهینه
۶۲	 محاسبه شدت پاشش آبپاش
۶۴	 ۶- تعیین یکنواختی و راندمان آبیاری بارانی
۶۴	 یکنواختی
۶۴	 محاسبه یکنواختی
۶۵	 مسائل مرتبط با یکنواختی
۶۷	 ارزیابی یکنواختی آبیاری بارانی
۷۳	 ارزیابی یکنواختی سیستم
۷۶	 معیارهای طراحی
۷۶	 انتخاب سر آبپاش (نازل)
۷۷	 فاصله بین آبپاشها
۷۷	 استقرار های متناوب
۷۸	 تفسیر مقادیر مختلف CU
۸۱	 یکنواختی طراح
۸۶	 دبی آبپاش و فشار کارکرد مورد نیاز آن
۸۶	 ارتفاع لوله آبد (رایزر)
۸۷	 تلفات
۸۷	 بادبردگی و تبخیر
۸۹	 تلفات نشت و تخلیه لوله ها
۹۰	 راندمان
۹۰	 راندمان کاربرد عمومی سیستم های آبیاری بارانی
۹۱	 تأثیر بر میزان محصول
۹۳	 راندمانهای کاربرد ویژه در آبیاری بارانی
۹۴	 محاسبات اولیه طراحی
۱۰۱	 ۷- آرایش سیستم های آبیاری بارانی ثابت
۱۰۱	 آرایش لاترالها
۱۰۱	 تعداد آبپاشها
۱۰۲	 تعداد استقرارها (محل قرار گرفتن لاترالها)
۱۰۲	 تأثیر توپوگرافی
۱۰۴	 خطوط کنتور و تراسها
۱۰۴	 ملاحظات دیگر
۱۰۵	 آرایش لوله اصلی و ایستگاه پمپاژ
۱۰۵	 آرایش لوله اصلی
۱۰۵	 منبع آب و ایستگاه پمپاژ
۱۰۷	 تغییرات برای تطبیق با آرایش سیستم
۱۰۷	 شدت پاشش

ظرفیت سیستم.....	۱۰۸
۸- هیدرولیک و برآورد اقتصادی لوله ها.....	۱۱۱
رابطه بین فشار و دبی.....	۱۱۱
بار آبی یا فشار استاتیک.....	۱۱۱
بار سرعت.....	۱۱۲
محاسبه افت اصطکاک در لوله ها.....	۱۱۲
روابط ساده و جداول.....	۱۱۶
تلفات اصطکاک در لوله های دارای خروجی.....	۱۱۶
منحنی بدون بعد اصطکاک در لوله ها.....	۱۲۵
هزینه های سیستم آبیاری.....	۱۲۶
عوامل مؤثر در برآورد هزینه.....	۱۲۷
تحلیل هزینه های انرژی و هزینه های ثابت سیستم.....	۱۲۹
تعیین اندازه اقتصادی لوله.....	۱۳۰
نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی.....	۱۳۱
ترسیم نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی.....	۱۳۲
طراحی خط لوله اصلی به روش اقتصادی.....	۱۳۴
روشهای انتخاب قطر لوله ها.....	۱۳۶
تحلیل و مقایسه روشهای مختلف انتخاب قطر لوله.....	۱۳۹
تأیید روش استفاده از نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی.....	۱۴۰
نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی.....	۱۴۱
ترسیم نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی.....	۱۴۲
استفاده از نمودار عمومی.....	۱۴۳
۹- طراحی لاترالهای ثابت.....	۱۵۰
فشار ورودی و قطر لوله های فرعی (لاترالها).....	۱۵۰
دبی متوسط آبیاشها.....	۱۵۲
گرادیان افت بار در لاترال (گرادیان هیدرولیکی).....	۱۵۴
فشار در ورودی لاترال.....	۱۵۴
طراحی لاترال.....	۱۵۵
لاترالهای دارای دو قطر (لاترالهای تلسکوپی).....	۱۵۸
لاترال با تجهیزات کنترل جریان.....	۱۶۵
لوله های لاترال سوراخدار (Perforated Pipe Laterals).....	۱۶۷
شدت پاشش.....	۱۶۸
فاصله بندی لاترالها.....	۱۶۸
طراحی سیستم های آبیاری بارانی شلنگی.....	۱۷۲
الگوی پاشش.....	۱۷۲
استراتژی طراحی.....	۱۷۲
مدیریت آبیاری.....	۱۷۶
فیلتراسیون.....	۱۷۷
۱۰- طراحی سیستم اصلی انتقال آب.....	۱۷۸
استراتژی های طراحی در آرایشهای مختلف لاترالها.....	۱۷۸
طراحی با لاترال منفرد.....	۱۷۹
طراحی در آرایش دوتکه.....	۱۷۹

۱۸۳	طراحی آرایش دوتکه به روش اقتصادی.....
۱۸۶	طراحی با چندین لاترال در حال چرخش.....
۱۸۷	آرایش خطوط اصلی و نیمه اصلی.....
۱۹۰	خطوط اصلی قابل حمل و مدفون.....
۱۹۱	طراحی سیستم های آبیاری با عملکرد دائمی.....
۱۹۱	ملاحظات ویژه برای ایجاد فشار ثقلی.....
۱۹۷	۱۱- فشار مورد نیاز برای سیستم های آبیاری بارانی ثابت.....
۱۹۷	افت بار در شیرها و اتصالات.....
۲۰۳	قضیه برنولی.....
۲۰۴	کل بار دینامیک (TDH).....
۲۰۸	رابطه H-Q در سیستم آبیاری.....
۲۰۸	روابط بار فشار - دبی.....
۲۰۹	منحنی دبی - بار آبی.....
۲۱۵	۱۲- انتخاب پمپ و منبع نیرو.....
۲۱۵	پمپهای گریز از مرکز (سانتریفیوژ).....
۲۱۶	ارتفاع مکش پمپ.....
۲۱۷	توصیه هایی در مورد نصب پمپ های گریز از مرکز.....
۲۱۸	منحنی مشخصات پمپ برای شرایط معین.....
۲۲۰	انتخاب پمپ.....
۲۲۲	هماهنگ کردن پمپ با سیستم.....
۲۲۴	تغییرات بیش از اندازه پمپ.....
۲۲۵	منحنی مشخصه پمپ در زمان اصلاح پمپ و سرعت متغیر چرخش محور.....
۲۲۶	پمپهای سری (پشت سر هم).....
۲۲۷	پمپ های موازی.....
۲۲۸	پمپهای توربینی.....
۲۳۰	انتخاب شافت.....
۲۳۴	انتخاب محفظه عبور آب.....
۲۳۴	روانکاری شافت.....
۲۳۷	تلفات مکانیکی.....
۲۳۷	روش طراحی.....
۲۳۹	پمپاژ از چاه.....
۲۴۰	استراتژی طراحی.....
۲۴۲	روش طراحی.....
۲۴۵	انتخاب منبع نیرو.....
۲۴۵	موتورهای الکتریکی.....
۲۴۶	موتورهای درون سوز (احتراقی).....
۲۴۶	انتخاب سوخت.....
۲۴۶	منحنی عملکرد موتور.....
۲۴۷	تهویه موتور.....
۲۴۷	انرژی در دسترس برای پمپاژ.....
۲۴۸	هماهنگ کردن موتور و پمپ.....
۲۵۱	۱۳- طراحی سیستم آبیاری ارابه ای.....

۲۵۲	آرایش سیستم
۲۵۴	انتخاب آبپاش و ارايه
۲۵۴	متغيره‌های آبپاش
۲۶۱	انتخاب ارايه
۲۶۳	فاصله بين مسيره‌های حرکت ارايه
۲۶۸	عمق آبياري و سرعت حرکت ارايه
۲۶۸	عمق آبياري
۲۶۹	سرعت حرکت ارايه
۲۶۹	زمان و محل استقرار ارايه
۲۷۰	استراتژی (روش) مرز به مرز
۲۷۲	استراتژی (روش) مرز به ميانه
۲۷۳	مزارع بزرگ يا مزارع همجوار
۲۷۴	خلاصه مطالب در مورد زمان و مكانه‌های استقرار اوليه و نهايي
۲۷۵	سرعت آبياري
۲۷۶	تلفات اصطكاكي
۲۷۸	روش طراحي سیستم
۲۸۴	۱۴- طراحي سیستم آبياري عقربه ای (Center Pivot)
۲۸۵	آرایش عمومی سیستم ، مفاهيم و سخت افزار
۲۸۶	سخت افزار
۲۸۸	مفاهيم اوليه طراحي
۲۸۸	تناوب و عمق آبياري
۲۹۱	كم آبياري
۲۹۱	روش طراحي
۲۹۲	ظرفيت سیستم
۲۹۳	شدت پاشش
۲۹۵	سرعت نفوذ و ذخيره سطحی
۲۹۹	فواصل و انواع آبپاشها
۲۹۹	فاصله بين آبپاشها
۳۰۰	انواع الگوهای پاشش
۳۰۲	تلفات تبخير و بادبردگی / مسیر و زاويه پرتاب فواره
۳۰۴	انتخاب آرایش آبپاشها
۳۰۵	عمق ناخالص نفوذ
۳۰۶	محاسبه ظرفيت نفوذ
۳۰۹	سازگار کردن شدت پاشش آبپاش و ظرفيت نفوذ خاک
۳۱۲	استفاده از ذخيره سطحی
۳۱۳	شاخص PET
۳۱۵	برنامه ریزی و بهره برداری
۳۱۵	محدودیت های دور آبياري
۳۱۷	پیش بینی و استفاده از بارندگی
۳۱۷	معیارهای برنامه ریزی آبياري
۳۲۱	انتخاب سرعت حرکت لاترال
۳۲۲	انتخاب آبپاش

۳۲۳	دبی آبپاش تفنگی انتهایی
۳۲۵	عملکرد آبپاش تفنگی انتهایی
۳۲۵	آبیاری گوشه های زمین
۳۲۵	اندازهٔ قطاع مرطوب شدهٔ آبپاش انتهایی
۳۲۹	هیدرولیک سیستم های آبیاری عقربه ای
۳۳۰	شدت جریان و تلفات اصطکاکی
۳۳۲	الگوی فشار در طول لاترال
۳۳۶	عوامل اقتصادی در طراحی لاترالهای مخروطی
۳۴۰	شدت جریان و فشار در سیستم
۳۴۰	بار فشار مورد نیاز
۳۴۲	انتخاب نازل آبپاش
۳۴۳	یکنواختی شدت جریان
۳۴۳	یکنواختی توزیع
۳۴۶	تجهیزات کنترل دبی (جریان)
۳۴۶	نازلهای مجهز به روزنهٔ انعطاف پذیر
۳۴۷	نازلهای مجهز به تنظیم کنندهٔ فشار
۳۴۹	رابطهٔ دبی و ارتفاع زمین
۳۵۲	فشار در آبپاش انتهایی و تأثیر آن بر هیدرولیک لاترال
۳۵۹	انتخاب و ارزیابی سیستم آبیاری بارانی عقربه ای
۳۶۰	ارزیابی یکنواختی توزیع
۳۶۰	یکنواختی دایره ای
۳۶۰	یکنواختی شعاعی
۳۶۲	توان مورد نیاز در موتورهای محرک سیستم عقربه ای
۳۶۲	انتخاب ماشین آبیاری عقربه ای
۳۶۴	۱۵- طراحی سیستم های بارانی متحرک خطی (Linear-Moving System Design)
۳۶۴	مقایسه با سیستم های بارانی عقربه ای
۳۶۷	ویژگی های سیستم های متحرک خطی
۳۶۷	آرایش و روش تغذیهٔ سیستم
۳۶۷	تغذیهٔ کانالی (Canal-fed)
۳۶۸	تغذیهٔ شلنگی (Hose-fed)
۳۶۸	تغذیهٔ خودکار (Robot-fed ، روباتیک)
۳۶۹	بهره برداری از سیستم
۳۶۹	روشهای طراحی
۳۷۰	روابط مورد استفاده در طراحی سیستم آبیاری متحرک خطی
۳۷۳	طراحی سیستم
۳۷۶	عرض مرطوب شدهٔ مورد نیاز
۳۷۸	دیگر روشهای طراحی
۳۷۹	۱۶- سیستم های آبیاری بارانی چند منظور و کاربردهای ویژه
۳۷۹	کودآبیاری (Fertigation)
۳۸۰	ترکیب کودهای کشاورزی
۳۸۰	تجهیزات تزریق کود
۳۸۰	تزریق کود

۳۸۲	.....	ملاحظات دیگر
۳۸۳	.....	شدت تزریق
۳۸۴	.....	جلوگیری از خسارت ناشی از یخبندان
۳۸۴	.....	محافظت در برابر یخبندان (Frost Protection)
۳۸۷	.....	طراحی سیستم های رودرختی
۳۸۷	.....	بهره برداری از سیستم های رودرختی
۳۸۸	.....	سیستم های بارانی زیردرختی
۳۸۹	.....	تأخیر در شکوفه دهی
۳۹۰	.....	کنترل خرد اقلیم (Microclimate Control)
۳۹۱	.....	خنک کردن گیاه
۳۹۲	.....	استفاده از هرزآبها
۳۹۲	.....	ملاحظات طراحی
۳۹۳	.....	ملاحظات مربوط به تجهیزات سیستم

۱- مقدمه

نیاز به صرفه جویی بیشتر در منابع کشاورزی سیاره مان به سرعت رو به فزونیست. این امر از دو واقعیت متضاد ناشی می شود: اول تعداد رو به فزونی انسانها به همراه توقع رو به گسترش آنها برای یک زندگی راحت تر و دوم، محدودیت در منابع طبیعی این سیاره. کشاورزی فاریاب برای برآورده کردن توقعات کیفی و کمی غذا که ناشی از جمعیت رو به رشد زمین می باشد، ضروری و بهبود کارایی آن، به منظور زیستن در میان این محدودیت منابع آب و خاک زمین یک امر حیاتی محسوب می شود.

غالب برنامه های آموزشی در زمینه های تخصصی طراحی سیستم های آبیاری و مدیریت آنها مربوط به علوم پایه زراعت و مهندسی می باشد. تمرکز این برنامه ها بیشتر بر تحلیل بوده و نه بر طراحی، که نیازمند ترکیب مراحل تحلیلی نیز می باشد. دستیابی به مهارتهای حرفه ای در زمینه روشهای مهندسی آبیاری، به تجارب مربوط به دوره های کارشناسی ارشد و دکترا واگذاشته شده است که این امر، نیازمند گذراندن دوره های کارورزی می باشد. در صورت فقدان این امکانات، تدابیر به وضوح تعریف شده که در بدنه علوم و یا متون تخصصی به منظور انتخاب و طراحی انواع گوناگون سیستم های آبیاری تدوین شده اند، مورد نیاز می باشند. نه مراحل کارورزی کافی و نه متون تخصصی در حال حاضر در دسترس نبوده و نوآموزان این رشته مجبور به ابداع روشهای طراحی خودشان هستند.

این کتاب نیاز به متون جامع تر در زمینه فرآیند های طراحی را برآورده می سازد. این کتاب، انتخاب و طراحی انواع سیستم های آبیاری بارانی را تحت پوشش قرار داده و از جنبه های گوناگونی که در بین این روشهای متنوع به صورت مشترک وجود دارد بهره می برد. در مجموع، این سیستم ها گروه وسیعی از سیستم های تحت فشار که بطور بالقوه مؤثر و کارا هستند را ارائه می دهند. زیرا این قبیل سیستم های آبیاری آب آبیاری را در کنار گیاه، یعنی جایی که می بایست مورد استفاده قرار گیرند اعمال می کنند.

هدف عمده این کتاب، بیان الگوهای دقیقی می باشد که منجر به انتخاب، طراحی، مدیریت و عملکرد مفید و مؤثر سیستم های آبیاری تحت فشار می باشند. این امر مستلزم این است که قادر به گردآوری اجزاء مختلف این سیستم های باشیم به نحوی که برای ایجاد یک سیستم آبیاری عملی و بهینه، با یکدیگر تعامل مناسبی داشته باشند.

برای دستیابی به این هدف، فصلهای کتاب به ترتیبی که در طراحی سیستم های آبیاری به کار می روند، قرار داده شده اند. علاوه بر این، اغلب مطالب تحلیلی در غالبی موجز با توجهی اندک به روشهای اشتقاق فرمولهای استاندارد ارائه می گردند. در واقع تلاش شده است تا به جای اینکه توجه را معطوف به تحلیل مراحل این مسیر کنیم، تمرکز بر ترکیب فرآیند کامل طراحی باشد.

محاسبات نمونه که شامل مراحل انتخاب و طراحی سیستم می باشند در سطح وسیعی مورد استفاده قرار گرفته اند. با جلو رفتن در متن کتاب، این مثالها گسترده تر شده و به منظور ایجاد مجموعه کاملی از فرآیند طراحی گونه های مختلف سیستم های تحت فشار، به یکدیگر مرتبط می شوند.

در وهله اول و مهمتر از همه این که، این کتاب برای طراحان سیستم های آبیاری نوشته شده است و نه محققان یا دانشجویانی که بیشتر مشتاق به دریافت جزئیات تحلیلی مسائل هستند. هدف این کتاب ارائه روشی قدرتمند به شیوه ای سازمان یافته می باشد. بنابراین، تأکید بر روشهایی برای مفهومی کردن، بکار بستن و ترکیب اصول بنیادی و پایه ای طراحی سیستم های آبیاری و مفاهیم آنها می باشد. از این جنبه، این کتاب در قیاس با دیگر نوشته های مربوط به آبیاری

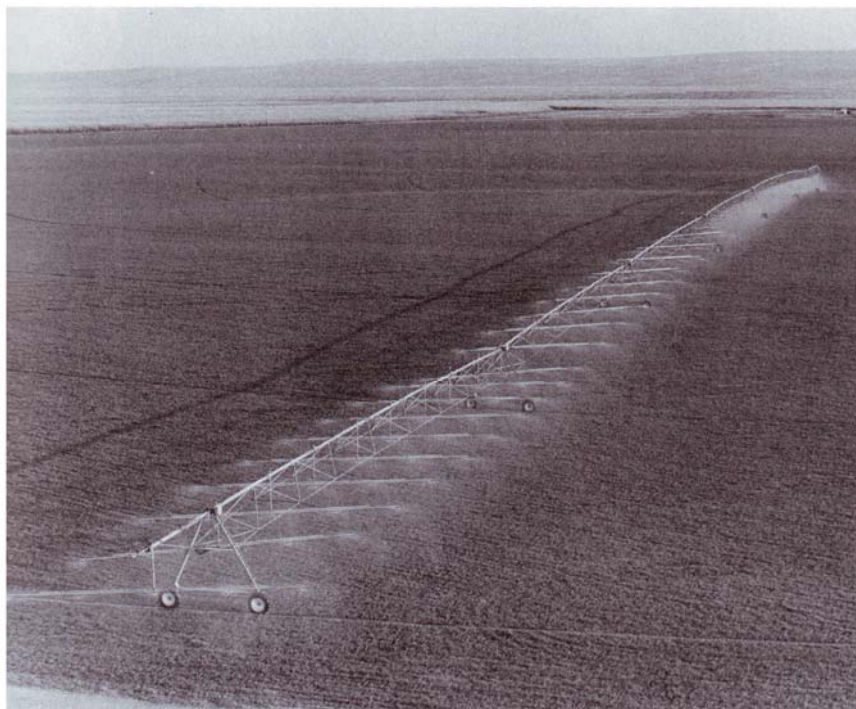
کشاورزی منحصر به فرد است . معمولاً تدوین اطلاعات مهم و مرتبط و نیز ، جزئیات تحلیلی درباره سیستم های آبیاری بدون روشهای طراحی سازمان یافته صورت می گیرد .

برای راحتی اساتید و دانشجویان ، مرور مختصری بر روابط بنیادی آب-خاک- گیاه و دیگر مطالب مرتبط انجام گرفته است . بعلاوه ، تعدادی جدول بسیار مفید برای جمع بندی اطلاعات مهم طراحی تدوین شده اند . تمامی اینها ، برای افزایش ارزش کتاب به عنوان مرجعی برای کارآموزان آبیاری صورت گرفته است و منبع مناسبی از اطلاعات را به منظور تدوین تمرین های عملی دانشجویان در اختیار آنها قرار می دهد .

۲- مروری بر آبیاری تحت فشار

آبیاری بارانی به عنوان روشی مهم در آبیاری کشاورزی، در اوایل قرن بیستم بوجود آمد. نخستین سیستم های آبیاری بارانی، مربوط به آبیاری چمن می شدند. پیش از سال ۱۹۲۰، سیستم های بارانی محدود به باغهای میوه، قلمستان ها و تولید انبوه سبزیجات می شدند. در دهه ۱۹۳۰، هزینه این سیستم ها با ابداع آبپاشهای ضربه ای و لوله های فولادی سبک وزن به همراه اتصال دهنده های سریع کاهش یافت. با این اصلاحات، آبیاری بارانی شروع به گسترش کرده و در دامنه وسیعی از محصولات در تمامی دنیا مورد استفاده قرار گرفت.

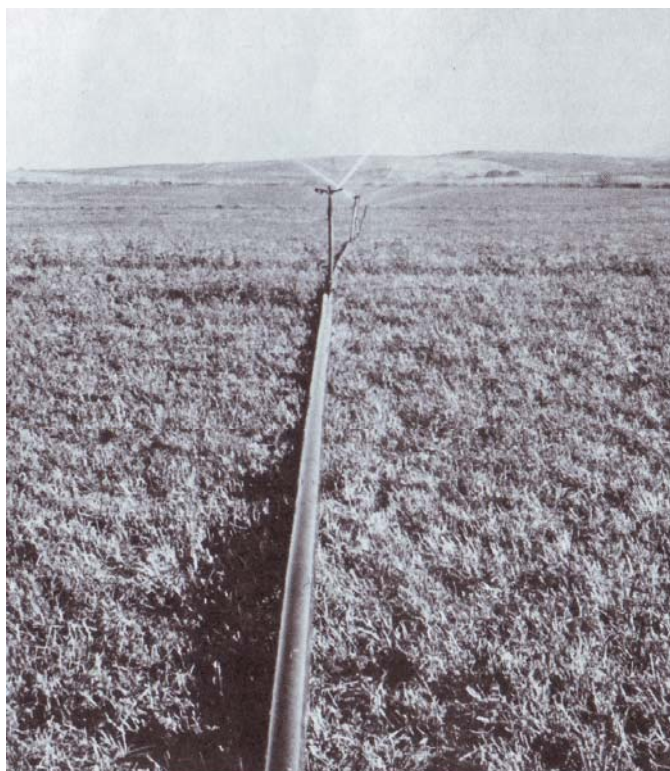
تا سال ۱۹۵۰، آبپاشهای بهتر، لوله های آلومینیومی و پمپ های پربازده بازهم هزینه ها را کاهش داده و کارایی سیستم بارانی را افزایش دادند و توسعه این روش آبیاری را سرعت بخشیدند. در این اواخر، سیستم عقربه ای خود پیش راننده (سنتز پیووت) که در دهه ۱۹۶۰ از محبوبیت زیادی برخوردار شدند، برای آبیاری خودکار با تواتر زیاد و نسبتاً کم هزینه با حداقل نیاز به نیروی کارگری، ابزار مناسبی فراهم آورده است. (شکل ۲،۱). در سطح جهان، حدود ۸ میلیون هکتار از زمینهای زراعی به سیستم عقربه ای مجهز هستند که حدود ۷۵ درصد از این زمینها در کشور آمریکا قرار دارند. نوآوری های بیشتر به منظور کاهش نیروی کارگری و افزایش بازده آبیاری، بطور پی در پی به بازار عرضه می شوند. امروزه، آبیاری بارانی ابزاری مهم برای آبیاری در تمامی انواع خاکها، توپوگرافی ها و محصولات می باشد.



شکل ۲،۱ / سیستم آبیاری بارانی عقربه ای در حال کار.

سیستم های آبیاری بارانی بطور کلی می توانند به سیستم های ثابت و متحرک دائم تقسیم شوند. در سیستم های ثابت، آبپاشها در زمان آبیاری در مکانی ثابت باقی می مانند، در حالیکه در سیستم های متحرک دائم، همزمان با حرکت دایره ای یا مستقیم آبپاش ها، آبیاری نیز صورت می پذیرد. سیستم های ثابت همچنین شامل سیستم هایی می شوند که در بین آبیاری ها جابجا می گردند. از جمله، سیستم های متحرک دستی (Hand Move Systems، شکل ۲،۲)، لوله های

چرخدار ، آبپاشهای شلنگی ، لوله های مضرس (سوراخ شده) ، آبپاشهای مخصوص باغات و آبپاشهای تفنگی . تمامی این انواع ، سیستم های با جابجایی متناوب (سیستمهای نیمه ثابت) نامیده می شوند . این سیستم ها همچنین شامل سیستمهایی از قبیل آبپاشهای ثابت نیز می شوند که با عنوان سیستم های ثابت معرفی می شوند . سیستم های اصلی متحرک دائم ، سیستم عقربه ای و سیستم با حرکت خطی و سیستم آبپاش تفنگی (ارابه ای) می باشند .

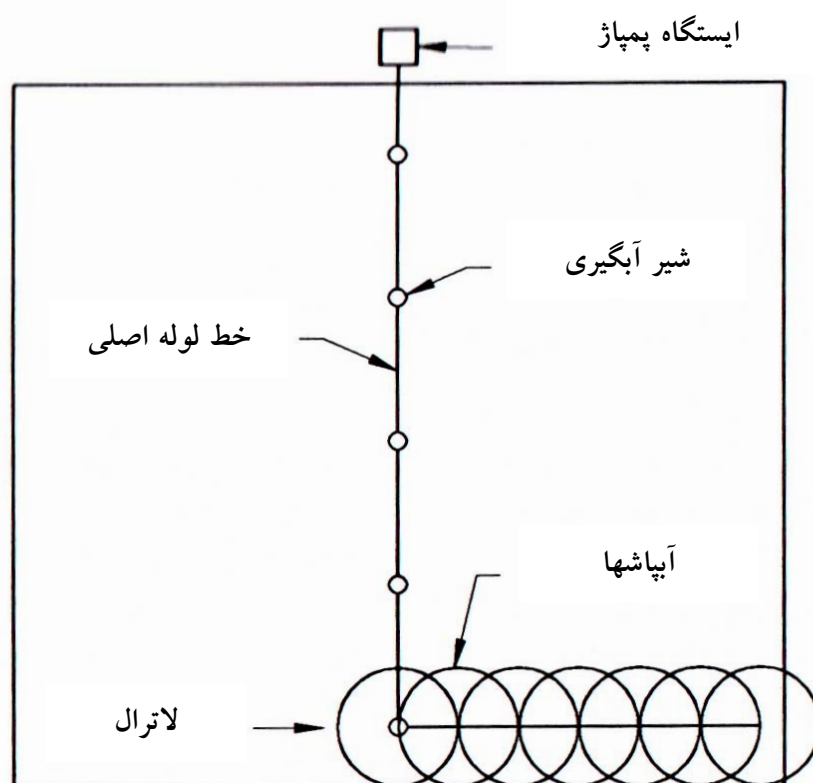


شکل ۲،۲ / سیستم آبیاری بارانی متحرک دستی در حال کار.



شکل ۲،۳ / سیستم آبیاری ارابه ای با تغذیه شلنگی در حال کار.

شکل ۲,۴ اجزاء بنادی و طرح کلی یک سیستم بارانی نیمه ثابت را نمایش می دهد . با استفاده از سیستم های با جابجایی متناوب (سیستمهای نیمه ثابت) و سیستم های ثابت که بخوبی طراحی شده باشند ، آب می تواند بصورت یکنواخت تحت شدتی که بر اساس سرعت نفوذ خاک تعیین شده است استفاده شود که به این وسیله ، از ایجاد رواناب و خسارات ناشی از آن به زمین و محصول جلوگیری می گردد . سیستم های متحرک دائم حتی می توانند یکنواختی کاربرد بالاتری نسبت به سیستم های نیمه ثابت و سیستم های ثابت را بدست دهند . همچنین ، سرعت حرکت این سیستم ها می تواند به نحوی تنظیم شود که آبیاری سبک ، به منظور کاهش یا حذف رواناب صورت گیرد .



شکل ۲,۴ / طرح شماتیک سیستم آبیاری بارانی با جابجایی متناوب.

سازگاری روش آبیاری بارانی

آبیاری بارانی برای اکثر محصولات مناسب است . این نوع آبیاری همچنین با اکثر خاکهای قابل آبیاری نیز سازگاری دارد . زیرا آبپاشها در دامنه وسیعی از ظرفیت آبدهی ساخته می شوند . با فاصله بندی مناسب بین آبپاشها ، آب ممکن است تحت هر شدتی بالاتر از ۳ میلیمتر در ساعت (۰/۱۲ اینچ در ساعت) برای سیستم های نیمه ثابت نیز مورد استفاده قرار گیرد . در خاکهای بسیار ریزبافت با سرعت نفوذ پایین ، در زمان انتخاب اندازه نازل ، فشار کارکرد و فاصله بندی آبپاشها ، نیاز به توجه ویژه می باشد تا آب بطور یکنواخت و تحت شدت پاشش پایین اعمال شود .

سیستم های نیمه ثابت برای آبیاری در مناطقی که شرایط آب و هوایی ، خاک و محصول به آبیاری با تواتر کمتر از ۵ تا ۷ روز نیاز ندارد بسیار مناسبند . در مناطقی که خاک ظرفیت نگهداری رطوبت پایینی دارد و محصولات با ریشه سطحی آبیاری می شوند ، آبیاری های سبکتر و با تواتر بیشتر مورد نیاز است . سیستم های ثابت یا متحرک دائم ، برای اینچنین

شرایطی سازگارتر و انعطاف پذیرترند. به هر حال، در جایی که نفوذپذیری خاک پایین است، برخی از سیستم های متحرک دائم مانند سیستم عقربه ای و سیستم آبپاش تفنگی ممکن است از جنبه رواناب ایجاد مشکل نمایند. علاوه بر سازگاری با تمامی دورهای آبیاری، سیستم های ثابت می توانند به منظور حفاظت از سرما و یخزدگی، تأخیر در شکوفه دهی و خنک کردن محصول مورد استفاده قرار گیرند.

انعطاف پذیری تجهیزات امروزی آبیاری بارانی و کنترل مؤثر این تجهیزات بر کاربرد آب، این سیستم را در سطحی گسترده، موجه و مطرح کرده است. ثمربخشی این نوع سیستم ها در اکثر شرایط توپوگرافیک، تنها تحت تأثیر محدودیت های ناشی از قابلیت کاربرد اراضی و عوامل اقتصادی می باشد. این روش می تواند نسبت به اکثر شرایط اقلیمی که کشاورزی فاریاب در آن شرایط عملی باشد، سازگاری پیدا کند. با این وجود، سرعت زیاد باد و دمای بسیار بالای هوا و همچنین رطوبت نسبی پایین در برخی مناطق مشکلاتی را ایجاد می کنند. بخصوص در مناطقی که آب آبیاری حاوی مقادیر بالایی نمکهای محلول باشد.

مشکلات مربوط به شوری

محصولاتی از قبیل انگور، مرکبات و اکثر محصولات درختی نسبت به غلظت های نسبتاً پایین کلر و سدیم حساسند. در شرایط کمی رطوبت، این محصولات ممکن است مقادیر سمی از این نمکها را از آب آبیاری که بر روی برگهای آنها پاشیده می شود جذب کنند.

از آنجایی که آب در بین چرخش آبپاشها تبخیر می شود، املاح در شرایط تناوب خشکی و رطوبت نسبت به شرایطی که آب بطور پیوسته پاشیده می شود، تجمع بیشتری در سطح برگها پیدا می کنند. سرانجام این نمکها توسط گیاه جذب شده و ممکن است باعث خسارت به محصول گردند. سمیت به صورت سوختگی برگها در قسمت لبه خارجی آنها مشخص شده و می تواند با تحلیل شرایط برگها تأیید گردد. این نوع صدمه زمانی که غلظت سدیم یا کلر در آب آبیاری به ترتیب از ۷۰ و ۱۰۵ قسمت در میلیون (ppm) بیشتر می شود رخ می دهد. آبیاری در دوره های مرطوبتر مانند شبها، اغلب به مقدار زیادی این مسئله را کاهش داده یا آن را بطور کامل از بین می برد.

محصولات یکساله و علوفه ای، اغلب نسبت به مقادیر کم سدیم و کلر حساس نیستند. تحقیقات اخیر نشان می دهد که این محصولات ممکن است نسبت به نمک هایی که از طریق برگهای گیاه جذب می شوند در طول آبیاری بارانی حساسیت بیشتری نسبت به سایر روشهای آبیاری نشان دهند.

در شرایط تبخیری شدید، گیاهان مقاومتر مانند یونجه در زمان آبیاری بارانی با آب دارای هدایت الکتریکی ۱/۳ دسی زیمنس بر متر و شامل ۱۴۰ ppm سدیم و ۲۴۵ ppm کلر صدمه خواهند دید. در مقابل، هیچ صدمه ای در زمان استفاده از آب با هدایت الکتریکی ۴ دسی زیمنس بر متر و با غلظت سدیم و کلر ۵۵۰ و ۱۲۹۵ قسمت در میلیون و تحت شرایط تبخیری پایین دیده نمی شود.

در شرایط نیمه خشک کالیفرنیا، سبزیجات با روش بارانی آبیاری شده و نسبت به تأثیرات مربوط به برگ گیاه در غلظت های بالای نمک، کاملاً مقاوم بنظر می رسند. در کل، تجربیات محلی به منظور تدوین معیارهایی درمورد مقاومت گیاهان به نمک ها تحت شرایط محلی ضروری می باشند.

خسارت می تواند ناشی از بادبردگی آب در زمان آبیاری با آب کم کیفیت نیز باشد. بنابراین، در آب و هوای خشک، یعنی جایی که آبهای شور مورد استفاده قرار می گیرند، در مورد سیستم های نیمه ثابت (با جابجایی متناوب)، لوله های فرعی (لانترالها) باید در جهت مسیر باد قرار داده شوند. پس نمکهایی که به دلیل بادبردگی تجمع پیدا کرده اند، از روی برگها شسته می شوند. برای چنین شرایطی، آبپاشهایی که با سرعت ۱ دور در دقیقه یا سریعتر گردش می کنند توصیه می شوند.

اگر نیاز به استفاده از آبیاری بارانی رودرختی (Overhead Sprinkler) می باشد، احتمالاً امکان رشد برخی از محصولات حساس به شوری مانند انگور و لوبیا وجود نخواهد داشت و تغییر در روش آبیاری به آبیاری جویچه ای (Furrow Irrigation)، آبیاری غرقابی (Flood Irrigation) یا آبیاری کرتی (Basin Irrigation) و یا تغییر به آبیاری موضعی احتمالاً ضروری خواهد بود. آبپاشهای زیردرختی در برخی باغات میوه استفاده می شوند. اما اگر برگهای پایینی مرطوب شوند، احتمال وقوع برگ سوختگی به دلیل جذب املاح از برگها وجود دارد.

معیارهای مشابه درباره شوری، باید در مورد سایر روشهای آبیاری (غیر از آبیاری موضعی) رعایت شوند. بنابراین در زمان تعیین مقادیر قابل قبول شوری و نیاز آبتوی برای محصولات مختلف، کیفیت آب متفاوت و خاکهای گوناگون، از روش استاندارد استفاده کنید.

مزایای روش آبیاری بارانی

آبیاری بارانی ابزاری مناسب و قابل انعطاف برای آبیاری تمامی انواع محصولات کشاورزی بصورت مکرر و یکنواخت تحت شرایط مختلف توپوگرافی و خاک می باشد. آبیاری بارانی بصورت جزئی یا کلی قابلیت خودکار شدن (برای کاهش هزینه های کارگری) را دارد. این سیستم ها همچنین می توانند به منظور کمینه کردن آب مورد نیاز نیز طراحی شوند.

سازگاری

- برخی از اهداف مهمتر که با روش آبیاری بارانی قابل دستیابی هستند عبارتند از:
- استفاده مؤثر از جریانهای کوچک و پیوسته آب مانند آب چشمه ها و چاههای کوچک.
- آبیاری مناسب در خاکهای مسئله ساز با نیمرخ و بافتهای متفاوت یا آبیاری خاکهای کم عمق که امکان تسطیح آنها بدون صدمات زیان بار وجود ندارد.
- آبیاری زمینهای شیبدار و توپوگرافی های غیر یکنواخت بدون تولید رواناب یا فرسایش.
- آبیاری مکرر، سبک و مؤثر در زمانی که لازم است، مثلاً برای جوانه زنی محصولی مانند یونجه یا کاهو که ممکن است بعداً به روش سطحی آبیاری شوند.

کاهش نیروی کارگری

آنچه در زیر آمده است برخی مزایای آبیاری بارانی در ارتباط با نیروی کارگری و نیازهای مدیریتی می باشد:

- سیستم های آبیاری نیمه ثابت (با جابجایی متناوب) تنها به یک یا دو زمان نسبتاً کوتاه در هر روز به منظور جابجایی لوله های فرعی (لاترالها) در هر مزرعه نیاز دارند . نیاز به نیروی کارگری می تواند با استفاده از سیستم های مکانیکی انتقال ، کاهش بیشتری پیدا کند . علاوه بر این ، امکان استفاده از نیروی کار غیر متخصص نیز وجود دارد . به این خاطر که تصمیمات آبیاری توسط مدیر مزرعه اتخاذ می شود ، نه توسط آبیاریها .
- اغلب سیستم های مکانیزه و خودکار آبیاری بارانی نیازمند نیروی کارگری کمتر بوده و مدیریت آنها نیز آسان است .
- سیستم های بارانی ثابت می توانند نیاز به کارگر را در طول فصل آبیاری از بین برده و به منظور تسهیل مدیریت می توانند به طور کامل خودکار شوند .

استفاده های ویژه از آبیاری بارانی

- برخی از استفاده های خاص از این نوع سیستم های آبیاری عبارتند از :
- تعدیل شرایط حاد اقلیمی با افزایش رطوبت محیط ، خنک کردن محصول و کاهش خسارت ناشی از یخزدگی به جوانه ها و برگها با استفاده از سیستم های ویژه .
 - استفاده از آبیاری سبک و متناوب برای تکمیل بارانهای نامنظم و ناکافی و یا به منظور آبیاری محصولات زودرس و مراتع .
 - آبخشوی املاح از خاکهای شور که تحت آبیاری بارانی نسبت به روشهای آبیاری سطحی بطور مؤثرتری انجام می پذیرد (زیرا خاک در آبیاری بارانی کمتر اشباع می شود) . اما اینکار در آبیاری بارانی به زمان بیشتری نیاز دارد .

صرفه جویی در مصرف آب

امکان دستیابی به راندمان کاربرد بالا در سیستم های بارانی (که به خوبی طراحی و راه اندازی شده باشند) وجود دارد . مدیریت و خودکار ساختن سیستم های دارای طراحی مناسب به منظور دستیابی به راندمانهای آبیاری ۷۵ درصد و بالاتر آسان است . دلیل این امر این است که بسیاری از مهارت ها و ملاحظات مورد نیاز در کاربرد این سیستم ها در سخت افزار (اجزاء مکانیکی) سیستم طراحی شده و به این ترتیب ، نیاز به نیروی کار ورزیده و آموزشهای مورد نیاز را کاهش می دهد .

معایب

معایب استفاده از سیستم های بارانی اکثراً مربوط به مناطقی هستند که هزینه های بالا ، مشکلات مربوط به کیفیت آب و انتقال آن و محدودیت های محیطی وجود دارند . سیستم های آبیاری می بایست توسط متخصصان کارآمد طراحی شوند که توجه کاملی به آبیاری ، راندمان آبیاری ، هزینه ها و سهولت کاربرد سیستم معطوف می دارند .

هزینه های بالا

هزینه های اولیه و هزینه پمپاژ در سیستم های بارانی نسبت به آبیاری سطحی در خاکها و شیبهای یکنواخت بیشتر است . در هر صورت ، آبیاری سطحی ممکن است بطور بالقوه مؤثرتر باشد . هزینه های اولیه و پمپاژ معمول در سیستم های بارانی عبارتند از :

- برپایه قیمتهای مربوط به دهه ۱۹۸۰ ، دامنه هزینه ها در انواع مختلف سیستم های بارانی شامل خطوط اصلی و ایستگاه پمپاژ به این صورت می باشد :
- برای سیستم های ساده از ۴۵۰ تا ۷۰۰ دلار در هر هکتار .
- برای سیستم های مکانیزه و خود پیشران از ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ دلار در هکتار .
- برای سیستم های ثابت خودکار و نیمه خودکار از ۲۰۰۰ تا ۳۵۰۰ دلار در هکتار .
- هزینه های پمپاژ برای تحت فشار قرار دادن آب در لوله ها ، یکی از هزینه های جاری سیستم می باشد (مگر اینکه آب تا مزرعه تحت فشار کافی انتقال یابد) . این هزینه ها در حدود ۰/۲۵ دلار در هر هکتار و برای هر میلیمتر آب تحت فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال می باشد (برپایه ۰/۲ دلار برای هر لیتر گازوئیل و یا ۰/۰۶ دلار برای هر کیلووات ساعت برق مصرفی) . فشار معمول مورد نیاز در ابتدای لوله های لاترال از حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ کیلوپاسکال (۳۰ تا ۶۰ psi) بر حسب نوع آبپاش مورد استفاده متغیر است .

انتقال و کیفیت آب

- روش بارانی تحت شرایط زیر دارای محدودیت هایی می باشد :
- استفاده از جریانات متناوب بزرگ بدون استفاده از استخر ذخیره مقرون به صرفه نیست . زیرا کوچکترین نوسان در مقدار جریان ورودی به سیستم ، مشکلات فراوانی ایجاد می کند .
 - آبهای شور احتمالاً مشکلاتی ایجاد می کنند . زیرا املاح از طریق برگها جذب شده و وجود غلظتهای بالای بی کربنات در آب آبیاری ، کیفیت میوه ها را در زمان آبیاری رودرختی تحت تأثیر قرار می دهد .
 - برخی آنها نسبت به لوله ها فلزی که بطور معمول در بسیاری از سیستم های آبیاری بارانی مورد استفاده قرار می گیرند ، ایجاد خوردگی می نمایند .

محدودیت های طراحی و محدودیت های محیطی

- برخی از محدودیت های مهمی که قابلیت کاربرد سیستم های بارانی را محدود می سازند عبارت هستند از :
- آبیاری بارانی در خاکهایی که سرعت نفوذ کمتر از ۳ میلیمتر در ساعت (۰/۱۲ اینچ در ساعت) دارند مناسب نیست .
 - شرایط بادی و بسیار خشک راندمان کاربرد این سیستم ها را کاهش می دهد .
 - زمینهای دارای شکل نامنظم بخصوص در زمان مکانیزه کردن سیستم ها ایجاد مشکل می کنند .

۳- روابط آب-خاک-گیاه

به منظور ایجاد توانایی در طراحی و مدیریت سیستم های تحت فشار، شناخت و درک روابط بین آب، خاک و گیاه بسیار مهم است. فرض بر این است که خواننده این کتاب آشنایی لازم با مفاهیم عمومی که اساس این فعل و انفعالات هستند را قبلاً کسب نموده است. بنابراین این کتاب با مروری بر اصطلاحات مهم در این روابط بطور مختصر به این بخش می پردازد.

رطوبت خاک

خاکها با بافتهای متفاوت، توانایی متفاوتی برای نگهداری رطوبت دارند. بغیر از آبشویی مورد نیاز، هر آبیاری بیشتر از ظرفیت رطوبتی مزرعه یک زیان اقتصادی محسوب می شود. جدول ۳,۱ که مقادیر مختلف ظرفیت رطوبت قابل استفاده در بافتهای مختلف را در اختیار قرار می دهد، از فصل ۱، بخش ۱۵ کتاب Soil Conservation Service's (SCS) National Engineering Handbook اقتباس شده است. در زمانیکه داده های صحرایی در اختیار نیست، میانگین های ذکر شده در جدول ۳,۱ به عنوان معیاری برای طراحی های اولیه مورد استفاده قرار می گیرند. اما طراحی های نهایی باید بر اساس داده های واقعی صحرایی صورت گیرد.

عمق ریشه

مجموع مقدار رطوبت در دسترس خاک برای استفاده گیاه در هر نوع خاکی عبارت است از مجموع ظرفیت نگهداری رطوبت برای تمامی لایه هایی که توسط ریشه گیاه اشغال شده اند. عمق واقعی ریشه دوانی در گیاهان مختلف تحت تأثیر شرایط خاک قرار دارد. بنابراین، عمق واقعی می بایست در هر محلی بررسی شود. در مناطقی که اطلاعات محلی در اختیار قرار ندارند، اطلاعات جدول ۳,۲ می تواند به عنوان معیاری به منظور برآورد عمق مؤثر ریشه در محصولات مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۳,۱ / ظرفیت نگهداری رطوبت در بافت های مختلف خاک.

بافت خاک	ظرفیت نگهداری رطوبت	
	دامنه mm/m	متوسط mm/m
بافت بسیار سبک - شن بسیار درشت	33 to 62	42
بافت سبک - شن درشت - شن ریز و بافت شنی لومی	62 to 104	83
بافت نسبتاً درشت - بافت لومی شنی	104 to 145	125
بافت متوسط - بافت لومی شنی بسیار ریز - بافت لومی و بافت لومی سیلتی	125 to 192	167
بافت نسبتاً سنگین - بافت لومی رسی - بافت لومی رسی سیلتی و بافت لومی رسی	145 to 208	183
بافت سنگین - بافت رسی شنی - بافت رسی سیلتی - بافت رسی	133 to 208	192
خاک های پیت و سیاحاک	167 to 250	208

NOTE: 1 mm/m = 0.012 in./ft.

مقادیر نمایش داده شده در جدول ۳,۲ میانگین ارقام موجود در مراجع مختلف می باشند. این ارقام نشان دهنده عمقی هستند که گیاه بخش عمده ای از آب مورد نیاز خود را در یک خاک عمیق و با زهکشی مناسب که تحت آبیاری کافی قرار دارد، می تواند جذب کند.

مقدار مصرف

تعیین مقدار آبی که یک سیستم می بایست در طی یک دوره بخصوص قادر به انتقال آن به سمت گیاه باشد، در انتخاب ظرفیتی که در طول عمر یک سیستم، بیشترین سود را به کشاورز می رساند حائز اهمیت است. برای پرداختن به این مسئله، واجب است بدانیم که یک محصول خاص چه میزان آب مصرف می کند. نه تنها

جدول ۳،۲ / عمق مؤثر ریشه گیاه که تقریباً ۸۰ درصد از تغذیه گیاه را در خاک عمیق، یکنواخت و با زهکشی مناسب

بر عهده دارد. (۱ متر = ۳/۲۸ فوت)

عمق ریشه	عمق ریشه
(m)	(m)
یونجه	0.2 to 0.5
بادام	1.2 to 1.8
سیب	0.6 to 1.1
زردآلو	0.9 to 1.5
کنگر فرنگی	0.3 to 0.6
مارچوبه	0.6 to 0.9
آوکادو	0.3 to 0.5
موز	0.3 to 0.8
جو	0.4 to 0.8
لوبیای خشک	0.6 to 1.2
لوبیای سبز	0.4 to 0.8
لوبیای لیما	0.6 to 1.2
چغندر قند	0.6 to 0.9
Beet (table)	0.8 to 1.2
توت	0.6 to 0.9
کلم سیاه	0.6 to 0.9
کلم دکمه ای	0.9 to 1.2
کلم	0.3
گرمرک (طالبی)	0.9 to 1.5
هویج	0.6 to 0.9
گل کلم	0.9 to 1.2
کرفس	0.6 to 0.9
چغندر برگی	0.4 to 0.6
یونجه	0.6
مرکبات	0.6 to 0.9
قهوه	0.9 to 1.5
ذرت دانه ای و علوفه ای	0.6 to 1.2
ذرت شیرین (بلال)	0.4 to 0.6
پنبه	0.6 to 1.8
خیار	0.4 to 0.6
بادنجان	0.8
انجیر	0.9
کتان	0.6 to 0.9
انگور	0.5 to 1.2
کاهو	0.2 to 0.5
یونجه	1.2 to 1.8
یولاف	0.6 to 1.1
زیتون	0.9 to 1.5
پیاز	0.3 to 0.6
زردک	0.6 to 0.9
میوه گل ساعتی	0.3 to 0.5
چمن	0.3 to 0.8
نخود	0.4 to 0.8
هلو	0.6 to 1.2
پسته زمینی	0.4 to 0.8
گللابی	0.6 to 1.2
فلفل	0.6 to 0.9
آلو	0.8 to 1.2
سیب زمینی	0.6 to 0.9
سیب زمینی شیرین	0.6 to 0.9
کدو حلوائی	0.9 to 1.2
ترچه	0.3
کاجیره	0.9 to 1.5
سورگوم دانه ای	0.6 to 0.9
سورگوم علوفه ای	0.9 to 1.2
سویا	0.6 to 0.9
اسفناج	0.4 to 0.6
کدو	0.6 to 0.9
توت فرنگی	0.3 to 0.5
نیشکر	0.5 to 1.1
ذرت خوشه ای سودانی	0.9 to 1.2
تنباکو	0.6 to 1.2
گوچه فرنگی	0.6 to 1.2
شلغم	0.5 to 0.8
گردو	1.7 to 2.4
هندوانه	0.6 to 0.9
گندم	0.8 to 1.1

* تقریباً ۸۰ درصد از ریشه های فعال گیاه در ۶۰ درصد بالایی نیمرخ خاک قرار دارند.

* عوامل محیطی معمولاً رشد نرمال ریشه را تحت تأثیر قرار می دهند. بنابراین، چگالی خاک، شکل خلل و فرج خاک و اندازه آنها، شرایط رطوبتی خاک، تهویه، مقدار مواد مغذی خاک، تغییرات بافت و ساختمان خاک، املاح محلول در خاک و ریشه های صدمه دیده گیاه باید در نظر گرفته شوند.

جدول ۳,۳ / مقادیر حداکثر رطوبت روزانه و فصلی مورد نیاز گیاه در اقلیم های گوناگون.

نام محصول	نوع اقلیم و نیاز آبی mm									
	سرد		معتدل		گرم		بیابانی		نیمه بیابانی	
	روزانه	فصلی	روزانه	فصلی	روزانه	فصلی	روزانه	فصلی	روزانه	فصلی
یونجه	5.1	635	6.4	762	7.6	914	8.9	1016	10.2	1219
چمن	4.6	508	5.6	610	6.6	711	7.6	762	8.9	914
غلات	3.8	381	5.1	457	5.8	508	6.6	533	5.8 ¹	508 ¹
چغندر	4.6	584	5.8	635	6.9	711	8.1	732	9.1	914
لوبیا	4.6	330	5.1	381	6.1	457	7.1	508	7.6	559
ذرت	5.1	508	6.4	559	7.6	610	8.9	660	10.2	762
پنبه	-	-	6.4	559	7.6	660	-	-	10.2	813
نخود	4.6	305	4.8	330	5.1	356	5.6	356	5.1 ²	356 ²
گوچه فرنگی	4.6	457	5.1	508	5.6	559	6.4	610	7.1	660
سیب زمینی	4.6	406	5.8	457	6.9	553	8.1	584	6.9 ²	533 ²
سبزیجات	4.1	305	4.6	356	5.1	406	5.6	457	6.3 ²	508 ²
خرپزه	4.1	381	4.6	406	5.1	457	5.6	508	6.4 ²	559 ²
توت فرنگی	4.6	457	5.1	508	5.6	559	6.1	610	6.6	660
مرکبات	4.1	508	4.6	559	5.1	660	-	-	5.6	711
باغهای میوه	3.8	483	4.8	533	5.8	584	6.6	635	7.6	762
تاکستان	3.6	356	4.1	406	4.8	457	5.6	508	6.4	610

¹ کاشت در زمستان² کاشت در زمستان یا پاییز

NOTE: 1 mm = 0.039 in.

در طول یک فصل کامل ، بلکه همچنین در طول بخشی از یک فصل که مصرف آب در آن دوره بیشینه است . این رقم ، مقدار استفاده از آب در طول دوره حداکثر مصرف می باشد که معیار تعیین مقدار آب آبیاریست که می بایست به مزرعه انتقال داده شود . مثالهایی از حداکثر نیاز آبی روزانه و نیاز فصلی محصول در جدول ۳,۳ ارائه شده اند .

مدیریت رطوبت خاک

قاعده کلی برای بسیاری از محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک این است که کمبود رطوبت خاک (SMD) در منطقه ریشه گیاه نباید به کمتر از ۵۰ درصد کل ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک برسد . این یک کمبود مجاز مدیریتی می باشد ($MAD = 50\%$) . از آنجایی که برگرداندن رطوبت خاک به سطح ظرفیت زراعی مطلوب و مورد نظر است ، عمق آبی که در هر آبیاری و در تمام طول دوره کشت به زمین داده می شود ثابت است . این بدان معنی می باشد که طول هر آبیاری نیز ثابت است . هرچند که دور آبیاری به عنوان تابعی از تغییرات نرخ مصرف آب در طول فصل رشد تغییر می کند .

در مناطق مرطوب ، لازم است تا میزان بارانی که در هر دور آبیاری می بارد نیز در نظر گرفته شود . به هر حال ، محدودیت ۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک می بایست به عنوان یک معیار کلی برای محصولات زراعی رعایت شود . مدیریت خاک ، مدیریت آب و ملاحظات اقتصادی مقدار آبی که در آبیاری استفاده می شود و نرخ کاربرد آن را تعیین می کنند . روش استاندارد طراحی ، تعیین مقدار آب مورد نیاز به منظور پر کردن منطقه ریشه تا سطح ظرفیت زراعی و سپس

، استفاده از مقادیر بیشتر آب برای در نظر گرفتن مقدار تبخیر ، آبیاری و راندمان کاربرد آب می باشد . روش مرسوم برای محاسبه دور آبیاری شامل در نظر گرفتن عمق آب در منطقه توسعه ریشه (که می تواند توسط گیاه استخراج شود) با فرض $MAD = 50\%$ و استفاده از شدت مصرف روزانه گیاه می باشد و به این ترتیب ، طول مدت تأمین این مقدار مشخص می شود . یک چنین روشی تنها به عنوان معیاری در محاسبه الزامات آبیاری مفید است . زیرا عوامل زیادی هستند که مقدار و حجم کاربرد آب را برای طراحی و استفاده بهینه از سیستم تحت تأثیر قرار می دهند .

جدول ۳,۴ به عنوان راهنمای انتخاب حداکثر تخلیه مجاز رطوبت از خاک (کمبود مجاز مدیریتی) به منظور رساندن مقدار تولید به حد بهینه برای محصولات مختلف ارائه شده است . همانطور که مشخص است ، برای گیاهانی که ارزش تجاری بیشتری دارند ، آبیاری قبل از تخلیه ۵۰ درصد از رطوبت منطقه ریشه سودآورتر است .

جدول ۳,۴ / مقادیر تخلیه مجاز مدیریتی ، MAD ، برای گیاهان مختلف.

MAD, %	نوع محصول و عمق ریشه
25-40	محصولات دارای ریشه سطحی ، میوه های گران قیمت و سبزیجات
40-50	باغهای میوه ، تاکستان ها ، میوه های هسته دار ، محصولات دارای ریشه های با عمق متوسط
50	محصولات علوفه ای ، غلات و محصولات دارای ریشه های عمیق

* برخی از باغهای میوه جدید در انتهای دوره رشد برای افزایش اندازه میوه ها به مقادیر کوچکتر MAD نیازمندند .

عمق آبیاری

حداکثر عمق خالص آبیاری (d_x) که می بایست در هر آبیاری تأمین شود برابر حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی خاک بین دو آبیاری می باشد .

$$d_x = \frac{MAD}{100} \times W_a \times Z \quad (۱,۳)$$

d_x : حداکثر عمق خالص آبیاری در هر نوبت (mm یا inch) .

MAD : کمبود مجاز رطوبتی که می تواند از جدول ۳,۴ استخراج شود (%)

W_a : ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک که می تواند از جدول ۳,۱ استخراج شود (mm/m یا in/ft) .

Z : عمق مؤثر ریشه که می تواند از جدول ۳,۲ استخراج شود (mm یا ft) .

فاصل آبیاری ها (دور آبیاری)

دور آبیاری مناسب (که برابر زمانی می باشد که باید بین شروع دو آبیاری متوالی وجود داشته باشد) از این رابطه محاسبه می شود :

$$f' = \frac{d_n}{U_d} \quad (۳,۲)$$

f' : دور آبیاری (روز)

d_n : عمق خالص آبیاری در هر نوبت برای تأمین نیاز مصرفی گیاه (mm یا inch)

U_d : متوسط نیاز روزانه گیاه یا شدت مصرف گیاه در طول ماه حداکثر مصرف که می تواند از جدول ۳,۳ استخراج شود (mm/day یا in/day).

مقداری که برای d_n انتخاب می شود، بستگی به طراحی سیستم و عوامل محیطی دارد و باید برابر یا کمتر از d_x باشد. زمانی که d_x جایگزین d_n در رابطه ۳,۲ می شود، f' حداکثر دور آبیاری را نشان می دهد (f_x).

مفاهیم عمومی طراحی

طراحی سیستم های آبیاری تحت فشار یک فرآیند ترکیبی است که در آن، مشخصاتی از قبیل سرعت نفوذ خاک و نیاز آبی گیاه، لوله ها و پمپ ها و فرآیند هایی مانند بریدن و یا جابجا کردن لوله ها می بایست برای ایجاد یک سیستم آبیاری مناسب با یکدیگر تلفیق شوند. هنر طراح آبیاری این است که تکنیک های مناسب برای مکانهای خاص را بشناسد و تصویر ذهنی واضحی از آنچه یک سیستم می تواند انجام دهد و اینکه یک سیستم کامل چگونه به نظر خواهد رسید داشته باشد.

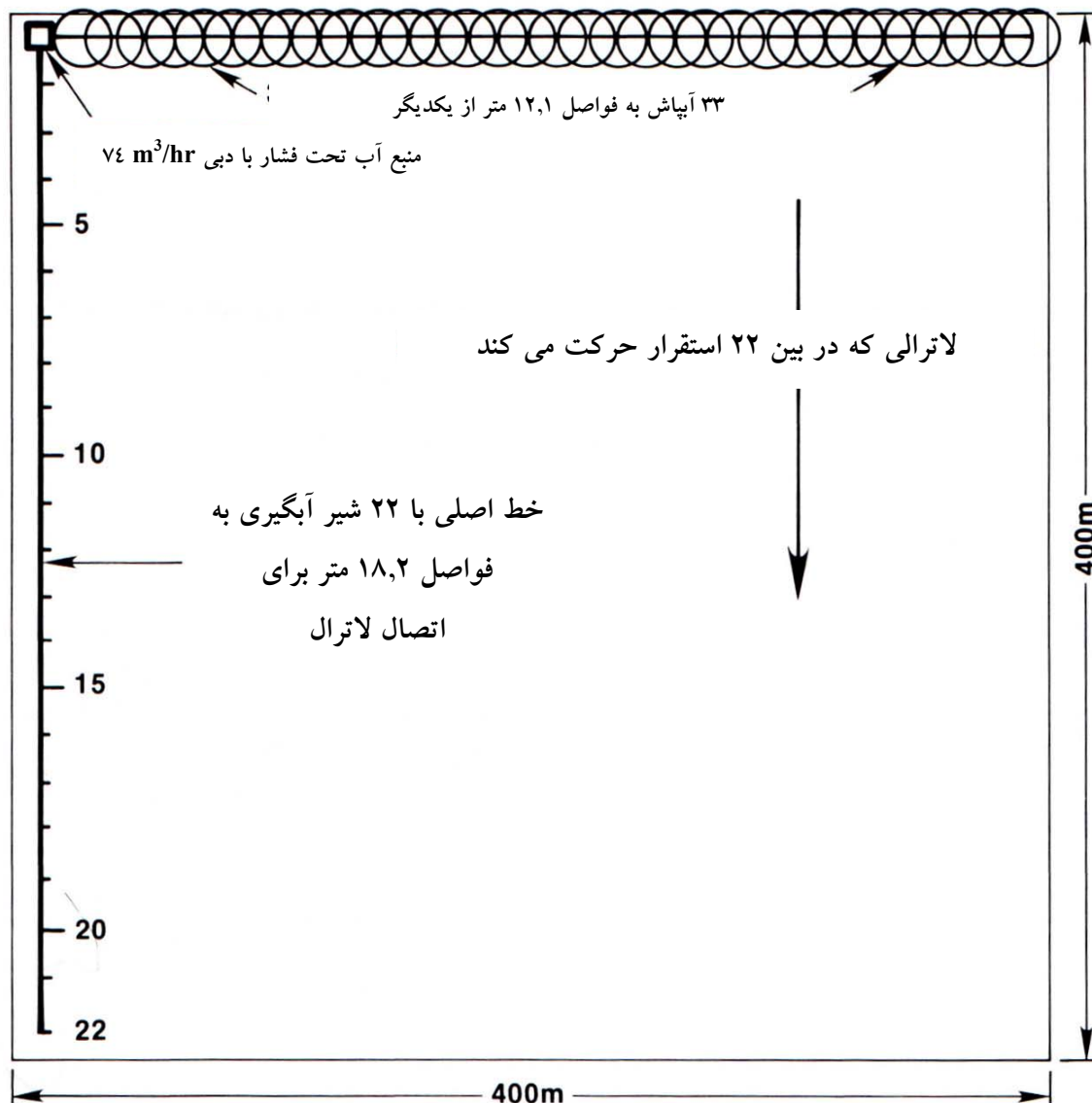
اولین مرحله در بهبود مهارت های طراحی، آشنا شدن با سیستم های آبیاری در حال کار می باشد تا شناخت کافی از سیستم های خوب و بد حاصل شود و علت اینکه آنها سیستم های موفق یا ناموفق هستند مشخص گردد. همچنین، در بررسی سیستمهای موجود، تفکر در مورد راههای بهبود کارایی یک سیستم در مکان فعلی آن و نیز، راههای سازگار کردن سیستم برای شرایط مزارع دیگر ضروری می باشد.

سازگار کردن یک سیستم آبیاری با یک مکان تنها نیاز به شناخت سیستم های آبیاری ندارد. بلکه نیاز به توانایی تحلیل مکانهای گوناگون نیز دارد. تحلیل دقیق هر منطقه، داده هایی را در اختیار قرار می دهد که منجر به شناخت منابع فیزیکی و اجتماعی آن منطقه می شوند. در این نقطه، هنر طراحی آبیاری وارد کار می شود و طراح، سیستم مناسبی را برای منابع در اختیار انتخاب کرده و آن را برای محقق کردن اهداف پروژه تنظیم می کند. اگر اولین طرح موفقیت آمیز نبود، طراحی فقط باید چیزهای دیگری را امتحان کند تا زمانیکه طرحی حاصل گردد که مناسب منابع و نیازهای کشاورز می باشد.

یکی از کلیدهای موفقیت در طراحی، توانایی طرح فرضیات واقع گرایانه در مناطقی است که داده های واقعی در اختیار قرار ندارند. با استفاده از تجارب قبلی و قضاوت های درست، امکان فرموله کردن دقیق یک طرح (حتی اگر داده های مبسوط مربوط به خاک، کاربرد سیستم، هزینه ها و دیگر مسائل وجود ندارند) ممکن است. با این وجود، هرچه اطلاعات مورد استفاده در این راه بیشتر باشد، احتمال ناتوانی سیستم در برآورده کردن انتظارات کمتر می شود.

قبل از ورود به جزئیات طراحی یک سیستم آبیاری تحت فشار، اجازه بدهید یک سیستم آبیاری بارانی متحرک دستی (Hand-Move System) را بررسی کرده و ببینیم که داده های مربوط به اقلیم، گیاه و خاک چگونه در طراحی استفاده می شوند. این سیستم یک مزرعه مربع شکل مسطح با طول و عرض ۴۰۰ متر را آبیاری می کند.

مثال ۳,۱: طراحی یک سیستم آبیاری بارانی متحرک دستی .



شکل ۳,۱ / نمونه ای از آرایش سیستم آبیاری بارانی با جابجایی متناوب.

فواصل آبپاشها ۱۲ متر و فواصل لاترالها ۱۸ متر .

اطلاعات : مزرعه ای با ابعاد ۴۰۰ متر در ۴۰۰ متر و توپوگرافی مسطح . مزرعه تحت کشت یونجه با نیاز آبی ۶ میلیمتر (۰/۲۴ اینچ) در روز می باشد . مقدار رطوبت قابل استفاده در خاک $W_a = 100 \text{ mm/m}$ (یا ۱/۲ اینچ در فوت) و عمق ریشه یونجه ۱/۷ متر (۵/۶ فوت) فرض شده است .

سؤال : اطلاعات مکانی ، خاک ، محصول و اقلیم چگونه در طراحی استفاده می شوند .

محاسبات : از جدول ۳,۴ مقدار کمبود مجاز مدیریتی مورد نظر برای سیستم بارانی ۵۰ درصد می باشد ($MAD = 50\%$) و با استفاده از معادله ۳,۱ مقدار حداکثر عمق خالص آبیاری (d_x) که ممکن است بین دو آبیاری از منطقه ریشه برداشت شود به صورت زیر محاسبه می شود :

$$d_x = \frac{50}{100} 100 \times 1.7 = 85 \text{ mm (3.35 in)}$$

با توجه به نیاز آبی روزانه $U_d = 6 \text{ mm/day}$ (0.24 in/day)، با استفاده از معادله ۳,۲ مقدار حداکثر دور آبیاری محاسبه می شود.

$$f_x = \frac{85 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = \frac{3.35 \text{ in}}{0.24 \text{ in}} = 14 \text{ days}$$

از آنجایی که در این منطقه کارگران مایلند که جمعه ها تعطیل باشند و نیز، از آنجایی که تعطیلی کار به دلیل خرابی های مکانیکی همواره محتمل است، این سیستم طوری طراحی می شود تا آب مورد نیاز در دور آبیاری ۱۴ روزه را در ۱۱ روز کاری تأمین کند. با فرض اینکه لاترالها ۲ بار در روز جابجا می شوند، در نتیجه در طول ۱۱ روز ۲۲ بار شاهد جابجایی آنها خواهیم بود. در هر جابجایی طولی برابر با $400 \text{ m} / 22$ (یعنی $18/2$) متر همانند شکل ۳,۱ تحت پوشش قرار می گیرد.

محاسبات بالا، برنامه ریزی آبیاری را در دوره اوج مصرف مشخص می کنند. با در نظر گرفتن نیاز آبی گیاه و مساحت تحت آبیاری به اطلاعات دیگری نیز می توانیم دست یابیم. با ضرب این دو مقدار در یکدیگر، به مقدار نیاز آبی مزرعه خواهیم رسید که با تعدیل این رقم به منظور در نظر گرفتن راندمان آبیاری، مشخص می شود که این سیستم می بایست با چه شدتی آب را برای مزرعه فراهم کند. در این مثال، با فرض مقدار کلی راندمان انتقال و کاربرد برابر با ۷۵ درصد، اگر سیستم بطور پیوسته کار کند، شدت جریان آب به مزرعه برابر خواهد بود با:

$$\frac{(400\text{m})^2 \times 6 \text{ mm/day}}{0.75} = 1280 \text{ m}^3/\text{day} = 53.3 \text{ m}^3/\text{hr}$$

از آنجایی که جابجایی لاترالها بعد از آبیاری به ۱ ساعت زمان نیاز دارد، سیستم تنها به مدت ۲۲ ساعت در روز و برای ۱۱ روز کار می کند. (در کل ۲۴۲ ساعت = 22×11 از کل مدت زمان ممکن یعنی ۳۳۶ ساعت = 24×14) در طول ۱۴ روز دور آبیاری). این کاهش در مدت زمان عملکرد سیستم باعث افزایش مقدار جریان مورد نیاز می گردد.

$$\frac{336 \text{ hr}}{242 \text{ hr}} \times 53.3 \text{ m}^3/\text{hr} = 74 \text{ m}^3/\text{hr}$$

با استفاده از ۳۳ آبپاش، فاصله آبپاشها $12/1$ متر می گردد. (شکل ۳,۱). در نتیجه متوسط دبی آبپاشها می باسد برابر $2/24$ متر مکعب در ساعت در نظر گرفته شود.

$$\frac{74 \text{ m}^3/\text{hr}}{33} = 2.24 \text{ m}^3/\text{hr}$$

کارهای زیادی برای تکمیل این طرح باقی مانده اند. فشار کاری سیستم می بایست تعیین شود. اندازه لوله ها انتخاب و نوع آبپاشها مشخص گردد. این جنبه های مختلف طراحی در بخش های بعدی کتاب مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

مدیریت و برنامه ریزی

عموماً سیستم های آبیاری به منظور برآورده کردن نیاز محصول در دوره اوج مصرف طراحی می شوند. برخی اوقات برای کاهش هزینه ها و یا استفاده طولانی مدت از منابع محدود آب، سیستم ها برای بهینه کردن تولید در ازای هر واحد

آب مصرفی طراحی می شوند . در چنین مواردی سیستم ها می توانند برای اعمال آب در حد ۸۰ درصد نیاز محصول در دوره/اوج مصرف طراحی شده و تا ۹۵ درصد مقدار بهینه محصول را حاصل کنند . برای محصولات عمیق ریشه در بافتهای سبک ، مقادیر قابل توجهی آب می تواند قبل از رسیدن به دوره های بحرانی مصرف در خاک ذخیره شود . با استخراج و بهره برداری از این رطوبت ذخیره شده در خاک ، می توانیم بدون کاهش مقدار پتانسیل محصول ، حجم آب انتقال یافته در دوره حداکثر مصرف (دوره بحرانی) را کاهش دهیم .

کنترل شوری

تمامی آبهای آبیاری حاوی مقادیری نمکهای محلول هستند . با اعمال مقادیر آب بیش از نیاز مصرفی گیاه ، اکثر نمکهای محلول از منطقه ریشه گیاه شسته می شوند . اولین گام در محاسبه مقدار آب اضافه مورد نیاز برای شستشوی نمکها (آبشویی) محاسبه نیاز آبشویی می باشد .

$$LR = \frac{EC_w}{5 EC_e - EC_w} \quad (۳,۳)$$

LR : نسبت نیاز آبشویی برای آبیاری سطحی و بارانی .

EC_w : هدایت الکتریکی آب آبیاری (ds/m یا mmhos/cm) .

EC_e : هدایت الکتریکی تخمینی مربوط به میانگین شوری عصاره اشباع ناحیه ریشه گیاه به منظور کاهش مورد نظر در مقدار محصول (ds/m یا mmhos/cm) .

توصیه می شود که هدایت الکتریکی عصاره اشباع در جدول ۳,۵ مورد استفاده قرار گیرد . اینها مقادیری هستند که در حدود ۱۰ درصد کاهش محصول را موجب می شوند (Ayers and Westcott , 1985) . (برای تبدیل واحد : ds/m

$$1 \text{ ppm} = 640 \times EC$$

جدول ۳,۵ / مقادیر EC_e که منجر به ۱۰ درصد کاهش محصول می گردد.

$EC_e - dS/m$		$EC_e - dS/m$	
محصولات زراعی			
جو	10.0	برنج	3.8
پنبه	9.6	ذرت	2.5
چغندر قند	8.7	کتان	2.5
گندم	7.4	لوبیای پهن	2.6
سویا	5.5	لوبیای چشم بلبلی	2.2
سورگوم	5.1	لوبیا	1.5
بادام زمینی	3.5		
میوه ها و میوه های مغزدار			
درخت خرما	6.8	زردآلو	2.0
زیتون	3.8	انگور	2.5
درخت انار	3.8	بادام	2.0
دارابی	2.4	آلو	2.1
پرتقال	2.3	تمشک	2.0
لیمو	2.3	بویسن بری	2.0
سیب و گلابی	2.3	آوکادو	1.8
درخت گردو	2.3	تمشک سیاه	1.4
هلو	2.2	توت فرنگی	1.3
سبزیجات			
چغندر	5.1	ذرت شیرین (بلال)	2.5
کلم سیاه	3.9	سیب زمینی شیرین	2.4
گوچه فرنگی	3.5	فلفل	2.2
خیار	3.3	کاهو	2.1
طالبی (گرمک)	3.6	ترپچه	2.0
اسفناج	3.3	پیاز	1.8
کلم	2.8	هویج	1.7
سیب زمینی	2.5	لوبیا	1.5
محصولات علوفه ای			
علف گندم	9.9	تلخه وحشی	4.4
چمن برمودا	8.5	ماش	3.9
جو علوفه ای	7.4	یونجه	3.4
تلخه	6.9	ذرت علوفه ای	3.2
علم گندم تاجدار	6.0	شبدر مصری	3.2
فسکیو (چوبدستی معلم)	5.8	چمن باغی	3.1
ذرت خوشه ای سودانی	5.1	شبدر	2.3

تحت شرایط آبیاری کامل ، هرگاه مقدار نیاز آبخویی کمتر از ۱۰ درصد محاسبه شود ، مقادیر سالانه تلفات نفوذ عمقی ، حتی در اغلب مناطقی که کمترین مقدار آب را دریافت داشته اند ، به منظور تأمین این نیاز آبخویی کفایت می کنند . به هرحال ، تحت شرایط آبیاری ناقص (کم آبیاری) یا زمانی که نیاز آبخویی بیش از ۱۰ درصد باشد ، باید مقادیری آب

علاوه بر نیاز مصرفی گیاه در مقاطعی از سال به منظور برآورده کردن نیاز آبخوایی اعمال گردند. نسبت مقدار آب آبیاری مورد نیاز با و بدون آبخوایی برابر است با: $\frac{1}{(1-LR)}$

زهکشی

تاکنون فرض بر این بوده است که عمق اضافی غیرقابل احتراز آب مصرف شده در تمامی نقاط مزرعه که به مقدار کافی آبیاری شده اند حداقل ۱۰ درصد باشد. با برنامه ریزی ضعیف آبیاری و اعمال غیریکنواخت آب، مقدار آب اضافی بیشتر نیز خواهد بود. در هر دو مورد، تمهیداتی برای رسیدگی به این مقادیر اضافی مورد نیاز است. زهکشی آب اضافی از نیمرخ خاک و انتقال آن به نقطه ای دیگر به منظور استفاده مجدد یا تخلیه آن دارای اهمیتی یکسان با آبیاری است. در حقیقت زهکشی زیرسطحی طبیعی یا مصنوعی برای حفظ محصولات تحت آبیاری ضروریست. بدون این تمهیدات، نمکها تا حدی که برای رشد گیاه حالت سمی ایجاد کنند تجمع کرده و سطح ایستابی آب زیرزمینی نیز صعود کردن و گیاه را غرقاب می سازد. علاوه بر این، ممکن است قابلیت تولید اراضی به شدت صدمه دیده و برای اینکه مجدداً حاصلخیز گردند، نیازمند احیاء باشند. پرداختن به مسئله زهکشی بیش از این، از حوصله این کتاب خارج است. همانند آبیاری، زهکشی رشته تحصیلی دیگری در زمینه مهندسی کشاورزی می باشد.

مثال ۳,۳: برآورد نیاز آبخوایی در یک سیستم آبیاری بارانی.

اطلاعات: مزرعه ذرت که با سیستم آبیاری ارابه ای (Traveling Sprinkler) با آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ds/m $EC_w = 2/1$ آبیاری می شود.

مطلوب است: محاسبه نیاز آبخوایی.

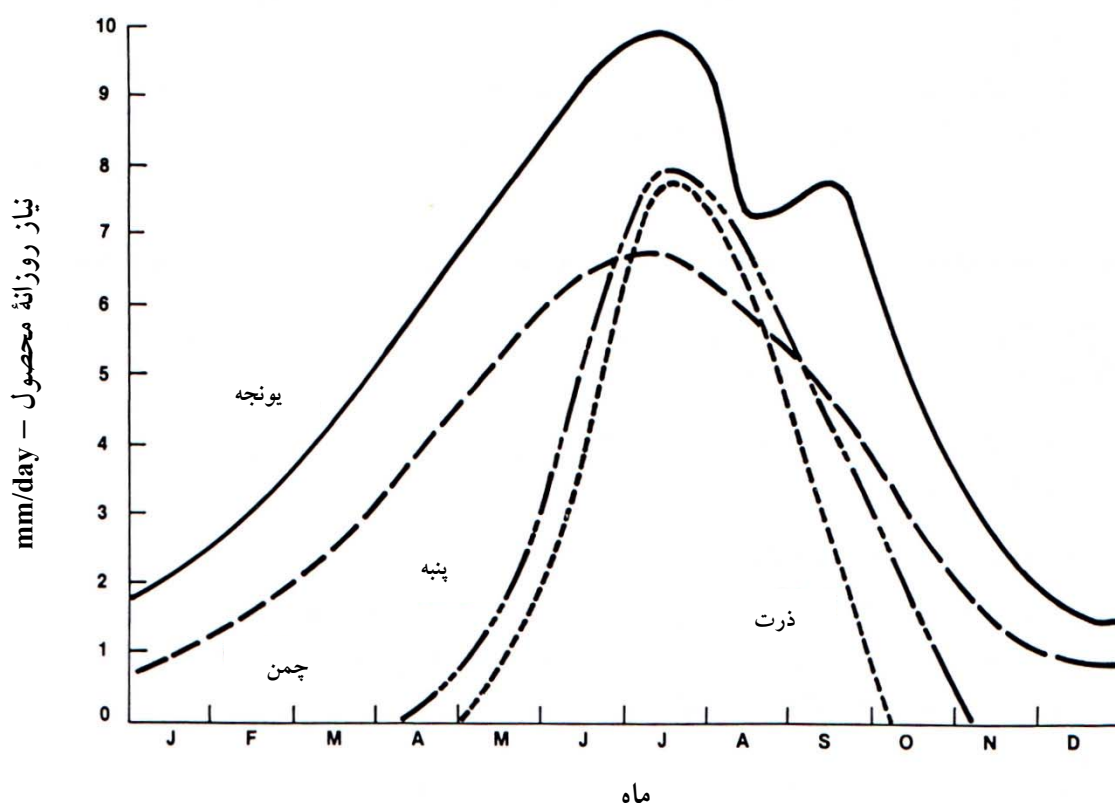
محاسبات: از جدول ۳,۵ مقدار متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع منطقه ریشه که باعث کاهش ۱۰ درصدی مقدار محصول می گردد برابر با ۲/۵ دسی زیمنس بر متر می باشد. طبق معادله ۳,۳:

$$LR = \frac{2.1}{5(2.5) - 2.1} = 0.2 = 20\%$$

عمق آبیاری و دور آبیاری

در مورد سیستم های با جابجایی متناوب (سیستم های نیمه ثابت) و نیز سیستم های متحرک دائم با تواتر آبیاری کم (دور آبیاری طولانی)، مانند سیستم ارابه ای (تفنگی)، به منظور کاهش هزینه های کارگری بهتر است که آبیاری تا حد امکان با تواتر کمتر صورت گیرد. برای سیستمهای عقربه ای و ثابت، درجه خودکار بودن سیستم معمولاً به اندازه ای بالاست که هزینه های کارگری در محاسبه دور آبیاری چندان نقشی نخواهد داشت. در چنین شرایطی، دور آبیاری می تواند به نحوی انتخاب شود که محیط بهینه ای برای رشد گیاه فراهم سازد.

همانطور که قبلاً گفته شد ، سیستم ها به گونه ای طراحی می شوند که دبی ، عمق آبیاری و دور آبیاری ، جوابگوی نیاز آبی گیاه در دوره اوج مصرف باشند . به همین دلیل می بایست به گونه ای مدیریت شوند تا از هدر رفتن آب در دوره های دیگر که نیاز آبی گیاه کمتر است جلوگیری شود . (شکل ۳,۳) . یعنی زمانی که ریشه گیاه احتمالاً تا عمق کامل نفوذ نکرده است و همینطور در دوره هایی که بارندگی وجود دارد . این امر نیازمند ریزی آبیاری است تا احتیاجات گیاه برآورده گردد . آب ، نیروی کارگری و انرژی در دوره های بارانی و نیز ، در ابتدا و انتهای فصل رویش گیاه (اگر سیستم با ظرفیت کامل کار کند) هدر خواهند رفت . علاوه بر این ، در طول مراحل اولیه رشد محصول ، زمانی که ریشه ها سطحی هستند ، استفاده از آبیاری های سبک با تواتر بیشتر (دور آبیاری کوتاهتر) مورد نیاز خواهد بود .



شکل ۳,۳ / نمونه ای از منحنی های نیاز آبی برای یونجه، پنبه، ذرت و چمن در کالیفرنیا.

این امکان وجود دارد که با استفاده از تعادل آبی بر پایه تخمین تبخیر و یا مشاهده وضعیت رطوبت خاک ، فرآیند آبیاری به نحوی علمی برنامه ریزی شود . (برای دستیابی به جزئیات مربوط به شیوه های برنامه ریزی و تخمین نیاز آبی گیاه مراجعه شود به :

Doorenbos and Pruitt (1977) ، Doorenbos and Kassam (1979) ،

(1985) Hargraves and Samani ، (1990) Jensen et al .

۴- انواع سیستم های آبیاری بارانی

۱۰ نوع عمده از سیستم های آبیاری بارانی وجود دارند که هر یک به گونه های زیادی تقسیم می شوند. این سیستم ها را می توان به دو گروه پایه تقسیم بندی کرد: سیستم های ثابت، که با گروهی از آبپاشها که در جایگاهی ثابت قرار دارند کار می کنند، و سیستم های متحرک دائم که در حالیکه آبپاشها در حال کار و چرخش هستند، در طول مزرعه حرکت می کنند. سیستم های ثابت بر حسب اینکه آبپاشها باید در طول دور آبیاری در مزرعه جابجا شوند یا خیر، مجدداً به دو دسته تقسیم بندی می شوند. آن دسته از سیستم ها که می بایست جابجا شوند، به سیستم های با جابجایی متناوب (سیستم های نیمه ثابت) و آن دسته که نیاز به هیچ جابجایی ندارند، سیستم های کاملاً ثابت (یا به اختصار و بطور معمول، سیستم های ثابت) نامیده می شوند.

سیستم های نیمه ثابت (با جابجایی متناوب)

انواع عمده سیستمهای نیمه ثابت عبارتند از: لاترالهای متحرک دستی، لاترالهای ته کش (که بدون جدا شدن از یکدیگر به محل بعدی کشیده می شوند) و لاترال های چرخدار با و بدون خطوط هادی، سیستم تفنگی (ارابه ای) و آبپاشهای بوم. سیستم های ثابت، یا کوچک هستند و یا از آبپاشها بزرگ تفنگی تشکیل شده اند که در جایگاهی ثابت نصب می شوند.

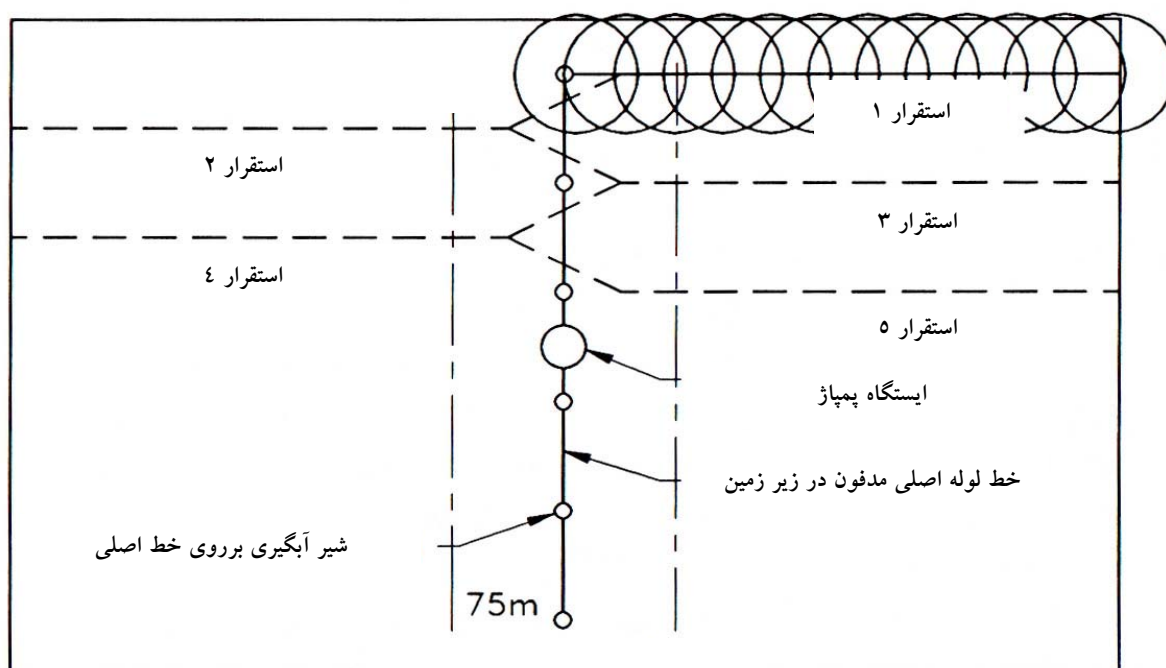
سیستم لاترال های متحرک دستی

سیستم لاترالهای متحرک دستی از لوله اصلی متحرک یا دفن شده در زیر زمین با شیرهای خروجی که در فواصل معمولاً مساوی برای اتصال لاترال های متحرک (قابل حمل) قرار دارند تشکیل می شود. این لاترالها از اتصال لوله های آلومینیومی با استفاده از اتصال دهنده های سریع (Quick Couplers) ساخته می شوند. هر قسمت لوله، در میانه یا در انتهای خود شامل یک لوله رایزر (لوله اتصال) است که سر آبپاش را نگه می دارد. این سیستم برای آبیاری مساحتی گسترده تر نسبت به گونه های دیگر سیستم های ثابت و نیز، بر روی اکثر قریب به اتفاق محصولات کشاورزی و هر نوع توپوگرافی استفاده می شود. یکی از معایب این سیستم نیاز کارگری فراوان آن است. این سیستم پایه انواع سیستم های مکانیزه می باشد. شکل ۲،۲ نوعی سیستم لاترال متحرک دستی را در حال کار نشان می دهد.

تغییراتی به منظور کاهش نیاز کارگری در سیستم های متحرک دستی قابل اجراست. مثلاً با اضافه کردن یک لوله T شکل به سر هریک از لوله های رایزر. یک لوله یا شلنگ در فواصل بین لاترالها به این لوله T شکل متصل می شود. با استفاده از یک ردیف آبپاش که در طول لاترال قرار دارند و یک ردیف دیگر در انتهای این شلنگ و بر روی لوله T شکل سوار می شوند، نواری به عرض دو آبپاش آبیاری می شود. این تغییر، تعداد لاترالهای متحرک را به نصف تقلیل می دهد. به هر حال، حرکت دادن این سیستم نسبت به سیستم معمولی متحرک دستی مشکل تر است.

سیستم لاترال های ته کش (End-Two System)

این سیستم مشابه لاترالهای متحرک دستی است با این تفاوت که از لوله های لاترال که بطور غیرقابل انعطاف و محکم به یکدیگر بسته شده اند تشکیل شده که در نهایت به یک لوله اصلی متصل می شوند . لوله اصلی باید زیر زمین دفن شود و محل آن ، برای سهولت کار باید در مرکز مزرعه واقع شده باشد . لاترالها از دو سمت در طول لوله اصلی به شکل S به آن متصل می شوند (یعنی یکبار در سمت راست لوله و یکبار در سمت دیگر متصل می شوند ؛ شکل ۴,۱) . با تخلیه آب لوله ها بوسیله شیرهای زهکشی (تخلیه) خودکار ، یک تراکتور با قدرت ۲۰ تا ۳۰ اسب بخار می تواند به راحتی لاترالی به طول ۴۰۰ متر و قطر ۱۰۰ میلیمتر (۴ اینچ) را حرکت دهد .



شکل ۴,۱ / نمونه ای از لاترالهای ته کش.

دو نوع روش جابجایی برای سیستم های ته کش وجود دارد . یکی استفاده از صفحه لغزش (Skid Plate) است (مانند چوب اسکی) که به هریک از اتصالات لوله متصل است تا کمی لوله را از سطح خاک بالاتر نگه دارد ، از شیرهای تخلیه محافظت کند و سطح مناسبی در هنگام کشیدن لوله ها بر روی زمین ایجاد کند . برای اتصال صفحات لغزشی و عمود نگه داشتن آبپاشها در طول ۴۰۰ متر طول لاترال ، دو یا سه عدد پایه لازم است . در روش دیگر از چرخهای کوچک فلزی در بین هریک از اتصالات استفاده می شود تا امکان راحت تر کشیده شدن لوله بر خاکهای شنی فراهم شود .

لاترالهای ته کش ارزانه ترین نوع سیستم آبیاری است که به روشهای مکانیکی جابجا می شود . با اینحال ، برای مزارعه کوچک و دارای شکل نامنظم ، توپوگرافی شیبدار یا نامنظم ، محصولات ردیفی که روی خطوط کنتورکشت شده اند و یا مزارعی با موانع فیزیکی مناسب نمی باشند . این نوع سیستم ها بر روی چمن ها ، بقولات و دیگر گیاهانی که بطور فشرده کشت می شوند و همچنین تا حدودی در مورد گیاهان ردیفی بهترین عملکرد را دارند . علیرغم این موضوع ، لاترالها می تواند با عملکرد بی دقت کارگران به آسانی صدمه ببینند . مهم است که متصدی انتقال لاترالها از جابجایی آنها قبل از اینکه آب درونشان تخلیه شود ، خم کردن شدید آنها در حین انتقال و انتقال سریع لوله ها خودداری کند . به همین علت ، سیستم های ته کش برای طرح هایی که کیفیت کار کارگران قابل اطمینان نیست توصیه نمی شوند .

در زمانیکه این سیستم در محصولات ردیفی مورد استفاده قرار می گیرد ، ۷۵ متر فضا در انتهای لوله اصلی برای دور زدن تراکتور مورد نیاز است (به شکل ۴،۱ نگاه کنید) . آبیاری درختان بلند قامت مانند ذرت به چیدمان ویژه ای نیاز دارد . مثلاً ۴ ردیف ذرت پایه کوتاه بعد از ۱۶ ردیف ذرت پایه بلند ، به نحوی که تراکتور بتواند بدون صدمه زدن به محصول در بین آنها حرکت کند .

سیستم لاترالهای چرخدار (Side-Roll Lateral System)

این سیستم ها شبیه سیستم لاترالهای متحرک دستی هستند . لوله های لاترال محکم به یکدیگر متصل شده اند و هر اتصال لوله ، توسط یک چرخ بزرگ (مانند شکل ۴،۲) حمل می شود . لوله لاترال ، محور چرخها را تشکیل می دهد . این واحد بصورت مکانیکی توسط موتوری که در میانه لوله نصب شده و یا با منبع قدرت خارجی که در انتهای لوله قرار دارد حرکت داده می شود .



شکل ۴،۲ / سیستم لاترالهای چرخدار در حال کار.

لاترالهای چرخدار در محصولات کوتاه قامت (پایه کوتاه) کارایی خوبی دارند . این سیستم ها با زمینهای مستطیل شکل که دارای توپوگرافی نسبتاً یکنواخت و بدون موانع فیزیکی هستند بهترین سازگاری را نشان می دهد . قطر چرخها باید بگونه ای انتخاب شود که لوله لاترال بدون تماس با محصول از آنها بگذرد . طول حرکت لاترال برابر با مجموع تعداد دورهای چرخ ضرب در محیط چرخ می باشد .

لاترالهای چرخدار تا طول ۴۹۰ متر (۱۶۰۰ فوت) برای استفاده در محصولاتی که بطور فشرده کشت می شوند و نیز ، توپوگرافی هموار نتایج رضایت بخشی می دهند . برای توپوگرافی های شیبدار یا ناهموار ، و نیز برای محصولات ردیفی که در جویچه های عمیق کشت می شوند ، مانند سیب زمینی ، طول لاترال نباید از ۴۰۰ متر تجاوز کند . معمولاً لوله های

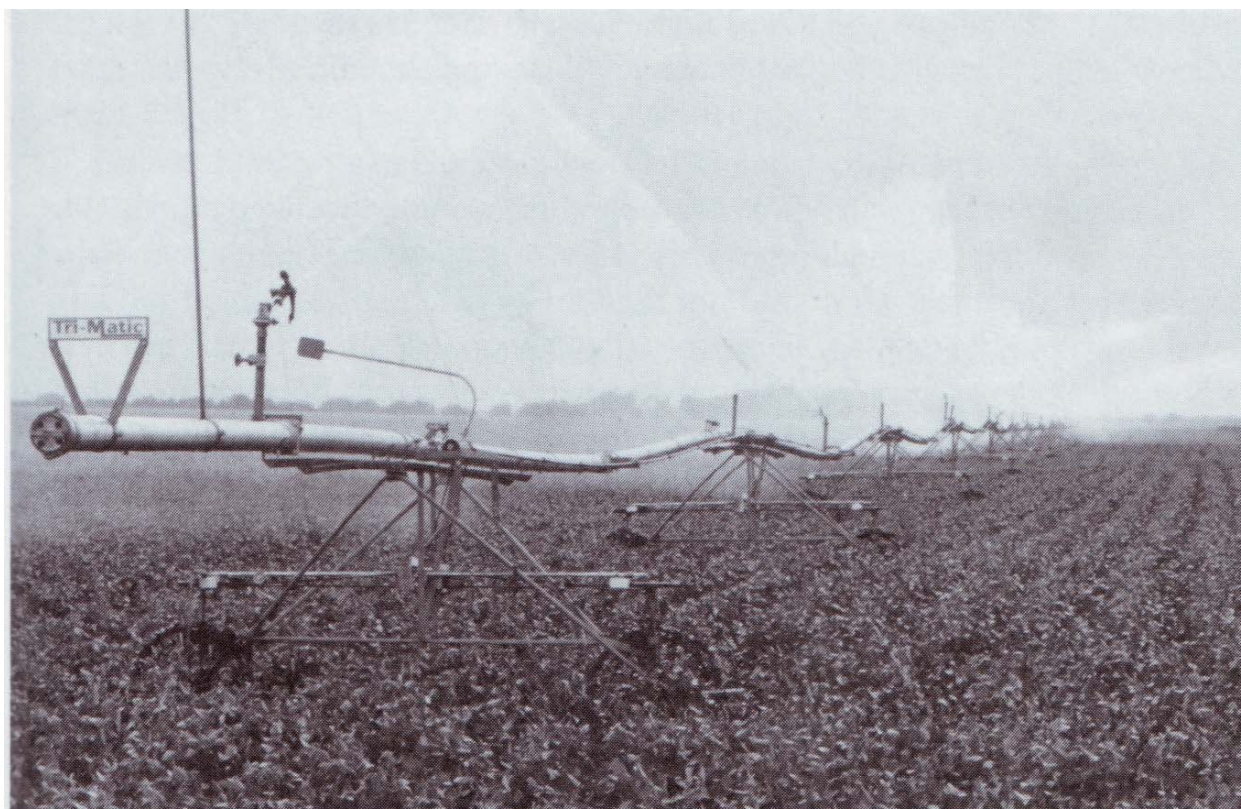
آلومینیومی با قطر ۱۰۰ تا ۱۲۵ میلیمتر (۴ تا ۵ اینچ) مورد استفاده قرار می گیرند . برای لوله استاندارد ۴۰۰ متری در گیاهانی که بطور فشرده کشت شده اند ، حداقل ۳ بخش لوله در هر سوی موتور محرک باید دارای جداره ضخیم ۱/۸۳ میلیمتری (۰/۰۷۲ اینچی) آلومینیومی باشند . برای لوله های طویلتر و جویچه های عمیق در محصولات ردیفی یا توپوگرافی های پرشیب ، لوله های ضخیمتر مورد نیاز هستند تا لاترال قادر باشد بدون پیچ خوردگی ، بطور یکنواخت و با کمترین احتمال شکستگی بر روی زمین بچرخد (غلط بزند) .

لاترال چرخداری که بخوبی طراحی شده است باید در هر اتصال بین قسمتهای لوله ، یک شیر تخلیه سریع داشته باشد . تمام آبپاشها باید دارای یک وسیله تراز باشند تا بدون در نظر گرفتن موقعیت قرار گیری لاترال ، همواره بصورت عمود رو به بالا قرار داشته باشند . بعلاوه ، لاترال باید شامل حداقل دو بادبند (Wind Brace) ، یعنی یک عدد در هر سمت موتور محرک برای محافظت از بادبردگی دستگاه ، و همچنین بخش انعطاف پذیر یا جمع شو (تلسکوپی) برای اتصال لاترال به شیر آبیگری لوله اصلی باشد .

لوله های اضافی انتهایی با طولی برابر با فاصله جابجایی های لاترال ، بعضی اوقات به لوله های ضخیم ۵ اینچی اضافه می شوند . با آبپاشهای نصب شده در طول لاترال و در انتهای لوله اضافی ، این خطوط می توانند تا دو برابر سطحی که در سیستم های معمولی چرخدار آبیاری می شوند را آبیاری کنند . جفت کننده های سریع در هریک از لوله های اضافی انتهایی مورد نیاز هستند تا زمانیکه لاترال به آخرین استقرار می رسد ، این لوله ها بتوانند از لاترال جدا شوند . سپس ، لاترالها باید به اولین استقرار برگردانده شوند . جاییکه لوله های اضافی انتهایی مجدداً برای شروع دور بعدی آبیاری به لاترال متصل می شوند .

سیستم لاترالهای چرخدار با جابجایی یکطرفه (Side-Move Laterals)

لاترالهای چرخدار با جابجایی یکطرفه بطور متناوب در سرتاسر مزرعه به روشی مانند لاترالهای چرخدار معمولی جابجا می شوند . مهمترین تفاوت بین این دو سیستم این است که لوله ها بر روی چرخهایی که بر روی چارچوب A شکلی قرار دارند حمل می شوند (به جای اینکه لوله ها نقش محور چرخها را داشته باشند) .



شکل ۴,۳ / لاترال با جابجایی متناوب مجهز به برجهای متحرک برای نگهداشتن آبپاشهای تفنگی.

معمولاً لوله ها در ارتفاع $1/5$ متری زمین حمل شده و چارچوبی که چرخها بر روی آن نصب می شوند $15/2$ متر با یکدیگر فاصله دارند. لوله های اضافی انتهایی با حداکثر 11 آبپاش که در فواصل $9/2$ متری از یکدیگر نصب شده اند پشت هریک از پایه های چرخدار کشیده می شوند. بنابراین این سیستم ها نواری به عرض بالغ بر $100/6$ متر را مرطوب کرده و به یک لاترال 400 متری امکان آبیاری حدود 4 هکتار در هر استقرار را می دهند. یک چنین سیستمی، یکنواختی بالا و شدت پاشش کمی را تولید می کند.

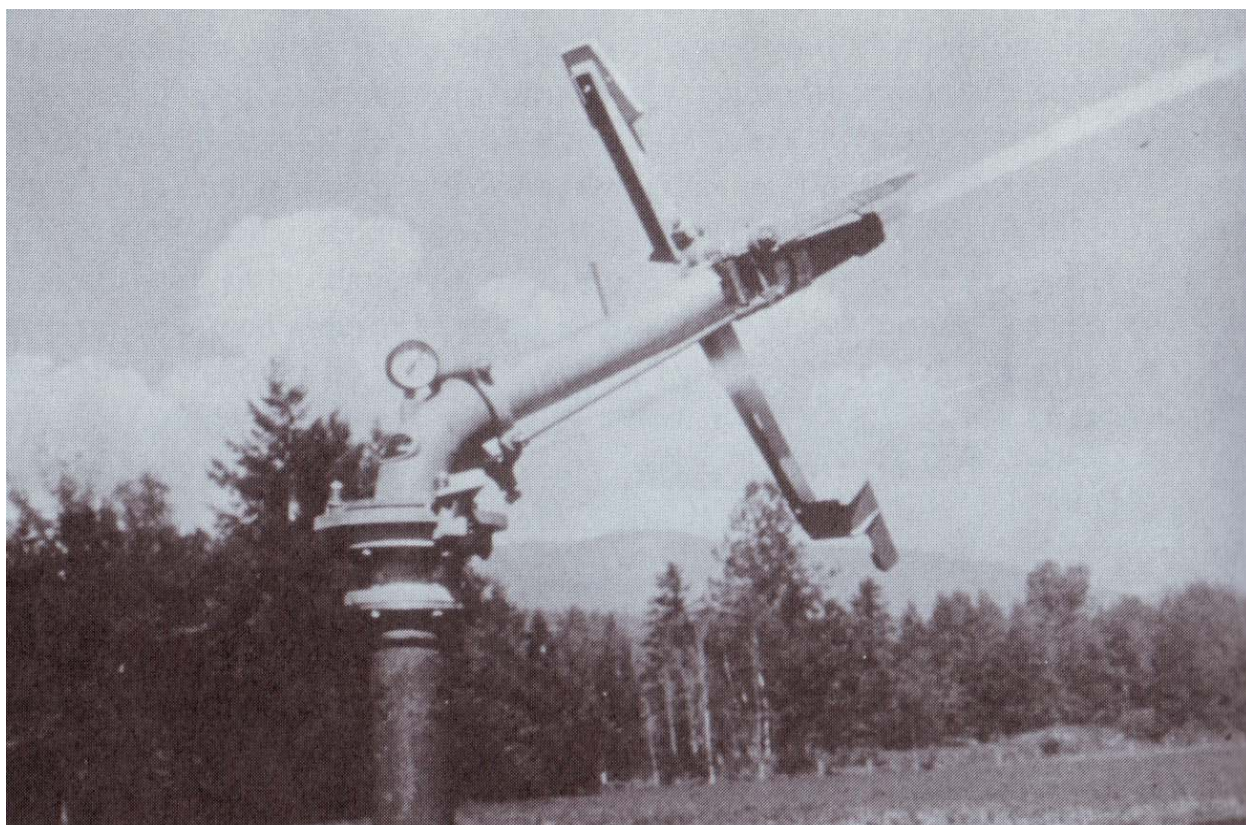
لاترالهای چرخدار با جابجایی یکطرفه برای اغلب زمینها و محصولات مناسبند. به هر حال، برای مزرعه ذرت، لوله های اضافی انتهایی قابل استفاده نیستند و پایه های چرخدار A شکل نیز باید بزرگتر باشند تا لوله ها حدود $2/1$ متر از سطح زمین فاصله پیدا کنند. برای آبیاری نوار عریضی از مزرعه، آبپاشهای کوچک تفنگی با دبی 4 تا 6 لیتر در ساعت بر روی هریک از پایه ها نصب می شوند. (شکل ۴,۳). این سیستم نوار مرطوبی به عرض 46 متر ایجاد می کند. یک لاترال 400 متری $1/8$ هکتار را در هر استقرار آبیاری می کند. با این وجود، شدت پاشش نسبتاً زیاد و در حدود 13 میلیمتر در ساعت ($0/5$ اینچ در ساعت) می باشد.

استقرار سیستم های متحرک دستی کاری دشوار است و نسبت به سیستم های ته کش و چرخدار و سیستم های چرخدار با جابجایی یک طرفه، برای آبیاری هر واحد سطح زمین به دو برابر زمان نیاز دارد. با اینحال، دشواری عمده این سیستم ها زمانی روی می دهد که لاترالها به انتهای مرحله آبیاری می رسند. در این زمان لاترالها در مرز انتهایی زمین می توانند از هم باز شده و سوار بر یک تریلر به محل استقرار اول در مرز دیگر زمین انتقال یابند. متأسفانه لاترالهایی که با سیستم های مکانیکی جابجا می شوند نمی توانند به راحتی از هم باز شوند. بنابراین هر کدام باید در جهت معکوس قرار

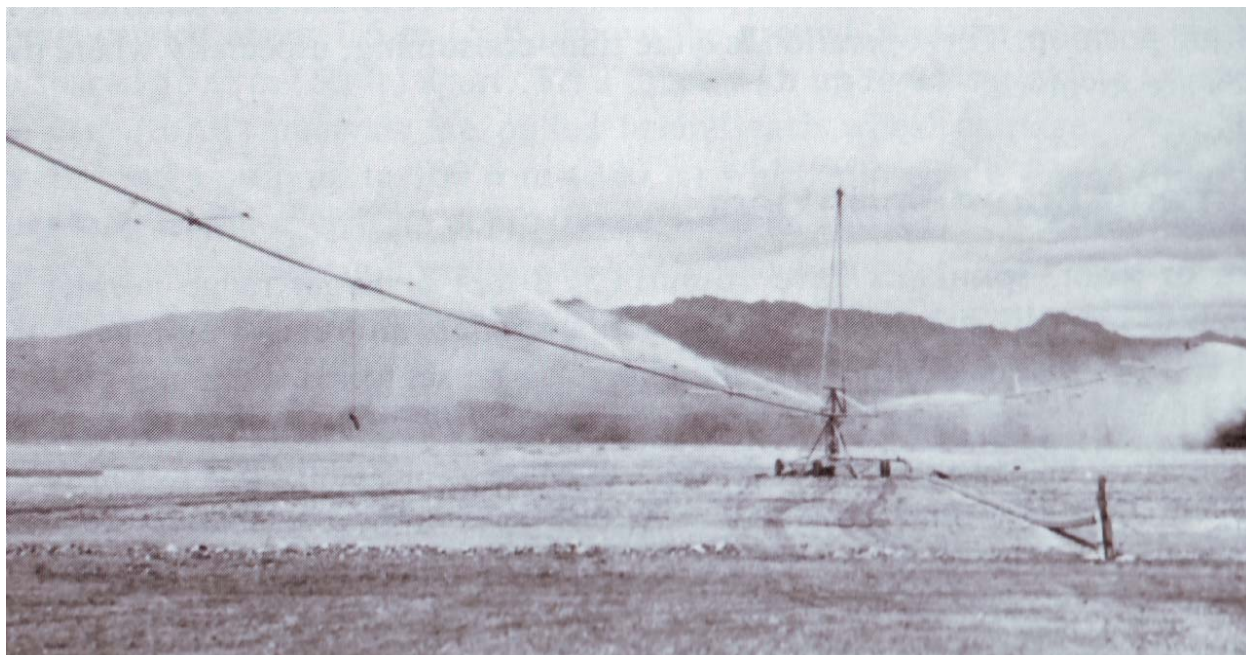
گیرند و به محل اولیه باز گردانده شوند . این کار ، بخصوص زمانی که لوله های اضافی انتهایی نیز وجود دارند بسیار وقت گیر است .

آبپاشهای تفنگی و بوم

آبپاشهای تفنگی یا بسیار بزرگ ، دارای نازلهای ۱۶ میلیمتری یا بزرگتر هستند که به لوله هایی با دبی زیاد متصل می شوند . اغلب آبپاشهای تفنگی بوسیله شیطانک (اهرم سوپاپ) چرخانده می شوند (شکل ۴,۴) و بیشتر آنها می توانند برای آبیاری قسمتی از زمین استفاده شوند .



شکل ۴,۴ / آبپاش تفنگی با دایره پاشش ناقص.



شکل ۴,۵ / آبیاشهای بوم در حال کار.

آبیاشهای بوم (شکل ۴,۵) دارای بازوهای گردنده ۱۸ تا ۳۶ متری هستند . آب از طریق نازلهایی که در طول بازو قرار گرفته اند پاشیده می شود . بازوها یا بوم ها ، به وسیله یک سیستم کابلی معلق در هوا نگهداشته می شوند و برروی یک تریلر ۴ چرخ سوار هستند . این آبیاشها بوسیله فشار ناشی از جت آب می چرخند .

سیستم های آبیاری تفنگی یا بوم هردو برای اجرای آبیاری تکمیلی و استفاده در مزارع با شکل نامنظم یا مزارع با موانع فیزیکی مناسبند . هر کدام از این آبیاشها مزایا و معایب خاص خود را دارند . آبیاشهای بوم یکنواختی کاربرد آب بیشتر و تا حدودی قطرات کوچکتر و شدت پخش آب کمتری نسبت به آبیاشهای تفنگی ایجاد می کنند . آبیاشهای تفنگی یا گان (Gun) ، بطور قابل ملاحظه ای ارزانتر و ساده تر از انواع بوم هستند . در نتیجه بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند . آبیاشهای تفنگی و بوم معمولاً دارای حداقل دبی $6/3$ لیتر در ساعت (۱۰۰ گالن در دقیقه) می باشند . اغلب این آبیاشها تحت فشار کاری نزدیک به ۶۲۰ کیلوپاسکال ، دارای دبی $31/5$ لیتر در ثانیه (۵۰۰ گالن در دقیقه) هستند . آبیاشهای تفنگی معمولاً بصورت منفرد استفاده می شوند (به جای اینکه در طول لاترال ها نصب شوند) .

آبیاشهای بوم و تفنگی می توانند برای آبیاری اغلب محصولات مورد استفاده قرار گیرند . اما این آبیاشها شدت پخش زیاد و قطرات درشتی ایجاد می کنند که احتمال کوبیده شدن خاک و ایجاد مشکلات مربوط به رواناب را افزایش می دهند . بنابراین این آبیاشها اغلب برای خاکهای درشت دانه (با بافت سبک) که سرعت نفوذ بالایی دارند و برای محصولات نسبتاً رسیده که تنها نیازمند آبیاری تکمیلی هستند استفاده می شوند . آبیاشهای تفنگی و بوم برای استفاده در شرایط بادی شدید توصیه نمی شوند . زیرا الگوی توزیع آب در آنها دچار چولگی می گردد . حتی تحت شرایط بادی آرام ، یکنواختی توزیع آب در این آبیاشها پایین است .

آبیاشهای تفنگی بزرگ معمولاً برروی تریلر یا صفحات لغزش نصب و مانند آبیاشهای بوم ، بوسیله تراکتور بین استقرار ها جابجا می شوند . آبیاشهای بوم بی ثبات هستند و ممکن است در توپوگرافی های شیبدار یا ناهموار در هنگام کشیده شدن برروی زمین ، واژگون شوند .

سیستم های آبیاری بارانی ثابت

یک سیستم آبیاری بارانی ثابت به تعداد کافی لاترال و آبپاش دارد تا هیچ یک از لاترالها به منظور آبیاری تمام مزرعه نیاز به جابجایی نداشته باشند. بنابراین برای آبیاری مزرعه، آبپاشها (یا لاترالها) تنها نیاز دارند که به صورت دوره ای روشن و خاموش شوند. سه نوع اصلی از سیستم های آبیاری بارانی ثابت عبارتند از لاترالهای متحرک دستی (سیستم های ثابت قابل حمل - شکل ۴,۶) و لاترالهای مدفون (یا دائمی) و لاترالهای دارای شیرهای متوالی. اغلب سیستم های ثابت بارانی دارای آبپاشهای کوچکی با فواصل ۹/۱ تا ۲۴/۴ متر هستند. اما برخی سیستم ها نیز از آبپاشهای تفنگی کوچک با فواصل ۳۰/۵ تا ۴۸/۸ متری استفاده می کنند.



شکل ۴,۶ / سیستم آبیاری بارانی ثابت متصل به خط اصلی آلومینیومی قابل حمل.

سیستم های ثابت قابل حمل برای سبب زمینی و دیگر محصولات با ارزش و گران قیمت استفاده می شوند و می توانند در زمان تغییر تناوب کشت یا برنامه آبیاری، از یک مزرعه به مزرعه دیگر انتقال یابند. همچنین این سیستم ها برای جوانه زنی محصولاتی مانند کاهو که بعد از جوانه زنی به روش جویچه ای آبیاری می شوند نیز به مزارع دیگر انتقال داده می شوند. انتقال لاترالها به درون یا خارج از مزرعه به نیروی کار فراوانی نیازمند است. هرچند که این نیاز با استفاده از تریلرهای ویژه (که می توان لوله های لاترال را با دست روی آنها انباشت) کاهش پیدا می کند. بعد از اینکه یک تریلر بارزده شد، لوله ها توسط طنابهایی در نقاط مختلف به یکدیگر بسته می شوند تا در قسمت انبار مزرعه، توسط یک بالابر مکانیکی تخلیه شوند. این فرآیند در زمان برگرداندن لاترالها به درون مزرعه به صورت معکوس صورت می گیرد. لاترالهای مدفون یا دائمی در عمق ۴۵ تا ۷۵ سانتیمتری سطح زمین نصب شده و تنها، لوله ریزر و سرآبپاش بالای سطح زمین قرار می گیرند. بسیاری از اینگونه سیستم ها برای باغات، تاکستانها و آبیاری توت فرنگی و دیگر محصولات ویژه استفاده می شوند.

لاترالهای دارای شیرهای متوالی (Sequencing-Valve Laterals) ممکن است به صورت مدفون یا در سطح زمین یا بصورت آویزان از کابلهایی در بالای محصول استفاده شوند. قلب این سیستم ها، شیری است که بر روی هریک از لوله

های رایزر نصب شده تا آبپاش را روشن و خاموش کند (در زمانی که سیگنال از مرکز کنترل به آن رایزر برسد). اغلب این سیستم ها که مجهز به آبپاشهای کوچک می باشند ، به جای استفاده از سیگنالهای الکتریکی ، از تغییر فشار در منبع آب برای فعال کردن شیرها بهره می برند .

لاترالهای قابل حمل ، لاترالهای مدفون یا دائمی و لاترالهای دارای شیرهای متوالی که از آبپاشهای کوچک تفنگی استفاده می کنند می توانند با استفاده از شیرهای برقی یا بادی (air-operated) و تعدادی کنترل کننده ، به صورت خودکار درآیند . این کنترل کننده های خودکار می توانند برای آبیاری ، خنک کردن محصول و حفاظت در برابر یخزدگی برنامه ریزی شوند و همچنین می توانند با تجهیزاتی که قادرند دما و رطوبت خاک را اندازه گیری کنند ، به صورت خودکار فعال شوند .

سیستم های دیگر آبیاری بارانی

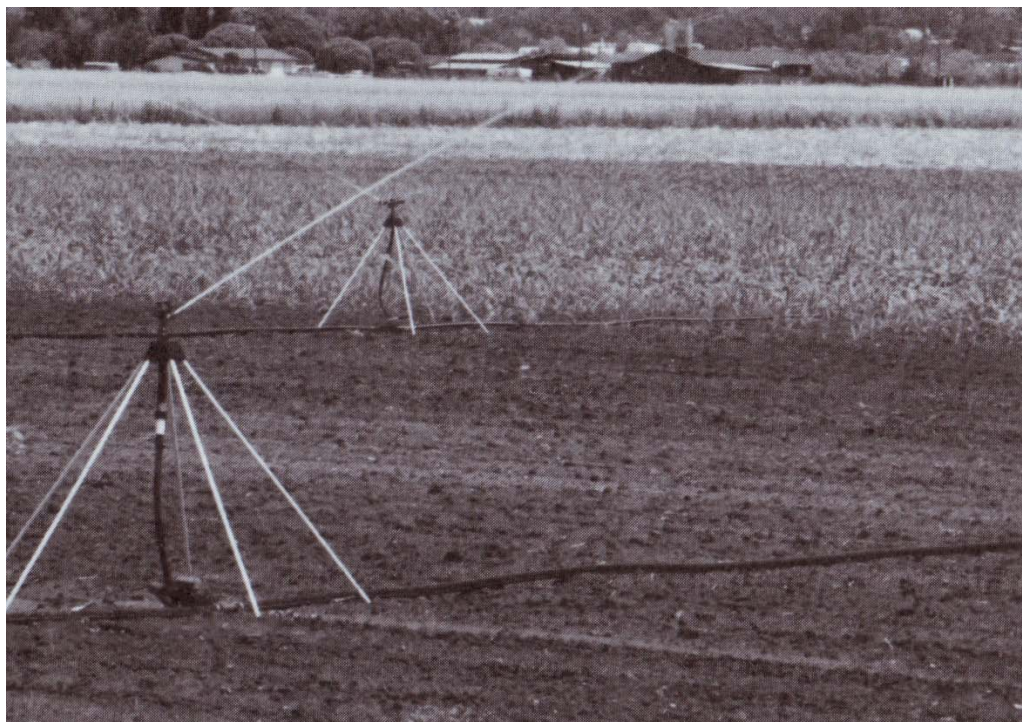
به دلیل نگرانی های اخیر ناشی از دسترسی و هزینه انرژی ، استفاده از لوله های منفذدار ، آبپاشهای شلنگی و سیستم های مخصوص باغات رواج دوباره یافته اند . این سیستم ها دارای فشار کاری پایین در حدود ۳۵ تا ۱۴۰ کیلوپاسکال (۵ تا ۲۰ psi) هستند . اغلب فشار ناشی از جاذبه که به دلیل اختلاف ارتفاع بین منبع آب و منطقه تحت آبیاری ناشی می شود برای به کار انداختن این سیستم ها بدون استفاده از پمپ کافایت . علاوه بر این ، لوله های کم فشار ارزان قیمت ، همانند بتن غیرمسلح ، لوله های پلاستیکی سبک و سیمان آریست می توانند برای توزیع آب در سطح مزرعه و رساندن آن به آبپاشها استفاده شوند . این سیستم ها زمانیکه بطور متناوب جابجا می شوند به نیروی کارگری فراوانی نیاز دارند . زیرا فاصله بین لاترالها معمولاً ۶ تا ۹ متر می باشد .

آبیاری بارانی با لوله های منفذدار تقریباً در آبیاری محصولات کشاورزی منسوخ شده است . اما هنوز برای آبیاری چمن های خانگی مورد استفاده قرار می گیرند . این سیستم ها آب را از سوراخهای ۱/۶ میلیمتری یا کوچکتر که در فواصل یکنواخت در طول لوله لاترال تعبیه شده اند اسپری می کنند . سوراخها با اندازه و فواصلی ایجاد می شوند که آب را با یکنواختی قابل قبولی بین خطوط لاترال مجاور پخش کنند . آب از سوراخها خارج شده و بصورت قطرات ریز همانند باران بر نواری مستطیلی شکل فرود می آید (شکل ۴،۷) . هر سوراخ ، جت یا فواره ای از آب را به خارج می راند که در هوا به قطرات ریز تبدیل شده که در اثر تلاطم هوا در سطح منطقه آبیاری پخش می شوند . با افزایش فشار کار سیستم ، قطر پاشش این فواره ها نیز (که معمولاً ۷/۵ تا ۱۵ متر است) افزایش می یابد . این سیستم ها می توانند بطور مؤثر در فشارهای بین ۳۵ تا ۲۱۰ کیلوپاسکال کار کنند . با اینحال ، تنها در خاکهای درشت دانه ، مانند خاکهای لوم شنی که ظرفیت نفوذ بالایی دارند قابل استفاده هستند . زیرا حداقل شدت پاشش عملی در لوله های منفذدار حدود ۱۳ میلیمتر در ساعت (۰/۵ اینچ در ساعت) می باشد .



شکل ۴,۷ / لاترالهای منفذدار در حال کار.

سیستم های موسوم به شبکه آبپاشهای شلنگی (Hose-Fed Sprinkler Grid Systems) از شلنگهایی برای تأمین آب آبپاشهای منفرد که در فشارهای پایین (۳۵ تا ۷۰ کیلوپاسکال) کار می کنند استفاده می نمایند . این سیستم ها می توانند یکنواختی توزیع مناسبی ایجاد کنند ، به شرطی که آبپاشها در یک شبکه منظم به گونه ای که همپوشانی مناسبی داشته باشند جابجا شوند . با این وجود ، این سیستم ها جز برای آبیاری باغچه منازل استفاده معمول دیگری ندارند . هرچند که هنوز هم برای مزارع کوچک ، بخصوص در کشورهای در حال توسعه ، که منابع سرمایه و انرژی محدود و نیروی کارگری نسبتاً فراوان است استفاده می شوند .



الف / آبیاش ضربه ای بر روی پایه های قابل حمل.



ب / آبیاش باغی بر روی تخته لغزش.

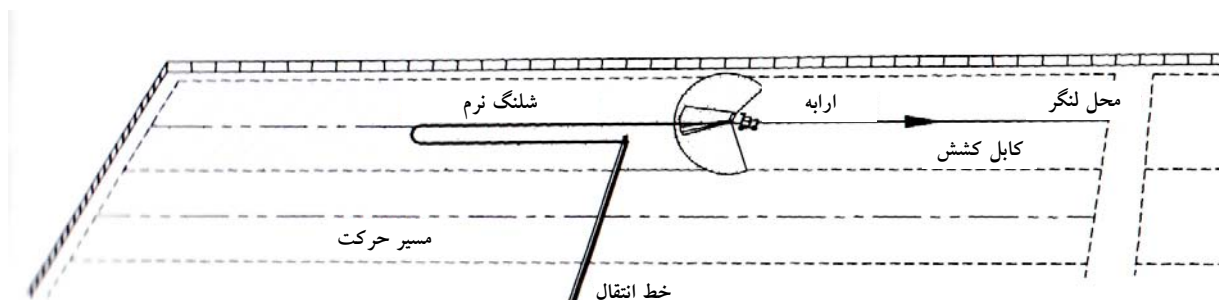
شکل ۴.۸ / سیستم های آبیاری بارانی شلنگی.

سیستم آبیاری بارانی باغات شامل یک آبپاش ضربه ای یا چرخان می باشد که برای پوشش فاصله بین درختان مجاور یکدیگر طراحی شده است. همپوشانی بسیار کمی بین نقاطی که توسط آبپاشهای مجاور آبیاری می شوند وجود دارد. آبپاشهای باغات برای عملکرد در فشارهای ۷۰ تا ۲۱۰ کیلوپاسکال طراحی شده اند (۱۰ تا ۳۰ psi). معمولاً قطر تحت پوشش این آبپاشها بین ۴/۵ تا ۹ متر است. این آبپاشها در زیر تاج درخت قرار داده می شوند تا حجم یکنواختی از آب را برای هریک از درختان فراهم کنند. آب باید بصورت نسبتاً یکنواخت در منطقه اطراف هر درخت اعمال شود، هرچند که قسمتی از خاکهای اطراف درختان ممکن است آب بسیار کمی دریافت کنند یا اصلاً آبیاری نشوند. آبپاشهای منفرد می توانند توسط شلنگ آبرسانی شوند (شکل B ۴/۸) و بطور دوره ای برای پوشش دادن به بخشهای مختلف باغ جابجا می شوند (البته می توان برای هر محل از یک آبپاش مجزا استفاده کرد).

سیستم های متحرک دائمی

سیستم ارابه ای (تفنگی)

آبپاش ارابه ای، یک آبپاش با ظرفیت بالاست که از طریق یک لوله انعطاف پذیر تغذیه می شود. این آبپاش بر روی یک شاسی و ارابه نصب شده و در طول یک خط مستقیم در حین آبیاری حرکت داده می شود. (شکل ۲/۳). معمول ترین نوع سیستم ارابه ای که در آمریکا استفاده می شود از یک آبپاش تفنگی که در حدود ۳۲ لیتر در ثانیه (۵۰۰ گالن در دقیقه) دبی دارد استفاده می کند. آبپاش بر روی وسیله نقلیه متحرکی نصب می شود و قطری در حدود ۱۲۰ متر را آبیاری می کند. این وسیله نقلیه به یک پیستون آبی یا یک قرقره با موتور توربینی مجهز است که کابلی را به دور خود جمع می کند. این کابل، کل دستگاه را در مسیری مستقیم هدایت می کند و در همین زمان، شلنگ قابل انعطاف و پرفشاری را به دنبال خود می کشد. این شلنگ به خط لوله ای مدفون در انتهای زمین که آب را تحت فشار در اختیار سیستم قرار می دهد متصل است. شلنگ معمولاً دارای قطر ۱۰۰ میلیمتر (۴ اینچ) و طول ۲۰۰ متر می باشد که اجازه می دهد تا این دستگاه ۴۰۰ متر بدون رسیدگی آبیاری حرکت کند.



شکل ۴/۹ / نمای هوایی از آرایش سیستم آبیاری تفنگی (ارابه ای) شلنگ کش.

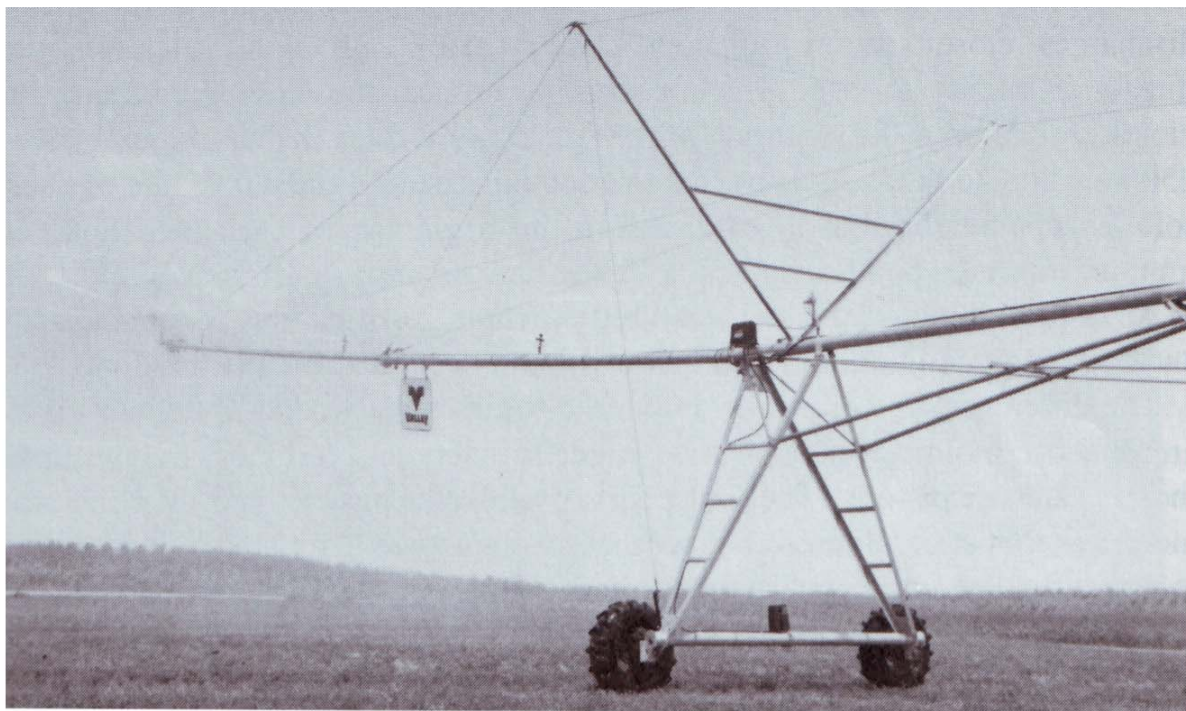
شکل ۴/۹ طرح معمول برای آبپاش ارابه ای کابلی را نمایش می دهد. کل نوار ایجاد شده بین خطوط حرکت دستگاه بدون توقف آبیاری می شود. مسافتی که دستگاه بدون هیچ نوع رسیدگی می تواند طی کند می تواند به طول کابل یا دو برابر طول شلنگ باشد. بعد از استفاده، آب درون شلنگ تخلیه شده و شلنگ بطور مسطح روی زمین انداخته می شود،

سپس به دور قرقره ای بزرگ پیچیده می شود. ارا به های اروپایی معمولاً از لوله های محکمتر استفاده می کنند که امکان خواباندن آنها بصورت مسطح روی زمین وجود ندارد و آبپاش با جمع شدن شلنگ بدور قرقره حرکت می کند. برخی سیستم های ارا به ای از یک سیستم پمپاژ مستقل که بر روی ارا به سوار شده و آب را در حین حرکت دستگاه مستقیماً از نهر روبازی دریافت می کند بهره می برند. نهر تغذیه در این سیستم ها جایگزین شلنگ می شود. انواع دیگر سیستم های ارا به ای به جای آبپاشهای تفنگی از آبپاشها بوم استفاده می کنند. همینطور که ارا به در طول مسیر خود حرکت می کند، آبپاش، نواری با عرض حدود ۱۲۰ متر را (به جای منطقه ای دایره ای شکل که توسط آبپاش ثابت مرطوب می شود) آبیاری می کند. بعد از اینکه کل دستگاه به انتهای مسیر حرکت خود رسید، برای آبیاری نوار مجار جابجا می شود. همپوشانی بین نوارهای مجاور به فاصله بین مسیرهای حرکت دستگاه (Towpaths) و قطر دایره پاشش آبپاش بستگی دارد. اغلب آبپاشهایی مورد استفاده قرار می گیرند که به جای یک دایره کامل، جزئی از یک دایره کامل را آبیاری می کنند. به نحوی که قسمت آبیاری نشده این دایره، درست بر روی مسیر حرکت دستگاه واقع می شود و به این ترتیب، ارا به بر روی مسیری خشک (مانند شکل ۴,۹) حرکت می کند. آبپاشهای ارا به ای قابلیت استفاده برای محصولات پایه بلند مانند ذرت و نیشکر را دارند و در باغات نیز استفاده می شوند. این آبپاشها اغلب مزایا و معایب آبپاشهای تفنگی و بوم را (علیرغم شدت پاشش کمتر) دارند. با این وجود، یکنواختی حاصل از آبیاری با سیستم های ارا به ای تنها در مناطق مرکزی زمین مناسب است و نواری به عرض ۳۰ تا ۶۰ متر در طول کناره زمین و در انتهای آن به نحوی نامطلوب آبیاری می شود.

سیستم آبیاری عقربه ای (Center Pivot)

سیستم عقربه ای آب را از لاترالی که بطور دائمی در حرکت است پخش می کند. لاترال خودکشش در یک انتها ثابت است و برای آبیاری منطقه ای دایره ای شکل به دور این نقطه می گردد. انتهای ثابت لاترال که به نقطه چرخش موسوم است، به منبع آب متصل است. لاترال از تعدادی دهانه بطول ۲۷ تا ۷۶ متر که بوسیله برجهایی در ارتفاع ۳ متری سطح زمین قرار گرفته اند تشکیل می شود.

تجهیزاتی بر روی هریک از برجهای نصب می شوند تا لاترال را در خطی مستقیم بین نقطه چرخش و برج انتهایی حفظ کنند. برج انتهایی وظیفه کنترل سرعت چرخش لاترال را برعهده دارد. معمولترین لاترال عقربه ای از لوله هایی با قطر ۱۶۸ میلیمتر و به طول ۴۰۰ متر استفاده می کند که مساحتی دایره ای شکل در حدود ۵۰ هکتار را پوشش می دهد که این دایره در مستطیلی به مساحت تقریبی ۶۵ هکتار محاط می شود. ۱ تا ۴ هکتار دیگر نیز توسط آبپاش تفنگی انتهایی آبیاری می شوند. لاترالهایی با طول ۷۰ متر تا ۸۰۰ متر با قطر تا ۲۵۵ میلیمتر در بازار موجودند.



شکل ۴،۱۰ / ابتدا و انتهای لاترال عقربه ای.

لوله متحرک لاترال ، به آبپاشهای اسپری ، چرخنده یا ضربه ای مجهز است تا آب را بطور یکنواخت در مزرعه ای دایره ای شکل پخش کند . منطقه ای که توسط هر آبپاش آبیاری می شود ، اگر فاصله بین آبپاش ها در طول لاترال یکسان باشد ، با حرکت بسمت برج انتهایی بزرگتر می شود . بنابراین ، برای دستیابی به یکنواختی پخش آب ، آبپاشها باید بنحوی طراحی شوند تا هرچه به سمت برج انتهایی پیش می رویم ، دبی آنها نیز بیشتر شود و یا فاصله بین آنها کاهش یابد و یا هر دو . معمولاً زمانیکه از آبپاشهای ضربه ای استفاده می شود شدت پخش آب در انتهای لاترال در حدود ۲۵ میلیمتر در ساعت می باشد . با استفاده از نازلهای اسپری این شدت می تواند تا ۲۵۰ میلیمتر در ساعت نیز افزایش پیدا کند . این سرعت پاشش بیش از ظرفیت نفوذ اغلب خاکها می باشد (مگر در دقایق اولیه آبیاری) . برای کاهش شرایط ماندابی در سطح زمین و کاهش رواناب سطحی ، لاترالها معمولاً هر ۱۰ تا ۷۲ ساعت (بر حسب مشخصات نفوذ خاک ، ظرفیت سیستم و حداکثر کمبود مطلوب رطوبت خاک) یک دور کامل می چرخند .

انواع مختلف تجهیزاتی که برای حرکت برجهای سیستم عقربه ای مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از : موتورهای برقی ، پیستونهای آبی ، توربینهای آبی ، موتورهای هیدرولیکی (که با روغنهای هیدرولیکی کار می کنند) و موتورهای بادی . سیستمهای عقربه ای اولیه از پیستونهای آبی استفاده می کردند . با اینحال ، موتورهای برقی به دلیل سرعت ، اطمینان و توانایی آنها برای چرخاندن لوله لاترال در جهت عقربه های ساعت و برخلاف آن ، امروزه بیشترین استفاده را دارند .

سیستم های آبیاری بارانی عقربه ای تقریباً برای انواع محصولات از جمله ذرت مناسبند . اما نیاز دارند تا مزرعه عاری از هر نوع مانع فیزیکی باشد (از قبیل خطوط تلفن و برق ، ساختمان ، درخت و ...) . این سیستم ها بخصوص برای استفاده در خاکهایی که ظرفیت نفوذ نسبتاً بالایی دارند و توپوگرافی های یکنواخت بسیار مناسبند . زمانیکه این سیستم ها برخاکهایی با ظرفیت نفوذ پایین و توپوگرافی نامنظم استفاده می شوند ، رواناب ایجاد شده باعث فرسایش خاک و ایجاد چالاب در سطح زمین می شود که ممکن است در چرخش یکنواخت دایره ای شکل سیستم حول نقطه چرخش مرکزی اختلال ایجاد کنند .

در مکانهایی که سیستمهای عقربه ای در زمینهای مربع شکل استفاده می شوند ، ابزاری جهت آبیاری گوشه های خشک باقی مانده مزرعه مورد نیازست ، و یا این قسمتها باید برای مقاصد دیگری مورد استفاده قرار گیرند . در یک زمین ۶۴ هکتاری ، حدود ۹ تا ۱۲ هکتار از سطح مزرعه خشک باقی می ماند مگر اینکه سیستم عقربه ای دارای دستگاههای ویژه آبیاری گوشه های زمین باشد (شکل ۴،۱۱) با استفاده از این تجهیزات ویژه ، تنها ۳ هکتار از زمین خالی از کشت باقی می ماند .



شکل ۴,۱۱ / تجهیزات گوشه پاش بر روی انتهای لاترال عقربه ای.

اغلب سیستم های عقربه ای بصورت دائمی نصب می شوند . با این وجود ، برای آبیاریهای تکمیلی یا به منظور کشت چند محصول بطور همزمان ، انتقال سیستم به مزارع دیگر عملی می باشد .

لاترال با حرکت خطی (Linear-Moving Laterals)

لاترالهای با حرکت خطی و خودپیشران (که بیشتر به سیستم های خطی معروفند) ساختار و سیستم هدایت سیستم آبیاری نوع عقربه ای را با سیستم آبرسانی شبیه به سیستم آبیاری ارابه ای تلفیق می کنند . برای کاربرد مؤثر این سیستم ها ، نیاز است تا سطح مزرعه عاری از موانع فیزیکی باشد . این سیستم ها در بین تمامی سیستم های آبیاری بارانی در آبیاری های منفرد و تحت شرایط بادی ، بالاترین یکنواختی توزیع را بدست می دهند . سیستم هایی که آب را از یک کانال روباز منتقل می کنند ، باید بر روی مزرعه ای تقریباً مسطح و بدون شیب نصب شوند (شکل ۴,۱۲) . حتی در مزارعی که سیستم آب خود را از شلنگ های قابل انعطاف دریافت می کند ، مزرعه باید دارای توپوگرافی یکنواخت باشد تا سیستم هدایت دستگاه بتواند به نحو مطلوب عمل کند .



شکل ۴,۱۲ / سیستم آبیاری بارانی با حرکت خطی و کانال تغذیه.

عیب عمده سیستم های خطی در قیاس با سیستم های عقربه ای ، مشکل بازگرداندن لاترال به نقطه ابتدایی مزرعه و یا انتقال از یک سوی کانال یا لوله تغذیه به سوی دیگر آن می باشد . از آنجایی که سیستم های عقربه ای در الگویی دایره ای شکل حرکت می کنند ، پس از پایان هر دور آبیاری ، سیستم به نقطه ابتدایی حرکت باز می گردد . علیرغم این موضوع ، سیستم های خطی از این مزیت نسبت به سیستم های عقربه ای برخوردارند که می توانند مزارع مستطیل شکل را بطور کامل آبیاری کنند . در حالیکه سیستم های عقربه ای (در صورت فقدان تجهیزات انتهایی) قادر به آبیاری گوشه های زمین نمی باشند .

عمق کاربرد آب آبیاری و راندمانهای کاربرد

جدول ۴,۱ راندمانهای کاربرد مرسوم برای مدیریت بهینه سیستم های آبیاری بارانی را معرفی می کند .

جدول ۴,۱ / راندهای معمول برای سیستم های آبیاری بارانی با مدیریت مناسب.

راندها $E_h\%$	نوع سیستم و شرایط محیطی
85	سیستم های متحرک و ثابت با یکنواختی پاشش بالا در شرایط اقلیمی سرد یا مرطوب و باد کم .
80	سیستم های متحرک در اغلب اقلیم ها و شرایط بادی ، و سیستم های ثابت با شدت پاشش متوسط تا زیاد و یکنواختی مناسب در اکثر اقلیم ها و باد کم .
75	سیستم های ثابت معمولی در اغلب اقلیم ها و شرایط بادی ، و سیستم های متحرک در اقلیم بیابانی و باد شدید .
70	سیستم های ثابت با شدت پاشش بالا در اقلیم های بیابانی و باد شدید یا شدت پاشش کم در دیگر اقلیم ها با باد شدید و سیستم های ارا به ای .
65	سیستم های ثابت با شدت پاشش نسبتاً کم در اقلیم های بیابانی و باد شدید یا شدت پاشش کم در اقلیم های بیابانی و باد شدید .
60	سیستم های ثابت با شدت پاشش کم و قطرات کوچک در اقلیم های بیابانی و باد شدید ، و آبپاشهای تفنگی و بوم .

این مقادیر برای طراحی اولیه سیستم ها یا به عنوان مقادیر نهایی در مناطقی که داده های دقیقتر در اختیار قرار ندارد قابل استفاده هستند . راندهایی که در جدول ۴,۱ نشان داده شده اند برپایه مقادیر میانگین و مورد انتظار یکنواختی و ضریب یکنواختی کریستیانسن به عنوان معیاری برای یکنواختی کاربرد آب آبیاری ارائه شده اند . در سیستم های ثابت ، شدت پاشش بین ۲/۵ تا ۵ میلیمتر در ساعت به عنوان شدت پاشش کم ، بین ۵ تا ۱۰ میلیمتر در ساعت شدت پاشش متوسط و بالاتر از ۱۰ میلیمتر در ساعت به عنوان شدت پاشش زیاد در نظر گرفته می شوند . در جدول ۴,۱ سرعت باد بین ۰ تا ۸ کیلومتر در ساعت به عنوان سرعت باد کم ، بین ۸ تا ۱۶ کیلومتر در ساعت سرعت باد متوسط و بالاتر از ۱۶ کیلومتر در ساعت به عنوان سرعت باد شدید معرفی می شوند .

۵- عوامل مؤثر در طراحی آبیاری بارانی

یک سیستم آبیاری بارانی کامل می تواند به این ترتیب تعریف شود :

سیستمی که بطور اختصاصی برای منطقه ای خاص یا واحدی از مزرعه طراحی شده است که در آن ، آبیاری بارانی روش عمده اعمال آب در سطح مزرعه می باشد .

طراحی سیستم های آبیاری کامل شامل در نظر گرفتن نوع محصول و تناوب کشت ، کیفیت آب و نوع خاکی است که در مزرعه یا سطح مورد نظر موجود است .

سیستم آبیاری بارانی مزرعه شامل آبیاشها و تجهیزات مرتبط با آنها ، لاترال (لوله یا لوله های فرعی) ، لوله نیمه اصلی و اصلی ، تجهیزات پمپاژ و ایجاد فشار ، تجهیزات کنترل عملکرد سیستم و دیگر ضوابط مورد نیاز برای استفاده مؤثر از آب آبیاری می باشد . سیستم مزرع که در شکل ۲،۴ نشان داده شده است از نوع سیستم نیمه متحرک (با جابجایی متناوب) می باشد که از یک لوله اصلی نصب شده در عمق خاک و تعدادی لاترال متحرک تشکیل شده و لاترالها بصورت متناوب در بالای یک سمت و در پایین سمت دیگر لوله اصلی راه اندازی می شوند .

سیستم های مزرعه ای بزرگتر مانند آنچه در شکل ۵،۱ دیده می شود ، از چندین سیستم مزرعه تشکیل شده اند . یک سیستم مزرعه یا برای استفاده در روی چندین قسمت از مزرعه طراحی شده است یا به نحوی طراحی شده که نیازمند حرکت بین قسمت های مختلف مزرعه می باشد . سیستم های مزرعه برای شرایط مشخص و معین ، عموماً برای پیش آبیاری ، پرورش نهال یا برای استفاده به منظور کشت محصولات خاص در یک تناوب کشت طراحی می شوند . ملاحظات مربوط به راندمان یکنواختی ، استفاده از نیروی کارگری و صرفه جویی در مصرف انرژی ممکن است بطور کامل بین یک سیستم جزئی مزرعه و یک سیستم کامل مزرعه متفاوت باشد . سیستم های مزرعه می توانند بطور کامل یا بصورت جزئی قابل حمل باشند .

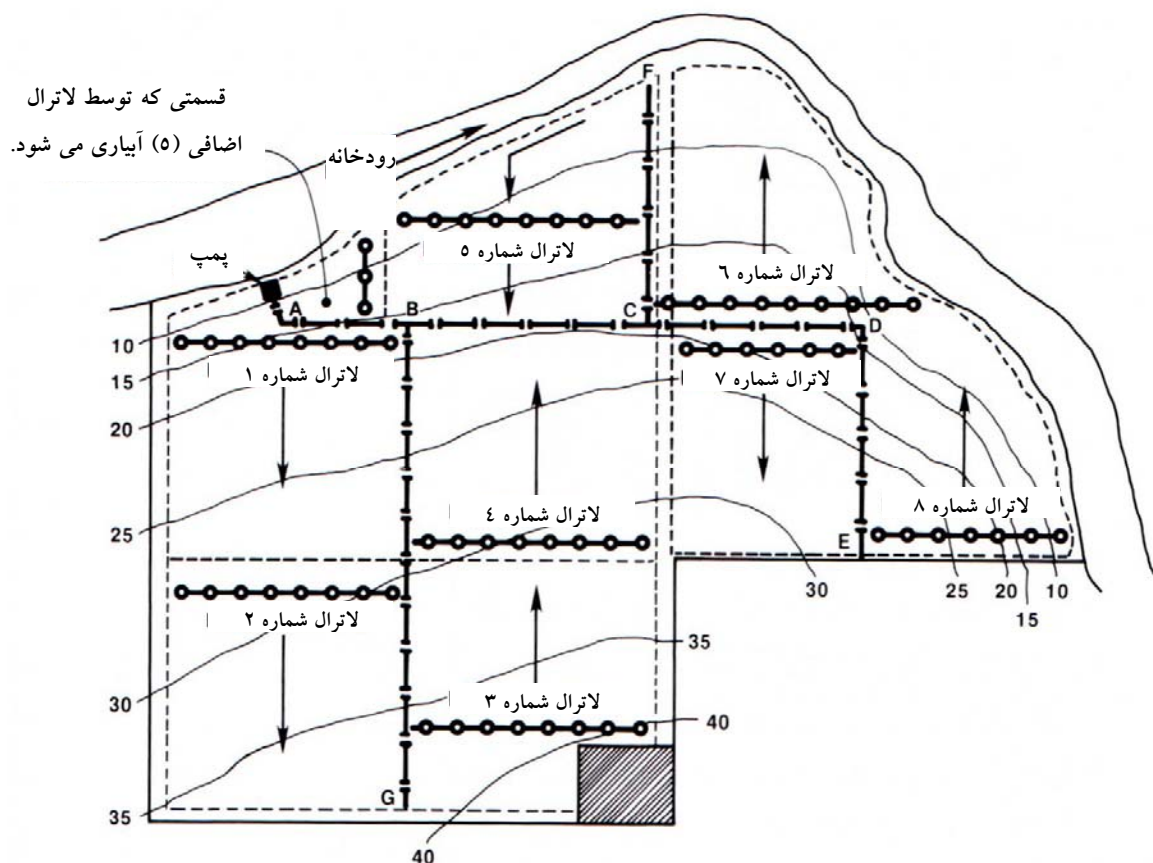
اشتباه در تشخیص تفاوت های اساسی بین سیستم های جزئی و کامل مزرعه بوسیله طراح یا زارع ، منجر به ساخت سیستم هایی از هر دو نوع گشته که دارای طراحی مناسبی نیستند . در این بین سیستم هایی وجود دارند که از ابتدا به عنوان سیستم های جزئی مزرعه استفاده شده اند ، اما در واقع به این منظور طراحی شده اند که بخشی از یک سیستم کامل مزرعه باشند .

اشتباه در پیش بینی ظرفیت مورد نیاز سیستم در انواع سیستم های کامل مزرعه منجر به ایجاد سیستم های تکه تکه ای شده است که راندمان توزیع پایین ، هزینه اولیه گزاف و هزینه مصرف آب سالیانه بسیار بالایی دارند . این شرایط همواره ناشی از اشتباه طراح نمی باشند ، به این دلیل که طراح ممکن است همواره از گسترش سطح زیر کشت آتی در مزرعه باخبر نباشد . با این وجود ، یک طراح وظیفه دارد تا زارع را در زمان طراحی سیستم نسبت به راههای محتمل برای گسترش مزرعه در آینده آگاه سازد .

فرآیند طراحی

اولین عمل در فرآیند طراحی می بایست گردآوری داده های مزرعه ای ضروری باشد . این اطلاعات شامل نقشه توپوگرافی مزرعه می باشد که موانع و حدود مزارع و قطعات تحت کشت را نمایش می دهد . همچنین ، شامل اطلاعات

مربوط به کیفیت و کمیت آب، اطلاعات هواشناسی، محصول و خاک می باشد. عوامل اولیه طراحی (شکل ۵، ۲) منجر به برآورد حداکثر مقدار مصرف، ظرفیت نفوذ خاک، حداکثر عمق آبیاری در هر نوبت، شدت پاشش و ظرفیت سیستم می شوند.



شکل ۵، ۱ / آرایش سیستم آبیاری بارانی متحرک دستی.

طراحی می بایست از وضعیت اقتصادی زارع و توانایی های مدیریتی او اطلاعاتی کسب کند. به محض اینکه اطلاعات پایه ای جمع آوری شدند، انتخاب سیستم، شمای طرح (Layout) و طراحی هیدرولیکی سیستم بر اساس محدودیت های فیزیکی، انسانی و اقتصادی زارع صورت می گیرد.

برای سهولت ارزیابی این پارامترها، فهرستی گام به گام از مراحل که معمولاً در فرآیند طراحی سیستم های آبیاری بارانی وجود دارند به شرح زیر ارائه می شود:

- لیستی از منابع موجود و شرایط کار سیستم فراهم کنید. این لیست شامل اطلاعات مربوط به خاک، توپوگرافی، منبع آب، منبع نیرو، محصولات و برنامه ریزی کاری مزرعه می باشد.

I. CROP (TYPE)					
(a)	Root depth – mm (ft) z				
(b)	Growing season – days				
(c)	Water use rate – mm/day (in./day) U_d				
(d)	Seasonal water use – mm (in.) U				
II. SOILS [Area – ha (A)]					
(a)	Surface texture depth – cm (ft) Moisture capacity – mm/m (in./ft) W_a				
(b)	Subsurface texture depth – cm (ft) Moisture capacity – mm/m (in./ft) W_a				
(c)	Moisture capacity – mm (in.)				
(d)	Allowable depletion – mm (in.) d_x				
(e)	Intake rate – mm/hr (in./hr)				
III. IRRIGATION					
(a)	Interval – days f'				
(b)	Net depth – mm (in.) d_n				
(c)	Efficiency – % E_a				
(d)	Gross depth – mm (in.) d				
IV. WATER REQUIREMENT					
(a)	Net seasonal – mm (in.) U				
(b)	Effective rain – mm (in.) R_n				
(c)	Stored moisture – mm (in.) M_s				
(d)	Net irrigation – mm (in.) D_n				
(e)	Gross irrigation – mm (in.) D_g				
(f)	Number of irrigations				
V. SYSTEM CAPACITY					
(a)	Application rate – mm/hr (in./hr) I				
(b)	Time per set – hr T_a				
(c)	Settings per day				
(d)	Days of operation per interval f				
(e)	Preliminary system capacity – L/s (gpm)				

شکل ۵،۲ / پارامترهای لازم برای طراحی مقدماتی سیستم های بارانی.

- از داده های واقعی مزرعه ، تجارب محلی و یا اطلاعات جداول ۳،۱ ، ۳،۲ و ۳،۴ استفاده کرده و عمق یا کمیت آبی که باید در هر آبیاری استفاده شود را برآورد کنید .

- دوره حداکثر مصرف ، نیاز آبی روزانه و نیاز آبیاری سالانه محصول را تعیین کنید . برای مقاصد عمومی طراحی ، اطلاعات مورد نیاز در جدول ۳,۳ موجود است . برای طراحی نهایی به تجارت آبیاری محلی مراجعه کنید و یا از شیوه های محاسباتی دقیقتر استفاده کنید .
- دور آبیاری مورد استفاده در طراحی یا کوتاه ترین دور آبیاری را تعیین کنید . این مرحله برای سیستم ثابت کاملاً خودکار و سیستم های عقبه ای مورد نیاز نیست . اطلاعات مورد نیاز در این مرحله احتمالاً از تجارب آبیاری محلی قابل استحصال است .
- ظرفیت مورد نیاز سیستم را تعیین کنید .
- شدت پاشش بهینه را تعیین کنید . بیشترین شدت پاشش (که لزوماً شدت پاشش بهینه نیست) از تجارب محلی قابل حصول است .
- چندین نوع سیستم آبیاری را مد نظر داشته باشید . تمامی این سیستم های عملی می بایست در اختیار زارع قرار گیرند تا از میان آنها یک سیستم را انتخاب کند (شکل ۱,۲) .
- برای سیستم های نیمه ثابت (با جابجایی متناوب) و سیستم های ثابت :
- فاصله آبپاشها ، دبی ، اندازه نازل و فشار کارکرد مربوط به شدت پاشش بهینه را تعیین کنید .
- تعداد آبپاشی که می بایست بطور همزمان کار کنند تا نیاز سیستم برآورده شود را تعیین کنید .
- بهترین آرایش قرار گیری لوله های اصلی و فرعی برای عملکرد تعداد آبپاش مورد نیاز را مشخص کنید .
- تغییرات نهایی برای هماهنگی با آرایش انتخاب شده را اعمال کنید .
- اندازه مورد نیاز لاترالها را تعیین کنید .
- حداکثر فشار مورد نیاز برای یک لاترال را محاسبه کنید .
- اندازه مورد نیاز لوله اصلی را تعیین کنید .
- اندازه لوله اصلی را از لحاظ صرفه جویی در انرژی مصرفی بررسی کنید .
- حداکثر و حداقل شرایط را (از لحاظ فشار و دبی مورد نیاز) تعیین کنید .
- پمپ و منبع قدرتی را انتخاب کنید که راندمان بالایی داشته باشد .
- نقشه ، برنامه زمان بندی و دستورالعملهای لازم را تهیه کنید .
- برای انتخاب منطقی بین سیستم ها و آرایشهای مختلف ممکن ، ممکن است لازم باشد تا ۲ یا چند سیستم طراحی و مورد بررسی قرار گیرند . در نهایت ، زارع باید برای مطالعه دقیق سیستمی که انتخاب می کند ترغیب شود .
- (فرآیند طراحی سیستم های متحرک دائم در فصول بعدی تشریح می شود) .

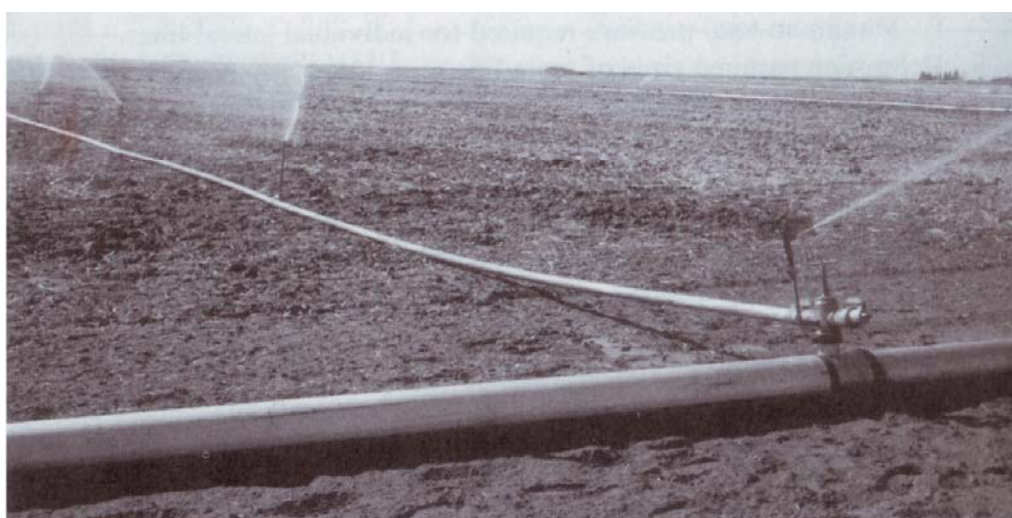
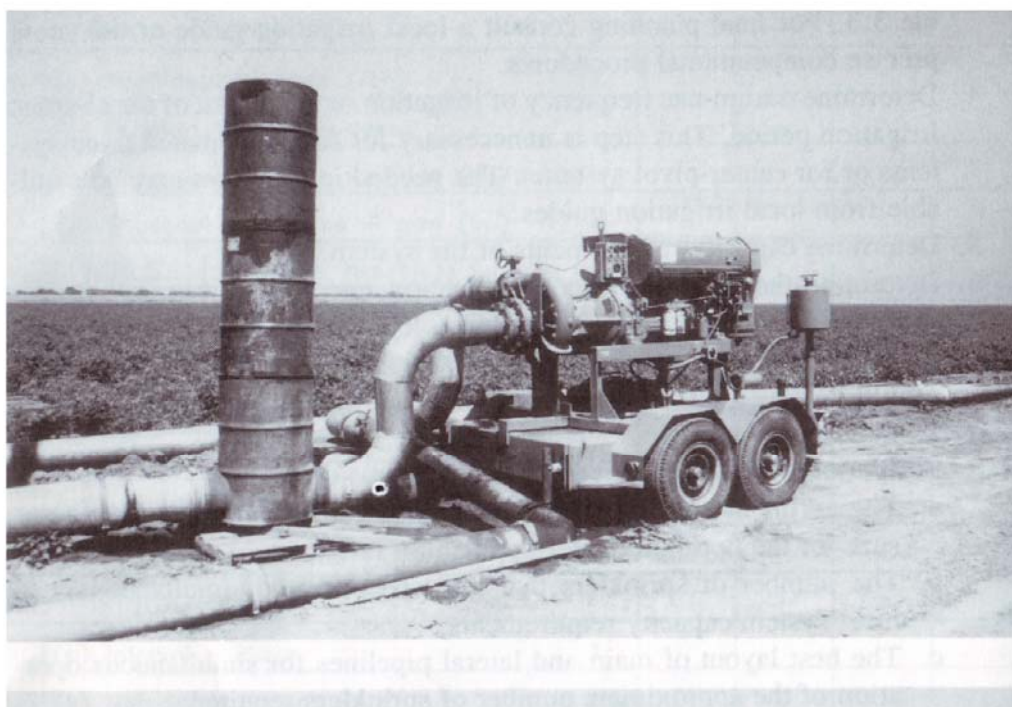
مشخصات آبپاشها

اجزاء اصلی یک سیستم بارانی ثابت در شکلهای ۲,۴ و ۵,۳ مشخص شده اند . فرآیند طراحی سخت افزار سیستم با انتخاب آبپاش شروع شده و با انتخاب آرایش سیستم ادامه پیدا کرده ، سرانجام با طراحی لاترالها ، لوله اصلی و ایستگاه پمپاژ به پایان می رسد . (شکل ۱,۳) .

آپاشها براساس دامنه فشار کارکردشان و نیز ، مکان قرار گیری آنها نسبت به محصول طبقه بندی می شوند . جدول ۵,۱ طبقه بندی های مختلف آپاشها را به همراه مشخصات و سازگاری هرنوع تشریح می کند .

الگوی پاشش و فاصله بندی مناسب بین آپاشها

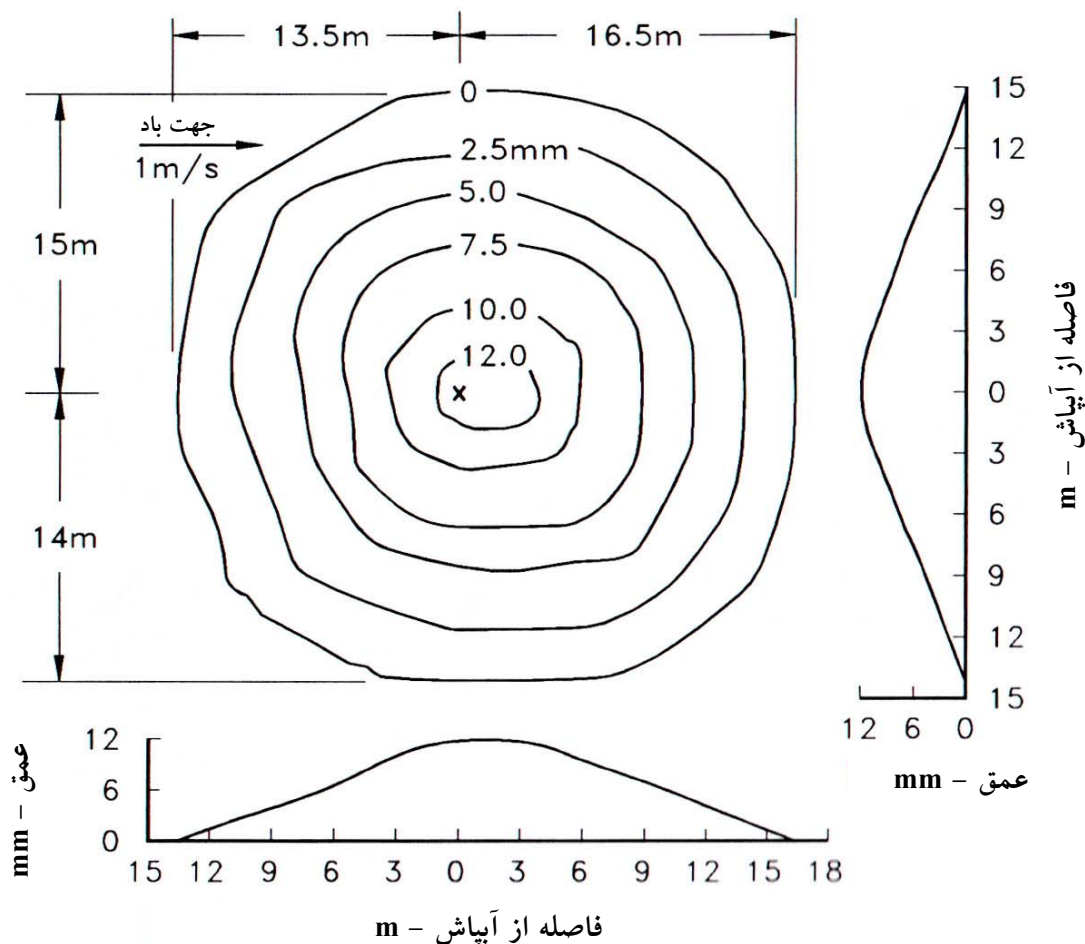
هدف در انتخاب آپاش ، دستیابی به ترکیبی مناسب از فاصله بندی آپاشها ، فشار کارکرد و اندازه نازل است که اغلب منجر به شدت پاشش بهینه با بیشترین یکنواختی توزیع می گردد .



شکل ۵,۳ / اجزاء سیستم آبیاری بارانی مجهز به پمپ کمکی (بوستر) که درحال تغذیه خط اصلی قابل حمل، شیر آبیگری (هیدرانت) و آپاشهای قرار گرفته بروی بوم می باشد.

Type of sprinkler and operating pressure range							
Sprinkler operating characteristics	Impact or spray low pressure	Impact or gear moderate pressure	Impact or gear medium pressure	Impact or gear high pressure	Rocker arm gun or giant	Spinner or spray undertree	Fixed perforated pipe
	35-140 kPa (5-20 psi)	105-210 kPa (15-30 psi)	210-410 kPa (30-60 psi)	345-690 kPa (50-100 psi)	550-830 kPa (80-120 psi)	70-245 kPa (10-50 psi)	30-40 kPa (4-20 psi)
General characteristics	Special thrust springs or reaction-type arms	Usually single nozzle oscillating or long-arm dual-nozzle design	Either single or dual-nozzle design	Either single or dual-nozzle design	One large nozzle with smaller supplemental nozzles to fill	Stream trajectories below fruit and foliage by lowering the nozzle angle	Portable irrigation pipe with small perforations
Range of wetted diameters	6 to 15 m (20 to 50 ft)	18 to 24 m (60 to 80 ft)	23 to 37 m (75 to 100 ft)	34 to 90 m (110 to 230 ft)	61 to 122 m (200 to 400 ft)	12 to 27 m (40 to 90 ft)	Rectangular 3 to 15 m (10 to 50 ft) wide strips
Recommended minimum application rate	10 mm/hr (0.40 in. /hr)	3 mm/hr (0.12 in. /hr)	2.5 mm/hr (0.10 in. /hr)	10 mm/hr (0.40 in. /hr)	15 mm/hr (0.60 in. /hr)	5 mm/hr (0.20 in. /hr)	13 mm/hr (0.50 in. /hr)
Jet characteristics (with proper pressure and nozzle size)	Water drops are large due to low pressure	Water drops are fairly well broken	Water drops are well broken over entire wetted diameter	Water drops are well broken over entire wetted diameter	Water drops are extremely well broken	Water drops are fairly well broken	Water drops are large due to low pressure
Water distribution with proper spacing pressure and nozzle size	Fair	Fair to good at upper limits of pressure range	Very good	Good except where wind velocities exceed 6.4 km/hr (4 mph)	Acceptable in calm air. Severely distorted by wind	Fairly good. Use diamond pattern where laterals are spaced wider than trees	Good. Pattern is rectangular
Adaptations and limitations for periodic-move or fixed systems	For small acreages and soils with intake rates exceeding 13 mm/hr (0.50 in./hr)	For fields crops, vegetables, and undertree sprinkling in orchards	For all field crops and most irrigable soils. Well adapted to overtree sprinkling	Same as for intermediate pressure sprinklers except where wind is excessive	For odd-shaped areas. Limited to soils with high intake rates or good cover	For all orchards. Ideal in windy areas and where pressure is too low for overtree sprinkling	For low-growing crops and soils with relatively high intake rates. Best adapted to small fields
Adaptations and limitations for traveling systems	Spray nozzles adaptable on center-pivot and linear-move	Center-pivot and linear-move on high-infiltrate-rate soils	Center-pivot and linear-move on most soils	Center-pivot end guns and travelers	Center-pivot end guns and travelers	Not applicable	Not applicable

درجه یکنواختی قابل حصول با سیستم های آبیاری بارانی ثابت به مقدار زیادی به الگوی توزیع آب و فاصله بندی آبپاشها وابسته است. شکل ۵,۴ (کریستیانسن ، ۱۹۴۲) الگوی توزیع و نیمرخ پاشش یک آبپاش دونا زله که در فشار مناسب تحت شرایط مناسب از لحاظ باد کار می کند را نشان می دهد .



شکل ۵,۴ / الگوی توزیع و نیمرخ بارش مربوط به آبپاش دارای ۲ نازل تحت شرایط کاری ایده آل.

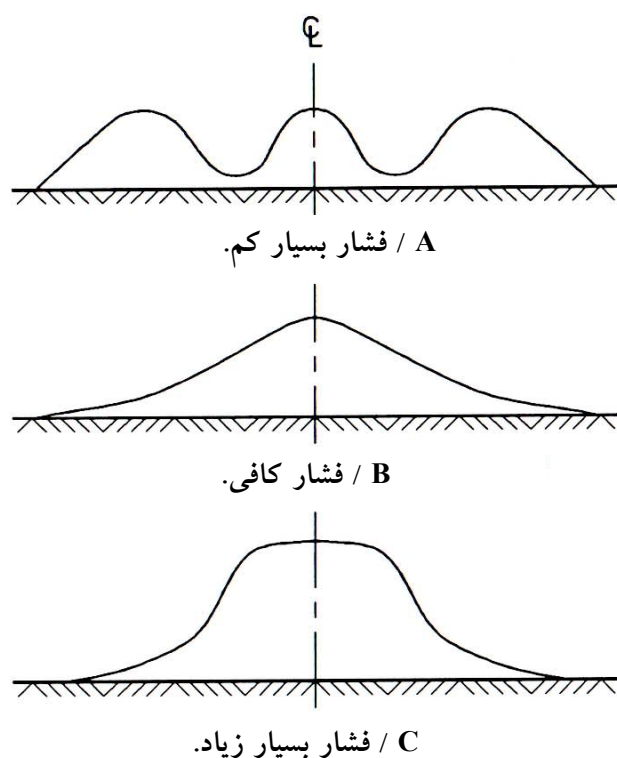
هر نوع از آبپاشها نیمرخ پاشش خاصی دارد که بر اساس اندازه نازل و فشار کارکرد آبپاش متغیر بوده و منجر به انتخاب مقادیر بهینه فشار کارکرد آبپاش می شود. در انتخاب اندازه نازلها و فشار کارکرد متناسب با دبی مورد نیاز، طراح باید بداند که فشارهای کارکرد متفاوت الگوی پاشش آبپاش را به این صورت تحت تأثیر قرار می دهند:

۱- در فشارهای کم، آب بصورت قطره های درشت باقی می ماند. زمانیکه فشار کاهش می یابد، آب خارج شده

از نازل در فواصل دورتر نسبت به آبپاش فرود می آید و الگوی پاشش نامناسبی را ایجاد می کند. (شکل A ۵,۵).

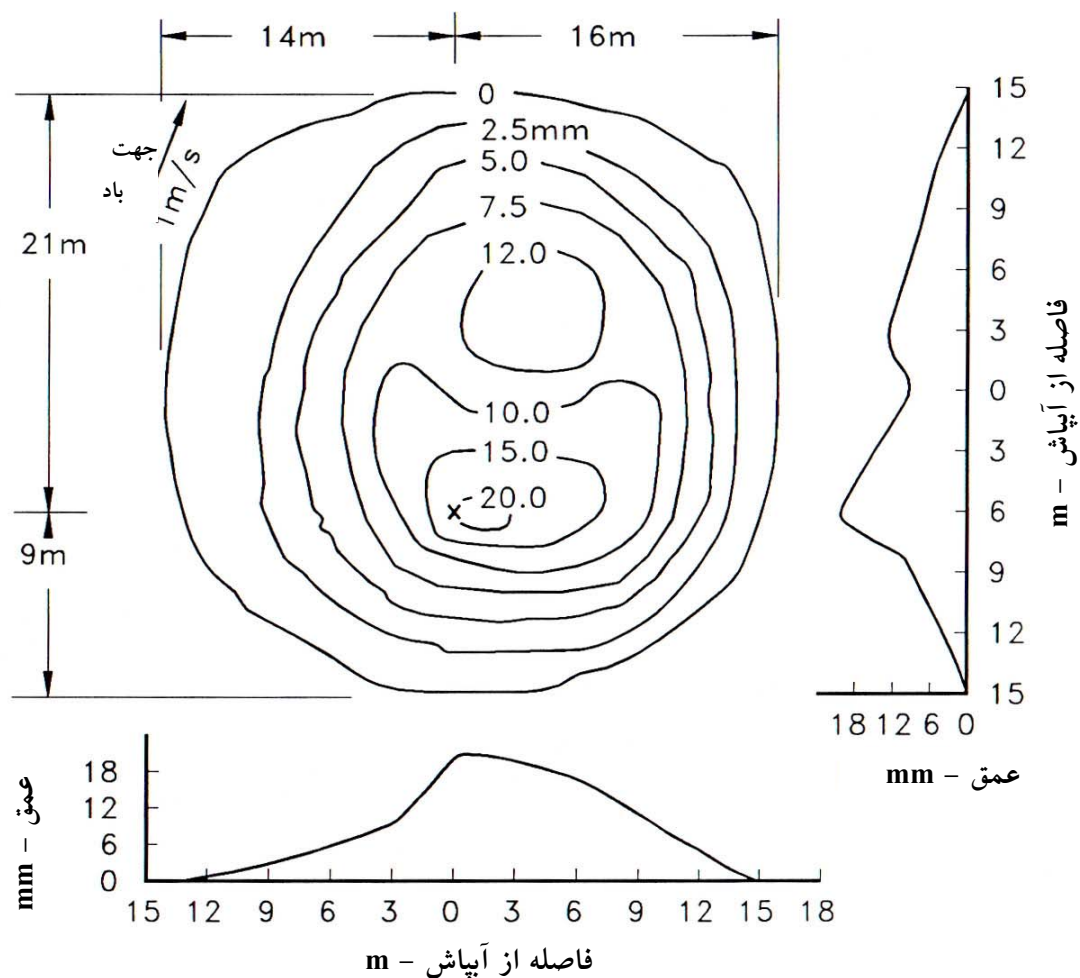
۲- در فشارهای زیاد، آب خارج شده از نازل به قطرات کوچک تبدیل شده و در اطراف آبپاش سقوط می کند. (شکل C ۵,۵). در این شرایط، الگوی پاشش به راحتی توسط باد تحت تأثیر قرار گرفته، دچار چولگی می شود.

۳- در دامنه مناسب فشار، آبپاش باید الگوی پاششی مشابه شکل B ۵,۵ ایجاد کند.



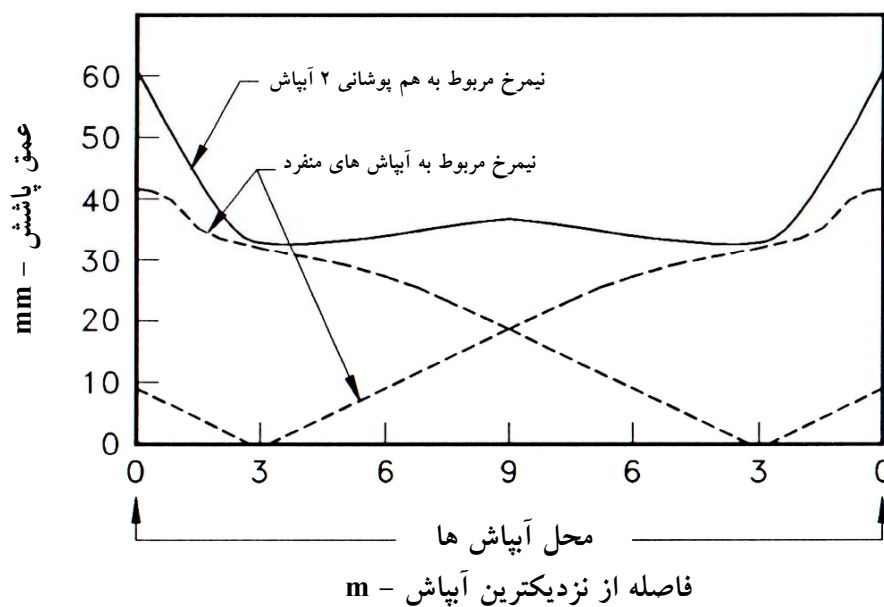
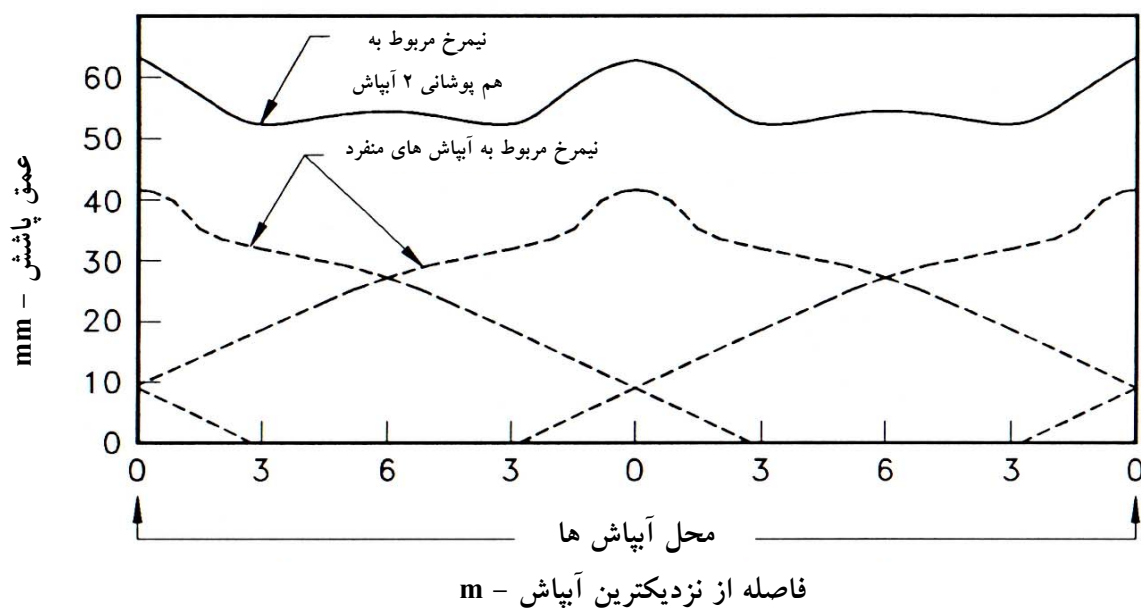
شکل ۵,۵ / تأثیر نسبی تغییرات فشار بر روی الگوی بارش آبپاش مجهز به ۲ نازل.

در فشار معین ، استفاده از نازل‌های بزرگتر منجر به ایجاد قطرات بزرگ و استفاده از نازل‌های کوچک منجر به ایجاد قطرات یا جریان‌ات کوچک می گردد . تمامی تولید کنندگان آبپاش‌های چرخان فشارهای کارکرد مناسب یا دامنه ای از فشار که منجر به ایجاد بهترین الگوی پاشش و عملکرد آبپاش می گردد را برای هر ترکیبی از آبپاش و اندازه نازل ارائه می دهند . باد الگوی پاشش آبپاش را دچار چولگی می کند و سرعت‌های بالاتر باد منجر به تغییرات بیشتر این الگو می گردد . شکل ۵,۶ نتایج آزمایش مربوط به آبپاش با دو نازل متوسط را تحت شرایط بادی ۵ متر در ثانیه نشان می دهد . چولگی الگوی پاشش می بایست در زمان انتخاب فاصله بندی بین آبپاشها مورد توجه قرار گیرد .



شکل ۵,۶ / تأثیر باد بر روی الگوی توزیع و نیمرخ بارش آبیاش مجهز به ۲ نازل.

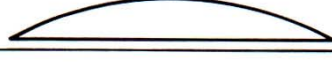
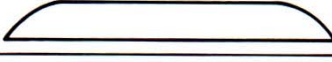
عمق آب آبیاری که در منطقه اطراف آبیاش چرخان اعمال می گردد ، با فاصله نسبت به پایه آبیاش کاهش پیدا می کند . بنابراین ، برای حصول یکنواختی پاشش مناسب ، آب پاشیده شده از آبیاشهای مجاور می بایست به یکدیگر اضافه شوند . شکل ۵,۷ (کریستیانسن ، ۱۹۴۲) عمق آب توزیع شده بوسیله آبیاشهایی که دایره پاشش آنها با آبیاشهای مجاور همپوشانی داشته است را نمایش می دهد .



شکل ۵,۷ / مثالی از الگوی بارش بین دو آبپاش با فاصله ۱۲ متر و فاصله لاترالها ۱۸ متر.

تولید کنندگان آبپاش معمولاً قطر دایره خیس شده (دایره پاشش) هر آبپاش را برای تمامی ترکیبات ممکن اندازه نازل و فشار کارکرد آبپاش را در یک کاتالوگ به همراه آبپاش ارائه می دهند . از آنجایی که انتخاب فاصله بین آبپاشها بر اساس قطر پاشش امری معمول و مرسوم است ، می بایست این پارامتر به دقت توسط طراح مورد بررسی قرار گیرد . نیمرخ پاشش نیز در زمان انتخاب فاصله بین آبپاشها از اهمیت زیادی برخوردار است .

RECOMMENDED SPACING AS A PERCENTAGE OF DIAMETER

نوع	شکل	مربعی	مثلث متساوی الاضلاع	مستطیلی طول × عرض
A		50	50	40 x 60 to 65
B		55	66	40 x 60
C		60	65	40 x 60 to 65
D		40 70 (FAIR)	70 to 75	40 x 70 to 75
E		40 80 (FAIR)	80	40 x 80

شکل ۵,۸ / نیمرخ شدت پاشش و فواصل بهینه آبپاشها براساس قطر پاشش مؤثر آبپاش در آرایشهای مربعی، مثلثی و مستطیلی.

آبپاشهایی که در شرایط باد کم استفاده می شوند، نیمرخ پاشش خاصی ایجاد می کنند. نیمرخهای پاشش خاص (کریستیانسن، ۱۹۴۲) در شکل ۵,۸، به همراه فاصله پیشنهادی آبپاشها بر اساس قطر پاشش مؤثر آنها تحت شرایط کاری ویژه مزرعه ارائه شده اند. شرایطی که قطر و نیمرخ پاشش آبپاش را تحت تأثیر قرار می دهند عبارتند از: جهت و سرعت باد که از سطح زمین تا بالای مسیر حرکت جت آب اندازه گیری شده اند، ارتفاع و زاویه لوله های رایزر، تلاطم جریان آب ورودی و خرجی از نازل، فشار نازل و اندازه نازل. خصوصیات مربوط به آبپاش که کارایی آن را تحت تأثیر قرار می دهند عبارتند از زاویه خروج جت آب و مکانیزم حرکتی آبپاش که سرعت و یکنواختی چرخش آن را مشخص می کند. بنابراین روش عملی برای مشخص کردن نوع نیمرخ پاشش آبپاش و قطر دایره پاشش آن این است که از تعدادی قوطی در منطقه پاشش آبپاش استفاده کرده و نتایج را مورد بررسی و ارزیابی قرار دهیم.

نیمرخ نوع A و B از ویژگیهای آبپاشهایی هستند که ۲ یا چند نازل دارند. انواع C و D متعلق به آبپاشهایی با یک نازل در فشار توصیه شده سازنده آبپاش هستند. نوع E عموماً با آبپاشهای تفنگی یا آبپاشهایی که در فشارهای پایین تر از مقادیر توصیه شده برای آن اندازه خاص نازل عمل می کنند ایجاد می شود. آبپاشهای دارای پره های منحرف کننده * معمولاً تمایل به ایجاد نیمرخ پاشش نوع E دارند. این پرده قطر دایره پاشش را افزایش می دهد، اما فشار باید به حدود ۷۰ تا ۱۰۵ کیلوپاسکال افزایش داده شود تا عمق مناسب پاشش در مرکز نیمرخ پاشش حاصل گردد.

توصیه های مرتبط با فاصله بندی آبپاشها که در شکل ۵,۸ نشان داده شده اند زمانیکه از قطر پاشش مؤثر واقع بینانه ای برای هر آبپاش استفاده شود به یکنواختی توزیع مناسبی منجر می شود. شرایط کاری در مزرعه، قطر و نیمرخ پاشش را تحت تأثیر قرار می دهد. باد، اصلی ترین عامل در کاهش قطر پاشش آبپاش و تغییر نیمرخ پاشش آن به یکی از انواع A یا B در جهت باد و در قسمت بالادست آبپاش، نوع D یا E در جهت باد و در قسمت پایین دست آبپاش و نوع C در خلاف جهت باد می باشد. (شکل ۵,۶ را ببینید). قطر دایره خیس شده که در بروشورهای کارخانه سازنده قید می شوند، معمولاً براساس آزمایشاتی هستند که ضرورتاً در شرایط عدم باد انجام گرفته اند و تا جایی اندازه گیری شده اند که

سرعت پاشش به میزان $0/25$ میلیمتر در ساعت کاهش می یابد. تحت شرایط مزرعه با سرعت باد بین 0 تا 5 کیلومتر در ساعت، این اقطار باید تا 10 درصد کاهش یابند تا قطر مؤثر پاشش آبپاش حاصل شود. قطر مؤثر باید برای شرایط بادی بیش از 5 کیلومتر در ساعت بازهم کاهش بیشتری داده شود. کاهش $2/5$ درصد در ازای هر $1/6$ کیلومتر در ساعت سرعت باد بالاتر از 5 کیلومتر در ساعت، تخمین مناسبی برای شرایط معمول بادی می باشد.

در کل، بالاترین مقادیر یکنواختی زمانی حاصل می شوند که فاصله آبپاش به اندازه 40 درصد یا کمتر از قطر پاشش آنها باشد. اما این فاصله بندی های کوچک سرعت پاشش و هزینه های سیستم را افزایش می دهد. فاصله بندی های بسیار کم یا زیاد بین خطوط فرعی می تواند منجر به یکنواختی های پاشش پایینی گردد. انواع نیمرخهای پاشش، بخصوص انواع D و E دارای فاصله بندی های کم بین خطوط لاترال هستند که باعث دستیابی به یکنواختی بالایی می شوند. بنابراین، یکنواختی به شدت تحت تأثیر سرعت باد است. در حقیقت، زمانیکه آبپاشهایی با الگوی پاشش D و E در فواصل کم نسبت به هم نصب می شوند (در شرایط بادی)، یکنواختی توزیع می تواند با کاهش سرعت باد کاهش یابد. زیرا مقدار همپوشانی بسیار زیادست.

به عنوان یک توصیه عمومی، آبپاشهای با فشار کارکرد متوسط بهتر است به این شکل فاصله بندی شوند:

- دریک آرایش مستطیلی، از 40 تا 67 درصد قطر مؤثر پاشش آبپاش بر پایه متوسط سرعت باد در طول استقرار را به عنوان فاصله آبپاشها استفاده کنید.
- برای آرایش مربع شکل، 50 درصد قطر مؤثر پاشش آبپاش بر اساس سرعت متوسط باد در طول استقرار به عنوان فاصله آبپاشها استفاده می شود.
- در آرایش مثلث متساوی الاضلاع، 62 درصد قطر مؤثر پاشش آبپاش بر اساس متوسط سرعت باد در طول استقرار استفاده می شود.

اندازه و فشار کارکرد نازلها

جدول ۵,۲ دبی و قطر دایره پاشش را در شرایط عدم وجود باد برای آبپاشهای ضربه ای معمولی 13 و 19 میلیمتری با زاویه پرتاب 22 تا 28 درجه و دارای نازلهای استاندارد بدون پره انحراف دهنده نشان می دهد.

جدول ۵،۲ / دبی و قطر مرطوب شده نازلها برای آبیاشهای معمولی ۱/۲ و ۳/۴ اینچی ضربه ای با زاویه پاشش بین ۲۲ تا ۷۸ درجه و نازلهای استاندارد بدون پره انحراف آب.

قطر نازل -in. (mm)																		
فشار کارکرد آبپاش		3/32 (2.4)	7/64 (2.8)	1/8 (3.2)	9/64 (3.6)	5/32 (4.0)	11/64 (4.4)	3/16 (4.8)	13/64 (5.2)	7/32 (5.6)	آبدهی نازل و قطر مرطوب شده آن							
psi	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft
20	1.14	63	1.55	73	2.25	76	2.88	79	3.52	82	4.64	88	5.50	91	6.50	94	7.58	96
25	1.27	64	1.73	76	2.47	77	3.16	80	3.85	85	5.02	90	5.97	94	7.06	97	8.25	100
30	1.40	65	1.89	77	2.68	78	3.40	81	4.16	87	5.37	92	6.40	96	7.55	99	8.82	102
35	1.51	66	2.05	77	2.87	79	3.64	82	4.45	88	5.70	94	6.80	98	8.00	101	9.35	104
40	1.62	67	2.20	78	3.05	80	3.85	83	4.72	89	6.01	95	7.17	100	8.45	103	9.88	106
45	1.72	68	2.32	79	3.22	81	4.01	84	4.98	90	6.30	96	7.52	101	8.85	104	10.34	107
50	1.80	69	2.45	80	3.39	82	4.25	85	5.22	91	6.57	97	7.84	102	9.24	105	10.75	108
55	1.88	70	2.58	80	3.54	83	4.42	86	5.45	92	6.83	98	8.19	103	9.60	106	11.10	109
60	1.98	71	2.70	81	3.68	84	4.65	87	5.71	93	7.09	99	8.49	104	9.95	107	11.40	110
65					3.81	84	4.82	88	5.92	94								
70																		
K _d	0.255 (1.151)	0.346 (1.561)	0.453 (2.044)	0.575 (2.595)	0.704 (3.177)	0.849 (3.831)	1.012 (4.566)	1.193 (5.383)	1.394 (6.290)									

استفاده از پره های انحراف در آبیاشها ۵ درصد قطر نایره مرطوب شده را افزایش می دهد .

مقادیر متفاوت در این جدول برای اندازه های مختلف نازل بین ۲/۴ تا ۵/۶ میلیمتر و پایه فشار کارکرد آبپاشها بین ۱۴۰ تا ۴۸۰ کیلوپاسکال می باشد .

در کل ، رابطه بین فشار و دبی در آبپاشها می تواند بر اساس رابطه روزنه ها بیان شود .

$$q = K_d \sqrt{P} \quad (5,1a)$$

و یا

$$q = K_d \sqrt{H} \quad (5,1b)$$

q : دبی آبپاش (Lit/min)

K_d : ضریب دبی برای ترکیب آبپاش و نازل و متناسب با واحد های استفاده شده

P : فشار کارکرد آبپاش (KPa)

H : باد آبی کارکرد آبپاش (m)

ضریب K_d برای تمامی ترکیبهای بین آبپاش و نازل قابل محاسبه می باشد ، به شرطی که مقادیر P و q مشخص باشند . به دلیل وجود افت اصطکاک داخلی آبپاش ، این ضریب به میزان محدودی با افزایش P و q کاهش می یابد . به هر حال ، در دامنه معمول فشار کارکرد اغلب آبپاشها ، K_d می تواند ثابت فرض شود . مقادیر متوسط K_d در بازه توصیه شده فشار کارکرد برای هراندازه نازلی در جدول ۵,۲ مشخص شده است .

رابطه ۵,۱ a برای محاسبه مقادیر P مورد استفاده قرار می گیرد :

$$P = P' (q / q')^2 \quad (5,2)$$

که P' و q' مقادیر مشخصی هستند که از جدول ۵,۲ یا جداول کارخانه سازنده استخراج می شوند . همچنین ، q و P نیز مقادیر مجهول در این رابطه می باشند . از رابطه ۵,۲ b نیز می توان به همین شکل استفاده کرد .

اکنون که مشخصات ابتدایی مرتبط با کارکرد آبپاشها را شناخته ایم ، می توانیم اقدام به طراحی اولیه یک سیستم آبیاری بارانی ثابت (شکل ۱,۲) نماییم .

طراحی اولیه

۶ مرحله اول در فرآیند طراحی که قبلاً در این فصل ارائه شدند ، اغلب با عنوان مراحل طراحی اولیه مشخص می شوند . قسمت های I تا IV در شکل ۵,۲ به منظور سازماندهی اطلاعات حاصل شده از این مراحل به کار می روند . قسمت V از این فرم ، بخصوص برای سیستم های با جابجایی متناوب و سیستم های ثابت استفاده می شوند . چهار ستون از شکل ۵,۲ این فرم را قادر می سازند تا برای محصولات مختلف و یا قسمت های مختلف از یک مزرعه مورد استفاده قرار گیرد .

عمق ناخالص آبیاری

زمانیکه $LR \leq 0.1$ باشد (رابطه ۳,۳) مقادیر غیرقابل احتراز نفوذ عمقی می توانند نیاز آبتیوی را برطرف سازند. بنابراین، عمق آبیاری در هر نوبت، d ، با تقسیم عمق خالص آبیاری در هر نوبت، d_n ، بر راندمان آبیاری محاسبه می شود. همانطور که قبلاً ذکر شد، مقادیر انتخاب شده برای d_n باید برابر یا کمتر از مقادیر d_x (رابطه ۳,۱) باشند. بعلاوه، d_n به طراحی سیستم و عوامل محیطی نیز وابسته است.

$$d = \frac{d_n}{E_a/100} \quad (5,3 a)$$

زمانیکه نیاز آبتیوی بیش از ۱۰ درصد باشد ($LR > 0.1$) عمق آبیاری در هر نوبت برای برآورده ساختن نیاز آبی گیاه و نیاز آبتیوی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$d = \frac{0.9 d_n}{(1 - LR) E_a/100} \quad (5,3 b)$$

که در این معادلات:

d : عمق ناخالص آبیاری در هر نوبت (mm)

E_a : راندمان کاربرد (درصد)

ضریب ۰/۹ در رابطه ۵,۳ b به منظور در نظر گرفتن مقادیر غیرقابل احتراز نفوذ عمقی که معمولاً حدود ۱۰ درصد نیاز آبتیوی را برآورده می سازند در نظر گرفته شده است. در رابطه ۵,۳، d_n می تواند با d_x (رابطه ۳,۱) جایگزین گردد تا مقدار حداکثر عمق ناخالص آبیاری اولیه حاصل شود. علاوه بر این، E_a از جدول ۴,۱ یا با جایگزینی راندمان کاربرد نیمه پایین، E_h ، یا ربع پایین، E_q ، قابل استحصال می باشد. (این پارامترها در فصل ۶ مورد بحث قرار می گیرند).

ظرفیت مورد نیاز سیستم

ظرفیت مورد نیاز یک سیستم بارانی به مساحت تحت آبیاری، عمق ناخالص آبیاری در هر نوبت (رابطه ۵,۳) و دور آبیاری بستگی دارد. این ظرفیت عبات خواهد بود از:

$$Q_s = K \frac{A d}{f T} \quad (5,4)$$

Q_s : ظرفیت سیستم (Lit/s)

K : ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک برابر ۲/۷۸.

A : مساحت تحت آبیاری (ha)

d : عمق ناخالص آبیاری (mm)

f : دور آبیاری (day)

T : میانگین زمان آبیاری در هر روز (hr)

مقادیر f باید کمتر یا برابر با دور آبیاری f' که از رابطه ۳,۲ محاسبه می شود باشد. مقدار d نیز می بایست از رابطه ۵,۳ محاسبه گردد. برای سیستمهای کاملاً خودکار ثابت، بهترین کار این است که d را برابر با عمق ناخالص مورد نیاز در هر روز قرار دهیم (یعنی $f = f' = 1 \text{ day}$). برای اینکه زمان لازم برای قطع سیستم و یا جابجایی های لازم ایجاد شود، باید مقدار T را حداقل ۵ تا ۱۰ درصد از (نسبت به حداکثر مقدار ۲۴ ساعت) کاهش داد.

در این رابطه، d ، f و T دارای بیشترین اهمیت هستند. زیرا دارای تأثیر مستقیم بر مقدار سرمایه گذاری مالی در واحد سطح زمین به منظور تجهیز سیستم می باشند. از رابطه ۵,۳ مشهود است که هرچه زمان کار سیستم، یعنی $T \times f$ برای اعمال عمق مشخص آب بیشتر باشد، ظرفیت سیستم کاهش یافته و بنابراین، هزینه اولیه طرح نیز کمتر می شود. ظرفیت و هزینه سیستم های با جابجایی متناوب که به منظور اعمال عمق آبیاری کم یا آبیاری های مکرر و متناوب طراحی شده اند می بایست تا حدودی زیاد باشد. مگر اینکه نیروی کارگری برای جابجایی این سیستم ها در طول شب در اختیار باشد.

با سیستم های عقبه ای و سیستم های ثابت خودکار، آبیاری سبک و مکرر کاملاً عملی می باشد. زیرا ظرفیت سیستم و نیاز کارگری آنها حداقل است. با استفاده از این سیستم ها، دور آبیاری باید بر اساس حفظ شرایط بهینه رطوبتی خاک انتخاب شود. در واقع تخلیه رطوبت خاک تا حدی که مقدار بهینه ای بین نیاز کارگری، هزینه های مالی و شرایط رشد باشد، مورد قبول نیست.

قبل از اینکه یک سیستم بارانی طراحی شود، طراح باید زارع را بطور کامل با این اطلاعات آشنا سازد و باید به تفاهم روشنی درباره تعداد ساعات کاری سیستم که برای تکمیل یک آبیاری در اختیارست دست یابند. همچنین، کشاورز باید نیاز کارگری سیستم برای راه اندازی سیستم را بداند. به نحوی که عملکرد سیستم تداخلی با سایر عملیات زراعی پیدا نکند.

مثال ۵,۱ به عنوان مثالی در رابطه با استفاده از رابطه ۵,۳ و ۵,۴ ارائه شده است که در آن، یک نوع محصول در منطقه تحت آبیاری کشت می شود. نرخ مصرف رطوبت طرح و دور آبیاری می توانند از مراجعی که در اختیار طراح قرار دارند انتخاب شوند. در غیر این صورت، این مقادیر ممکن است با استفاده از داده های واقعی مزرعه یا مقادیر تخمینی در طراحی اولیه سیستم (از روی داده های جدول ۳,۱ تا ۳,۴) محاسبه شوند. در مناطقی که شامل بیش از یک نوع خاک هستند، طرح باید بر اساس نوع خاک غالب صورت گیرد. اگر خاکهای متفاوت کمابیش سطح یکسانی را بپوشانند، خاک با کمترین مقدار ظرفیت نگهداری رطوبت اساس طراحی قرار داده می شود.

مثال ۵,۱: محاسبه ظرفیت سیستم برای یک گیاه در منطقه تحت کشت.

اطلاعات:

مزرعه ذرت با مساحت ۱۶ هکتار. نیاز آبی طرح: $U_d = 5 \text{ mm/day}$.

عمق خالص آبیاری (مقدار رطوبتی که در هر آبیاری جایگزین می شود): $d_n = 60 \text{ mm}$.

راندمان آبیاری: $E_a = 75\%$. دور آبیاری: $f = 10 \text{ days}$ در طول یک فاصله ۱۲ روزه.

ساعات کاری سیستم در هر روز: $T = 20 \text{ hr/day}$. هدایت الکتریکی آب آبیاری: $EC_w = 2/1 \text{ dS/m}$.

محاسبات : از مثال ۳,۳ مقدار نیاز آبخویی ۲۰ درصد محاسبه شده است . بنابراین از رابطه b ۵,۳ برای محاسبه عمق ناخالص آبیاری در هر نوبت استفاده می شود .

$$d = \frac{0.9 \times 60}{(1 - 0.20) \times 75 / 100} = 90 \text{ mm}$$

با استفاده از رابطه ۵,۴ مقدار ظرفیت سیستم به این ترتیب محاسبه می گردد .

$$Q_s = \frac{2.78 A d}{f T} = \frac{2.78 \times 16 \times 90}{10 \times 20} = 20 \text{ Lit/s}$$

زمانیکه دو یا بیشتر منطقه طراحی با محصولات متفاوت تحت آبیاری با سیستم مشابه قرار دارند ، و حداکثر نرخ مصرف آب برای گیاهان در زمانی یکسان برای هردو گیاه روی می دهد ، ظرفیت هریک از سیستم ها به روشی که در مثال ۵,۱ ارائه شد محاسبه می شود . ظرفیت هریک از مناطق با یکدیگر جمع شده و ظرفیت کل سیستم را مشخص می کنند . تعداد روزهایی که برای تکمیل یک نوبت آبیاری در نظر گرفته شده اند (f) نباید بیشتر از کوچکترین دور آبیاری باشد که از تقسیم تخلیه مجاز رطوبتی خاک بر حداکثر نیاز آبی روزانه محاسبه شده است .

ظرفیت سیستم برای منطقه طراحی در یک تناوب کشت ، به نحوی تعیین می شود که نیاز آبی را در دوره حداکثر مصرف برآورده سازد . حداکثر این مقدار ، بعضی اوقات و نه همیشه ، زمانی روی می دهد که تمامی گیاهان تناوب در حال آبیاری شدن می باشند . در این شرایط می بایست بر اساس تفاوت در زمان وقوع حداکثر نیاز آبی در میان محصولات ، تقسیم بندی بین آنها صورت گیرد .

مثال ۵,۲ : محاسبه ظرفیت سیستم در یک تناوب کشت .

اطلاعات : منطقه طرح به مساحت ۹۰ ایکر و حداکثر نیاز آبی به صورت زیر :

۱۰ ایکر سیب زمینی ، آخرین آبیاری ۳۱ می ، ۲/۶ اینچ عمق ناخالص آبیاری به مدت ۱۲ روز در طول ماه می (ماه پیک مصرف) .

۳۰ ایکر ذرت ، آخرین آبیاری ۲۰ آگوست ، ۲/۹ اینچ عمق ناخالص آبیاری به مدت ۱۲ روز در ماه می ، ۳/۴ اینچ عمق ناخالص آبیاری در طول ۱۲ روز در ماه جولای (ماه پیک مصرف) .

۵۰ ایکر یونجه ، تحت آبیاری خارج از دوره یخبندان ، ۳/۶ اینچ عمق ناخالص آبیاری در طول ۱۲ روز در ماه می ، ۴/۳ اینچ عمق ناخالص آبیاری در طول ۱۲ روز در ماه جولای (ماه پیک مصرف) .

دور آبیاری ۱۰ روز ، حداکثر دور آبیاری ۱۲ روز .

سیستم می بایست در طول روز ، ۱۶ ساعت کار کند .

محاسبات : با استفاده از رابطه ۵,۴ ، ظرفیت سیستم برای ماه می ، زمانیکه ۳ محصول در حال آبیاری می باشند عبارت است از :

$$Q = \frac{453 \times 10 \times 2.6}{10 \times 16} = 74 \text{ gpm}$$

برای سیب زمینی

$$Q = \frac{453 \times 30 \times 2.9}{10 \times 16} = 246 \text{ gpm}$$

برای ذرت

$$Q = \frac{453 \times 50 \times 3.6}{10 \times 16} = 510 \text{ gpm}$$

برای یونجه

در مجموع : ۸۳۰ گالن در دقیقه

ظرفیت سیستم در ماه جولای زمانیکه سیب زمین برداشت شده است ، اما ذرت و یونجه در شرایط اوج نیاز آبی هستند به این ترتیب محاسبه می شود :

$$Q = \frac{453 \times 30 \times 3.4}{10 \times 16} = 289 \text{ gpm}$$

برای ذرت

$$Q = \frac{453 \times 50 \times 4.3}{10 \times 16} = 609 \text{ gpm}$$

برای یونجه

در مجموع : ۸۹۸ گالن در دقیقه

هرچند در ماه جولای تنها دو محصول از تناوب کشت در حال آبیاری هستند ، اما حداکثر ظرفیت مورد نیاز سیستم در این ماه اتفاق می افتد .

علاوه بر نیازهای مرتبط با ظرفیت سیستم که در آبیاری های معمولی وجود دارند ، پیشامدهای دیگری نیز ممکن است در محاسبه ظرفیت مورد نیاز سیستم وارد شوند . از آن جمله :

- آبیروی : اغلب آبهای مورد استفاده در آبیاری دارای کیفیت مناسبی بوده و نیازی به اضافه کردن ظرفیت سیستم در طول دوره حداکثر مصرف به منظور آبیروی املاح نیست . نیاز آبیروی می تواند اغلب قبل و بعد از دوره اوج مصرف ، بطور کامل برطرف شود . بنابراین ، کمتر نیاز به افزایش ظرفیت سیستم (به منظور در نظر گرفتن نیاز آبیروی) می باشد . با اینحال ، در مناطقی با آب آبیاری نسبتاً شور که برای آبیاری گیاهان حساس به املاح استفاده می شود (یعنی آبی که هدایت الکتریکی آن بیش از نیمی از هدایت الکتریکی مشخص شده در جدول ۳,۵ باشد) ، بهتر است که بخشی از نیاز آبیروی سالانه در هر آبیاری به عمق ناخالص آبیاری افزوده شود . در چنین مواردی ، عمق آبیاری در هر نوبت باید افزایش یابد (رابطه b ۵,۳ و مثال ۵,۱) .
- باد : در شرایط باد شدید ، راندمان آبیاری بارانی به دلیل یکنواختی توزیع پایین و تلفات بادبردگی و تبخیر ، پایین خواهد بود . این امر بخصوص در سیستم های با جابجایی متناوب و خاکهای با ظرفیت نفوذ پایین صادق است (خاکهایی که نیاز به شدت پاشش کم دارند) . بنابراین در طول شرایط باد شدید ، ممکن است آبیاری عملی منطقی نباشد . از آنجایی که این موضوع ساعات مؤثر آبیاری در هر روز را کاهش می دهد ، ظرفیت سیستم می بایست به طور متناسب افزایش یابد .
- کم آبیاری : در مناطق کم آب ، گاهی اوقات معقولتر است که به منظور صرفه جویی در مصرف آب ، به قیمت کاهش در مقدار تولید محصول ، کم آبیاری صورت گیرد . مقدار محصول بهینه در ازای هر واحد آب آبیاری اغلب در ظرفیت هایی حدوداً ۲۰ درصد کمتر از ظرفیت های مورد نیاز در سیستم های با جابجایی متناوب متداول حاصل می شود . کم آبیاری با استفاده از دور آبیاری طولانی تر قابل اجراست .
- سیستمهای ثابت : سیستم های ثابت می تواند برای آبیاری معمولی ، آبیاری با تناوب زیاد ، خنک کردن محصول و جلوگیری از یخزدگی محصول استفاده شوند . زمانیکه ظرفیت مورد نیاز سیستم برای هریک از سه کارکرد ذکر شده

محاسبه می شود ، می بایست ملاحظات خاصی صورت گیرد . تمامی سیستم های ثابت برای استفاده از کودهای محلول و دیگر مواد شیمیایی زراعی ایده آل می باشند .

برخی از سیستم های آبیاری بارانی ثابت ممکن است برای آبیاری محصولات دائمی یا دیگر محصولات دارای ریشه عمیق و با اعمال دور آبیاری طولانی مورد استفاده قرار گیرند . ظرفیت چنین سیستمهایی می تواند ۵ تا ۱۰ درصد کمتر از سیستم های با جابجایی متناوب متداول باشد . زیرا هیچ زمانی به منظور خاموش کردن و جابجایی سیستم مورد نیاز نیست . ظرفیت سیستم می بایست برای تأمین حداکثر نیاز خالص آبی محصول در آبیاری های با تواتر کم (۱ یا ۲ هفته یک بار) ، یعنی زمانیکه سیستم ۲۴ ساعت در روز و ۷ روز در هفته کار می کند کافی باشد . این سیستم ها می توانند با شیرهای دستی کنترل شوند .

برای سیستم های ثابتی که برای آبیاری های یک یا دو بار در روز به منظور کنترل دمای خاک و حفظ ذخیره رطوبتی خاک در حدی خاصی طراحی شده اند ، ظرفیت سیستم بیشتر است . ظرفیت خالص سیستم می بایست ۱۰ تا ۲۰ درصد نسبت به سیستم های با جابجایی متناوب مرسوم ، افزایش داده شود . این ظرفیت اضافی ضروریست ، زیرا محصول همواره با حداکثر شدت تبخیر و تعرق آب را استفاده می کند (تبخیر و تعرق با نرخ پتانسیل) . در مقابل ، در دوره های آبیاری طولانی تر (آبیاری با تواتر کمتر) ، از آنجایی که رطوبت خاک کاهش می یابد ، شدت مصرف آب نسبت به تبخیر و تعرق پتانسیل به مقدار کمتری کاهش می یابد . معمولاً مهمترین توجیه درباره هزینه های فراوان سیستم های ثابت ، حفظ عملکرد سیستم در حداکثر مقدار ممکن به منظور افزایش کمیت و کیفیت محصول می باشد . بوضوح مشخص است که محصولاتی که عکس العمل مناسبی به این شرایط رطوبتی مناسب خاک نشان نمی دهند ، گزینه های مناسبی برای سیستم های ثابت نیستند (از نظر توجیه اقتصادی) . سیستم های با تواتر زیاد آبیاری می توانند از شیرهای دستی استفاده کنند ، ولی استفاده از شیرهای خودکار برقی توصیه می شود .

نفوذ و شدت پاشش بهینه

شدت پاشش مورد استفاده در سیستم های آبیاری بارانی به عوامل زیر بستگی دارد :

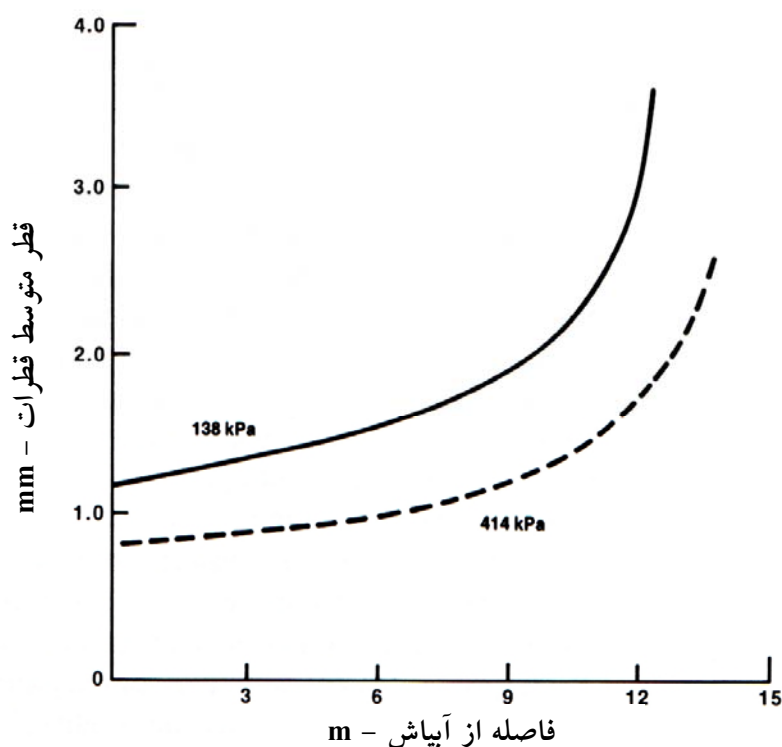
- خصوصیات نفوذ خاک ، شیب مزرعه و پوشش گیاه .
- حداقل شدت پاشش که تحت شرایط معمول بادی و تبخیری ، یکنواختی توزیع و راندمان مناسبی به دست می دهد .
- هماهنگی حرکت لاترالها با دیگر عملیات زراعی در سیستم های با جابجایی متناوب .

ضربات ناشی از قطرات آب باعث تراکم سطح خاک و کاهش نفوذ ، بخصوص در خاکهای برهنه می گردد . انرژی جنبشی قطرات آب بستگی به نصف جرم آنها و مجذور سرعتشان دارد . در آبیاری بارانی ، اندازه قطرات آب معمولاً بین ۰/۵ تا ۵ میلیمتر بوده و سرعت فرود نهایی آنها بین ۲ تا ۲۲ متر در ثانیه متغیر است . در شرایطی که فاصله سقوط قطرات در حدود ۳ تا ۶ متر باشد ، اغلب قطرات آب شرایط لازم برای دستیابی به حداکثر سرعت فرود را دارند . جدول ۵،۳ سرعت های نهایی و انرژی جنبشی متناسب با اندازه های مختلف قطرات را نمایش می دهد .

جدول ۵,۳ / سرعت برخورد قطرات آب با زمین و انرژی جنبشی آنها.

مقادیر انرژی جنبشی				
قطر قطرات (mm)	حجم قطرات mm^3	سرعت برخورد m/s	برای قطر قطرات 1.0-mm	برای هر میلیمتر از کل بارش Joules/m^2
0.5	0.07	1.8	0.03	1.6
1.0	0.5	3.8	1.0	7.3
1.5	1.8	5.3	6.5	14.1
2.0	4.2	6.5	22.8	20.8
2.5	8.2	7.3	57.0	26.6
3.0	14.2	7.9	115.7	31.1
3.5	22.5	8.4	205.0	34.8
4.0	33.5	8.7	332.0	37.6
4.5	47.8	8.9	499.0	39.8
5.0	65.5	9.1	707.5	41.2

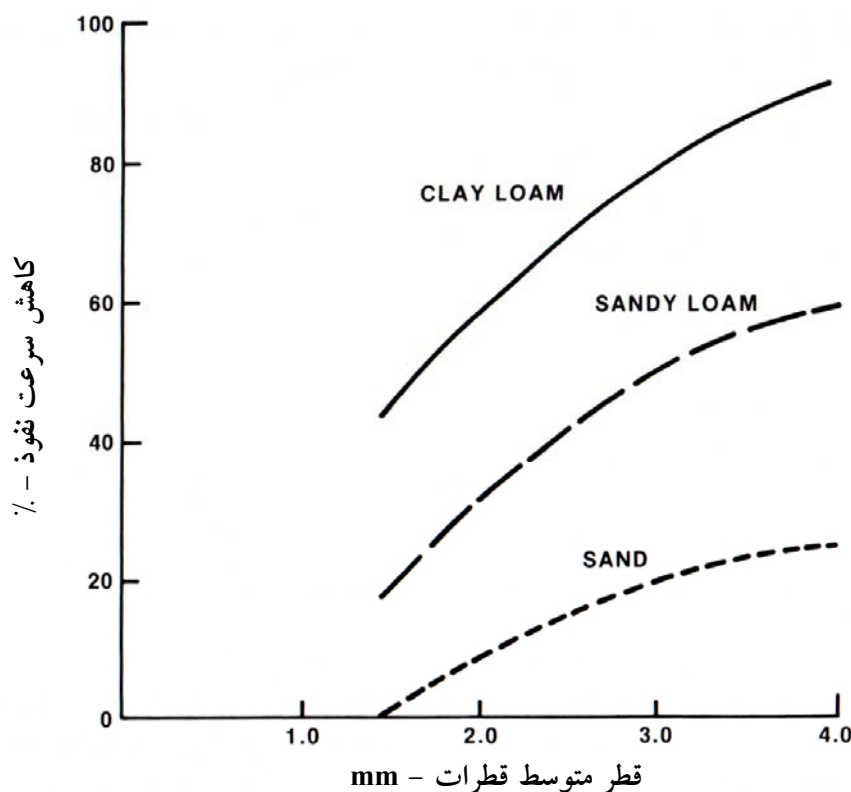
1 m/s = 3.3 ft; 1 Joule/m² per mm = 1.74 ft-lb/ft² per in.



شکل ۵,۹ / اندازه قطرات تولید شده توسط آبیاش مجهز به نازل ۴ میلیمتری در فشارهای ۱۳۸ و ۴۱۴ کیلوپاسکال.

اندازه قطرات با افزایش فشار کارکرد آبیاش و یا کاهش اندازه نازل، کاهش می یابد. (شکل ۵,۹). اندازه قطرات آب می تواند به دلایل دیگری غیر از فشار، مثلاً ابزاری که باعث شکستن جت آب می گردند، کاهش یابد. برخی روشها که برای کاهش اندازه قطرات استفاده می شوند شامل استفاده از وسایلی است که جت آب را در محلی نزدیک به محل خروج آن از نازل، می شکافد. همچنین استفاده از روزنه های نوک تیز به جای روزنه های مخروطی، روزنه های

مستطیلی، مثلی و تخم مرغی شکل. به دلیل افزایش روز افزون هزینه انرژی، نیاز به ایجاد قطرات ریزتر بدون افزایش فشار آب کاملاً محسوس است.



شکل ۵،۱۰ / رابطه بین کاهش سرعت نفوذ آب در خاک ناشی از آبیاری بارانی بر روی ۳ نوع خاک شخم خورده در شدت پاشش حدود ۱۳ mm/hr.

تراکم سطح خاک و کاهش در شدت نفوذ ناشی از ضربه قطرات آب بستگی به بافت و ساختمان خاک، مقدار و نوع پوشش گیاهی و شدت پاشش دارد. شکل ۵،۱۰ رابطه کلی بین اندازه قطرات و کاهش سرعت نفوذ در ۳ نوع متفاوت خاک برهنه و تازه شخم خورده با شدت پاشش حدود ۱۳ میلیمتر در ساعت را نمایش می دهد. کاهش در سرعت نفوذ در خاک رس لومی پس از حدود ۲۰ دقیقه از شروع پاشش به مقدار حداکثر نزدیک می شود.

آبپاشهای ضربه ای سطح خیس شده دایره ای شکلی ایجاد می کنند. در هر لحظه، تمام آبی که در جت خارج شده از آبپاش موجود است، در بخش کوچکی از این دایره فرو می آید. معمولاً شدت پاشش در این منطقه از ظرفیت نفوذ خاک فزونی می یابد. آب اضافی در سطح خاک باقی مانده و باعث جابجایی ذرات خاک و تخریب ساختمان آن می گردد. این موضوع همچنین باعث حذف نیروهای تنشی خاک می شود که باعث حفظ ذرات خاک در محل خود می شوند. قطرات آبی که بعداً بر سطح آنگرفته خاک سقوط می کنند، می توانند ذرات شن و سیلت را نیز از محل خود حرکت دهند و در آب معلق سازند. این ذرات در سطح خاک مستقر شده و یا بوسیله آب نفوذ کننده به درون نیمرخ خاک حمل می شوند. در نتیجه، فرسایش عمودی خاک، سله بندی و تراکم سطح خاک روی می دهد. در خاکهای درشت دانه، مانند خاکهای شنی، سله بندی خاک معمولاً مسئله ساز نیست. زیرا مقدار تخلخل و پایداری این خاکها

زیاد است و ذرات سیلت و رس در این گونه خاکها کمتر یافت می شوند. با این وجود، سله بندی و تراکم سطح خاک اغلب در خاکهای ریز دانه و یا با بافت متوسط که دارای ساختمان ضعیفی هستند روی می دهد.

در تمامی موارد، شدت پاشش انتخاب شده باید در بین مقادیر مینیمم و ماکزیمم ذکر شده در ابتدای این بخش قرار داشته باشد. تجارب و راهنمایی های محلی باید به منظور دستیابی به حداکثر مقدار شدت پاشش در ترکیبهای متفاوت خاک، شیب مزرعه و پوشش گیاهی مد نظر قرار گیرند. با اینحال، داده های واقعی مزرعه برای طراحی نهایی مزرعه ضروری می باشند. حداکثر شدت پاشش برای پوشش مناسب گیاهی تنها باید زمانی استفاده شود که این پوشش از قبل تثبیت شده باشد.

جدول ۵,۴ / حداکثر شدت پاشش پیشنهادی برای خاک و شیب های مختلف.

بافت و نیمرخ خاک	شیب زمین			
	0-5%	5-8%	8-12%	12-16%
	حداکثر شدت پاشش			
	mm/hr (in./hr)	mm/hr (in./hr)	mm/hr (in./hr)	mm/hr (in./hr)
بافت شنی درشت تا عمق ۱.۸ متر (۶ فوت)	50 (2.0)	38 (1.5)	25 (1.0)	13 (0.50)
بافت شنی درشت برروی لایه فشرده خاک	38 (1.5)	25 (1.0)	19 (0.75)	10 (0.40)
بافت لوم شنی سبک تا عمق ۱.۸ متر (۶ فوت)	25 (1.0)	20 (0.80)	15 (0.60)	10 (0.40)
بافت لوم شنی سبک برروی لایه فشرده خاک	19 (0.75)	13 (0.50)	10 (0.40)	8 (0.30)
بافت سیلت لومی تا عمق ۱.۸ متر (۶ فوت)	13 (0.50)	10 (0.40)	8 (0.30)	5 (0.20)
بافت سیلت لومی برروی لایه فشرده خاک	8 (0.30)	6 (0.25)	4 (0.15)	2.5 (0.10)
بافت سنگین رسی یا رس لومی	4 (0.40)	2.5 (0.10)	2 (0.08)	1.5 (0.06)

جدول ۵,۴ می تواند در مورد حداکثر شدت پاشش در سیستم های با جابجایی متناوب مورد استفاده قرار گیرد. این جدول بر اساس شرایط عادی خاک در آبیاری تمامی گیاهان زراعی بغیر از یونجه و چمن تهیه شده است. مقادیر شدت پاشش برای شیبهای بین ۰ تا ۱۶ درصد نیز در این جدول گنجانده شده اند. برای زمین برهنه و خاک تحت شرایط نامناسب، این مقادیر نیاز به ۲۵ درصد کاهش دارند. برای یونجه و چمن، این مقادیر در حدود ۲۵ درصد افزایش داده می شوند. بعلاوه، سدت پاشش باید درمورد آبپاشهای تفنگی و برخی آبپاشهای بوم تا ۲۵ درصد کاهش داده شود. زیرا این نوع آبپاشها قطراتی با قطر بزرگ تولید کرده و دارای شدت پاشش لحظه ای بالایی هستند.

برای اغلب گیاهان تحت آبیاری، حداقل عملی شدت پاشش برای دستیابی به یکنواختی مناسب و راندمان بالا تحت شرایط اقلیمی مناسب در حدود ۳ میلیمتر در ساعت می باشد. در مناطقی که شرایط باد و دما نامناسب است (باد شدید

و دمای بالا) حداقل شدت پاشش بزرگتر خواهد بود. انتخاب حداقل شدت پاشش نیاز به تجربیات محلی و قضاوت شخصی طراح دارد.

به محض اینکه حداقل و حداکثر شدت پاشش محاسبه شد، طراح سیستم با جابجایی متناوب باید شدت پاشش نهایی را به نحوی که با برنامه ریزی کاری مزرعه هماهنگی داشته باشد انتخاب کند. برای سیستم های با جابجایی متناوب، معمولاً مطلوب است که بازه هایی برای آبیاری انتخاب شوند که بین ۱ تا حداکثر ۳ تغییر در هر روز را در اختیار قرار داده و در ضمن از آبیاری در شب جلوگیری کند. تغییراتی که درست قبل یا بعد از وقت غذا اعمال می شوند، ارجحیت دارند، زیرا این عمل بقیه طول روز را برای کار خالی می گذارد. برای سیستم های ثابت (به خصوص سیستم های خودکار) هر تعداد تغییر در طول روز قابل دستیابی می باشد.

محاسبه شدت پاشش آبپاش

متوسط شدت پاشش برای یک آبپاش از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I = \frac{K q}{S_r \times S_l} \quad (5,5)$$

I: متوسط شدت پاشش آبپاش (mm/hr)

K: ثابت معادله، برای سیستم متریک برابر ۶۰ و برای سیستم انگلیسی برابر ۹۶/۳ می باشد.

q: دبی آبپاش (Lit/min)

S_e: فاصله آبپاشها در طول لاترال

S_l: فاصله لاترال ها در طول لوله اصلی یا نیمه اصلی

برای محاسبه میانگین شدت پاشش لحظه ای، I_i، برای آبپاشی با شعاع پرتاب R_j که در آن، فواره آب قطاعی به اندازه S_a درجه از دایره پاشش را مرطوب می کند، رابطه ۵,۵ به این شکل تغییر می کند:

$$I_i = \frac{K q}{\pi (R_j)^2 \times S_a / 360^\circ} \quad (5,6)$$

مثال ۵,۳: محاسبه متوسط شدت پاشش و شدت پاشش لحظه ای.

اطلاعات: آبپاش ضربه ای با نازل ۴ میلیمتری، فشار کارکرد ۳۴۵ کیلوپاسکال (۵۰ psi) و دبی ۱۹ لیتر در دقیقه. فاصله بین آبپاش ها در طول لاترال ۹/۱ متر و فاصله لاترالها از یکدیگر برابر ۱۵/۲ متر.

محاسبات: از رابطه ۵,۵ مقدار متوسط شدت پاشش برابر خواهد بود با:

$$I = \frac{60 \times 19}{9.1 \times 15.2} = 8.2 \text{ mm/hr}$$

اگر این آبپاش دارای شعاع پاشش (شعاع پرتاب) ۱۳/۷ متری باشد و فواره آب قطاعی برابر ۶ درجه را مرطوب سازد، شدت پاشش لحظه ای آبپاش برابر است با:

$$I_i = \frac{96.3 \times 5.0}{\pi (45 \text{ ft})^2 \times 6 / 360^\circ} = 4.5 \text{ in/hr} = 114 \text{ mm/hr}$$

این مقدار شدت پاشش لحظه ای به مقدار قابل توجهی از سرعت نفوذ آب در خاک در اغلب خاکهای زراعی بیشتر است ، مگر در طول اولین آبیاری .

افزایش فشار کارکرد آبپاش یا بهره گیری از امکانات دیگری برای کاهش اندازه قطرات آب ، امکان کاهش شدت پاشش لحظه ای را فراهم می کند . قطرات کوچکتر آب در کنار شدت پاشش لحظه ای کمتر باعث کاهش سله بندی در سطح خاک می شوند .

فواره آبی که در حال گردش سریع بر سطح خاک می باشد خسارات کمتری از لحاظ سله بندی سطح خاک نسبت به حرکت (چرخش) آهسته تر جت آب ایجاد می کند . سرعت مناسب گردش فواره آب در حاشیه دایره پاشش ۱/۵ متر در ثانیه است . بنابراین ، یک آبپاش ضربه ای معمولی که دایره پاششی به قطر ۳۰ متر ایجاد می کند ، باید با سرعتی در حدود ۱ دور در دقیقه به دور خود بگردد . با اینحال ، آبپاش تفنگی که دایره ای به قطر ۱۲۰ متر را مرطوب می سازد باید تنها در هر ۴ تا ۵ دقیقه یک دور بچرخد .

۶- تعیین یکنواختی و راندمان آبیاری بارانی

راندمان آبیاری، مفهومی است که در طراحی و مدیریت سیستم مورد استفاده قرار می گیرد. این مفهوم (راندمان آبیاری) می تواند به دو جزء یکنواختی توزیع و تلفات آبیاری تقسیم شود. اگر یکنواختی توزیع پایین و یا تلفات زیاد باشد، راندمان آبیاری نیز پایین خواهد بود. چندین عامل مقدار راندمان کاربرد آب را در یک سیستم آبیاری بارانی تحت الشعاع قرار می دهند:

- تغییر در دبی هریک از آبپاشها در طول لاترال. این تغییر می تواند با طراحی صحیح شبکه لوله ها و یا با استفاده از تجهیزات کنترل کننده جریان یا فشار در هریک از آبپاشها و یا نازلها به حداقل ممکن برسد.
- تغییر در توزیع آب در منطقه بین آبپاشها. این تغییر بیش از هرچیز ناشی از تأثیر باد است و می تواند تا حدودی با کاهش فاصله بین آبپاشها کاهش یابد. علاوه بر تغییر ناشی از باد، تغییر در الگوی توزیع آب نیز در هریک از آبپاشها مشاهده می شود. مقدار این تغییرات بستگی به طراحی آبپاش، فشار کارکرد آبپاش و سرعت چرخش آن دارد.
- تلفات آب با تبخیر مستقیم از افشانه (اسپری) آبپاش. این تلفات با افزایش دمای هوا و سرعت باد بیشتر می شوند. کاهش اندازه قطرات آب و شدت پاشش نیز باعث افزایش تلفات تبخیر می شود.
- تبخیر از سطح خاک قبل از اینکه آب توسط گیاه استفاده شود. این نوع تلفات به نسبت افزایش عمق آب آبیاری، افزایش می یابند.

یکنواختی

یکنواختی توزیع آب یکی از اصلی ترین پارامترهای طراحی سیستم های بارانی می باشد.

محاسبه یکنواختی

پارامتر مناسبی که میزان یکنواختی کاربرد آب در سطح مزرعه را تعیین می کند، یکنواختی توزیع، DU ، (Merriam and Keller, 1978) می باشد. DU به این شکل تعریف می گردد:

$$DU = \frac{\text{متوسط عمق آب دریافتی در چارک (یک چهارم) پایین}}{\text{متوسط عمق آب دریافتی در کل زمین}} \quad (6,1)$$

یعنی یکنواختی توزیع عبارت است از نسبت متوسط عمق آب دریافت شده در یک چهارم پایین مقادیر اندازه گیری شده (در حالیکه هر مقدار اندازه گیری شده نماینده سطحی مساوی با مقادیر دیگر می باشد) به متوسط عمق آب دریافت شده در کل مزرعه.

پارامتر دیگری که بطور گسترده برای ارزیابی یکنواختی آبیاری بارانی استفاده می شود، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU ، ۱۹۴۲) می باشد.

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum |z - m|}{\sum z} \right)$$

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum X}{nm} \right) \quad (۶,۲)$$

CU : ضریب یکنواختی کریستیانسن (%) .

z : عمق جمع شده در هریک از قوطی ها (mm) .

X : برابر با $|z - m|$ بوده و عبارت است از قدرمطلق انحراف هریک از مقادیر مشاهده شده نسبت به مقدار میانگین (mm) .

m : برابر است با $\sum z/n$ که میانگین مقادیر مشاهده شده می باشد .
n : تعداد نقاط مشاهده (تعداد قوطی های جمع آوری آب آبپاش) .

اطلاعات مرتبط با آزمایش یکنواختی ، اگر به مقدار $CU > 70\%$ منجر شوند ، از توزیع نرمال (توزیع زنگوله ای شکل) تبعیت کرده و در مجاورت مقدار میانگین داده ها قرار می گیرند (انحراف معیار داده ها پایین است) . بنابراین ، ضریب یکنواختی کریستیانسن می تواند به صورت تقریبی از این رابطه محاسبه شود :

$$CU = \frac{\text{متوسط عمق آب دریافتی در نیمه پایین}}{m} \quad (۶,۲ a)$$

و رابطه بین یکنواختی توزیع ، DU ، و ضریب یکنواختی کریستیانسن تقریباً به این صورت می باشد :

$$CU \approx 100 - 0.63 (100 - DU) \quad (۶,۳ a)$$

$$DU \approx 100 - 1.59 (100 - CU) \quad (۶,۳ b)$$

همچنین رابطه بین ضریب یکنواختی کریستیانسن و انحراف معیار مقادیر مشاهده شده ، sd ، عبارت است از :

$$CU = 100 \left(1 - \frac{sd}{m} \left(\frac{2}{\pi} \right)^{0.5} \right)$$

or

$$sd = \frac{m}{\left(\frac{2}{\pi} \right)^{0.5}} \left(1 - \frac{CU}{100} \right) \quad (۶,۳ c)$$

m : میانگین مقادیر مشاهده شده توسط قوطی های جمع آوری آب آبپاش ها .

مسائل مرتبط با یکنواختی

حتی زمانی که در یک سیستم بارانی از آبپاشهای کمابیش مشابه که بطور همزمان کار می کنند استفاده می شود ، مقادیر آزمایش یکنواختی ممکن است تا چند درصد متفاوت باشند . معمولاً دقت اطلاعات آزمایش با قوطی های جمع آوری

آب ، منجر به انحرافی تا حدود ۲ درصد می شود . بعلاوه ، انحراف معیار مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع تقریباً برابر خواهد بود با :

$$v_c = \pm [0.2 (100 - CU)] \quad (6.4 a)$$

$$v_d = \pm [0.2 (100 - DU)] \quad (6.4 b)$$

سایر جنبه های مرتبط با عدم یکنواختی توزیع آب ، تمایل به تمرکز دارند . یعنی تأثیر یکدیگر را تشدید می کنند و این جنبه ها دارای بیشترین اهمیت هستند .

اجزاء یکنواختی در سیستم آبیاری بارانی که احتمال دارد یکدیگر را جبران کنند (سر به سر شوند) ، بخصوص در سیستم های متحرک دستی عبارتند از :

۴- عدم یکنواختی عملکرد آبپاشها در سیستم های با جابجایی متناوب . این مورد شامل تغییر در سرعت گردش آبپاشها ، تغییر در دبی بین آبپاشهای مختلف که ناشی از تفاوت در اندازه نازلها و فرسودگی آنها می باشد ، و نابرابری زاویه پرتاب ناشی از عمود نبودن لوله رایزر .

۵- عدم یکنواختی در زمان استقرار هرلاترال در سیستم های با جابجایی متناوب معمولاً توسط لاترال یا لاترالهای دیگر جبران (سرشکن) می شود . بخصوص اگر در این مورد دقت شده و تناوب جابجایی در شب و روز رعایت شود .

یکی از عواملی که احتمال دارد در بین آبپاشهای مختلف جبران شود ولی احتمال متمرکز شدن تأثیر آن نیز می باشد عبارت است از :

۶- توزیع غیریکنواخت آب بین آبپاشها . این عامل تحت تأثیر همپوشانی دواير پاشش آبپاشها ، شکل الگوی پاشش آنها و تأثیر باد در این الگو می باشد . از آنجایی که باد معمولاً در طول هر آبیاری با سرعت های متفاوتی می وزد ، احتمال دارد یکنواختی در طول چند آبیاری متوالی بهبود یابد . همچنین ، برنامه های مدیریتی از قبیل تناوب استقرار ها در روز و شب و تغییر جایگاه قرار گیری لاترالها در هر آبیاری ، برخی از عوامل مؤثر در عدم یکنواختی را جبران می کند . در کل ، فواصل کوچکتر بین آبپاشها ، بدون در نظر گرفتن شرایط باد ، به مقادیر بالاتر یکنواختی منجر می شود .

عوامل زیر ، احتمالاً دارای تأثیر تجمعی می باشند . بنابراین مقادیر کم و پر آبیاری را شدت بخشیده و یکنواختی توزیع را کاهش می دهند :

۴- تغییر در دبی آبپاشها در سرتاسر سیستم آبیاری که ناشی از اختلاف ارتفاع و تلفات اصطکاکی می باشد .

۵- حرکت آب در سطح زمین (در مقیاس میکروسکوپی و ماکروسکوپی) .

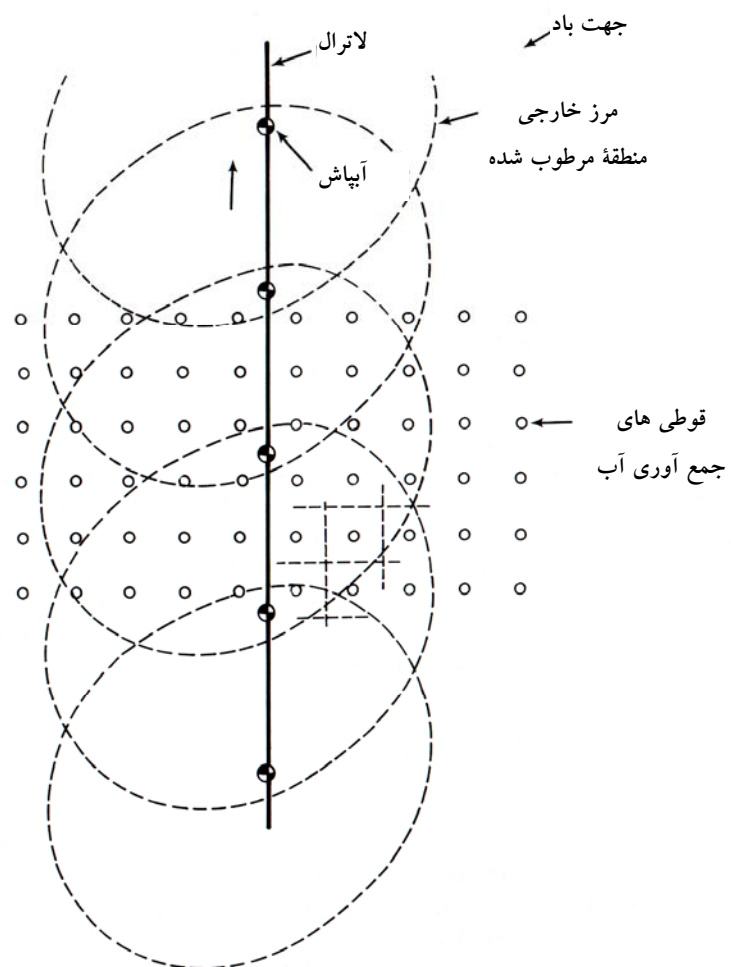
۶- عدم توزیع یکنواخت آب در مرز (حاشیه) زمین . این مورد بخصوص در شرایطی که از آبپاشهای بوم یا تفنگی استفاده می شود مصداق پیدا می کند . در یک زمین ۶۴ هکتاری تحت آبیاری با آبپاش تفنگی ، حاشیه ۳۰ متری از مرز زمین ۱۵ درصد از کل مساحت مزرعه را تشکیل می دهد . خم کردن لوله رایزر آبپاش به سمت بیرون برای کوچکتر کردن شعاع پاشش آن و یا استفاده از آبپاشهایی که تنها قسمتی از یک دایره را آبپاشی می کنند برای آبیاری حاشیه های زمین باعث بهبود یکنواختی توزیع آب در این حواشی می گردد .

ارزیابی یکنواختی آبیاری بارانی

در اغلب آزمایشات مربوط به یکنواختی یا راندمان، از قوطی های جمع آوری آب استفاده می شود. این آزمایشها معمولاً یکنواختی را در ارتباط با عامل شماره ۳ (در قسمت قبل) اندازه گیری می کنند. در سیستم های ثابت با فاصله کوچک در بین آبپاشها، احتمال دستیابی به مقادیر بالای یکنواختی توزیع در حدود ۹۰ درصد در مساحت تحت آزمایش وجود دارد. با اینحال، مسائل دیگری که باعث کاهش یکنواختی می شوند، مقادیر کلی یکنواختی توزیع، DU، را تا ۸۵ درصد کاهش می دهند.

مقادیر کوچکتر یکنواختی توزیع یا ضریب یکنواختی کریستیانسن نشان از آن دارند که تلفات ناشی از نفوذ عمقی، به شرط آبیاری کافی، مقادیر بالایی را به خود اختصاص می دهند. هرچند که مفهوم مقادیر کوچک، یک مفهوم نسبی می باشد، اما معمولاً DU کوچکتر از ۶۰ درصد یا CU کوچکتر از ۷۵ درصد را به عنوان مقادیر پایین یکنواختی در نظر می گیرند. در طراحی سیستم های بارانی به منظور آبیاری گیاهان با ارزش تجاری، مقادیر DU بزرگتر از ۷۵ درصد و CU بزرگتر از ۸۴ درصد توصیه می شوند. علیرغم این، مقدار بهینه یکنواختی آبیاری با استفاده از تحلیل های اقتصادی بین مقدار محصول و آب آبیاری و همچنین تحلیلهای اقتصادی مرتبط با امر زهکشی تعیین می شود.

شکل ۶,۱ آرایش قوطی های جمع آوری برای اندازه گیری یکنواختی توزیع در طول یک لاترال آبیاری بارانی را نمایش می دهد.



جدول ۶،۱ / آرایش قوپی های مورد استفاده در آزمایش یکنواختی توزیع در طول لاترال.



شکل ۶,۲ / اندازه گیری فشار نازل آبیاش.



شکل ۶,۳ / اندازه گیری دبی آبیاش با استفاده از شلنگی که آب خروجی از آبیاش را به درون ظرفی با حجم مشخص منحرف می سازد.

با افزودن اعداد قوطی های سمت راست و سمت چپ ناحیه آزمایش ، مقدار کل پاشش در هر نقطه (در هر قوطی) مشخص می شود . علاوه بر جمع آوری اطلاعات مربوط به قوطی ها ، دبی آبیاش و فشار کارکرد آن نیز در طول آزمایش اندازه گیری می شوند (شکل ۶,۲ و ۶,۳) . جزئیات کامل محاسبات و روش ارزیابی آزمایشات یکنواختی در کتاب (Merriam and Keller 1978) ارائه شده است .

مقادیر اندازه گیری شده از عملکرد یک آبیاش منفرد نیز برای شبیه سازی مقادیر متفاوت فاصله بین آبیاشها در طول یک لاترال ، S_e ، و همچنین فاصله بین خطوط لاترال ، S_l ، قابل استفاده است . (مراجعه کنید به American Society of Agricultural Engineerins Standards ASAE S330.1 or S398.1 و پیوست C)

مثال ۶,۱ : مقایسه یکنواختی توزیع و ضریب یکنواختی کریستیانسن در داده های آزمایشی مزرعه .

اطلاعات : داده های آزمایش شکل ۶,۴ .

محاسبات : شکل ۶,۵ ارقامی را که بین دو آبیاش شماره ۵ و ۶ جمع آوری شده اند را نمایش می دهد . (شکل ۶,۴ را ببینید) . این ارقام را بر هم می افزاییم تا فاصله ۵۰ فوتی بین دو لاترال را شبیه سازی کنیم . فاصله بین آبیاشها ۳۰ فوت است . بنابراین فاصله بین آبیاشهای قرار گرفته بروی لاترالهای مجاور ۳۰ در ۵۰ فوت می باشد . قوطی سمت راست به قوطی سمت چپ اضافه می شود . مجموع مقادیر نشانگر آبیاری ۱ ساعته برای مساحت ۵۰ در ۳۰ فوت هستند . در شبیه سازی لاترالهایی که به فاصله ۵۰ فوت از یکدیگر قرار دارند ، مجموع سرعت پاشش در ۱۵ گره برابر با ۳/۹۷ اینچ در ساعت بوده است که بطور متوسط برابر خواهد بود با :

$$\text{متوسط شدت جمع آوری آب در قوطی ها} = \frac{3.97}{15} = 0.265 \text{ in/hr}$$

متوسط سرعت پاشش در یک چهارم پایین نیز عبارت است از :

$$\text{متوسط شدت جمع آوری آب در قوطی ها در چارک پایین} = \frac{0.2 + 0.22 + 0.22 + 0.23}{4} = 0.218 \text{ in/hr}$$

1. Location Field C-22, Observer JLM, Date 9-30-75
2. Crop Tomatoes, Root zone depth 4.0 ft, MAD 50 %, MAD 4.4 in
3. Soil: texture clay loam, available moisture 2.2 in/ft, SMD 4.4 in
4. Sprinkler: make Rain Bird, model 29B, nozzles 5/32 by in
5. Sprinkler spacing 30 by 50 ft, Irrigation duration 23.5 hrs
6. Rated sprinkler discharge 4.4 gpm at 40 psi giving 0.28 in/hr
7. Lateral: diameter 2 in, slope 1½ %, Riser Height 18 in
8. Actual sprinkler pressure and discharge rate:

Sprinkler location number on test lateral

	1	4	5	6	10	15	end
Initial pressure (psi)	<u>45</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>39</u>	<u>40</u>	
Final pressure (psi)	<u>45</u>		<u>40</u>		<u>39</u>	<u>40</u>	
Catch volume (gal)	<u>1.0</u>	<u>1.0</u>	<u>1.0</u>	<u>1.0</u>		<u>1.0</u>	
Catch time (min or sec)	<u>0.21</u>	<u>0.22</u>	<u>0.22</u>	<u>0.22</u>		<u>0.22</u>	
Discharge (gpm)	<u>4.8</u>	<u>4.6</u>	<u>4.6</u>	<u>4.6</u>		<u>4.6</u>	

9. Wind: Direction relative to

Part 10: initial , during , final

Speed (mph): initial 2±, during 5±, final 5±

10. Container grid test data in units of ml, Volume/depth 200 ml/in
Container grid spacing 10 by 10 ft

Test: start 2:55 pm, stop 4:30 pm, duration 1 hr 35 min = 1.58 hr

	<u>32</u>	<u>68</u>	<u>77</u>	<u>90</u>	<u>6</u>	<u>73</u>	<u>66</u>	<u>9</u>		<u>ml</u>
	<u>.10</u>	<u>.21</u>	<u>.24</u>	<u>.28</u>		<u>.23</u>	<u>.21</u>	<u>.03</u>		<u>in./h</u>
	<u>35</u>	<u>66</u>	<u>84</u>	<u>100</u>		<u>100</u>	<u>52</u>	<u>3</u>		
	<u>.11</u>	<u>.21</u>	<u>.26</u>	<u>.31</u>		<u>.31</u>	<u>.16</u>	<u>.01</u>		
	<u>32</u>	<u>50</u>	<u>70</u>	<u>104</u>		<u>99</u>	<u>48</u>	<u>12</u>		
	<u>.10</u>	<u>.16</u>	<u>.22</u>	<u>.32</u>	<u>5</u>	<u>.31</u>	<u>.15</u>	<u>.04</u>		
	<u>31</u>	<u>74</u>	<u>88</u>	<u>104</u>		<u>86</u>	<u>56</u>	<u>11</u>		
	<u>.10</u>	<u>.23</u>	<u>.27</u>	<u>.32</u>		<u>.27</u>	<u>.17</u>	<u>.03</u>		
	<u>27</u>	<u>64</u>	<u>80</u>	<u>96</u>		<u>112</u>	<u>62</u>	<u>9</u>		
	<u>.08</u>	<u>.20</u>	<u>.25</u>	<u>.30</u>		<u>.35</u>	<u>.19</u>	<u>.03</u>		
	<u>20</u>	<u>49</u>	<u>59</u>	<u>107</u>		<u>87</u>	<u>36</u>	<u>13</u>		
	<u>.06</u>	<u>.16</u>	<u>.19</u>	<u>.33</u>	<u>4</u>	<u>.27</u>	<u>.11</u>	<u>.04</u>		

11. Evaporation container: initial 2.15 final 2.10 loss 0.05 in
12. Sprinkler pressures: max 45 psi; min 39 psi, ave 40 psi
13. Comments Test duration was too short. Depths caught measured in 1000 ml graduated cylinder. Wind velocities are less than normal.

شکل ۶،۴ / ارزیابی سیستم آبیاری بارانی با استفاده از اطلاعات صحرائی.

و با استفاده از رابطه ۶،۱:

$$DU = \frac{0.218}{0.265} \times 100 = 82\%$$

برای محاسبه ضریب یکنواختی کریستیانسن، قدر مطلق انحراف از میانگین داده ها باید تعیین شود. مجموع این

انحرافات، $\sum |z - m|$ ، برابر است با ۰/۵۱ و از رابطه ۶،۲:

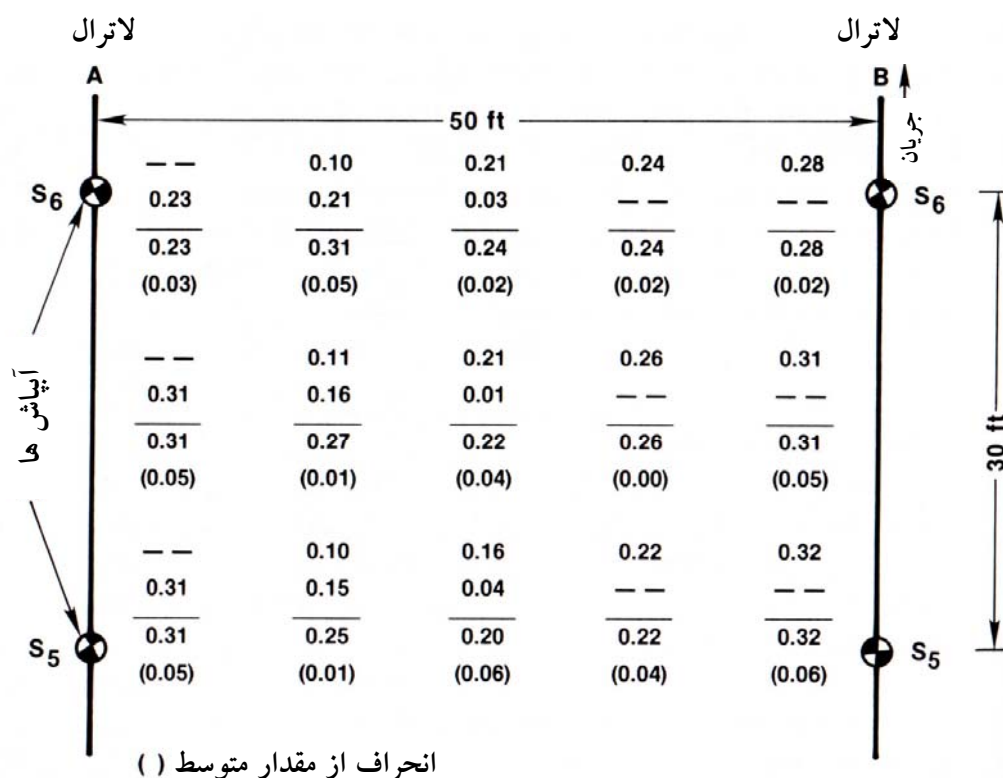
$$CU = 100 \left(1 - \frac{0.51}{3.97} \right) = 87\%$$

همانطور که قبلاً گفته شد، مقدار ضریب یکنواختی کریستیانسن با استفاده از مقدار متوسط نیمه پایین داده ها نیز قابل محاسبه است (رابطه a ۶,۲):

$$CU \approx \frac{1.86/8}{0.265} = 88\%$$

علاوه بر این، مقدار CU بطور تقریبی از مقدار DU نیز قابل محاسبه است (رابطه a ۶,۳):

$$CU = 100 - 0.63 (100 - 82) = 89\%$$



شکل ۶,۵ / الگوی قرارگیری قوطی ها در بین ۲ لاترال.

هرچند که این سیستم برای لاترالهایی با فاصله ۵۰ فوت طراحی شده بود، تاثیر فواصل متفاوت لاترالها بر یکنواختی نیز از داده های آزمایشی مزرعه قابل ارزیابی می باشد. جدول ۶,۱ خلاصه فرآیند محاسبه یکنواختی توزیع و ضریب یکنواختی کریستیانسن را برای ۴ فاصله متفاوت بین لاترالها نمایش می دهد (برای فاصله بین آبپاشهای شماره ۵ و ۶ و همچنین بین آبپاشهای ۴ و ۵). تمامی این مقادیر از داده های مربوط به شکل ۶,۴، قسمت ۸ و قسمت ۱۰ به روش ذکر شده در همین مثال محاسبه شده اند.

محاسبات یکنواختی توزیع، نشانگر اهمیت انتخاب مکان آزمایش به نحویست که این محل نماینده سایر نقاط مزرعه باشد. اعمال آب در برخی مناطق مزرعه بدون شک نسبت به سایر مناطق از یکنواختی پایین تری برخوردار است. بنابراین مهم است که محل آزمایش برای ارزیابی کل سیستم مناسب باشد (معرف کل مزرعه باشد). همانطور که در

رابطه ۶,۴ مشخص شد ، حتی با استفاده از آبپاشهای کمابیش مشابه که بطور همزمان کار می کنند ، آزمایش یکنواختی محتملاً به مقادیری منجر می شود که تا چندین درصد با یکدیگر تفاوت دارند . علاوه بر این ، دقت ارقام مربوط به قوطی ها به تنهایی ۱ تا ۲ درصد خطا ایجاد می کند .

جدول ۶,۱ / مقادیر DU و CU برای ۴ فاصله بندی استاندارد بین آبپاشها برای سطح بین آبپاشهای شماره ۵ و ۶ و سطح بین آبپاشهای شماره ۴ و ۵ در شکل ۶,۴ .

(ft) فاصله بین آبپاش ها				30 × 60 alt ¹
30 × 40	30 × 50	30 × 60		
مساحت بین آبپاش های ۵ و ۶				
DU	81	84	64	91
CU	87	87	75	93
مساحت بین آبپاش های ۴ و ۵				
DU	79	76	60	82
CU	86	89	70	91

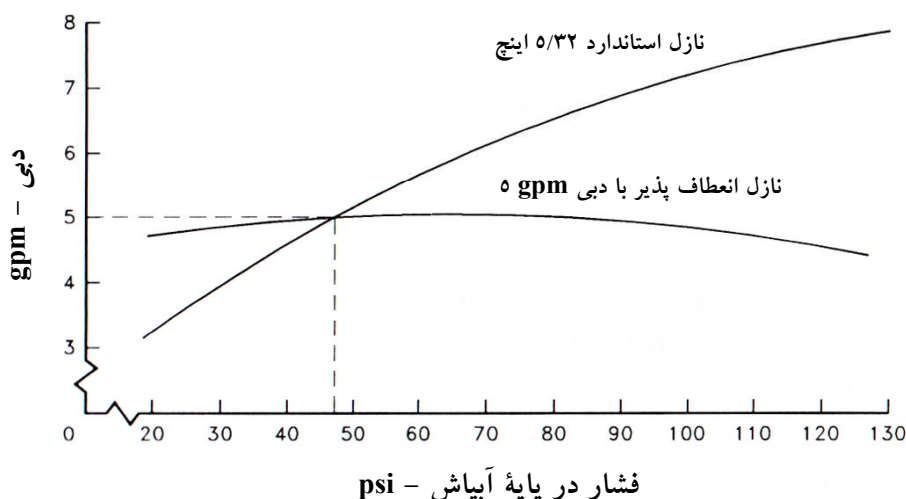
^۱ مقادیر این ستون با استفاده از فاصله های ۳۰ در ۳۰ فوت محاسبه شده اند .

ارزیابی یکنواختی سیستم

دبی نازلها با ریشه دوم فشار کارکرد نازل رابطه مستقیم دارد . مگر در نازلهای دارای روزنه انعطاف پذیر که برای کنترل شدت جریان استفاده می شوند . شکل B ۶,۶ رابطه بین دبی و فشار را برای نازل ۴ میلیمتری استاندارد که ۱۹ لیتر در دقیقه دبی دارد تحت فشار کارکرد ۳۳۰ کیلوپاسکال ، و برای روزنه انعطاف پذیر تحت فشار کارکردهای گوناگون نمایش می دهد .



شکل ۶,۶. الف / عملکرد نازل.



شکل ۶,۶. ب / مقایسه رابطه دبی و فشار برای نازل‌های استاندارد ثابت و نازل‌های انعطاف پذیر.

شکل ۶,۶ / منحنی دبی-فشار در نازل‌های انعطاف پذیر.

متأسفانه ساخت نازل‌های دارای روزنه انعطاف پذیر مشکل است و این نازل‌ها می‌تواند تا ۱۰ درصد در جریان تغییر ایجاد کنند (حتی تحت فشار کارکرد یکنواخت). بنابراین نازل‌های دارای روزنه انعطاف پذیر باید تنها زمانی مورد استفاده قرار گیرند که تغییر فشار در سرتاسر سیستم از حدود ۲۵ درصد فشار متوسط کارکرد آبپاشها، P_a ، فراتر رود. تغییر در شدت جریان زمانی که تنظیم کننده های فشار در پایه هر آبپاش با نازل ثابت مورد استفاده قرار می‌گیرند کمتر از نصف این مقدار می‌باشد. بنابراین تنظیم کننده های فشار، در زمانیکه تغییرات مورد انتظار فشار از ۱۰ درصد فشار کارکرد آبپاش بیشتر باشد، باعث بهبود کارایی سیستم می‌شود.

مقطع عرضی جریان در روزنه های انعطاف پذیر با افزایش فشار کارکرد، کاهش می‌یابد. (شکل ۶,۶ B). بنابراین این روزنه ها جریان نسبتاً ثابتی را بدون ایجاد ۷ تا ۱۴ کیلوپاسکال کاهش فشار از خود خارج می‌کنند و از این جهت از تنظیم کننده های فشار نیز عملکرد بهتری دارند. با اینحال، اگر فشار کارکرد آبپاش بیش از ۵۵۰ کیلوپاسکال باشد، مقادیر تلفات بادی‌ردگی از نازل‌های دارای روزنه انعطاف پذیر ممکن است بسیار زیاد باشد و آبپاش نیز به صورت نامنظم بدور خود گردش کند. بنابراین، برای فشار کارکرد بالا، تنظیم کننده فشار یا روزنه های انعطاف پذیر کنترل کننده دبی باید مورد استفاده قرار گیرند.

زمانیکه نازل‌های با روزنه انعطاف پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرند، مقادیر آزمایشی DU و CU باید در عدد ۰/۹ ضرب شوند تا یکنواختی سیستم حاصل شود. جاییکه تنظیم کننده فشار استفاده می‌شود (در پای هر آبپاش)، این اعداد در

۰/۹۵ ضرب می شوند. (شرح و بحث کامل در مورد استفاده از تجهیزات کنترل کننده دبی با هر آبیاش و تأثیر آنها در یکنواختی دبی آبیاشها در فصل ۱۴ آورده شده است).

زمانیکه تجهیزات کنترل کننده فشار مورد استفاده قرار نمی گیرند ، تغییرات فشار در تمام سیستم ممکن است باعث کاهش یکنواختی کلی سیستم نسبت به مقادیر یکنواختی حاصل شده در منطقه آزمایشی شود . دبی آبیاش نسبت مستقیم با ریشه دوم فشار کارکرد آن دارد (رابطه ۵,۱). همچنین ، ضریب یکنواختی کریستیانسن نیز نسبت مستقیم با دبی در نیمه پایین داده های آزمایشی دارد . (رابطه ۶,۲ a). با فرض توزیع خطی تغییرات فشار بین مقدار متوسط و مقدار کمینه فشار کارکرد آبیاش ، می توانیم با استفاده از مقادیر بدست آمده در منطقه آزمایشی ، ضریب یکنواختی کریستیانسن را برای کل سیستم محاسبه کنیم .

$$\text{System CU} = \text{CU} \times \frac{1 + \left(\frac{P_n}{P_a} \right)^{0.5}}{2} \quad (6,5 a)$$

همچنین توجه کنید که یکنواختی توزیع ، DU ، نیز با متوسط دبی در یک چهارم پایین داده ها رابطه مستقیم دارد .

$$\text{System DU} = \text{DU} \times \frac{1 + 3 \left(\frac{P_n}{P_a} \right)^{0.5}}{4} \quad (6,5 b)$$

CU و DU : ضرائب یکنواختی در منطقه تحت آزمایش .

P_n : حداقل فشار کارکرد آبیاش (KPa)

P_a : متوسط فشار کارکرد آبیاش (KPa)

هرچند که توزیع فشار بین مقدار P_n و P_a دقیقاً خطی نیست ، روابط ۶,۵ نتایج واقع بینانه و منطقی بدست می دهند . P_a می تواند برابر با متوسط فشار کارکرد در یک ناحیه آزمایشی در نظر گرفته شود . (اگر این ناحیه آزمایشی بقدر کافی بزرگ باشد ، مقادیر CU و DU محاسبه شده می توانند در روابط ۶,۵ استفاده شوند) . با استفاده از تعداد محدودی قرائت های فشار کارکرد ، P_a ، از رابطه $(2P_n + P_x)/3$ که حداکثر فشار کارکرد آبیاشهاست قابل محاسبه است . در طراحی سیستم ، P_a همواره مشخص و معلوم است و P_n می تواند با استفاده از مقادیر تلفات اصطکاکی و داده های مربوط به رقوم سطح مزرعه محاسبه شود .

مثال ۶,۲ : محاسبه DU و CU کل سیستم .

اطلاعات : داده های مرتبط با شکل ۶,۴ ، قسمت ۱۲ و مثال ۶,۱ .

محاسبات : با استفاده از رابطه ۶,۵ b و مقدار DU آزمایش برابر با ۸۲ درصد :

$$\text{System DU} = 82 \times \frac{1 + 3 \left(\frac{39}{40} \right)^{0.5}}{4} = 81\%$$

و با استفاده از رابطه ۶,۵ a و مقدار CU آزمایش برابر با ۸۷ درصد :

$$\text{System CU} = 87 \times \frac{1 + 3 \left(\frac{39}{40} \right)^{0.5}}{2} = 86\%$$

معیارهای طراحی

کارخانجات و سازمانهای مستقل آزمایشی از قبیل CIT، برای دستیابی به داده های مربوط به عملکرد آبپاشها تحت شرایط واقعی و شبیه سازی شده در مزرعه، آزمایشاتی را انجام می دهند. این داده ها می بایست برای مقاصد طراحی به عنوان معیاری برای انتخاب ترکیب های متفاوت فاصله، دبی، اندازه نازل و فشار کارکرد آبپاشها مورد استفاده قرار گیرند که این امر، منجر به مقادیر بالاتر یکنواختی توزیع و ضریب یکنواختی کریستیانسن تحت شرایط مورد نظر می گردد. داده ها باید از منابع مستقل مانند CIT مبتنی گردند، به شرطی که این داده ها در این مراکز موجود باشند. داده های کارخانجات سازنده به عنوان پشتیبان این داده ها استفاده می شوند.

انتخاب سر آبپاش (نازل)

به محض اینکه مشخصات آبپاش مورد نظر معین گردید، سر آبپاش واقعی بر اساس دبی، ارتفاع پرتاب و مشخصات یکنواختی آبپاش انتخاب می گردد. بین انتخاب آبپاش برای سیستم های با جابجایی متناوب و سیستم های ثابت اختلاف اندکی وجود دارد. اختلاف اصلی در نصب دائمی سیستم با استفاده از لوله های مدفون در زیر زمین می باشد؛ یعنی جایی که انتخاب فاصله آبپاشها می تواند مستقل از طول لوله استاندارد باشد. بنابراین، سیستم های اقتصادی تر می توانند با آبپاشهایی با دبی کمتر و فواصل بیشتر بین آبپاشها طراحی شوند.

با حفظ دبی آبپاشها در حداقل ممکن، زمانیکه هنوز فاصله بین آبپاشها زیاد انتخاب شده است، اندازه و مقدار لوله توأم با نیاز کارگری به حداقل کاهش می یابند. زمانیکه سله بندی سطح زمین و مشخصات نفوذ خاک عوامل محدود کننده نمی باشند، مثلاً زمانیکه گیاهان متراکم کشت شده اند یا در خاکهای نفوذپذیر، آبپاشی که از نظر اقتصادی بهترین شرایط را برای کل سیستم فراهم می کند باید انتخاب گردد. با اینحال، زمانیکه سطح برهنه خاک که تمایل به ایجاد سله دارد تحت آبیاری قرار خواهد گرفت، آبپاشهایی که اندازه نازل های آنها کوچک و بین ۲ تا ۳/۶ میلیمتر و فشار کارکرد آنها بالاتر از ۳۴۵ کیلوپاسکال قرار دارد می بایست مورد استفاده قرار گیرند.

سیستم های آبیاری بارانی باغات که در زیر درخت نصب می شوند، نیاز به آبپاشهایی دارند که مسیر پرتاب فواره آب در آنها کوتاهتر باشد تا از خیس شدن برگها بکاهد. زمانیکه آب آبیاری از کیفیت زیادی برخوردار نیست، برای محصولات درختی حساس مانند مرکبات، آبپاشهای زیردرختی نسبت به آبپاشهای روی درختی مناسب ترند. زیرا آبپاشهای رودرختی باعث سوختگی برگها می شوند (زمانیکه آب آبیاری کیفیت مناسب نداشته باشد). در کل، آبپاشهایی که الگوی پاشش آنها (شکل ۵،۸) فرم E دارد، با پرتاب قسمت بزرگی از آب به محیط خارجی دایره خیس شده آبپاش بهترین عملکرد را برای استفاده در زیر درخت دارند. این امر به این خاطر است که احتمال دارد شاخ و برگ درخت باعث انحراف آبی شوند که نزدیک به آبپاش فرود می آید که در غیر این صورت (عدم استفاده از آبپاشهای دارای الگوی پاشش E) عمق آبیاری اعمال شده در حداقل قرار می گیرد.

در سیستم های رودرختی در مناطقی که سرعت باد زیاد است ، آبپاشهای با زاویه پاشش کوچک که مسیر پرتاب آب دارای زاویه ای بین ۱۸ تا ۲۱ درجه است نتایج بهتری نسبت به آبپاشهایی با زاویه پاشش ۲۵ تا ۲۸ درجه بدست می دهند . بسیاری از کارخانجات سازنده آبپاش بر روی زاویه پاشش ۲۲ درجه تا ۲۴ درجه توافق کرده اند تا کارایی آبپاشها تحت شرایط بادی نیز مناسب باشد . در مناطقی که بادهای معمولاً سرعت کمی دارند ، آبپاشهایی با زاویه پاشش بزرگتر بهترین کارایی را در فشار کم از خود نشان می دهند .

فاصله بین آبپاشها

معیار اصلی که بر انتخاب فاصله بین آبپاشها (برای ترکیب معینی از فشار ، اندازه نازل و شرایط بادی) اثر می گذارد ، یکنواختی توزیع آب است . در کل ، ضریب یکنواختی کریستیانسن ، CU ، با حداقل مقدار ۸۵ درصد برای محصولات حساس یا باریشه سطحی مانند سیب زمینی و اغلب سبزیجات توصیه می شود . مقدار CU بین ۷۵ تا ۸۳ درصد عموماً برای محصولاتی که ریشه عمیق دارند ، مانند یونجه ، ذرت ، پنبه و نیشکر ، کفایت می کند . محصولات درختی و انگور که ریشه عمیق و گسترده دارند می توانند به میزان کافی آبیاری شوند ، به شرطی که CU بالاتر از ۷۰ درصد باشد . با این وجود ، زمانیکه کود و دیگر مواد شیمیایی به همراه آب در سیستم وارد می شود ، مقدار CU بالاتر از ۸۰ درصد توصیه می شود . در مناطقی که سیستم دارای مقادیر CU پایین (به دلیل باد) می باشد ، مواد شیمیایی باید تنها در دوره ای که سرعت باد کمتر است اعمال شوند .

استقرار های متناوب

یکنواختی توزیع آب با تغییر مکان لاترالها به اندازه نصف فاصله بین آنها می تواند بهبود یابد . این عمل به عنوان استقرارهای متناوب نامیده می شود . به این ترتیب مقدار یکنواختی توزیع آب تقریباً برابر با زمانی خواهد بود که فاصله بین لاترالها به نصف مقدار اولیه (در دو آبیاری متناوب) کاهش یابد . یکنواختی توزیع آب در این دو نوبت آبیاری با استفاده از استقرارهای متناوب می تواند با روابط زیر تخمین زده شود :

$$CU_a = 10 (CU)^{0.5} \quad (۶,۶ a)$$

$$DU_a = 10 (DU)^{0.5} \quad (۶,۶ b)$$

CU و DU : مقادیر ضرایب یکنواختی بدون استفاده از استقرارهای متناوب .
CU_a و DU_a : مقادیر ضرایب یکنواختی با استفاده از استقرار های متناوب .

برای آبپاشهای تفنگی و بوم ، مقادیر CU بین ۶۰ تا ۷۵ درصد برای شرایط بادی کم و متوسط مناسب است . این آبپاشها برای استفاده در شرایط بادی شدید (یا مناطق خشک) توصیه نمی شوند . با استفاده از استقرار های متناوب در طول لاترال یا بین لاترالها (زمانیکه اینکار مقدور باشد) ، مقادیر عملی CU_a نزدیک به ۸۰ درصد قابل حصول می باشند . با اینحال ، رابطه ۶,۶ باید در مورد مقادیر کم DU و CU با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد . بخصوص در جایی که فاصله

زمانی بین آبیاری ها نسبتاً طولانی باشد . این امر به این خاطر است که تخلیهٔ رطوبتی خاک در مناطقی که کمترین مقدار آب را دریافت داشته اند ممکن است در بین دو آبیاری بسیار زیاد باشد .

تفسیر مقادیر مختلف CU

جدول ۶,۲ به منظور ارائهٔ معنی دقیقتری از مفهوم CU ارائه شده است . راندمانهای توزیع آب ، DE ، که در این جدول ارائه شده اند نشانگر مقادیری برای CU های مختلف هستند با فرض اینکه نیاز آبی در زمان آبیاری در ۹۵ ، ۹۰ ، ۸۵ ، ... یا ۵۰ درصد سطح زمین تأمین شده است (Hart and Reynolds , 1965 , and Hart et al , 1979) . بنابراین ، جدول ۶,۲ اندازه گیری های یکنواختی توزیع آب را با مفهوم مساحتی که به میزان کافی آبیاری شده است (کفایت آبیاری) ترکیب کرده و معیاری برای راندمان توزیع آب بدست می دهد . برای مثال ، اگر یک سیستم بارانی مقدار CU برابر با ۸۶ درصد دارد ، بنابراین از جدول ۶,۲ مقدار $DE_{80} = ۸۵\%$ بدست می آید . این عدد نشان از آن دارد که برای هر واحد (میلیمتر) از متوسط عمق آب آبیاری که توسط گیاه یا خاک دریافت می شود ، ۸۰ درصد از سطح مزرعه ۸۵ درصد یا بیشتر از عمق آب آبیاری را دریافت کرده و ۲۰ درصد از سطح مزرعه کمتر از ۸۵ درصد از این عمق را دریافت خواهد کرد . این موضوع در این رابطه ارائه شده است :

$$DE_{80} = \frac{\text{حداقل عمق خالص دریافتی در ۸۰ درصد از منطقهٔ مرطوب شده}}{\text{متوسط عمق خالص دریافتی در کل منطقه}}$$

جدول ۶,۲ / راندمان توزیع آب (%) برای مقادیر مختلف CU و درصد کفایت آبیاری، pa .

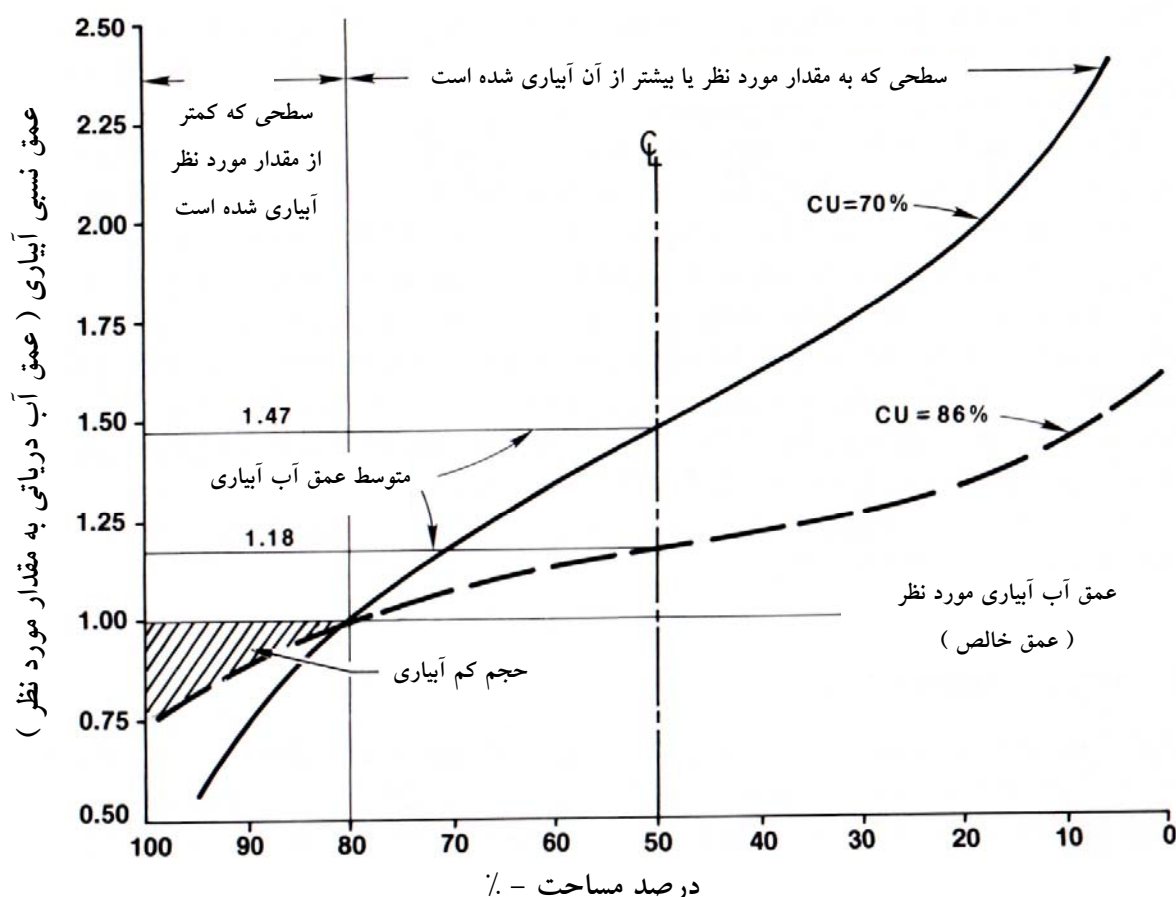
CU, %	درصد کفایت آبیاری - pa , %								
	95	90	85	80	75	70	65	60	50
	راندمان توزیع آب - DE_{pa} , %								
94	88	90	92	94	95	96	97	98	100
92	83	87	90	92	93	95	96	97	100
90	79	84	87	89	92	93	95	97	100
88	75	81	84	87	90	92	94	96	100
86	71	77	82	85	88	91	93	96	100
84	67	74	79	83	86	89	92	95	100
82	63	71	77	81	85	88	91	94	100
80	59	68	74	79	83	87	90	94	100
78	55	65	71	77	81	86	89	93	100
76	50	61	69	75	80	84	88	92	100
74	46	58	66	73	78	83	87	92	100
72	42	55	64	70	76	82	86	91	100
70	38	52	61	68	75	80	85	90	100
68	34	49	58	66	73	79	85	90	100
66	30	45	56	64	71	78	84	89	100
56	9	29	43	54	63	71	79	86	100

برای اعمال عمق خالص آبیاری به میزان ۱ واحد در حداقل ۸۰ درصد از سطح مزرعه با استفاده از سیستم بارانی دارای CU برابر با ۸۶ درصد، متوسط عمق خالص آبیاری مجاز (بعد از منظور کردن تلفات بادبردگی و تبخیر) باید برابر باشد با:

$$\frac{1}{85/100} = 1.18 \text{ units of water}$$

با $CU = ۷۰\%$ ، $DE_{80} = ۶۸\%$ ، برای اعمال عمق خالص ۱ واحد یا بیشتر در ۸۰ درصد از سطح تحت آبیاری، متوسط عمق خالص آبیاری ۱/۴۷ واحد لازم خواهد بود.

شکل ۶,۷ رابطه بین سطح مزرعه و عمق آب آبیاری در مقادیر CU که در بالا بحث شد را نمایش می دهد.



شکل ۶,۷ / رابطه بین سطح و عمق آبیاری برای مقادیر CU برابر با ۷۰٪ و ۸۶٪ زمانیکه ۲۰٪ از سطح مزرعه تحت کم آبیاری می باشد و ۸۰٪ باقیمانده بطور کامل آبیاری گردیده است.

CU های برابر با ۷۰ درصد و ۸۶ درصد، ۲۰ درصد از سطح مزرعه را تحت کم آبیاری نگهداشته و ۸۰ درصد از سطح مزرعه را بطور کامل و کافی آبیاری می کند. با اینحال، انجام این آبیاری در CU برابر با ۷۰ درصد، نیاز به ۲۵ درصد آب بیشتر نسبت به CU برابر با ۸۶ درصد دارد. داده هایی که برای تشکیل منحنی شکل ۶,۷ استفاده شده اند از جدول ۶,۲ بدست آمده اند. برای رسم این منحنی، مقدار متوسط خالص آبیاری در مقدار DE مناسب ضرب شده است و فرض بر این بوده که منحنی حول خط مرکزی بصورت متقارن می باشد.

توجه به این موضوع در جدول ۶,۲ جالب است که زمانیکه مقادیر CU به عنوان راندمان توزیع استفاده می شود، کفایت آبیاری حدود ۸۰ درصد می باشد. یعنی مقادیر ستون مرتبط با DE_{80} تقریباً بطور کامل برابر با مقادیر تحت ستون مرتبط با CU هستند. به بیان دیگر، $CU \approx DE_{80}$. این موضوع نیز قابل تشخیص است که $DU \approx DE_{90}$. برای مثال، از رابطه ۶,۳ b زمانیکه CU برابر با ۸۶ درصد است، DU حدوداً ۷۸ درصد و از جدول ۶,۲ مقدار DE برابر با ۷۷ درصد بدست می آید. بنابراین، زمانیکه مقادیر DU به عنوان راندمان توزیع استفاده می شوند، کفایت آبیاری حدود ۹۰ درصد خواهد بود.

جدول ۶,۳ رابطه مقادیر مختلف CU با مقدار تولید (حاصلخیزی) را بخصوص زمانیکه گیاهان علوفه ای و یا دیگر سبزیجات تحت آبیاری هستند نشان می دهد.

جدول ۶,۳ / درصدهای نسبی مقدار محصول بهینه (به شرطی که پرآبیاری باعث کاهش محصول نگردد) برای مقادیر مختلف CU و کفایت آبیاری.

CU, %	% - درصد کفایت آبیاری							
	95	90	85	80	75	70	65	60
$100(Y_a/Y_p), \%$ - مقدار تولید نسبی								
90	100	99	99	98	98	97	97	96
86	100	99	98	98	97	96	96	95
82	99	99	98	97	96	95	94	93
78	99	98	97	96	95	94	93	91
74	98	97	96	95	94	93	91	90
70	98	97	95	94	92	91	90	89
64	97	97	95	94	91	90	88	87

برای این محصولات، مقدار تولید تقریباً تابعی خطی از آب در دسترس می باشد و پر آبیاری باعث کاهش میزان محصول می گردد. (رابطه بین آب و محصول برای گیاهان مختلف در بخشهای بعدی مورد بحث قرار می گیرد). داده های جدول ۶,۳ نشان می دهند که مقادیر بهینه محصول از مقادیر پایین CU حاصل می شوند. برای مثال، با مقدار CU برابر با ۸۶ درصد و کفایت آبیاری ۸۰ درصد، تولید نسبی محصول ۹۸ درصد خواهد بود (با عمق متوسط آبیاری برابر با ۱/۱۸ ضربدر عمق خالص مورد نیاز بعد از در نظر گرفتن تلفات بادرنگی و تبخیر؛ شکل ۶,۷ را ببینید). با CU برابر با ۷۰ درصد، ۹۴ درصد تولید نسبی محصول حاصل می شود، به شرطی که ۸۰ درصد از سطح مزرعه به میزان کافی آبیاری شود. به این وجود، عمق خالص متوسط آبیاری باید برابر با ۱/۴۷ ضربدر نیاز خالص تعدیل شده آبیاری باشد. اگر CU برابر ۷۰ درصد در نظر گرفته شود، و عمق آبی برابر با ۱/۱۸ ضربدر عمق خالص آبیاری در سطح مزرعه اعمال شود، برای دستیابی به DE برابر با ۸۵ درصد، کفایت آبیاری باید ۶۵ درصد گردد (شکل ۶,۳ را ببینید) و در بهترین شرایط، مقدار تولید نسبی (مقدار واقعی محصول تقسیم بر مقدار پتانسیل یا حداکثر) برابر با ۹۰ درصد مورد انتظار خواهد بود.

یکنواختی طراحی

کارایی آبپاشها تابعی از مشخصات فیزیکی آبپاش و اندازه و فشار نازل می باشد. بنابراین، CU و DU که برای طراحی نهایی استفاده می شوند باید بر اساس داده های آزمایشی انجام گرفته در سطح مزرعه یا داده های واقعی مزرعه تعیین شوند. با اینحال، برای طراحی اولیه و یا زمانیکه داده های آزمایشی در دسترس نیستند، جداول ۶,۴ تا ۶,۷ می توانند مورد استفاده قرار گیرند. این جداول به طراح اجازه می دهند تا مقادیر تخمینی CU برای شرایط بادی مختلف و شدت پاشش های مختلف در اغلب فاصله بندی های متداول در سیستم های با جابجایی متناوب را در اختیار داشته باشند.

جدول ۶،۴ / راهنمای انتخاب قطر نازل و فشار کارکرد آن براساس مقدار CU مورد نظر برای شدت جریان و فواصل مختلف آبیاش ها

در شرایط باد کم (سرعت باد بین صفر تا ۶،۴ کیلومتر در ساعت یا صفر تا ۴ مایل در ساعت)

آبیاش		شدت پاشش آب , in./hr ± 0.02 in./hr							
فاصله بین آبیاش ها ft × ft		0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
30 × 40	نازل -inch	3/32	3/32	7/64	1/8	9/64	5/32	9/64 × 3/32	
	فشار psi	30	50	45	45	45	40	40	
	CU, %	82	83	82	83	83	85	88	
30 × 50	نازل -inch	3/32	7/64	1/8	9/64	5/32	11/64	11/64	
	فشار psi	40	40	45	50	45	40	50	
	CU, %	83	88	86	86	84	85	86	
30 × 60	نازل -inch		1/8	9/64	5/32	11/64	3/16	3/16	
	فشار psi		40	45	45	45	45	50	
	CU, %		88	88	89	88	85	87	
40 × 40	نازل -inch	7/64	1/8	9/64	1/8 × 3/32	5/32 × 3/32	5/32 × 3/32	5/32 × 1/8	
	فشار psi	30	35	35	40	35	40	35	
	CU, %	78	82	86	87	88	89	90	
40 × 50	نازل -inch			5/32	5/32 × 3/32	5/32 × 3/32	11/64 × 3/32	3/16 × 3/32	
	فشار psi			35	35	45	40	40	
	CU, %			78	83	84	88	89	
40 × 60	نازل -inch			5/32	11/64	3/16	13/64	7/32	
	فشار psi			50	50	50	50	50	
	CU, %			83	85	85	84	86	
60 × 60	نازل -inch			3/16	13/64	7/32	1/4	1/4	
	فشار psi			60	65	65	50	65	
	CU, %			88	88	88	88	88	

NOTE: 1 in./hr = 25.4 mm/hr; 1 ft = 0.305 m; 1 psi = 6.895 kPa.

جدول ۶.۵ / راهنمای انتخاب قطر نازل و فشار کارکرد آن براساس مقدار CU مورد نظر برای شدت جریان و فواصل مختلف آبیاش ها

در شرایط باد متوسط (سرعت باد بین ۶ تا ۱۶ کیلومتر در ساعت یا ۴ تا ۱۰ مایل در ساعت)

آبیاش		شدت پاشش آب , in./hr ± 0.02 in./hr							
فاصله بین آبیاش ها ft × ft		0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
30 × 40	نازل تفاضل psi	3/32 30	3/32 50	7/64 45	1/8 45	9/64 45	5/32 40	9/64 × 3/32 40	
	CU, %	82	85	85	82	83	84	85	
30 × 50	نازل تفاضل psi	3/32 40	7/64 40	1/8 45	9/64 50	5/32 45	11/64 40	11/64 50	
	CU, %	70	75	84	84	84	87	85	
30 × 60	نازل تفاضل psi		1/8 40	9/64 45	5/32 45	11/64 45	3/16 45	3/16 50	
	CU, %		80	84	84	84	85	86	
40 × 40	نازل تفاضل psi	7/64 30	1/8 35	9/64 35	1/8 × 3/32 40	5/32 × 3/32 35	5/32 × 3/22 40	5/32 × 1/8 35	
	CU, %	80	83	83	83	84	87	86	
40 × 50	نازل تفاضل psi			5/32 35	5/32 × 3/32 35	5/32 × 3/32 45	11/64 × 3/32 40	3/16 × 3/32 40	
	CU, %			76	76	76	83	84	
40 × 60	نازل تفاضل psi			5/32 50	11/64 50	3/16 50	13/64 50	7/32 50	
	CU, %			77	81	83	84	85	
60 × 60	نازل تفاضل psi			3/16 60	13/64 65	7/32 65	1/4 50	1/4 65	
	CU, %			80	82	83	83	84	

NOTE: 1 in./hr = 25.4 mm/hr; 1 ft = 0.305 m; 1 psi = 6.895 kPa.

جدول ۶،۶ / راهنمای انتخاب قطر نازل و فشار کارکرد آن براساس مقدار CU مورد نظر برای شدت جریان و فواصل مختلف آبیاش ها

در شرایط باد شدید (سرعت باد بین ۱۶ تا ۲۴ کیلومتر در ساعت یا ۱۰ تا ۱۵ مایل در ساعت)

آبیاش		شدت پاشش آب in./hr ± 0.02 in./hr							
فاصله بین آبیاش ها ft × ft		0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
30 × 40	نازل psi	3/32	3/32	7/64	1/8	9/64	5/32	5/32	
	فشار CU, %	30 75	50 80	45 80	45 84	45 84	40 85	45 86	
30 × 50	نازل psi		7/64	1/8	9/64	5/32	11/64	11/64	
	فشار CU, %		40 70	45 81	50 82	45 87	45 88	55 88	
30 × 60	نازل psi			9/64	5/32	11/64	3/16	3/16	
	فشار CU, %			45 72	45 75	45 81	45 84	50 86	
40 × 40	نازل psi		1/8	9/64	5/32	11/64	11/64	3/16	
	فشار CU, %		35 80	35 82	35 81	35 80	45 86	45 85	
40 × 50	نازل psi			5/32	5/32	11/64	3/16	13/64	
	فشار CU, %			35 77	50 78	50 80	50 80	50 82	
40 × 60	نازل psi			5/32	11/64	3/16	13/64	7/32	
	فشار CU, %			50 68	50 74	50 78	50 81	50 82	
60 × 60	نازل psi			3/16	13/64	7/32	1/4	1/4	
	فشار CU, %			60 64	65 66	65 68	50 75	65 82	

NOTE: 1 in./hr = 25.4 mm/hr; 1 ft = 0.305 m; 1 psi = 6.895 kPa.

جدول ۶،۷ / راهنمای انتخاب قطر نازل و فشار کارکرد آن براساس مقدار CU مورد نظر برای شدت جریان و فواصل مختلف آبیاش ها
در شرایط باد بسیار شدید (سرعت باد بین ۲۴ تا ۳۲ کیلومتر در ساعت یا ۱۵ تا ۲۰ مایل در ساعت)

فاصله بین آبیاش ها ft × ft	آبیاش		شدت پاشش آب in./hr ± 0.02 in./hr							
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40			
30 × 40	نازل 3/32 فشار 30 CU, % 69	3/32 50 72	7/64 45 73	1/8 45 75	9/64 45 76	5/32 40 82	5/32 45 85			
30 × 50	نازل فشار CU, %	1/8 45 74	9/64 50 77	5/32 45 80	11/64 45 81	3/16 45 81	3/16 55 84			
30 × 60	نازل فشار CU, %	9/64 45 60	5/32 45 65	11/64 45 75	3/16 45 80	3/16 45 83	3/16 50 83			
40 × 40	نازل فشار CU, %	9/64 35 70	5/32 35 72	11/64 35 76	3/16 45 81	3/16 45 84	3/16 50 84			
40 × 50	نازل فشار CU, %	5/32 35 55	5/32 50 60	61/64 50 70	3/16 50 75	3/16 50 77	3/16 50 77			
40 × 60	نازل فشار CU, %	5/32 50 64	11/64 50 70	3/16 50 73	13/64 50 74	7/32 50 75	7/32 50 75			
60 × 60	نازل فشار CU, %									

NOTE: 1 in./hr = 25.4 mm/hr; 1 ft = 0.305 m; 1 psi = 6.895 kPa.

این جداول بر اساس سرعت باد تقسیم بندی شده اند . استفاده از زوایای پرتاب کمتر ، بین ۸ تا ۲۱ درجه ، و یا استفاده از پره های انحراف دهنده ، احتمالاً باعث بهبود یکنواختی کاربرد آب در شرایط باد شدید می گردد . در این شرایط ، جدول ۶,۵ می تواند به جای جدول ۶,۶ ، اما با احتیاط ، برای سرعت های باد ۱۶ تا ۲۴ کیلومتر در ساعت ، و جدول ۶,۶ به جای جدول ۶,۷ برای سرعت های باد ۲۴ تا ۳۲ کیلومتر در ساعت مورد استفاده قرار گیرند .

دبی آبپاش و فشار کارکرد مورد نیاز آن

دبی متوسط مورد نیاز ، q ، برای هریک از آبپاشها تابعی از متوسط شدت پاشش ، I ، و فاصله بین آبپاشها می باشد . شدت پاشش مورد نیاز بستگی به زمان هر استقرار ، عمق خالص آبیاری در هر نوبت آبیاری و راندمان کاربرد دارد . جابجایی لاترالهای با جابجایی متناوب تنها یک یا دو بار در هر روز عملی است . مگر اینکه این کار به صورت خودکار صورت گیرد . برای یک بار جابجایی در طول روز ، زمان آبیاری هر استقرار ۲۴ ساعت منهای طول زمان مورد نیاز برای جابجایی مکان لاترال خواهد بود . در واقع ، زمان کارکرد هر لاترال در هر استقرار با یک بار جابجایی در طول روز در حدود ۲۳ تا ۲۳/۵ ساعت خواهد بود . برای دوبار جابجایی در روز ، زمان کارکرد هر لاترال بین ۱۱ تا ۱۱/۵ ساعت متغیر است .

رابطه ۵,۵ می بایست برای محاسبه دقیق شدت جریان مورد نیاز برای شدت پاشش مشخص مورد استفاده قرار گیرد . سپس ، جداول آبپاش که توسط کارخانه سازنده ارائه شده اند برای تخمین فشار کارکرد مورد نیاز که مقدار شدت جریان مورد نظر را ایجاد می کند به کار گرفته می شوند . فشارها برای نازلهای استاندارد باید به گونه ای انتخاب شوند که در بین مقادیر جدول زیر قرار گیرند :

اندازه نازل mm (in.)	دامنه فشار kPa (psi)
2.0 to 2.4 (5/64 to 3/32)	140 to 310 (20 to 45)
2.8 to 3.6 (7/64 to 9/64)	170 to 345 (25 to 50)
4.0 to 4.4 (5/32 to 11/64)	205 to 380 (30 to 55)
4.8 to 5.5 (3/16 to 7/32)	240 to 415 (35 to 60)

زمانیکه پره انحراف آب استفاده می شود ، ۳۵ کیلوپاسکال (۵ psi) اضافه می شود .

مقادیر پایین هر دامنه فشار در جدول بالا ، زمانیکه خاک برهنه (که امکان سله بندی دارد) آبیاری می شود ، باید بین ۳۵ تا ۷۰ کیلوپاسکال افزایش داده شوند . از انتخاب مقادیر بالای هر دامنه نیز به منظور صرفه جویی در انرژی و حذف تلفات فراوان بادبردگی و تبخیر باید احتراز شود .

ارتفاع لوله آبد (رایزر)

لوله آبد (رایزر) آبپاش را در ارتفاعی بالاتر از گیاه نگه داشته و ارتباط آن را با لوله لاترال برقرار می سازد (شکل ۶,۳ را ببینید) . همچنین ، در حذف تلاطم ایجاد شده در مسیر جریان آب در لوله لاترال زمانیکه بخشی از جریان به یک آبپاش انتقال می یابد کمک می کند . این تلاطم اگر از بین نرود ، ممکن است به نازل ها رسیده و موجب شکافت

زودهنگام جریان آب شود و در نتیجه قطر دایره خیس شده نازل را کاهش داده و موجب تخریب الگوی پاشش آن شود (Wiersma, 1955). طول لوله رایزر مورد نیاز برای حذف این آشفتگی (تلاطم) نسبت به دبی آبپاشها متفاوت است . جدول زیر می تواند برای انتخاب حداقل طول (ارتفاع) لوله رایزر برای مقادیر مختلف دبی مورد استفاده قرار گیرد .

آبدهی آبپاش		حداقل ارتفاع لوله رایزر	
L/s	(gpm)	cm	(in.)
< 0.6	(< 10)	15	(6)
0.6 to 1.6	(10 to 25)	23	(9)
1.6 to 3.2	(25 to 50)	30	(12)
3.2 to 7.6	(50 to 120)	45	(18)
> 7.6	(> 120)	90	(36)

ارتفاع اغلب محصولات از ۳۰ سانتیمتر تجاوز می کند . بنابراین به غیر از باغاتی که بطور منظم کشت شده اند (و لوله رایزر کوتاه برای آبپاشهای زیردرختی مطلوب است) ، ارتفاع رایزر باید به حدی باشد که سر آبپاش برخوردی با محصول نداشته باشد . برخی تحقیقات نشان می دهند که ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر ارتفاع افزون بر ارتفاع محصول موجب بهبود راندمان توزیع آبپاش می گردد . با اینحال ، این انتخاب مشخصاً دارای معایبی نیز می باشد . از جمله افزایش تلفات بادبردگی و مشکلات مربوط به جابجایی لاترالها (به دلیل ارتفاع زیاد رایزرهای متصل به آنها) . کشاورزان به جز در زمان آبیاری گیاهان پایه بلند (مثل پنبه و ذرت) و یا در سیستم های ثابت با لاترالهای مدفون ، اغلب ارتفاع ۴۵ تا ۶۰ سانتیمتری را ترجیح می دهند .

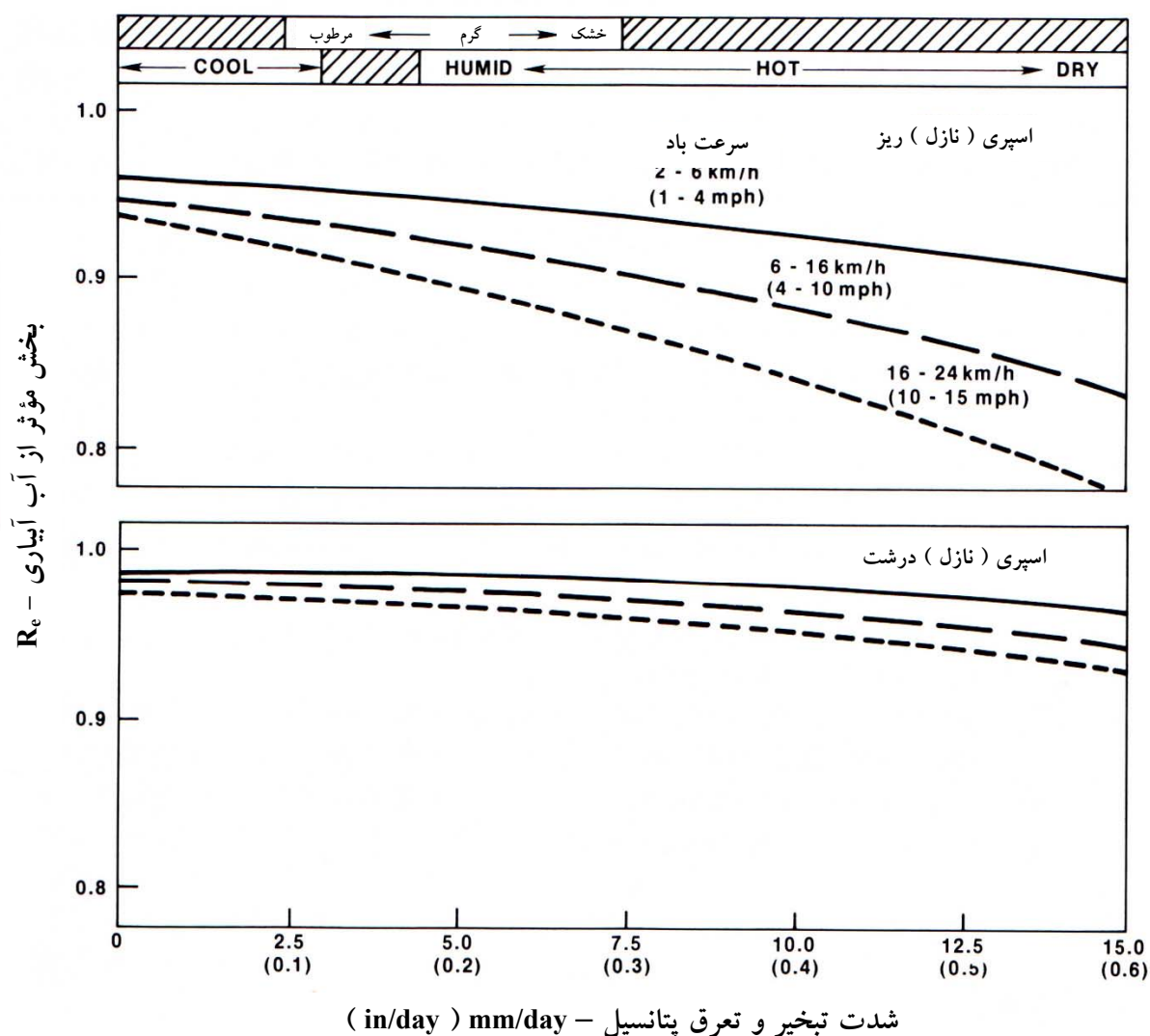
تلفات

هرچند که ارزیابی سیستم ها معمولاً بر اساس مشکلات مرتبط با یکنواختی صورت می گیرد ، اما تلفات آب نیز راندمان سیستم آبیاری را کاهش می دهد . اغلب طراحان فرض می کنند که سیستم به صورت ایده آل مدیریت شده و تلفات در حداقل مقدار خواهند بود . اما این امر کمتر صورت واقعیت بخود می گیرد . آبیاری بیش از حد نیاز محصول احتمالاً جدی ترین دلیل تلفات در هر سیستم آبیاری می باشد . علاوه بر آبیاری بیش از حد به دلیل برنامه ریزی نادرست آبیاری ، بخش عمده تلفات در آبیاری بارانی عبارت است از : تبخیر از قطرات آب و سطح خاک مرطوب ، تعرق از گیاهان ناخواسته مانند علف های هرز ، بادبردگی ، تلفات مربوط به حاشیه مزرعه ، نشت آب در سیستم و طراحی سیستم .

بادبردگی و تبخیر

تلفات بادبردگی و تبخیر ممکن است در زمان آبیاری محصولی با پوشش کامل (۱۰۰ درصد از سطح مزرعه) و در شرایط بادی مناسب ، تنها چند درصد باشد . تحت شرایط معمول ، تلفات بادبردگی و تبخیر بین ۵ تا ۱۰ درصد می باشد . با این وجود ، در شرایط بسیار حاد ، این تلفات می توانند بسیار بزرگتر از این مقادیر باشند .

شکل ۶،۸ به عنوان راهنمایی برای محاسبه بخش مؤثر آب آبیاری که سطح خاک و گیاه را مرطوب می سازد ارائه شده است .



شکل ۶،۸ / درصد مؤثر از آب آبیاری ، R_e ، که به سطح خاک می رسد تحت شرایط محیطی مختلف.

مقادیر ارائه شده در این شکل ، برای مقادیر مختلف شدت تبخیر و تعرق پتانسیل ، براساس نتایج آزمایشات Frost and Schwalen (1955) می باشند . یک پوشش کامل گیاهی ، راندمان کاربرد بالا ، فاصله زیاد بین لاترالهای در حال کار و میانگین شرایط روز و شب در این شکل جزو فرضهای اولیه می باشند . منحنی های مربوط به افشانه های ریز (Fine Spray) براساس نازل های $4/8$ میلیمتری و فشار کارکرد 415 کیلوپاسکال و با فاصله بندی 12 متر در 18 متر می باشند . افشانه های درشت (Coarse Spray) نیز براساس نازل های $4/8$ میلیمتری تحت فشار کارکرد 210 کیلوپاسکال و با فاصله بندی 9 متر در 18 متر می باشند .

برای استفاده از شکل ۶،۸ لازم است ابتدا مشخص کنیم که افشانه (اسپری) از یک آبپاش درشت ، ریز یا متوسط می باشد . برای این موضوع ، شاخص درشتی اندازه ذرات مورد استفاده قرار می گیرد . این شاخص می تواند با رابطه ۶،۷ محاسبه شود :

$$CI = K \frac{P^{1.3}}{B} \quad (6,7)$$

P: فشار کارکرد نازل (KPa یا psi)

B: قطر نازل (mm یا in)

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک ۰/۰۳۲ و برای سیستم انگلیسی ۱/۶۴.

اگر مقدار ضریب درشتی کوچکتر از ۷ باشد، افشانه درشت است و بخش پایینی شکل ۶،۸ باید برای تعیین Re مورد استفاده قرار گیرد. اگر نمایه درشتی بزرگتر از ۱۷ باشد، افشانه ریز است. بنابراین از بخش بالایی شکل استفاده می شود. زمانی که مقدار نمایه درشتی بین دو مقدار ۷ و ۱۷ واقع شود، مقدار Re باید با میانایی و توسط رابطه زیر محاسبه گردد:

$$Re = \frac{CI - 7}{10} (Re)_f + \frac{17 - CI}{10} (Re)_c \quad (6,8 a)$$

در عوض معادله رگرسیونی زیر می تواند برای تمامی منحنی های شکل ۶،۸ مورد استفاده قرار گیرد:

(6,8 b)

$$Re = 0.967 + 0.005 ET - 0.00017 ET^2 + 0.0012 WS - CI (0.00043 ET + 0.00018 WS + 0.000016 ET.WS)$$

$$\text{For } 7 \leq CI \leq 17$$

اگر نمایه درشتی کوچکتر از ۷ باشد، مقدار آن را برابر با ۷ و اگر بزرگتر از ۱۷ باشد، برابر با ۱۷ قرار می دهیم.

Re : بخش مؤثر از آبی که توسط هر آبپاش توزیع می شود، بخش بیشتر آن به سطح خاک آبیاری شده می رسد (اعشار)

$(Re)_f$: مقدار Re از شکل ۶،۸ برای منحنی افشانه های درشت.

$(Re)_c$: مقدار Re از شکل ۶،۸ برای منحنی افشانه های ریز.

ET: تبخیر و تعرق پتانسیل یا مرجع و یا نیاز آبی (mm/day)

WS: سرعت باد (km/hr)، (برای سیستم انگلیسی: 1 mph = 1.6 km/hr)

CI: نمایه درشتی از رابطه ۶،۷.

تلفات نشت و تخلیه لوله ها

برای سیستم هایی که عملیات نگهداری در آنها بخوبی انجام می گیرد، تلفات نشت و تخلیه می توانند کمتر از ۱ درصد از ظرفیت سیستم باشند. بنابراین، نسبت بین آبی که بطور مؤثر از طریق آبپاشها توزیع می شود به کل دبی سیستم $O_e < 0.99$. در سیستم های مدفون (دائمی) این تلفات می تواند با استفاده از شیرهای تخلیه حذف شده و نسبت آب مؤثر به کل ظرفیت سیستم به ۱ افزایش یابد. با این وجود، سیستم هایی که عملیات نگهداری در آنها بخوبی صورت نمی گیرد، تلفات نشت و تخلیه آنها، بالاتر از ۱۰ درصد خواهد بود. یعنی: $O_e = 0.9$. نقاطی که اغلب نشت آب روی می دهد در محل اتصال آبپاشها و اتصال دهنده ها می باشند. اعمال آب بیشتر به دلیل وجود نازلهای فرسوده و بزرگ شده نیز ممکن است به عنوان تلفات نشت در نظر گرفته شود.

راندمان

اصطلاحات مناسب برای راندمان کاربرد در سیستم های آبیاری کشاورزی توسط کمیته آبیاری ASAE (۱۹۷۸) جمع آوری شده اند . شاید اصطلاحی که بیش از سایرین مورد استفاده قرار می گیرد ، راندمان کاربرد کلاسیک ، E'_a ، باشد . این راندمان عبارت است از نسبت متوسط عمق آب آبیاری که به مصرف تبخیر و تعرق گیاه می رسد به عمق ناخالص آب آبیاری که به مزرعه انتقال می یابد .

راندمان کاربرد کلاسیک ، E'_a ، به تنهایی فقط می تواند تلفات را گزارش دهد . زیرا فقط جزئی از آبی که به مزرعه منتقل شده و در منطقه ریشه گیاه ذخیره گشته است را نشان می دهد که بطور بالقوه برای تبخیر و تعرق در اختیار قرار دارد . بنابراین ، E'_a هیچ شاخصی برای کفایت آبیاری بدست نمی دهد و در زمان کم آبیاری شدید نیز مقدار ۱۰۰ درصد خواهد داشت .

معمولاً اصطلاح نسبتاً متفاوت E_a در طراحی سیستم های بارانی استفاده می شود . این راندمان ، E_a ، در رابطه ۵,۳ برای محاسبه عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز ، d ، از روی عمق خالص آب آبیاری مورد نظر ، مورد استفاده قرار می گیرد . انتخاب مقادیر E_a بر اساس بهینه سازی بین چند سطح از کفایت آبیاری صورت می گیرد ، نه تنها یک میزان خاص از کفایت . برای اینکه این پارامتر مفیدتر باشد ، مفهوم راندمان آبیاری باید چند شاخص از یکنواختی و کفایت آبیاری را (علاوه بر تلفات آبیاری) نیز در برگیرد .

راندمان کاربرد عمومی سیستم های آبیاری بارانی

رابطه عمومی برای محاسبه d در ازای مقادیر مشخص d_n ، شامل پارامتر یکنواختی است که شامل تأثیر تلفات ناشی از عدم یکنواختی توزیع ، نفوذ عمقی ، بادبردگی و تبخیر و همچنین نشت از لوله ها می باشد . این پارامتر که مبین راندمان در نظر گرفته شده توسط طراح است ، E_{pa} ، باید بتواند تعریفی از مقدار کفایت آبیاری مورد نظر (pa) نیز داشته باشد . یعنی آن بخش از زمین که به مقدار مورد نظر ، d_n ، آب دریافت می کند .

راندمان مورد نظر طراح برای هر درصدی از کفایت آبیاری با رابطه زیر محاسبه می شود :

$$E_{pa} = DE_{pa} R_e O_e \quad (۶,۹)$$

E_{pa} : راندمان کاربرد بر اساس درصد کفایت آبیاری مورد نظر (%) .

DE_{pa} : راندمان توزیع برای درصد کفایت آبیاری مورد نظر (% ، رابطه ۶,۱۰ یا جدول ۶,۲)

R_e : قسمت مؤثر از آب آبیاری (اعشار ، رابطه ۶,۸) .

O_e : نسبت آبی که بطور مؤثر از روزنه آبشها خارج شده است به کل آبی که در سیستم مورد استفاده قرار گرفته است (اعشار) .

برای محاسبه راندمان توزیع DE_{pa} از این رابطه می توان کمک گرفت :

(۶,۱۰ a)

$$DE_{pa} = 100 + [(606 - 24.9 pa + 0.349 pa^2 - 0.00186 pa^3)] \times (1 - CU/100)$$

و یا

(۶,۱۰ b)

$$DE_{pa} = 100 - 1581 (1 - CU/100) + 1581 \exp \left[- \left(\frac{pa - 40}{150} \right)^2 \right] \times (1 - CU/100)$$

همانطور که قبلاً گفته شد ، pa درصد کفایت آبیاری را مشخص می کند . پارامتر E_{pa} با پارامتر راندمان کاربرد کلاسیک (E'_a) متفاوت است . در صورت استفاده از راندمان کاربرد کلاسیک ، مقدار d_n ، حداقل عمق کاربرد آب بر روی کل سطح مزرعه می بود . اما در صورت استفاده از پارامتر E_{pa} و با وارد کردن مقدار pa یعنی کفایت آبیاری ، مقدار مینیمم آب آبیاری را تنها به بخشی اختصاص می دهیم که می خواهیم تحت کم آبیاری قرار داشته باشد . کم آبیاری بخشی از مزرعه ، کاری عملی و در ضمن مناسب است . زیرا آبیاری تمامی سطح مزرعه به میزان حداقلی برابر با d_n ، به جز با مقادیر بالای CU ، کار بسیار مشکلی خواهد بود . برای مثال ، حتی با مقادیر نسبتاً بالای CU در حدود ۸۶ درصد ، در شکل ۶,۷ مقدار عمق ناخالص آبیاری باید از ۱/۱۸ به ۱/۵۷ واحد آب افزایش یابد . این کار برای تمام مزرعه لازم است تا بتواند به میزان مورد نظر ، یعنی ۱ واحد ، آب دریافت دارد .

تعریف کلاسیک از E'_{pa} نیز می تواند مفید باشد . این مقادیر می توانند با جایگزین کردن DE_{pa} در معادله ۶,۹ به وسیله DE'_{pa} به دست آیند . DE'_{pa} از جدول ۶,۸ یا رابطه زیر محاسبه می شود :

(۶,۱۱)

$$DE'_{pa} = 100 + [432 - 21.3 pa + 0.323 pa^2 - 0.001785 pa^3] \times (1 - CU/100)$$

تفاوت بین DE_{pa} و DE'_{pa} برای مقادیر مساوی CU و pa بیانگر اختلاف بین مقادیر مطلوب و مورد نظر ، یعنی d_n و متوسط عمق خالص مورد نیاز برای برآورده کردن نیاز آبی گیاه ، d'_n ، می باشد . مقدار d'_n زمانیکه بخشی از مزرعه تحت کم آبیاری قرار دارد ، همواره کمتر از d_n خواهد بود . با مقایسه جداول ۶,۲ و ۶,۸ ملاحظه می شود که تفاوت بین DE_{pa} و DE'_{pa} برای مقادیر بالای یکنواختی و یا کفایت آبیاری کم است . اما برای مقادیر پایین تر این کمیت ها (کفایت آبیاری و یکنواختی کریستیانسن) تفاوت بین این دو مقدار نسبتاً قابل توجه است .

تأثیر بر میزان محصول

جدول ۶،۸ / مقادیر راندمان توزیع کلاسیک ، DE'_{pa} ، برای مقادیر مختلف CU و درصد کفایت آبیاری ، pa .

CU, %	$pa, \% - \text{درصد کفایت آبیاری}$							
	95	90	85	80	75	70	65	60
$DE'_{pa}, \% - \text{راندمان توزیع آب}$								
94	87	90	92	93	94	95	95	96
92	83	87	89	90	92	93	94	95
90	79	83	86	88	90	91	92	93
88	75	80	83	86	88	89	91	92
86	71	77	81	83	86	88	89	91
84	67	73	78	81	84	86	88	89
82	62	70	75	79	82	84	86	88
80	58	67	72	76	79	82	85	87
78	54	63	69	74	77	80	83	85
76	50	60	67	71	75	79	82	84
74	46	57	64	69	73	77	80	83
72	42	53	61	67	71	75	78	81
70	37	50	58	64	69	73	77	80
68	33	47	55	62	67	72	75	79
66	29	44	53	60	65	70	74	77
56	8	27	39	48	55	61	66	71

معمولاً E_{pa} برای مقاصد طراحی به منظور تعیین d از روی مقادیر مشخص d_n و از روابطی مانند رابطه ۵،۳ استفاده می شود . در چنین مواردی ، نسبت بین d'_n / d_n (یعنی نسبت به عمق مورد نیاز برای برآورده کردن نیاز آبی گیاه به عمق آب مطلوب و مورد نظر طراح) نشانگر مقدار نهایی کفایت برای هریک از آبیاری ها ، و همچنین کل آبیاری در طول یک فصل کشت از جهت برآورده کردن نیاز آبی گیاه می باشد . در مناطق بیابانی و خشک که میزان محصول بطور مستقیم متناسب با تبخیر و تعرق می باشد و در خاکهایی که آبیاری سنگین ایجاد مشکل نمی کند ، نسبت بین d'_n / d_n منجر به محاسبه مقدار واقعی محصول ، Y_a ، در مقایسه با مقدار حداکثر (پتانسیل) محصول ، Y_p ، می گردد . مشخص است که برای مقادیر مشابه یکنواختی و کفایت آبیاری :

$$E'_{pa} / E_{pa} = DE'_{pa} / DE_{pa} = d'_n / d_n$$

مقادیر درصد نسبی محصول که در جدول ۶،۳ ارائه شده اند ، از همین نسبت محاسبه می شوند .

در واقع ، محصولات کمی وجود دارند که مقدار نسبی محصول در آنها مستقیماً متناسب با نسبت d'_n / d_n باشد . بنابراین ، در بسیاری از مناطق بخش بزرگی از نیاز آبی محصول از باران تأمین می گردد . پس ، رابطه جامع تری برای تخمین مقدار واقعی محصول لازم است . رابطه زیر ، که از مقاله (Doorenbos and Kassam (1979) اتخاذ شده است ، رابطه ساده ای است که عکس العمل محصول و مقدار باران مؤثر را نیز در نظر می گیرد :

$$Y_a = Y_p \left(1 - K_y + K_y \frac{D'_n + R_n}{D_n + R_n} \right) \quad (۶،۱۲)$$

Y_a : میزان واقعی محصول (Units/ha)

Y_p : مقدار پتانسیل یا مورد انتظار تولید در صورت عدم وجود تنش آبی (Units/ha)

K_y : فاکتور عکس العمل محصول که برای هر گیاه از جدول ۶,۹ قابل حصول است (اعشار)

D'_n : متوسط عمق واقعی (یا کلاسیک) آبیاری در طول فصل که برای تأمین نیاز آبی گیاه در اختیار آن قرار می گیرد (mm یا in)

D_n : متوسط عمق آبیاری در طول فصل که مورد نیاز است (mm)

R_n : باران مؤثر (بخشی از باران که به مصرف نیاز آبی گیاه می رسد ، mm)

زمانیکه رابطه ۶,۹ با مقادیر K_y از جدول ۶,۹ استفاده می شود ، فرض بر این است که آبیاری کامل صورت گرفته است . همچنین فرض می شود که باران مؤثر آن بخشی از باران است که واقعاً در اختیار گیاه قرار خواهد داشت (یعنی نفوذ عمقی را شامل نمی شود) . جایی که مقدار پتانسیل محصول ، Y_p ، مشخص نیست ، رابطه ۶,۹ برای دستیابی به نسبت Y_a / Y_p به منظور ارزیابی نسبی معیارهای مختلف طراحی استفاده می شود .

جدول ۶,۹ / پارامتر عکس العمل محصول ، k_y ، برای کم آبیاری در تمام طول فصل رویش.

k_y - فاکتور واکنش		k_y - فاکتور واکنش	
یونجه	0.7-1.1	سیب زمینی	1.1
موز	1.2-1.35	کاجیره	0.8
لوبیا	1.15	سورگوم	0.9
کلم	0.95	سویا	0.85
کاهو	0.8-1.1	چغندر قند	0.7-1.1
پنبه	0.85	نیشکر	1.2
انگور	0.85	آفتابگردان	0.95
بادام زمینی	0.7	تنباکو	0.9
ذرت	1.25	گوچه فرنگی	1.05
پیاز	1.1	هندوانه	1.1
نخود	1.15	گندم بهاره	1.15
فلفل	1.1	گندم زمستانه	1.0

راندمانهای کاربرد ویژه در آبیاری بارانی

مقادیر جدول ۶,۲ بر پایه روابط استاتیک ریاضی بین CU و DE_{pa} مرتبط با آن می باشند ، با این فرض که الگوی همپوشانی بین سطح خیس شده آبشها از تابعی با توزیع نرمال پیروی می کند . همانطور که قبلاً ذکر شد ، جالب توجه است که رابطه نزدیکی بین DE_{80} و CU برای تمامی مقادیر CU وجود دارد . بنابراین زمانیکه CU به جای DE_{pa} در رابطه ۶,۹ استفاده می شود ، راندمان کاربرد محاسبه شده تقریباً برابر با E_{80} می باشد . رابطه ای مشابه نیز بین مقادیر DU و DE_{90} برقرار است .

با استفاده از DU به جای DEpa در رابطه ۶,۹، نتیجه چیزی خواهد بود که راندمان کاربرد طرح برای چارک پایین نامیده می شود (E_q). راندمان کاربرد چارک پایین برای جایگزینی مقادیر عددی به جای عبارات "گیاهان پر ارزش یا کم ارزش" مناسب است.

زمانیکه کمبود رطوبتی خاک، SMD، بر E_q تقسیم شود تا عمق ناخالص آبیاری، d، محاسبه گردد، تنها حدود ۱۰ درصد از سطح مزرعه دارای رطوبتی کمتر از ظرفیت زراعی خواهد بود. برعکس، در حدود ۹۰ درصد از سطح مزرعه به میزان کافی آبیاری شده و مقادیر متفاوتی از پرآبیاری را دریافت می دارند. هرچند که این موضوع برای محصولات پرارزش یا دارای ارزش تجاری متوسط، مفید و مناسب است، اما ممکن است برای محصولات کم ارزش و علوفه ای توجیه پذیر نباشد. برای این قبیل محصولات، راندمان کاربرد براساس متوسط عمق آبیاری نیمه پایین مزرعه معمولاً نتایج بهتری عاید می سازد. برای مقاصد طراحی، راندمان کاربرد نیمه پایین، E_h ، می تواند با استفاده از مقادیر CU به جای DEpa در رابطه ۶,۹ محاسبه شود. بنابراین زمانیکه E_h یا راندمان کاربرد نیمه پایین برای محاسبه d استفاده می شود تا مقدار مشخصی از کمبود رطوبتی خاک جبران شود، تنها حدود ۲۰ درصد از سطح مزرعه دارای رطوبتی کمتر از ظرفیت زراعی خواهند بود (کم آبیاری).

دامنه مقادیر محتمل E_q و E_h برای انواع مختلف سیستم های آبیاری بارانی به شرح زیر است:

نوع سیستم آبیاری	E_q	E_h
لاترال های با جابجایی متناوب (نیمه ثابت)	60 to 75 %	70 to 85 %
آپاش های بوم یا تفنگی	50 to 60 %	60 to 75 %
لاترالهای ثابت	60 to 85 %	70 to 88 %

مقادیر راندمان ها در جدول بالا بر اساس محصولاتی هستند که پوشش کامل (۱۰۰ درصد) ایجاد کرده و برای سیستم هایی هستند که به خوبی طراحی شده و نگهداری می شوند. به وضوح مشخص است که مقادیر بسیار پایین تر، ناشی از مدیریت ضعیف بوده و یا مربوط به سیستم هایی هستند که به خوبی طراحی نشده اند و یا در شرایط متداول و مرسوم برای آن دسته از سیستم ها بکار گرفته نشده اند.

محاسبات اولیه طراحی

شکل ۶,۹ یک کپی از شکل ۵,۲ را نشان می دهد که برای مزرعه ای فرضی از یونجه و سیب زمینی تکمیل گشته است. محاسبات نمونه ۶,۳ و ۶,۴ روند محاسبات برای تعیین شدت پاشش مورد نظر، I، و دبی متوسط آپاشها، q، را به ترتیب، برای مزرعه یونجه و مزرعه سیب زمینی نشان می دهند.

مثال ۶,۳: محاسبات اولیه طراحی برای مزرعه یونجه.

اطلاعات: مربوط به بخش ۱ و ۲ شکل ۶,۹ برای یونجه، سرعت باد ۴ تا ۱۰ مایل در ساعت (mph)

تخلیه رطوبتی خاک (MAD): ۵۰ %

یک بار جابجایی در طول روز

فاصله بین آبپاشها ۴۰ فوت در ۶۰ فوت

نیاز آبخویی (LR) : ۵٪

نشت آب از سیستم چندان زیاد نیست. بنابراین، $O_e = 1$

مطلوب است: محاسبه عمق خالص هر آبیاری، دور آبیاری، راندمان آبیاری، شدت پاشش و دبی مورد نیاز آبپاشها.

محاسبات: برای $MAD = 50\%$ ، یعنی تخلیه مجاز رطوبتی خاک، مقدار d_x برابر ۵۰ درصد از کل ظرفیت نگهداری رطوبت در منطقه ریشه خواهد بود. از رابطه ۳,۱:

$$d_x = 6 \text{ ft} \times 2.0 \frac{\text{in}}{\text{ft}} \times \frac{50}{100} = 6 \text{ in}$$

حداکثر دور آبیاری در طول دوره حداکثر نیاز آبی از رابطه ۳,۲ عبارت است از:

$$fx = \frac{\text{تخلیه مجاز رطوبتی (in)}}{\text{نیاز آبی روزانه (in/day)}} = \frac{6}{0.3} = 20 \text{ days}$$

I. CROP (TYPE)		Alfalfa	Potato		
(a)	Root depth – mm (ft) z	6	2.5	Table 3.2	
(b)	Growing season – days	165	135	From an	
(c)	Water use rate – mm/day (in./day) U_d	0.30	0.25	Irrigation	
(d)	Seasonal water use – mm (in.) U	30.0	19.0	Guide	
II. SOILS [Area – ha (A)]			80		
(a)	Surface texture depth – cm (ft) Moisture capacity – mm/m (in./ft) W_d	Loam 8 2.0	Sandy loam ⁴ 1.6	Table 3.1	
(b)	Subsurface texture depth – cm (ft) Moisture capacity – mm/m (in./ft) W_d	same	same		
(c)	Moisture capacity – mm (in.)	12.0	4.0		
(d)	Allowable depletion – mm (in.) d_x	6.0	2.0	50% of Total	
(e)	Intake rate – mm/hr (in./hr)	0.6	0.4	Table 5.4	
III. IRRIGATION					
(a)	Interval – days f'	20	8		
(b)	Net depth – mm (in.) d_n	6.0	2.0		
(c)	Efficiency – % E_d	79	75		
(d)	Gross depth – mm (in.) d	7.6	2.7		
IV. WATER REQUIREMENT					
(a)	Net seasonal – mm (in.) U	30	19		
(b)	Effective rain – mm (in.) R_n	3	2		
(c)	Stored moisture – mm (in.) M_s	5	2		
(d)	Net irrigation – mm (in.) D_n	22	15		
(e)	Gross irrigation – mm (in.) D_g	28	20		
(f)	Number of irrigations	3 to 4	7 to 8		
V. SYSTEM CAPACITY					
(a)	Application rate – mm/hr (in./hr) I	0.33	0.23		
(b)	Time per set – hr T_d	23	11.5		
(c)	Settings per day	1	2		
(d)	Days of operation per interval f	18	8		
(e)	Preliminary system capacity – L/s (gpm)		532		

NOTE: 1 ft = 0.305 m; 1 in. = 25.4 mm; 1 gpm = 0.0632 L/s

شکل ۶,۹ / پارامترهای طراحی اولیه سیستم آبیاری بارانی ثابت با استفاده از اطلاعات صحرائی.

این رابطه از حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی خاک برای محاسبه حداکثر فاصله بین آبیاری ها در دوره حداکثر مصرف استفاده می کند به نحوی که سطح مطلوب و مورد نظر از حاصلخیزی حاصل گردد. برای طراحی نهایی سیستم، عمق خالص آبیاری کوچکتر و در نتیجه، دور آبیاری کوتاه تر مورد استفاده قرار می گیرد.

راندمان کاربرد از روی بخش مؤثر آب آبیاری، R_e ، و یکنواختی کاربرد محاسبه می شود. با فرض اینکه افشانه آب دارای اندازه ای بین درشت و ریز است، از رابطه ۶,۸ برای شدت تبخیر و تعرق پتانسیل ۰/۳ اینچ در روز، بخش مؤثر آب آبیاری محاسبه می شود:

$$R_e = \frac{0.97 + 0.91}{2} = 0.94$$

از آنجایی که یونجه گیاهی با ارزش تجاری نسبتاً پایین است، راندمان کاربرد نیمه پایین، E_h ، استفاده می شود. یعنی استفاده از CU به عنوان معیاری برای یکنواختی توزیع آب. با فرض اینکه E_h در حدود ۷۵ درصد باشد (از جدول ۴,۱)، عمق ناخالص اولیه، d ، از رابطه ۵,۳ برای LR کوچکتر از ۱۰ درصد محاسبه می شود:

$$(d) = \frac{6}{0.75} = 8 \text{ in}$$

اگر زمان جابجایی لاترالها در سیستم متحرک دستی ۱ ساعت در نظر گرفته شود، زمان هر استقرار با یک بار جابجایی در روز ۲۳ ساعت خواهد بود. بنابراین، شدت پاشش اولیه:

$$(I) = \frac{8 \text{ in}}{23 \text{ hr}} = 0.35 \text{ in/hr}$$

از جدول ۶,۵ برای سرعت باد ۴ تا ۱۰ مایل در ساعت، مقدار CU مورد انتظار ۸۴ درصد برای آبپاشهایی با فواصل ۴۰ فوت در ۶۰ فوت و با شدت پاشش ۰/۳۵ اینچ در ساعت خواهد بود. راندمان کاربرد با استفاده از رابطه ۶,۹ و جایگزینی CU به جای DE_{pa} محاسبه می شود.

$$E_h = CU \times R_e \times O_e = 84 \times 0.94 \times 1 = 79\%$$

عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز اکنون بصورتی دقیقتر قابل محاسبه است:

$$d = \frac{6}{0.79} = 7.6 \text{ in}$$

و شدت پاشش مورد نیاز:

$$I = \frac{7.6 \text{ in}}{23 \text{ hr}} = 0.33 \text{ in/hr}$$

دبی مورد نیاز هر آبپاش از رابطه ۵,۵ محاسبه می گردد:

$$q = \frac{I (S_e \times S_l)}{96.3} = \frac{0.33 \times 40 \times 60}{96.3} = 8.22 \text{ gpm}$$

مثال ۶,۴: محاسبات اولیه طراحی برای مزرعه سیب زمینی.

اطلاعات: مربوط به بخش ۱ و ۲ از شکل ۶,۹ برای سیب زمینی در محلی که سرعت باد بین ۱۰ تا ۱۵ مایل در ساعت است.

تخلیه رطوبتی خاک (MAD) ۵۰ درصد

لاترالهای متحرک با دو جابجایی در روز

فاصله آبپاشها از یکدیگر ۴۰ فوت در ۵۰ فوت

نشت آب از سیستم ناچیز است . پس $O_e = 1$.

مطلوب است : راندمان آبیاری ، شدت پاشش و دبی مورد نیاز آبپاشها .

محاسبات : برای تبخیر و تعرق ۰/۲۵ اینچ در روز ، سرعت باد ۱۰ تا ۱۵ مایل در ساعت و اندازه قطرات آب متوسط (بین درشت و ریز) مقدار R_e از شکل ۶,۸ برابر ۰/۹۲ تخمین زده می شود . از آنجاییکه سیب زمینی محصولی نسبتاً پرازش و با ریشه سطحی می باشد ، راندمان کاربرد چارک پایین E_q ، در محاسبات استفاده می شود . یعنی DU معیاری از یکنواختی می باشد . این امر حدود ۱۰ درصد از سطح مزرعه را تحت کم آبیاری قرار می دهد (کفایت آبیاری ۹۰ درصد) . با فرض اینکه راندمان کاربرد چارک پایین ۶۷ درصد باشد ، عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز خواهد بود :

$$d = \frac{2}{0.67} = 3 \text{ in}$$

اگر هر بار جابجایی لاترالها حدود ۳۰ دقیقه به طول بیانجامد ، زمان هر استقرار با دو بار جابجایی در طول روز در حدود ۱۱/۵ ساعت خواهد بود . بنابراین ، شدت پاشش اولیه عبارت است از :

$$(I) = \frac{3 \text{ in}}{11.5 \text{ hr}} = 0.26 \text{ in/hr}$$

از جدول ۶,۶ برای سرعت باد ۱۰ تا ۱۵ mph ، مقدار CU مورد انتظار در حدود ۷۸ درصد بدست می آید . اگر از استقرارهای متوالی استفاده شود ، مقدار CU_a بهبود یافته از رابطه ۶,۶ a محاسبه می شود :

$$CU_a = 10(CU)^{0.5} = 10(78)^{0.5} = 88\%$$

برای محاسبه E_q مورد انتظار ، دو روش قابل اجراست . مقدار DU_a تخمینی از رابطه ۶,۳ a قابل محاسبه است :

$$DU_a = 100 - 1.59(100 - CU_a) = 100 - 1.59(100 - 88) = 81\%$$

و با جایگزینی DU_a به جای DE_{pa} در رابطه ۶,۹ :

$$E_q = 81 \times 0.92 \times 1 = 75\%$$

روش دیگر استفاده از جدول ۶,۲ و قرار دادن $CU_a = 88\%$ است که به این ترتیب برای کفایت آبیاری ۹۰ درصد ، مقدار DE_{90} برابر با ۸۱ درصد بدست می آید . از رابطه ۶,۹ خواهیم داشت :

$$E_{90\% \text{ Adequacy}} = 81 \times 0.92 \times 1 = 75\%$$

عمق ناخالص مورد نیاز با فرض $E_q = 75\%$ از رابطه ۵,۳ a و برابر نیاز آبتوی کمتر از ۱۰ درصد محاسبه می شود :

$$d = \frac{2}{0.75} = 2.7 \text{ in}$$

و شدت پاشش مورد نیاز :

$$I = \frac{2.7 \text{ in}}{11.5 \text{ hr}} = 0.23 \text{ in/hr}$$

در نتیجه ، دبی مورد نیاز آبپاش با استفاده از رابطه ۵,۵ محاسبه می گردد :

$$q = \frac{0.23 \times 40 \times 50}{96.3} = 4.78 \text{ gpm}$$

مثال ۶,۵: مزایای استفاده از استقرارهای متناوب

اطلاعات: راندمان کاربرد و یکنواختی مربوط به مثال ۶,۴:

$$O_e = 1, R_e = 0.92, CU_a = 78\%, CU = 78\%$$

مطلوب است: تخمینی از افزایش عملکرد محصول ناشی از استفاده از استقرارهای متناوب.

محاسبات: در مثال ۶,۴، اگر از استقرارهای متناوب استفاده نشود، راندمان کاربرد برای کفایت آبیاری ۹۰ درصد بسیار کمتر از آنچه که بدست آمد محاسبه می گردید. از جدول ۶,۲ برای $CU = 78\%$ و $DE_{90} = 65\%$ و با استفاده از رابطه ۶,۹:

$$E_{90} = 65 \times 0.92 \times 1 = 60\%$$

در مثال ۶,۴ این مقدار با استفاده از استقرارهای متناوب به ۷۵ درصد افزایش یافته بود.

از سوی دیگر، اگر همان راندمان کاربرد ۷۵ درصد فرض شود و استقرارهای متناوب نیز استفاده نشود، کفایت آبیاری کاهش خواهد یافت. از رابطه ۶,۹ و جدول ۶,۲، درصد کفایت آبیاری pa ، با توجه به نکات زیر محاسبه می شود:

$$E_{pa} = DE_{pa} \times 0.92 \times 1 = 75\% \Rightarrow DE_{pa} = 81\%$$

از جدول ۶,۲ برای $CU = 78\%$ این مقدار به دست می آید: $DE_{75} = DE_{pa} = 81\%$. بنابراین کفایت آبیاری تنها ۷۵ درصد (بدون استفاده از استقرارهای متناوب و با راندمان کاربرد مشابه) به جای ۹۰ درصد در مثال ۶,۴ (با استقرارهای متناوب) می باشد.

جدول ۶,۳ درصدهای نسبی تولید محصول بهینه را برای مقادیر مختلف CU و کفایت آبیاری ارائه می دهد، با فرض اینکه پراوری باعث کاهش محصول نمی شود. با انتخاب $CU = 78\%$ و کفایت آبیاری ۷۵ درصد، مقدار محصول نسبی حدود ۹۵ درصد خواهد بود. درحالیکه با انتخاب CU برابر با ۸۸ درصد و کفایت آبیاری ۹۰ درصد، مقدار محصول نسبی ۹۹ درصد خواهد بود. بنابراین استفاده از استقرارهای متناوب می تواند باعث افزایش تولید محصول گردد. حتی اگر آبیاری غیریکنواخت باعث تلفات محصول یا کاهش کیفیت آن شود (به دلیل آبشویی کودها و یا ماندابی در سطح زمین)، باز هم مقدار ناخالص محصول و یا اختلاف درآمد ناشی از تولید با و بدون استفاده از استقرارهای متناوب بیش از ۴ درصد خواهد بود.

مثال ۶,۶: مقایسه روش ترسیمی و عددی برای محاسبه عمق خالص آبیاری و عمق خالص طراحی.

اطلاعات: رابطه ترسیمی بین سطح مزرعه و عمق آب آبیاری برای مقادیر CU برابر با ۷۰ و ۸۶ درصد، زمانیکه ۲۰ درصد از سطح مزرعه تحت کم آبیاری قرار دارد (کفایت آبیاری ۸۰ درصد) در شکل ۶,۷ نمایش داده شده است. محاسبات: سطح سایه خورده در شکل ۶,۷ نشانگر حجم کم آبیاری زمانیکه عمق نسبی آبیاری در ۸۰ درصد از سطح مزرعه، بزرگتر از واحد است و با $CU = DE_{80} = 86\%$ می باشد. از آنجاییکه مقادیر عمق نسبی عبارت است از نسبت d'_n / d_n ، متوسط عمق نسبی ذخیره شده در خاک، که ما آن را $(d_n)R$ می نامیم از این رابطه محاسبه می شود:

$$(d_n)_R = \frac{1 \times 100\% - (\text{average volume of deficit})}{1 \times 100\%}$$

و زمانیکه مقدار حجم نسبی کم آبیاری در حدود $0.1 \times 20\%$ باشد ،

$$(d_n)_R = \frac{1 \times 100\% - (0.1 \times 20\%)}{1 \times 100\%} = 0.98$$

بنابراین ، $d'_n / d_n = 0.98$.

این مقدار برابر با مقداری است که از جدول ۶,۳ برای مقادیر $CU = 0.86$ و $pa = 0.80$ بدست می آید . همچنین ، این مقدار از طریق نسبت راندمان توزیع کلاسیک به راندمان توزیع طرح که در جدول ۶,۸ و ۶,۲ ارائه شده است برای مقدار CU برابر با ۸۶ درصد قابل محاسبه است :

$$\frac{d'_n}{d_n} = \frac{DE'_{80}}{DE_{80}} = \frac{83}{85} = 0.98$$

بطور مشابه ، برای CU برابر با ۷۰ درصد از روی نمودار ،

$$\frac{d'_n}{d_n} \approx (100 - 0.25 \times 20) / 100 = 0.95$$

و از جدول ۶,۳ مقدار محصول نسبی ۹۴ درصد و یا جدول ۶,۸ و ۶,۲ برای $CU = 0.70$:

$$\frac{d'_n}{d_n} = \frac{DE'_{80}}{DE_{80}} = \frac{64}{68} = 0.94$$

مثال ۶,۷ : محاسبه اندازه نازل و فشار کارکرد آبیاش .

اطلاعات : فاصله آبیاشها ۴۰ فوت در ۶۰ فوت و دبی متوسط آنها ، $q_a = 8/22$ گالن در دقیقه که منجر به شدت پاشش 0.33 اینچ در ساعت در مزرعه یونجه می شود (مثال ۶,۳) .

محاسبات : از جدول ۶,۵ آبیاشی با اندازه نازل $13/64$ اینچ به نظر مناسب می رسد (ستون مربوط به شدت پاشش in/hr 0.2 ± 0.35 را ببینید) . علاوه بر این ، از جدول ۵,۲ و یا جداول مربوط به کارخانه سازنده ، نازل $13/64$ اینچی می تواند ۸ گالن در دقیقه تحت فشار کارکرد 45 psi و $8/45$ گالن در دقیقه تحت فشار کارکرد 50 psi دبی داشته باشد . بنابراین متوسط فشار کارکرد آبیاش ، P_a ، که مقدار دبی مورد نیاز آبیاش را مشخص می کند از طریق میان یابی بین این دو مقدار ، 47 psi محاسبه می شود .

روش دیگر برای تخمین P_a استفاده از رابطه ۵,۲ است :

$$P_a = 45 \left(\frac{8.22}{8} \right)^2 = 47 \text{ psi}$$

و یا با استفاده از رابطه ۵,۱ با ضریب $K_d = 1/193$ از جدول ۵,۲ ،

$$P_a = \left(\frac{q_a}{K_d} \right)^2 = \left(\frac{8.22}{1.193} \right)^2 = 47 \text{ psi}$$

۷- آرایش سیستم های آبیاری بارانی ثابت

اغلب ، آرایش یک سیستم بارانی ساده است ، همانند سیستم های کوچک در زمینهای دارای شکل هندسی منظم . از سوی دیگر ، زمینهایی که دارای شکل هندسی نامنظم بوده و توپوگرافی ناصافی دارند ، مشکلات مهندسی زیادی ایجاد می کنند که نیاز به تغییر آرایش سیستم و انتخاب دقیق اندازه لوله ها می باشد . مهمترین نکات در طراحی آرایش یک سیستم ثابت یا متحرک (شکل ۲,۴ را ببینید) و قواعد کلی طراحی در ادامه این مطلب تشریح می گردند . این قواعد تنها یک راهنمای کلی می باشند . در آرایش های پیچیده تر ، ابداع و قضاوت شخصی طراح ضروریست .

آرایش لاترالها

آرایش ایده آل لاترالها بستگی به تعداد آبپاش ها و محل استقرار لاترالها ، توپوگرافی و شرایط بادی منطقه دارد .

تعداد آبپاشها

آرایش سیستم می بایست اجازه عملکرد همزمان تعداد متوسط آبپاشها برای تأمین نیاز سیستم (رابطه ۵,۴) ، Q_s ، را بدهد . تعداد متوسط مورد نیاز آبپاشها از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$N_n = \frac{Q_s}{q_a} \quad (۷,۱ a)$$

می بایست تا حد امکان از تغییر تعداد آبپاشهایی که همزمان کار می کنند اجتناب گردد . زیرا این موضوع باعث تسهیل در جابجایی لاترالها و حفظ بار تقریباً ثابت بر روی پمپ می گردد . در زمینهای مستطیل شکل ، تغییری در تعداد آبپاشهایی که همزمان کار می کنند ایجاد نمی شود (مگر در روز پایانی یک دور آبیاری که تعداد جایگاه قرارگیری لاترالها کسری از تعداد لاترالها می باشد) . به این دلیل ، کشاورزان باید ترغیب شوند تا محل پرچینها ، نهادهای زهکشی ، جاده ها و دیگر مرزهای مزرعه را تغییر دهند (به شرطی که این کار عملی باشد) تا مزرعه مورد نظر برای آبیاری ، شکلی ۴ ضلعی پیدا کند .

طول لوله ها معمولاً استاندارد شده است و آبپاشهای کوچک در سیستم های متحرک و در روی لاترالها معمولاً ۹ ، ۱۲ یا ۱۸ متر از یکدیگر فاصله دارند . بعلاوه ، فاصله بندی بین لاترالها معمولاً به صورت ۱۲ ، ۱۵ ، ۱۸ یا ۲۴ متری صورت می پذیرد (در طول لوله اصلی) . از آنجایی که تمامی لاترالها باید همزمان کار کنند ، ظرفیت اولیه سیستم که از رابطه ۵,۴ محاسبه می شود ممکن است از مقدار مورد نیاز کمتر باشد (حتی در مزارع مستطیلی) . با اینحال ، معمولاً امکان تعدیل عمق آبیاری در هر نوبت ، d ، و یا زمان واقعی هر آبیاری ، $f.T$ وجود دارد .

در زمینهای نامنظم ، گاهی لازم است که تعداد آبپاشهایی که همزمان کار می کنند از تعداد متوسط آبپاشهای مورد نیاز ، در یک یا چند استقرار کمتر باشد . در این شرایط ، می توانیم نیروی پمپ را برای کاهش میزان دبی سیستم تغییر دهیم . زمانیکه ۲ یا چند لاترال همزمان کار می کنند ، حتی اگر تعداد آبپاشهای هریک متفاوت است ، بهتر است شیرهای کنترل

برای تنظیم فشار ورودی به آنها مورد استفاده قرار گیرند. برای مزارع با شکل بسیار نامنظم، تعداد آبپاشهای مورد نیاز از حداقل تعداد محاسبه شده بیشتر می باشد و تجهیزات اضافی برای آبیاری قسمتهای نامنظم مزرعه مورد نیاز خواهند بود. در مزارعی که منطقه طراحی به چند قسمت تقسیم می شود، تعداد آبپاشهای مورد نیاز برای هر قسمت باید بطور مجزا محاسبه شوند.

تعداد استقرارها (محل قرار گرفتن لاترالها)

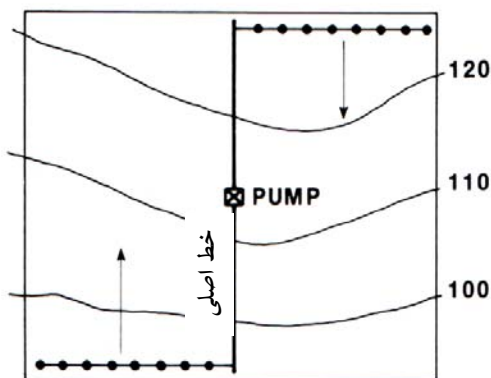
حداکثر تعداد مکانهای استقرار که یک سیستم با جابجایی متناوب قادر به جوابگویی آن باشد، بستگی به تعداد جابجایی سیستم در طول یک روز و تعداد روزهای کاری برای تکمیل یک دور آبیاری در دوره حداکثر مصرف، f ، دارد. تعداد مکانهای مورد نیاز استقرار برای هر لاترال نباید از این دو فاکتور تجاوز کند. اگر آرایش سیستم اجازه استفاده از حداقل تعداد آبپاشهای در حال کار را می دهد، تعداد استقرارهای مورد نیاز برای هر لاترال از این مقدار تجاوز نخواهد کرد:

$$f \times (\text{روز} / \text{تعداد جابجایی})$$

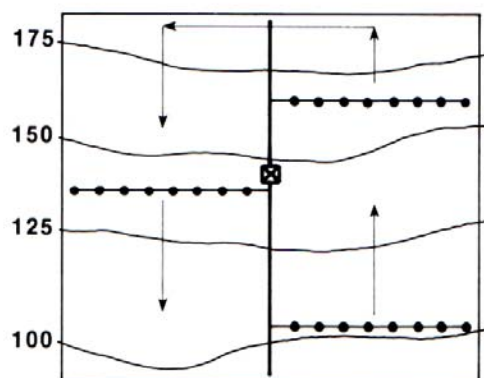
قسمتهای طویل، باریک و یا نامنظم از مزرعه احتمالاً نیاز به استقرارهای اضافی دارند. بنابراین اگر این قسمت های باید در طول دوره مجاز آبیاری شوند، تجهیزات بیشتری مورد نیاز خواهد بود.

تأثیر توپوگرافی

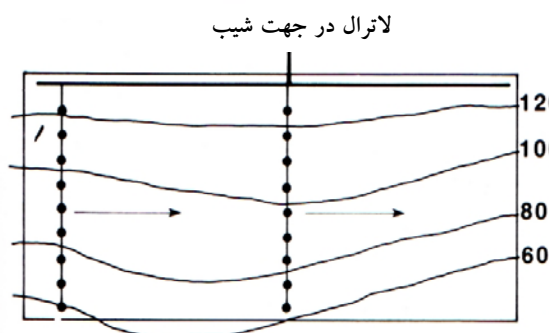
برای ایجاد یک طرح موفق، محصول، خاک و مشخصات آبپاش که در فصول قبلی تشریح گردیدند باید در یک سیستم به نحوی تلفیق شوند که سازگاری لازم را با شکل و توپوگرافی مزرعه داشته باشد. طرح هایی که در شکل ۷,۱ نشان داده شده اند، می توانند برای هماهنگ کردن سیستم با توپوگرافی مزرعه مورد استفاده قرار گیرند. برای دستیابی به یکنواختی توزیع مناسب در طول لاترال، قطر لوله، طول و جهت آن باید طوری انتخاب شود که کمترین تغییرات در دبی بین آبپاشها ایجاد شود. معمولاً تغییر در میزان دبی آبپاشها نباید از ۱۰ درصد تجاوز کند مگر اینکه این موضوع از نظر اقتصادی قابل توجیه باشد. بنابراین، یا باید از تنظیم کننده های فشار (یا تنظیم کننده های جریان) برای هر آبپاش یا لاترال استفاده شود و یا اندازه لوله ها به نحوی انتخاب گردد که تغییر در فشار کارکرد آبپاش ها در طول لاترال، به دلیل تلفات اصطکاکی و تفاوت ارتفاع، از ۲۰ درصد فشار کارکرد طراحی شده برای هر آبپاش، P_a ، تجاوز نکند.



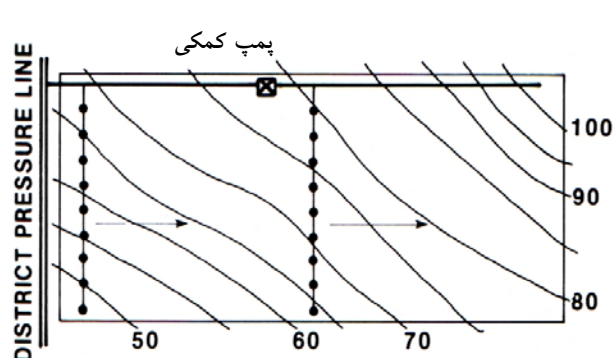
۲ / شیب ملایم و یکنواخت و منبع آب در مرکز زمین.



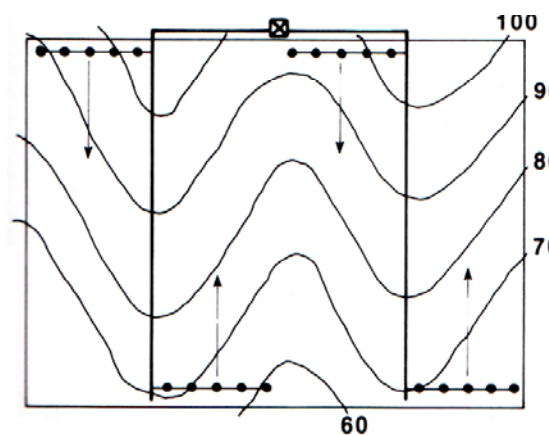
۱ / تعداد لاترالهای فرد برای ایجاد امکان استفاده از تعداد مورد نیاز آبیاش.



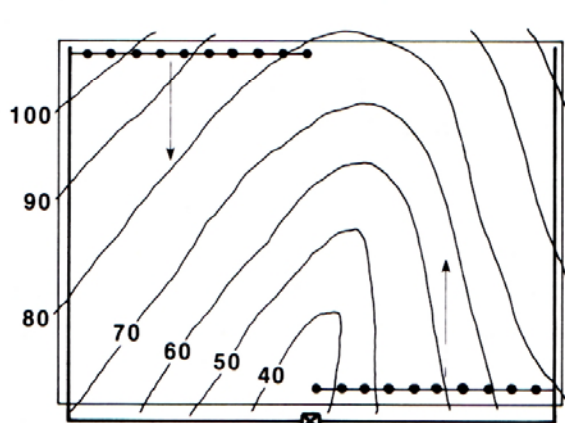
۴ / آرایش لاترالها با استفاده از فشار ثقلی و قتیکه ایجاد فشار ناشی از اختلاف ارتفاع تقریباً برابر با تلفات اصطکاکی بوده و می توانیم لاترالها را در جهت شیب قرار دهیم.



۳ / آرایش لاترالها در جاییکه لاترالها باید در جهت شیب قرار گیرند تا از تغییرات غیرمجاز فشار ناشی از تغییر ارتفاع اجتناب گردد.



۶ / آرایش لاترالها با استفاده از خط اصلی در خط الرأس های زمین برای اجتناب از قرار دادن لاترالها در خلاف جهت شیب.



۵ / آرایش لاترالها با استفاده از انشعابات خط اصلی برای اجتناب از قرار دادن لاترالها در خلاف جهت شیب.

شکل ۷، ۱ / آرایش لاترالها برای سیستم های آبیاری بارانی با جابجایی متناوب تحت شرایط توپوگرافی مختلف.

برای تامین این معیار ، معمولاً ترجیح داده می شود که لاترالها بر روی خطوط کنتور یا عمود بر شیب زمین قرار داده شوند (شکل ۷، ۱ ، A ، B و C را ببینید) . بنابراین برای دبی متوسط و مشخص آبیاشها ، q_a ، و قطر لوله معین ، طول لاترال محدود به طولی است که افت اصطکاک برابر با ۲۰ درصد از فشار متوسط کارکرد آبیاشهاست . می بایست از قرار دادن لاترالها در جهت سربالایی خودداری شود . این گونه لاترالها با قطر لوله مشخص و دبی ثابت ، q_a ، می توانند حداکثر دارای طولی باشند که در آن طول ، افت ناشی از اصطکاک برابر با ۲۰ درصد فشار کارکرد متوسط

آپاشها منهای تغییرات فشار استاتیک ناشی از اختلاف ارتفاع می باشد. برای مثال، اگر فشار استاتیک ناشی از اختلاف ارتفاع بین آنها و ابتدای لاترال ۱۲ درصد از فشار کارکرد متوسط آپاشها باشد، بنابراین طول خط آنقدر محدود می گردد که افت اصطکاک در کل آن از ۸ درصد فشار کارکرد آپاشها تجاوز نکند. به همین دلیل، زمانیکه مجبور به استفاده از آپاشها در جهت خلاف شیب (سربالایی) هستیم، می بایست طول آنها را کوتاه تر انتخاب کنیم. مگر اینکه تنظیم کننده های فشار یا جریان به منظور جبران اختلاف ارتفاع در سیستم نصب شده باشند.

نصب لاترالها در جهت شیب معمولاً دارای مزایای مشخصی می باشد (به شرطی که شیب ثابت و نه چندان شدید باشد، شکل ۱، ۷، D، E و F را ببینید). در این شرایط اختلاف ارتفاع بین دو انتهای لاترال منجر به افزایش فشار در طول لاترال می گردد. بنابراین، لاترالی که در سرازیری نصب می شوند می تواند نسبت به لاترالهای مشابه که در زمین بدون شیب نصب شده اند، طول بیشتری داشته باشند.

درجائیکه شیب زمین در طول لاترال حدوداً برابر است با تلفات اصطکاک (گردان اصطکاکی)، فشار در طول لاترال تقریباً ثابت باقی می ماند. زمانیکه شیب زمین در طول لاترال افزایش می یابد، شاید شیرهای کنترل میانی مورد نیاز باشند. این شیرها به این منظور لازمند که از تجمع فشار اضافی در لاترالها و افزایش اختلاف فشار به بیش از ۲۰ درصد فشار کارکرد آپاشها جلوگیری شود.

خطوط کنتور و تراسها

عملیات زراعی و جهت ردیفهای کشت معمولاً در آرایش لاترالها تأثیر می گذارند. استفاده از آبیاری بارانی در مورد گیاهان ردیفی که بر روی خطوط کنتور کشت شده اند می تواند تنها با سیستم های متحرک دستی یا سیستم های ثابت انجام پذیرد. خطوط کنتور غیرموازی باعث ایجاد مشکلات ویژه ای می شوند، مثل ایجاد مشکل در حرکت و نصب لاترالها، که دستیابی به پوشش گیاهی یکنواخت را مشکل می سازد. مگر اینکه آپاشهای شلنگی (hose-fed) مورد استفاده قرار گیرند (شکل A ۴,۸ را ببینید).

زمانیکه زمینهای شیبدار تراسبندی می شوند و یا زمانیکه شیب زمین یکنواخت نباشد، خطوط لاترال که بین ردیفهای کشت محصول قرار داده شده اند موازی نخواهند بود. بنابراین، فاصله بین لاترالها بین دو خط مجاور یکسان نمی باشد. این تغییر، تأثیر نامطلوبی در یکنواختی توزیع و راندمان استفاده از آب دارد.

ملاحظات دیگر

لاترالهای متحرک دستی به منظور تسهیل در عملیات آبیاری، لازم است تا در طول خود به ۱ یا ۲ قطر لوله محدود باشند (لوله های تلسکوپی). اخیراً ترجیح داده می شود که لاترالها تنها دارای یک اندازه باشند.

بهتر است که خطوط لاترال نسب به مسیر باد دارای زاویه قائم باشند (اگر عملی است). همچنین اگر آب دارای بیش از ۱۰۰۰ ppm املاح است، بهتر است که لاترالها در مسیر باد حرکت داده شوند. با این کار، نمکهای که در اثر بادبردگی بر روی محصول باقی مانده اند، از روی آن شسته می شوند.

در بسیاری از موارد، لاترالها در یک محدوده طراحی حفظ می شوند و از یک مزرعه به مزرعه دیگر منتقل نمی گردند. در این موارد، بهتر است لاترالها باتوجه به جهت خط اصلی قرار گیرند تا بتوانند بدور آن خط بچرخند (برای آبیاری مزرعه دوم). به این وسیله، کشیدن لوله های لاترال به نقطه شروع عملیات آبیاری برای آبیاری های بعدی کمتر خواهد شد. (شکل ۷,۱ A، B و E را ببینید).

آرایش لوله اصلی و ایستگاه پمپاژ

اشکال ۷,۱ و ۷,۲ صورتهای مختلفی از آرایش لوله اصلی و ایستگاه پمپاژ را نمایش می دهد.

آرایش لوله اصلی

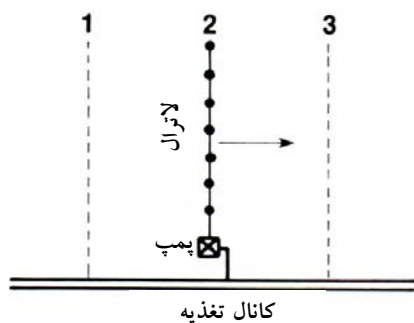
لوله های اصلی یا نیمه اصلی معمولاً در جهت شیب اصلی زمین قرار داده می شوند. جاییکه لاترالها در جهت شیب اصلی و در سرازیری قرار داشته باشند، معمولاً لوله اصلی در طول نقاط مرتفع زمین قرار گرفته، لاترالها از دو سمت آن در جهت شیب قرار داده می شوند (شکل ۷,۱ E).

اگر امکان داشته باشد، بهتر است خطوط اصلی به نحوی قرار گیرند که لاترالها بتوانند در یک الگوی انشعابی بدور آنها بچرخند. (شکل ۷,۲ B، C، D). این امر نه تنها باعث کاهش نیروی کار لازم می گردد، بلکه تلفات اصطکاکی را نیز در لوله های اصلی به حداقل کاهش می دهد. درضمن باید توجه شود که عملیات کشاورزی همواره اجازه نصب خطوط اصلی انشعابی را نمی دهد. به عنوان مثال، دروی تنباکو در دوره ای چند هفته ای در حالی صورت می گیرد که هنوز عملیات آبیاری در حال اجراست. اغلب آب در بخشی از مزرعه و فوراً پس از برداشت برگهای رسیده اعمال می شود. با اینحال، اغلب کشاورزان ترجیح می دهند که برداشت را در چند بخش از مزرعه بطور همزمان انجام دهند و این کار در مسیر حرکت لاترالها در سیستم خطوط انشعابی صورت می گیرد. شرایط مشابهی نیز برای برداشت محصولات علوفه ای وجود دارد.

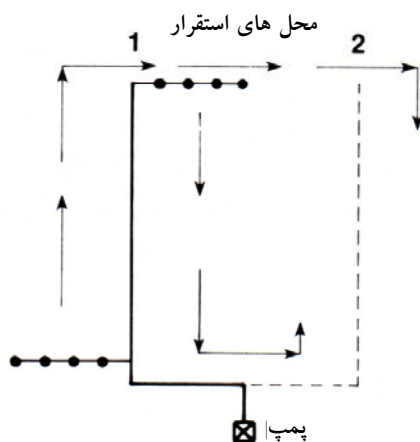
منبع آب و ایستگاه پمپاژ

تا جایی که امکان داشته باشد، منبع آب باید نزدیک به مرکز زمین مورد نظر قرار گیرد. با اینکار هزینه لازم برای خطوط اصلی و پمپاژ به حداقل می رسد. با این وجود، انتخاب مکان منبع آب معمولاً تنها زمانی امکان دارد که منبع آب، یک چاه باشد. در زمینهای شیبدار، بهتر است که چاه در بالادست زمین قرار گیرد (شکل ۷,۱ B). در این شرایط، توازن فشار بین بالادست و پایین دست برقرار شده و اندازه لوله ها کاهش می یابد.

محل های استقرار

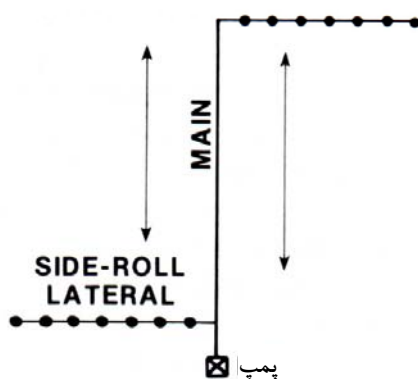


۱ / سیستم آبیاری بارانی کاملاً قابل حمل با ایستگاه پمپاژ متحرک.

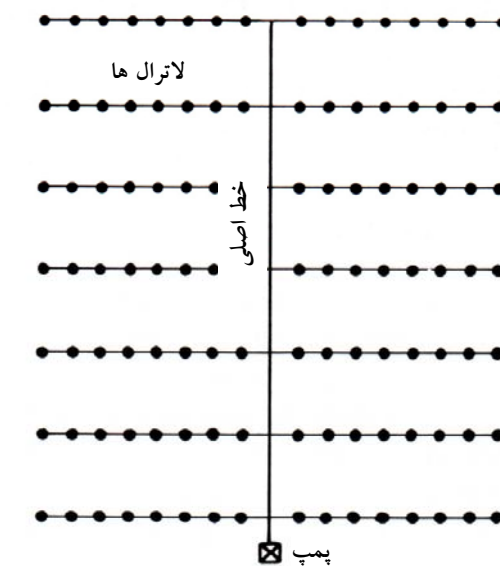


۲ / خطوط اصلی و نیمه اصلی مدفون و لاترالهای قابل حمل.

۳ / لاترالها و خطوط اصلی قابل حمل و ایستگاه پمپاژ ثابت.



۴ / خطوط اصلی مدفون و لاترالهای ثابت.



۵ / لاترالهای قابل حمل ، خط اصلی مدفون و ایستگاه پمپاژ ثابت.

شکل ۷،۲ / آرایش خطوط اصلی و ایستگاه پمپاژ در یک سیستم بارانی با جابجایی متناوب.

در مزارعی که منبع آب سطحی مورد استفاده قرار دارد ، انعطاف پذیری در تعیین موقعیت منبع آب محدود است . با اینحال ، ایستگاه پمپاژ می بایست تا جایی که امکان دارد در مرکز مزرعه طرح قرار داشته باشد (شکل a ۷،۱ و D ۷،۲ را ببینید) . شکل ۶،۱ این شرایط را برای جایی که انتخاب محل ایستگاه پمپاژ بین نقطه A و F صورت گرفته است نشان می دهد . اما مرکزی ترین نقطه برای نصب ایستگاه پمپاژ ، نقطه A است که باعث به حداقل رساندن هزینه لوله اصلی می گردد .

در زمینهای مسطح یا کم شیب که آب مورد نیاز آبیاری از انهار سطحی تأمین می گردد ، به شرطی که آب از نهر به مرکز مزرعه انتقال یابد ، هزینه لوله اصلی کاهش می یابد . با این وجود ، این نهر ، مانعی بر سر سایر عملیات زراعی تلقی می گردد . در زمینهای شیبدار ، منبع آب ممکن است به قدری بالاتر از مزرعه قرار داشته باشد که فشار مورد نیاز برای انتقال آب از طریق نیروی ثقل تأمین شود . در چنین شرایطی ، به شرطی که خطوط انتقال از مرکز مرز بالایی زمین وارد مزرعه شوند ، نسبت به شرایط دیگر ، هزینه های سیستم در پایین ترین حد قرار خواهد داشت .

بهرتر است در جاهایی که بخش کوچکی از مزرعه نیازمند فشار بالایی باشد ، استفاده از پمپ های بوستر (پمپ هایی که بطور موضعی فشار را افزایش می دهند) مد نظر قرار می گیرد . در این شرایط ، پمپ بوستر ، نیاز به ایجاد فشار بیشتر در لوله اصلی برای تأمین فشار این ناحیه را مرتفع می سازد . پمپ های بوستر ، همچنین ممکن است در جاییکه فشار استاتیک به قدری بالاست که استفاده از دو پمپ به جای یک پمپ اقتصادی تر به نظر می رسد نیز توصیه شوند . در هر دو شرایط ، تحلیل دقیق اندازه لوله ها و هزینه های پمپاژ باید صورت پذیرد . با کاهش فشار در نزدیکی ایستگاه پمپاژ اصلی ، لوله های کوچکتر و ارزاتر برای رفع نیاز سیستم کافی خواهند بود .

تغییرات برای تطبیق با آرایش سیستم

اشکال ۱،۲ و ۱،۳ رابطه بین مقاطع مختلف فرآیند طراحی را نشان می دهند . بعد از تکمیل آرایش اولیه لاترالها و خطوط اصلی ، اغلب لازم است که یک یا چند عدد از متغیرهای زیر تغییر داده شوند :

تعداد آبپاشهای در حال کار ، N_n .

شدت پاشش ، I .

عمق ناخالص در هر آبیاری ، d .

دبی متوسط آبپاشها ، q_a .

فاصله بین آبپاشها ، S_e و S_l .

زمان واقعی کاری در هر روز ، T .

دور آبیاری ، f .

کل زمان در اختیار برای هر آبیاری ، fT .

کل ظرفیت سیستم ، Q_s .

طراحان با تجربه می توانند در طول فرآیند آرایش سیستم ، این تغییرات را پیش بینی کنند . در مزارع مستطیل شکل ، آرایش سیستم در اوایل فرآیند طراحی تکمیل می شود و مراحل بعدی بر مبنای این آرایش ، صورت می پذیرند .

شدت پاشش

شدت پاشش این امکان را دارد که به منظور تأمین عمق ناخالص آبیاری ، d ، تغییر کند . این تغییرات ، محدود به حداکثر شدت پاشش مجاز (جدول ۵،۴) می باشد که توسط سرعت نفوذ آب در خاک و حداقل شدت پاشش عملی برای طرح کنترل می شود .

از آنجایی که دبی آبپاش تابعی از شدت پاشش و فاصله بین آبپاشهاست ، دبی آبپاشها می تواند تنها به میزانی تغییر کند که شدت پاشش ، فاصله بین آبپاشها و یا هردوی آنها می توانند برای تأمین عمق ناخالص آبیاری تغییر کنند . با اینحال ، d ، یا عمق ناخالص آبیاری و دور آبیاری نیز می تواند به شرطی که تغییرات بیشتری مورد نیاز باشد ، تغییر داده شوند . فاصله بین آبپاشها نیز به منظور دستیابی به شدت پاشش مشخص قابل تغییر می باشد . تغییر در این فاصله ، یعنی تغییر در S_e یا S_l ، می تواند به اندازه ضرائبی از ۳ متر باشد تا به این ترتیب ، تعداد آبپاشهای در حال کار در طول ثابتی از لاترال و یا تعداد استقرار لاترالها را در کل مزرعه تغییر دهد .

تغییر عمده در شدت پاشش به منظور دستیابی به آرایش مناسب باید با تغییر در کل زمان موجود برای آبیاری جبران شود تا مقدار عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز تأمین گردد .

ظرفیت سیستم

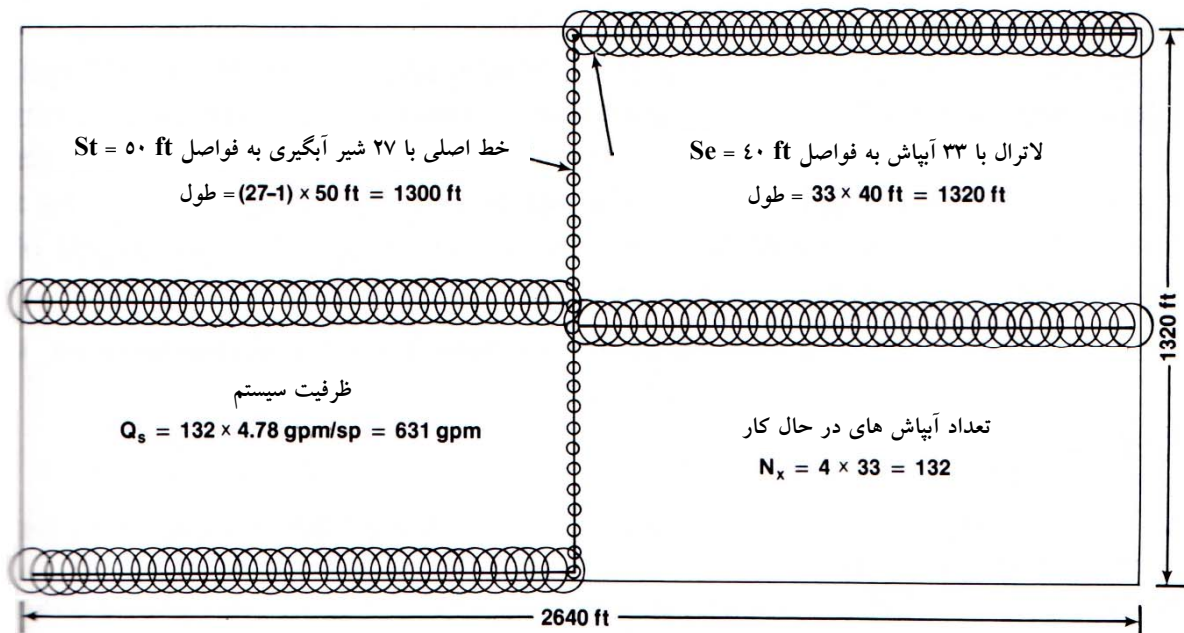
قبل از اینکه آرایش سیستم تعیین شود ، T و f برای محاسبه Q در رابطه ۵,۴ فرض می شوند . اگر کل زمان موجود برای آبیاری ، fT ، افزایش یابد ، Q به نسبت آن ، کاهش می یابد . با اینحال ، f مشخصاً نمی تواند از حداکثر دور آبیاری ، f' ، که برای محاسبه d استفاده شده است تجاوز کند . ظرفیت واقعی سیستم نتیجه حداکثر تعداد آبپاشهای در حال کار ، N_x ، و q_a می باشد . با بازنویسی رابطه ۷,۱ a و جایگزینی تعداد آبپاشهای در حال کار ، N_n ، با N_x :

$$Q_s = N_x \times q_a \quad (7,1 \text{ b})$$

بنابراین ، تغییر نهایی به منظور محاسبه ظرفیت کل سیستم نیاز است تا حداکثر نیاز آبی گیاه تأمین گردد . مثال ۷,۱ مسئله تغییر و تعدیل ظرفیت سیستم برای برآورد نیازهای موجود در زمان آرایش سیستم را نشان می دهد .

مثال ۷,۱: محاسبه ظرفیت سیستم و تغییر شرایط کاری برای برآورد تطبیق با آرایش سیستم .

اطلاعات : مزرعه ۸۰ ایکری سیب زمینی با ابعاد ۱۳۲۰×۲۶۴۰ فوت . (شکل ۷,۳) .



شکل ۷،۳ / آرایش سیستم آبیاری بارانی در زمینی به مساحت ۸۰ Acre و فواصل آبپاشها ۴۰ در ۵۰ فوت.

اطلاعات از شکل ۶،۹ برای سیب زمینی و از مثال ۶،۴ که $d = 7/2 \text{ in}$ ، $q_a = 4/78 \text{ gpm}$ ، دور آبیاری در طول دوره حداکثر مصرف ۸ روز ، دو استقرار ۱۱/۵ ساعته در هرروز ، فاصله آبپاشها ۴۰ در ۵۰ فوت .

محاسبات آرایش سیستم : محاسبه ظرفیت اولیه سیستم از رابطه ۵،۴ :

$$Q_s = \frac{453Ad}{fT} = \frac{453 \times 80 \times 2.7}{8 \times 2 \times 11.5} = 532 \text{ gpm}$$

محاسبه حداقل تعداد آبپاشهای در حال کار ، از رابطه ۷،۱ a :

$$N_n = \frac{Q_s}{q_a} = \frac{532}{4.78} = 111 \text{ Sprinklers}$$

تعیین آرایش سیستم با یک خط اصلی به طول ۱۳۲۰ فوت که از مرکز مزرعه می گذرد ، لاترالها به طول ۱۳۲۰ فوت در دو طرف لوله اصلی .

با $Se = 40 \text{ ft}$ ، تعداد آبپاشها در هر لاترال :

$$\frac{1320}{40} = 33 \text{ Sprinklers per Lateral}$$

حداقل تعداد کل لاترالهای مورد نیاز ،

$$\frac{111}{33} = 3.4 = 4 \text{ Laterals}$$

تعداد محلهای استقرار لاترالها در هر سمت لوله اصلی با در نظر گرفتن $Sl = 50 \text{ ft}$:

$$\frac{1320}{50} = 26.4 = 27 \text{ Positions}$$

که در نهایت تعداد کل استقرارها در دو سوی لوله اصلی برابر با ۵۴ عدد خواهد بود .

تعداد متوسط استقرارها برای هر یک از ۴ لاترال در حال کار :

$$\frac{54}{4} = 13.5 \text{ Settings per Lateral}$$

بنابراین دو تا از لاترالها دارای ۱۴ استقرار و دوتای دیگر دارای ۱۳ استقرار خواهند بود تا یک دور آبیاری به اتمام برسد .
زمان مورد نیاز برای تکمیل یک آبیاری با دو استقرار در هر روز :

$$f = \frac{14}{2} = 7 \text{ days}$$

محاسبات برای تعدیل نهایی : با استفاده از ۴ لاترال در حال کار ، حداکثر تعداد آبپاشهای در حال کار خواهد بود :

$$N_x = 4 \times 33 = 132 \text{ Sprinklers}$$

ظرفیت واقعی سیستم نیز از رابطه $b, 1, 7$ محاسبه می شود :

$$Q_s = N_x \times q_a = 132 \times 4.78 = 631 \text{ gpm}$$

این مقدار بیش از ظرفیت اولیه محاسبه شده می باشد که بر اساس دور آبیاری ۸ روز محاسبه شده است . ظرفیت نهایی سیستم می تواند برای نزدیک تر بودن به مقدار اولیه $Q = 532 \text{ gpm}$ با در نظر گرفتن $d = 2/4 \text{ in}$ ، یا کاهش دور آبیاری به ۷ روز کاهش یابد . این کار نیاز به تغییر در دبی آبپاشها به حدود $4/25$ گالن در دقیقه (بسته به راندمان کاربرد ، E_q) دارد . با این وجود ، تصمیم بر آن گرفته شد که دور آبیاری همان ۸ روز باقی بماند تا حاشیه امنیتی از حیث کافی بودن ظرفیت منبع آب ایجاد کند . علاوه بر این ، صرفه جویی در هزینه های سیستم به دلیل کاهش شدت پاشش بیش از افزایش هزینه نیروی کارگری به دلیل دور آبیاری کوچکتر (آبیاری با تواتر بیشتر) خواهد بود .

۸- هیدرولیک و برآورد اقتصادی لوله ها

این بخش شامل اطلاعاتی در مورد هیدرولیک لوله های موجود در سیستم های آبیاری (بارانی و قطره ای) می باشد . رابطه اقتصادی بین اصطکاک در لوله ها و هزینه سرمایه گذاری اولیه و سیستم پمپاژ به عنوان اساس انتخاب قطر لوله ها مطرح شده است .

رابطه بین فشار و دبی

برای آب ساکن ، فشار در هر نقطه از ظرف ناشی از وزن مخصوص آب در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و ارتفاع آب بالای آن نقطه است . ارتفاع آب در ستونی بالای هر نقطه ، بار آبی (Head) نامیده می شود . بار آبی و فشار در واقع بیان متفاوتی از یک چیز هستند . فشار معمولاً بر حسب کیلوپاسکال (KPa) بیان می شود و بار آبی بر حسب متر آب . هر کیلوپاسکال فشار برابر است با ۰/۱۰۲ متر آب (هر psi فشار برابر است با ۲/۳۱ فوت ارتفاع آب) . به عبارت دیگر ، هر متر (هر فوت) ارتفاع آب برابر است با فشار ۹/۸ کیلوپاسکال (۰/۴۳۳ psi) .

در یک سیستم آبیاری ، بار آبی در هر جزء ثابت است . در هر نقطه از این سیستم ، قواعد زیر صادق است :

- بار آبی استاتیک ، H_{es} ، در هر نقطه برابر است با اختلاف ارتفاع ، ΔE ، بین نقطه ای با بیشترین دبی در سیستم و نقطه مورد نظر .
- بار فشار ، H ، برابر است با فشار در هر نقطه ، P ، تقسیم بر وزن مخصوص آب .
- بار سرعت در هر نقطه عبارت است از ارتفاع آب مورد نیاز برای سرعت بخشیدن به آب از سرعت صفر تا سرعت آب در نقطه مورد نیاز . بطور عددی برابر است با $V^2 / 2g$ که V سرعت بر حسب m/s ، g شتاب جاذبه برابر m/s^2 ۹/۸۱ ($32/2 ft/s^2$) .
- بار اصطکاک ، h_f ، انرژی مورد نیاز برای جریان دادن آب بین دو نقطه با ارتفاع یکسان است که به صورت ارتفاع آب (متر) بیان می شود .
- ارتفاع بالاتر از نقطه مبنا ، E_l ، فاصله نقطه مورد نظر در سیستم آبیاری بالاتر از نقطه مبنا دلخواه می باشد . بطور قراردادی ، ارتفاع بالاتر از نقطه مبنا ، مثبت ، و در پایین آن منفی در نظر گرفته می شود .

بار آبی یا فشار استاتیک

کل بار آبی استاتیک سیستم عبارت است از فاصله عمودی ، E_l ، که آب باید بین منبع آب و بالاترین نقطه سیستم ، به سمت بالا یا پایین طی کند . از آنجایی که بار آبی استاتیک برابر است با اختلاف ارتفاع ، پس زمانی که آب بالا می رود ، مثبت ، و زمانی که آب پایین می آید منفی خواهد بود .

فشار یا بار آبی استاتیک در لاترالها در فرآیند طراحی به منظور تعیین فشار ورودی به لاترال ، P_l ، و یا بار آبی ورودی به لاترال ، H_l ، به نحوی که سیستم به درستی کار کند تعیین می شود . (طراحی خطوط لاترال در فصل ۹ بطور کامل مورد بحث قرار خواهد گرفت) . بنابراین ، اختلاف ارتفاع بین پمپ و بالاترین یا پایین ترین شیر آبگیر (هیدرانت) که لاترال

مورد نظر را از لوله اصلی یا نیمه اصلی تغذیه میکند، منجر به محاسبه حداکثر و حداقل بار آبی استاتیک در لوله اصلی می گردد. در ضمن این پارامتر در محاسبه کل بار دینامیک پمپ برای حداکثر و حداقل شرایط کارکرد سیستم نیز دخیل است.

بار سرعت

سرعت جریان آب در سیستم آبیاری بارانی کمتر از ۲/۵ متر در ثانیه تجاوز می کند. بنابراین، بار سرعت نیز کمتر از ۰/۳ متر تجاوز کرده و ممکن است بجز در محاسبه مکش مورد نیاز در پمپهای سانتریفیوژ (گریز از مرکز)، نادیده گرفته شود.

محاسبه افت اصطکاک در لوله ها

رابطه ای که بیش از دیگر روابط در محاسبه تلفات اصطکاکی در سیستم های قطره ای و بارانی مورد استفاده قرار می گیرد، رابطه هیزن - ویلیامز می باشد.

$$J = \frac{h_f}{L/100} = K \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} D^{-4.871} \quad (۸,۱)$$

J: گرادیان افت فشار یا افت بار (m/100m)

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک $10^{12} \times 1/212$ و برای سیستم انگلیسی ۱۰۵۰.

h_f : افت بار در اثر اصطکاک (m)

L: طول لوله (m)

Q: شدت جریان در لوله (L/s یا)

C: ثابت اصطکاکی، که تابعی از خواص مواد تشکیل دهنده لوله می باشد.

D: قطر لوله (m)

مقادیر معمول برای پارامتر C در رابطه هیزن - ویلیامز در جدول زیر آورده شده است:

مواد سازنده لوله	C
پلاستیک	150
فولاد با لعاب اپوکسی	145
سیمان آریست	140
فولاد گالوانیزه	135
آلومینیوم (با اتصال دهنده ها در فواصل ۳۰ فوت)	130
فولاد (نو)	130
فولاد (با بیش از ۱۵ سال عمر) یا بتن	100

رابطه هیزن - ویلیامز در مطالعه سیستم توزیع آب که لوله ها ۷۵ میلیمتری و بزرگتر و دبی نیز بیش از ۳/۲ لیتر در ثانیه بوده، ایجاد شده است. در این شرایط، عدد رینولدز جریان بیش از 5×10^4 می باشد و رابطه هیزن - ویلیامز، مقادیر افت اصطکاکی را بخوبی تخمین می زند. با اینحال، در قطرهای کوچکتر و لوله های نازکتر (با جداره باریکتر) که در

آبیاری قطره ای مورد استفاده قرار می گیرند ، رابطه هیزن - ویلیامز با $C = 150$ مقدار تلفات اصطکاکی را کمتر از مقدار واقعی تخمین می زند . این مسئله در شکل ۸,۱ نشان داده شده است . این شکل ، نتایج آزمایشی با لوله های ۱۳ میلیمتری صاف که بر دیاگرام مودی (Moody) منطبق شده اند را نشان می دهد . عدد رینولدز ، R_y ، برای آب در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد که در لوله ای جریان دارد ، عبارت خواهد بود از :

$$R_y = K \frac{Q}{D} \quad (۸,۲)$$

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک برابر $۱/۳ \times ۱۰^6$ و برای سیستم انگلیسی ۳۲۱۴ می باشد .
دیاگرام مودی رابطه بین زبری نسبی لوله ، e/D ، و فاکتور اصطکاکی ، F_f ، را برای مقادیر مختلف عدد رینولدز نشان می دهد . فاکتور اصطکاکی ، وابسته به افت بار در لوله ، h_f ، می باشد که بوسیله رابطه داری - ویزباخ محاسبه می شود .

$$h_f = F_f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (۸,۳)$$

F_f : فاکتور اصطکاکی در رابطه داری - ویزباخ

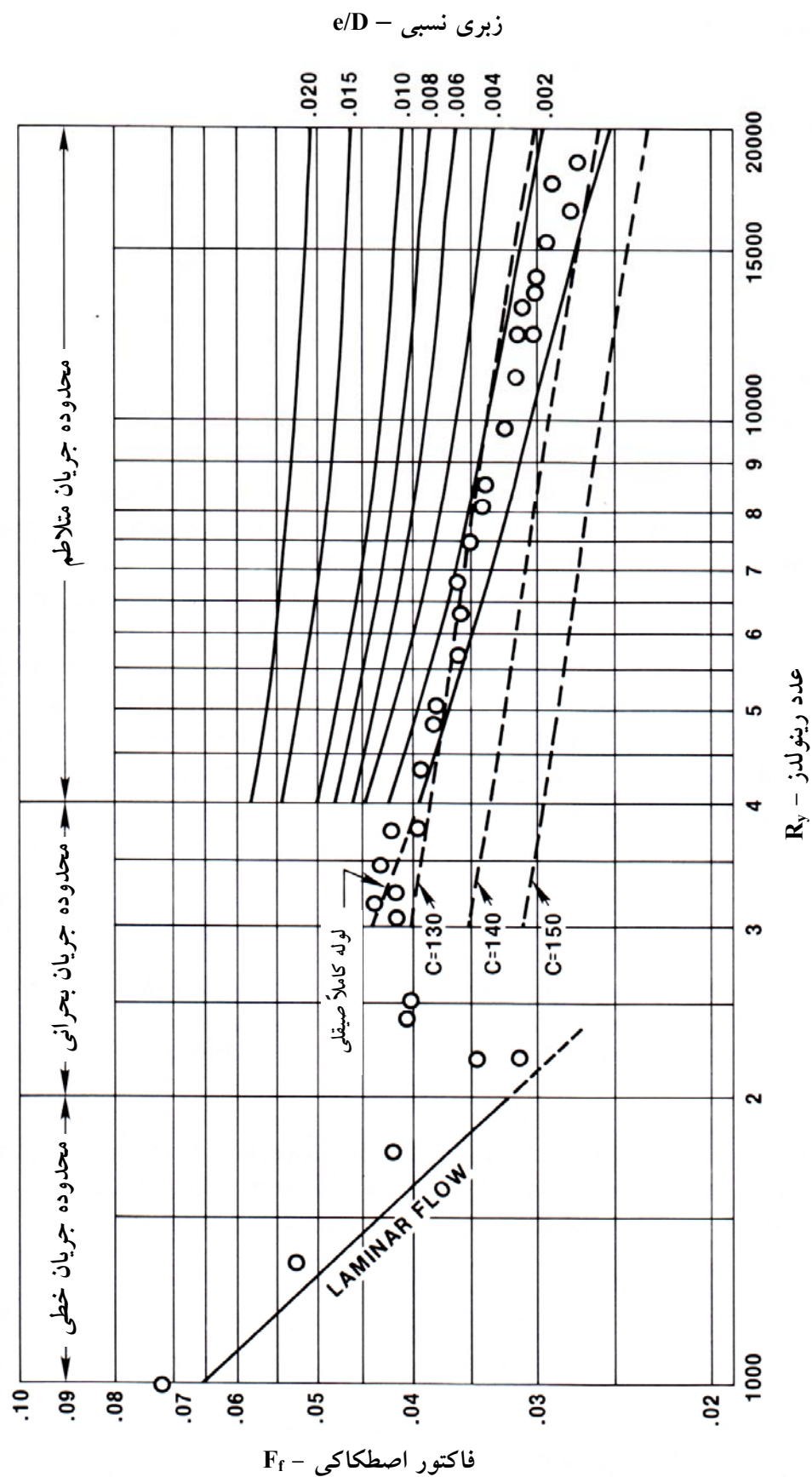
V ، سرعت جریان در لوله (m/s)

g : شتاب جاذبه ، ۹/۸۱ m/s

D : قطر داخلی لوله (m)

لوله های صاف (Smooth pipes) حد نهایی زبری در دیاگرام مودی را تشکیل می دهند . در برابر آن ، مقادیر معادل فاکتور اصطکاکی نیز برای مقادیر ۱۳۰ ، ۱۴۰ و ۱۵۰ از پارامتر C (رابطه هیزن - ویلیامز) نیز در شکل ۸,۱ مشخص شده است . موقعیت خطوطی که مقادیر C را نمایش می دهند ، بخوبی حاکی از تناقض موجود در مفهوم " لوله صاف " در این دامنه از اعداد رینولدز است . خطوطی که دارای $C = 150$ هستند ، در رابطه هیزن - ویلیامز نماینده لوله های صاف می باشند . اما در شکل ۸,۱ مشخص شده است که این خطوط کاملاً در زیر خطوط مربوط به فاکتور اصطکاکی محاسبه شده از رابطه داری - ویزباخ برای لوله های صاف قرار گرفته اند .

دامنه اعداد رینولدز که در شکل ۸,۱ نشان داده شده است ، برای دبی بین ۰/۰۱ تا ۰/۲ لیتر در ثانیه و لوله های ۱۳ میلیمتری می باشد . داده های مربوط به آزمایشات (داوایر سفید رنگ بر روی منحنی مودی) ، قدری بالاتر از نمودار مودی مربوط به لوله صاف قرار گرفته اند (نزدیک به مقدار $C = 130$ واقع شده اند) . توجه کنید که نقاط آزمایشی ، ظاهراً از خطوط دیاگرام مودی که از رابطه ۸,۳ (و نه از خطوط مربوط به مقادیر ثابت C) ایجاد شده اند ، پیروی می کنند . این مشاهدات قویاً مؤید این موضوع است که رابطه داری - ویزباخ مقادیر تلفات اصطکاکی را در لوله هایی با قطر کوچک ، بهتر از رابطه هیزن - ویلیامز محاسبه می کند .



شکل ۸،۱ / فاکتور اصطكاکی، F_f ، برای لوله های آبیاری ۱۳ میلیمتری. خط منقطع فاکتور اصطكاکی هیزن ویلیامز و خط ممتد فاکتور اصطكاکی داریسی-ویزباخ در اعداد رینولدز کوچک.

فاکتور اصطکاکی برای جریان در لوله های صاف توسط روابط کلاسیک زیر محاسبه می شود :

برای جریان خطی که $R_y < 2000$:

$$F_f = \frac{64}{R_y} \quad (8, \text{a})$$

برای جریان متلاطم که $R_y \geq 2000$:

$$\frac{1}{(F_f)^{0.5}} = -0.08 + 2 \log R_y (F_f)^{0.5} \quad (8, \text{b})$$

رابطه ای نیز توس چرچیل (۱۹۷۷) ارائه شده است که دامنه کاملی از اعداد رینولدز را برای محاسبه فاکتور اصطکاکی در انواع لوله ها در بر می گیرد . این رابطه برای کاربرد در برنامه های کامپیوتری که شامل صفحات گسترده (Spreadsheets) می باشند به کار می آید :

$$F_f = 8 \left[\left(\frac{8}{R_y} \right)^{12} + 1 / (k_1 + k_2)^{1.5} \right]^{1/12} \quad (8, \text{c})$$

$$k_1 = \left[2.547 \ln \left(\frac{1}{(7/R_y)^{0.9} + 0.27(e/D)} \right) \right]^{16}$$

$$K_2 = \left(\frac{37530}{R_y} \right)^{16}$$

رابطه چرچیل به طرزی شگفت انگیز مقادیر فاکتور اصطکاکی را مشابه روابط ۸,۴ بدست می دهد و مشکل ناپیوستگی در ناحیه بحرانی (شکل ۸,۱ را ببینید) را نیز رفع کرده است . مقادیر معمول برای e در رابطه ۸,۵ در جدول زیر گردآوری شده است :

مواد سازنده لوله	e - زبری		قطر لوله (-in.)
	mm	(in.)	
پلاستیک	0.013	0.0005	-
فولاد با پوشش اپوکسی	0.028	0.0011	6 to 8
سیمان آریست یا فولاد با لعاب قیر	0.076	0.003	12
فولاد گالوانیزه	0.102	0.004	6 to 8
آلومینیوم (با اتصال دهنده ها)	0.127	0.005	3 to 6
فولاد ساده (نو)	0.203	0.008	12
فولاد ساده (قدیمی)	1.52	0.06	12

این مقادیر e ، معادل مقادیری از C هستند که در رابطه ۸,۱ برای دامنه ای از اندازه لوله ها و از انواعی که معمولاً در سیستم های آبیاری مزارع مورد استفاده قرار می گیرند استفاده می شوند .

مشخصاً استفاده از رابطه ۸,۴ b ، خسته کننده و وقت گیر است و کاربرد رابطه ۸,۵ نیز تا اندازه ای مشکل است . به همین دلیل برای محاسبات ، رابطه زیر در مورد لوله های صاف برای اعداد رینولدز بین ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ پیشنهاد شده است :

$$F_f = 0.32R_y^{-0.25} \quad (۸,۶)$$

رابطه ۸,۶ به نام رابطه بلیسیوس (Blasius) نامیده شده و برای لوله های پلاستیکی با قطرهای کوچک و شلنگها در مقادیر کوچک عدد رینولدز کاربرد دارد .

روابط ساده و جداول

برای تسهیل محاسبات ، روابط ۸,۲ ، ۸,۳ و ۸,۶ می توانند ترکیب شوند . این موضوع منجر به رابطه ساده ای شده است که توسط Watters and keller در سال ۱۹۷۸ برای لوله های پلاستیکی صاف و شلنگهای کوچکتر از ۱۲۵ میلیمتر (۵ اینچ) ارائه شد :

$$J = \frac{100h_f}{L} = K \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \quad (۸,۷ a)$$

K: ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک $7/89 \times 10^7$ و برای سیستم انگلیسی $0/133$.
برای لوله های پلاستیکی بزرگتر که قطر آنها بیش از ۱۲۵ میلیمتر می باشد ، گرادیان افت بار اصطکاکی بطور تخمینی از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$J = \frac{100h_f}{L} = K \frac{Q^{1.83}}{D^{4.83}} \quad (۸,۷ b)$$

K: ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک $9/58 \times 10^7$ و برای سیستم انگلیسی $0/1$.
این روابط در کاربرد ، از نظر سهولت ، شبیه به رابطه هیزن - ویلیامز بوده و افت اصطکاکی را در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد در لوله های پلاستیکی صاف ، بهتر از این رابطه تخمین می زنند .
جداول ۸,۱ تا ۸,۶ گرادیان اصطکاکی ، J ، برای یک واحد افت بار در صد متر طول لوله در لوله های آلومینیومی و پلاستیکی را نمایش می دهند . انواع دیگر لوله ها ، مانند لوله های ساخته شده از سیمان آریست نیز در دسترس بوده و برای سیستم های آبیاری بارانی استفاده می شوند . به عنوان یک قاعده کلی ، کارخانجات سازنده لوله جداول مربوط به افت اصطکاک را برای انواع خاصی از لوله ها و کلاسهای مختلف آنها ارائه می دهند . ارائه جداول مربوط به تمامی انواع لوله ها در این کتاب غیرممکن است .

اکثر جداول مربوط به افت اصطکاک برای لوله هایی می باشند که به تازگی مورد استفاده قرار گرفته اند ، مگر اینکه به صراحت غیر از این گفته شود . برای در نظر گرفتن سن لوله ها می توانیم گرادیان افت اصطکاکی را در عدد ثابتی که برای هر نوع لوله مشخص است ضرب کنیم . معمولاً این کار برای افزایش در میزان J برای لوله های پلاستیکی ، آریست و آلومینیومی و یا لوله های استیل گالوانیزه (با پوشش پلاستیکی) صورت نمی گیرد ، مگر اینکه رسوبگذاری مواد معدنی در لوله مورد انتظار باشد . با اینحال ، به دلیل اینکه خوردگی لوله ها به کندی صورت می گیرد ، فرض می شود که گرادیان اصطکاکی برای لوله های استیل بدون پوشش ، بطور خطی ، یعنی هر ۱۵ سال $1/7$ برابر ، افزایش می یابد .

تلفات اصطکاک در لوله های دارای خروجی

جریان آب از درون طولی از لوله با انتهای بسته و قطر مشخص ، باعث ایجاد افت اصطکاکی بیشتری نسبت به جریان در لوله ای با تعدادی خروجی که با فواصل مساوی از هم قرار گرفته اند می شود . دلیل این کاهش در تلفات اصطکاک در لوله های دارای خروجی این است که حجم آب با گذر از هر خروجی ، کاهش می یابد .

روشی که توسط کریستیانسن (۱۹۴۲) برای محاسبه افت فشار یا افت بار در لوله های دارای چندین خروجی ارائه شده ، بطور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد . در این روش ، ابتدا تلفات اصطکاک را برای لوله و بدون در نظر گرفتن خروجی های آن محاسبه کرده و سپس ، در فاکتور F ، که براساس تعداد خروجی ها محاسبه می شود ضرب می کنیم . بنابراین افت بار ، h_f ، در لوله هایی که دارای خروجی های یکنواخت (با فواصل مساوی) می باشد عبارت است از :

$$h_f = J F \frac{L}{100} \quad (۸,۸ a)$$

یا برای محاسبه افت فشار ، P_f ،

$$P_f = K J F \frac{L}{100} \quad (۸,۹ b)$$

P_f : افت فشار ناشی از اصطکاک (KPa)

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک $۹/۸$ و برای سیستم انگلیسی $۰/۴۳۳$.

جدول ۸،۱ / گرادیان اصطکاکی ، J ، متر در هر ۱۰۰ متر (فوت در هر ۱۰۰ فوت) طول لوله

برای مقادیر مختلف شدت جریان در لوله های قابل حمل آلومینیومی

با ضخامت ۱،۲۷ میلیمتر (۰/۰۵۰ in) و اتصالات در فواصل ۹،۱ m (۳۰ ft)

شدت جریان		قطر لوله های آلومینیومی			
L/s	(gpm)	2-in. ²	3-in.	4-in.	5-in.
0.63	10	0.40	0.05		
1.26	20	1.44	0.18		
1.89	30	3.05	0.39		
2.52	40	5.20	0.66		
3.15	50	7.85	1.00		
3.79	60	11.01	1.40	0.33	
4.42	70	14.65	1.87	0.44	
5.05	80	18.76	2.39	0.57	0.19
5.68	90	23.33	2.98	0.70	0.23
6.31	100	28.36	3.62	0.85	0.28
7.57	120		5.07	1.20	0.39
8.83	140		6.74	1.59	0.52
10.1	160		8.64	2.04	0.67
11.4	180		10.74	2.54	0.83
12.6	200		13.06	3.08	1.01
13.9	220		15.58	3.68	1.21
15.1	240		18.30	4.32	1.42
16.4	260		21.22	5.01	1.65
17.1	280		24.35	5.75	1.89
18.9	300			6.54	2.15
20.2	320			7.37	2.42
21.5	340			8.24	2.71
22.7	360			9.16	3.01
24.0	380			10.13	3.33
25.2	400			11.14	3.66
26.5	420			12.19	4.01
27.8	440			13.28	4.37
29.0	460			14.42	4.75
30.3	480			15.61	5.14
31.2	500			16.83	5.54
32.8	520				5.96
34.1	540				6.39
35.3	560				6.83
36.6	580				7.29
37.9	600				7.76

^۱ بر اساس معادله هیزن ویلیامز (رابطه ۸،۱) و مقدار $C = ۱۳۰$.

^۲ قطر خارجی و قطر اسمی.

جدول ۸.۲ / گرادیان اصطکاکی ، J ، متر در هر ۱۰۰ متر (فوت در هر ۱۰۰ فوت) طول لوله
برای مقادیر مختلف شدت جریان در لوله های پلی اتیلن.

شدت جریان		قطر داخلی لوله		شدت جریان		قطر داخلی لوله	
L/min	(gpm)	14.7 mm (0.58 in.)	17.8 mm (0.70 in.)	L/min	(gpm)	14.7 mm (0.58 in.)	17.8 mm (0.70 in.)
0.4	0.1	0.05	0.03	13.6	3.6	15.99	6.54
0.8	0.2	0.11	0.05	14.0	3.7	16.77	6.86
1.1	0.3	0.17	0.08	14.4	3.8	17.53	7.19
1.5	0.4	0.37	0.11	14.8	3.9	18.40	7.53
1.9	0.5	0.53	0.22	15.1	4.0	19.23	7.87
2.3	0.6	0.72	0.30	15.5	4.1	20.09	8.21
2.6	0.7	0.94	0.39	15.9	4.2	20.96	8.57
3.0	0.8	1.18	0.49	16.3	4.3	21.84	8.93
3.4	0.9	1.45	0.60	16.7	4.4	22.74	9.30
3.8	1.0	1.73	0.71	17.0	4.5	23.66	9.57
4.2	1.1	2.04	0.84	17.4	4.6	24.59	10.05
4.5	1.2	2.37	0.98	17.8	4.7	25.54	10.44
4.9	1.3	2.72	1.12	18.2	4.7	26.51	10.83
5.3	1.4	3.09	1.27	18.5	4.9	27.43	11.23
5.7	1.5	3.43	1.43	18.9	5.0	28.49	11.64
6.1	1.6	3.89	1.60	19.3	5.1	29.50	12.05
6.4	1.7	4.32	1.78	19.7	5.2	30.52	12.47
6.8	1.7	4.77	1.96	20.1	5.3	31.57	12.89
7.2	1.9	5.24	2.15	20.4	5.4	32.63	13.32
7.6	2.0	5.73	2.35	20.8	5.5	33.70	13.76
7.9	2.1	6.24	2.56	21.2	5.6	34.79	14.20
8.3	2.2	6.76	2.77	21.6	5.7	35.83	14.65
8.7	2.3	7.31	3.00	22.0	5.8	37.01	15.11
9.1	2.4	7.87	3.23	22.3	5.9	38.15	15.57
9.5	2.5	8.45	3.46	22.7	6.0	39.30	16.04
9.8	2.6	9.05	3.71	23.1	6.1	40.46	16.51
10.2	2.7	9.66	3.96	23.5	6.2	41.64	17.00
10.6	2.8	10.30	4.22	23.8	6.3	42.84	17.43
11.0	2.9	10.95	4.48	24.2	6.4	44.05	17.97
11.4	3.0	11.62	4.76	24.6	6.5	45.27	18.47
11.7	3.1	12.30	5.04	25.0	6.6	46.51	18.98
12.1	3.2	13.01	5.33	25.4	6.7	47.76	19.49
12.5	3.3	13.73	5.62	25.7	6.8	49.03	20.00
12.9	3.4	14.46	5.92	26.1	6.9	50.32	20.53
13.2	3.5	15.22	6.23	26.5	7.0	51.61	21.05

^۱ بر اساس رابطه ۸.۳ و رابطه ۸.۵.

جدول ۸,۳ / گرادیان اصطکاکی ، J ، متر در هر ۱۰۰ متر (فوت در هر ۱۰۰ فوت) طول لوله
برای مقادیر مختلف شدت جریان در لوله های IPS-PVC .

شدت جریان		قطر اسمی و قطر داخلی لوله , mm (in.)					
L/s	(gpm)	1 $\frac{1}{4}$ -in. 38.9 (1.532)	1 $\frac{1}{2}$ -in. 44.6 (1.754)	2-in. 55.4 (2.193)	2 $\frac{1}{2}$ -in. 67.4 (2.655)	3-in. 83.4 (3.284)	4-in. 108.7 (4.280)
0.25	4	0.19	0.10	0.01			
0.38	6	0.39	0.20	0.07	0.03		
0.63	10	0.95	0.50	0.17	0.07	0.03	
0.88	14	1.71	0.90	0.31	0.13	0.05	
1.14	18	2.67	1.40	0.48	0.19	0.07	
1.39	22	3.81	2.00	0.69	0.28	0.10	0.03
1.64	26	5.13	2.69	0.93	0.37	0.14	0.04
1.89	30	6.62 ²	3.46	1.19	0.48	0.17	0.05
2.15	34	8.27	4.33	1.49	0.60	0.22	0.06
2.40	38	10.09	5.28	1.81	0.73	0.26	0.08
2.65	42	12.06 ³	6.31	2.17	0.87	0.32	0.09
2.90	46	14.19	7.42	2.55	1.02	0.37	0.10
3.15	50	16.48	8.62	2.96	2.29	0.43	0.12
3.41	54	18.92	9.89	3.39	1.36	0.49	0.14
3.66	58	21.50	11.24	3.86	1.54	0.56	0.16
4.16	66		14.17	4.86	1.95	0.70	0.20
4.67	74		17.41	5.96	2.39	0.86	0.25
5.17	82			7.17	2.87	1.04	0.30
5.68	90			8.47	3.39	1.22	0.34
6.31	100			10.24	4.09	1.48	0.42
6.94	110			12.16	4.86	1.75	0.49
7.57	120			14.22	5.68	2.05	0.58
8.20	130				6.56	2.37	0.65
8.83	140				7.50	2.70	0.76
9.46	150				8.49	3.06	0.86
10.09	160				9.53	3.44	0.96
10.73	170				10.64	3.83	1.07
11.36	180				11.79	4.25	1.19
11.99	190					4.68	1.31
12.62	200					5.13	1.44
13.88	220					6.10	1.71
15.14	240					7.14	2.00
17.67	280					9.43	2.64
20.19	300						3.36
22.71	360						4.16
25.24	400						5.03

۱ براساس رابطه ۸.۲ و رابطه ۸.۵ .

۲ برای شدت جریان های پایین تر از خط ممند ، سرعت جریان از ۱.۵ متر در ثانیه (۵ فوت در ثانیه) تجاوز می کند .

۳ برای شدت جریان های پایین تر از خط منقطع ، سرعت جریان از ۲.۱ متر در ثانیه (۷ فوت در ثانیه) تجاوز می کند .

جدول ۸,۴ / گرادیان اصطکاکی ، J ، متر در هر ۱۰۰ متر (فوت در هر ۱۰۰ فوت) طول لوله
برای مقادیر مختلف شدت جریان در لوله های قابل حمل آلومینیومی با قطعات ۹ متری.

شدت جریان		in. ² , قطر داخلی و ضخامت جداره لوله های آلومینیومی				
		5-in. ² (0.050) (4.900)	6-in. (0.058) (5.884)	8-in. (0.072) (7.856)	10-in. (0.091) (9.818)	12-in. (0.091) (11.818)
L/s	(gpm)					
6.3	100	0.28	0.12			
9.5	150	0.60	0.24			
12.6	200	1.01	0.42	0.10		
15.8	250	1.53	0.63	0.15		
18.9	300	2.15	0.88	0.22		
22.1	350	2.86	1.17	0.29		
25.2	400	3.66	1.50	0.37	0.12	
28.4	450	4.56	1.87	0.46	0.15	
31.5	500	5.54	2.27	0.56	0.19	
34.7	550	6.61	2.71	0.66	0.22	
37.9	600	7.76	3.18	0.78	0.26	
41.0	650	9.00	3.69	0.90	0.31	
44.2	700		4.24	1.04	0.35	0.14
47.3	750		4.81	1.18	0.40	0.16
50.5	800		5.42	1.33	0.45	0.18
53.6	850		6.07	1.49	0.50	0.20
56.8	900			1.65	0.56	0.23
59.9	950			1.83	0.62	0.25
63.1	1000			2.01	0.68	0.27
69.4	1100			2.39	0.81	0.33
75.7	1200			3.81	0.95	0.39
82.0	1300			3.26	1.10	0.45
88.3	1400			3.74	1.26	0.51
94.6	1500			4.25	1.44	0.58
100.9	1600			4.79	1.62	0.66
113.6	1800			5.96	2.01	0.82
126.2	2000			7.25	2.45	0.99
138.8	2200			8.64	2.92	1.18
151.4	2400				3.43	1.39
164.0	2600				3.98	1.61
176.7	2800				4.56	1.85
189.3	3000				5.18	2.10
220.8	3500					2.80
252.4	4000					3.58

براساس معادله هیزن ویلیامز (رابطه ۸.۱) با مقدار $C = ۱۳۰$ ، مقادیر فوق برای قطعات ۶.۱ متری (۲۰ فوت) به میزان ۷ درصد افزایش
و برای قطعات ۱۲.۲ متری (۴۰ فوت) به میزان ۳ درصد کاهش می یابند .

جدول ۸.۵ / گرادیان اصطکاکی ، J ، متر در هر ۱۰۰ متر (فوت در هر ۱۰۰ فوت) طول لوله
برای مقادیر مختلف شدت جریان در لوله های SDR 41 – IPS – PVC (کلاس ۸،۶ اتمسفر یا ۱۰۰ psi).

شدت جریان		قطر اسمی و قطر داخلی لوله , mm (in.)				
		4-in. 108.7 (4.280)	6-in. 160.0 (6.301)	8-in. 208.4 (8.205)	10-in. 259.7 (10.226)	12-in. 308.1 (12.128)
L/s	(gpm)					
6.3	100	0.42				
9.5	150	0.86				
12.6	200	1.42				
15.8	250	2.09 ²				
16.9	300	2.88	0.47			
22.1	350	3.77 ³	0.62			
25.2	400	4.77	0.80			
28.4	450	5.86	0.99			
31.5	500		1.20	0.33		
34.7	550		1.42	0.40		
37.9	600		1.67	0.47		
41.0	650		1.93	0.54		
44.2	700		2.22	0.62	0.21	
47.3	750		2.51	0.70	0.24	
50.5	800		2.83	0.79	0.27	
53.6	850		3.16	0.88	0.30	
56.8	900		3.51	0.98	0.34	
63.1	1000		4.25	1.19	0.41	0.18
69.4	1100		5.07	1.41	0.49	0.21
75.7	1200		5.94	1.66	0.57	0.25
82.0	1300			1.92	0.66	0.29
88.3	1400			2.20	0.76	0.33
94.6	1500			2.50	0.86	0.38
100.9	1600			2.81	0.97	0.43
107.3	1700			3.14	1.08	0.48
113.6	1800			3.48	1.20	0.53
126.2	2000			4.23	1.46	0.64
138.8	2200			5.03	1.74	0.76
151.4	2400			5.90	2.04	0.89
164.0	2600				2.36	1.03
176.7	2800				2.70	1.18
189.3	3000				3.05	1.34
201.9	3200				3.45	1.51
227.1	3600				4.28	1.88
252.4	4000				5.19	2.28

^۱ براساس رابطه ۸.۷

^۲ برای شدت جریانهای پایین تر از خطوط پپرنگ ، سرعت جریان از ۱.۵ متر در ثانیه (۵ فوت در ثانیه) تجاوز می کند .

^۳ برای شدت جریان های پایین تر از خطوط منقطع ، سرعت جریان از ۲.۱ متر در ثانیه (۷ فوت در ثانیه) تجاوز می کند .

جدول ۸,۶ / گرادیان اصطکاکی ، J ، متر در هر ۱۰۰ متر (فوت در هر ۱۰۰ فوت) طول لوله
برای مقادیر مختلف شدت جریان در لوله های SDR 41 PIP-PVC کلاس ۶,۸ اتمسفر یا ۱۰۰ psi .

شدت جریان		قطر اسمی و قطر داخلی لوله , mm (in.)				
L/s	(gpm)	6-in. 148.3 (5.840)	8-in. 197.1 (7.762)	10-in. 246.4 (9.702)	12-in. 295.7 (11.642)	15-in. 369.7 (14.554)
18.9	300	0.68				
22.1	350	0.90				
25.2	400	1.15				
28.4	450	1.42 ²				
31.5	500	1.73	0.44			
34.7	550	2.06	0.52			
37.9	600	2.41 ³	0.61			
41.0	650	2.79	0.71			
44.2	700	3.20	0.81	0.28		
50.5	800	4.08	1.03	0.35		
56.8	900	5.06	1.28	0.44		
63.1	1000	6.14	1.55	0.53		
69.4	1100		1.85	0.63	0.26	
75.7	1200		2.17	0.74	0.31	
82.0	1300		2.51	0.86	0.35	
88.3	1400		2.88	0.98	0.41	
100.9	1600		3.67	1.25	0.52	0.18
113.6	1800		4.56	1.55	0.64	0.22
126.2	2000		5.52	1.88	0.78	0.27
138.8	2200		6.58	2.24	0.93	0.32
151.4	2400			2.63	1.09	0.37
164.0	2600			3.04	1.26	0.43
176.7	2800			3.48	1.44	0.49
189.3	3000			3.95	1.64	0.56
220.8	3500				2.17	0.74
252.4	4000				2.77	0.94
283.9	4500				3.44	1.17
315.5	5000				4.17	1.42
347.0	5500					1.69
378.5	6000					1.98
410.1	6500					2.29
441.6	7000					2.63

۱ بر اساس رابطه ۸.۷ .

۲ برای شدت جریان های پایین تر از خط ممند ، سرعت جریان از ۱.۵ متر در ثانیه (۵ فوت در ثانیه) تجاوز می کند .

۳ برای شدت جریان های پایین تر از خط منقطع ، سرعت جریان از ۲.۱ متر در ثانیه (۷ فوت در ثانیه) تجاوز می کند .

رابطه کریستیانسن برای محاسبه ضریب کاهش ، F ، برای لوله های دارای چندین خروجی ، درجاییکه اولین خروجی به فاصله S_e از لوله اصلی قرار گرفته است :

$$F = \frac{1}{b+1} + \frac{1}{2N} + \frac{(b-1)^{0.5}}{6N^2} \quad (8,9 a)$$

b: توان سرعت یا دبی در فرمولی که برای محاسبه تلفات اصطکاکی استفاده شده است
N: تعداد خروجی ها

اگر اولین خروجی به فاصله αS_e از لوله اصلی قرار گرفته باشد ($0 \leq \alpha \leq 1$) :

$$F(\alpha) = \frac{NF - (1 - \alpha)}{N - (1 - \alpha)} \quad (8,9 b)$$

و در یک حالت خاص ، زمانیکه اولین خروجی در فاصله $S_e/2$ از لوله اصلی قرار گرفته باشد :

$$F(1/2) = \frac{2N}{2N-1} \left(\left(\frac{1}{b+1} \right) + \frac{(b-1)^{0.5}}{6N^2} \right) \quad (8,9 c)$$

جدول ۸,۷ مقادیر F را برای تعداد خروجی های مختلف ارائه می دهد . این مقادیر از تقسیم افت بار در لوله دارای خروجی (دبی تمامی خروجی ها یکسان است) بر افت بار در لوله مشابه ولی با ۱ خروجی (که از رابطه ۸,۹ محاسبه نشده اند ، ولی اصولاً مشابه مقادیر محاسبه شده از این رابطه با $b = 1/83$ می باشند) محاسبه شده اند .

جدول ۸,۷ / ضریب کاهش جریان ، Fr ، برای در نظر گرفتن تعداد خروجی های روی لوله.

تعداد خروجی ها	F		تعداد خروجی ها	F	
	(end) ¹	(mid) ²		(end)	(mid)
1	1.00	1.00	8	0.42	0.38
2	0.64	0.52	9	0.41	0.37
3	0.54	0.44	10-11	0.40	0.37
4	0.49	0.41	12-15	0.39	0.37
5	0.46	0.40	16-20	0.38	0.36
6	0.44	0.39	21-30	0.37	0.36
7	0.43	0.38	≥ 31	0.36	0.36

¹ زمانیکه اولین خروجی در ابتدای لوله قرار گرفته است .
² زمانیکه اولین خروجی به فاصله ای برابر با نیمی از فاصله دیگر خروجی ها از یکدیگر ، نسبت به ابتدای لوله قرار گرفته است .

مثال ۸,۱: محاسبه افت اصطکاک در لوله فرعی (لاترال)

اطلاعات: لوله ای به قطر ۱۰۰ میلیمتر ، از آلومینیوم با طول ۳۹۶ متر و خروجی هایی با فواصل ۱۲ متری . دبی آبپاشها ۳۰ لیتر در دقیقه می باشد . قطر داخلی لوله ۹۹ میلیمتر .

محاسبات: تعداد آبپاشها: $N = 400/12.2 = 33$

دبی لاترال: $Ql = 33 \times 30 = 990 \text{ L/min} = 16.5 \text{ L/s}$

و از رابطه ۸,۱: $J = 1.21 \times 10^{12} (16.5/130)^{1.852} (99)^{-4.87} = 5.06$

$$h_f = 5.06 \times 0.36 \times \frac{396}{100} = 7.21m = 7.07KPa \quad F = 0.36 \text{ با } 8.8 \text{ از جدول } 8.7 :$$

منحنی بدون بعد اصطکاک در لوله ها

افت بار در طول هریک از لوله ها که دارای چندین خروجی بوده و قطر یکسانی از ابتدا تا انتها دارند و در آنها فاصله بین خروجی ها ثابت و دبی آنها نیز یکسان است بوسیله یک منحنی بدون بعد قابل تشریح است. شکل ۸,۲ یک چنین منحنی را نشان می دهد که محور افقی آن نسبت بدون بعد طول مشخصی از لوله ، x ، که از انتهای آن سنجیده می شود به کل طول لوله ، L ، را نشان می دهد قرار دارد. محور عمودی نیز نسبت بدون بعد افت اصطکاک در طول x ، h_{fx} ، به افت اصطکاک در کل طول لوله ، h_f ، را نمایش می دهد. این نسبت های بدون بعد که در رسم منحنی مورد استفاده قرار گرفته اند در جدول ۸,۸ مشخص شده اند. این منحنی عمومی اصطکاک می تواند برای هر مسئله خاصی نیز مورد استفاده قرار گیرد. این کار با ضرب نسبت طولی (محور x ها) در مقدار L و ضرب نسبت افت اصطکاک (محور y ها) در h_f برای یک قطر خاص از لاترال یا منیفلد (لوله نیمه اصلی) یا شدت جریان خاص و یا تعداد خروجی یا طول خاصی از لوله صورت می گیرد.

داده های جدول ۸,۸ که در رسم این منحنی استفاده شده اند می توانند از روی تحلیل خروجی به خروجی (outlet-to-outlet) خط لوله حاصل شوند. همچنین، می توانند به صورت ریاضی با در نظر گرفتن اینکه شدت جریان در هر فاصله x از انتهای بسته لوله برابر است با $(x/L)Q$ محاسبه شوند. با ترکیب روابط ۸,۱ a ، ۸,۷ a و یا ۸,۷ b با ۸,۸ a و جایگزاری این مقدار شدت جریان به جای Q ، و نیز، جایگزاری مقدار L با $(x/L)L$ نتیجه عبارت خواهد بود از:

$$h_{fx} = J F \frac{L}{100} \left(\frac{x}{L} \right)^{(1+b)} \quad (8.10 a)$$

که شکل ساده شده آن خواهد بود:

$$h_{fx} = h_f \left(\frac{x}{L} \right)^{(1+b)} \quad (8.10 b)$$

x : فاصله از انتهای بسته لوله (m)

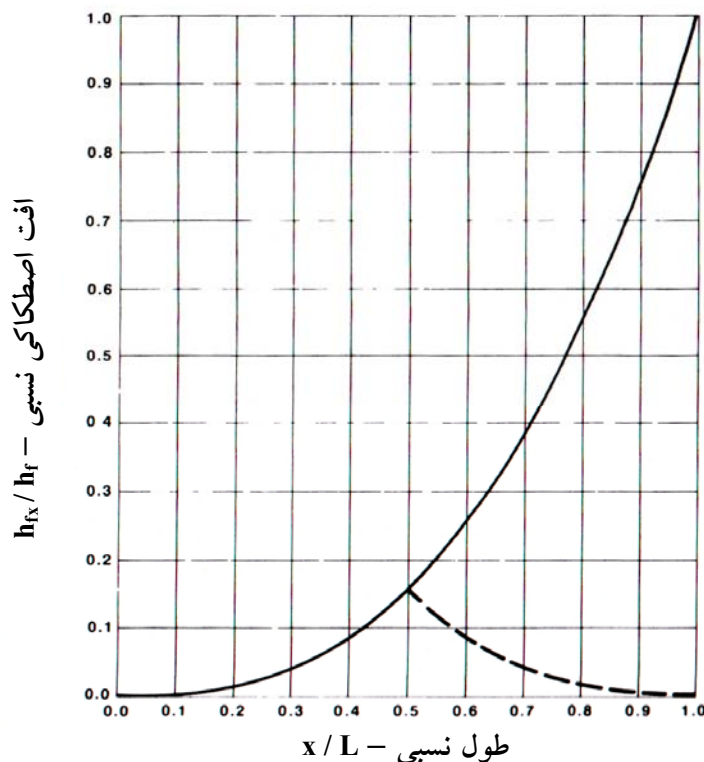
h_{fx} : افت اصطکاکی از فاصله x (نسبت به انتهای لوله) تا انتهای لوله (m)

L : طول کل لوله شامل چند خروجی (m)

J : گرادیان افت بار در لاترال بین نقطه ابتدای لاترال (نقطه ورودی) تا اولین خروجی ($m/100m$)

F : ضریب کاهش برای در نظر گرفتن کاهش دبی در طول لاترال به طول L

b : توان سرعت جریان در رابطه استفاده شده برای محاسبه افت اصطکاکی



شکل ۸،۲ / منحنی افت اصطکاکی برای لوله ای که بر روی آن خروجی هایی با قطر یکسان در فواصل یکنواخت قرار دارند و دبی خروجی از همه خروجی ها یکسان می باشد (توان دبی ۱،۷۵).

جدول ۸،۸ / مقادیر بدون بعد فاصله نسبی و افت اصطکاکی نسبی برای لوله دارای خروجی و با انتهای بسته (توان دبی ۱،۷۵).

x/L	h_{fx}/h_f	x/L	h_{fx}/h_f
0.10	0.002	0.60	0.245
0.20	0.013	0.65	0.305
0.25	0.023	0.70	0.374
0.30	0.037	0.75	0.452
0.35	0.057	0.80	0.540
0.40	0.081	0.85	0.638
0.45	0.112	0.90	0.747
0.50	0.149	0.95	0.868
0.55	0.193	1.00	1.000

هزینه های سیستم آبیاری

بهترین اندازه (یا بهترین ترکیب از اندازه ها) برای لوله در خطوط اصلی یا نیمه اصلی آن است که منجر به تعادل منطقی بین هزینه های ثابت سالیانه و هزینه های سالیانه پمپاژ گردد. این تعادل بستگی دارد به: ساعات سالیانه کارکرد سیستم، نرخ مورد انتظار تورم قیمت سوخت، قیمت لوله ها، عمر مورد انتظار سیستم، مشخصات اصطکاکی لوله ها و نرخ سود سالیانه.

برای بهینه کردن هزینه های سیستم باید ترکیبی از اندازه لوله ها را بیابیم که منجر به حداقل شدن مجموع هزینه های ثابت و هزینه های بهره برداری گردد. برای اینکه این موضوع را به صورت نمودار نشان دهیم، انتخاب قطر لوله انتقال

آب در یک منطقه خشک را در نظر بگیرید که قرار است ۳۰۰۰ ساعت در سال کار کند. اگر یک لوله بسیار کوچک استفاده شود، هزینه های ثابت محدود خواهند بود، اما هزینه های بهره برداری (هزینه های سوخت) برای غلبه بر اصطکاک ایجاد شده در طول لوله نسبتاً زیاد می شوند. اگر قطر لوله افزایش یابد، هزینه های ثابت نیز افزایش خواهند یافت، اما هزینه های سوخت کاهش می یابند. اندازه بهینه لوله آن است که مجموع این دو نوع هزینه را به حداقل برساند. (شکل ۸,۳ را ببینید). اگر خط انتقال، آب را در یک منطقه مرطوب منتقل سازد و تنها ۵۰۰ ساعت در سال کار کند، منحنی هزینه های سوخت بسیار پایین تر از آنچه که در منطقه خشک خواهد بود قرار می گیرد و در نتیجه، حداقل هزینه ها در شکل ۸,۳ به سمت چپ حرکت می کند و منجر به اندازه کوچکتری برای قطر بهینه لوله می گردد.

عوامل مؤثر در برآورد هزینه

تحلیل هزینه های سیستم می تواند بر اساس ارزش فعلی یا بر اساس هزینه های سالیانه صورت گیرد. در هر دو مورد، نرخ بهره (سود)، i ، طول دوره مورد انتظار سرمایه گذاری، n ، و برآورد نرخ سالیانه افزایش هزینه های انرژی، e ، باید در نظر گرفته شوند. فاکتور ارزش فعلی افزایش هزینه های انرژی، $PW(e)$ ، و فاکتور ارزش سالیانه افزایش هزینه های انرژی، $EAE(e)$ ، از روابط زیر که توسط Pearson در سال ۱۹۷۴ برای $e \neq i$ ارائه شده اند قابل محاسبه می باشند.

$$PW(e) = \left[\frac{(1+e)^n - (1+i)^n}{(1+e) - (1+i)} \right] \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (۸,۱۱)$$

$$EAE(e) = \left[\frac{(1+e)^n - (1+i)^n}{(1+e) - (1+i)} \right] \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (۸,۱۲)$$

فاکتور بازگشت سرمایه نیز از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$CRF = \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (۸,۱۳)$$

e : نرخ سالیانه افزایش هزینه های انرژی (اعشار)

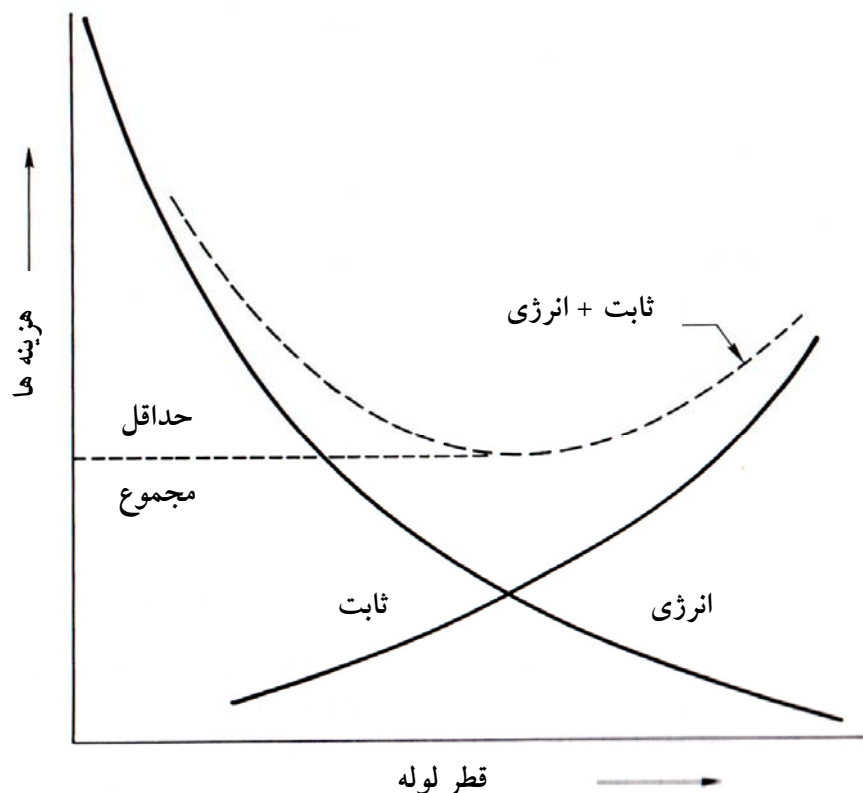
i : نرخ بهره (اعشار)

n : تعداد سالهای طول عمر سیستم (طول مدت سرمایه گذاری)

$PW(e)$: فاکتور ارزش فعلی افزایش هزینه های انرژی که ارزش پول را در طول زمان سرمایه گذاری در نظر می گیرد.

$EAE(e)$: فاکتور هزینه های سالیانه افزایش هزینه های انرژی که ارزش پول را در طول زمان سرمایه گذاری در نظر می گیرد.

CRF : سری بازپرداخت یکنواخت (فاکتور بازگشت سرمایه)، که ارزش پول را در طول زمان سرمایه گذاری و هزینه های استهلاک سرمایه را در نظر می گیرد.



شکل ۸,۳ / تأثیر قطر لوله بر روی هزینه های ثابت ، هزینه انرژی و مجموع هزینه ها برای شدت جریان مشخص.

استفاده از لوله های بزرگتر برای کاهش هزینه انرژی باید مقرون به صرفه و منجر به سود باشد ، نه اینکه تنها منجر به سر به سر شدن هزینه ها و درآمدها گردد . بنابراین ، به دلیل در نظر گرفتن ضرائب اطمینان ، نرخ بهره در حدود ۵ تا ۱۰ درصد بیش از مقداری که معمولاً در شرایط امنیت مالی بالا در نظر گرفته می شود ، تعیین می گردد .

جدول ۸,۹ فاکتورهای ضروری برای تحلیل هزینه های سیستم را در اختیار قرار می دهد . این جدول فاکتورها را برای نرخ افزایش سالیانه هزینه های انرژی برابر با ۹ تا ۱۳/۵ درصد ، و برای نرخ بهره ۱۰ تا ۲۵ درصد در دوره های ۷ تا ۴۰ ساله گردآوری کرده است . مقدار $PW(0\%)$ ، فاکتور ارزش فعلی افزایش هزینه های انرژی بدون هرگونه افزایش سالیانه هزینه های انرژی را مشخص می کند . یعنی :

$$PW(0\%) = \frac{1}{CRF}$$

جدول ۸,۹ / پارامترهای مورد نیاز برای محاسبات اقتصادی مربوط به افزایش سالیانه ۹ و ۱۳,۵ درصدی هزینه انرژی و مقادیر مختلف نرخ بهره و طول عمر پروژه.

پارامتر	بهره $i, \%$	سال n - طول عمر پروژه					
		7	10	15	20	30	40
$PW(13.5\%)$	10	7.004	10.509	17.135	24.884	44.547	71.442
$EAE(13.5\%)$		1.439	1.710	2.253	2.923	4.726	7.306
$PW(9\%)$		6.193	8.728	12.802	16.694	23.965	30.601
$EAE(9\%)$		1.272	1.420	1.683	1.961	2.542	3.129
CRF		0.205	0.163	0.132	0.118	0.106	0.102
$PW(0\%)$		4.868	6.145	7.606	8.514	9.427	9.779
$PW(13.5\%)$	15	5.854	8.203	11.917	15.396	21.704	27.236
$EAE(13.5\%)$		1.407	1.634	2.038	2.460	3.306	4.101
$PW(9\%)$		5.213	6.914	9.206	10.960	13.327	14.712
$EAE(9\%)$		1.253	1.378	1.574	1.751	2.030	2.215
CRF		0.240	0.199	0.171	0.160	0.152	0.151
$PW(0\%)$		4.160	5.019	5.848	6.259	6.566	6.642
$PW(13.5\%)$	20	4.967	6.569	8.712	10.334	12.490	13.726
$EAE(13.5\%)$		1.378	1.567	1.863	2.122	2.509	2.747
$PW(9\%)$		4.453	5.615	6.942	7.762	8.583	8.897
$EAE(9\%)$		1.235	1.339	1.485	1.594	1.724	1.781
CRF		0.277	0.239	0.214	0.205	0.201	0.200
$PW(0\%)$		3.605	4.193	4.676	4.870	4.979	4.997
$PW(13.5\%)$	25	4.271	5.383	6.651	7.434	8.215	8.513
$EAE(13.5\%)$		1.351	1.508	1.723	1.880	2.056	2.128
$PW(9\%)$		3.854	4.661	5.449	5.846	6.147	6.224
$EAE(9\%)$		1.219	1.306	1.412	1.479	1.539	1.556
CRF		0.316	0.280	0.259	0.253	0.250	0.250
$PW(0\%)$		3.161	3.571	3.859	3.954	3.995	4.000

تحلیل هزینه های انرژی و هزینه های ثابت سیستم

عمر مورد انتظار انواع لوله های اصلی عبارت است از :

آلومینیوم قابل حمل	10-20 years
فولاد جوشی لعاب دار	10-20 years
پلاستیک PVC	20-40 years
سیمان آذبت	20-40 years

با اینحال ، به دلیل در نظر گرفتن استهلاک ، معمولاً در محاسبات عمر لوله های اصلی را ۲۰ سال در نظر می گیرند .

از جدول ۸,۹ نتایج جالبی بدست می آید که مربوط به تأثیرات بلند مدت افزایش هزینه های انرژی می باشد .

(این قسمت کامل ترجمه نشده است ، صفحه ۸۳)

تعداد اسب بخاری که از هر واحد سوخت مصرفی حاصل می گردد در جدول زیر گردآوری شده است .

گازوئیل	4.0 hp-hr/L (15.0 hp-hr/U.S. gal)
بنزین (با خنک کننده آبی)	2.8 hp-hr/L (10.5 hp-hr/U.S. gal)
سوخت تراکتور	2.2 hp-hr/L (8.5 hp-hr/U.S. gal)
بوتان پروپان	2.5 hp-hr/L (9.5 hp-hr/U.S. gal)
گاز طبیعی	3.0 hp-hr/m ³ (8.5 hp-hr/100 ft ³)
الکتریسته	1.20 hp-hr/kWh at meter

برای تبدیل واحد اسب بخار به kW-hr مقدار آن را در سیستم انگلیسی در عدد ۰.۷۴۶ و در سیستم متریک در عدد ۰.۷۳۵ ضرب کنید.

عواملی که در جدول ۸,۹ مشاهده می شوند می توانند به همراه فاکتور ارزش فعلی هزینه های سالیانه انرژی، E ، و هزینه سیستم آبیاری، M ، برای تخمین پارامترهای مفید دیگری استفاده شوند:

- ۱- فاکتور ارزش فعلی انرژی مصرفی برای نرخ افزایش ۹٪ برابر خواهد بود با $E \times PW(9\%)$.
- ۲- فاکتور افزایش سالیانه هزینه انرژی، E' ، با نرخ افزایش ۹٪ در سال برابر است با $E' = E \times EAE(9\%)$.
- ۳- هزینه های ثابت سالیانه سیستم آبیاری برابر است با $M \times CRF$.
- ۴- ارزش فعلی انرژی مصرفی بدون افزایش قیمت برابر است با $E \times PW(0\%)$.
- ۵- بعلاوه، مشهود است که هزینه های سالیانه انرژی بدون افزایش قیمت برابر است با E .
- ۶- ارزش فعلی سیستم آبیاری برابر است با M .

تعیین اندازه اقتصادی لوله

خط لوله اصلی بین پمپ و خروجی بحرانی باید ابتدا شناسایی و تعیین اندازه شود (بنحوی که در فصل ۹ توضیح داده خواهد شد). قسمت هایی که بین خروجیها قرار می گیرند، دارای شدت جریان یکنواخت هستند و می توانند هریک بطور مجزا مورد تحلیل قرار گرفته و قطری از لوله که منجر به حداقل شدن مجموع هزینه های ثابت و هزینه های انرژی می گردد تعیین گردد (شکل ۸,۳ را ببینید).

به جای کار بر روی کل طول هر بخش از لوله، ساده تر است که محاسبات را بر روی واحد طول لوله انجام دهیم (Keller, 1965). زیرا زمانیکه قطر خاصی برای هر قسمت لوله، اقتصادی تشخیص داده می شود، در واقع برای باقی قسمتها که دارای همان شدت جریان هستند نیز اقتصادی می باشد.

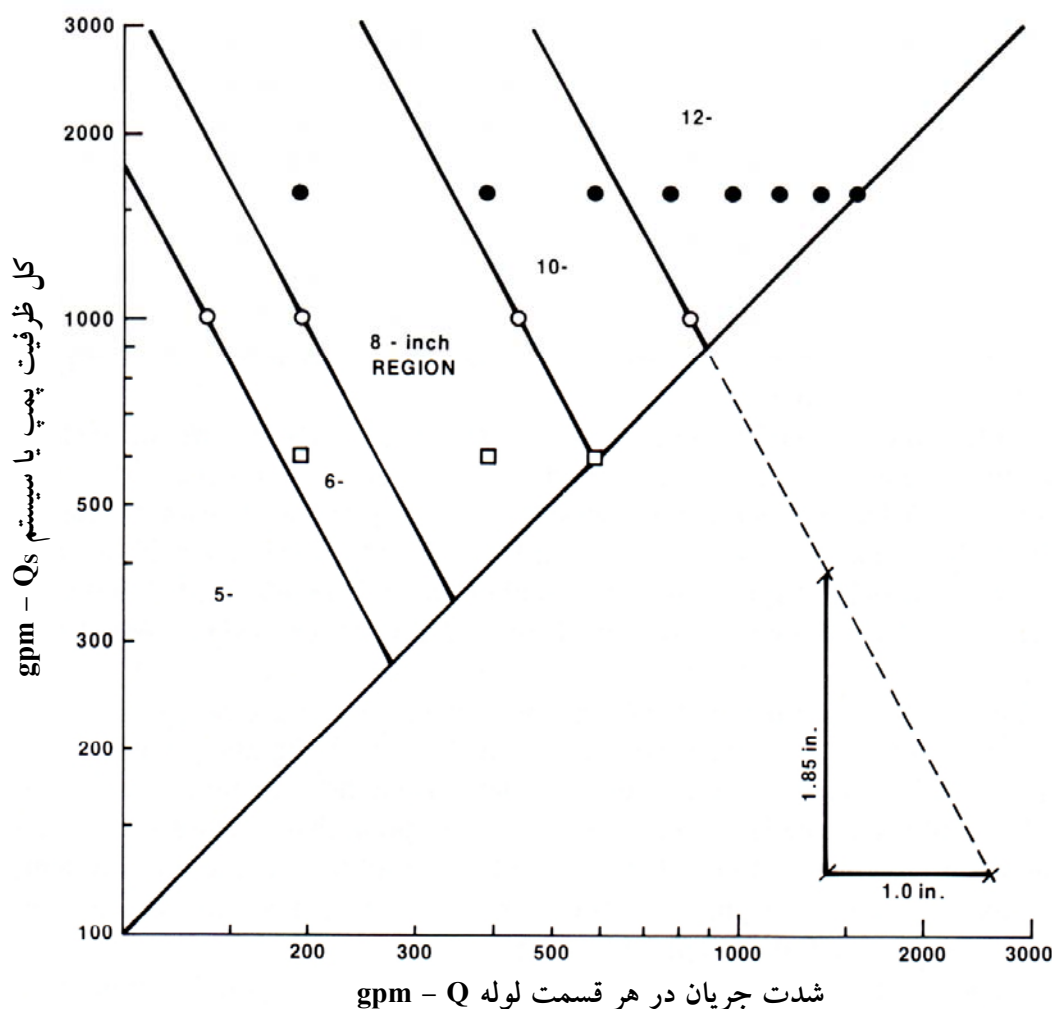
تنها قطرهای محدودی در اختیار قرار دارند که از نظر فیزیکی یا منطقی برای شدت جریان خاصی مناسب می باشند. بنابراین، تنها این قطرها باید بررسی شوند تا تعیین شود که کدام یک منجر به کمترین مقدار مجموع هزینه های ثابت سالیانه و هزینه های سالیانه انرژی خواهد شد.

برای سیستم هایی که فاقد خطوط اصلی واقع در سرازیری هستند، انتخاب اندازه لوله پیچیده تر می باشد. با این وجود، به عنوان نقطه شروع، بهتر است که لوله ها به روش اقتصادی تعیین اندازه شوند. سپس فشار در هر ورودی لاترال محاسبه می شود تا مشخص شود که کدام ورودی نیاز به بالاترین بار فشار دارد. سپس اندازه لوله ها برای باقی نقاط سیستم کاهش داده می شوند به نحوی که فشار در ورودی تمامی لاترالها یکسان گردد. این تعدیل در مثال ۱۰,۳ از فصل ۱۰ تشریح شده است.

هرچند که انتخاب اندازه های اقتصادی برای لوله ها یک تصمیم مهندسی مهم است ، اما اغلب توجه کافی به آن نمی شود . بخصوص در سیستم های آبیاری نسبتاً کوچک . بسیاری از طراحان برپایه قضاوت های شخصی ، شدت جریان یا افت اصطکاک دلخواهی در نظر گرفته و اندازه لوله ها را تعیین می کنند . زیرا این قبیل طراحان ، روش اقتصادی را بسیار وقت گیر ، محدود و یا پیچیده می انگارند (مثال ۸,۵ را ببینید) .

نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی

این نمودار توسط Keller در سال ۱۹۷۵ و به منظور تسهیل فرآیند طراحی ارائه شده است . نمودار این قابلیت را دارد که برای هر مجموعه ای از پارامترهای اقتصادی ، ترسیم شود و یا برای انتخاب مستقیم اقتصادی ترین قطر لوله برای سیستم هایی که دارای یک ایستگاه پمپاژ هستند استفاده شود . این نمودار بخصوص در زمانی که یک متخصص برای طراحی تعدادی سیستم ساده که دارای پارامترهای اقتصادی یکسان هستند استخدام شده ، مفید است .



شکل ۸,۴ / نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی برای لوله های آلومینیومی :

$$C = 130, \quad CRF = 0.214, \quad \text{و} \quad E' = \$138,6 \text{ whp/year}$$

شدت جریان کل سیستم، Q_s ، انتخاب را تحت تأثیر قرار می دهد؛ زیرا افت فشار ناشی از اصطکاک در لوله ها باید در کل بار دینامیک پمپ در نظر گرفته شود. این موضوع در مثال ۸,۵ تشریح شده است.

خطوط مرزی شیبدار که بر روی نمودار و بین مناطق مختلف مربوط به قطر لوله ها قرار دارند، در واقع محلی هستند که کل هزینه های سالیانه برای اندازه های مختلف لوله که در دو سوی این خطوط قرار دارند یکسان است. به بیان دیگر، در رابطه با مجموع هزینه های ثابت سالیانه و هزینه های سالیانه انرژی، فرقی نمی کند که کدام قطر لوله استفاده شود. جدول ۸,۱۰ نمونه جداولی است که با استفاده از این نمودار تشکیل می شود.

ترسیم نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی

نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی به منظور تعیین اقتصادی ترین قطرهای لوله در سیستم هایی که دارای یک ایستگاه پمپاژ می باشند استفاده می شود. فرآیند ترسیم این نمودار در ادامه تشریح شده است. در این مثال، از سیستم واحدهای انگلیسی استفاده شده و واحد طول، ۱۰۰ فوت در نظر گرفته می شود. در حالیکه در سیستم متریک، واحد طول لوله را ۱۰۰ متر در نظر می گیریم.

گام اول: اطلاعات اقتصادی مورد نیاز جمع آوری می شوند.

الف) برای نرخ بهره $i = 20\%$ و طول عمر لوله آلومینیومی برابر با ۱۵ سال، از جدول ۸,۹ مقادیر زیر حاصل می شوند:

$$EAE(9\%) = 1/485 \quad CRF = 0.214$$

ب) جدول زیر هزینه های ثابت سالیانه را برای قطرهای مختلف لوله نشان می دهد:

ج) قیمت سوخت گازوئیل برابر با ۱/۰۵ دلار برای هر گالن می باشد. به این ترتیب، هزینه تولید هر واحد اسب بخار در هر ساعت برابر است با $C_f = 0.07 / \text{hp-hr}$.

چ) تعداد ساعات کاری سیستم در طول سال برابر با $Q_t = 1000 \text{ hr}$.

قطر اسمی	100 ft / هزینه ثابت سالیانه	
	100 ft / قیمت	(0.214 × قیمت / 100 ft)
5-in.	\$150	\$32.10
6-in.	\$200	\$42.80
8-in.	\$250	\$53.50
10-in.	\$300	\$64.20
12-in.	\$350	\$74.90

ح) ضریب مقاومت هیزن - ویلیامز برای لوله اصلی قابل حمل آلومینیومی برابر با $C = 130$.

گام دوم: تعیین اختلاف هزینه های ثابت سالیانه بین قطر لوله هایی که در روی نمودار در مجاورت هم قرار دارند و سپس، مراجعه به جدول ۸,۱۰.

گام سوم: هزینه معادل سالیانه به ازای هر واحد اسب بخار مصرفی با نرخ تورم ۹٪ در سال و با فرض راندمان پمپاژ ۷۵٪ $E_p =$ محاسبه می شود.

الف) ارزش فعلی هزینه های سالیانه انرژی به ازای هر واحد توان تولید شده، E ، برابر است با:

$$E = \frac{Q_t C_f}{(E_p/100)} = \frac{1000 \times 0.07}{0.75} = \$93.33/\text{hp} - \text{year} \quad (۸,۱۴)$$

ب (فاکتور افزایش سالیانه هزینه انرژی ، E' ، برای هر واحد اسب بخار و با $۱/۴۸۵ = \text{EAE}(9\%)$ (از رابطه ۸,۱۲ یا جدول ۸,۹) ، برابر است با :

$$E' = 1.485 \times \$93.33/\text{hp} - \text{year} = \$138.60/\text{hp} - \text{year}$$

گام چهارم : کاهش مقدار اسب بخار تولیدی برای جبران اختلاف هزینه ثابت سالیانه بین دو قطر لوله مجاور برابر است با اختلاف هزینه ثابت تقسیم بر E' . این مقدار از جدول ۸,۱۰ قابل حصول است . به عنوان مثال ، برای لوله های ۸ و ۱۰ اینچی :

$$\Delta \text{Power}_{(8-10)} = \frac{\$10.70/100 \text{ ft} - \text{year}}{\$138.60/\text{hp} - \text{year}} = 0.077 \text{ hp}/100 \text{ ft}$$

گام پنجم : اختلاف گرادیان بار آبی بین لوله های مجاور ، $\Delta J_{(s-b)}$ ، (s قطر کوچکتر و d قطر بزرگتر می باشد) به منظور دستیابی به مقدار ΔPower بالا ، در جدول ۸,۱۰ گردآوری شده است . رابطه عمومی برای محاسبه این اختلاف بار به این صورت می باشد :

$$\Delta J_{(s-b)} = \frac{K \times \Delta \text{Power}_{(s-b)}}{Q_s} \quad (۸,۱۵)$$

$\Delta J_{(s-b)}$: اختلاف گرادیان بار بین دو قطر مجاور ($\text{ft}/100\text{ft}$ یا $\text{m}/100\text{m}$)

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک برابر ۱۰۲ و برای سیستم انگلیسی برابر ۳۹۶۰ .

$\Delta \text{Power}_{(s-b)}$: کاهش توان مورد نیاز برای جبران اختلاف هزینه های سالیانه بین دو قطر لوله مجاور ($\text{kW}/100\text{m}$ یا $\text{hp}/100\text{ft}$)

Q_s : ظرفیت کل سیستم (L/s)

جدول ۸,۱۰ / نمونه ای از اطلاعات و روش مورد استفاده برای مشخص کردن محدوده قطر لوله در نمودار انتخاب قطر لوله
به روش اقتصادی : $C = ۱۳۰$ ، $\text{CRF} = ۰/۲۱۴$ و $E' = \$۱۳۸,۶ \text{ hp}/\text{year}$ ، $Q_s = ۱۰۰۰ \text{ gpm}$.

		in. - قطر اسمی جفت لوله های مجاور هم			
مرحله		5-6	6-8	8-10	10-12
2	هزینه ثابت سالیانه اختلاف - \$/100 ft	10.70	10.70	10.70	10.70
4	$\Delta \text{Power} - \text{hp}/100 \text{ ft}$	0.077	0.077	0.077	0.077
5	$\Delta J - \text{ft}/100 \text{ ft}$	0.31	0.31	0.31	0.31
6	$Q - \text{gpm}$	140	200	450	850

برای شدت جریان فرضی کل سیستم برابر با $Q_s = ۱۰۰۰ \text{ gpm}$:

$$\Delta J_{(8-10)} = \frac{3960 \times 0.077 \text{ hp}/100 \text{ ft}}{1000} = 0.31 \text{ ft}/100 \text{ ft}$$

گام ششم: شدت جریانهای که باعث ایجاد اختلاف گرادیان $\Delta J_{(s-b)}$ بین دو قطر لوله مجاور می گردد، Q ، در جدول ۸،۱۰ گردآوری شده است. این شدت جریانها با استفاده از روش سعی و خطا و با به کار بردن مقادیر J (از جداول یا روابط ارائه شده در بندهای قبلی) محاسبه می شوند. برای مثال، برای حصول اختلاف گرادیان $0.31 \text{ ft}/100\text{ft}$ بین لوله ها ۸ و ۱۰ اینچی، با روش سعی و خطا و با استفاده از جدول ۸،۴، مقدار شدت جریان برابر با 450 gpm بدست می آید:

$$J(8) = 0.46 \text{ ft}/100\text{ft}$$

$$-J(10) = 0.15 \text{ ft}/100\text{ft}$$

$$\Delta J_{(10-8)} = 0.31 \text{ ft}/100\text{ft}$$

گام هفتم: نقاط مربوط به شدت جریان مورد استفاده در گام پنجم (۱۰۰۰ گالن در دقیقه) و شدت جریان موجود در لوله (محاسبه شده در گام ششم) را بر روی کاغذ لگاریتمی مشخص می کنیم (دوایر سفید رنگ در شکل ۸،۴). گام هشتم: خطوطی با شیب منفی از نقاط مربوط به گام هفتم ترسیم می کنیم. شیب این خطوط باید برابر با توان دبی در معادله ای باشد که برای محاسبه J استفاده شده است (در این مثال برابر با $-1/85$). این خطوط نشان دهنده شدت جریانهای می باشند که با هر دو قطر لوله مجاور، منجر به مجموع هزینه ثابت و بهره برداری یکسان می گردند. هر دو خط مجاور، منطقه ای را تعریف می کنند که در آن، قطر لوله، اقتصادی ترین قطر می باشد.

تغییر هریک از پارامترهای اقتصادی باعث جابجایی خطوط شیب دار در شکل ۸،۴ می شود. تهیه نمودار جدید برای پارامترهای اقتصادی متفاوت، زمانیکه فاصله بین خطوط شیبدار ثابت باشد، کاری ساده است (مثلاً زمانیکه هزینه لوله ها به صورت متناسب افزایش یابد). تنها لازم است گامهای ۱ تا ۶ برای یک جفت قطر لوله و در یک Q_s مشخص تکرار شوند. نقطه جدیدی که از ارتباط Q_s و Q بر روی نمودار ایجاد می شود، بیانگر محل جدید خط شیبدار مربوط به جفت قطر مورد نظر بوده و باقی خطوط نیز به اندازه جابجایی این خط (فاصله خط جدید نسبت به خطی که با پارامترهای اقتصادی قبلی ترسیم شده است) تغییر محل خواهند داد.

طراحی خط لوله اصلی به روش اقتصادی

خطوطی که در شکل ۸،۴، دارای شیب منفی هستند، تمامی Q_s های ممکن را در برابر مقادیر Q برای هر یک از جفت اندازه های لوله که منجر به مجموع هزینه های ثابت و هزینه های بهره برداری یکسان می گردند را نشان می دهند. منطقه ای که بین خطوط مجاور هم قرار دارد، منطقه ایست که مقادیر Q_s در برابر Q را در جاییکه اندازه لوله برای هر دو خط، اندازه ای اقتصادی می باشد، مشخص می کند. این نمودار در سطح جهانی برای انتخاب اندازه لوله ها استفاده می شود.

مثال ۸،۲: استفاده از نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی.

اطلاعات: شدت جریان و آرایش سیستم در شکل A ۸،۵ و B ۸،۵ مشخص شده است. مطلوب است: اقتصادی ترین اندازه لوله برای سیستم A و B، با استفاده از لوله های قابل حمل آلومینیومی با پارامترهای اقتصادی مشابه شکل ۸،۴.

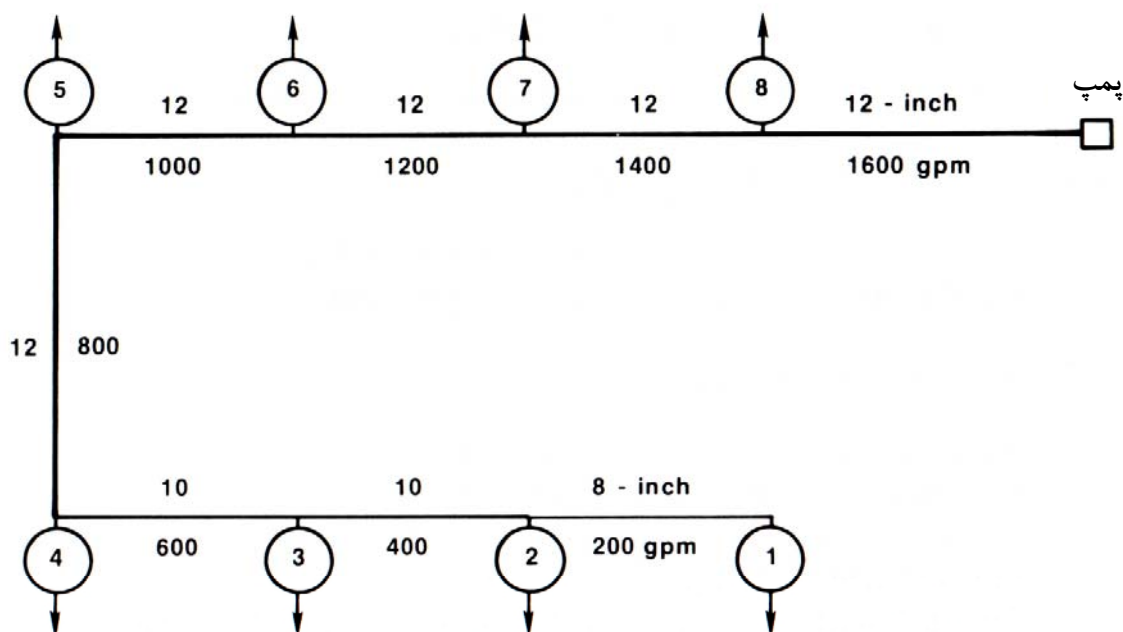
محاسبات :

سیستم A

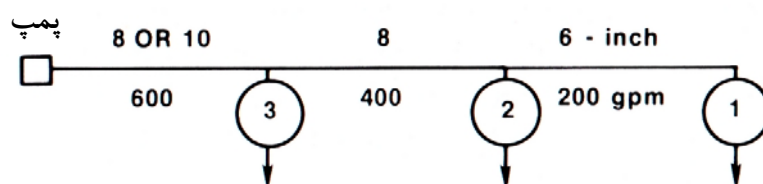
این سیستم قرار است ۲۰۰ گالن در دقیقه آب را به هریک از هشت هیدرانت منتقل کند . دبی پمپ برابر است با gpm

$Q_s = 8 \times 200 \text{ gpm} = 1600$ که در واقع شدت جریان در قسمت اول لوله می باشد . شدت جریان در لوله باید به میزان ۲۰۰ گالن در دقیقه در هریک از خروجی ها کاهش یابد . یعنی در قسمت نهایی ، تنها ۲۰۰ gpm آب انتقال می یابد .

دوایر سیاه مشخص شده در شکل ۸,۴ مقادیر Q_s را در برابر Q (دبی هر قسمت از لوله) در این سیستم نشان می دهند . منطقه ای که هر نقطه در آن واقع شده است ، اندازه لوله را برای آن قسمت مشخص می کند . اندازه لوله ها و شدت جریان برای هر قسمت در شکل ۸,۵ مشخص است . از آنجاییکه لوله ۱۲ اینچی بزرگترین اندازه ایست که در این نمودار در نظر گرفته شده است ، منطقه مربوط به لوله ۱۲ اینچی کمی بزرگتر از آنچه که باید ترسیم شده است . اگر لوله ۱۴ اینچی نیز در نظر گرفته می شد ، برخی از جریانها در منطقه مربوط به آن قرار می گرفتند .



A / شدت جریان ۱۶۰۰ gpm و ۸ خروجی با شدت جریان ۲۰۰ gpm .



B / شدت جریان ۶۰۰ gpm و ۳ خروجی با شدت جریان ۲۰۰ gpm .

شکل ۸,۵ / سیستم های توزیع آب با قطر لوله های انتخاب شده از نمودار انتخاب قطر به روش اقتصادی (شکل ۸,۴) .

سیستم B

این سیستم ۳ هیدرانت با دبی ۲۰۰ گالن در دقیقه دارد. بنابراین مقدار Q_s برابر خواهد بود با ۶۰۰ gpm. (شکل B ۸,۵).
 (علائم مربع شکل در شکل ۸,۴ مقادیر Q_s را در برابر Q در این سیستم نشان می دهند. شدت جریان و اندازه های توصیه شده برای هر قسمت در شکل B ۸,۵ مشخص شده اند. جالب است که در جاییکه Q در سیستم کوچکتر، برابر ۲۰۰ گالن در دقیقه می باشد، بهتر است لوله ۶ اینچی نصب شود و در سیستم بزرگتر، لوله ۸ اینچی توصیه می شود. بطور مشابه، در جاییکه $Q = 600 \text{ gpm}$ ، سیستم بزرگتر نیاز به لوله ۱۰ اینچی و سیستم کوچکتر نیاز به لوله های ۸ اینچی دارد. این موضوع از آن جهت است که هزینه های اضافی سوخت (انرژی) برای جبران اصطکاک در یک q مشخص، با افزایش Q_s افزایش می یابد.

مثال قبلی که در شکل ۸,۵ نیز نمایش داده شده است، برای شاخه اصلی هر سیستم آبیاری بدون لوپ (حلقه)، زمانیکه این شاخه در سربالایی، بطور مسطح و یا تا اندازه ای در سرازیری باشد، قابل استفاده است. بسیاری از آرایش های عملی سیستم های آبیاری شامل شرایط مرزی هستند که این معیارها را برآورده نمی سازند. برای چنین شرایطی، روش سعی و خطا برای تعیین اقتصادی ترین قطر لوله، حتی وقت گیر تر نیز می شود و نمودار ۸,۴ نیز، نیاز به برخی تغییرات دارد. برخی از این تغییرات عبارتند از:

- ۱- شاخه های فرعی، شاخه های موازی یا لوله های منشعب.
- ۲- در لوله هایی که در جهت سرازیری شیبهای تند قرار دارند، اگر از روش اقتصادی برای تعیین قطر آنها استفاده شود، مقدار فشاری که از اختلاف ارتفاع در آنها حاصل می شود، بیش از مقداری خواهد بود که به وسیله اصطکاک هدر می رود. هرچند که در این موارد، اندازه لوله هایی که به روش اقتصادی و نمودار ۸,۴ انتخاب شده اند باید به سمت پایین تعدیل شوند، اما این تغییرات منجر به انتخاب اقتصادی ترین اندازه لوله ها برای اینچنین شرایطی می گردد. مثال ۱۰,۱ در فصل ۱۰ استفاده از این تغییرات را نشان می دهد.

روشهای انتخاب قطر لوله ها

طراحان مختلف، روشهای گوناگونی را برای انتخاب اندازه لوله های اصلی در سیستم های قطره ای و بارانی استفاده می کنند. روشی که توصیه شده عبارت است از:

- ۱- روش اقتصادی: انتخاب حداقل مقدار برای مجموع هزینه های ثابت و هزینه های انرژی.
 - روشهای دیگر که مورد استفاده قرار می گیرند نیز عبارتند از:
 - ۲- روش افت بار واحد: محدود کردن افت بار در هر واحد از طول لوله. برای مثال، ۲ متر افت در ۱۰۰ متر طول لوله.
 - ۳- روش سرعت جریان: محدود کردن سرعت جریان، معمولاً بین ۱/۵ تا ۳ متر در ثانیه.
 - ۴- روش درصد افت بار: محدود کردن تلفات اصطکاکی در شبکه اصلی. برای مثال، اجازه می دهیم تا فشار در لوله اصلی ۱۰ تا ۲۰ درصد متوسط فشار کارکرد مورد نظر برای آبپاشها تغییر کند.
- روش اقتصادی می تواند با استفاده از نمودار انتخاب قطر لوله نیز انجام گیرد. همچنین می توانیم تنها هزینه های ثابت انرژی را با ترکیبی از اندازه های مختلف لوله مقایسه کنیم. در مثال زیر، تمامی روشهای ذکر شده مقایسه می شوند تا ارزش روش اقتصادی مشهود گردد.

مثال ۸,۳: مقایسه روشهای مختلف انتخاب قطر لوله

اطلاعات: آرایش سیستم در شکل ۸,۶ مشخص شده است.

لوله های مورد استفاده از جنس لوله های آلومینیومی.

مطلوب است: قطر لوله برای هر قسمت بر اساس:

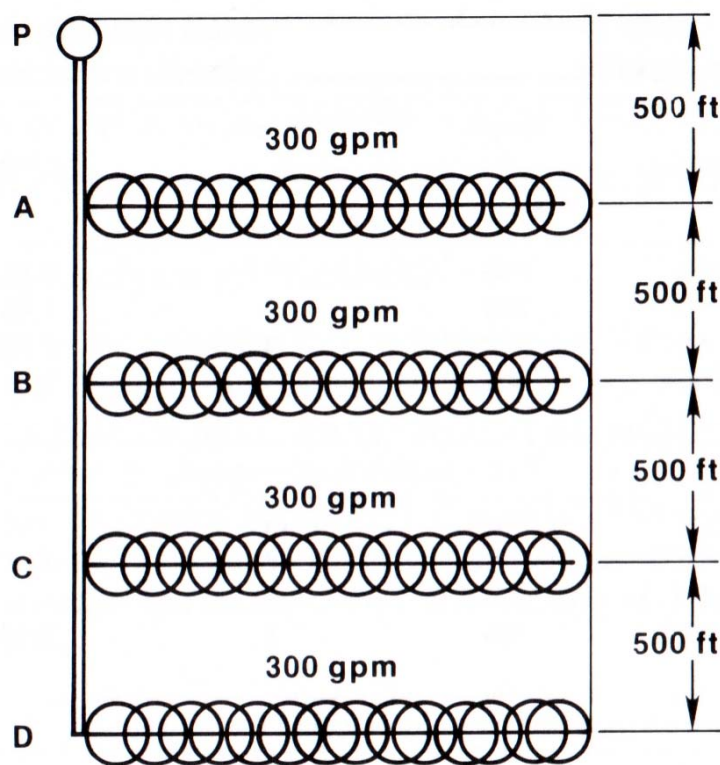
۱- گرادیان افت بار ۲ فوت در هر ۱۰۰ فوت یا کمتر.

۲- حداکثر سرعت جریان ۷ فوت در ثانیه.

۳- حداکثر افت اصطکاک در خط اصلی، ۱۵ درصد از فشار کارکرد آبپاشها، $P_a = 50 \text{ psi}$ که برابر است با $7/5 \text{ psi}$ یا

$17/3$ فوت.

۴- روش اقتصادی.



شکل ۸,۶ / آرایش سیستم آبیاری بارانی مربوط به مثال ۸,۳ و ۸,۴.

محاسبات:

۱- انتخاب براساس گرادیان افت بار: اندازه لوله ها به نحوی از جدول ۸,۴ انتخاب می شوند که گرادیان افت بار، J ،

در هر قسمت از لوله، کمتر یا برابر با ۲ فوت در هر ۱۰۰ فوت ($2 \text{ ft} / 100 \text{ ft}$) باشد. نتایج این فرآیند که منجر به

$21/4$ فوت افت بار در اثر اصطکاک می گردد، در جدول ۸,۱۱ آورده شده است.

جدول ۸،۱۱ / اطلاعات مربوط به مثال ۸،۳ شامل کل افت اصطکاکی در لوله ها برای روشهای مختلف انتخاب قطر لوله.

افت بار ft	J , ft/100 ft	قطر in.	طول ft	شدت جریان gpm	نام بخش لوله
انتخاب براساس روش گرادیان هیدرولیکی					
4.8	0.95	10	500	1200	P-A
8.3	1.65	8	500	900	A-B
3.9	0.78	8	500	600	B-C
4.4	0.88	6	500	300	C-D
$h_f = 21.4$ مجموع					
انتخاب براساس روش سرعت جریان					
4.8	0.95	10	500	1200	P-A
8.3	1.65	8	500	900	A-B
15.9	3.18	6	500	600	B-C
10.8	2.15	5	500	300	C-D
$h_f = 39.8$ مجموع					
انتخاب براساس روش درصد افت بار					
4.8	0.95	10	500	1200	P-A
2.8	0.56	10	500	900	A-B
3.9	0.78	8	500	600	B-C
4.4	0.88	6	500	300	C-D
$h_f = 15.9$ مجموع					
انتخاب براساس روش اقتصادی					
2.0	0.39	12	500	1200	P-A
1.2	0.23	12	500	900	A-B
1.3	0.26	10	500	600	B-C
1.1	0.22	8	500	300	C-D
$h_f = 5.6$ مجموع					

۲- انتخاب بر اساس روش حداکثر سرعت : اندازه لوله ها به نحوی انتخاب می شود که سرعت جریان کمتر یا برابر با ۷ فوت در ثانیه در هر قسمت از لوله گردد . نتایج این روش ، منجر به افت بار کل برابر با ۳۹/۸ فوت ناشی از اصطکاک می شود (جدول ۸،۱۱ را ببینید) . محدودیت سرعت جریان برای هر اندازه ای از لوله توسط رابطه زیر محاسبه می شود :

$$Q = \frac{VD^2}{K} \quad (8,16)$$

Q : شدت جریان (L / s)

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک برابر ۱۲۷۳ و برای سیستم انگلیسی برابر ۰/۴۰۸۵ .

V : سرعت جریان (m/s)

D : قطر داخلی لوله (mm)

۳- انتخاب بر اساس روش درصد افت بار : اندازه لوله ها به نحوی انتخاب می شود که مجموع تلفات بار از ۱۷/۳ فوت یا ۱۵ درصد از ۵۰ psi (فشار متوسط کارکرد آبیاشها) بیشتر نشود . برای نقطه شروع ، اجازه می دهیم که حداکثر افت بار واحد برابر ۲ psi در هر ۱۰۰ فوت باشد . این مقدار برابر خواهد بود با روش گرادیان افت بار ، که در آن کل افت بار ۲۱/۴ فوت است . بنابراین ، برخی اقطار باید افزایش یابند تا کل افت بار کاهش یابد . اول ، اندازه لوله در قسمتی که بیشترین افت بار واحد را دارد باید افزایش یابد که در این مثال ، بخش A-B می باشد . قطر این قسمت از ۸ به ۱۰ اینچ تغییر داده می شود . اگر این مقدار به مقدار کافی تلفات کل را کاهش نداد ، قطر لوله در قسمتی که از نظر افت بار در رده بعدی قرار دارد را افزایش می دهیم و این کار را تا زمانی که لازم باشد ادامه می دهیم . نتایج این روش نیز که به مجموع افت بار برابر با ۱۵/۹ فوت منجر می شود در جدول ۸،۱۱ آورده شده است .

۴- انتخاب به روش اقتصادی : اندازه لوله ها به نحوی انتخاب می شود که مجموع هزینه های ثابت سالیانه و هزینه های پمپاژ سالیانه حداقل باشد . در این مثال ، مجموعه اقطاری که از نظر عملی امکان استفاده دارند باید در نظر گرفته شوند :

نام بخش	شدت جریان , gpm	قطر لوله , in.
P-A	1200	12, 10, or 8
A-B	900	12, 10, or 8
B-C	600	10, 8, or 6
C-D	300	8, 6, or 5

اگر تمامی ترکیبات ممکن از این اقطار در نظر گرفته شود ، ۲۸ تکرار لازم است که در همه آنها ، قطر لوله بالادست هرگز نباید از قطر لوله پایین دست کوچکتر باشد .

نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی ، شکل ۸،۴ ، برای ساده سازی فرآیند انتخاب ، مورد استفاده قرار گرفت . (اگر پارامترهای اقتصادی در این مثال ، با پارامترهایی که در شکل ۸،۴ فرض شده اند متفاوت باشد ، باید نمودار جدیدی ترسیم شود) . در روش اقتصادی ، در نهایت ، کل افت بار برابر با ۵/۶ فوت خواهد بود (جدول ۸،۱۱) که در قیاس با سایر روشها بسیار کمتر است .

تحلیل و مقایسه روشهای مختلف انتخاب قطر لوله

شاید در اولین نگاه تعجب برانگیز باشد که چرا چنین لوله های بزرگی برای مثال ۸،۳ مربوط به روش اقتصادی در نظر گرفته شده اند . صحت روش اقتصادی با مقایسه مجموع هزینه های سالیانه ثابت و هزینه های سالیانه بهره برداری مربوط به ترکیبات مختلف قطر لوله ها در جدول ۸،۱۱ می تواند مورد آزمایش قرار گیرد . برای اجرای این مقایسه و آزمایش ، کل هزینه لوله ها باید در فاکتور بازگشت سرمایه ، CRF ، ضرب شود تا هزینه های ثابت سالیانه محاسبه شود . هزینه سالیانه انرژی و بهره برداری ، CE' ، برابر است با کل افت اصطکاک ضربدر هزینه سالیانه انرژی به ازای واحد افت اصطکاک . CE' از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$CE' = \frac{EAE(e) E Q_s}{K} h_f \quad (۸،۱۷)$$

CE' : هزینه انرژی سالیانه معادل افت اصطکاک (دلار)

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک ۱۰۲ و سیستم انگلیسی ۳۹۶۰.

EAE(e): فاکتور هزینه های سالیانه مربوط به افزایش قیمت سوخت.

E: هزینه سالیانه فعلی انرژی برای هر واحد توان خروجی که از رابطه ۸,۱۴ محاسبه می شود (\$/kW-Year)

Q_s: کل ظرفیت سیستم (L/s)

h_f: کل افت بار ناشی از تلفات اصطکاکی (m)

جدول ۸,۱۲ مقایسه بین کل هزینه های سالیانه برای ترکیبات متفاوت قطر لوله که در جدول ۸,۱۱ ارائه شده اند را نشان می دهد. از جدول ۸,۱۲ مشخص است که انتخاب قطر لوله ها به روش اقتصادی منجر به پایین ترین هزینه سالیانه می گردد.

با وجود اینکه روش اقتصادی معمولاً پایین ترین هزینه سالیانه را به دست می دهد، سرمایه گذاران اغلب در سرمایه گذاری اولیه زیاد، دچار تردید می باشند. این موضوع از آن جهت است که آنها نگران هزینه سرمایه گذاری خود از بابت ریسکهای متعدد اقتصادی موجود می باشند. اگر این روش برای مقادیر n، i و e استفاده شود، این پارامترها می توانند تغییر داده شوند، زیرا مقادیر این پارامترها واقعاً مقادیری تخمینی یا پیش بینی شده می باشند. کاهش مقدار n یا e یا افزایش مقدار i موجب می شود که مناطق مربوط به اندازه قطر لوله در نمودار انتخاب قطر به روش اقتصادی، به سمت راست حرکت کنند. بنابراین قطر لوله ها کاهش پیدا می کند. ساده ترین کار این است که مقدار n کاهش یابد تا تعداد سالهایی که سرمایه گذاران مایلند تا صبر کنند و نتیجه جبران سرمایه گذاری اولیشان را به وسیله صرفه جویی در انرژی ببینند، کاهش یابد. اگر مقدار n به اندازه کافی کوچک شود، روش اقتصادی مقدار سرمایه گذاری اولیه کمتری نسبت به روش درصد افت بار بدست می دهد. (جدول ۸,۱۲ را ببینید). با اینحال، این روش همواره اندازه ای از لوله را بدست می دهد که برای روشهای دیگر انتخاب قطر لوله، مقدار بهینه محسوب نمی شوند.

جدول ۸,۱۲ / مقایسه کل هزینه سالیانه برای ترکیب های مختلف قطر لوله مربوط به مثال ۸,۳.

روش تعیین قطر برای C-D	هزینه اولیه \$	هزینه ثابت سالیانه \$	کل h _f ft	هزینه سالیانه انرژی \$	کل هزینه سالیانه \$
گرادیان هیدرولیکی	5000	1070	21.4	899	1969
سرعت جریان	4500	963	39.7	1667	2630
درصد افت بار	5250	1124	15.9	668	1792
اقتصادی	6250	1338	5.6	235	1573

از جدول ۹,۹: برای $i = 20\%$ و $n = 15$ سال، مقدار CRF برابر با ۰,۲۱۴ تعیین می شود.

هزینه ثابت سالیانه + هزینه سالیانه انرژی = کل هزینه سالیانه

تأیید روش استفاده از نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی

نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی با استفاده از تحلیل طول واحد در هر قسمت از لوله، قابل تأیید است. این موضوع برای قسمت C-D در شکل ۸,۶ انجام گرفته و نتایج آن در جداول ۸,۱۳ آورده شده است. در این قسمت،

شدت جریان تنها ۳۰۰ گالن در دقیقه است . با این وجود ، کل ظرفیت سیستم باید در رابطه ۸,۱۷ استفاده شود تا هزینه سالیانه افت بار در قسمت C-D محاسبه گردد . این کار (استفاده از ظرفیت کل سیستم) ضروریست ، زیرا بار فشار اضافی مورد نیاز برای جبران افت اصطکاکی در تمامی قسمتهای لوله ، باید توسط ایستگاه پمپاژ تأمین شود .

در جدول ۸,۱۳ ، لوله ۸ اینچی کمترین هزینه کل سالیانه را دارد . بنابراین ، این لوله اقتصادی ترین لوله برای قسمت C-D می باشد . این انتخاب ، در انطباق کامل با انتخاب قطر لوله به روش شرح داده شده در روش اقتصادی (و استفاده از نمودار ۸,۴) می باشد .

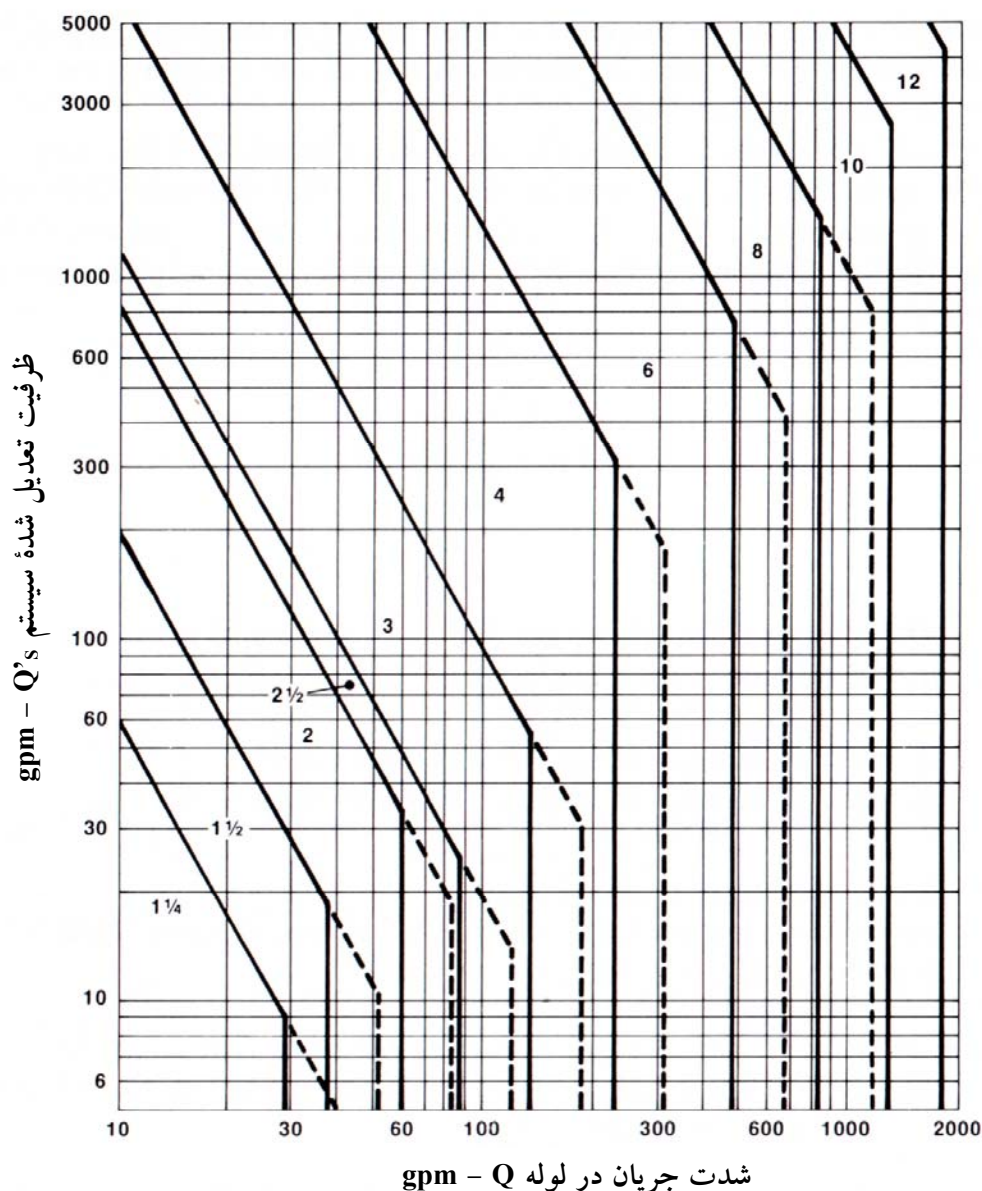
جدول ۸,۱۳ / مقایسه کل هزینه سالیانه برای ترکیب های مختلف قطر لوله برای قسمت C-D از خط اصلی در شکل ۸,۶ .

قطر اسمی لوله	سرمایه اولیه	هزینه ثابت سالیانه	افت بار C-D, $h_f/100 \text{ ft}$	هزینه سالیانه انرژی	کل هزینه سالیانه
in.	\$/100 ft	\$/100 ft		\$/100 ft	\$/100 ft
10	300	64	0.07	3	67
8	250	54	0.22	9	63
6	200	43	0.88	37	80
5	150	32	2.15	90	122

نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی

شکل ۸,۷ ، نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی که برای لوله های IPS-PVC ترموپلاستیک طراحی شده است را نشان می دهد .

در این نمودار ، مقدار SDR برای لوله های تا ۱/۲-۲ اینچ (دو و یک دوم اینچ) برابر ۲۶ ، برای لوله های ۳ اینچی ۳۲/۵ و لوله های ۴ اینچی یا بزرگتر ، ۴۱ می باشد . درواقع این اقطار و ضخامت دیواره ها که در این نمودار استفاده شده ، همانهایی هستند که بر اساس آنها ، افت اصطکاکی در جدول ۸,۳ و ۸,۵ محاسبه شده است . نمودار این قابلیت را دارد که برای پارامترهای اقتصادی خاص هر طرح اصلاح شود و مستقیماً برای انتخاب اقتصادی ترین لوله در سیستم های غیرحلقه ای (دارای یک ایستگاه پمپاژ) استفاده شود . نمودار ۸,۷ تنها برای قطرهای ذکر شده و مقادیر SDR مربوط به آنها ، عمومیت دارد . جایگاه نصبی لوله ها نسبت به یکدیگر برای مقادیر SDR (فشار) متفاوت ، کمی تفاوت خواهد کرد .



شکل ۸,۷ / نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی برای لوله های PVC : $SDR = 26$ و بیشتر برای قطر $2\frac{1}{2}$ اینچ ، $SDR = 32.5$ برای قطر ۳ اینچ و $SDR = 41$ برای قطر ۴ اینچ و بزرگتر .

ترسیم نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی

نمودار عمومی انتخاب قطر لوله برای لوله های PVC با فرض مقادیر مناسب برای فاکتور بازگشت سرمایه ، CRF ، هزینه معادل هر واحد اسب بخار در سال ، E' ، و هزینه واحد وزن لوله های PVC ترسیم می شود . مرحله‌ای که منجر به طراحی نمودار می شوند همانند روش طراحی نمودار ۸,۴ می باشند . هزینه لوله ها ، با ضرب هزینه هر واحد وزن لوله در وزن هر واحد طول لوله PVC تخمین زده می شود .

شدت جریان کل سیستم ، Q_s ، می تواند در رابطه ۸,۱۵ قرار داده شود (مرحله ۵ را ببینید) تا هر $\Delta J_{(s-b)}$ محاسبه شود . رابطه زیر را برای دستیابی به شدت جریانی که مقادیر مطلوب $\Delta J_{(s-b)}$ را مستقیماً بدست می دهد (به جای روش

سعی و خطا که در مرحله ۶ مربوط به ساخت نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی، نمودار ۸,۴، تشریح شد (استفاده کنید :

$$Q = \left[\frac{\Delta J_{(s-b)}}{K(D_s)^c - K(D_b)^c} \right]^{1/b} \quad (8,18)$$

Q: شدت جریانی که مقدار مطلوب $\Delta J_{(s-b)}$ را بدست می دهد (L/s)

$\Delta J_{(s-b)}$: تفاوت در گرادیان افت بار بین قطرهای مجاور (m/100m)

D_s : قطر داخلی لوله کوچکتر (mm)

D_b : قطر داخلی لوله بعدی (بزرگتر)، (mm)

برای استفاده از رابطه هیزن-ویلیامز (رابطه ۸,۱):

K: ثابت تبدیل واحد، $C^b / 10^{12} \times 1/212$ برای سیستم متریک و $C^b / 10^{50}$ برای سیستم انگلیسی، $b = 1/852$ و $c = -4/87$.

برای لوله های پلاستیکی با قطر کوچکتر از ۱۲۵ میلیمتر (۵ اینچ)، رابطه ۸,۷ a:

K: ثابت تبدیل واحد، $7/89 \times 10^7$ در سیستم متریک و $0/133$ برای سیستم انگلیسی، $b = 1/75$ و $c = -4/75$.

برای لوله های پلاستیکی با قطر بزرگتر از ۱۲۵ میلیمتر (۵ اینچ)، رابطه ۸,۷ b:

K: ثابت تبدیل واحد، $8/58 \times 10^7$ در سیستم متریک و $0/100$ برای سیستم انگلیسی، $b = 1/83$ و $c = -4/83$.

نقاط را باید در مرحله ۷ (مربوط به منحنی انتخاب قطر به روش اقتصادی شرح داده شده است) مشخص کنید و خطوط با شیب ۱/۸- باید از طریق هر نقطه رسم گردند تا مناطق مربوط به اقتصادی ترین قطر لوله مشخص شوند. (شیب ۱/۸- درواقع متوسط توان دبی در روابط ۸,۷ a و ۸,۷ b می باشد).

در انتهای پایینی هر خط شیبدار در شکل ۸,۷، ۲ خط عمودی ترسیم شده اند. خطوط پررنگ سیاه، شدت جریانی را نشان می دهند که سرعت جریان بالاتر از ۱/۵ متر در ثانیه را ایجاد می کند. از آنجاییکه محدودیت سرعت بر ملاحظات اقتصادی تقدم دارد، خطوط عمودی مرزی را تعریف می کنند که بالاترین شدت جریان را دارد. خطوط منقطع برای محدودیت سرعت ۲/۱ متر در ثانیه می باشند.

استفاده از نمودار عمومی

نمودار عمومی انتخاب قطر لوله ها به روش اقتصادی (شکل ۸,۷) بر اساس قیمت ۱ دلار برای هر پوند انگلیسی از وزن لوله PVC ترموپلاستیکی IPS، با حداقل SDR مورد قبول و، $C_p = \$1 / lb$ ، $E' = \$100 / hp\text{-year}$ و $CRF = 0/1$ می باشد.

برای استفاده از شکل ۸,۷ در سیستم هایی که پارامترهای اقتصادی متفاوتی دارند، شدت جریان کل سیستم، Q_s ، باید برای جبران قیمت متفاوت هر واحد وزن لوله، E' ، و مقدار متفاوت CRF، اصلاح شود. برای انجام این کار، ابتدا مقدار E' را محاسبه کنید:

$$E' = \frac{Q_t C_f EAE(e)}{(E_p / 100)} \quad (۸,۱۹)$$

E' : هزینه معادل سالیانه انرژی برای هر واحد توان خروجی (\$/kW-year)

Q_t : کل ساعات کار سیستم در طول سال (hr/year)

C_f : هزینه سوخت برای هر واحد توان خروجی (\$/hp-hr) ، (قیمت واحد سوخت تقسیم بر انرژی خروجی در ازای هر واحد سوخت مصرفی) .

$EAE(e)$: فاکتور ارزش سالیانه افزایش هزینه های انرژی ، جدول ۸,۱۱ یا رابطه ۸,۱۲ .

E_p : راندمان پمپ (%)

سپس ، مقدار CRF را از جدول ۸,۹ یا رابطه ۸,۱۳ محاسبه کرده و فاکتور اصلاح شدت جریان سیستم را محاسبه کنید :

$$A_f = \frac{K_{uc} E'}{CRF \cdot C_p} \quad (۸,۲۰)$$

A_f : فاکتور اصلاح شدت جریان سیستم

K_{uc} : ضریب ثابت نمودار انتخاب قطر عمومی

C_p : قیمت (هزینه) واحد وزن لوله (\$/kg)

مقدار K_{uc} بستگی به پارامترهای اقتصادی دارد که در ترسیم نمودار استفاده شده است و از رابطه ۸,۲۰ و با قرار دادن ۱ = A_f و نیز قرار دادن پارامترهای اقتصادی با مقادیری که در ترسیم نمودار استفاده شده اند ، محاسبه می شود . برای مثال ، در شکل ۸,۷ :

$$K_{uc} = 1 \times \left[\frac{CRF \cdot C_p}{E'} \right]_{\text{chart}} = \frac{1 \times 0.1 \times 1}{100} = 0.001$$

شدت جریان سیستم برای استفاده در نمودار (شدت جریان اصلاح شده ، L/s) عبارت است از :

$$Q_s' = A_f Q_s \quad (۸,۲۱)$$

مثال ۸,۴: استفاده از نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی

اطلاعات : ایستگاه پمپاژ برقی برای سیستم آبیاری که به مدت ۲۳۰۰ ساعت در سال کار می کند ، یعنی : ۲۳۰۰ hr/year . $Q_t =$

قیمت واحد الکتریسیته : \$۰/۰۷ / kWh

راندمان پمپ : $E_p = ۸۲\%$

برآورد افزایش سالیانه قیمت الکتریسیته : $e = ۹\%$

عمر مفید مورد انتظار : $n = ۲۰$ سال

نرخ مورد انتظار بازگشت سرمایه : $i = ۲۰\%$

هزینه لوله های PVC : $C_p = \$0.76 / lb$

مطلوب است : انتخاب اقتصادی ترین قطر لوله برای سیستم آبیاری بارانی که آرایش آن در شکل ۸,۶ نشان داده شده ، با استفاده از نمودار ۸,۷.

محاسبات : ابتدا ، از جدول ۸,۹ یا رابطه ۸,۱۲ مقدار EAE مربوط به $e = 9\%$ ، $1/594$ و مقدار CRF را 0.205 در نظر می گیریم (برای i ، n و e ذکر شده).

سپس فاکتور افزایش سالیانه هزینه انرژی ، E' ، را محاسبه می کنیم . با فرض راندمان موتور الکتریکی برابر با 90% ، فاکتور تبدیل الکتریسیته برابر $1/2$ hp-hr/kWh خواهد بود . بنابراین ،

$$C_f = 0.07/1.2$$

و با استفاده از رابطه ۸,۱۹ :

$$E' = \frac{Q_t C_f EAE(e)}{(E_p / 100)} = \frac{2300 \times 0.07 \times 1.594}{(82/100) \times 1.2} = \$260.81 / \text{hp} - \text{year}$$

سپس ، مقدار فاکتور اصلاح شدت جریان سیستم را از رابطه ۸,۲۰ محاسبه می کنیم .

$$A_f = \frac{K_{uc} E'}{CRF \cdot C_p} = \frac{0.01 \times 260.81}{0.205 \times 0.76} = 1.67$$

از شکل ۸,۶ ، شدت جریان سیستم برابر 1200 گالن در دقیقه خواهد بود . بنابراین با استفاده از رابطه ۸,۲۱ ، شدت جریان اصلاح شده برای استفاده در نمودار انتخاب قطر خواهد بود :

$$Q_s' = A_f Q_s = 1.67 \times 1200 = 2009 \text{ gpm}$$

از روش شکل ۸,۷ ، اقتصادی ترین اندازه لوله برای سیستم آبیاری بارانی شکل ۸,۶ به این صورت می باشد :

قسمت P-A : $Q = 1200 \text{ gpm}$: قطر ۱۰ اینچ

قسمت A-B : $Q = 900 \text{ gpm}$: قطر ۱۰ اینچ

قسمت B-C : $Q = 600 \text{ gpm}$: قطر ۸ اینچ

قسمت C-D : $Q = 300 \text{ gpm}$: قطر ۸ اینچ

جالب توجه است که به دلیل محدودیت سرعت ۵ فوت در ثانیه ، دبی 1200 گالن در دقیقه در مرز لوله ۱۲ و ۱۰ اینچی قرار می گیرد . با محاسبه سرعت جریان در لوله ۱۰ اینچی که قطر داخلی آن 10.226 اینچ است (جدول ۸,۵ را ببینید) با استفاده از رابطه ۸,۱۶ ، این مسئله مشخص می گردد .

$$V = 0.4085 \frac{1200}{10.226^2} = 4.7 \text{ ft/s}$$

بخش عمودی خطی که قطرهای ۱۰ و ۱۲ اینچی را از یکدیگر جدا می کند برای شدت جریان 1280 گالن در دقیقه رسم شده که منجر به سرعت جریانی برابر با ۵ فوت در ثانیه می شود .

مثال ۸,۵ : انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی و عددی (محاسباتی) و نمایش تأثیر شدت جریان کل سیستم ، Q_s ، بر روی این انتخاب .

اطلاعات : دو سیستم آبیاری بارانی طبق شکل A ۸,۸ با پارامترهای بهره برداری و اقتصادی زیر :

نرخ بهره ۱۰ درصد ،

دوره اقتصادی : ۱۰ سال ،

نرخ تورم : ۹ درصد ،

متوسط زمان کارکرد سالانه سیستم : ۳۴۰۰ ساعت ،

هزینه سوخت گازوئیل : ۰/۲ دلار در لیتر ،

بازده سوخت : ۳ کیلووات ساعت در لیتر ،

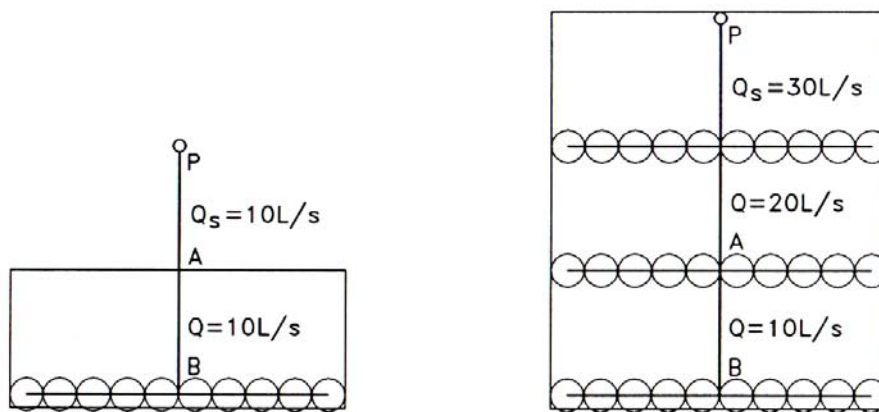
راندمان پمپ : ۷۵ درصد .

مجموعه ای از لوله های PVC با تحمل فشار ۶ اتمسفر با ابعاد زیر و هزینه ها ، بر اساس قیمت لوله ۳ دلار در هر کیلوگرم لوله :

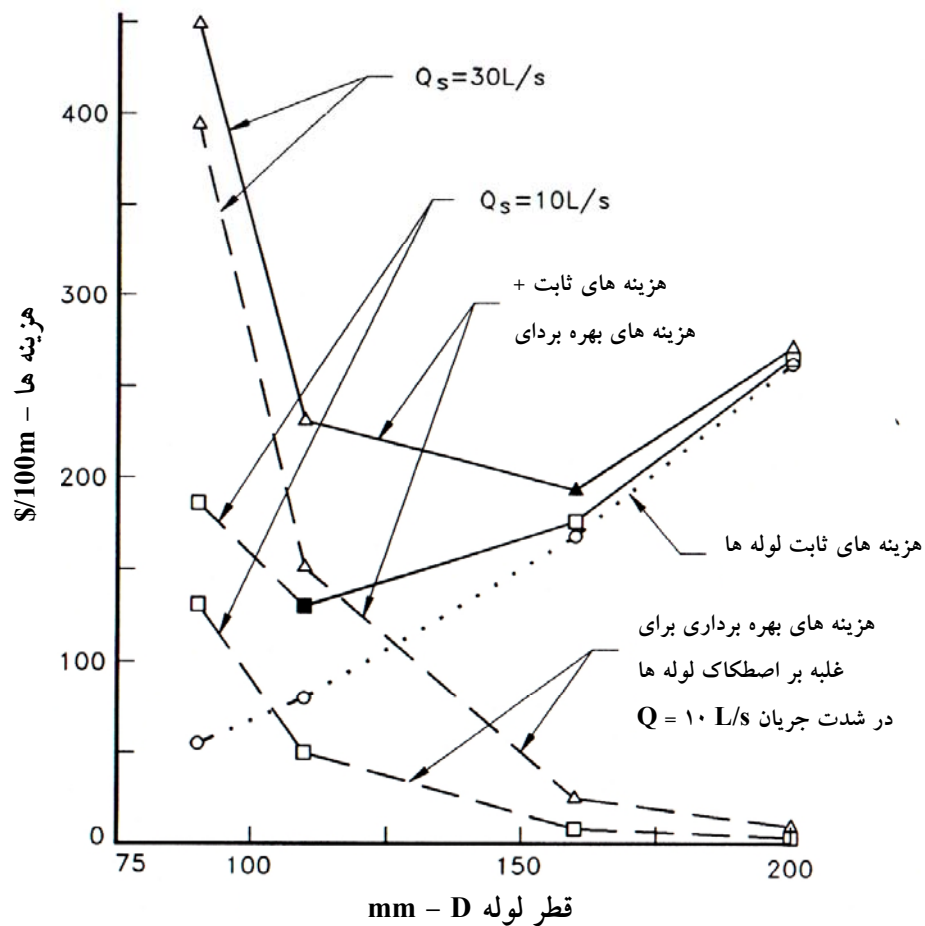
قطر اسمی mm	ضخامت جداره mm	قطر داخلی mm	وزن kg/m	هزینه \$/100 m
90	2.7	84.6	1.130	339
110	3.2	103.6	1.640	492
160	4.7	150.6	3.440	1032
200	5.9	188.2	5.370	1611

مطلوب است : اقتصادی ترین قطر لوله برای قسمت A-B در هر دو سیستم . به صورت شماتیک مشخص شده است که اندازه بهینه لوله تابعی از ظرفیت سیستم ، Q_s ، می باشد .

محاسبات : فاکتور بازگشت سرمایه ، CRF ، را ۰/۱۶۳ (از جدول ۸,۹ یا رابطه ۸,۱۳) اختیار کنید . (برای $n = 20 \text{ year}$ ، $i = 10\%$) . سپس قیمت لوله را در ۰/۱۶۳ ضرب کنید تا هزینه ثابت سالانه ۱۰۰ متر از هر قسمت از لوله را بیابید .



A / آرایش سیستم .



B / هزینه ها در برابر قطر لوله برای قسمت A-B .

شکل ۸.۸ / تأثیر شدت جریان سیستم ، Q_s ، بر روی مجموع هزینه های سالیانه بعلاوه هزینه های بهره برداری .

فاکتور ارزش سالیانه افزایش هزینه های انرژی را با در نظر گرفتن $e = 0.09$ و $i = 0.1$ و عمر مفید سیستم $n = 10$ years از جدول ۸,۹ یا رابطه ۸,۱۲ محاسبه کنید .

$$EAE(9) = \left[\frac{(1+0.09)^{10} - (1+0.1)^{10}}{(1+0.09) - (1+0.1)} \right] \times \left[\frac{0.1}{(1+0.1)^{10} - 1} \right] = 1.42$$

مرحله بعد ، محاسبه فاکتور افزایش سالیانه هزینه انرژی از رابطه زیر است :

$$E' = \frac{Q_t (\text{unit fuel cost}) EAE(e)}{(E_p/100)(\text{hp} - \text{hr per unit of fuel})} = \frac{3400 \times 0.2 \times 1.42}{(75/100) \times 3} = \$429/\text{kW} - \text{year}$$

سپس افت بار در هر ۱۰۰ متر طول لوله ، J ، را برای شدت جریان ۱۰ لیتر در ثانیه و اندازه های مختلف لوله محاسبه می کنیم :

$$J = 7.89 \times 10^7 \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \quad D \leq 125\text{mm} \quad (8,7 a)$$

$$J = 9.58 \times 10^7 \times \frac{Q^{1.83}}{D^{4.83}} \quad D > 125\text{mm} \quad (8,7 b)$$

برای مثال ، در لوله ۹۰ میلیمتری با قطر داخلی ۸۴/۶ میلیمتر ،

$$J = 7.89 \times 10^7 \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} = 7.89 \times 10^7 \times \frac{10^{1.75}}{84.6^{4.75}} = 3.11 \text{ m}/100\text{m}$$

سپس هزینه غلبه بر افت اصطکاک در هر ۱۰ متر طول لوله ، J ، را برای رسیدن به دبی ۱۰ لیتر در ثانیه و دبی کل سیستم ، Q_s ، برابر با ۳۰ لیتر در ثانیه برای اندازه های گوناگون لوله در قسمت A-B ، از رابطه ۸,۱۷ محاسبه می کنیم . این رابطه را می توان به صورت زیر نوشت :

$$\text{Annual Operating Cost} = CE' = \frac{E' Q_s}{K} J \quad (8,22)$$

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک برابر ۱۰۲ و برای سیستم انگلیسی برابر ۳۹۶۰ .
برای مثال وقتی دبی لوله ۱۰ لیتر در ثانیه است ،

$$(\text{Annual Operating Cost})_{90} = CE' = \frac{429 \times 10}{102} \times 3.11 = \$131/100\text{m}$$

و با $Q_s = 30 \text{ L/s}$:

$$(\text{Annual Operating Cost})_{90} = CE' = \frac{429 \times 30}{102} \times 3.11 = \$392/100\text{m}$$

هزینه های ثابت و بهره برداری سالیانه را برای هر مجموعه از قطرهای محاسبه می کنیم تا اندازه لوله ای که کمترین هزینه کل را برای سیستم ایجاد می کند (جدول ۸,۱۴) مشخص شود .

شکل B ۸,۸ که ترسیم داده های مسئله می باشد ، نشان می دهد که لوله ۱۱۰ میلیمتری ، اندازه بهینه ای برای سیستم با دبی ۱۰ لیتر در ثانیه ، و لوله ۱۶۰ میلیمتری ، اندازه بهینه برای سیستم با دبی ۶۰ لیتر در ثانیه می باشد

جدول ۸، ۱۴ / خلاصه محاسبات مربوط به شکل A ۸، ۸، شامل هزینه های ثابت ، هزینه های بهره برداری و مجموع هزینه های سالیانه برای قطر های مختلف در قسمت A-B .

قطر اسمی mm	هزینه ثابت \$/100 m	J at $Q = 10 \text{ L/s}$ m/100 m	هزینه های سالیانه بهره برداری		مجموع هزینه ها \$/100 m
			$Q_s = 10 \text{ L/s}$ \$/100 m	$Q_s = 30 \text{ L/s}$ \$/100 m	
90	55	3.11	131	—	186
110	80	1.19	50	—	130
160	168	0.196	8	—	176
200	262	0.067	3	—	265
90	55	3.11	—	392	447
110	80	1.19	—	150	230
160	168	0.196	—	25	193
200	262	0.067	—	8	270

۹- طراحی لاترالهای ثابت

داشتن فشار یکسان در خروجی تمامی لاترالها، هرگز عملی نیست. بنابراین، اندازه خطوط لاترال باید به نحوی انتخاب شوند که کل تغییرات فشار در لوله، ناشی از اصطکاک و تغییر ارتفاع (شکل ۲,۲ را ببینید) بین حدودی که در فصل ۷ تشریح شدند قرار گیرد. این مقدار، معمولاً ۲۰ درصد از متوسط فشار کارکرد آبپاشها در نظر گرفته می شود. اگر این معیار رعایت شود، زمانیکه فشار در ورودی لاترال به میزان P_1 تنظیم شده باشد، ضریب یکنواختی کریستیانسن، CU ، در سیستم حدود $CU \times 0.97$ و مقدار DU سیستم در حدود $DU \times 0.96$ (رابطه ۶,۵ را ببینید) خواهد بود.

فشار ورودی و قطر لوله های فرعی (لاترالها)

طراحی لاترالها در زمینهای صاف و بدون شیب، زمینهای با شیب رو به بالا و یا شیب رو به پایین به صورت خاص و متفاوت صورت می گیرد. مثال ۹,۱ به این منظور ارائه شده است که مشخصات هیدرولیکی عمومی در لوله های دارای تعدادی خروجی را نمایش دهد. آنچه در این مثال وجود دارد عبارت است از: استفاده از ضریب کاهش دبی برای محاسبه افت اصطکاکی، منحنی افت اصطکاک در لوله، و رابطه بین فشار متوسط، ورودی و فشار حداقل در طول لوله لاترال (H_n و H_l ، H_a)

مثال ۹,۱: اثبات صحت استفاده از ضریب کاهش دبی در محاسبه افت اصطکاک در لوله های دارای خروجی.

اطلاعات: لوله آلومینیومی ۲ اینچی به طول ۱۰۰۰ فوت و دارای ۱۰ خروجی به فواصل ۱۰۰ فوتی از یکدیگر. هر خروجی دارای دبی ۱۰ گالن در دقیقه می باشد.

مطلوب است: محاسبه افت اصطکاک در لوله با دو روش؛

- استفاده از داده های جدول ۸,۱.

- استفاده از رابطه $a_{8.8}$.

افت اصطکاک را در طول لوله به صورت نمودار نمایش داده و فشار متوسط را در طول خط لوله و محل وقوع فشار متوسط را مشخص کنید.

محاسبات:

۱- با استفاده از جدول ۸,۱: کل افت اصطکاک برابر است با مجموع افت اصطکاک در هر بخش ۱۰۰ فوتی از لوله. برای مثال، قسمت اول لوله دبی ۱۰۰ گالن در دقیقه را حمل می کند و تلفات در این قسمت، $28/36$ فوت می باشد. بخش دوم دبی ۹۰ گالن در دقیقه و افت اصطکاک $23/33$ فوت و بخش انتهایی لوله دارای دبی ۱۰ گالن در دقیقه و تلفات $0/4$ فوت می باشد. مجموع این تلفات در ۱۰ قسمت از لوله به این صورت خواهد بود:

$$h_f = \text{Sum of losses in each section} - 114.05 \text{ ft}$$

با استفاده از رابطه $a_{8.8}$: با در نظر گرفتن $J = 28/36 \text{ ft}/100$ برای دبی ۱۰۰ گالن در دقیقه از جدول ۸,۱ و مقدار $0/4 = F$ برای ۱۰ خروجی بر روی لوله از جدول ۸,۷:

$$h_f = JF \frac{L}{100} = 28.36 \times 0.4 \times \frac{1000}{100} = 113.4 \text{ ft}$$

این مقدار اصولاً برابر مقدار است که از جدول ۸,۱ محاسبه شد.

برای ترسیم منحنی افت اصطکاک، ابتدا مجموع افت اصطکاک را با شروع از انتهای بسته لوله با استفاده از داده های جدول ۸,۱ برای لوله آلومینیومی ۲ اینچی محاسبه می کنیم:

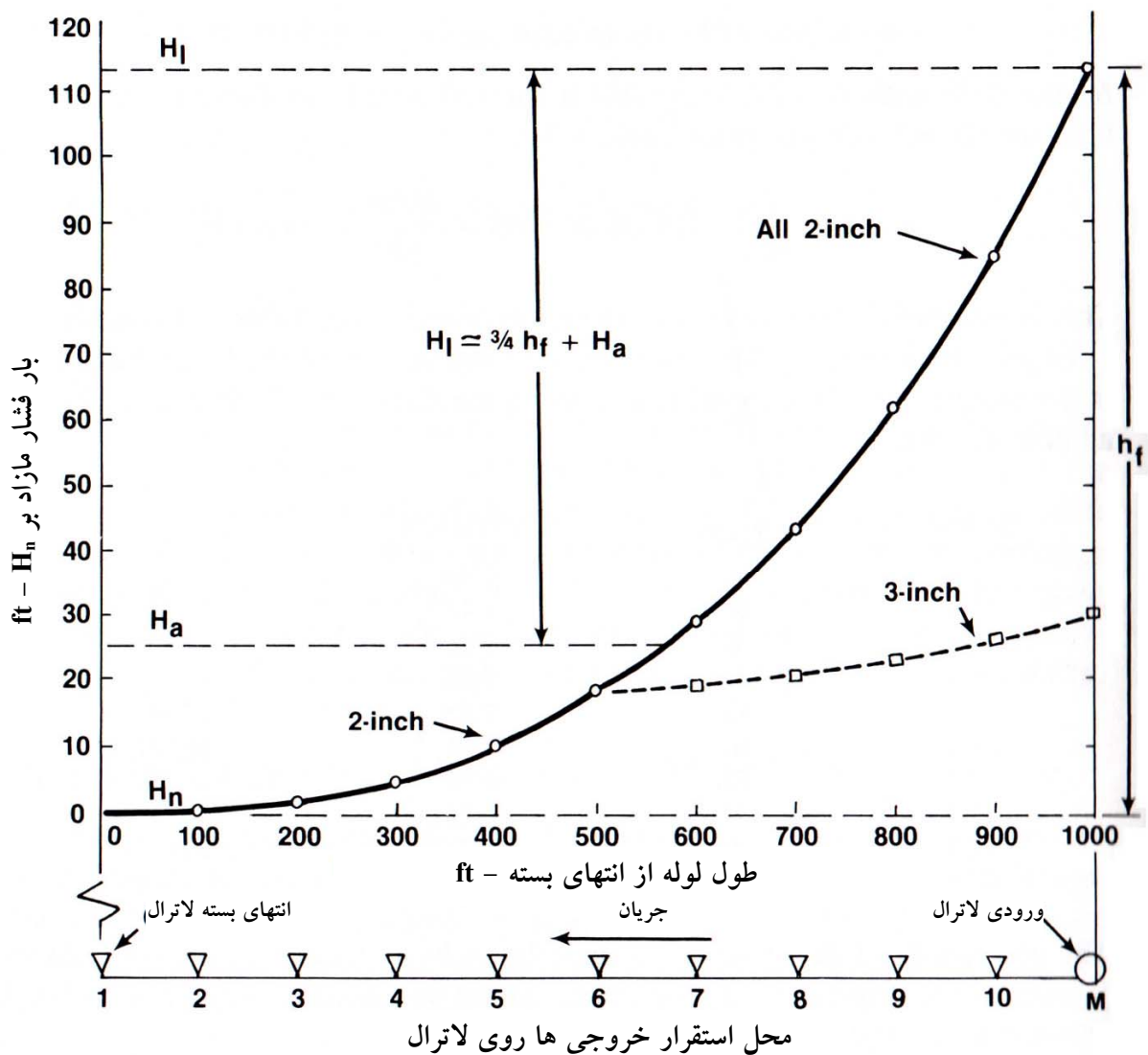
نام بخش	شدت جریان -gpm	$h_f/100 \text{ ft} - \text{ft}$	$h_f - \text{ft}$ مجموع
2-1	10	0.40	0.40
3-2	20	1.44	1.84
4-3	30	3.05	4.89
5-4	40	5.20	10.09
6-5	50	7.85	17.94
7-6	60	11.01	28.95
8-7	70	14.65	43.60
9-8	80	18.76	62.36
10-9	90	23.33	85.69
M-10	100	28.36	$h_f = 114.05$

بار فشار از محل ورودی در نقطه M تا میزان حداقلی در خروجی شماره ۱ در انتهای بسته لاترال یا منیفولد کاهش می یابد. اختلاف فشار هر خروجی با مقدار فشار در خروجی شماره ۱ به این صورت می باشد:

بار فشار مازاد بر		بار فشار مازاد بر	
خروجی	$H_n - \text{ft}$	خروجی	$H_n - \text{ft}$
1	0.0	7	29.0
2	0.4	8	43.6
3	1.8	9	63.4
4	4.9	10	85.7
5	10.1	M	—
6	17.9		$\Sigma = 256 \text{ ft}$

منحنی پیرنگ بین خروجی شماره ۱ و نقطه ورودی لاترال، M، در شکل ۹,۱ با استفاده از داده های مسئله ترسیم شده است (منحنی پیرنگ بین خروجی ۱ تا ۶ بعلاوه منحنی منقطع بین خروجی ۶ تا نقطه ورودی M مربوط به لوله ایست که نیمی از طول آن دارای قطر ۲ اینچ و نیمی دیگر دارای قطر ۳ اینچ می باشد و در مثال ۹,۳ در مورد آن صحبت خواهد شد). در حالت بدون بعد، داده های نمودار اساساً شبیه به داده های جدول ۸,۸ خواهند بود.

متوسط بار فشار خروجی در طول لاترال، H_a ، برابر است با مجموع اختلاف بار فشار تمامی خروجی ها نسبت به H_n تقسیم بر تعداد خروجی ها بعلاوه حداقل بار فشار، H_n .



شکل ۹,۱ / نمودار افت اصطکاکی برای لوله آلومینیومی ۲ اینچی با ۱۰ خروجی به فواصل ۱۰۰ فوت و دبی ۱۰ gpm.

$$H_a = H_n + \frac{256}{10} = H_n + 25.6$$

فشار H_a درست در پایین دست خروجی شماره ۷ و یا در ۶۰ درصد فاصله از انتهای بسته لوله رخ می دهد. علاوه بر این، تقریباً ۷۵ درصد از کل افت اصطکاکی ($h_f = 114 \text{ ft}$) بین نقطه ورودی M و خروجی شماره ۷ که نزدیک به فشار H_a کار می کند قرار می گیرد، یعنی:

$$[114 - 0.75 \times (114)] = 28.5 \text{ ft}$$

دبی متوسط آبپاشها

دبی متوسط آبپاش، q_a ، در طول یک لاترال، حدوداً برابر دبی آبپاشی می باشد که در فشار متوسط (در طول لاترال)، H_a ، کار می کند. این موضوع در مثال ۹,۲ مشخص شده است.

مثال ۹,۲: اثبات این موضوع که دبی آبپاشی که در فشار متوسط کار می کند ، تقریباً برابر است با دبی متوسط .

اطلاعات : داده ها مربوط به مثال ۹,۱ برای لاترال آلومینیومی ۲ اینچی با ۱۰ آبپاش .

مطلوب است : دبی متوسط در بین ۱۰ آبپاش در طول لاترال با فرض اینکه فشار متوسط کارکرد آبپاش ، H_a ، برابر ۴۰۰ فوت بوده ، آبپاشی که در این فشار کار می کند ، دبی برابر با ۱۰ گالن در دقیقه دارد .
محاسبات : با تغییر شکل رابطه b ۵,۱ و نوشتن آن برای K_d ، مقدار آن ضریب محاسبه می شود .

$$K_d = \frac{10}{400^{0.5}} = 0.5$$

همچنین از داده های مربوط به افت اصطکاک در مثال ۹,۱ مشخص می شود که :

$$H_1 = H_n = 400 - 25.6 = 374.4 \text{ ft}$$

با استفاده از رابطه ۵,۱ و اعمال ضریب $K_d = 0.5$ ، دبی آبپاش انتهایی مشخص می شود :

$$q_1 = 0.5 (374.4)^{0.5} = 9.67 \text{ gpm}$$

بار فشار در آبپاشهایی که به ترتیب ، در بالادست این آبپاش قرار دارند ، با اضافه کردن افت اصطکاک بین خروجی های متوالی محاسبه می شود . به عنوان مثال :

$$H_2 = H_1 + (h_f)_{1-2} = 374.4 + 0.4 = 375 \text{ ft}$$

و به این ترتیب دبی هر یک از آبپاش ها به روش فوق محاسبه و در جدول زیر آورده شده است .

خروجی	$h_f - \text{ft}^*$	$H - \text{ft}$	$q - \text{gpm}$
1	—	374.4	9.67
2	0.4	375	9.68
3	1.4	376	9.70
4	3.1	379	9.73
5	5.2	384	9.80
6	7.9	392	9.90
7	11.0	403	10.04
8	14.7	418	10.22
9	18.8	437	10.45
10	23.3	460	10.72
			مجموع = 99.91

* افت اصطکاکی تا خروجی بعدی .

از آنجاییکه ۱۰ آبپاش بر روی لاترال وجود دارد ، دبی متوسط آبپاش ها ، $q_a = 9/99$ گالن در دقیقه خواهد بود . بنابراین ، محاسبات بالا نشان می دهند که دبی آبپاشی که در فشار متوسط ، H_a ، کار می کند ، تقریباً برابر با متوسط دبی آبپاشها روی یک لاترال می باشد .

گرادیان افت بار در لاترال (گرادیان هیدرولیکی)

رابطه عمومی برای گرادیان هیدرولیکی مجاز، J_a ، در طول لاترال به این صورت است :

$$J_a = K \frac{(0.2P_a - \Delta P_e)}{F(L/100)} \quad (9,1 a)$$

$$= K \frac{(P_f)_a}{F(L/100)}$$

$$= \frac{(h_f)_a}{F(L/100)}$$

J_a : گرادیان هیدرولیکی مجاز (m/100m)

K : ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک ۰/۱۰۲ و برای سیستم انگلیسی ۲/۳۱.

P_a : فشار متوسط کارکرد آبپاش (یا قطره چکان) (KPa)

ΔP_e : اختلاف فشار استاتیک بین ورودی و انتهای لاترال به دلیل اختلاف ارتفاع در طول لاترال که برای مسیرهای

سربالایی، مثبت و برای سرازیری ها، منفی در نظر گرفته می شود (KPa)

$(P_f)_a$: افت فشار مجاز ناشی از اصطکاک (KPa)

$(h_f)_a$: افت بار فشار مجاز ناشی از اصطکاک (m)

F : ضریب تصحیح مربوط به وجود خروجی بر روی لوله (ضریب کاهش دبی) از جدول ۸,۷

L : طول خط لاترال (m)

به منظور محاسبه قطر مناسب برای لاترال، ابتدا مقدار J_a از رابطه ۹,۱ a محاسبه شده و سپس به جدول ۸,۱ برای آلومینیوم و یا جدول ۸,۳ برای PVC ترموپلاستیک مراجعه کرده، با استفاده از کل شدت جریان در لاترال، ردیف مناسب را در جدول پیدا می کنیم. در طول این ردیف به سمت راست حرکت کرده، ستونی از قطر لوله را که حاوی مقدار J نزدیک به مقدار محاسبه شده یا کمتر از آن است را به عنوان قطر مورد نیاز لاترال انتخاب می کنیم. اگر این فرآیند برعکس اجرا شود، مقدار J انتخاب شده در رابطه ۸,۸ b قرار گرفته و افت واقعی فشار ناشی از اصطکاک، P_f ، محاسبه می شود.

فشار در ورودی لاترال

رابطه عمومی برای محاسبه فشار در ورودی لاترال (فشار مورد نیاز در لوله اصلی در محل اتصال لاترال) برای لاترالهای دارای قطر ثابت به صورت زیر است :

$$P_l = P_a + 0.75P_f + 0.5\Delta P_e + P_r \quad (9,2 a)$$

$$H_l = H_a + 0.75h_f + 0.5\Delta H_e + H_r \quad (9,2 b)$$

و برای لاترالهای دارای دو قطر، که منحنی افت اصطکاکی در آنها، خطی تر است، ضریب ۰/۷۵ با ضریب $\frac{5}{8}$ جایگزین می شود. (۰/۶۲۵)

$$P_l = P_a + \frac{5}{8} P_f + 0.5 \Delta P_e + P_r \quad (9,3)$$

P_l : فشار در ورودی لاترال (فشار مورد نیاز در خط انتقال، KPa)

P_f : افت فشار ناشی از اصطکاک (KPa)

P_r : فشار مورد نیاز برای بالا بردن آب در لوله رایزر (لوله رابط آبپاش) که برابر $9/8 \text{ KPa/m}$ به ازای هر متر از طول رایزر است (KPa)

H_l : بار فشار در ورودی لاترال (m)

H_a : بار فشار متوسط کارکرد آبپاشها (یا قطره چکان ها، m)

h_f : افت بار ناشی از اصطکاک (m)

ΔH_e : اختلاف بار فشار استاتیک بین ورودی و انتهای بسته لاترال ناشی از اختلاف ارتفاع، ΔE_l ، در طول لاترال که برای شیبهای سربالایی مثبت و برای شیبهای سرازیری منفی می باشد (m)

H_r : ارتفاع رایزر (m)

رابطه a ۹,۲ و ۹,۳ مقدار فشار P_l مورد نیاز برای دستیابی به P_a طراحی را بدست می دهد. این مقدار P_a ، فشاریست که منجر به دبی طراحی، q_a ، می گردد.

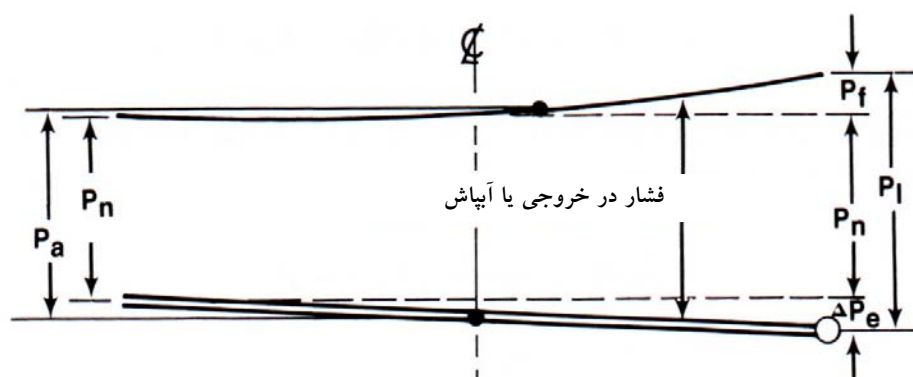
طراحی لاترال

در لاترالهایی که در زمین مسطح قرار گرفته اند، $\Delta P_e = \Delta H_e = 0$ ، و افت فشار مجاز ناشی از اصطکاک در لاترال برابر با ۲۰ درصد P_a خواهد بود.

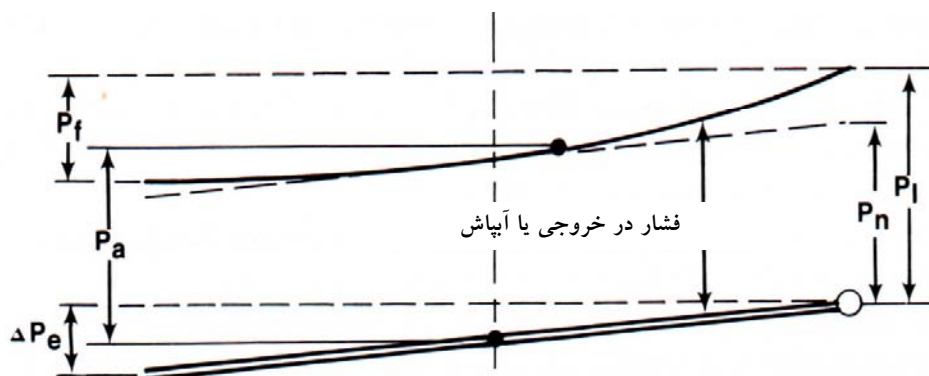
برای لاترالهایی که در سربالایی قرار گرفته اند (شکل a ۹,۲ را ببینید)، P_f برابر ۲۰ درصد P_a منهای اختلاف فشار استاتیک ناشی از اختلاف ارتفاع، ΔP_e ، که برابر اختلاف ارتفاع بین ورودی و انتهای بسته لاترال است (البته ΔP_e ضربدر $9/8$ تا بر حسب KPa محاسبه شود) می باشد. برای لاترالهای واقع در سربالایی، اختلاف ارتفاع، ΔP_e ، مثبت است و با افزایش ارتفاع، بیشتر می شود. بنابراین، اختلاف ارتفاع، منجر به کاهش افت فشار مجاز در اثر اصطکاک در رابطه b ۹,۱ شده و فشار مورد نیاز در ورودی لاترال را، P_l ، که از رابطه a ۹,۲ یا ۹,۳ محاسبه می شود افزایش می دهد. مثال ۹,۴ روش انتخاب قطر لوله و محاسبه P_l را برای لاترالهای در سربالایی نشان می دهد.

برای این لاترالها که در شیب سربالایی قرار دارند، حداقل فشار، P_n ، در انتهای بسته لاترال روی می دهد (در شکل A ۹,۲ مشخص شده است). همچنین، فشار در هریک از خروجی ها در این شکل، برابر فاصله بین خط لاترال تا منحنی اصطکاک لوله می باشد. علاوه بر این، فشار متوسط آبپاش ها، P_a ، برابر است با فاصله بین P_e متوسط و P_f متوسط (که بوسیله نقاط توپر سیاه رنگ در شکل A ۹,۲ مشخص شده اند).

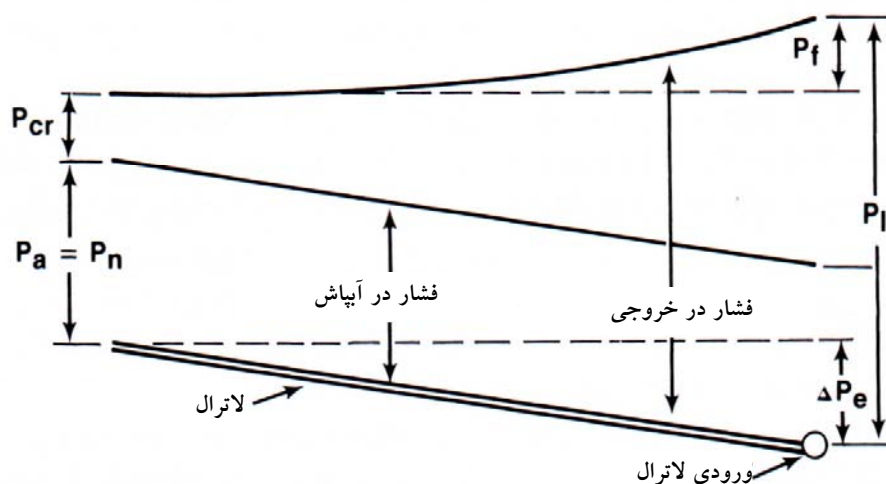
برای لاترالهایی که در سرازیری قرار دارند (شکل B ۹,۲ را ببینید) ، افت فشار مجاز برابر ۲۰ درصد P_a بعلاوه فشار استاتیک کسب شده به دلیل کاهش ارتفاع بین ورودی لاترال و انتهای بسته آن ، ΔP_e ، است . برای این لاترالها ، ΔP_e منفی است ، زیرا ارتفاع در طول لوله کاهش می یابد . بنابراین ، اختلاف ارتفاع باعث می شود تا افت اصطکاکی مجاز در لاترال ، $(P_f)_a$ ، در رابطه b ۹,۱ افزایش یافته و فشار مورد نیاز در ورودی لاترال ، P_l ، که از رابطه a ۹,۲ یا ۹,۳ محاسبه می شود ، کاهش یابد .



A / لاترال مستقر در سربالایی (حداقل فشار در انتهای بسته لوله روی می دهد)



B / لاترال مستقر در سرازیری (حداقل فشار زمانی روی می دهد که گرادیان اصطکاکی برابر با شیب زمین است)



C / لاترال مستقر شده در سربالایی با شیرهای کنترل کننده فشار یا دبی (حداقل فشار = فشار متوسط)

شکل ۹،۲ / رابطه فشار برای لاترالهای مستقر شده در سربالایی ، سرازیری و لاترالهای قرار گرفته در

سربالایی با شیرهای کنترل کننده فشار یا دبی با فرض $P_r = 0$.

در شیبهای نسبتاً ملایم ، گرادیان مجاز هیدرولیکی می تواند از رابطه ۹،۱ محاسبه شود . با اینحال ، در شیبهای تند ، یعنی جایی که $(-\Delta P_e) > (0.3 \text{ to } 0.4) P_a$ ، معمولاً مطلوب است که تغییرات فشار در طول لاترال در حداقل مقدار ممکن

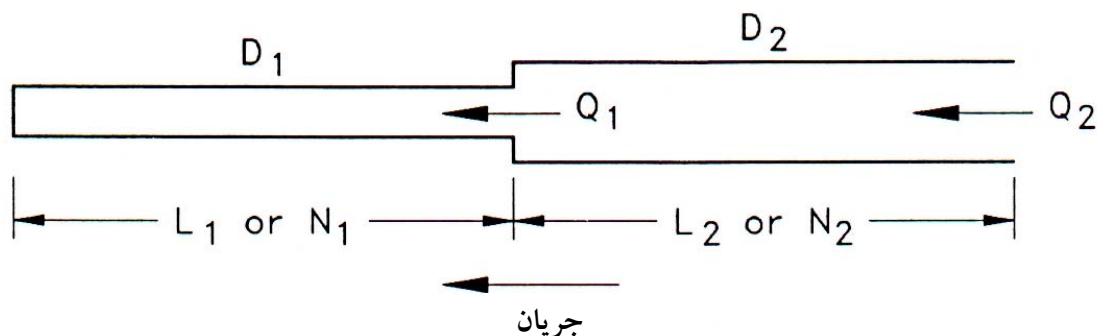
قرار گیرد. این امر با انتخاب اندازه ای برای قطر لوله صورت می گیرد که افت اصطکاک تقریباً برابر با فشار استاتیکی شود که در اثر شیب اضافه می شود. یعنی:

$$P_f \approx -\Delta P_e$$

مثال ۹,۵ شیوه انتخاب قطر لوله و محاسبه P_f را در لاترالهای قرار گرفته در سرازیری را نشان می دهد. در مورد لاترالهایی که در شیب سرازیری قرار گرفته اند، P_n یا حداقل فشار در نقطه ای در طول لاترال روی می دهد که گرادیان افت اصطکاک (گرادیان هیدرولیکی) برابر است با شیب لاترال (شیب زمین)، (شکل B ۹,۲ را ببینید). همانند لاترالهای قرار گرفته در شیب سربالایی و یا لاترالهای قرار گرفته در زمین مسطح، فشار در هر خروجی یا متوسط فشار آبپاشها برابر است با فاصله بین خط لاترال تا منحنی اصطکاکی لوله، یا، متوسط P_e و متوسط P_f .

لاترالهای دارای دو قطر (لاترالهای تلسکوپی)

اغلب کشاورزان ترجیح می دهند که به دلیل سهولت جابجایی، از لاترالهای قابل حمل آلومینیومی با قطر ثابت (یک قطر استفاده کنند. برخی نیز می خواهند از دو اندازه لوله استفاده کنند که این کار منجر به کاهش هزینه های اولیه سیستم می گردد. لاترالهای قابل حمل که بیش از ۲ قطر را شامل می شوند هرگز نباید استفاده شوند. با این وجود، لاترالهایی که بطور دائمی در زیر خاک دفن شده اند می توانند از چندین قطر نیز تشکیل شوند. طراحی لاترالهای پلاستیکی مدفون برای سیستم های دائمی، اساساً شبیه طراحی لاترالهای آلومینیومی قابل حمل است. تفاوت اصلی در طراحی، از تفاوت اصطکاک در لوله ها و این حقیقت که معمولاً، تا ۴ اندازه مختلف لوله در لوله های تلسکوپی استفاده می شوند، ناشی می شود.



شکل ۹,۳ / علامت مربوط به لاترالهای تلسکوپی (لاترالهای دارای ۲ قطر).

جداول ۸,۱ یا ۸,۳ برای افت اصطکاکی و جدول ۸,۷ مربوط به فاکتور کاهش دبی، F ، در محاسبه نزدیکترین اندازه لوله برای خط لاترال، به گونه ای که منجر به آن شود که افت اصطکاک برابر یا کمتر از $(P_f)_a$ (افت اصطکاک مجاز) گردد، قابل استفاده اند. جداول شاید در دستیابی به طول هریک از بخشهایی که دارای قطر متفاوت هستند نیز، استفاده شوند تا مقدار P_f از قبل معلوم شده ای در طول لاترال حاصل گردد.

مرحله ۱: افت فشار مجاز ناشی از اصطکاک، $(P_f)_a$ ، را برای کل طول لوله لاترال، همانطور که در بخش قبل تشریح شد، محاسبه کنید.

مرحله ۲: گرادیان هیدرولیکی مجاز، J_a ، را از رابطه ۹,۱ محاسبه کنید.

مرحله ۳: با استفاده از جدول ۸,۱ یا ۸,۳ و براساس کل ظرفیت لاترال، Q_1 ، دو اندازه مجاور لوله که مقادیر گرادیان هیدرولیکی در آنها کمتر و بیشتر از J_a می باشد را انتخاب کنید.

مرحله ۴: طول هر بخش از لوله (دارای قطرهای متفاوت) را محاسبه کنید تا مقدار $(P_f)_a$ مورد نظر حاصل گردد. این کار به روش سعی و خطا صورت می گیرد. اول، طول L_1 و L_2 را تخمین بزنید، که L_1 طول قسمت دارای قطر کوچکتر و L_2 طول قسمت دارای قطر بزرگتر است. (شکل ۹,۳ را ببینید). سپس کل افت فشار، P_f ، ناشی از اصطکاک را برای این طولها، به روش زیر محاسبه کنید. (توجه کنید که تمامی محاسبات افت بار با استفاده از رابطه ۸,۸ بوده، و باید انتهای خط لوله بسته باشد، همچنین، تمامی محاسبات می توانند بر حسب افت بار، h_f ، به جای استفاده از افت فشار، P_f ، صورت گیرند).

مرحله ۵: فرض کنید که قطر بزرگتر، D_2 ، در تمامی طول لوله لاترال گسترش دارد (کل طول لوله را به قطر D_2 فرض کنید). افت فشار برای طول $L_1 + L_2 = L$ که شامل $N_1 + N_2 = N$ آبپاش و دبی کل $Q_t = Q_2$ می باشد را محاسبه کنید.

مرحله ۶: افت فشار در طول L_1 از لوله با قطر D_2 که شامل N_1 آبپاش و دبی Q_1 است را محاسبه کنید.

مرحله ۷: سپس افت فشار در طول L_1 با قطر D_1 که شامل N_1 آبپاش و دبی Q_1 است را بیابید.

مرحله ۸: افتهای محاسبه شده را ترکیب کنید تا کل افت فشار به صورت زیر محاسبه شود:

$$P_f = \text{Step5} - \text{Step6} + \text{Step7}$$

$$= P_{f(1+2)} (\text{For all } D_2) - P_{f(1)} (\text{For } D_2) + P_{f(1)} (\text{For } D_1) \quad (9,4 \text{ a})$$

اگر مقدار فوق از $(P_f)_a$ متفاوت شد، باید مقادیر L_1 و L_2 را تغییر داده و مراحل ۵ به بعد را تکرار کنیم تا زمانی که $P_f = (P_f)_a$ (یعنی افت اصطکاک واقعی برابر افت اصطکاک مجاز شود).

راه مستقیمی نیز برای محاسبه طول تقریبی (یا تعداد آبپاشهای واقع در آن طول) برای هر یک از قطرهای وجود دارد که مقدار $(P_f)_a$ را به دست می دهد. این راه حل بر استدلالی استوار است که منجر به رابطه b ۸,۱۰ در ترکیب با رابطه a ۹,۴ می شود.

مرحله ۱-۳: مراحل قبل را کامل کنید.

مرحله ۴: این مرحله به دلیل مستقیم بودن راه حل، حذف می شود.

مرحله ۵: مانند گذشته عمل کنید تا افت فشار ناشی از اصطکاک محاسبه شود. با این فرض که قطر بزرگتر در تمام طول لاترال گسترده است. (افت اصطکاک کل طول لوله با قطر D_2).

$$P_{f(1+2)} (\text{For all } D_2) = (P_f)_2$$

همچنین مقدار افت اصطکاک را با فرض اینکه قطر D_1 در تمامی طول لاترال گسترش دارد محاسبه کنید. (افت اصطکاک کل طول لوله با قطر D_1).

$$P_{f(1+2)} (\text{For all } D_1) = (P_f)_1$$

مرحله ۶: بر طبق استدلال مورد استفاده در رابطه b ۸,۱۰، افت فشار ناشی از اصطکاک در طول L_1 با قطر D_2 که شامل N_1 آبپاش است برابر خواهد بود با:

$$P_{f(1)} (\text{For } D_2) = \left(\frac{L_1}{L} \right)^{2.8} \cdot (P_f)_2$$

مرحله ۷: به روشی مشابه، افت فشار در طول L_1 و با قطر D_1 عبارت است از:

$$P_{f(1)} (\text{For } D_1) = \left(\frac{L_1}{L} \right)^{2.8} \cdot (P_f)_1$$

مرحله ۸: P_f را با $(P_f)_a$ جایگزین کرده و نتایج مراحل ۵ تا ۷ را در رابطه a ۹,۴ قرار دهید و نتیجه را مرتب کنید:

$$(P_f)_a = (P_f)_2 + \left(\frac{L_1}{L} \right)^{2.8} \cdot [(P_f)_1 - (P_f)_2] \quad (9,4 \text{ b})$$

و با حل معادله برای مجهول L_1 :

$$L_1 = L \left[\frac{(P_f)_a - (P_f)_2}{(P_f)_1 - (P_f)_2} \right]^{1/2.8} \quad (9,4 \text{ c})$$

در استفاده از رابطه b ۹,۴ یا c ۹,۴، می توان تعداد آبشها را به جای طول لوله جایگزین نمود. یعنی به جای L از N و به جای L_1 از N_1 استفاده شود. مانند قبل، افت بار، h_f ، به جای P_f (افت فشار) قابل استفاده است.

با قرار دادن مقادیر J مربوطه به جای مقادیر P_f ، رابطه c ۹,۴ ساده تر می شود. اینکار از آنجا امکان دارد که L و F که در محاسبه P_f استفاده شده اند، برابر بوده و در معادله c ۹,۴ با یکدیگر ساده می شوند و در نهایت:

$$L_1 = L \left[\frac{J_a - J_2}{J_1 - J_2} \right]^{1/2.8} \quad (9,4 \text{ d})$$

مثال ۹,۳: تأیید روش محاسبه افت اصطکاک در لوله های لاترال دارای ۲ یا چند قطر.

اطلاعات: لوله آلومینیومی مانند مثال ۹,۱، با طول ۱۰۰۰ فوت و دارای ۱۰ خروجی به فاصله ۱۰۰ فوت. هر خروجی دارای آبدهی ۱۰ گالن در دقیقه. ۵ خروجی انتهایی به وسیله لوله ۲ اینچی و ۵ خروجی اول به وسیله لوله ۳ اینچی تغذیه می شوند (لوله تلسکوپی).

مطلوب است: محاسبه کنید افت بار، h_f ، را در طول خط لوله شامل ۱۰ خروجی با استفاده از داده های جدول ۸,۱. نتایج را با h_f محاسبه شده بوسیله رابطه a ۸,۸ با استفاده از روش محاسباتی برای ۲ اندازه قطر لوله مقایسه کنید. منحنی اصطکاک در لوله را رسم کرده و بار فشار متوسط و محل وقوع آن را مشخص کنید.

محاسبات: براساس روش استفاده شده در روش ۹,۱، مجموع افت بار همانند افت بار در قسمت دارای قطر ۲ اینچ بین خروجی های ۱ و ۶ است. با لوله آلومینیومی ۳ اینچی (جدول ۸,۱ را ببینید) از خروجی ۶ تا M مجمع افت بار به این صورت خواهد بود:

نام بخش	شدت جریان -gpm	$h_f/100 \text{ ft} - \text{ft}$	$h_f - \text{ft}$ مجموع
از ۶ تا ۱ (که شامل ۵ قطعه ۲ اینچی می شود)			17.94
7-6	60	1.40	19.34
8-7	70	1.87	21.21
9-8	80	2.39	23.60
10-9	90	2.98	26.58
M-10	100	3.62	$h_f = 30.20$

بنابراین کل افت بار عبارت خواهد بود از $h_f = 30.2 \text{ ft}$ (با جمع کردن مقادیر منفرد افت در هر قطعه ۱۰۰ فوتی از لوله و استفاده از جدول ۸,۱).

مقدار اختلاف بار فشار نسبت به حداقل بار فشار در لاترال ، H_n ، در هر خروجی به این صورت می باشد :

نام بخش لوله	قطر لوله in.	خروجی	بار فشار مازاد بر $H_n - \text{ft}$
1-2	2	1	0
2-3	2	2	0.4
3-4	2	3	1.8
4-5	2	4	4.9
5-6	2	5	10.1
6-7	3	6	17.9
7-8	3	7	19.3
8-9	3	8	21.3
9-10	3	9	23.6
10-M	3	10	26.6
			$\Sigma = 126 \text{ ft}$

این داده ها در شکل ۹,۱ به صورت نمودار ترسیم شده اند . خط مشکی توپر از خروجی ۱ تا ۶ و خط منقطع از خروجی ۶ تا M (یعنی ورودی لاترال) را نمایش می دهد .

بار فشار متوسط در طول لاترال ، H_a ، همانند آنچه قبلاً گفته شد ، اینگونه محاسبه می شود :

$$H_a = H_n + \frac{126}{10} = H_n + 12.6 \text{ ft}$$

در این مورد ، مقدار H_a در حدود خروجی ۵ یا در حدود ۴۰٪ از فاصله بین انتهای بسته لوله و ابتدای لوله روی می دهد . علاوه بر این ، حدوداً $\frac{5}{8}$ کل افت بار برابر با 30.2 فوت ، بین ورودی لاترال ، یعنی M و خروجی ۵ روی می دهد که با فشار متوسط کار می کند .

با استفاده از رابطه ۸,۸ a و جدول ۸,۱ و ۸,۷ ، و همچنین با استفاده از روند تشریح شده در مراحل ۵ تا ۸ در صفحات گذشته ، مقدار h_f برای تمام لوله ۳ اینچی به این صورت خواهد بود :

$$h_{f(1,2)} \text{ (for all } D_2 \text{)} = JF \frac{L}{100} = 3.62 \times 0.4 \times 10 = 14.5 \text{ ft}$$

$h_{f(1,2)}$ برای ۵ قسمت انتهای لوله ($F = 0.46$) و قطر ۳ اینچ (مرحله ۶) عبارت است از :

$$h_{f(1)} \text{ (for } D_2 \text{)} = 1 \times 0.46 \times 5 = 2.3 \text{ ft}$$

مقدار $h_f(1)$ برای ۵ قسمت انتهایی لوله با قطر ۲ اینچ (مرحله ۷) عبارت است از :

$$h_f(1) \text{ (for } D_1) = 7.85 \times 0.46 \times 5 = 18.1 \text{ ft}$$

و مطابق با مرحله ۸، با استفاده از رابطه ۹،۴ :

$$h_f = 14.5 - 2.3 + 18.1 = 30.3 \text{ ft}$$

که اساساً مشابه نتیجه ای می باشد که از جمع افت در قسمت های مختلف لوله بدست آمد . یعنی برابر با ۳۰/۲ فوت .

مثال ۹،۴ : طراحی لاترالی که در شیب سربالایی قرار دارد (بصورت تلسکوپی) .

اطلاعات : لاترال به طول ۹۶۰ فوت از آلومینیوم و قابل حمل با ۲۴ آبپاش به فواصل ۴۰ فوتی و آبدهی ۱۲/۵ گالن در دقیقه که در فشار متوسط $P_a = 44 \text{ psi}$ کار می کنند . ارتفاع رایزرها برای گیاه ذرت $H_r = 8 \text{ ft}$. در نتیجه : $8 = 3/4 \text{ psi}$. $P_r = 0/43 \times$

مطلوب است : کوچکترین اندازه لوله که کل افت بار ناشی از اصطکاک و تغییر ارتفاع را به ۲۰ درصد فشار متوسط کارکرد آبپاشها محدود کرده و نیز ، محاسبه فشار ورودی به لاترال ، P_l .

محاسبات : روشی که در مرحله ۲ تا ۸ تشریح شد استفاده می شود . با مراجعه به شکل ۹،۳ ، مقدار J_a با استفاده از رابطه ۹،۱ a و مقدار $F = 0/37$ از جدول ۸،۷ برای ۲۴ خروجی (مرحله ۲) به این صورت خواهد بود :

$$J_a = 2.31 \frac{(0.2 \times 44)}{0.37 \times 960/100} = 3.19 \text{ ft}/100\text{ft}$$

با استفاده از جدول ۸،۱ و مقدار ظرفیت کل لاترال برابر با $Q_1 = 300 \text{ gpm}$ ، مقدار $J_a = 3/19$ بین لوله های ۵ و ۴ اینچ آلومینیومی واقع می شود که $J_5 = 2/15$ و $J_4 = 6/54$ (مرحله ۳) . با فرض اینکه لوله ۵ اینچی و ۴ اینچی هردو دارای ۴۸۰ فوت طول باشند ، (مرحله ۴) :

$$\begin{cases} D_2 = 5 - \text{in} \\ L_2 = 480 \text{ ft} \\ N_2 = 12 \\ Q_t = 300 \text{ gpm} \end{cases} \quad \begin{cases} D_1 = 4 - \text{in} \\ L_1 = 480 \text{ ft} \\ N_1 = 12 \\ Q_t = 150 \text{ gpm} \end{cases}$$

با استفاده از رابطه ۸،۸ b و با فرض $D_2 = 5 \text{ in}$ برای کل طول لوله لاترال ، مقدار افت در $L_1 + L_2 = 960 \text{ ft}$ که شامل ۲۴ $N_1 + N_2$ آبپاش است و دبی کل $Q_1 = 300 \text{ gpm}$ را محاسبه می کنیم (مرحله ۵) :

$$P_{f(1+2)} \text{ (for all } D_2) = \frac{2.15 \times 0.37 \times 960}{2.31 \times 100} = 3.13 \text{ psi}$$

سپس مقدار افت در طول $L_1 = 480 \text{ ft}$ و قطر لوله $D_2 = 5 \text{ in}$ که شامل $N_2 = 12$ آبپاش می باشد و دبی کل آن $Q_1 = 150$ است را محاسبه می کنیم (مرحله ۶) :

$$P_{f(1)} \text{ (for } D_2) = \frac{0.59 \times 0.39 \times 480}{2.31 \times 100} = 0.48 \text{ psi}$$

به روشی مشابه مقدار افت را در لوله ۴ اینچی محاسبه می کنیم (مرحله ۷) :

$$P_{f(1)} \text{ (for } D_1) = \frac{1.81 \times 0.39 \times 480}{2.31 \times 100} = 1.47 \text{ psi}$$

افت اصطکاک برای لوله شامل ۲ قطر به اساس مرحله ۸ ذکر شده در صفحات گذشته به این صورت و با استفاده از رابطه ۹,۴ a محاسبه می شود :

$$P_f = 3.31 - 0.48 + 1.47 = 4.3 \text{ psi}$$

این مقدار ، کمی کمتر از مقدار P_f مجاز می باشد :

$$(P_f)_a = 0.2 P_a - \Delta P_e = 0.2 \times 44 - 3.9 = 4.9 \text{ psi}$$

بنابراین ، طول کمتری را به لوله ۵ اینچی و طول بیشتری را به لوله ۴ اینچی اختصاص می دهیم .

اگر معادله را مستقیماً بر اساس N_1 حل کنیم ، در وقت صرفه جویی می شود . با جایگذاری مقدار L_1 و L با N_1 و ۲۴ = N در رابطه ۹,۴ c ، مقدار $P_{f(1+2)} = (P_f)_1 = 10.06 \text{ psi}$ (for all D_1) خواهد بود و مقدار N_1 بصورت مستقیم محاسبه می شود :

$$N_1 = 24 \left[\frac{4.9 - 3.31}{10.06 - 3.31} \right]^{2.8} = 14^*$$

(* به سمت عدد کوچکتر گرد می کنیم) .

فرض می کنیم که ۴۰۰ فوت از لوله دارای قطر ۵ اینچ و حامل ۱۰ آبپاش ، و ۵۶۰ فوت از لوله دارای قطر ۴ اینچ و حامل ۱۴ آبپاش می باشد . سپس روند بالا را مجدداً تکرار می کنیم . در نهایت منجر می شود به :

$$P_f = 3.31 - 0.75 + 2.28 = 4.8 \text{ psi}$$

فشار در ورودی لاترال که در واقع فشار مورد نیاز در لوله اصلی می باشد ، با استفاده از رابطه ۹,۳ برای لاترال شامل ۲ قطر محاسبه می شود :

$$P_l = P_a + \frac{5}{8} P_f + \frac{1}{2} \Delta P_e + P_r$$

$$P_l = 44.0 + \frac{5}{8} \times 4.8 + \frac{1}{2} \times 3.9 + 3.4 = 52.6 \text{ psi}$$

مثال ۹,۵ : طراحی لاترالی که در شیب سرازیری قرار دارد (با یک قطر)

اطلاعات : لوله لاترال به طول ۹۶۰ فوت از آلومینیوم و قابل حمل ، حامل ۲۴ آبپاش با فواصل ۴۰ فوت که دبی هریک بطور متوسط ۱۲/۵ گالن در دقیقه می باشد . متوسط فشار کارکرد آبپاشها ، P_a ، ۴۴ psi است . متوسط شیب رو به پایین $s = - 3/5 \%$ بنابراین $\Delta EI = - 33/6 \text{ ft}$ در کل طول لاترال و در نتیجه ، $\Delta P_e = 0/43 \times - 33/6 = - 14/5 \text{ psi}$.

ارتفاع لوله رایزر برای گیاه ذرت $H_r = 8 \text{ ft}$ و بنابراین ، $P_r = 0/43 \times 8 = 3/4 \text{ psi}$.

مطلوب است : کوچکترین اندازه لوله که منجر به تعادل تقریبی بین افت فشار ناشی از اصطکاک و فشار استاتیک حاصل شده در طول لاترال به دلیل کاهش ارتفاع گردد . یعنی :

$$(P_f)_a = - \Delta P_e$$

همچنین ، فشار در ورودی لاترال ، حداقل فشار ، P_n ، و فشار در انتهای بسته لاترال را محاسبه کنید . سپس در طرحی ساده ، مشخصات هیدرولیکی خط لاترال را نمایش دهید .

محاسبات : مقدار $(P_f)_a$ را برابر با فشار حاصل از کاهش ارتفاع قرار می دهیم . از رابطه ۹,۱ b :

$$J_a = 2.31 \times \frac{14.5}{0.37 \times 960 / 100} = 9.43 \text{ ft}/100\text{ft}$$

با استفاده از جدول ۸,۱ و قرار دادن ظرفیت لاترال برابر با ۳۰۰ gpm، نقطه ای بین ۳ و ۴ اینچ بدست می آید. از آنجایی که صاحب سیستم آبیاری می خواهد لاترال تنها ۱ قطر داشته باشد، از اندازه ۴ اینچ برای تمام لوله استفاده می کنیم. افت فشار ناشی از اصطکاک از رابطه ۸,۸ b محاسبه می شود:

$$P_f = 0.433 \times \frac{0.37 \times 6.54 \times 960}{100} = 10.1 \text{ psi}$$

در این حال، درصد تغییرات فشار بین ورودی و انتهای بسته لاترال عبارت است از:

$$100 \times \frac{-\Delta P_e - P_f}{P_a} = 100 \times \frac{14.5 - 10.1}{44} = 10\%$$

اگر از قطر ۳ اینچ استفاده کنیم، $P_f = 42.5 \text{ psi}$ و منجر به تغییرات فشار زیر می گردد:

$$= 100 \times \frac{14.5 - 42.5}{44} = 64\%$$

که مشخصاً خارج از محدوده تغییرات ۲۰ درصد قرار دارد. بنابراین نباید از لوله ۳ اینچی در این لاترال استفاده شود.

با استفاده از رابطه ۹,۲ a فشار مورد نیاز در خط لوله اصلی برای لوله لاترال ۴ اینچی را محاسبه می کنیم:

$$P_l = 44 + \left(\frac{3}{4}\right) \times 10.1 + \left(\frac{1}{2}\right) \times (-14.5) + 3.4 = 47.7 \text{ psi}$$

فشار آبپاش در انتهای بسته لاترال، P_l ، به این روش قابل محاسبه است:

$$P_l = P_l - P_f - \Delta P_e - P_r = 47.7 - 10.1 - (-14.5) - 3.4 = 48.7 \text{ psi}$$

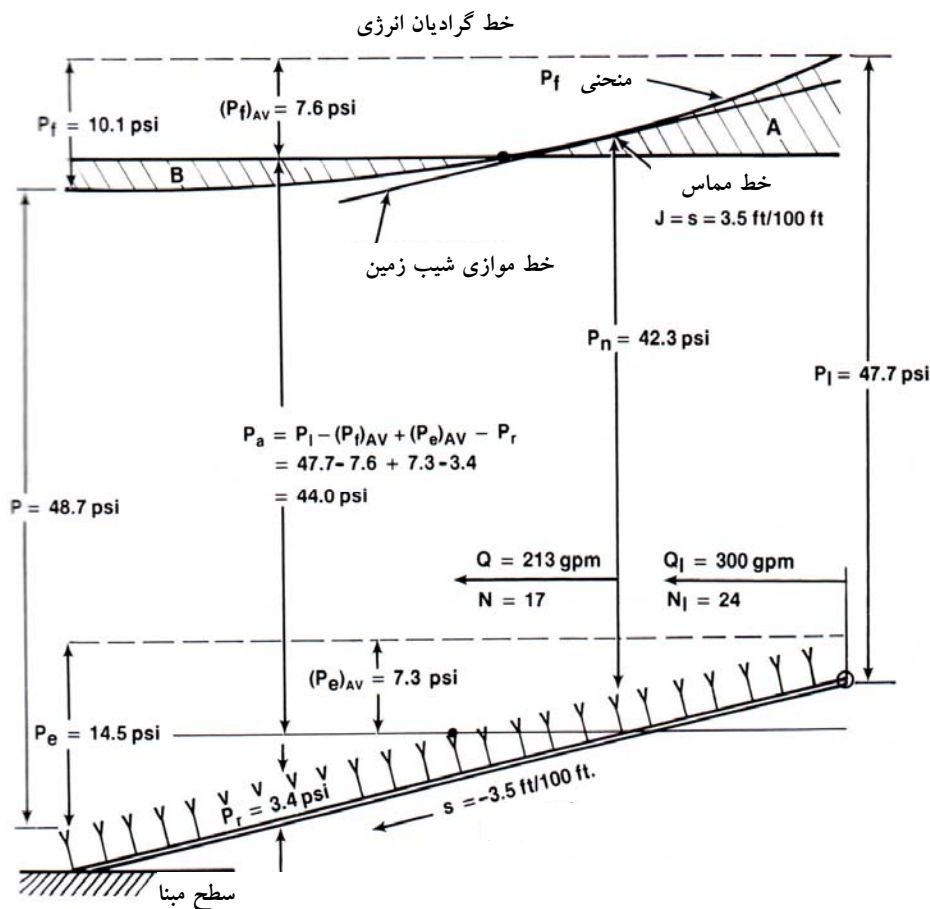
حداقل فشار زمانی روی می دهد که شدت جریان در لوله لاترال به گونه ای باشد که گرادیان اصطکاک برابر با گرادیان شیب زمین (لاترال) باشد. یعنی $J = s = -3/5 \text{ ft}/100\text{ft}$. در جدول ۸,۱ برای لوله آلومینیومی ۴ اینچی، مقدار $J = 3/5$ زمانی بدست می آید که شدت جریان تقریباً ۲۱۲/۵ gpm باشد. این، شدت جریان در بخشی بین آبپاش ۱۷ و ۱۸ ام از انتهای بسته لوله روی می دهد. بنابراین اگر از انتهای بسته لوله شروع کنیم، P_n (حداقل فشار) به این روش محاسبه می شود:

$$P_n = P_l + (P_f)_{17} + (\Delta P_e)_{17} = 48.7 + 10.1 \left(\frac{17}{24}\right)^{2.8} + (-14.5) \left(\frac{17}{24}\right) = 42.3 \text{ psi}$$

مقدار $(P_f)_{17}$ براساس رابطه ۸,۱۰ b محاسبه شده است. محاسبه افت فشار ناشی از اصطکاک بوسیله رابطه ۸,۸ b نیز تقریباً به نتیجه مشابهی می رسد:

$$(P_f)_{17} = 0.433 \times 3.5 \times 0.38 \times \frac{17 \times 40}{100} = 3.9 \text{ psi}$$

شکل ۹,۴ نمایی از خصوصیات هیدرولیکی لاترال را نشان می دهد.



شکل ۹،۴ / مشخصات هیدرولیکی لاترال با ۲۴ آبپاش به فواصل ۴۰ ft و دبی ۱۲،۵ gpm.

چندین مقدار $(P_f)_x$ با استفاده از رابطه $b = ۸,۱۰$ محاسبه شده اند (بعد از قرار دادن P_f به جای h_f و مساوی گذاشتن N_x و $x = N_l = L$) تا منحنی افت اصطکاک در لوله رسم شود. خط مستقیم، مقدار $(P_f)_{av}$ را نشان می دهد که منحنی P_f را به دو نیمه تقسیم کرده است. بنابراین ناحیه A در بالای خط و ناحیه B در زیر خط دارای مساحت برابر هستند. خطی که مقدار $(P_e)_{av}$ را مشخص می کند نیز (برای لاترال روی شیب یکنواخت) در $0.5\Delta P_e$ قرار دارد.

لاترال با تجهیزات کنترل جریان

تجهیزات کنترل جریان یا فشار در مناطقی که توپوگرافی ناهموار داشته یا بر روی شیبهای تند مورد استفاده قرار می گیرند تا تغییرات فشار در خط لوله در حدود ۲۰ درصد فشار متوسط کارکرد آبپاشها، P_a ، حفظ شود. این تجهیزات یا شیرهایی هستند که در پای خروجی هر آبپاش نصب می شوند یا نازلهای خاص کنترل جریان هستند که قبلاً شرح آنها آورده شده است (شکل ۶،۶ را ببینید). این تجهیزات به این منظور طراحی شده اند تا در تمامی آبپاشها، دبی یکسانی ایجاد کنند. زمانیکه این تجهیزات در پای آبپاشها مورد استفاده قرار می گیرند، فشار اضافی بر سیستم تحمیل می شود. فشاری که باید در انتهای بسته لاترال تأمین شود، برابر با مجموع P_a بعلاوه P_r بعلاوه فشار مورد نیاز برای غلبه بر تلفات اصطکاک در شیر کنترل، P_{cv} ، خواهد بود (شکل C ۹،۲ را ببینید). با این وجود، زمانیکه نازلهای روزنه ای انعطاف

پذیر برای حفظ جریان در یک مقدار ثابت مورد استفاده قرار می گیرند ، P_{cv} صفر بوده ، اما مقدار دبی ممکن است از مقدار دبی اسمی انحراف داشته باشد (شکل ۶,۶ را ببینید) .

از آنجاییکه شیرها ، دبی آبپاشها را کنترل می کنند ، انتخاب قطر لوله لاترال مربوط به حفظ تغییرات فشار در حدی خاص نخواهد بود . بلکه بیشتر یک مسئله اقتصادی می باشد . افت بار مجار ناشی از اصطکاک در لوله ، $(P_f)_a$ ، باید طوری باشد که منجر به پایین ترین هزینه سالیانه پمپاژ گردد . در بسیاری از شرایط ، $(P_f)_a$ در حدود ۲۰ درصد فشار متوسط کارکرد آبپاشها ، P_a ، یا در حدود ۷۰ کیلوپاسکال (۱۰ psi) در نظر گرفته می شود .

فشار در ورودی لاترال ، P_l ، برای لاترالهایی که مجهز به تجهیزات کنترل جریان درهریک از آبپاشها هستند ، به صورت زیر محاسبه می شود :

$$P_l = P_a + P_f + \Delta P_e + P_r + P_{cv} \quad (9.5 a)$$

و

$$H_l = H_a + h_f + \Delta H_e + H_r + h_{cv} \quad (9.5 b)$$

که P_{cv} افت فشار در تجهیزات کنترل ، بر حسب کیلوپاسکال و h_{cv} ، افت بار در این تجهیزات بر حسب متر (یا فوت) می باشد .

کارخانجات سازنده تجهیزات کنترل باید اطلاعاتی در مورد افت فشار برای دبی های مختلف در شیرهای خود تهیه کرده و در اختیار قرار دهند . (شکل ۱۴,۱۴ را ببینید) . مثال ۹,۶ روند طراحی لاترال شامل نازل های کنترل کننده جریان را تشریح می کند .

مثال ۹,۶ : طراحی لاترال با نازل های کنترل جریان .

اطلاعات : لاترال به طول ۴۰۰ متر و واقع شده بر روی یک توپوگرافی غیریکنواخت .

بالاترین نقطه ۱۰ متر بالاتر از محل ورودی لاترال (بر روی لوله اصلی) می باشد . لاترال شامل ۴۴ آبپاش با فواصل m

$$S_e = 9/1 \text{ و دبی متوسط } q_a = 19 \text{ L/min}$$

اولین آبپاش در فاصله S_e ۰/۵ از خط اصلی قرار گرفته است . آبپاشها دارای نازل های روزنه ای انعطاف پذیر بوده و بنحوی طراحی شده اند که آبدهی 10 L/min (۵ gpm) را در فشار بین ۲۷۵ تا ۵۵۰ کیلوپاسکال ثابت حفظ کنند (شکل ۶,۶) .

رایزرها دارای ارتفاع ۱ متر می باشند . بنابراین : $P_r = 9/8 \times 1 = 9/8 \text{ KPa}$. صاحب زمین مایل است که لاترال از یک قطر تشکیل شده باشد .

مطلوب است : اندازه لوله و فشار مورد نیاز در ورودی لاترال .

محاسبات : اختلاف فشار استاتیک ناشی از اختلاف ارتفاع ۱۰ متری بین نقطه ورودی و بالاترین نقطه بر روی لاترال عبارت است از :

$$\Delta P_e = 9.8 \times 10 = 98 \text{ KPa}$$

مقدار $(P_f)_a$ را برابر ۷۰ کیلوپاسکال قرار می دهیم که تقریباً برابر با ۲۰ درصد فشار کارکرد مورد نیاز برای نازل ۴ میلیمتری در دبی ۱۹ L/min می باشد. با استفاده از $b = ۹,۱$ مقدار گرادیان افت بار مجاز را محاسبه می کنیم:

$$J_a = 0.102 \times \frac{70}{0.36 \times 400 / 100} = 5 \text{ m/100m}$$

از جدول ۸,۱ با دبی کل $Q_t = ۱۳/۹ \text{ L/s} = ۶۰ \div ۱۹ \times ۴۴ = ۴۴$ ، مقدار J برابر با $۳/۶۸$ برای لوله ۴ اینچی تشخیص داده می شود که معیارهای مربوط به J_a را برآورده می سازد. با استفاده از رابطه $b = ۸,۸$ و مقدار $J = ۳/۶۸$ و $F = ۰/۳۶$ (از جدول ۸,۷):

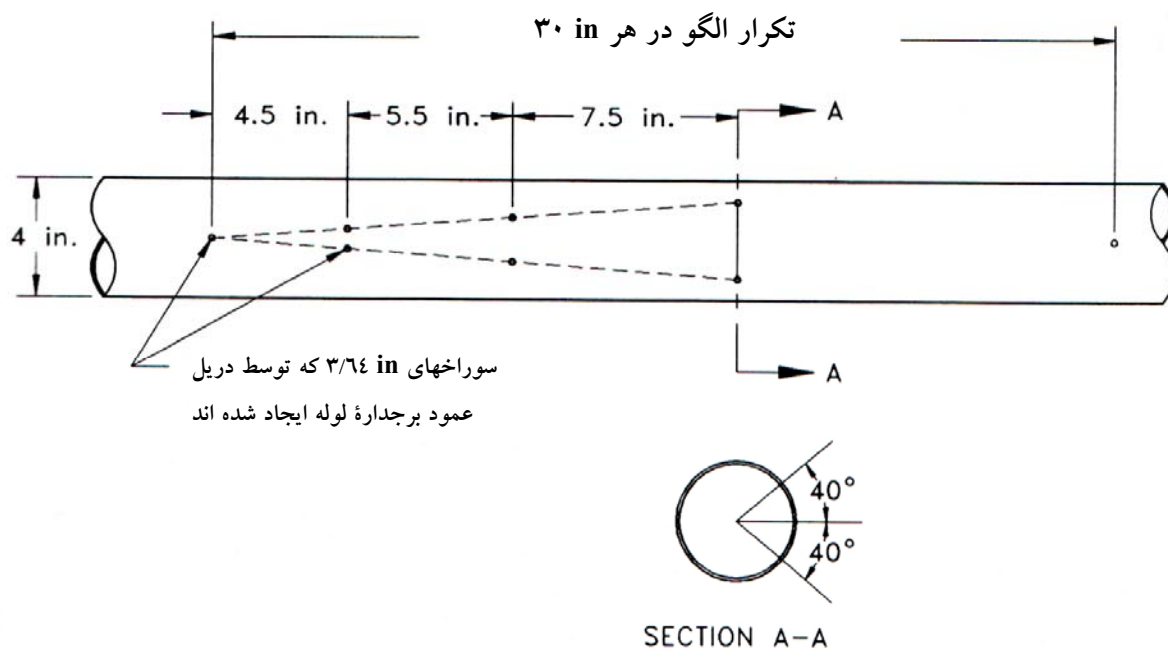
$$P_f = 9.8 \times \frac{0.36 \times 3.68 \times 400}{100} = 53 \text{ KPa}$$

معمولاً شیرهای تنظیم کننده که در پای آبپاشها استفاده می شوند دارای P_{cv} بین ۲۰ تا ۳۵ کیلوپاسکال هستند (۵ تا ۳ psi). با این وجود، همانطور که قبلاً نیز در مورد نازلهای روزنه ای انعطاف پذیر گفته شد، P_{cv} صفر در نظر گرفته می شود. آبپاشهای دارای این نوع نازلها، زمانیکه در فشار بین ۲۷۵ تا ۵۵۰ کیلوپاسکال کار می کنند، دارای دبی تقریباً ثابت ۱۹ L/min هستند (همانطور که در شکل a ۶,۶ نشان داده شده است). با استفاده از کمترین مقدار فشار کارکرد مجاز (یعنی ۲۷۵ کیلوپاسکال) برای P_a ، از رابطه $a = ۹,۵$ مقدار P_l ، یا فشار در ورودی لاترال محاسبه می شود.

$$P_l = P_a + P_f + \Delta P_e + P_r + P_{cv} = 275 + 53 + 98 + 9.8 + 0 = 436 \text{ KPa}$$

لوله های لاترال سوراخدار (Perforated Pipe Laterals)

از آنجایی که لوله های لاترال سوراخدار (شکل ۴,۷ و ۹,۵ را ببینید) دارای خروجی های واقع در فواصل مساوی هستند، قوانین عمومی که برای طراحی لوله های لاترال با آبپاشهای ضربه ای تشریح شدند، برای این نوع لوله های لاترال نیز قابل استفاده هستند. با این وجود، محدودیت های بیشتری در طراحی لوله های لاترال سوراخدار وجود دارد که ناشی از فشار کارکرد پایین تر این لوله ها (۳۵ تا ۲۱۰ کیلوپاسکال) می باشد. لاترالها باید نزدیک به هم بر روی زمین مسطح به نحوی قرار گیرند که تغییرات فشار در طول خط لوله در محدوده قابل قبول قرار گیرد (برای مثال اگر $P_a = ۱۰۵ \text{ KPa}$ ، تغییرات ارتفاع به میزان ۱ متر می تواند تغییر فشاری در حدود ۲۰ درصد فشار کارکرد آبپاشها ایجاد کند). شیرهای کنترل فشار نمی توانند در این مورد مورد استفاده قرار گیرند و تنها قطر لوله باید تغییر داده شود.



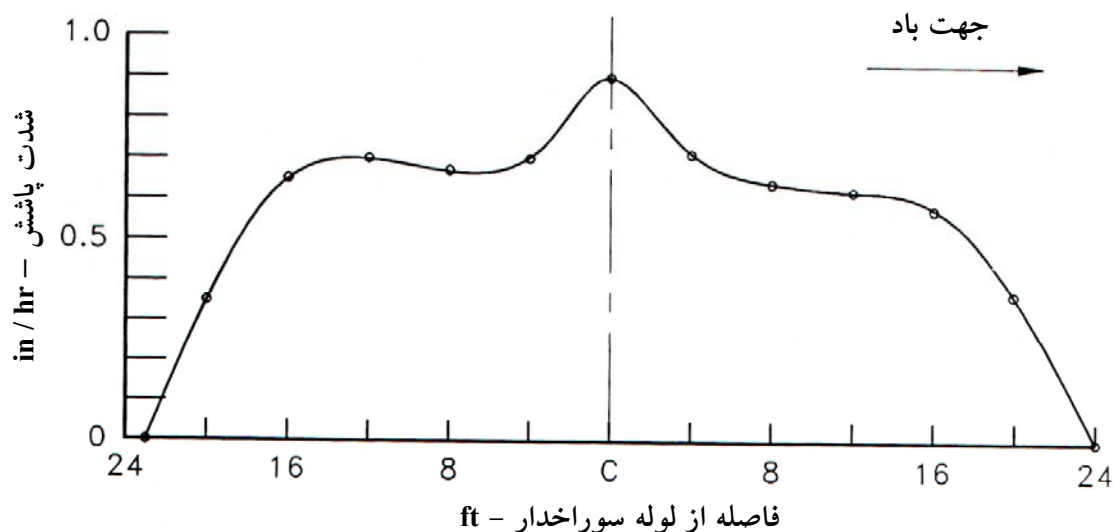
شکل ۹،۵ / نمای بالا از لوله مضرس (سوراخدار) دارای ۷ سوراخ در هر ۳۰ اینچ طول لوله.

شدت پاشش

لوله های منفذدار تنها برای محدودی شدت پاشش معین در اختیار قرار دارند. معمول ترین این شدت ها، مقدار mm/hr ۱۹ و ۲۵ هستند (۰/۷۵ و ۱ اینچ در ساعت). این محدودیت از آنجا ناشی شده است که برای دستیابی به یکنواختی پوشش مناسب و جلوگیری از انسداد، باید از سوراخهای بزرگی که در مکانهای درست و دقیق قرار گرفته اند (بین ۱/۲ و ۱/۶ میلیمتر، یا بین $\frac{3}{64}$ و $\frac{1}{16}$ اینچ) استفاده شود. این محدودیت در شدت پاشش، انعطاف پذیری طرح را کاهش می دهد. علاوه بر این، حتی با سوراخهای نسبتاً بزرگ نیز، آب باید از فیلتر مش ۶۰ گذرانده شود تا ذرات درشت تر از شن ریز (۲۵۰ میکرون) از آب جدا شوند تا خطر گرفتگی کاهش یابد.

فاصله بندی لاترالها

شکل ۹،۶ الگوی پاشش معمول در لوله های منفذدار را نشان می دهد.



شکل ۹,۶ / نیم‌ج توزیع آب از ۵ آزمایش برای لوله سوراخدار در فشار ۱۵۲ kPa (۲۲ psi) و سرعت باد بین صفر تا ۵,۳ km/hr (صفر تا ۳,۳ mph).

یکنواختی الگوی پاشش تا حد زیادی نسبت به بادهای کم سرعت انعطاف پذیر است. اما باد، محل الگوی پاشش را نسبت به لاترال تغییر می دهد. لوله های منفذدار نباید در مزارع باز که سرعت باد از ۱۶ کیلومتر در ساعت (۱۰ mph) تجاوز می کند بکار گرفته شوند، مگر اینکه بادشکن در مزرعه نصب شده باشد.

فاصله بین لاترالها، SI، معمولاً ۱/۲ متر یا ۴ فوت کمتر از عرض نوار خیس شده هر لاترال در نظر گرفته می شود تا ایجاد همپوشانی بین خطوط مجاور از ایجاد نقاط خشک بین دو خط لاترال جلوگیری کند.

در جایی که معمولاً سرعت باد بیش از ۸ کیلومتر در ساعت (۵ mph) مورد انتظار است، میزان همپوشانی ۱/۵ تا ۲متری توصیه می شود (به جای ۱/۲ متر).

عرض الگوی پاشش نسبت به فشار حساس است (از داده های جدول ۹,۱ قابل تشخیص است). بنابراین، می توانیم فشار را برای دستیابی به دامنه ای از فواصل بین لاترالها تغییر دهیم. برای مثال، عرض الگوی خیس شدگی بین ۱/۹ تا ۱۵/۲ متر، با افزایش فشار از ۴۰ تا ۱۴۰ کیلوپاسکال حاصل می گردد.

برخی کارخانه های سازنده لوله های منفذدار، جداولی مربوط به ترکیبات مختلف اندازه لوله و شدت پاشش را ارائه می دهند. برای طول مشخصی از خط لاترال و عرض نوار خیس شدگی (الگوی پاشش) مورد نظر، فشار کارکرد مناسب انتخاب شده و دبی لاترال تعیین می شود.

مثال ۹,۷: طراحی لاترالهای سوراخدار.

اطلاعات: جدول ۹,۱ برای لوله های آلومینیومی سوراخدار با قطرهای مختلف طراحی شده تا آب را با شدت ۲۵ mm/hr بر روی سطح مزرعه اعمال کند.

مطلوب است: طراحی لوله لاترال سوراخدار بطول ۱۸۳ متر و فاصله بین لاترال ها ۱۲/۲ متر برای شرایط باد کم.

محاسبات : برای در نظر گرفتن همپوشانی مناسب در شرایط بادهای کم سرعت ، مقدار $1/2$ را به فاصله بین لاترالها اضافه می کنیم تا عرض نوار خیس شده لاترال بدست بیاید : $S_L + 1/2 = 12/2 + 1/2 = 13/4 \text{ m}$. با مراجعه به جدول ۹,۱ و با در نظر گرفتن طول لاترال برابر ۱۸۳ متر و عرض الگوی پاشش لاترال ، $13/4$ متر ، پارامترهای مختلف به شرح زیر انتخاب می شوند :

Lateral Pipe Diameter: $D = 100 \text{ mm (4 in)}$

Lateral Inlet Pressure: $P_L = 124 \text{ KPa (18 psi)}$

Lateral Discharge: $Q_t = 19.8 \text{ L/s (314 gpm)}$

جدول ۹،۱ / عملکرد لوله های منفردار (مضرس) برای ایجاد شدت پاشش ۱ in / hr .

فشار P_i شدت جریان Spread feet		قطر لاترال																	
		3-in.									4-in.								
		طول لاترال - ft									5-in.								
50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	
22 psi	22 psi	23 psi	23 psi	24 psi	26 psi	28 psi	30 psi	24 psi	24 psi	25 psi	26 psi	27 psi	20 psi	20 psi	20 psi	21 psi	21 psi	22 psi	
31 gpm	62 gpm	90 gpm	122 gpm	154 gpm	188 gpm	223 gpm	268 gpm	279 gpm	307 gpm	344 gpm	375 gpm	423 gpm							
20 psi	20 psi	20 psi	20 psi	21 psi	23 psi	25 psi	27 psi	22 psi	22 psi	23 psi	24 psi	25 psi							
29 gpm	58 gpm	86 gpm	114 gpm	144 gpm	178 gpm	213 gpm	254 gpm	266 gpm	293 gpm	330 gpm	361 gpm	404 gpm							
18 psi	18 psi	18 psi	18 psi	19 psi	20 psi	22 psi	24 psi	20 psi	20 psi	21 psi	22 psi	23 psi	20 psi	20 psi	20 psi	21 psi	21 psi	22 psi	
27 gpm	54 gpm	81 gpm	107 gpm	138 gpm	168 gpm	202 gpm	240 gpm	253 gpm	279 gpm	316 gpm	346 gpm	384 gpm	394 gpm	420 gpm	450 gpm	480 gpm	512 gpm	544 gpm	
16 psi	16 psi	16 psi	16 psi	17 psi	18 psi	19 psi	21 psi	18 psi	18 psi	19 psi	20 psi	21 psi	18 psi	18 psi	19 psi	20 psi	20 psi	21 psi	
26 gpm	51 gpm	76 gpm	101 gpm	131 gpm	158 gpm	189 gpm	224 gpm	240 gpm	265 gpm	298 gpm	330 gpm	365 gpm	372 gpm	397 gpm	435 gpm	472 gpm	497 gpm	528 gpm	
14 psi	14 psi	14 psi	15 psi	15 psi	16 psi	17 psi	19 psi	16 psi	16 psi	17 psi	18 psi	19 psi	16 psi	17 psi	17 psi	18 psi	18 psi	19 psi	
24 gpm	48 gpm	72 gpm	99 gpm	123 gpm	150 gpm	179 gpm	213 gpm	227 gpm	251 gpm	280 gpm	314 gpm	347 gpm	353 gpm	381 gpm	409 gpm	446 gpm	470 gpm	508 gpm	
12 psi	12 psi	13 psi	13 psi	14 psi	14 psi	16 psi	17 psi	14 psi	15 psi	15 psi	16 psi	17 psi	14 psi	15 psi	15 psi	16 psi	16 psi	17 psi	
22 gpm	44 gpm	69 gpm	92 gpm	118 gpm	140 gpm	173 gpm	200 gpm	213 gpm	243 gpm	265 gpm	297 gpm	326 gpm	330 gpm	364 gpm	386 gpm	423 gpm	445 gpm	479 gpm	
11 psi	11 psi	11 psi	12 psi	12 psi	13 psi	14 psi	15 psi	12 psi	13 psi	13 psi	14 psi	15 psi	13 psi	13 psi	13 psi	14 psi	14 psi	15 psi	
21 gpm	42 gpm	63 gpm	87 gpm	109 gpm	136 gpm	162 gpm	189 gpm	196 gpm	225 gpm	246 gpm	278 gpm	308 gpm	311 gpm	339 gpm	360 gpm	395 gpm	416 gpm	451 gpm	
10 psi	10 psi	10 psi	10 psi	11 psi	11 psi	12 psi	13 psi	11 psi	11 psi	12 psi	12 psi	13 psi	11 psi	12 psi	12 psi	12 psi	13 psi	13 psi	
20 gpm	40 gpm	60 gpm	80 gpm	104 gpm	124 gpm	150 gpm	177 gpm	187 gpm	207 gpm	237 gpm	256 gpm	286 gpm	292 gpm	317 gpm	340 gpm	364 gpm	392 gpm	421 gpm	
9 psi	9 psi	9 psi	9 psi	9 psi	10 psi	11 psi	12 psi	10 psi	10 psi	10 psi	11 psi	12 psi	10 psi	10 psi	11 psi	11 psi	11 psi	12 psi	
19 gpm	38 gpm	57 gpm	76 gpm	94 gpm	118 gpm	142 gpm	169 gpm	178 gpm	197 gpm	215 gpm	245 gpm	276 gpm	277 gpm	298 gpm	321 gpm	344 gpm	368 gpm	394 gpm	
8 psi	8 psi	8 psi	8 psi	8 psi	9 psi	10 psi	11 psi	8 psi	9 psi	9 psi	10 psi	11 psi	9 psi	9 psi	9 psi	10 psi	10 psi	11 psi	
18 gpm	36 gpm	54 gpm	72 gpm	89 gpm	112 gpm	135 gpm	161 gpm	160 gpm	187 gpm	204 gpm	233 gpm	263 gpm	256 gpm	277 gpm	298 gpm	323 gpm	350 gpm	377 gpm	
7 psi	7 psi	7 psi	7 psi	7 psi	8 psi	8 psi	9 psi	7.5 psi	8 psi	8 psi	9 psi	9 psi	8 psi	8 psi	8 psi	9 psi	9 psi	9 psi	
17 gpm	34 gpm	51 gpm	68 gpm	84 gpm	106 gpm	122 gpm	145 gpm	155 gpm	177 gpm	193 gpm	221 gpm	237 gpm	242 gpm	263 gpm	282 gpm	306 gpm	332 gpm	348 gpm	
6 psi	6 psi	6 psi	6 psi	6.5 psi	7 psi	7 psi	8 psi	7 psi	7 psi	7 psi	8 psi	8 psi	7 psi	7 psi	7 psi	8 psi	8 psi	8 psi	
16 gpm	32 gpm	48 gpm	63 gpm	81 gpm	100 gpm	115 gpm	137 gpm	150 gpm	166 gpm	182 gpm	209 gpm	224 gpm	234 gpm	250 gpm	272 gpm	291 gpm	314 gpm	330 gpm	
5 psi	5 psi	5 psi	5.5 psi	6 psi	6 psi	6 psi	7 psi	6 psi	6 psi	6 psi	7 psi	7 psi	6 psi	6 psi	6 psi	7 psi	7 psi	8 psi	
15 gpm	30 gpm	45 gpm	61 gpm	78 gpm	93 gpm	111 gpm	129 gpm	140 gpm	155 gpm	170 gpm	196 gpm	210 gpm	217 gpm	238 gpm	252 gpm	271 gpm	295 gpm	320 gpm	
4.5 psi	4.5 psi	4.5 psi	5 psi	5 psi	5 psi	6 psi	7 psi	5 psi	5 psi	5 psi	6 psi	6 psi	6 psi	6 psi	6 psi	6 psi	6 psi	7 psi	
14.5 gpm	29 gpm	43 gpm	59 gpm	72 gpm	86 gpm	107 gpm	125 gpm	135 gpm	149 gpm	164 gpm	182 gpm	195 gpm	209 gpm	225 gpm	241 gpm	257 gpm	275 gpm	292 gpm	
4 psi	4 psi	4 psi	4 psi	4 psi	5 psi	5 psi	6 psi												
14 gpm	28 gpm	42 gpm	57 gpm	69 gpm	83 gpm	101 gpm	120 gpm												

NOTE: 1-in. = 25 mm; 1.0 psi = 6.895 kPa; 1.0 gpm = 0.063 L/s; 1.0 ft = 0.305 m.

طراحی سیستم های آبیاری بارانی شلنگی

سیستم های آبیاری بارانی شلنگی که معمولاً برای باغات میوه استفاده می شود (شکل ۴,۸ را ببینید) شامل ملاحظات ویژه ای در طراحی می باشند . با این وجود ، اغلب استراتژیهای طراحی که در این فصل مورد بحث قرار گرفت ، می توانند در مورد این سیستم ها نیز اجرا شوند . هر شلنگ ممکن است مجهز به ۱ تا ۱۰ یا بیشتر آبپاش باشد و همچنین ، ممکن است بطور متناوب در استقرار جدیدی قرار داده شود و یا بطور ثابت نصب شود . (سیستم هایی که شامل آبپاشهای کوچک یا مینیاتوری هستند ، از سیستمهای قطره ای (موضعی) یا خردآبپاشها قابل تمیز نیستند . توضیحات مربوط به این سیستم ها در کتاب طراحی سیستم های آبیاری قطره ای تشریح شده است) .

الگوی پاشش

زمانیکه فاصله بین آبپاشها بزرگتر از فاصله بین درختان باشد ، یکنواختی کامل الگوی پاشش مد نظر قرار می گیرد . در چنین مواردی ، ملاحظات مربوط به راندمان و یکنواختی مشروح در فصل ۶ صادق خواهند بود . زمانیکه فاصله بین آبپاشها برابر با فاصله درختان است ، یکنواختی آب توزیع شده برای هر درخت برابر است با یکنواختی توزیع آب توسط آبپاشها .

در جاییکه فاصله بین آبپاشها آنچنان است که هر آبپاش ، ۲ تا ۴ درخت را آبیاری می کند ، هریک از دوائر الگوی پاشش باید متقارن باشند . الگوی پاشش باید در طول هر شعاع خود ، نسبتاً یکنواخت باشد و بخوبی در ورای هر درخت نیز گسترش یابد . با اینحال ، به شرطی که درختان بطور قرینه در اطراف هر آبپاش قرار گرفته باشند ، لازم نیست که تمام فضای بین آنها بطور یکنواخت آب دریافت کرده و با پارامترهای DU یا CU ارزیابی شود . در چنین مواردی یکنواختی آب کاربردی برای هر درخت برابر است با یکنواختی دبی آبپاشها . با این وجود ، ضروریست زمانیکه وجود نقاط خشک بین درختان مجاز می باشد ، فاصله بین هر آبپاش و دو یا سه یا چهار درخت اطراف آن یکسان باشد . در واقع واجب است که تمامی درختان اطراف هر آبپاش ، دسترسی مساوی به آب توزیع شده توسط آن داشته باشد .

استراتژی طراحی

در جایی که لوله نیمه اصلی (منیفلد) در هر ردیف درختان ، لوله های شلنگی را تغذیه می کند ، و این شلنگ ها ۱ یا ۲ آبپاش در نزدیکی انتهای خود دارند ، منیفلد باید به عنوان یک لاترال معمولی آبیاری بارانی در نظر گرفته شود . با وجود این ، فشار متوسط در طول منیفلد باید برابر با فشار متوسط کارکرد آبپاشها ، P_a ، بعلاوه افت بار اصطکاک در شلنگ و هیدرانت (شیر آبد) باشد . برای منیفلد هایی که از یک قطر تشکیل شده اند و شلنگهایی را تغذیه می کنند که هریک ، ۱ یا ۲ آبپاش دارند :

$$P_m = P_a + \frac{3}{4} P_f + \frac{1}{2} \Delta P_e + P_h \quad (9,6 a)$$

P_m : فشار در ورودی منیفلد (KPa)

P_h : افت فشار ناشی از اصطکاک در شلنگ و شیر آبد (KPa)

درجاییکه هر لوله نیمه اصلی، تنها ۱ یا ۲ شلنگ را تغذیه می کند که هریک دارای چندین آبپاش با فواصل مساوی هستند، شلنگها باید به عنوان لاترالهای معمولی در نظر گرفته شوند. بنابراین، رابطه b ۸٫۸ برای محاسبه P_f و رابطه a ۹٫۲ برای محاسبه P_l استفاده می شوند.

زمانیکه چندین شلنگ که هریک چندین آبپاش را تغذیه می کنند، از یک منیفلد آب دریافت می کنند، استراتژی های طراحی سیستم های بارانی و قطره ای ترکیب می شوند. هیدرولیک این نوع سیستم ها که در آن، لاترالهایی با چندین خروجی توسط منیفلدی با چندین خروجی تغذیه می شوند، در کتاب طراحی سیستم های آبیاری موضعی مورد بحث قرار گرفته است. برای منیفلدی با یک قطر لوله، که P_f از رابطه b ۸٫۸ محاسبه شده است، زمانیکه شلنگهایی با دبی Q_l را تغذیه می کند:

$$P_m = P_l + \frac{3}{4}P_f + \frac{1}{2}\Delta P_e + P_h \quad (9.6b)$$

در رابطه بالا، P_l فشار در ورودی هر شلنگ (رابطه a ۹٫۲ یا ۹٫۳) و P_h ، افت اصطکاکی در شلنگ و هیدرانت می باشد.

تلفات اصطکاک در شلنگهای با قطر کوچک می تواند از رابطه a ۸٫۷ محاسبه شود. جدول ۹٫۲ نیز، گرادیان افت فشار را برای اندازه های مختلف شلنگ بر اساس رابطه a ۸٫۷ و برای هیدرانت های $\frac{3}{4}$ و ۱ اینچی ارائه می دهد.

جدول ۹٫۲ / گرادیان هیدرولیکی مناسب برای لوله های پلاستیکی و شیرهای آبگیر.

شدت جریان		گرادیان افت اصطکاکی psi / 100 ft.			افت در هیدرانت psi	
L/min	gpm	$\frac{5}{8}$ -in.	$\frac{3}{4}$ -in.	1-in.	$\frac{3}{4}$ -in.	1-in.
7.6	2	1.81	0.76	0.19	0.1	–
15.1	4	6.07	2.55	0.65	0.2	0.1
22.7	6	12.35	5.19	1.32	0.4	0.2
30.3	8	20.43	8.59	2.19	0.8	0.3
37.9	10	30.19	12.70	3.24	1.2	0.5
45.4	12	41.53	17.47	4.45	1.7	0.7
53.0	14		22.88	5.83	2.4	0.9
60.6	16		28.90	7.37	3.1	1.2
68.1	18		35.52	9.06	3.9	1.5
75.7	20			10.89	4.8	1.9
83.3	22			12.87	5.8	2.3
90.8	24			14.98	6.9	2.7
98.4	26			17.24	8.0	3.2
106.0	28			19.62	9.2	3.7
113.6	30			22.14	10.6	4.3

1 psi / 100 ft = 22.6 kPa / 100 m; 1 psi = 6.895 kPa.

افت های اصطکاکی در شیرها (هیدرانت ها) براساس تجهیزات بکار رفته در آنها تغییرات زیادی می کند. مقادیر این جدول می بایست تنها به عنوان راهنمای اولیه در تعیین اندازه های مورد نیاز استفاده شوند.

مثال ۹,۸: طراحی سیستم آبیاری بارانی شلنگی - با جابجایی متناوب .

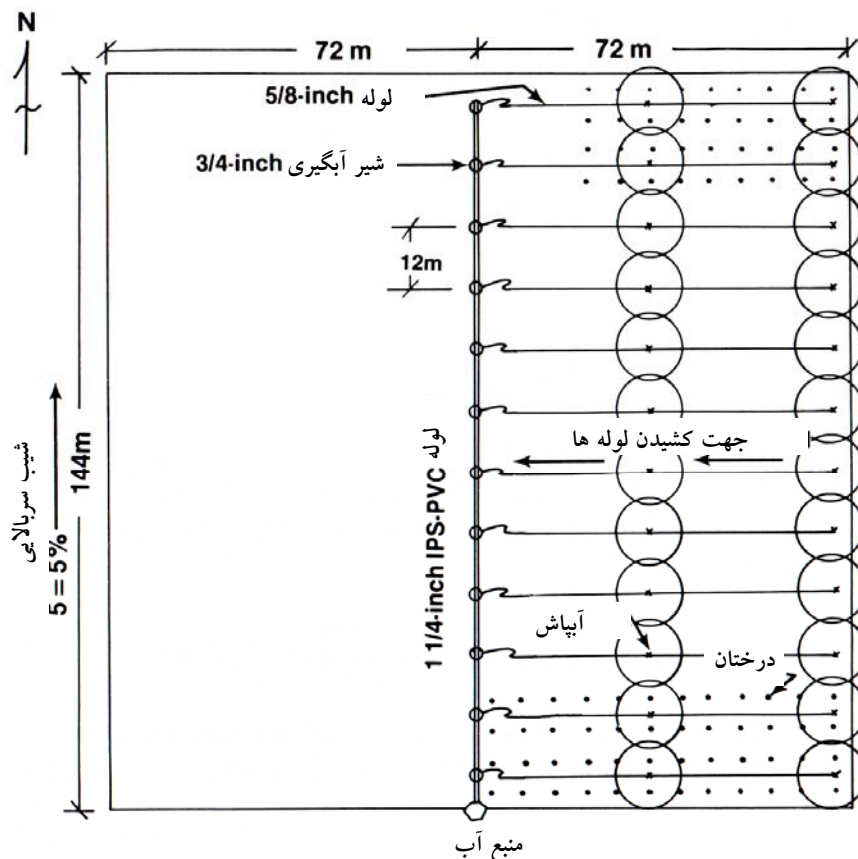
اطلاعات: زمین مسطح با ابعاد ۱۴۴ در ۱۴۴ متر و شیب ۵ درصد به سمت پایین (شکل ۹,۷). درختان به فواصل ۶ در ۶ متر کاشته شده اند و خطوط شلنگی در کنار هر ردیف درخت قرار گرفته اند . هر شلنگ ۷۲ متر طول داشته و شامل دو آبپاش می شوند که به فاصله مساوی از هم قرار گرفته اند . در حال آبیاری ، این شلنگها به نحوی روی زمین کشیده می شوند که در هر ۲۴ ساعت ، ۶ متر جابجا شوند . بنابراین ۶ روز طول می کشد تا هر سمت منیفلد آبیاری شود و ۱۲ روز طول می کشد تا آبیاری کل زمین تکمیل گردد .

تمام شلنگها دارای قطر $\frac{5}{8}$ اینچ بوده و دبی متوسط آبپاشها ، $q_a = 3/8 \text{ L/min}$ زمانی روی می دهد که آبپاش در فشار متوسط $H_a = 200 \text{ KPa}$ کار می کند . شلنگها به هیدرانتهای $\frac{3}{4}$ اینچی متصلند که در فواصل ۱۲ متری در طول یک منیفلد از جنس IPS-PVC به قطر $1\frac{1}{4}$ اینچ قرار گرفته اند . یک شیر کنترل فشار در ورودی منیفلد نصب شده ، اما تنظیمات دیگر فشار صورت نمی گیرد .

مطلوب است: محاسبه فشار مورد نیاز در ورودی منیفلد و تغییرات فشار درون سیستم . سپس محاسبه عمق ناخالص در هر نوبت آبیاری و برآورد ماکزیمم عمق خالص آبیاری در روز که سیستم قادر به اعمال آن است .

محاسبات: برای محاسبه فشار در ورودی منیفلد ، از محاسبه $Q_1 = 2 \times 3/8 = 7/6 \text{ L/min}$ شروع می کنیم . از جدول ۹,۲ و ۸,۷ ، $J = 1/81 \text{ psi/100ft}$ و $F = 0/64$ برای دو خروجی بدست می آید . سپس با استفاده از رابطه $b = 8,8$ مقدار P_f برای ۷۲ متر لاترال شلنگی محاسبه می شود :

$$P_f = 1.81 \times 0.64 \times \frac{236}{100} = 2.73 \text{ psi} = 2.73 \times 6.895 \text{ KPa / psi} = 18.8 \text{ KPa}$$



شکل ۹،۷ / سیستم آبیاری با جابجایی متناوب و تغذیه شلنگی برای باغی با فواصل بین درختان برابر با ۶ m در ۶۷ m و خطوط لوله با آبشهایی در بین هر ردیف از درختان.

و مقدار P_1 از رابطه a ۹،۲ :

$$P_1 = 200 + \frac{3}{4} \times 18.8 + \frac{1}{2} \times 0 + 0 = 214.1 \text{ KPa}$$

شدت جریان در منیفلد :

$$Q_m = (12 \times 7.6) / 60 = 1.52 \text{ L/s}$$

از جدول ۸،۳ ، $J = 3/81 \text{ m/100m}$ برای $Q = 1/39 \text{ L/s}$ ، بنابراین برای $Q = 1/52 \text{ L/s}$:

$$J = 3.81 \times \left[\frac{1.52}{1.39} \right]^{1.75} = 4.46 \text{ m/100m}$$

(توان ۱/۷۵ ، توان دبی در فرمول a ۸،۷ برای لوله های پلاستیکی کوچک است) . از رابطه b ۸،۸ با مقدار $F = 0/37$ (برای ۱۲ خروجی) استفاده کرده ، با توجه به اینکه اولین خروجی در نصف فاصله بین دو آبپاش از ابتدای منیفلد قرار گرفته است (شکل ۹،۷ را ببینید) ، P_f برای طول ۱۳۸ متری منیفلد محاسبه می شود .

$$P_f = 9.8 \times 4.46 \times 0.37 \times \frac{138}{100} = 22.3 \text{ KPa}$$

از جدول ۹،۲ ، $P_h = 0/1 \text{ psi} = 0/7 \text{ KPa}$ ، و اختلاف فشار استاتیک ناشی از اختلاف ارتفاع نیز در طول شیب سربالایی ۵ درصد برای منیفلد :

$$\Delta P_e = 9.8 \times 0.05 \times 138 = 67.6 \text{ KPa}$$

فشار در ورودی منیفلد از رابطه $b \ 9,6$ محاسبه می شود :

$$P_m = 214.1 + \frac{3}{4} \times 22.3 + \frac{1}{2} \times 67.6 + 0.7 = 265 \text{ KPa}$$

برای محاسبه حداکثر عمق ناخالص و خالص که سیستم می تواند بر زمین اعمال کند ، از محاسبه مینیمم بار فشار در آبپاشها ، P_n ، شروع می کنیم :

$$P_n = P_m - \sum P_f - \Delta P_e - P_h = 265 - (18.8 + 22.3) - 67.6 - 0.7 = 156 \text{ KPa}$$

سپس ، مقدار DU سیستم را با قرار دادن $DU = 100\%$ در رابطه $b \ 6,5$ محاسبه می کنیم :

$$\text{System DU} = DU \times \frac{1 + 3 \left(\frac{P_n}{P_a} \right)^{0.5}}{4} = 100 \times \frac{1 + 3 \times \left(\frac{156}{200} \right)^{0.5}}{4} = 91\%$$

استدلالی که برای قرار دادن $DU = 100\%$ وجود دارد این است که هر یک از درختان که از یک آبپاش مشترک آبیاری می شوند ، مقدار مساوی آب دریافت می کنند (همانطور که قبلاً توضیح داده شد) .

با استفاده از رابطه $6,9$ راندمان کاربرد سیستم با مقدار $R_e = 0.94$ برای افشانه آب در شرایط باد کم (شکل $6,8$ را ببینید) و نیز بدون در نظر گرفتن نشت از سیستم ، $Q_e = 1$:

$$E_q = \text{System DU} \times R_e \times Q_e = 91 \times 0.94 \times 1 = 86\%$$

حاصل ۲۴ ساعت زمان استقرار لاترالها و شدت پاشش I که از رابطه $5,5$ محاسبه می شود ، عمق ناخالص آبیاری در هر نوبت می باشد :

$$d = 24I = 24 \times \frac{60 \times 3.8}{6 \times 12} = 76 \text{ mm}$$

بنابراین در یک دور آبیاری برابر با ۲۳ روز (f') عمق خالص آبیاری در هر روز از رابطه $a \ 5,3$ قابل محاسبه است :

$$\frac{d_n}{\text{day}} = \frac{86}{100} \times \frac{76}{12} = 5.4 \text{ mm/day}$$

مدیریت آبیاری

در جاییکه آبپاشها از یک ردیف به ردیف دیگر منتقل می شوند ، باید این انتقال بین ردیفهای متناوب درختان صورت گیرد تا توزیع محلی آب بین دو درخت یکسان باشد . این کار باعث می شود آب بطور یکنواخت تر در کل منطقه تحت آبیاری اعمال شود . متأسفانه استقرار متناوب لوله های شلنگی بدست آوردن یکنواختی بالا را در طول لبه خارجی زمین مشکل می سازد (شکل $9,7$)

حرکت دادن شلنگها به اندازه یک ردیف درختان باعث می شود که آخرین ردیف درختان آبیاری نشده باقی مانده و یک نوار در خارج مرز پایینی زمین آبیاری شود . (شکل $9,7$ را ببینید) . برای کاهش این مشکل ، ترتیب زیر برای انتقال لوله های شلنگی می تواند رهگشا باشد :

دوره ۱ : همانند شکل $9,7$.

دوره ۲ : جنوبی ترین شلنگ را به جنوبی ترین محل استقرار شلنگها منتقل کنید . تمام شلنگهای دیگر را به اندازه یک ردیف درختان به سمت جنوب منتقل کنید .

دوره ۳ : شلنگها را مانند شکل $9,7$ به جای ابتدایی بازگردانید .

دوره ۴: این دوره شبیه دوره ۲ است. بجز اینکه شمالی ترین شلنگ باید به شمالی ترین محل استقرار لوله ها منتقل شود و دیگر لوله ها نیز به اندازه یک ردیف به سمت شمال حرکت داده می شوند.

فیلتراسیون

تمام سیستم های آبیاری بارانی نیازمند آب کاملاً تمیز هستند تا نازلها دچار گرفتگی نشوند. برای حصول حداقل گرفتگی، سوراخهای فیلتر باید بطور قابل ملاحظه ای از قطر نازلها کوچکتر باشند (یک چهارم تا یک دهم قطر نازلها). از آنجائیکه آبپاشهای مورد استفاده در سیستم شلنگی معمولاً $1/6$ میلیمتری هستند، فیلترهای با شماره مش ۳۰ تا ۶۰ مورد نیازند. یک فیلتر با مش شماره ۶۰ تمامی ذرات بزرگتر از شن ریز ($0/25$ میلیمتر) را جدا می کند. برای آبپاشهای چرخنده بسیار کوچک که معمولاً در سیستم های شلنگی استفاده می شوند، ممکن است فیلتراسیون بیشتری مورد نیاز باشد. علاوه بر حفاظت نازلها در برابر گرفتگی، مکانیزم حساس چرخش این آبپاشها نیز به توجه ویژه نیاز دارد. برای چرخش بسیاری از آبپاشهای کوچک، حتی ذرات بسیار کوچک شن نیز باید از آب جدا شوند که این موضوع نیازمند فیلتر با شماره مش ۲۰۰ می باشد تا ذرات بزرگتر از $0/075$ میلیمتر را جدا کند و یا می بایست از جداکننده های شن که در فصل ۱۸ کتاب آبیاری قطره ای تشریح شده اند استفاده شود.

۱۰- طراحی سیستم اصلی انتقال آب

خطوط اصلی در سیستم های آبیاری بارانی از خطوط تغذیه قابل حمل تا شبکه ای پیچیده از لوله های اصلی و نیمه اصلی متغیر است (شکل ۵، ۱، ۷، ۱ و ۷، ۲ را ببینید). وظیفه اصلی خطوط اصلی و نیمه اصلی ، حمل مقادیر آب مورد نیاز به تمامی بخشهای منطقه طراحی تحت فشار مورد نیاز برای عملکرد تمامی لاترالها در شرایط ماکزیمم جریان می باشد . مسئله اصلی طراحی این خطوط ، انتخاب اندازه لوله ها می باشد ، به نحوی که این وظیفه را به اقتصادی ترین شکل انجام دهند . به این منظور ، لوله ای که از منبع آب تا منطقه طراحی ادامه دارد ، خط انتقال نامیده می شود و به عنوان بخشی از خط اصلی در نظر گرفته می شود .

طراحی خطوط اصلی و نیمه اصلی نیازمند تحلیل تمامی سیستم به منظور برآورد حداکثر ظرفیت و فشار مورد نیاز در سیستم است . روند کلاسیک این کار این است که چندین مقدار افت بار مجاز (در محدوده منطقی و قابل قبول) ناشی از اصطکاک در لوله های اصلی و نیمه اصلی فرض شده و سپس اندازه لوله برای هریک از مقادیر افت بار محاسبه می شود . سپس اندازه های مختلف از نظر اقتصادی بررسی می شوند و اقتصادی ترین قطر انتخاب می گردد . در فصل ۸ بهترین فرایند انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی تشریح شد .

جاییکه فشار ثقلی (فشاری که از اختلاف ارتفاع ناشی می شود) مورد استفاده است (سیستم فاقد پمپ) ، دو مشکل امکان بروز دارند . جاییکه اختلاف ارتفاع به سختی قادر به تأمین فشار مورد نیاز برای عملکرد سیستم می باشد ، مشکلی که بروز می کند مربوط به صرفه جویی انرژی می باشد که طراح را ملزم به استفاده از قطرهای بزرگتر برای لوله های اصلی و نیمه اصلی می کند . ضروریست که تلفات اصطکاک کاهش یابند تا از پمپ های بوستر (پمپ های کمکی که فشار را بطور موضعی افزایش می دهند) تا حد ممکن استفاده نشود . گاهی اختلاف ارتفاع بطور قابل ملاحظه ای بیش از فشار مورد نیاز برای عملکرد سیستم است . در این موارد مشکلی که بروز می کند مربوط به کاهش فشاریست که در نتیجه اختلاف ارتفاع ایجاد می شود و به این منظور می بایست از قطرهای کوچکتر استفاده شده و تلفات اصطکاک افزایش داده شوند . در شیبهای بسیار تند ، شیرهای کاهش فشار (شیرهای فشار شکن) و یا سازه های فشار شکن و همچنین ، قطرهای لوله کوچکتر برای حفاظت خط اصلی و تجهیزات دیگر سیستم در برابر فشار اضافی مورد نیازند .

علاوه بر ملاحظات مربوط به افت فشار ، سرعت جریان در خطوط اصلی باید در محدوده ای قرار گیرد که از بروز ضربه آبی (ضربه قوچ) جلوگیری شود . این موضوع بخصوص در لوله های PVC و سیمان آذبست از اهمیت زیادی برخوردار است . در لوله های PVC ، سرعت جریان باید کمتر از ۲ متر در ثانیه (۷ ft/s) باشد . در لوله های SDR-41-PV ، فشار موجی که ایجاد می شود ، به ازای هر ۰/۳ متر در ثانیه افزایش سرعت جریان ، تقریباً برابر ۸۵ کیلوپاسکال (۱۲/۴ psi) می باشد .

استراتژی های طراحی در آرایشهای مختلف لاترالها

پیچیدگی طراحی خطوط اصلی ، به آرایش سیستم بستگی دارد .

طراحی با لاترال منفرد

زمانیکه تنها یک لاترال در یک یا دو سمت خط اصلی جابجا می شود ، انتخاب اندازه لوله اصلی ساده است . اندازه لوله ممکن است بطور مستقیم از نمودار طراحی اقتصادی (شکل ۸,۷ را ببینید) انتخاب شود و از جداول و فرمولهای ذکر شده در فصول گذشته ، زمانیکه لاترال در انتهای بسته خط اصلی قرار گرفته ، افت بار در محدوده مجاز محاسبه می شود .

جاییکه دو لاترال در طول خط اصلی جابجا می شوند ، اما در یک آرایش دوتکه (که لوله های فرعی طوری در اطراف لوله اصلی حرکت می کنند که تعادل فشار در آن حفظ شود) قرار ندارند ، مسئله مشابه وقتی است که یک لاترال منفرد استفاده می شود . قطر لوله انتخابی بنحویست که منجر به قرار گرفتن افت بار (در زمانیکه هر دو لاترال در انتهای بسته لوله اصلی قرار دارند) در محدوده مجاز می شود .

طراحی در آرایش دوتکه

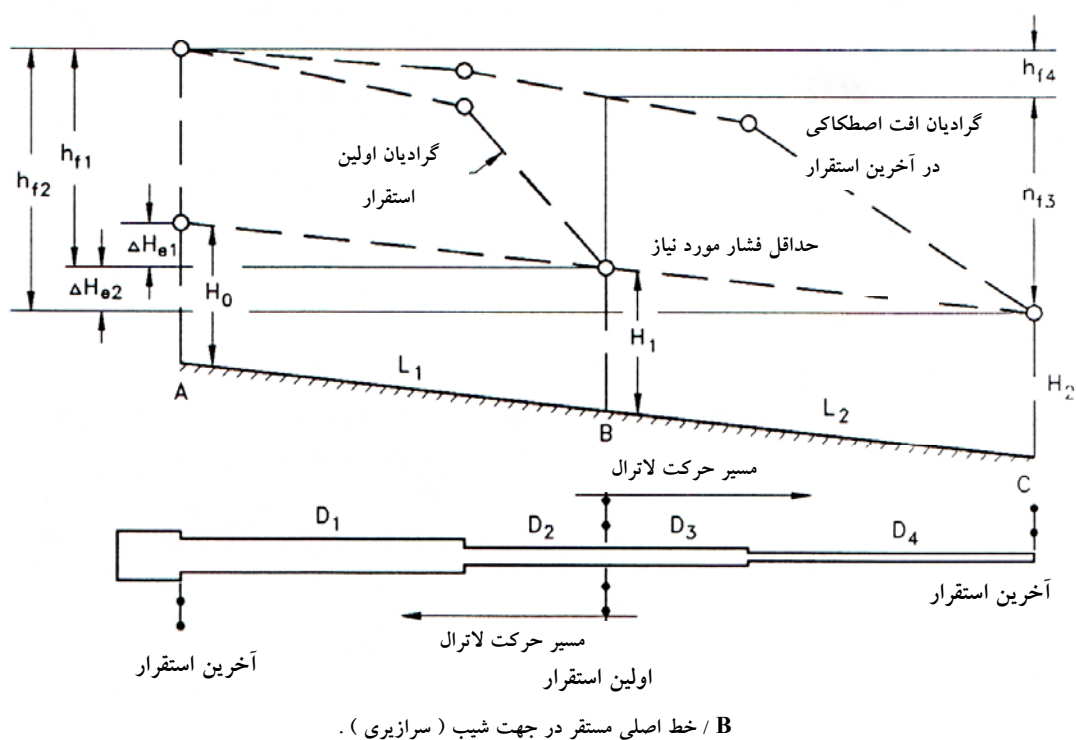
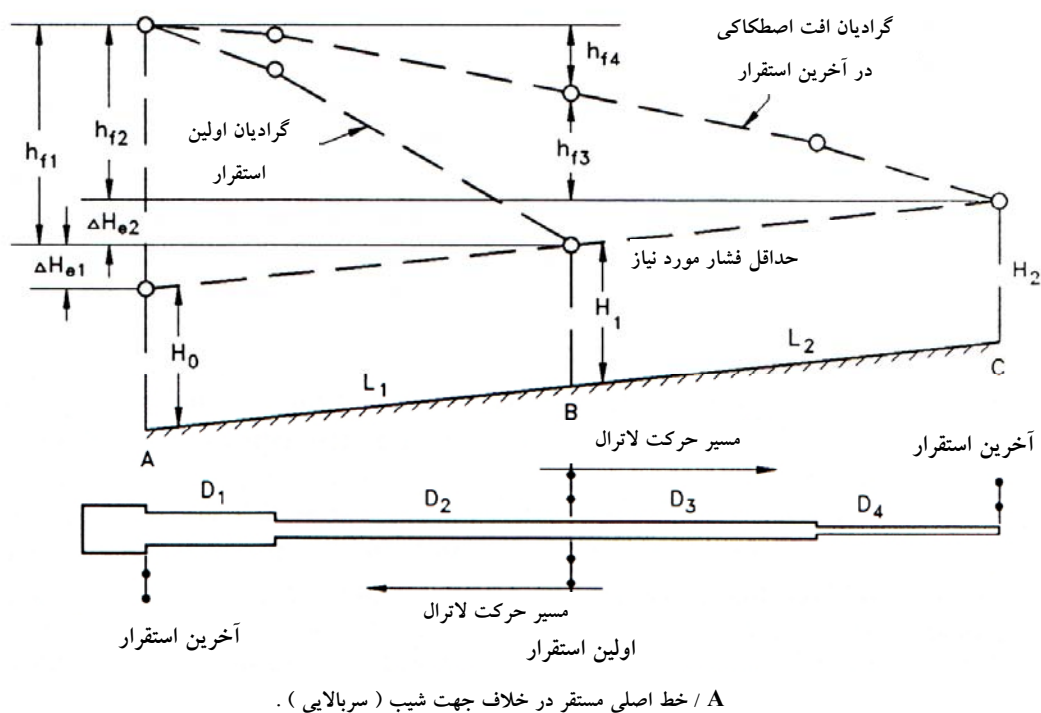
آرایش دوتکه شامل دو یا چند لاترال می شود که در اطراف خط اصلی یا نیمه اصلی حرکت چرخشی می کنند (شکل E ، B و A ۷,۱ را ببینید) . آرایشهای دوتکه به این مقاصد استفاده می شوند :

- تعادل بار یا فشار وارد بر پمپ بدون در نظر گرفتن موقعیت لاترالها .
 - به حداقل رساندن فاصله جابجایی لاترالها برای رسیدن به نقطه اولیه .
 - استفاده اقتصادی از قطرهای کوچکتر .
- با اینحال ، آرایش دوتکه عملیات زراعی را مشکلتر می کند . زیرا تعداد نقاط خیس شده سطح مزرعه را (همانطور که در فصل ۷ بحث شد) افزایش می دهد .

شکل ۱۰,۱ مسئله طراحی لوله اصلی با استفاده از آرایش دوتکه را نشان می دهد .

در این نوع آرایش ، یک لاترال در یک سمت لوله اصلی به سمت بالا حرکت می کند ، در حالیکه لاترال دیگر در سوی دیگر لوله اصلی به سمت پایین حرکت می کند . (شکل C ۷,۲ را نیز ببینید) .

در شکل ۱۰,۱ مشخص است که گاهی کل مقدار آب سیستم ، Q_s ، از نقطه A تا B منتقل می شود . در این زمانها هیچ جریانی بعد از نقطه B وجود ندارد . از B تا C مقدار جریان هرگز از $Q_s/2$ تجاوز نمی کند و زمانیکه یک لاترال در نقطه C کار می کند ، مقدار جریان مورد نیاز در این نقطه ، $Q_s/2$ است . در این زمان ، لاترال دیگر در نقطه A می باشد و بنابراین مقدار جریانی که کل طول خط لوله را طی می کند ، همان مقدار $Q_s/2$ است .



شکل ۱۰،۱ / روابط فشار و قطر لوله در خط لوله اصلی با آرایش دوتکه .

برای مقدار معلوم کل بار پمپ ، اندازه بهینه لوله (کوچکترین اندازه ممکن) آن است که منجر به افت باری برابر با $h_{f1} = h_{f2} + H_{e2} \Delta$ شود . توجه کنید که اختلاف بار فشار استاتیک ناشی از اختلاف ارتفاع ، $EI \Delta$ ، بین دونقطه B و C (که همان مقدار $H_{e2} \Delta$ در شکل ۱۰،۱ است) مقدار مثبت برای شیبهای سربالایی و مقدار منفی برای شیبهای سرازیری

می باشد. زیرا $H_e \Delta$ در واقع مقدار H_e در نقطه ورودی آن قسمت منهای مقدار H_e در خروجی است. یعنی برابر است با اختلاف ارتفاع بین دو نقطه ورودی و خروجی.

بعد از اینکه اندازه لوله برای هریک از مقادیر منطقی افت بار مشخص شد، برای تعادل هزینه های پمپاژ سالیانه و سرمایه گذاری اولیه، می توان تغییرات و تعدیلاتی در این مقادیر صورت داد. در سیستم های تحت فشار، مقدار بار موجود مشخص و ثابت است. بنابراین باید از کوچکترین قطر لوله ای که فشار و شدت جریان مورد نیاز را بدون تخطی از معیارهای سرعت جریان (که قبلاً ذکر شدند) به لایزالها می رساند استفاده شود.

روند ساده طراحی کوچکترین قطر لوله اصلی برای مقدار افت بار مجاز مشخص $(h_f)_a$ به صورت زیر می باشد:

مرحله ۱: اندازه لوله ای را بدست آورید که کل شدت جریان Q_s ، را در بخش A-B از لوله اصلی به طول L_1 ، با افت اصطکاک برابر یا نزدیک به $(h_f)_a$ منتقل کند.

مرحله ۲: اگر افت اصطکاک برای طول L_1 با استفاده از اندازه انتخاب شده از مقدار h_{f1} (که توسط طراح تعیین شده است) بیشتر (یا کمتر) بود، افت اصطکاک را در قطر لوله بزرگتر (یا قطر لوله کوچکتر) محاسبه کنید.

مرحله ۳: طول نسبی هریک از دو اندازه مختلف لوله را برای طول L_1 که در زمان عبور کل مقدار جریان Q_s از A تا B، منجر به افت بار h_{f1} می شود تعیین کنید. این کار با قرار دادن $h_{f1} = (h_f)_a$ و $L_1 = L$ در رابطه زیر صورت می گیرد:

$$(h_f)_a = \frac{J_b L_b + J_s L_s}{100} = \frac{J_b (L - L_s) + J_s L_s}{100} \quad (10,1 a)$$

که اگر برای L_s حل شود:

$$L_s = \frac{100(h_f)_a + J_b L}{J_s - J_b} \quad (10,1 b)$$

$(h_f)_a$: افت بار مجاز در هر بخش ناشی از اصطکاک (m)

J_b : گرادیان افت بار در لوله بزرگتر (m/100m)

J_s : گرادیان افت بار در لوله کوچکتر (m/100m)

L_b : طول لوله بزرگتر (m)

L_s : طول لوله کوچکتر (m)

L : طول کل لوله در هر قسمت (m)

مرحله ۴: مرحله ۱ تا ۳ را برای انتخاب قطر لوله در قسمت B-C با طول L_2 و شدت جریان $Q_2 = Q_s/2$ تکرار کنید. از آنجاییکه قطر لوله برای طول L_1 محاسبه شده است، افت بار مجاز در طول L_2 به صورت زیر است:

$$h_{f3} = h_{f2} - h_{f4} = h_{f2} - 0.28h_{f1} \quad (10,2)$$

h_{f3} : افت بار مجاز در طول L_2 (m)

h_{f2} : افت بار مجاز در قسمت A-C با دبی Q_2 (m)

h_{f4} : افت بار مجاز در طول L_1 با دبی Q_2 (m)

h_{f1} : افت بار مجاز در طول L_1 با دبی Q_1 (m)

ضریب ۰/۲۸ کاهش در مقدار h_f به دلیل کاهش شدت جریان به مقدار $Q_s/2$ در طول L_1 است (زیرا از رابطه ۸,۱ : $h_f = \left(\frac{Q}{Q_s}\right)^{1.852}$) . سپس مقدار $h_{f3} = (h_f)_a$ و $L_2 = L$ قرار داده می شود و از رابطه b ۱۰,۱ طول قسمت دارای قطر کوچکتر در قسمت B-C محاسبه می گردد . مثال ۱۰,۱ این روند را برای طراحی لوله اصلی در سیستمی شامل دو لاترال که در یک آرایش دوتکه قرار گرفته اند نشان می دهد .

مثال ۱۰,۱ : خط اصلی در شیب سربالایی با دو لاترال در آرایش دوتکه .

اطلاعات : سیستم آبیاری بارانی با دو لاترال (مثل شکل A ۱۰,۱) با فرض اینکه ظرفیت کل سیستم $Q_s = 500 \text{ gpm}$ باشد . طول خط انتقال آلومینیومی (در قطعات ۳۰ فوتی) از پمپ (نقطه P) تا $L_{PA} = 440 \text{ ft}$. طول لوله اصلی آلومینیومی (درون منطقه طراحی) 1200 ft فوت که $L_1 = L_2 = 600 \text{ ft}$. بار فشار مورد نیاز برای عملکرد لاترالها ، $H_0 = H_1 = H_2 = 125 \text{ ft}$. اختلاف بار فشار استاتیک در هر قسمت از لوله اصلی با فرض شیب سربالایی یکنواخت ، $\Delta H_{e1} = \Delta H_{e2} = 7 \text{ ft}$. مطلوب است : محاسبه کوچکترین اندازه لوله برای هر دو لوله اصلی و انتقال با فرض بار فشار موجود در پمپ برابر با ۱۷۲ فوت .

محاسبات : از جدول ۸,۴ ، $J = 2/27 \text{ ft}/100\text{ft}$ برای لوله انتقال آلومینیومی با فرض قطر ۶ اینچ و دبی $Q_s = 500 \text{ gpm}$. بنابراین افت بار در لوله انتقال ۴۴۰ فوتی برابر است با $10 \text{ ft} = 2/27 \times 440$. با مراجعه به شکل A ۱۰,۱ و توجه به اینکه $H_2 = 125$ ،

$$h_{f2} = 172 - 125 - 7 - 7 - 10 = 23 \text{ ft}$$

علاوه بر این ،

$$h_{f1} = h_{f2} + \Delta H_{e2} = 23 + 7 = 30 \text{ ft}$$

دلیل اینکه مقدار h_{f1} بزرگتر از h_{f2} می باشد این است که وقتی هردو لاترال در نقطه B کار می کنند ، پمپ لازم نیست که مقدار فشار استاتیک اضافی ΔH_{e2} را نیز تأمین کند . با استفاده از این مزیت ، افت اصطکاک مجاز در قسمت A-B می تواند به اندازه ΔH_{e2} افزایش داده شود .

زمانیکه دو لاترال در نقطه B قرار دارند ، گرادیان متوسط افت بار در طول L_1 برابر است با :

$$J_1 = \frac{h_{f1}}{L_1/100} = \frac{30}{6} = 5 \text{ ft}/100\text{ft}$$

از جدول ۸,۴ با $Q_1 = 500 \text{ gpm}$ ، گرادیان اصطکاک در لوله های ۵ و ۶ اینچی در دو سمت مقدار $5 \text{ ft}/100\text{ft}$ قرار می گیرند . بنابراین ، برای D_2 در شکل A ۱۰,۱ ، از قطر ۵ اینچ با $J_s = 5/54 \text{ ft}/100\text{ft}$ و برای D_1 از قطر ۶ اینچ با $5 \text{ ft}/100\text{ft}$. $J_b = 2/27$ استفاده می کنیم .

با قرار دادن $h_{f1} = (h_f)_a = 30 \text{ ft}$ و $L = L_1 = 600 \text{ ft}$ در رابطه b ۱۰,۱ ، طول مربوط به قطر کوچکتر (۵ اینچ) محاسبه می شود .

$$(L_s)_1 = \frac{100(30) - 2.27(600)}{5.54 - 2.27} = 500 \text{ ft}$$

از آنجاییکه لوله دارای قطعات ۳۰ فوتی می باشد، قرار می دهیم: $(L_s)_1 = 510 \text{ ft}$ تا طول این قسمت ضریبی از ۳۰ فوت باشد. سپس طول قسمت دارای قطر ۶ اینچ را محاسبه می کنیم.

$$(L_b)_1 = L_1 - L_s = 600 - 510 = 90 \text{ ft}$$

زمانیکه یک لاترال در نقطه A و دیگری در نقطه C قرار دارد، شدت جریان در هر دو طول L_1 و L_2 برابر است با gpm $Q_s/2 = 250$. بنابراین از رابطه ۱۰،۲ مقدار افت بار مجاز در طول L_2 را محاسبه می کنیم.

$$h_{f3} = 23 - 0.277(30) = 14.7 \text{ ft}$$

و مقدار گرادیان افت بار مجاز در طول L_2 :

$$J_2 = \frac{h_{f3}}{L_2} = \frac{14.7}{600} = 2.45 \text{ ft}/100\text{ft}$$

از جدول ۸،۱ گرادیان افت اصطکاک برای قطر ۴ اینچ و ۵ اینچ با $Q_2 = 250 \text{ gpm}$ در دو سوی مقدار $2/45 \text{ ft}/100\text{ft}$ قرار می گیرند. بنابراین برای قطر D_4 از لوله ۴ اینچی ($J_s = 4/66 \text{ ft}/100\text{ft}$) و برای قطر D_3 از قطر ۵ اینچ ($1/53 \text{ ft}/100\text{ft}$) استفاده می کنیم. با قرار دادن $(h_f)_1 = 14/7 \text{ ft}$ و $L = L_2 = 600 \text{ ft}$ در رابطه b ۱۰،۱، طول قسمت دارای قطر کوچکتر محاسبه می شود:

$$(L_s)_2 = \frac{100(14.7) - 1.53(600)}{4.66 - 21.53} = 176 \text{ ft}$$

چون این لوله از قطعات ۳۰ فوتی تشکیل شده، طول آن را به ۱۸۰ فوت افزایش می دهیم. بنابراین طول قسمت ۵ اینچی نیز محاسبه می شود:

$$(L_b)_2 = 600 - 180 = 420 \text{ ft}$$

برای این طراحی آزمایشی، طول قطرهای مختلف لوله های انتقال و اصلی (شکل A ۱۰،۱) به صورت زیر خواهد بود:

Syppy Line: 440 ft of 6-in

$$\text{Main Line: } \begin{cases} 90 \text{ ft of 6-in} \\ 510 \text{ ft} + 420 \text{ ft} = 930 \text{ ft of 5-in} \\ 180 \text{ ft of 4-in} \end{cases}$$

طراحی آرایش دوتکه به روش اقتصادی

در بسیاری از موارد، بار فشار ورودی به سیستم یا یکی از بخشهای آن ثابت نبوده و افت اصطکاک در لوله ها موجب افزایش هزینه های پمپاژ می گردد. به جای فرض چندین مقدار برای افت مجاز بار در سیستم و بررسی اینکه کدام یک، منجر به کمینه شدن مجموع هزینه های ثابت و پمپاژ سیستم می شود، می توانیم از روش مؤثر اقتصادی استفاده کنیم. این روش شامل مراحل زیر است:

مرحله ۱: نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی را برای شرایط کاری سیستم ترسیم می کنیم (شکل ۸،۴ را ببینید) و یا در صورت امکان از شکل ۸،۷ استفاده می کنیم.

مرحله ۲: با فرض Q_s از محل منبع آب تا نقطه A و همچنین از نقطه A تا B و نیز، با فرض دبی $Q_s/2$ برای قسمت B-C، اقتصادی ترین قطر لوله را انتخاب می کنیم.

مرحله ۳: با استفاده از قطرهای انتخاب شده در مرحله ۲، کل اختلاف بار، ΔH_T ، مورد نیاز در نقطه A را، برای زمانیکه هردو لاترال در نقطه B قرار دارند (H_{T1}) و برای زمانیکه یک لاترال در نقطه A و یکی در نقطه C واقع شده (H_{T2}) محاسبه می کنیم.

مرحله ۴-الف: برای لوله های اصلی که در سربالایی یا روی زمین مسطح قرار دارند:

- اگر $(H_T)_1$ بالاترین مقدار است، یعنی مقدار H_T زمانیکه هردو لاترال در نقطه B قرار دارند، از رابطه $b_{10,1}$ برای محاسبه طول لوله کوچکتر برای نصب در قسمت B-C (به منظور افزایش h_{f2} به میزان ΔH_T) استفاده می کنیم.

- اگر $(H_T)_2$ بیشتر باشد، یعنی مقدار H_T زمانیکه یک لاترال در A و یکی در C قرار گرفته است، اما قطر لوله یکسانی از نمودار انتخاب قطر برای طولهای L_1 و L_2 بدست آمده است، هیچ تغییر بیشتری مورد نیاز نیست.

- اگر $(H_T)_2$ بیشتر باشد و قطر بزرگتر برای طول L_1 مشخص شده (از روی نمودار انتخاب قطر)، قطر کوچکتری را برای قسمت A-B استفاده می کنیم. طول لوله کوچکتر، $(L_s)_1$ ، باید به اندازه ای باشد که h_{f1} به میزان ΔH_T بعلاوه افت بار اضافی ناشی از کاهش اندازه قطر لوله افزایش یابد. بنابراین رابطه $b_{10,1}$ به شکل زیر تبدیل می شود:

$$\begin{aligned} (L_s)_1 &= \frac{\Delta J(L_s)_1 + 100(h_{f1} + \Delta H_T) - J_b L_1}{J_s - J_b} \\ &= \frac{100(h_{f1} + \Delta H_T) - J_b L_1}{0.72(J_s - J_b)} \end{aligned} \quad (10,3)$$

$(L_s)_1$: طول لوله کوچکتر (m)

h_{f1} : افت اصطکاکی در طول L_1 با قطر بزرگتر (m)

ΔH_T : بار فشار اضافی مورد نیاز زمانیکه لاترالها یکی در A و دیگری در C قرار دارند در مقایسه با زمانیکه هردو در نقطه B واقع شده اند ($(H_T)_2 - (H_T)_1$)، (m)

$J\Delta$: $J_s - J_b$ با استفاده از دبی $Q_s/2$ ($m/100m$). J_b و J_s گرادیان افت بار با دبی Q هستند.

مرحله ۴-ب: برای لوله های اصلی که در سرازیری قرار دارند:

- اگر $(H_T)_1$ بیشتر است، قطر لوله را در قسمت B-C (رابطه $b_{10,1}$) به نحوی کاهش دهید که h_{f2} به میزان $(H_T)_2 - (H_T)_1$ افزایش یابد.

- اگر $h_{f2} < \Delta H_{e1} - \Delta H_{e2}$ باشد، مقدار $(H_T)_2$ با لاترالهایی که در A و C و برروی شیب سرازیری قرار گرفته اند برای برآورده کردن بار مورد نیاز در A به میزان H_0 ، می تواند بالاترین مقدار باشد. در این مورد از رابطه $b_{10,1}$ برای محاسبه اندازه لوله در قسمت B-C به نحوی استفاده می کنیم که:

$$-\Delta H_{e1} - \Delta H_{e2} h_{f2} =$$

- اگر $(H_T)_2$ بالاترین مقدار را دارد، برای برآورده کردن بار مورد نیاز H_2 در نقطه C، لوله های کوچکتری را برای قسمت A-B و با کمک رابطه ۱۰,۳ به کار می بریم، به شرطی که قطرهای مختلفی برای طولهای L_1 و L_2 از نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی بدست آمده باشند.

مثال ۱۰,۲: طراحی اقتصادی خطوط اصلی در شیب سربالایی و با ۲ لاترال در آرایش دوتکه.

اطلاعات: اطلاعات طرح همانند مثال ۱۰,۱ و نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی همانند شکل ۸,۴ (برای لوله های آلومینیومی قابل حمل و شرایط مشخص اقتصادی).

مطلوب است: اقتصادی ترین طرح برای خط انتقال و لوله اصلی از نقطه A تا C در شکل A ۱۰,۱.

محاسبات: با مراجعه به شکل ۸,۴ با استفاده از $Q_s = 500 \text{ gpm}$ این لوله ها انتخاب می شوند:

لوله ۸ اینچی برای خط انتقال.

لوله ۸ اینچی برای قسمت A-B با دبی ۵۰۰ گالن در دقیقه.

لوله ۶ اینچی برای قسمت B-C با دبی ۲۵۰ گالن در دقیقه.

از جدول ۸,۴، برای لوله ۸ اینچی با دبی ۵۰۰ گالن در دقیقه، $J_b = 0.56 \text{ ft}/100\text{ft}$ بدست می آید. بنابراین، افت بار

h_{f1} زمانیکه دو لاترال در نقطه B در شکل A ۱۰,۱ قرار گرفته اند:

$$h_{f1} = 0.56 \frac{600}{100} = 3.4 \text{ ft}$$

و کل بار مورد نیاز در نقطه A:

$$(H_T)_1 = H_2 + \Delta H_{e1} + h_{f1} = 125 + 7 + 3.4 = 135.4 \text{ ft}$$

از جدول ۸,۴، با شدت جریان ۲۵۰ گالن در دقیقه، $J_b = 0.15 \text{ ft}/100\text{ft}$ برای لوله ۸ اینچی و $J_s = 0.63$ برای لوله ۶

اینچی بدست می آید. بنابراین زمانیکه یک لاترال در A و دیگری در C قرار گرفته است:

$$h_{f2} = 0.15 \frac{600}{100} + 0.63 \frac{600}{100} = 4.7 \text{ ft}$$

و کل بار مورد نیاز در نقطه A:

$$(H_T)_2 = H_2 + \Delta H_{e1} + \Delta H_{e2} + h_{f2} = 125 + 7 + 7 + 4.7 = 143.7 \text{ ft}$$

طبق مرحله ۴، از آنجاییکه $(H_T)_2$ زمانیکه دو لاترال یکی در A و دیگری در C قرار دارد بزرگترین مقدار است، h_{f1}

باید به میزان ΔH_T افزایش داده شود:

$$\Delta H_T = 143.7 - 135.4 = 8.3 \text{ ft}$$

و از جدول ۸,۴، برای لوله ۶ اینچی با دبی ۵۰۰ گالن در دقیقه، $J_s = 2.27 \text{ ft}/100\text{ft}$ بدست می آید. بنابراین، با استفاده

از رابطه ۱۰,۳ طول قسمت ۶ اینچی، $(L_s)_1$ برای استفاده در قسمت A-B محاسبه می شود.

$$(L_s)_1 = \frac{100(3.4 + 8.3) - 0.56(600)}{0.72(2.27 - 0.56)} = 677 \text{ ft}$$

از آنجاییکه $L_1 = 600 \text{ ft}$ ، تماماً از قطر ۶ اینچی استفاده می شود.

کل بار مورد نیاز نهایی در نقطه A زمانیکه دو لاترال یکی در A و دیگری در C قرار گرفته ، بیشترین مقدار را دارد . h_{f1} نهایی با لوله سرتاسر ۶ اینچی عبارت است از :

$$h_{f2} = 0.63 \frac{1200}{100} = 7.6 \text{ ft}$$

و مقدار نهایی $(H_T)_2$:

$$(H_T)_2 = 125 + 7 + 7 + 7.6 = 146.6 \text{ ft}$$

یک بررسی سریع نشان می دهد که مقدار نهایی $(H_T)_1$ کمتر است :

$$h_{f1} = 2.276 \frac{1200}{100} = 13.6 \text{ ft}$$

و

$$(H_T)_1 = 125 + 7 + 13.6 = 145.6 \text{ ft}$$

اگر مقدار محاسبه شده $(L_s)_1$ کمتر از L_1 باشد ، پس $(H_T)_1 = (H_T)_2$.

طراحی با چندین لاترال در حال چرخش

جاییکه بیش از ۲ لاترال در حال آبیاری هستند و جریان در لوله اصلی تقسیم می شود ، یعنی یک قسمت از اولین لاترال خارج شده و باقی جریان برای تغذیه لاترالهای دیگر به مسیر خود ادامه می دهد ، مسئله طراحی پیچیده تر می شود . شکل ۵,۱ مثالی از ۴ لاترال در حال چرخش در اطراف یک خط اصلی را نشان می دهد .

هیچ فرمول ریاضی ساده ای برای محاسبه اقتصادی ترین قطر لوله در این نوع آرایش ارائه نشده است . تخمین اندازه های بهینه ، با استفاده از بررسی و سعی و خطا و یا تکنیک های طراحی با کمک رایانه مورد استفاده قرار می گیرند .

استراتژی طراحی توصیه شده برای لاترالهای چندگانه مشابه طراحی آرایش دوتکه به روش اقتصادی می باشد .

مرحله ۱ : نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی را برای شرایط کاری سیستم (مانند شکل ۸,۴) طراحی کرده و یا در صورت امکان از شکل ۸,۷ استفاده کنید .

مرحله ۲ : مجموعه ای از اقتصادی ترین اندازه های لوله را با فرض شدت جریان ماکزیمم که می تواند در هر قسمت از لوله اصلی روی دهد انتخاب کنید (همانطور که در مرحله ۲ از روش طراحی آرایش دوتکه به روش اقتصادی برای دو لاترال گفته شد) . برای مثال برای ۴ لاترال در آرایش چرخشی ، اینگونه قطرهای را انتخاب می کنیم :

برای ربع ابتدایی لوله از دبی Q_s استفاده کنید .

برای ربع دوم لوله از دبی $0.75 Q_s$ استفاده کنید .

برای ربع سوم لوله از دبی $0.5 Q_s$ استفاده کنید .

برای ربع چهارم لوله از دبی $0.25 Q_s$ استفاده کنید .

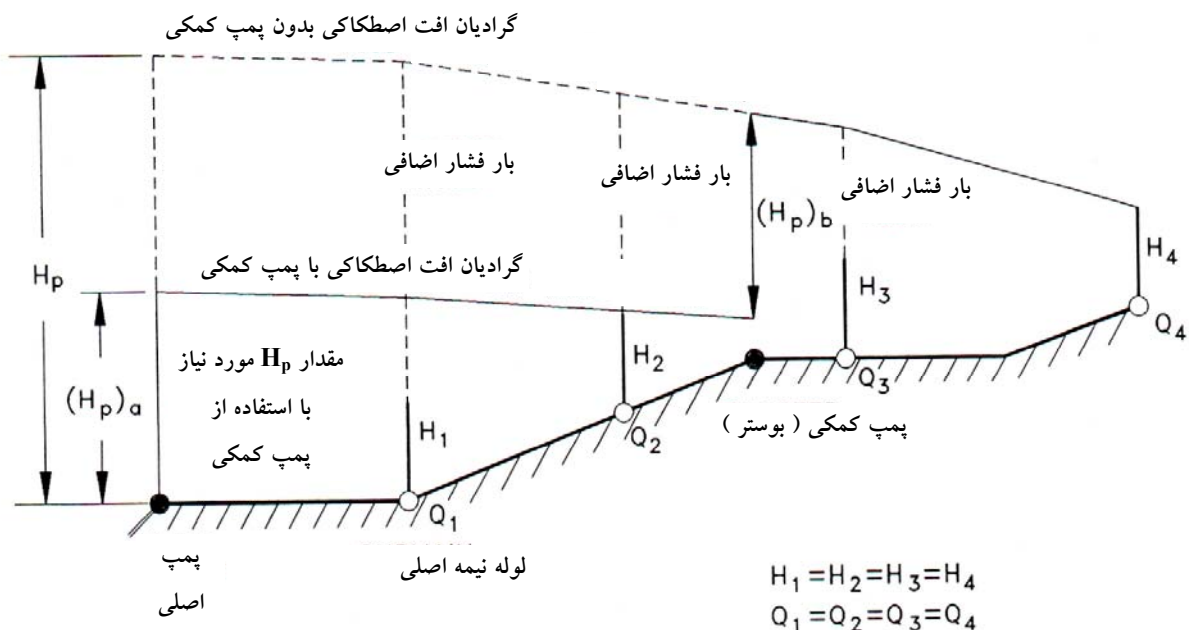
مرحله ۳ : با استفاده از قطر انتخاب شده در مرحله ۲ ، مقدار ΔH_T مورد نیاز را برای زمانیکه یک لاترال در انتهای بسته لوله اصلی قرار دارد ، و بعد از گذشت نیمی از دور آبیاری ، برای زمانیکه دو لاترال در دو سوی مخالف هم و در نزدیکی انتهای بسته لوله اصلی قرار گرفته اند محاسبه کنید .

مرحله ۴: در این مرحله همانند مراحل دوگانه ۴ که برای آرایش دوتکه با دو لاترال به روش اقتصادی گفته شد عمل می کنیم. با اینحال، اینجا کار پیچیده تر است. زیرا گره های بیشتری برای محاسبه وجود دارند. به دلایل اقتصادی، مخصوصاً مهم است که در خطوط اصلی که در سرازیری قرار گرفته اند، یعنی جایی که گرادیان افت بار بر اساس اندازه های اقتصادی قطر لوله کمتر از شیب زمین است، تغییراتی (همانند مرحله ۴ مذکور) صورت گیرد.

برای استراتژی های طراحی با کمک رایانه، مراحل ۱ تا ۳ را دنبال کنید. سپس سیستم را به گونه ای اصلاح کنید که ΔH_T مرحله ۳، به صفر میل کند و آخرین خروجی در انتهای بسته لوله اصلی تحت حداقل بار فشار مورد نیاز در ورودی لاترالها باشد، مگر اینکه محدودیت های سرعت جریان این ملاحظات را نقض کند. این نوع اصلاحات می تواند به گونه ای صورت گیرد که کاهش قطر لوله به صورت اقتصادی صورت گیرد. برای این منظور، کار را با کاهش قطر لوله در قسمتی که مقدار کاهش، RV، کوچکترین است آغاز می کنیم.

$$RV = \frac{\text{هزینه واحد طول لوله با قطر کوچکتر بعدی}}{\text{گرادیان هیدرولیکی در لوله کوچکتر بعدی در همان شدت جریان}} \quad (۱۰,۴)$$

صورت کسر، هزینه واحد طول قطر لوله کوچکتر بعدی می باشد. اندازه لوله ها باید به میزان RV کاهش داده شوند تا در نهایت ΔH_T مساوی یا نزدیک به صفر شود.



شکل ۱۰,۲ / استفاده از پمپ کمکی (بوستر) برای کاهش حداکثر فشار مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ و صرفه جویی در انرژی.

آرایش خطوط اصلی و نیمه اصلی

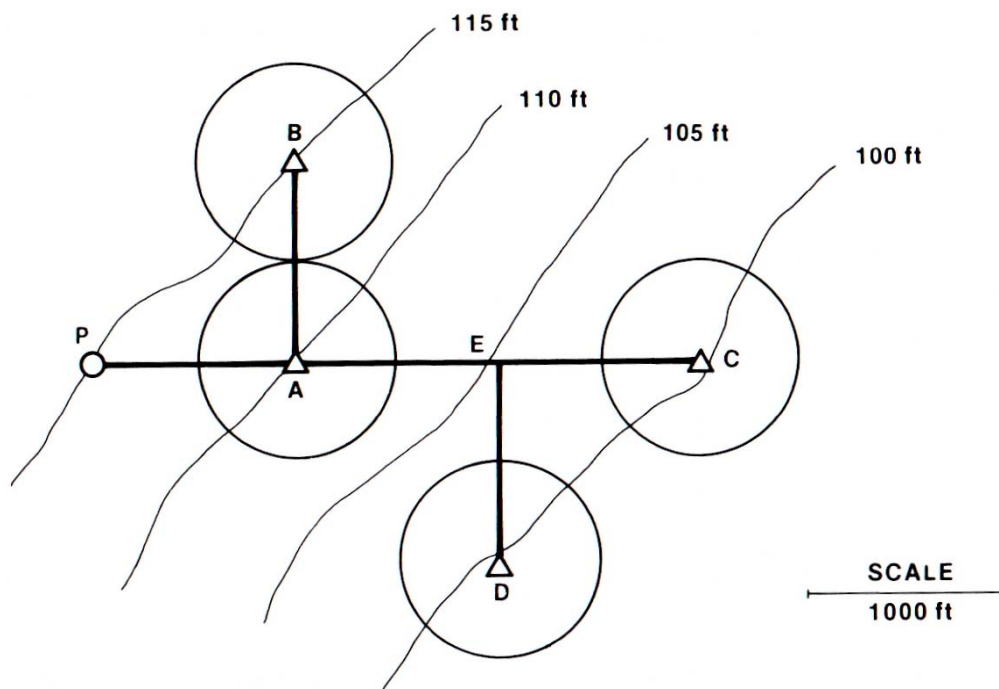
افت بار مجاز در لوله های نیمه اصلی مشابه مسئله طراحی در مورد لوله اصلی می باشد. شکل ۱۰,۲ مقطع یک پمپ و پمپ بوستر را برای چهار لوله نیمه اصلی که بار فشار ورودی و شدت جریان مشابهی نیاز دارند نشان می دهد. این شکل نشان می دهد که بدون پمپ بوستر (پمپ کمکی نیز نامیده می شود) ماکزیمم بار مورد نیاز در پمپ اصلی، H_p ، بر اساس بار مورد نیاز برای لوله نیمه اصلی ۴، H_4 ، محاسبه می شود. با این وجود، اگر یک پمپ بوستر در بالای

شیب نصب شود، H_p می تواند به نصف مقدار اول کاهش یابد. این موضوع تقریباً یک چهارم انرژی را صرفه جویی می کند زیرا تنها نیمی از آب لازم است تحت فشار قرار گیرد تا Q_4 و H_4 تأمین شود. جایگاه پمپ بوستر وجود دارد، پمپ اصلی جایگزین، $(H_p)_a$ ، بستگی به ماکزیمم بار مورد نیاز در لوله نیمه اصلی ۲، H_2 ، دارد. پمپ بوستر، $(H_p)_b$ ، نیز بستگی به اختلاف بین H_4 مورد نیاز در لوله نیمه اصلی ۴ و بار باقی مانده در پمپ بوستر دارد.

مثال ۱۰,۳: انتخاب قطر لوله اصلی برای سیستم آبیاری با تعدادی لوله نیمه اصلی.

اطلاعات: پروژه ای با ۴ سیستم عقربه ای کوچک، همانند شکل ۱۰,۳، جایگاه شدت جریان در هر سیستم ۲۰۰ gpm می باشد.

مطلوب است: اقتصادی ترین قطرها برای سیستم بر اساس نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی در شکل ۸,۴ برای لوله های آلومینیومی.



شکل ۱۰,۳ / آرایش سیستمی شامل ۴ لاترال عقربه ای کوچک.

محاسبات: اول قطر لوله ها را از شکل ۸,۴ انتخاب کرده، سپس افت اصطکاکی در هر قسمت از لوله را مطابق با جدول ۱۰,۱ محاسبه می کنیم. سپس لاترال مربوط به سیستم بحرانی را مشخص می کنیم (همانند آنچه در قسمت بالایی جدول ۱۰,۲ صورت گرفته است). نقطه بحرانی، نقطه ورودی به لاترالی می باشد که بالاترین مقدار $h_f + \Delta H_e$ را دارد که در این مورد، نقطه B مورد نظر است. فشار اضافی در طول مسیر از پمپ تا نقطه ورودی بحرانی، نمی تواند با کاهش قطر لوله، کاهش یابد. با اینحال، فشار اضافی در تمامی شاخه های دیگر ممکن است کاهش یابد، به شرطی که محدودیت های سرعت جریان در نظر گرفته شوند. بار اضافی در نقطه C برابر است با اختلاف بین مقادیر $h_f + \Delta H_e$ برای P-B و P-C، که برابر است با:

$11/3 \text{ ft} = (-2/6) - (-8/7)$. مقدار بار اضافی برابر با این مقدار در نقطه D نیز رخ می دهد.

با تعویض لوله ۶ اینچی در قسمتهای E-C و E-D با لوله ۵ اینچی، بازهم بار اضافی ۵/۴ فوتی در نقطه C و D وجود خواهد داشت (قسمت میانی جدول ۱۰,۲). بنابراین، قسمت ۸ اینچی در مسیر A-E ممکن است به ۶ اینچ کاهش یابد. طول لوله ۶ اینچی، L_s ، که افت بار را به میزان $\Delta h_f = 5/4 \text{ ft}$ افزایش می دهد، از این رابطه محاسبه می شود:

$$L_s = \frac{100\Delta h_f}{J_s - J_b} \quad (10,5)$$

که Δh_f ، افزایش مورد نظر در افت بار (با استفاده از L_s مربوط به لوله کوچکتر) می باشد (m). با جایگزاری در رابطه ۱۰,۵ خواهیم داشت:

$$L_s = \frac{100 \times 5.4}{1.5 - 0.37} = 478 \text{ ft}$$

اگر طول ۴۷۸ فوتی با قطر ۸ اینچ، با لوله ۶ اینچی در قسمت A-E جایگزین شود، بار اضافی در ورودی های C و D، همانطور که در قسمت پایین جدول ۱۰,۲ مشخص شده، حذف می شوند.

جدول ۱۰,۱ / افت اصطکاکی در هر قسمت از لوله در مثال ۱۰,۳.

	شدت جریان	D	J	L	$h_f = J \times L / 100$
نام بخش لوله	gpm	-in.	ft / 100 ft	ft	ft
قطر لوله های انتخاب شده از نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی					
P-A	800	10	0.45	1000	4.5
A-B	200	6	0.42	1000	4.2
A-E	400	8	0.37	1000	3.7
E-C	200	6	0.42	1000	4.2
E-D	200	6	0.42	1000	4.2
استفاده از قطر لوله های کوچکتر:					
A-E	400	6	1.50	1000	15.0
E-C	200	5	1.01	1000	10.1
E-D	200	5	1.01	1000	10.1

جدول ۱۰،۲ / محل ورودی لاترال عقربه ای بحرانی.

نام بخش لوله	h_f ft	ΔH_e ft	$h_f + \Delta H_e$ ft	فشار اضافی ft
با استفاده از قطرهای لوله که از نمودار اقتصادی انتخاب شده اند :				
P-A	4.5	- 5	-0.5	0 ¹
P-A-B	4.5 + 4.2 = 8.7	0	8.7	0 ²
P-A-E-C	4.5 + 3.7 + 4.2 = 12.4	-15	-2.6	11.3
P-A-E-D	4.5 + 3.7 + 4.2 = 12.4	-15	-2.6	11.3
با جایگزینی لوله ۶ اینچی با لوله ۵ اینچی در قسمت E-C و E-D :				
P-A-E-C	4.5 + 3.7 + 10.1 = 18.3	-15	3.3	5.4
P-A-E-D	4.5 + 3.7 + 10.1 = 18.3	-15	3.3	5.4
با جایگزینی ۴۷۸ فوت از لوله ۸ اینچی با لوله ۶ اینچی در قسمت A-E :				
P-A-E-C	4.5 + 9.1 + 10.1 = 23.7	-15	8.7	0
P-A-E-D	4.5 + 9.1 + 10.1 = 23.7	-15	8.7	0

۱ فشار اضافی در ورودی لاترال در طول مسیر بحرانی را نمی توانیم با کوچک کردن قطر لوله کاهش دهیم .
 ۲ ورودی لاترال بحرانی در نقطه B قرار دارد .

خطوط اصلی قابل حمل و مدفون

خطوط اصلی مدفون در زیر خاک محدود به مناطقی می شوند که می بایست دائماً آبیاری شوند . در حالیکه خطوط اصلی قابل حمل می توانند در همه مناطق استفاده شوند . در کنار این محدودیت ، انتخاب بین این دو نوع و همچنین اختلاف بین موادی که لوله از آنها ساخته می شود ، بیشتر یک مسئله اقتصادیست .

خطوط اصلی قابل حمل نسبت به خطوط اصلی مدفون دارای یک مزیت بالقوه هستند که می توانند از جایی به جایی منتقل شده و در بسیاری از موارد ، با طول لوله یکسان ، سطح وسیع تری زیرپوشش قرار می گیرد . برای مثال ، در شکل B ۷،۲ طول مورد نیاز لوله اصلی قابل حمل ، تنها نصب طول مورد نیاز برای لوله مدفون خواهد بود . مزیت دیگر لوله قابل حمل این است که هزینه ها نسبت به لوله مدفون بسیار کمتر است .

با اینحال ، خطوط اصلی مدفون در زیر خاک دارای مزایایی هستند . مواد معمول برای این لوله ها ، مانند پلاستیک ، و این حقیقت که لوله ها بعد از نصب قابل دسترسی نیستند ، باعث می شود که لوله های مدفون دارای طول عمر بیشتری باشند . بنابراین برای طول و اندازه یکسان از لوله اصلی ، هزینه های ثابت سالیانه برای لوله های مدفون معمولاً کمتر از لوله های قابل حمل است . همچنین ، خطوط اصلی مدفون باعث می شوند هزینه های بهره برداری نیز به دلیل کاهش هزینه های کارگری مورد نیاز برای حمل لوله در منطقه طرح ، کمتر شود . علاوه بر این ، خطوط مدفون هیچ مانعی بر سر عملیات دیگر کاشت و برداشت ایجاد نمی کند .

شیوه مقایسه اقتصادی بین دو نوع ماده معمول برای لوله های اصلی به این صورت است :

ابتدا آرایش لوله ها ترسیم شده و قطر لوله ها به روش اقتصادی انتخاب می شوند . سپس کل هزینه های سالیانه (هزینه های ثابت ، انرژی ، نگهداری و کارگری) برای هر قسمت از لوله اصلی در هر سیستم محاسبه می شود .

طراحی سیستم های آبیاری با عملکرد دائمی

اغلب آبیاران سیستم هایی را ترجیح می دهند که در حالیکه خطوط لاترال متصل بوده و به سمت محل استقرار بعدی حرکت می کنند ، عملیات آبیاری نیز بطور پیوسته صورت گیرد . برای دستیابی به این هدف با استفاده از لوله های اصلی قابل حمل ، اتصال دهنده های T شکل در هر استقرار مستقر شده و هر لاترال به یک اتصال دهنده سریع ، بازوی باز کننده شیر و یا لوله T شکل مجهز می شود . (شکل B ۵,۳ و ۱۰,۴) . بازویی که در هر لاترال تعبیه می شود برای باز و بسته کردن شیرهایی که در طول خط اصلی قرار می گیرند استفاده می شود . بدون اینکه در کار بقیه سیستم خللی وارد شود . برای لوله های اصلی مدفون ، شیرهای هیدرانت (آبگیر) روی سطح زمین و بر روی یک لوله رایزر متصل به لوله اصلی مدفون نصب شده و همان نقش شیرهای T شکل را ایفا می کنند .



شکل ۱۰,۴ / لاترال آبیاری بارانی متحرک دستی مجهز به جفت کننده های سریع و شیرهای کنترل.

اغلب ، یک یا چند لاترال اضافه نیز استفاده می شوند تا در هنگام عملکرد سایر خطوط لاترال در محل استقرارشان ، این خطوط اضافی به استقرار بعدی منتقل شوند و به این ترتیب در زمان آبیاری صرفه جویی شده و عملیات آبیاری نیز بدون وقفه انجام پذیرد . این نوع عملیات آبیاری تنها به یک یا دو نفر احتیاج دارد تا خطوط لاترال را در حالی که سایر خطوط در حال کار هستند ، جابجا کنند و باعث شوند که سیستم های نسبتاً بزرگ نیز بتوانند بطور دائمی کار کنند .

ملاحظات ویژه برای ایجاد فشار ثقیلی

برای مدیریت های سستی تر سیستم های آبیاری ، بخصوص در سیستم های ثابت ، مطلوب است که شدت پاشش ثابت نگه داشته شود . با اینحال ، در سیستم هایی که با فشار ثقل کار می کنند ، ممکن است اختلاف ارتفاع برای ایجاد فشار کارکرد مورد نظر کافی نباشد . دبی آبپاشها در مناطقی که دارای فشار کمتر هستند ، در حدی کمتر از نرمال قرار خواهد داشت و برای دستیابی به متوسط شدت پاشش ثابت ، باید فاصله بین آبپاشها به همان نسبت کاهش یابد .

با کاهش فشار ، قطر دایره پاشش آبپاشها نیز به دلیل کاهش دبی ، کاهش می یابد (شکل ۵,۲ را ببینید) . بنابراین ، پوشش و یکنواختی کاربرد نسبتاً مناسب ، ممکن است در فشارهای پایین هم با کاهش فاصله بین آبپاشها حاصل شوند . فاصله بین لاترالها نیز ممکن است به نسبت جذر مقدار کاهش فشار ، کمتر شود . با این وجود ، نه فاصله بندی ، و نه فشار نباید به کمتر از مقادیر نرمال مورد قبول کاهش یابند . انتخاب دیگر برای فشار های پایین (که اغلب در سیستم های ثقلی مشاهده می شود) اضافه کردن پمپ های بوستر (پمپ های کمکی) به سیستم و یا عدم آبیاری مناطق مرتفع زمین می باشد .

از آنجایی که فاصله بین آبپاشها بر روی لاترال ثابت است ، فاصله بین لاترال ها (یا زمان استقرار) در طول خط اصلی باید به نحوی تنظیم شود که کاهش دبی آبپاشها را جبران کند . اگر فرض شود که زمان استقرار لاترالها ثابت است ، رابطه ای که برای محاسبه فاصله مناسب لاترال ها بر روی خط اصلی باید استفاده شود به صورت زیر بدست می آید . ابتدا ، توجه کنید که دبی نازل می تواند از رابطه $5,1 b$ محاسبه شود . شدت پاشش متوسط برای دبی مشخص آبپاش ها نیز ، تحت فاصله مشخص بین آبپاشها در رابطه $5,5$ قابل استحصال است . به این ترتیب ، با ترکیب این روابط و تغییر شکل آنها ، معادله زیر حاصل می شود :

$$(S_l) = \frac{K \times K_d (H_a)^{0.5}}{I \times S_e} \quad (10,6 a)$$

(S_l) : فاصله متغیر لاترال ها در طول خط اصلی (m)

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک برابر ۶۰ و برای سیستم انگلیسی برابر ۹۶/۳ .

K_d : ضریب دبی برای ترکیبات مختلف نازل و آبپاش .

H_a : متوسط فشار کارکرد آبپاش ها در طول لاترال (m)

I : متوسط شدت پاشش (mm/hr)

S_e : فاصله بین آبپاشها بر روی لاترال (m)

با ثابت نگه داشتن I و S_e ، و توجه به اینکه فشار ورودی لاترال ، H_l ، مقدار H_a را تعیین می کند ، رابطه $10,6 a$ به صورت زیر نیز نوشته می شود .

$$(S_l) = K_{ds} (H_l)^{0.5} \quad (10,6 b)$$

که K_{ds} ، ثابت فاصله-دبی در لاترال است که تابعی از I ، S_e ، K و K_d می باشد و H_l نیز فشار در ورودی لاترال بر حسب متر است .

ثابت K_{ds} می تواند به صورت نظری نیز بدست بیاید . با اینحال ، روش ساده تر محاسبه آن به این صورت است :

ابتدا شرایط مورد نظر کارکرد سیستم برای بخشی از مزرعه که فشار ورودی لاترال کافی می باشد انتخاب می شوند . در انتخاب این شرایط ، S_1 و H_1 بطور عادی بدست می آیند و در نهایت ضریب K_{ds} از رابطه $10,6b$ محاسبه می شود . (فشار ورودی لاترال ، P_1 ، می تواند جایگزین H_1 شود که به این ترتیب باید مقدار ثابت تبدیل واحد نیز تغییر کند) . فاصله بین لاترال ها که منجر به متوسط شدت پاشش ثابتی می شود ، در جاییکه فشار کارکرد سیستم کمتر از حالت نرمال است ، به سادگی محاسبه می شود . این کار با حل رابطه $10,6b$ ، و استفاده از K_{ds} و مقدار واقعی H_1 در هر استقرار صورت می گیرد . به این موضوع نیز باید توجه شود که فشار مورد استفاده برای چرخش سر آبپاش و شکست جت آب در هنگام خروج آب از نازل ، کفایت کند .

مثال ۱۰,۴ : طراحی سیستم با فواصل متغیر بین لاترال ها برای دستیابی به شدت پاشش برابر در سراسر یک سیستم آبیاری بارانی ثقلی .

اطلاعات : سیستم بارانی ثقلی با لاترالهای متحرک دستی که قرار است با فشار ورودی $P_1 = 345 \text{ KPa}$ و فاصله استاندارد لاترالها برابر $S_1 = 18/3 \text{ m}$ کار کند .

خط اصلی قبل از اینکه فشار در ورودی لاترال به P_1 برسد ، از برخی نقاط پرشیب سرازیری عبور می کند . شیب زمین در این مناطق ، $s = -11\%$ و گرادیان افت بار اصطکاکی یا شیب در طول خط اصلی نیز تنها 1% است .
مطلوب است : محاسبه فاصله لاترالها به نحوی که منجر به شدت پاشش استاندارد مورد نظر شود (در ۳ لاترال اول که در شیب سربالایی قرار دارند) به نحوی که فاصله بین لاترالها اول ، همان مقدار استاندارد باشد .
محاسبات : ابتدا P_1 را به H_1 تبدیل می کنیم .

$$H_1 = 345 / 9.8 = 35.2 \text{ m}$$

با استفاده از رابطه $10,6b$:

$$K_{ds} = 18.3 / (35.2)^{0.5} = 3.08$$

اختلاف بین شیب زمین و شیب اصطکاک ، 10% است . بنابراین ، بار فشار در حدود $1/8 \text{ m}$ یا $1/8 \times 18/3 = 0.75 \text{ m}$ کمتر از فشار استاندارد $35/2 \text{ m}$ یا $33/4 \text{ m}$ (در اولین استقرار لاترالها در سربالایی خواهد بود . با استفاده از رابطه $10,6b$ فاصله بین لاترالها را محاسبه می کنیم .

$$(S_1)_1 = 3.08(33.4)^{0.5} = 17.8 \text{ m}$$

در دومین فاصله ، بار فشار در حدود مقدار زیر خواهد بود :

$$(H_1)_2 = 35.2 - 0.1(2 \times 17.8) = 31.6 \text{ m}$$

و فاصله بین اولین و دومین لاترال قرار گرفته در سربالایی :

$$(S_1)_2 = 3.08(31.6)^{0.5} = 17.3 \text{ m}$$

در سومین استقرار ، بار فشار در ورودی لاترال عبارت است از :

$$(H_1)_3 = 35.2 - 0.1(17.8 + 2 \times 17.3) = 30 \text{ m}$$

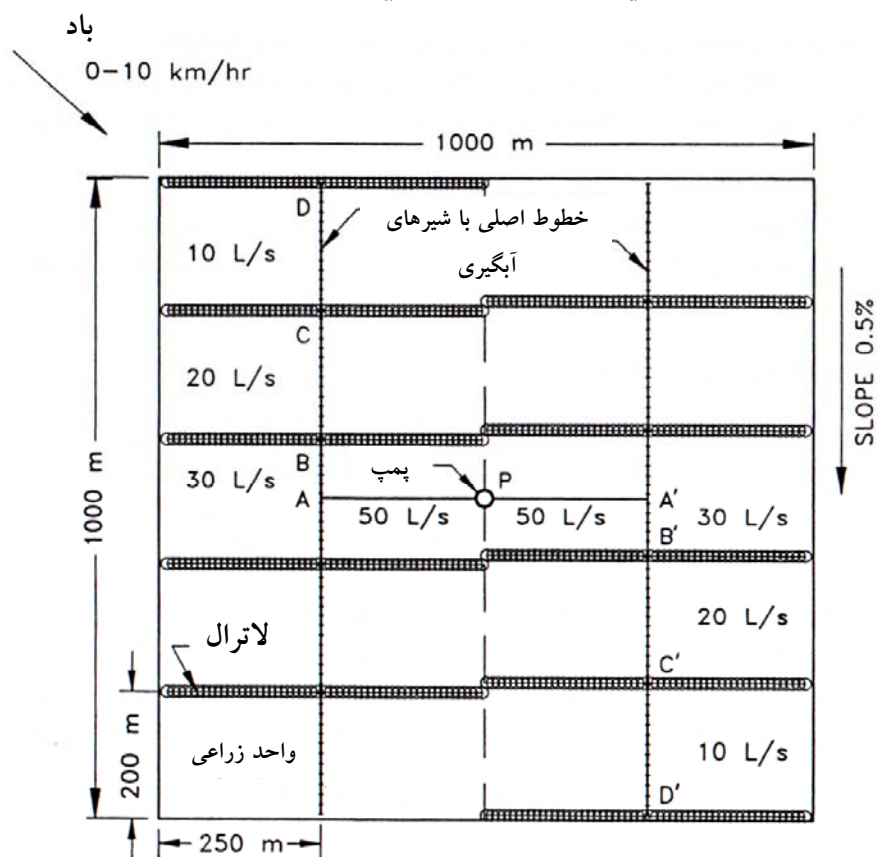
و فاصله بین دومین و سومین لاترال :

$$(S_1)_3 = 3.08(30)^{0.5} = 16.9 \text{ m}$$

مثال ۱۰,۵: انتخاب اندازه لوله برای شبکه انتقال برای پروژه ای شامل ۲۰ واحد آبیاری و یک حلقه چاه.

اطلاعات: زمینی به مساحت ۱۰۰ هکتار، که آب آبیاری از یک حلقه چاه تأمین می شود (شکل ۱۰,۵). منطقه طراحی به ۲۰ واحد ۵ هکتاری تقسیم می شود که هریک لاترال مخصوص خود را دارند. روابط خاک-آب-گیاه:

$$W_a = 120 \text{ mm/m} ; U_d = 6 \text{ mm/day} ; U = 1000 \text{ mm/year}$$



شکل ۱۰,۵ / آرایش یک پروژه کوچک آبیاری بارانی که ۲۰ واحد زراعی را آبیاری می کند.

روابط اقتصادی:

قیمت سوخت گازوئیل ۰/۲ دلار در هر لیتر که هر لیتر از آن توانی برابر با ۴ hp-hr/L تولید می کند. راندمان پمپ ۷۵٪
 $E_p =$ و وزن لوله های PVC در هر واحد ۰/۷۵ \$/lb. ۱۰ سال $n =$ ، ۱۰٪ $i =$ و ۹٪ $e =$.
 مشخصات آبیاشها و لاترالها:

$$H_a = 29.5 \text{ m} ; q_a = 11.1 \text{ L/min} ; S_e \times S_l = 9.1 \times 15.2 \text{ m} ; I = 4.8 \text{ mm/hr}$$

با دو استقرار ۱۱ ساعته در هر روز، و مقدار ۸۰٪ $E_h =$ ، $d = 53 \text{ mm}$ ، $d_n = 42 \text{ mm}$ و $f' = 7 \text{ days}$ و در طول هر لاترال، ۲۷ آبیاش قرار گرفته است، $Q_t = 5 \text{ L/s}$.

مطلوب است : انتخاب اقتصادی ترین قطر لوله اصلی برای آرایش سیستم بر اساس نمودار عمومی انتخاب قطر در شکل ۸,۷.

محاسبات : استراتژی تعیین اقتصادی ترین قطر ساده است . اما روند انجام آن پیچیده می باشد . بنابراین ، مراحل شماره گذاری می شوند تا کار راحتتر شود :

۱- افزایش سالیانه هزینه انرژی ، E' ، را از رابطه ۸,۱۹ محاسبه می کنیم .

a . ابتدا ساعات کارکرد سیستم ، O_t :

هر لاترال باید در هر آبیاری ۱۳ بار جابجا شود :

$$\frac{200 \text{ m}}{15.2 \text{ m}} \approx 13 \text{ times / irrigation}$$

$$O_t = \frac{1000 \text{ m}}{42 \text{ mm} / (13 \text{ sets} \times 11 \text{ hr/set})} = 3400 \text{ hr}$$

b . از جدول ۸,۹ ، $EAE(9) = 1/42$ و $CRF = 0.163$ برای i ، n و e مشخص شده ، بدست می آید .

c . با استفاده از رابطه ۸,۱۹ :

$$E' = \frac{3400 \text{ hr/year} \times \$0.2 / L \times 1.42}{75/100 \text{ pump eff} \times 4 \text{ hp-hr} / L} = \$322 / \text{hp-year}$$

۲- سپس فاکتور تعدیل A_f را با رابطه ۸,۲۰ بدست می آوریم :

$$A_f = \frac{0.0001 \times \$322 / \text{hp-year}}{0.163 \times 0.75 / \text{lb for PVC}} = 2.63$$

۳- از شکل ۸,۷ برای انتخاب قطر لوله در شاخه سربالایی از P تا D استفاده می کنیم .

الف . ابتدا دبی ها را به gpm تبدیل می کنیم :

$$50 \text{ L/s} = 793 \text{ gpm}$$

$$30 \text{ L/s} = 475 \text{ gpm}$$

$$20 \text{ L/s} = 317 \text{ gpm}$$

$$10 \text{ L/s} = 159 \text{ gpm}$$

ب . از آنجایی که سیستم هم از نظر شدت جریان و هم از نظر شیب ، متقارن است ، با استفاده از شکل ۸,۷ و استفاده از شدت جریان تعدیل شده در شاخه دست چپ :

$$Q'_s = A_f Q_s = 2.63 \times 793 = 2090 \text{ gpm}$$

ج . و انتخاب قطر لوله ها به صورت زیر خواهد بود :

نام بخش	شدت جریان , gpm	قطر لوله
P-A	793	10-in.
A-B	475	8-in.
B-C	317	8-in.
C-D	159	6-in.

۴- بار فشار مورد نیاز در نقطه P به نحوی که بر تلفات اصطکاک در طول لوله اصلی و اختلاف ارتفاع بین نقطه P و D غلبه کند محاسبه می شود :

نام بخش	طول , m	$J, m/100 m$	$h_f - m$
P-A	250	0.27	0.7
A-B	100	0.30	0.3
B-C	200	0.15	0.3
C-D	200	0.15	0.3
			Total $h_f = 1.6 m$
			$\Delta E I = 0.005 \times 500 m = 2.5 m$
			Total $H_e + h_f = 4.1 m$

۵- بار فشار موجود برای تلفات اصطکاک بین A' و D' به نحوی محاسبه می شود که بار فشار در نقطه بالاتر D برابر با نقطه D' در سرپایینی باشد .

۴/۱ m : بار فشار موجود در P

۰/۷ m : افت اصطکاک در P'-A'

۲/۵ m : اختلاف ارتفاع بین D' و A'

۵/۹ m : فشار موجود برای غلبه بر h_f بین A' و D'

انتخاب قطر در P-A' باید به قطر ۱۰ اینچ منجر شود . زیرا این قسمت شاخه سربالایی در سمت راست مزرعه را نیز تغذیه می کند .

۶- برای هر قسمت سرازیری قطر لوله انتخاب می شود تا از نقطه A' تا D' مقدار h_f برابر ۵/۹ m گردد .

نام بخش لوله	طول , m	قطر لوله	شدت جریان , gpm	$J, m/100 m$	h_f, m
A'-B'	100	6-in.	475	1.10	1.10
B'-C'	200	6-in.	317	0.52	1.04
C'-D'	200	4-in.	159	0.95	1.90
					Total $h_f = 4.04 m$

برای اینکه بطور کامل از ۵/۹ m افت بار مجاز استفاده کنیم ، برخی از قسمت های B'-C' می توانند از ۶ اینچ ، به ۴ اینچ تغییر داده شوند . رابطه ۱۰،۵ و قرار دادن $\Delta h_f = 5/9 - 4/10 = 1/18 m$ ، و همچنین ، $J_s = J_4 = 3/17 m/100m$ و $J_b = J_6 = 0/52$:

$$L_4 = \frac{100 \times 1.86}{3.17 - 0.52} = 70 m$$

بنابراین ، در قسمت B'-C' از لوله ۶ اینچی در طول ۱۳۰ متر و از لوله ۴ اینچی به طول ۷۰ متر استفاده می شود تا از نهایت افت بار مجاز استفاده شود .

۱۱- فشار مورد نیاز برای سیستم های آبیاری بارانی ثابت

برای انتخاب پمپی که بتواند در یک سیستم به صورت بهینه عمل کند ، واجب است که بار فشار مورد نظر در ورودی لاترال ، اختلاف بار در اثر تغییر ارتفاع و افت بار در سیستم انتقال آب محاسبه شوند . مجموع این مقادیر منجر به محاسبه کل بار دینامیک پمپ ، TDH ، می شود . جایی که شرایط کاری سیستم با حرکت لاترالها در استقراریهای مختلف ، تفاوت چشمگیری می کند ، (به دلیل تغییر تعداد آبپاشهای در حال کار) ، هر دو مقدار ماکزیمم و مینیمم TDH باید محاسبه شوند .

بار فشار مورد نیاز برای عملکرد لاترالها و برای غلبه بر تلفات اصطکاک در خطوط لوله اصلی و نیمه اصلی قبلاً مورد بحث قرار گرفته است . دیگر تلفات بار که باید برای انتخاب پمپ در نظر گرفته شوند نیز در پاراگرافهای بعدی مورد بحث قرار می گیرند .

افت بار در شیرها و اتصالات

افت بار در تمامی بازوها ، شیرهای T شکل ، معبرها ، کاهنده های فشار ، افزایش دهنده های فشار یا تنظیم کننده های فشاری که بین منبع آب و بحرانی ترین آبپاش قرار گرفته اند باید منظور شوند . این تلفات در لاترالها ، خطوط اصلی و نیمه اصلی و قسمت مکش پمپ باید محاسبه شوند . زمانیکه پمپ در چاه عمیق نصب شده است ، تلفات در لوله بین سطح آب زیرزمینی و پمپ نیز باید در نظر گرفته شود . کارخانه های سازنده پمپ ، خودشان این تلفات را پیش بینی می کنند .

تلفات در اتصالات و شیرها از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$h_f = K_r \frac{V^2}{2g} \quad (11,1)$$

h_f : افت اصطکاکی در اتصال یا شیر (m)

K_r : ضریب مقاومت برای اتصال یا شیر .

$$\frac{V^2}{2g} : \text{بار سرعت در دبی و قطر لوله یا قطر اتصال مشخص (m)}$$

جدول ۱۱,۱ / مقادیر ضریب مقاومت ، Kr ، برای اتصالات و شیرهای لوله های پلاستیکی و آلومینیومی.

		in. - قطر اسمی							
		2	3	4	5	6	8	10	12
اتصال دهنده ها									
	ABC (Ames)	1.2	0.8	0.4	0.3				
	قلابی	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2			
	رینگی				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
زانوها									
	دارای انحنا	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
	با زاویه ۴۵ درجه	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
سه راهی ها									
	هیدرانت		0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	خروجی جانبی	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
	جریان خطی	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4
	ورودی جانبی	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1
شیرها									
	پروانه ای	1.2	1.2	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5
	صفحه ای	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	قطع و وصلی	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.1
	هیدرانت	-	8.0	7.5	7.0	6.7	-	-	-

مقادیر مربوط به ضریب مقاومت از جدول ۱۱,۱ برای لوله های آبیاری و یا جدول ۱۱,۲ برای شیر و اتصالات استاندارد بدست می آید. شکل ۱۱,۱ یک لوله لاترال آلومینیومی معمولی را نشان می دهد که دارای چفت و بست قلاب شکل و یک لوله رایزر می باشد.

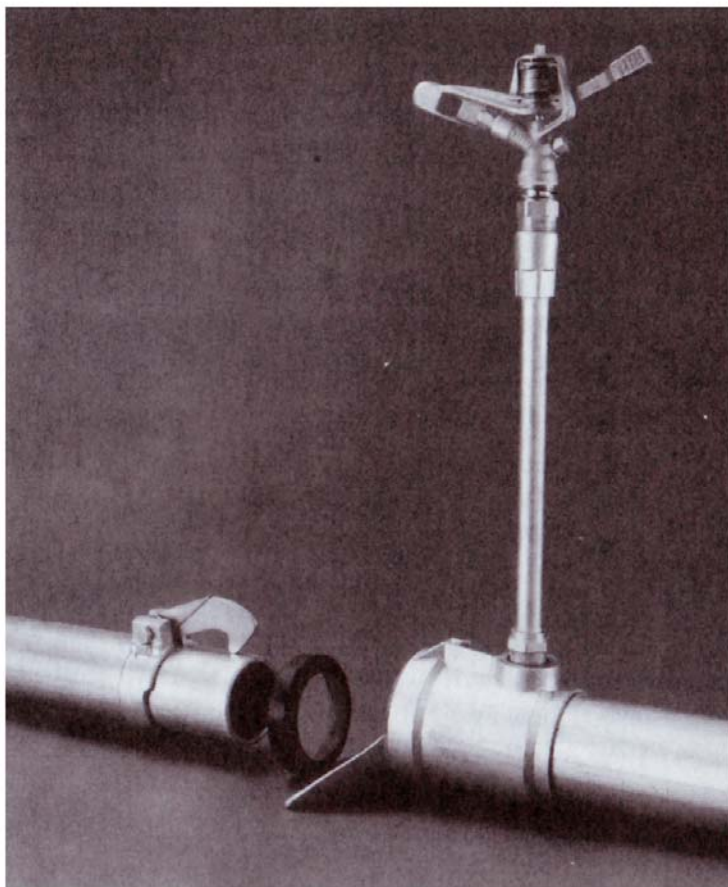
بار سرعت را می توان از رابطه ۱۱,۲ نیز محاسبه کرد:

$$\frac{V^2}{2g} = K \frac{Q^2}{D^4} \quad (11,2)$$

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک برابر $8/26 \times 10^4$ و برای سیستم انگلیسی برابر $2/59 \times 10^{-3}$.

Q: شدت جریان (L/s)

D: قطر داخلی لوله (mm)



شکل ۱۱،۱ / نوعی اتصال دهنده قلابدار برای لوله های آلومینیومی به همراه آبپاش ضربه ای و رایزر.

جدول ۱۱،۲ / مقادیر ضریب مقاومت، K_r ، برای اتصالات و شیرهای استاندارد.

Standard fitting or valve	Nominal diameter – in.								
	3	4	5	6	7	8	10	12	14
Elbows flanged: ¹									
Regular 90°	0.34	0.31	0.30	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23
Long radius 90°	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
Long radius 45°	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15
Elbows screwed: ¹									
Regular 90°	0.80	0.70							
Long radius 90°	0.30	0.23							
Regular 45°	0.30	0.28							
Bends ¹									
Return flanged	0.33	0.30	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.23
Return screwed	0.80	0.70							
Tees flanged: ¹									
Line flow	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08
Branch flow	0.73	0.68	0.65	0.60	0.58	0.56	0.52	0.49	0.47
Tees screwed: ¹									
Line flow	0.90	0.90							
Branch flow	1.20	1.10							
Valves: ¹									
Globe flanged	7.0	6.3	6.0	5.8	5.7	5.6	5.5	5.40	5.40
Globe screwed	6.0	5.7							
Gate flanged	0.21	0.16	0.13	0.11	0.09	0.075	0.06	0.05	0.04
Gate screwed	0.14	0.12							
Check flanged	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.00	2.00
Check screwed	2.1	2.0							
Angle flanged	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.00	2.00
Angle screwed	1.3	1.0							
Foot	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80*	0.80
Basket strainer	1.25	1.05	0.95	0.85	0.80	0.75	0.67	0.60	0.53
Other fittings									
Inlets or entrances: ²									
Inward	0.78								
projecting		All diameters							
Sharp cornered	0.50	All diameters							
Slightly rounded	0.23	All diameters							
Bell-mouth	0.04	All diameters							
Sudden enlargements	$K_r = [1 - (D_r)^2]^2$ where D_r = ratio of small to large inside diameter								
Sudden contractions	$K_r = 0.7 [1 - (D_r)]^2$								

1 in. = 25 mm.

¹Values recommended in *Pipe Friction Manual*, Hydraulic Institute.²Values recommended in King's handbook.

جدول ۱۱,۳ بار سرعت را بر حسب فوت برای قطرهای داخلی مختلف (بر حسب اینچ) خلاصه کرده است . قطر داخلی لوله ها و اتصالات معمولاً متفاوت است . اما مقادیر جدول نتایج مطلوبی به دست می دهد . زیرا مقادیر K_T برای اتصالات مختلف ، براساس استفاده از قطر اسمی بست بدست آمده اند .

جدول ۱۱,۳ / مقادیر بار سرعت برای قطر ها و شدت جریانهای مختلف.

شدت جریان gpm	قطر داخلی - in.							
	2	3	4	5	6	7	8	10
	بار سرعت - ft							
100	1.62	0.32	0.10	0.04	0.02			
150	3.64	0.72	0.23	0.09	0.04			
200	6.48	1.28	0.40	0.17	0.08			
250		2.00	0.63	0.26	0.12			
300		2.88	0.91	0.37	0.18	0.10	0.06	
350		3.92	1.24	0.51	0.24	0.13	0.08	
400		5.12	1.62	0.66	0.32	0.17	0.10	
450		6.48	2.05	0.84	0.40	0.22	0.13	
500		8.00	2.53	1.04	0.50	0.27	0.16	0.06
550		9.68	3.06	1.25	0.60	0.33	0.19	0.07
600			3.64	1.49	0.71	0.39	0.23	0.09
650			4.28	1.75	0.84	0.46	0.27	0.11
700			4.96	2.03	0.98	0.53	0.31	0.13
750			5.69	2.33	1.12	0.61	0.36	0.15
800			6.48	2.65	1.28	0.69	0.41	0.17
850			7.31	2.99	1.44	0.78	0.46	0.19
900			8.20	3.36	1.62	0.87	0.52	0.21
1000				4.15	2.00	1.08	0.64	0.26
1100				5.02	2.42	1.31	0.77	0.31
1200				5.97	2.88	1.55	0.92	0.37
1300				7.01	3.38	1.82	1.07	0.44
1400				8.12	3.92	2.11	1.25	0.51
1500				9.33	4.50	2.43	1.42	0.58
1600					5.12	2.75	1.64	0.66
1800					6.48	3.49	2.01	0.84
2000					8.00	4.32	2.53	1.04
2200					9.68	5.22	3.06	1.25
2400						6.22	3.64	1.49
2600						2.29	4.28	1.75
2800						8.49	4.96	2.03
3000						9.71	5.69	2.33
3200							6.47	2.65

1.0 in. = 25.4 mm; 100 gpm = 6.31 L/s; 1.0 ft = 0.305 m

در زمان محاسبه بار سرعت در هر اتصال یا شیر ، قطر و شدت جریانی که بالاترین بار سرعت را ایجاد می کنند باید مورد استفاده قرار گیرند . به عنوان مثال فرض کنید که یک خروجی T شکل ۲۰۰ در ۱۵۰ در ۱۵۰ میلیمتری (۸ در ۶ در

۶ اینچی) دارای شدت جریان ورودی ۶۳ لیتر در ثانیه و جریان خروجی ۲۵ لیتر در ثانیه می باشد و شدت جریان ۳۸ لیتر در ثانیه از درون آن عبور می کند . بار سرعت مربوط به هر سه شدت جریان از جدول ۱۱,۳ بدست می آیند . بنابراین افت بار ۰/۲ متر در نظر گرفته می شود که مربوط به شدت جریان ورودی می باشد و از بقیه افت ها که مربوط به شدت جریان گذرنده از درون بست و شدت جریان خروجی هستند ، بیشتر است .

شکل ۱۱,۲ نموداری را نشان می دهد که می تواند به جای جدول ۱۱,۱ و ۱۱,۲ برای تخمین افت در شیرها و اتصالات مورد استفاده قرار گیرد .

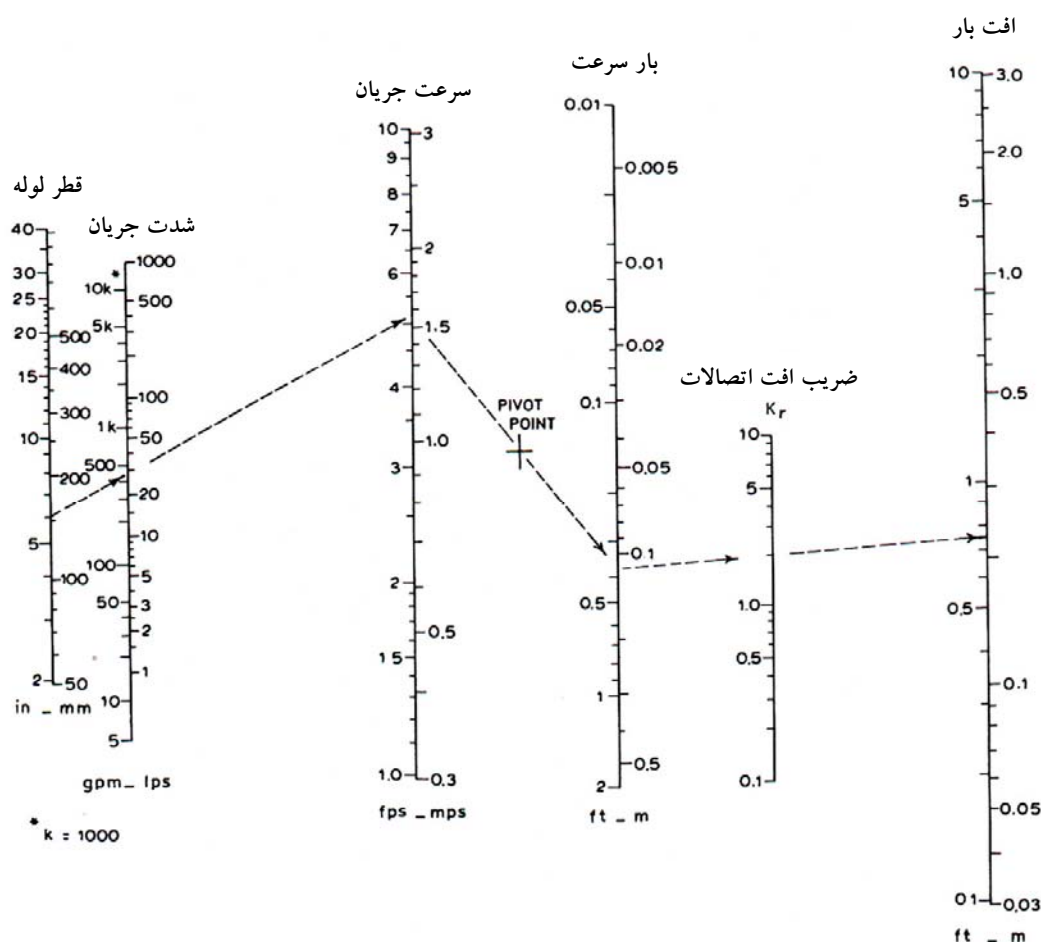
مثال ۱۱,۱ : استفاده از نمودار برای تخمین افت بار در بست ها .

اطلاعات : یک شیر برروی لوله آبیاری با دبی $Q = 28/4 \text{ L/s}$ و $D = 152 \text{ mm}$.

مطلوب است : افت بار ناشی از شیر بر اساس نمودار ۱۱,۲ .

محاسبات : از جدول ۱۱,۱ ، $K = 2$.

از نمودار سمت چپ با قطر لوله ۱۵۲ mm که شدت جریان $28/4 \text{ L/s}$ را عبور می دهد شروع می کنیم و خطی بین این دو مقدار وصل می کنیم و این خط را ادامه می دهیم تا به نمودار مربوط به سرعت جریان (خط عمودی سوم) برسد . بنابراین سرعت جریان $1/55 \text{ m/s}$ بدست می آید . سپس از این نقطه خطی به نمودار بار سرعت به نحوی می کشیم که از نقطه Pivot Point عبور کند و به خط عمودی چهارم (بار سرعت) متصل شود . سپس از این نقطه نیز خطی به نمودار انتهایی (مربوط به افت بار) ، به نحوی متصل می کنیم که از نمودار مربوط به K در مقدار ۲ عبور کند و مقدار $hf = 0/23 \text{ m}$ بدست بیاید .



شکل ۱۱،۲ / نمودار تخمین افت اصطکاکی ناشی از اتصالات لوله.

قضیه برنولی

قضیه معروف برنولی برای درک رابطه بین اجزاء بار که در آغاز فصل ۸ مورد بحث قرار گرفتند بسیار مفید است. این قضیه بیان می کند که مجموع بار فشار، H ، بار سرعت و بار ارتفاع، El ، در هر نقطه از خطوط لوله برابر است با مجموع همان مقادیر در هر نقطه بالادست، منهای افت اصطکاکی، h_f ، بین دو نقطه. با مراجعه به شکل ۱۱،۳ که در آن، بار سرعت به جز در مورد فواره ها (جت ها)، ناچیز در نظر گرفته شده است، می توانیم قضیه را به صورت زیر بنویسیم:

$$\begin{aligned}
 H_4 + \frac{V_4^2}{2g} + El_4 &= \frac{V_j^2}{2g} + El_5 + (\text{Head loss in sprinkler}) \\
 &= H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + El_2 - h_{f(\text{lateral})} \\
 &= H_1 + \frac{V_1^2}{2g} + El_1 - h_{f(1 \text{ to } 4)}
 \end{aligned}$$

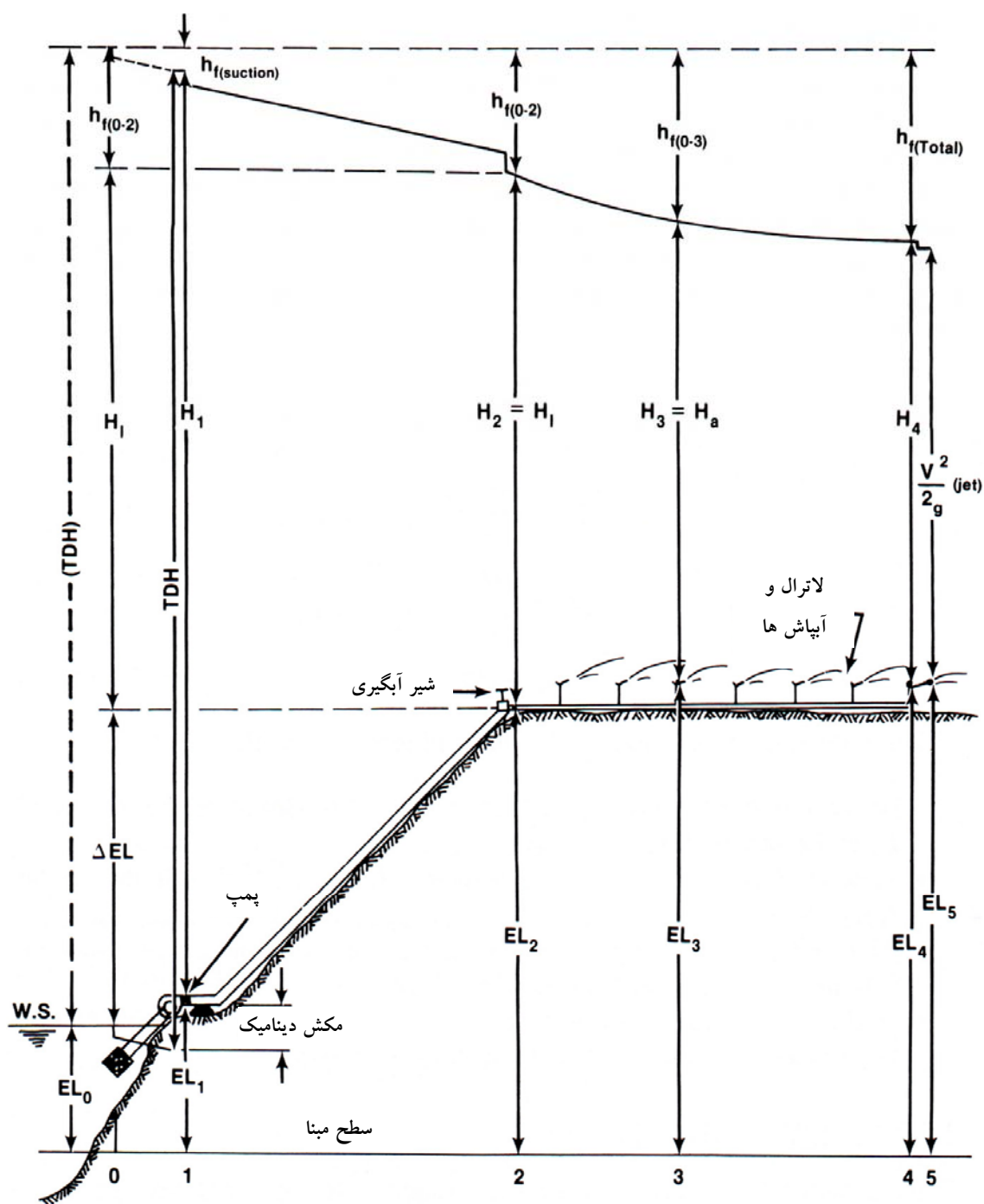
$$= TDH + El_o - h_{f(total)} \quad (۱۱,۳)$$

با مراجعه به شکل ۱۱,۳ می توان مشاهده کرد که :

- بین نقطه ۰ و ۱ ، اختلاف بین TDH تولید شده توسط پمپ و H_1 برابر است با مقدار مکش و افت اصطکاک .
- بین نقطه ۱ و ۲ ، اختلاف بین H_1 و H_2 بیشتر به دلیل اختلاف ارتفاع ΔEl (1 to 2) است .
- در نقاط ۱ و ۲ ، نزول منحنی افت بار به ترتیب ناشی از شیر آبدهی پمپ و شیر هیدرانت (آبگیر) می باشد .
- در آخرین آبپاش ، بیشتر بار فشار باقی مانده ، H_4 ، به بار سرعت فواره آب تبدیل می شود ($V_j^2/2g$) .

کل بار دینامیک (TDH)

کل بار دینامیک مورد نیاز برای سیستم آبیاری ، باری است که به منظور انتقال کل جریان سیستم ، Q_s ، مورد نیاز است . تخمین دقیق TDH در زمان انتخاب و نصب ایستگاه پمپاژ بسیار مهم است . تخمین کمتر از مقدار واقعی منجر به این می شود که سیستم ، آب کمتری از مقدار مورد نظر انتقال داده و احتمالاً راندمان آبیاری کاهش یابد . تخمین بیش از مقدار واقعی نیز باعث تلفات انرژی شده و در نهایت منجر به افزایش هزینه پمپاژ می گردد .



شکل ۱۱،۳ / شکل شماتیک از کل بار دینامیک و رابطه برنولی (بدون در نظر گرفتن بار سرعت ، بجز در جت خروجی از آبپاش).
افت اصطکاکی در قسمت مکش (خط منقطع) و افت TDH نمایش داده شده اند تا بصورت گرافیکی کل افت اصطکاکی در سیستم نشان داده شود.

TDH برابر است با مجموع فشار ، ارتفاع و افت اصطکاک در طول عملکرد نرمال سیستم و به صورت مجموع مقادیر زیر محاسبه می شود :

- بار فشار مورد نیاز در لاترال بحرانی ، $H_l (m)$.
- افت اصطکاک در خط اصلی و نیمه اصلی ، $h_f (m)$.

- افت اصطکاک در شیرها و اتصالات ، $\sum h_f (m)$.
- اختلاف ارتفاع از سطح آب ، ΔEl ، که به نام بار استاتیک نامیده می شود ، $H_e (m)$.
- افت اصطکاک در قسمت مکش پمپ ، $h_f (m)$.
- تلفات دیگر (برای اطمینان بیشتر) ، که معمولاً ۲۰ درصد از مجموع افت اصطکاک در شیرها ، اتصالات و خطوط لوله در نظر گرفته می شوند ، $h_f (m)$.

مثال ۱۱,۲ : محاسبه کل بار دینامیک در یک سیستم آبیاری بارانی .

اطلاعات : آرایش سیستم مطابق شکل ۱۱,۴ با ۳ لاترال دارای شدت جریان $Q_l = 300 \text{ gpm}$ در فشار $P_l = 50 \text{ psi}$. خطوط اصلی از جنس پلاستیک PVC مدل IPS-SDR-41 و ظرفیت کل سیستم $Q_s = 500 \text{ gpm}$. طول قسمت مکش پمپ ، ۸ فوت و افت اصطکاک در این قسمت و در فیلتر ها ، $h_f = 3/2 \text{ ft}$ می باشد .
مطلوب است : محاسبه کل بار دینامیک ، TDH .
محاسبات : پس از بررسی مشخص می شود که لاترال بحرانی در نقطه C قرار دارد و بار فشار مورد نیاز در ورودی این لاترال ، H_l ، برابر است با :

$$H_l = P_l \times 2.31 = 50 \times 2.31 = 115.5 \text{ ft}$$

افت اصطکاک در لوله اصلی بین دو نقطه P و C با استفاده از مقادیر J از جدول ۸,۵ :

$$\text{Section P - A : } 0.98 \times 1000/100 = 9.8 \text{ ft}$$

$$\text{Section A - B : } 1.67 \times 500/100 = 8.4 \text{ ft}$$

$$\text{Section B - C : } 0.47 \times 500/100 = 2.4 \text{ ft}$$

$$\text{Total } h_f = 20.6 \text{ ft}$$

کل افت اصطکاک ناشی از وجود اتصالات و شیرها بر اساس مقادیر K_f از جدول ۱۱,۱ و مقادیر بار سرعت از جدول

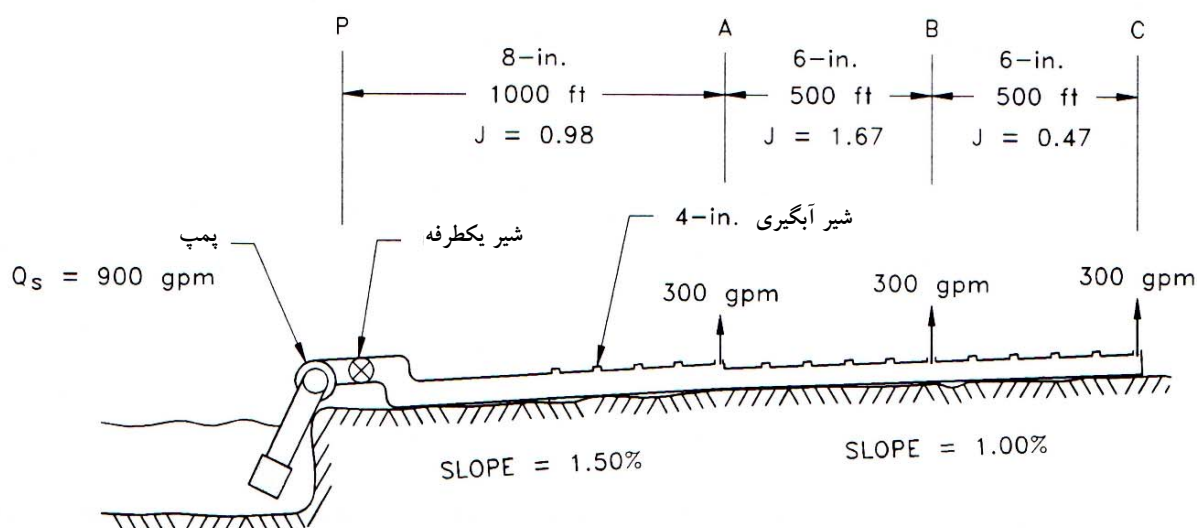
۱۱,۳ از رابطه ۱۱,۱ محاسبه شده و مقادیر آن به صورت زیر خواهد بود :

$$\text{Section P - A : } 0.52 \text{ ft}$$

$$\text{Section A - B : } 0.71 \text{ ft}$$

$$\text{Section B - C : } 0.18 \text{ ft}$$

$$4\text{-in hydrant : } 0.91 \text{ ft}$$



شکل ۱۱،۴ / آرایش خطوط اصلی در سیستم آبیاری بارانی با شیرهای آبگیری باز و بسته.

تلفات موضعی (مربوط به شیرها و اتصالات) در قسمت P-A :

1×8-in Check valve	$1.3 \times 0.52 = 0.7 \text{ ft}$
2×8-in mitered elbows	$2(0.6 \times 0.52) = 0.6 \text{ ft}$
4×8-in hydrants (off)	$4(0.3 \times 0.52) = 0.6 \text{ ft}$
1×8-in line - flow tee	$0.5 \times 0.52 = 0.3 \text{ ft}$
(flow in main past open hydrant)	

تلفات موضعی در قسمت A-B :

4×6-in hydrants (off)	$4(0.3 \times 0.71) = 0.9 \text{ ft}$
1×6-in line - flow tee	$0.5 \times 0.71 = 0.4 \text{ ft}$

تلفات موضعی در قسمت B-C :

4×6-in hydrants (off)	$4(0.3 \times 0.18) = 0.2 \text{ ft}$
-----------------------	---------------------------------------

تلفات موضعی در نقطه C :

1×4-in hydrants (with opener)	$7.5 \times 0.91 = 6.8 \text{ ft}$
-------------------------------	------------------------------------

که در نهایت ، کل افت بار موضعی ۱۰/۵ فوت می شود .

بار استاتیک بین سطح آب و نقطه D عبارت است از :

Suction lift (given) : 8 ft

Section P - A : $1.5\% \times 1000/100 = 15 \text{ ft}$

Section A - C : $1.0\% \times 1000/100 = 10 \text{ ft}$

Total $\Delta E_l = 33 \text{ ft}$

تلفات دیگر نیز که در حدود ۲۰ درصد کل افت اصطکاک در نظر گرفته می شوند :

$$0.2 \times (20.6 + 10.5 + 3.2) = 6.9 \text{ ft}$$

جمع مقادیر بالا ، منجر به محاسبه TDH مورد نیاز در پمپ می شود .

بار فشار ورودی لاترال : $H_l = 115/5 \text{ ft}$

کل افت بار در لوله ها : $h_f = 20/6 \text{ ft}$

کل افت های موضعی : $h_f = 10/5 \text{ ft}$

بار استاتیک : $\Delta E I = H_e = 33 \text{ ft}$

افت بار در قسمت مکش پمپ : $h_f = 3/2 \text{ ft}$

تلفات دیگر : $6/9 \text{ ft}$

ک _____ ه در مجموع _____ $\text{TDH} = 190 \text{ ft}$ وع

رابطه H-Q در سیستم آبیاری

یک سیستم آبیاری تنها زمانی با شدت جریان طرح شده Q کار می کند که TDH محاسبه شده در اختیار باشد. زمانیکه بار فشار بیشتر (یا کمتر) در اختیار سیستم قرار داده می شود، دبی بیشتر (یا کمتر) از مقدار طراحی شده خواهد بود. مگر اینکه تنظیم کننده های فشار یا جریان بکار رفته باشند.

روابط بار فشار - دبی

مجموع بار فشار مورد نیاز برای غلبه بر اصطکاک در لوله ها و افت های موضعی و نیز، فراهم آوردن دبی مورد نظر (در نازل های ثابت یا روزنه ای)، به صورت زیر بیان می شود:

$$H_{tp} = (h_f)_{\text{pipe}} + (h_f)_{\text{fittings}} + H_a$$

با در نظر گرفتن روابط بین H و Q در رابطه ۸،۱، ۱۱،۱ و ۵،۱ و فرض اینکه مشخصات سیستم ثابت باقی می ماند:

$$H_{tp} = K_{sp} Q_s^{1.85} + K_{sr} Q_R^2 + K_{sd} Q_s^2 \quad (11,4 a)$$

که با رابطه زیر به خوبی تقریب زده می شود:

$$H_{tp} = K_s Q_s^2 \quad (11,4 b)$$

H_{tp} : مجموع بار فشار مورد نیاز برای غلبه بر افت اصطکاک در لوله ها و تلفات موضعی و نیز فراهم آوردن فشار مناسب برای کارکرد آبیاشها (m).

K_{sp} : ثابت افت اصطکاک در لوله ها.

K_{sr} : ثابت افت های موضعی.

K_{sd} : ثابت دبی آبیاشها.

K_s : ثابت دبی سیستم.

Q_s : کل دبی سیستم (L/s).

توان مربوط به آخرین جمله در رابطه ۱۱،۴ a، در واقع عکس توان در معادله دبی آبیاش با نازل های ثابت و یا روزنه ای می باشد ($1/x = 1/0.5 = 2$) که فاقد تجهیزات کنترل جریان یا فشار هستند (رابطه ۵،۱ را ببینید). با اینحال، سیستم

هایی که دارای خروجی هستند، دارای مقادیر متفاوت نسبت به $x = 0/5$ می باشند و این توان در رابطه a ۱۱,۴ باید براساس مقدار واقعی x تغییر کند. علاوه بر این، اجزاء مربوط به بار فشار نمی توانند در رابطه b ۱۱,۴ با هم تلفیق شوند.

منحنی دبی - بار آبی

رابطه بین دبی آبشهای یک سیستم (بدون تجهیزات کنترل جریان) و کل بار دینامیک مورد نیاز برای ایجاد این دبی عبارت است از:

$$TDH = K_s(Q_s)^2 + H_e \quad (11,5 a)$$

که با تغییر شکل به صورت زیر در می آید:

$$Q_s = K'_s (TDH - H_e)^{0.5} \quad (11,5 b)$$

K_s یا K'_s با وارد کردن مقادیر Q_s طراحی، TDH و H_e در رابطه a ۱۱,۵ و b ۱۱,۵ محاسبه می شوند. علاوه بر این، دبی سیستم که از یک مقدار مشخص کل بار پمپاژ، H_T ناشی می شود عبارت خواهد بود از:

$$Q = Q_s \left[\frac{H_T - H_e}{TDH - H_e} \right] \quad (11,5 c)$$

$$Q = K'_s (H_T - H_e)^{0.5} \quad (11,5 d)$$

H_T : کل بار دینامیک موجود در پمپ (m)

$\Delta EI = H_e$: برای شیبهای سربالایی مثبت و برای شیبهای سرازیری منفی است.

مثال ۱۱,۳: منحنی بار سیستم در برابر دبی.

اطلاعات: آرایش سیستم در شکل ۱۱,۴ نشان داده شده است، دبی و بار طراحی شده نیز همانند مثال ۱۱,۲ می باشد. مطلوب است: منحنی دبی در برابر بارهای مختلف پمپ را برای ۳ لاترال ترسیم کنید که لاترالها تنها در نقاط B و C کار می کنند. فرض کنید که آبشها دارای نازل ثابت بوده و تنظیم کننده دیگری بر روی آنها نصب نشده است. همچنین، تأثیر تنظیم کننده فشار یا جریان بعد از آنکه دبی سیستم به ۹۰۰ یا ۶۰۰ گالن در دقیقه رسید را نشان دهید.

محاسبات: زمانیکه تمامی ۳ لاترال در حال کار هستند، دبی سیستم $Q_s = 900 \text{ gpm}$ می باشد. TDH برابر ۱۹۰ فوت و $\Delta EI = 33 \text{ ft}$. بنابراین با استفاده از رابطه c ۱۱,۵ زمانیکه کل بار دینامیک پمپ به $H_T = 220 \text{ ft}$ افزایش می یابد:

$$Q = 900 \left(\frac{220 - 33}{190 - 33} \right)^{0.5} = 982 \text{ gpm}$$

و زمانیکه به 160 ft کاهش می یابد:

$$Q = 900 \left(\frac{160 - 33}{190 - 33} \right)^{0.5} = 809 \text{ gpm}$$

به صورت مشابه ، مقدار Q برای مقادیر مختلف H_T عبارت است از :

$$H_T = 120 \text{ ft} : Q = 670 \text{ gpm}$$

$$H_T = 80 \text{ ft} : Q = 492 \text{ gpm}$$

$$H_T = 40 \text{ ft} : Q = 190 \text{ gpm}$$

و زمانیکه $H_T = H_e = 33 \text{ ft}$ ، مقدار دبی صفر خواهد بود (بر اساس رابطه c ۱۱,۵) . با اینحال ، از آنجایی که خروجی

نقطه A پایین تر از نقطه C قرار دارد ، زمانیکه $H_T = 33 \text{ ft}$ نیز مقداری دبی وجود خواهد داشت .

در شکل ۱۱,۵ ، خط سیاه پررنگ ، نمودار مربوط به اطلاعات بالا را نمایش می دهد . خط عمودی که از نقطه مربوط به

دبی ۹۰۰ گالن در دقیقه رسم شده است (در $TDH = 190 \text{ ft}$) نشان دهنده مشخصات سیستم دارای تنظیم کننده دبی یا

فشار برای رفع تأثیر بار فشار اضافی بر روی دبی می باشد . منحنی پررنگ پایینی (که از $H_T = 23 \text{ ft}$ شروع می شود)

تخمینی از رابطه دبی-بار را نشان می دهد و این واقعیت را نیز در نظر می گیرد که آب ابتدا در لاترالهایی که در نقاط A

و B (شکل ۱۱,۴) قرار دارند جریان می یابد و سپس در لاترال نقطه C جریان پیدا می کند . این بخش پایینی منحنی

دبی-بار تنها از نظر علمی و تئوری کاربرد دارد و به هر حال ، سیستم باید در نزدیکی نقاط طراحی شده کار کند .

زمانیکه لاترال نقطه A از مدار خارج می شود ، مجموع افت در قسمت مکش پمپ و قسمت P-A متناسب با جذر نسبت

دبی ها کاهش پیدا می کند :

$$\left(\frac{600}{900} \right)^{0.5} (3.2 + 9.8 + 2.2) = 6.8 \text{ ft}$$

تنظیم مقدار TDH برای دو لاترال منجر به نتایج زیر می شود :

$$H_l = 115/5 \text{ ft} : \text{بار فشار ورودی به لاترال}$$

$$h_f = 6/8 \text{ ft} : A \text{ تا نقطه}$$

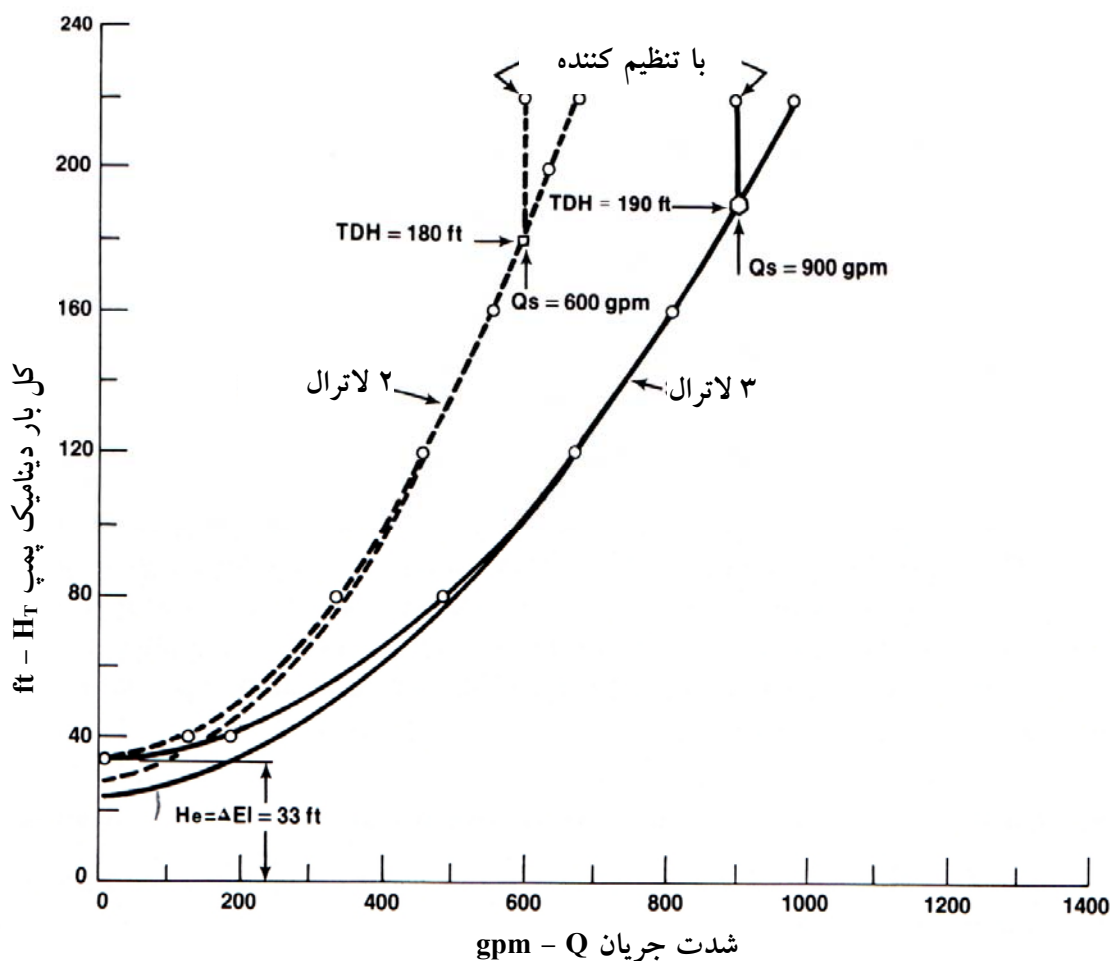
$$h_f = 10/8 \text{ ft} : C \text{ تا } A \text{ بار اصطکاک لوله از}$$

$$h_f = 8/3 \text{ ft} : A \text{ تا } C \text{ افتهای موضعی از}$$

$$H_e = E_l = 33 \text{ ft} : \text{بار استاتیک}$$

$$0/2 (6/8 + 10/8 + 8/3) = 5/2 \text{ ft} : \text{افتهای متفرقه}$$

$$TDH = 180 \text{ ft} : \text{مجموع}$$



شکل ۱۱,۵ / نمودار بار فشار در برابر دبی سیستم شامل ۲ و ۳ لاترال در حال کار.

و زمانیکه تنها لاترالهای نقاط B و C کار می کنند ، $H_T = 220 \text{ ft}$ ، دبی برابر است با :

$$Q = 600 \left(\frac{220 - 33}{180 - 33} \right)^{0.5} = 677 \text{ gpm}$$

و بطور مشابه ، دبی برای مقادیر متفاوت H_T عبارت خواهد بود از :

$$H_T = 220 \text{ ft} : Q = 640 \text{ gpm}$$

$$H_T = 160 \text{ ft} : Q = 558 \text{ gpm}$$

$$H_T = 120 \text{ ft} : Q = 462 \text{ gpm}$$

$$H_T = 80 \text{ ft} : Q = 340 \text{ gpm}$$

$$H_T = 40 \text{ ft} : Q = 130 \text{ gpm}$$

$$H_T = 33 \text{ ft} : Q = 0 \text{ gpm}$$

نقاطی که با خط نقطه چین به یکدیگر متصل شده اند (شکل ۱۱,۵ را ببینید) نمایی از این ارقام است . خطی که در نقطه مربوط به دبی ۶۰۰ گالن در دقیقه به صورت عمودی ترسیم شده ، مربوط به زمانیکه که لاترالهای B و C با 180 ft = TDH کار می کنند و نشان دهنده وجود تنظیم کننده جریان در سیستم است . منحنی نقطه چین پایینی (که از 28 ft = H_T شروع می شود) تخمینی از رابطه واقعی دبی - بار در سیستم می باشد .

مثال ۱۱,۴: تحلیل هیدرولیکی یک سیستم آبیاری بارانی کامل در یک واحد زراعی کوچک.

اطلاعات: سیستم آبیاری بارانی طراحی شده برای مزرعه گوجه فرنگی (شکل ۱۱,۶) که:

عمق ریشه: $Z = 1 \text{ m}$

ظرفیت نگهداری رطوبت خاک: $W_a = 122 \text{ mm/m}$

تخلیه مجاز مدیریتی: $MAD = 40\%$

راندمان آبیاری: $E_h = 74\%$

نیاز آبی: $U_d = 7 \text{ mm/day}$

فاصله بین آبپاشها: $S_e = 9/2 \text{ m}$ و $S_l = 15/25 \text{ m}$

مطلوب است:

۱- عمق ناخالص آبیاری توصیه شده در هر آبیاری.

۲- دور آبیاری، f' .

۳- نشان دهید که با دو استقرار ۱۱ ساعته در طول شبانه روز، در $f = 6$ روز آبیاری به اتمام می رسد.

۴- نشان دهید که $q_a = 14 \text{ L/min}$ و $H_a = 29/1 \text{ m}$ ، با فرض $K_d = 2/595$ برای آبپاشهایی با نازلهای $3/6$ میلیمتری.

۵- نشان دهید که بار فشار ورودی لاترال، برای لوله آلومینیومی ۲ اینچی با قطر داخلی $ID = 48/3 \text{ mm}$ و لوله های رایزر ۷۵ سانتیمتری، $H_l = 31/5 \text{ m}$.

۶- با فرض $A_f = 1/23$ ، چه اندازه ای برای لوله اصلی توصیه می شود (بین P و A و بر اساس نمودار عمومی انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی، شکل ۸,۷).

۷- ارتفاع در نقطه P برابر ۱۰۰ متر و ارتفاع بالاترین استقرار لاترال ۱۱۰ متر می باشد. فرض کنید که افتهای موضعی شیرها و دیگر اتصالات سیستم نیز ۴ متر باشد. برای لوله اصلی PVC با قطر ۳ اینچ ($ID = 3/284 \text{ in}$)، بین نقاط P و A ، نشان دهید که بار فشار ورودی سیستم (بار پمپ) زمانیکه ۲۰ درصد از کل افت بار در لوله اصلی و افتهای موضعی به دلیل ایجاد ضریب امنیت بیشتر، به آن اضافه می شود برابر است با $H_s = 48/5 \text{ m}$.

محاسبات: محاسبات زیر برطبق سوالات مطرح شده در بالا، شماره گذاری شده اند:

۱- محاسبه عمق ناخالص آبیاری با استفاده از روابط ۳,۱ و ۵,۳:

$$d = \frac{Z \times W_a \times MAD / 100}{E_h / 100} = \frac{1 \times 122 \times 40 / 100}{74 / 100} = 66 \text{ mm}$$

۲- دور آبیاری با استفاده از روابط ۳,۲ و ۵,۳:

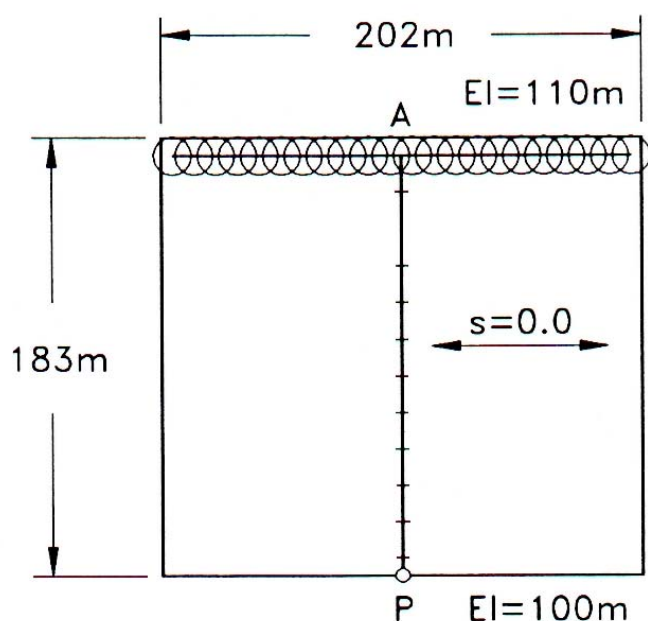
$$f' = \frac{d \times E_h / 100}{U_d} = \frac{66 \times 74 / 100}{7} = 7 \text{ days}$$

۳- تعداد روزهای لازم برای تکمیل عملیات آبیاری:

$$= \frac{183 \text{ m}}{15.25 \text{ m}} = 12 \text{ days}$$

تعداد استقرارهای لازم

که با دو استقرار در روز، ۶ روز $f =$ طول خواهد کشید تا عملیات آبیاری تکمیل شود.



شکل ۱۱,۶ / آرایش یک سیستم آبیاری بارانی متحرک دستی ساده برای یک مزرعه کوچک.

۴- متوسط دبی و فشار کارکرد آبپاشها با استفاده از روابط ۵,۵ و ۵,۱ :

$$I = \frac{d}{I_a} = \frac{66 \text{ mm}}{11 \text{ hr}} = 6 \text{ mm/hr}$$

$$q_a = \frac{S_s \times S_l \times I}{60} = \frac{9.2 \times 15.25 \times 6}{60} = 14 \text{ L/min}$$

$$H_a = \left(\frac{q_a}{K_d} \right)^2 = \left(\frac{14}{2.595} \right)^2 = 29.1 \text{ m}$$

۵- بار فشار ورودی به لاترال با استفاده از رابطه ۸,۱ :

$$Q_l = q_a \times \frac{L}{S_e} = 14 \times \frac{101}{9.2} = 154 \text{ L/min} = 2.57 \text{ L/s}$$

$$J = 1.212 \times 10^{12} \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times D^{-4.87}$$

$$J = 1.212 \times 10^{12} \times \left(\frac{2.57}{130} \right)^{1.852} \times (48.3)^{-4.87} = 5.33 \text{ m/100m}$$

با میانبایی در جدول ۸,۱ ، $J = 5/4 \text{ m/100m}$ و از جدول ۸,۷ برای ۱۱ خروجی ، $F = 0/4$ بدست می آید .

$$h_f = J \times F \times L / 100 = 5.4 \times 0.4 \times 101 / 100 = 2.2 \text{ m} \quad (8,8)$$

$$H_l = H_a + 3/4 h_f + 1/2 \Delta H_e + H_r$$

$$H_l = 29.1 + 3/4(2.2) + 1/2(0) + 0.75 = 31.5 \text{ m} \quad (9,2)$$

۶- دبی ورودی به سیستم :

$$Q_s = 2 \times Q_l = 2 \times 2.57 \text{ L/s} = 5.14 \text{ L/s} = 81.5 \text{ gpm}$$

با استفاده از شکل ۸,۷ و با در نظر گرفتن $Q_s = 1/23 \times 81/5 = 100 \text{ gpm}$ برروی محول عمودی و $Q = 81/5 \text{ gpm}$ برروی محور افقی ، نقطه ای در منطقه مربوط به لوله های ۳ اینچ بدست می آید .
 ۷- کل بار فشار مورد نیاز برای عملکرد سیستم عبارت است از مجموع عوامل زیر :

$$H_1 = 31.5 \text{ m}$$

$$h_{f(P,A)} = J_3 \times L/100 = 1.03 \times 175/100 = 1.8 \text{ m}$$

$$\Delta E_l = (EL)_A - (EL)_P = 110 - 100 = 10 \text{ m}$$

$$\text{Minor Losses} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Safety : } 20\% \text{ of } (1.8 + 4) = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Total System Pressure head : } H_s = 48.5 \text{ m}$$

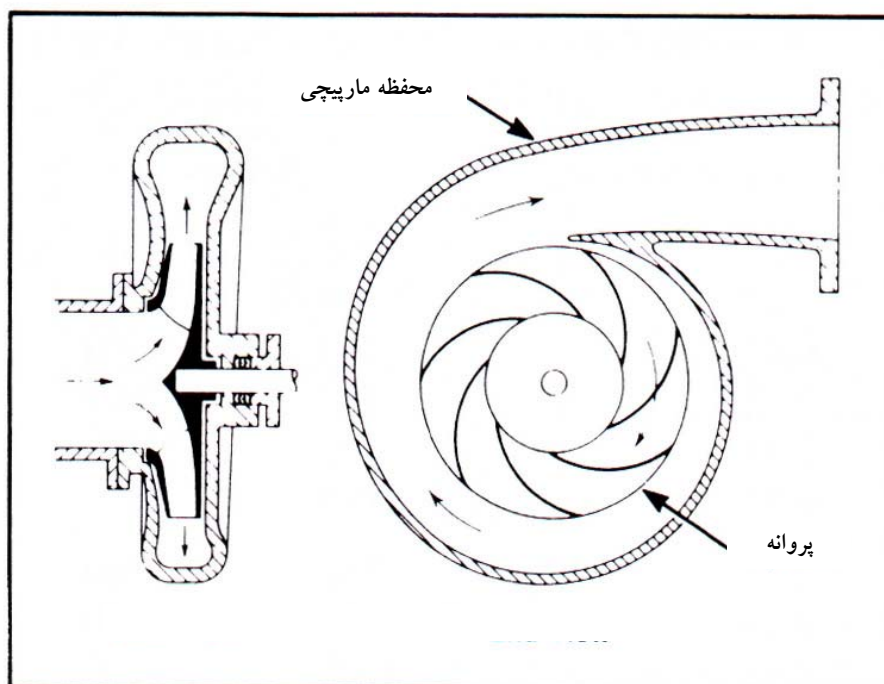
۱۲- انتخاب پمپ و منبع نیرو

تمامی سیستم های آبیاری بارانی (و قطره ای) برای به جریان درآوردن آب درون شبکه لوله ها و خروج آن از آبپاشها (یا قطره چکانها) نیازمند انرژی هستند . در برخی موارد ، انرژی از نیروی جاذبه زمین ناشی می شود . زیرا آب در شیپهای سرازیری جریان دارد . با اینحال ، در اکثر سیستم های آبیاری ، این انرژی باید از طریق یک پمپ که انرژی مورد نیازش را از یک موتور الکتریکی یا یک موتور درون سوز تأمین می کند ، وارد سیستم شود . بنابراین ، انتخاب درست پمپ و منبع انرژی برای برآوردن نیازهای سیستم آبیاری از اهمیت ویژه ای برخوردار است .

پمپهای گریز از مرکز (سانتریفیوژ)

پمپهای گریز از مرکز ابتدا آب را بوسیله یک محفظه مرکزی گردان به داخل می مکند . سپس این آب با پره هایی درگیر می شود که آب را به خارج از محفظه حلزونی شکل پمپ منتقل می کنند (شکل ۱۲،۱ را ببینید) . این فرآیند ، انرژی جنبشی محور گردان پمپ را به بار فشاری تبدیل می کند که برای خروج آب از آبپاشها (یا قطره چکانها) مورد نیاز است .

یکی از نقاط ضعف این نوع پمپ ها این است که قبل از شروع چرخش محور پمپ ، محفظه و لوله ها باید پر از آب باشند . این موضوع از آن جهت اهمیت دارد که درست در زمانیکه پمپ روشن می شود ، اختلاف فشار مورد نیاز برای مکش آب به درون پمپ ایجاد خواهد شد . به محض اینکه آب از درون محور پمپ به درون سیستم انتقال می یابد ، یک منطقه دارای فشار کم در مرکز این محور ایجاد می شود . این منطقه باعث می شود که جریان پیوسته ای از آب ، از منبع به درون محور پمپ ایجاد شود . بعلاوه ، به دلیل اختلاف بین فشار اتمسفریک در منطقه کم فشار ایجاد شده و منبع آب که بوسیله محورگردان پمپ ایجاد می شود ، آب به درون پمپ وارد می شود . بنابراین ، پمپهای گریز از مرکز تنها در جایی نصب می شوند که ارتفاع مکش آب تا پمپ به میزان قابل توجهی کمتر از بار فشار اتمسفریک باشد . بعبارت دیگر ، بیش از ۲۰ فوت نباشد . ارتفاع مکش بیش از این مقدار باعث ایجاد پدیده کاویتاسیون می شود (تبخیر آب در منطقه ورود آن به پمپ که ایجاد حبابهایی از خلأ کرده و به فلز پمپ صدمه می زند) . در نتیجه راندمان پمپ کاهش یافته و احتمال صدمه به پمپ نیز افزایش می یابد .



شکل ۱۲،۱ / مقطع عرضی یک پمپ گریز از مرکز.

ارتفاع مکش پمپ

تخمین دقیقتر حداکثر ارتفاع عمودی که یک پمپ گریز از مرکز می تواند ستونی از آب را بدون ایجاد پدیده کاویتاسیون بالا بکشد، از روی پارامتر بار مثبت خالص مکش (NPSH) مورد نیاز محاسبه می شود. در سطح دریا، آب در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد (۵۰ درجه فارنهایت)، در یک ستون دارای خلأ کامل، حدود ۱۰/۲ متر صعود می کند. محور گردان پمپ، یک خلأ کامل ایجاد نمی کند. بنابراین حتی تحت شرایط ایده آل، حداکثر ارتفاع مکش پمپ کمتر از ۷۰ درصد ماکزیمم نظری این ارتفاع خواهد بود. همچنین برای در نظر گرفتن این موضوع که دمای آب فشار بخار آب را تغییر می دهد، باید این مقدار باز هم کاهش یابد. جدول ۱۲،۱ داده های لازم برای تخمین تأثیر دمای آب و ارتفاع بر روی ارتفاع مکش پمپ را در اختیار قرار می دهد.

جدول ۱۲,۱ / فشار بخار آب در دما ، فشار هوا و ارتفاع های مختلف.

دما		فشار بخار		ارتفاع		فشار هوا	
(°C)	(°F)	(m)	(ft)	(m)	(ft)	(m)	(ft)
0.0	32	0.06	0.2	0	0	10.4	34.0
4.4	40	0.09	0.3	150	500	10.2	33.0
10.0	50	0.13	0.4	300	1000	10.0	32.8
15.6	60	0.18	0.6	460	1500	9.8	32.2
21.1	70	0.26	0.8	610	2000	9.6	31.6
26.7	80	0.36	1.2	760	2500	9.5	31.0
32.2	90	0.49	1.6	910	3000	9.3	30.5
37.8	100	0.67	2.2	1220	4000	9.0	29.4
43.3	110	0.90	2.9	1520	5000	8.6	28.3
48.9	120	1.19	3.9	1830	6000	8.3	27.3
54.4	130	1.56	5.1	2130	7000	8.0	26.2
60.0	140	2.03	6.7	2440	8000	7.7	25.2
65.6	150	2.62	8.6	2740	9000	7.4	24.3
71.1	160	3.34	11.0	3050	10000	7.1	23.4

حداکثر خیز ستونی از آب در ستونی که دارای خلأ کامل است ، برابر است با بار فشار بارومتریک (فشار هوا) منهای فشار بخار آب . به علاوه ، تلفات در لوله و اتصالات در قسمت مکش پمپ ، سرعت آب در زمان ورود به محفظه پمپ و در نظر گرفتن ضریب اطمینان باعث کاهش بیشتر ارتفاع مکش می شوند .

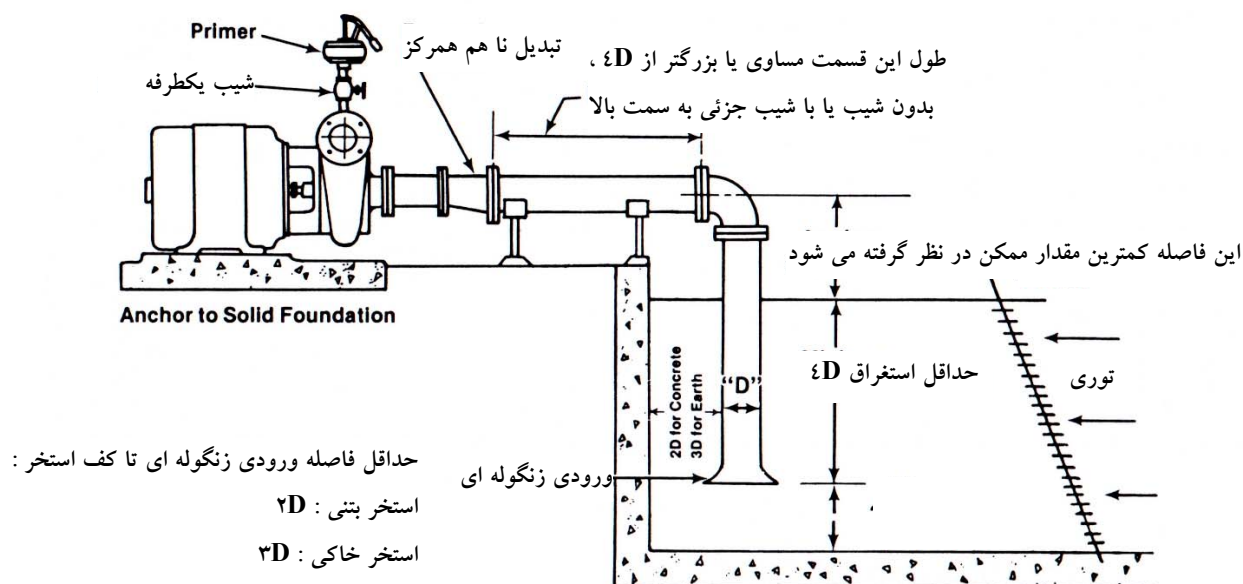
در برخی موارد ، پدیده کاویتاسیون حتی زمانی که NPSH مورد نیاز تأمین شده نیز روی می دهد . در هنگام نصب پمپهای گریز از مرکز ، شرایط قسمت مکش بسیار با اهمیت است . شرایطی که ممکن است باعث افت مقدار NPSH به کمتر از مقدار مورد نیاز و پدیده کاویتاسیون باشند ، عبارتند از :

- آشفته‌گی زیاد جریان در لوله مکش .
 - ورود هوا از قسمت مکش پمپ .
 - فرسودگی در قسمتهایی از محور گردان که باعث افزایش آشفته‌گی جریان می شود .
- نتیجه این پدیده ، کاهش کارایی پمپ و خسارت احتمالی به آن خواهد بود .
- خسارت پدیده کاویتاسیون از حبابهای بخار آب ناشی می شود که ایجاد شده و سپس منفجر می شوند . این حبابها در مجاورت جایی که آب ورودی از شکل جریان محوری (در امتداد محور مکش) به حالت شعاعی تغییر جهت می دهد ایجاد می شوند . در این محل یک فشار اضافی بر محور مکش پمپ وارد می شود (شکل ۱۲,۱ را ببینید) . حبابهای بخار به منطقه پرفشار وارد شده و منفجر می شوند . این انفجارها ، موج ضربه کوچک و سریعی ایجاد می کنند که محور گردان پمپ را ساییده و در طول زمان ، باعث فرسودگی پره های پمپ نیز می شوند .

توصیه هایی در مورد نصب پمپ های گریز از مرکز

برای اینکه از عملکرد مناسب پمپ اطمینان حاصل شود ، توصیه می شود که :

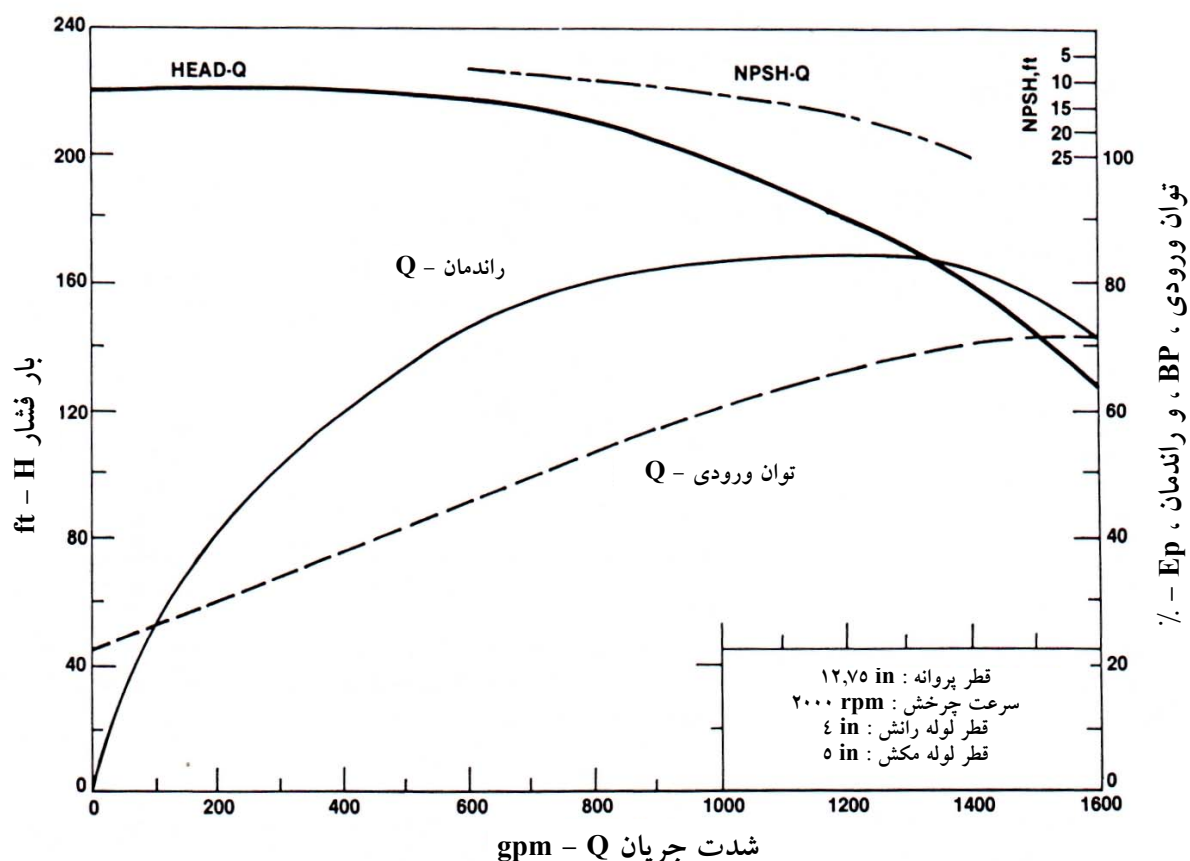
- ۱- برای لوله مکش پمپ قطری را استفاده کنید که سرعت جریان آب کمتر از $3/3 \text{ m/s}$ باشد.
- ۲- از اتصالات صاف استفاده کنید تا باعث آشفتگی جریان نشوند.
- ۳- ورودی لوله مکش را به شکل زنگوله طراحی کنید و آن را در عمقی برابر با 4 برابر قطر لوله در آب منع نصب کنید تا در هنگام ورود آب، ایجاد گرداب به لوله کاهش یابد. اگر این کار عملی نیست، یک پوشش شناور در اطراف ورودی لوله نصب کنید.
- ۴- حداقل از 2 قطر لوله بین ورودی لوله مکش و سطح زمین استفاده کنید.
- ۵- قبل از ورود آب به پمپ، حداقل از 6 قطر لوله بصورت مستقیم و صاف استفاده کنید.
- ۶- از یک تبدیل نا هم مرکز (Eccentric Reducer) در مجاورت ورودی پمپ استفاده کنید تا اطمینان حاصل شود که ورودی پمپ، از تمامی نقاط سیستم مکش، بالاتر قرار گرفته و به این ترتیب خطر تجمع هوا وجود نخواهد داشت.



شکل ۱۲،۲ / راهنمای نصب پمپ گریز از مرکز و اجزاء آن.

منحنی مشخصات پمپ برای شرایط معین

در زمان انتخاب یک پمپ، تمرکز بر روی انتخاب پمپی می باشد که نیازهای مربوط به Q_s و TDH سیستم آبیاری را با بیشترین راندمان تأمین می کند. منحنی های مشخصه پمپ، ابزار مناسبی در این فرآیند انتخاب هستند. این منحنی ها علاوه بر نمایش بار فشار و دبی، راندمانهایی را که پمپ در دامنه فشار یا دبی مشخصی کار می کند را نیز نمایش می دهد. منحنی پمپ ها معمولاً دارای یک منحنی توان نیز هستند که مقدار اسب بخار مورد نیاز برای به راه انداختن پمپ را مشخص می کند و مقدار NPSH مورد نیاز را بدست می دهد. شکل ۱۲،۳ تعدادی از منحنی های مشخصه را برای پمپ های گریز از مرکز با قطر ثابت محور گردان پمپ و همچنین، سرعت چرخش ثابت نشان می دهد. اطلاعات لازم برای طراحی این منحنی ها باید از آزمایشگاههای هیدرولیک اخذ شوند.



شکل ۱۲،۳ / نمونه ای از منحنی مشخصه پمپ گریز از مرکز.

تمامی منحنی های مشخصه پمپ ها به دبی آنها مربوط می شوند. مقدار راندمان در هر دبی مشخص، نسبت انرژی منتقله از پمپ به آب، WP، به انرژی ورودی مورد نیاز برای به حرکت در آوردن پمپ، BP، را مشخص می کند. WP یا انرژی خروجی از این رابطه محاسبه می شود:

$$WP = \frac{H Q}{K} \quad (12,1)$$

و مقدار انرژی ورودی، BP،

$$BP = \frac{WP}{E_p / 100} \quad (12,2 a)$$

$$BP = \frac{H Q}{K E_p / 100} \quad (12,2 b)$$

WP: انرژی خروجی (kW)

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک برابر ۱۰۲ و برای سیستم انگلیسی (که انرژی بر حسب اسب بخار ذکر می شود) برابر ۳۹۶۰ است.

H: کل بار فشار پمپ (m)

Q: دبی پمپ (L/s)

BP : انرژی ورودی از موتور (kW)

E_p : راندمان پمپ (%)

منحنی های بار فشار ، راندمان و انرژی بر اساس رابطه b ۱۲,۲ به یکدیگر مرتبط می شوند . برای مثال ، در دبی ۱۰۰۰ گالن در دقیقه ، از روی منحنی های شکل ۱۲,۳ ، $H = 1197 \text{ ft}$ ، $E_p = 78\%$ و $BP = 60 \text{ hp}$ بدست می آیند . از رابطه b ۱۲,۲ نیز مقدار BP قابل محاسبه است :

$$BP = \frac{H Q}{K E_p / 100} = \frac{197 \times 1000}{3960 \times 0.83} = 60 \text{ hp}$$

انتخاب پمپ

بعد از محاسبه Q_s و TDH ، گام بعدی در فرآیند طراحی سیستم آبیاری ، انتخاب پمپ مناسب است . این انتخاب شامل یافتن واحد پمپاژ اقتصادی می باشد که مقدار دبی و TDH مورد نیاز را در راندمان بالا در اختیار قرار دهد . شکل ۱۱,۳ نمایی از بار مکش دینامیک پمپ و بار فشار اضافه شده (TDH) به پمپ را نشان می دهد . مثال ۱۲,۱ ، به تشریح روش انتخاب یک پمپ مناسب می پردازد .

مثال ۱۲,۱ : انتخاب پمپ ، انرژی و مکش مورد نیاز ، و کارایی سیستم .

اطلاعات : سیستمی که در شکل ۱۱,۴ نشان داده شده است ، دارای دبی طراحی $Q_s = 900 \text{ gpm}$ در $TDH = 190 \text{ ft}$ می باشد . منحنی دبی- بار این سیستم در شکل ۱۱,۵ نمایش داده شده است که براساس محاسبات مثال ۱۱,۲ و ۱۱,۳ ترسیم گشته است .

ارتفاع ایستگاه نصب پمپ ۵۰۰۰ فوت بالاتر از سطح دریا و بالاترین دمای مورد انتظار آب نیز ، ۶۰ درجه فارنهایت می باشد .

مطلوب است : انتخاب پمپی که در حالیکه نیازهای طراحی سیستم را برآورده می کند ، بالاترین راندمان را نیز داشته باشد . سپس انرژی مورد نیاز برای عملکرد پمپ و راندمان عملکرد پمپ را محاسبه کنید . بررسی کنید که آیا محل و شرایط طراحی ، NPSH مورد نیاز را تأمین می کند یا خیر ؟

محاسبات : منحنی مشخصه یک پمپ گریز از مرکز در شکل ۱۲,۳ نشان داده شده است . با منطبق کردن منحنی ۱۱,۵ بر روی منحنی ۱۲,۳ ، شکل ۱۲,۴ منتج می شود . این شکل نشان می دهد که پمپ هماهنگی خوبی با نیازهای سیستم دارد . در حالیکه تمامی ۳ لاترال سیستم در حال کار هستند و هیچ تنظیم کننده فشار یا جریان نیز وجود ندارد ، سیستم دارای دبی $Q = 935 \text{ gpm}$ در $H_T = 202 \text{ ft}$ می باشد . این پمپ در راندمان ۸۳ درصد عمل کرده و نیازمند انرژی ورودی موتور برابر با $BP = 58 \text{ hp}$ می باشد .

از شکل ۱۲,۴ مقدار NPSH مورد نیاز ۱۱ فوت برآورد می شود . مقدار NPSH در دسترس برای شرایط موجود عبارت است از :

فشار هوا در ارتفاع ۵۰۰۰ فوتی : $28/3 \text{ ft}$

فشار بخار آب در دمای ۶۰ درجه فارنهایت (از جدول ۱۲,۱) : $-0/6 \text{ ft}$

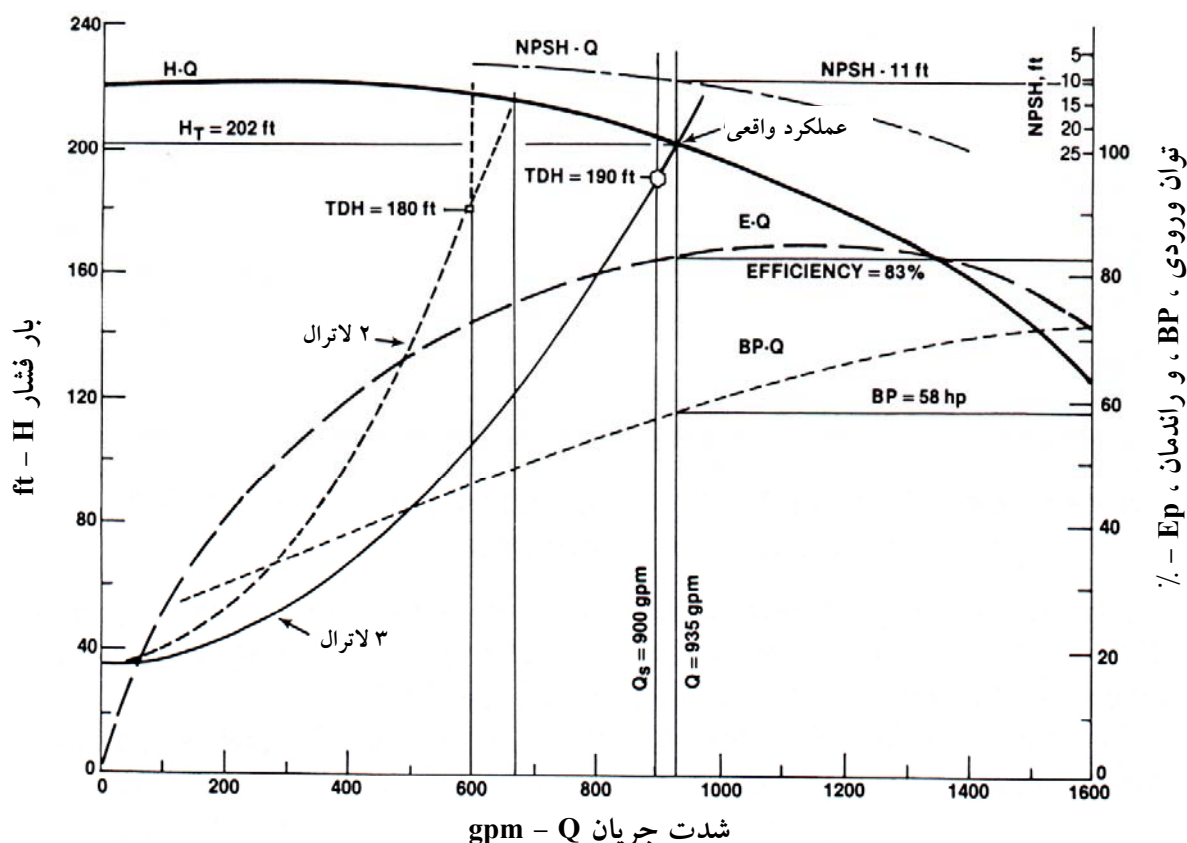
افت در قسمت مکش (از مثال ۱۱,۲) : $-3/2 \text{ ft}$

ارتفاع مکش (از مثال ۱۱،۲) : -8 ft

بار سرعت با دبی 935 gpm و قطر ورودی پمپ برابر با 5 اینچ : $-3/6 \text{ ft}$

که در مجموع : $NPSH = 12/9 \text{ ft}$ موجود .

مقدار $NPSH$ مورد نیاز از مقدار موجود آن کمتر است ($11 < 12/9$) . بنابراین محل و شرایط طراحی مناسب است .
توجه کنید که بار سرعت با استفاده از قطر ورودی پمپ محاسبه شده ، نه قطر لوله مکش که معمولاً بزرگتر است .



شکل ۱۲،۴ / منحنی دبی-فشار سیستم (شکل ۱۱،۵) منطبق شده بر منحنی مشخصه پمپ (شکل ۱۲،۳) برای پیش راننده 12.75 in و سرعت چرخش 2000 rpm .

می توانیم از شیرهای اتوماتیک یا دستی کنترل جریان نیز برای حفظ دبی سیستم در مقدار 900 گالن در دقیقه استفاده کنیم . این کار نیازمند افزایش افت اصطکاک سیستم به میزان 12 ft می باشد تا در $H_T = 202 \text{ ft}$ ، $Q = 900 \text{ gpm}$ تأمین شود . (شکل ۱۲،۴ را ببینید) . این موضوع باعث کاهش انرژی ورودی به $BP = 57 \text{ hp}$ می گردد (1 hp کاهش) . اما تعداد واحد انرژی مصرفی برای آب پمپاژ شده را افزایش می دهد . برای مثال ، بدون استفاده از تنظیم کننده ها ، BP برای هر 1000 گالن در دقیقه عبارت است از :

$$\frac{58}{0.935} = 62 \text{ hp}/1000\text{gpm}$$

اما با استفاده از تنظیم کننده ها :

$$\frac{57}{0.900} = 63.3 \text{ hp}/1000\text{gpm}$$

بهترین روش برای صرفه جویی در مصرف انرژی، تغییر سرعت چرخش یا قطر محور پمپ می باشد به نحوی که منحنی H-Q پمپ از نقطه طراحی شده Q_s و TDH عبور کند. با فرض این که این کار راندمان پمپ را تغییر نمی دهد، مقدار انرژی ورودی مورد نیاز (رابطه b ۱۲,۲) به این صورت محاسبه می شود:

$$BP = \frac{190 \times 900}{3960 \times 0.83} = 52 \text{ hp}$$

و مقدار BP برای هر ۱۰۰۰ گالن در دقیقه:

$$\frac{52}{0.900} = 57.8 \text{ hp/1000gpm}$$

عملکرد همزمان ۲ لاترال به جای ۳ لاترال هم در اینجا (بدون استفاده از تنظیم کننده ها) تحلیل می شود. این نوع عملکرد سیستم مشکلی از دیدگاه عملیات آبیاری ایجاد نمی کند. اما انرژی نسبتاً زیادتری برای پمپاژ واحد آب مصرف می کند. برای مثال، بدون استفاده از تنظیم کننده ها، از شکل ۱۲,۴، $Q_s = 670 \text{ gpm}$ و $BP = 49 \text{ hp}$. بنابراین، مقدار BP برای هر ۱۰۰۰ گالن در دقیقه:

$$\frac{49}{0.670} = 73.1 \text{ hp/1000gpm}$$

و با استفاده از تنظیم کننده ها، $Q_s = 600 \text{ gpm}$ ، و $BP = 47 \text{ hp}$ و بنابراین، BP برای هر ۱۰۰۰ گالن در دقیقه:

$$\frac{47}{0.600} = 78.3 \text{ hp/1000gpm}$$

انرژی اضافه برای هر واحد آب پمپاژ شده از تأثیر همزمان عملکرد در راندمان پایین تر و هماهنگی کمتر بین مشخصات پمپ و نیازهای سیستم ناشی می شود.

هماهنگ کردن پمپ با سیستم

سرعت چرخش محور پمپ یا قطر آن می تواند برای سازگار کردن پمپ انتخاب شده با شرایط سیستم (Q_s و TDH) تغییر داده شود. با فرض اینکه مقطع عرضی جریان ثابت باقی مانده و بار فشار نیز متناسب با جذر سرعت چرخش محور پمپ باشد، دبی پمپ مستقیماً متناسب با سرعت چرخش محور آن است. بنابراین، تأثیر سرعت چرخش محور پمپ یا تغییر قطر آن بر روی دبی پمپ به صورت زیر بیان می شود:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{RPM_1 \times D_{i1}}{RPM_2 \times D_{i2}} \quad (12,3)$$

و تأثیر این تغییر بر روی بار پمپ:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{RPM_1 \times D_{i1}}{RPM_2 \times D_{i2}} \right)^2 = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^2 \quad (12,4)$$

در نتیجه، با فرض ثابت باقی ماندن راندمان پمپ، تأثیر بر روی انرژی مورد نیاز ورودی به پمپ متناسب با $H \times Q$ (رابطه b ۱۲,۲ را ببینید) خواهد بود:

$$\frac{BP_1}{BP_2} = \left(\frac{RPM_1 \times D_{i1}}{RPM_2 \times D_{i2}} \right)^3 = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^3 \quad (۱۲,۵)$$

RPM: سرعت چرخش محور پمپ در دقیقه (rpm)

D_i : قطر محور گردان پمپ (mm)

روابط فوق که گاهی قوانین همبستگی یا قوانین وابستگی پمپ نامیده می شوند ، می توانند برای پیش بینی خصوصیات پمپ و گسترش اطلاعات بدست آمده از تستهای آزمایشگاهی استفاده شوند .

مثال ۱۲,۲: سازگار کردن پمپ انتخاب شده برای هماهنگی بیشتر با Q_s و TDH سیستم .

اطلاعات: منحنی مشخصه پمپ مانند شکل ۱۲,۳ بوده ، $Q_s = 900 \text{ gpm}$ و $TDH = 190 \text{ ft}$ می باشد .

مطلوب است: محاسبه سرعت چرخش محور پمپ به نحویکه با محور پمپ ۱۲/۷۵ اینچی ، نسبت به شرایط طراحی سیستم سازگار باشد . همچنین ، پیدا کردن قطر اصلاح شده محور گردان پمپ زمانیکه سرعت چرخش آن ۲۰۰۰ دور در دقیقه است ، به نحوی که هماهنگ با نیازهای سیستم باشد .

محاسبات: رابطه ۱۲,۴ برای ترسیم منحنی که گاه منحنی راندمان برابر نیز نامیده می شود ، به نحوی که از نقطه طراحی سیستم (Q_s و TDH طراحی) عبور کند ، مورد استفاده قرار می گیرد . این خط از منحنی مشخصه پمپ (مطابق شکل ۱۲,۵) عبور می کند . با اینحال ، تنها قسمتی از منحنی که از مقادیر موجود در سیستم عبور می کند مورد نظر ماست (لازم نیست تمامی نمودار ترسیم شود) . زمانی ترسیم کل منحنی مورد نیاز است که نشان داده شود که این منحنی از منحنی H-Q مربوط به زمانیکه بار استاتیک سیستم صفر می باشد ($H_e = \Delta E_i = 0$) و یا زمانیکه سیستم دارای روزنه های ثابت می باشد ، متفاوت است .

آنچه در ادامه می آید ، مثالی از محاسبات مربوط به نقطه ای بر روی منحنی راندمان برابر می باشد . ابتدا ، یک H_T انتخاب می کنیم ، برای مثال ۱۶۰ فوت ، سپس دبی مربوطه را محاسبه می کنیم .

$$Q = Q_s \left(\frac{H_T}{TDH} \right)^{0.5} = 900 \times \left(\frac{160}{190} \right)^{0.5} = 825 \text{ gpm}$$

نقاط دیگری که روی شکل ۱۲,۵ نشان داده شده اند ، به همین صورت بدست آمده اند .

نسبت سرعت چرخش یا قطرهای مختلف محور گردان پمپ که عملکرد مورد نظر را بدست می دهند ، برابر با نسبت Q و Q_s در نقطه ایست که منحنی راندمان برابر ، منحنی مشخصه پمپ را قطع می کند . از شکل ۱۲,۵ با ثابت نگاه داشتن قطر در رابطه ۱۲,۳ ، سرعت چرخش مورد نیاز محاسبه می شود :

$$RPM = \frac{900}{930} \times 2000 = 1935 \text{ rpm}$$

و زمانیکه سرعت چرخش ثابت نگهداشته شود :

$$D_i = \frac{900}{930} \times 12.75 = 12.3 \text{ in}$$

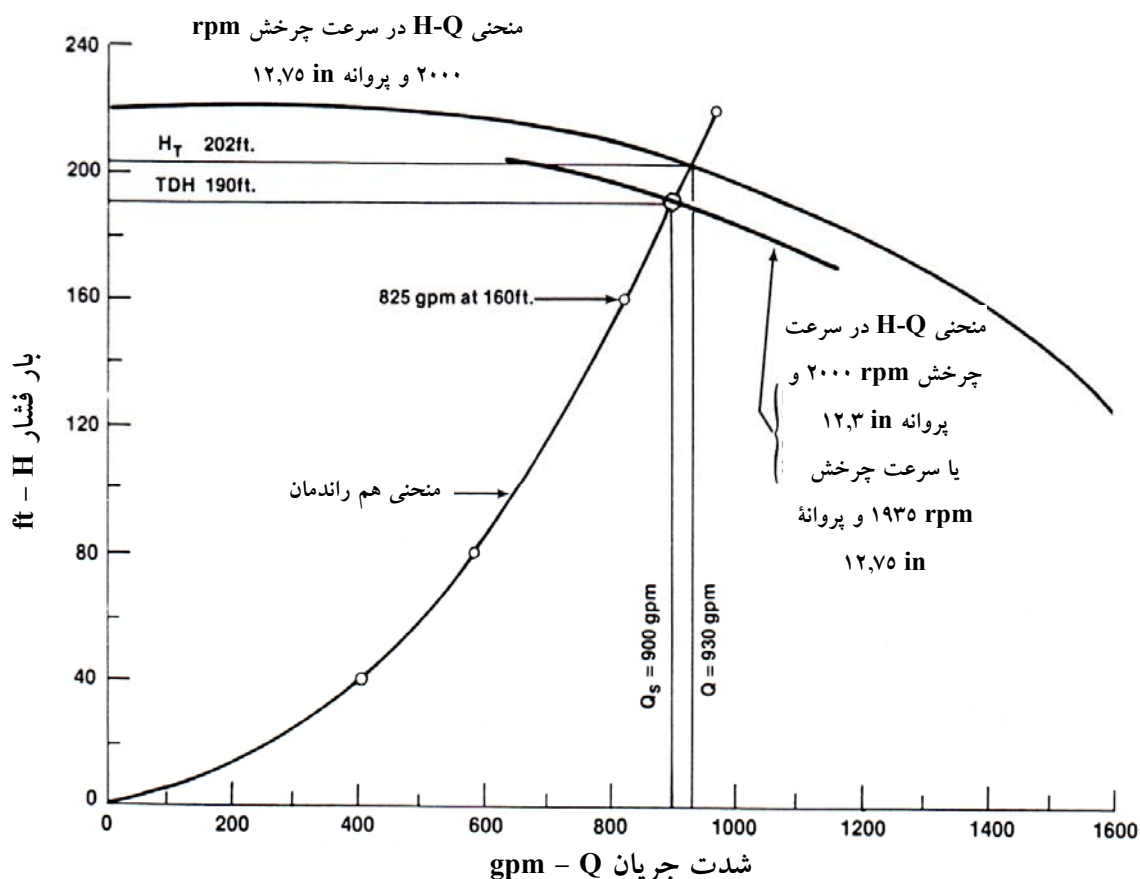
این مقادیر می توانند از شکل ۱۲,۵ و رابطه ۱۲,۴ نیز بدست بیایند . برای مثال ، اگر از مقادیر بار فشار استفاده شود (به جای دبی) :

$$\text{RPM} = \left(\frac{190}{202} \right)^{0.5} \times 2000 = 1940 \text{ rpm}$$

اختلاف جزئی بین مقدار ۱۹۳۵ و ۱۹۴۰ به دلیل اشتباه در زمان ترسیم یا گرد کردن ارقام می باشد.

تغییرات بیش از اندازه پمپ

محاسبات فوق برای دامنه وسیعی از تغییر سرعت یا قطر قابل قبول است. اما می بایست جانب احتیاط نیز رعایت شود. زیرا تغییر قطر محور گردان پمپ باعث تغییر هندسه داخلی پمپ شده و قطر اصلاحی پیش بینی شده، کمتر از اندازه مطلوب برای یک عملیات پمپاژ مؤثر خواهد بود. به همین دلیل، و همچنین به دلیل اینکه تغییر بیش از اندازه پمپ چندان مفید نیست، اندازه ای که از محور گردان برش داده می شود باید به ۸۰ درصد مقادیر محاسبه شده کاهش یابند. بنابراین، به منظور اصلاح پمپ، در جاییکه سرعت چرخش محور گردان ثابت است، رابطه ۱۲،۳ به صورت زیر تغییر می یابد:



شکل ۱۲،۵ / روش انطباق منحنی پمپ بر منحنی دبی-فشار در نقطه $Q_s = 900 \text{ gpm}$ و $\text{TDH} = 190 \text{ ft}$.

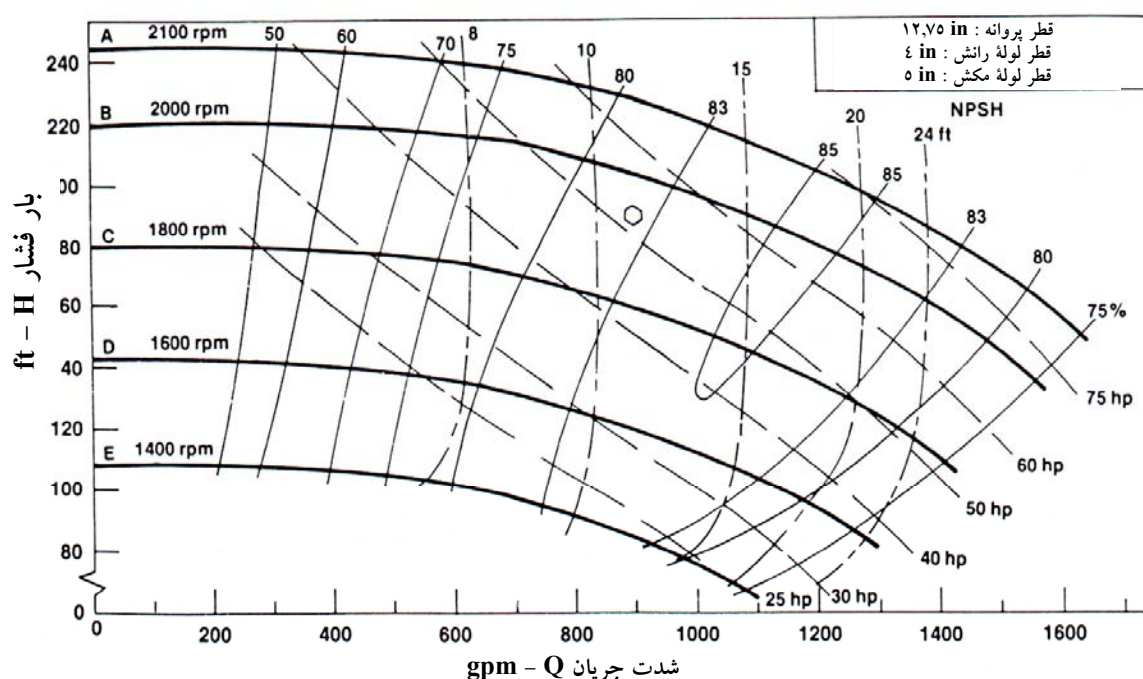
$$D_{i1} = \left(0.2 + 0.8 \frac{Q_1}{Q_2} \right) D_{i2} \quad (12,6)$$

که در مثال ۱۲،۲، محاسبات به صورت زیر تغییر می یابند:

$$D_i = \left(0.2 + 0.8 \frac{900}{930} \right) 12.75 = 12.4 \text{ in}$$

منحنی مشخصه پمپ در زمان اصلاح پمپ و سرعت متغیر چرخش محور

تعداد معدودی از آزمایشات هیدرولیکی می توانند با استفاده از روابط ۱۲،۱ تا ۱۲،۶ صورت پذیرند تا منحنی های مشخصه پمپ را برای شرایط مختلف عملکرد آن ترسیم نمایند. با اینحال، مهم است که داده ها شامل داده های آزمایشی کافی باشند تا از اعتبار آنها اطمینان کافی وجود داشته باشد. شکل ۱۲،۶ خانواده ای از منحنی های مشخصه پمپ را برای سرعت های متفاوت چرخش محور پمپ نمایش می دهد (خطوط کنتوری انرژی ورودی، راندمان و NPSH نیز ترسیم شده اند). البته مطلوبتر است که برای هر منحنی H-Q، منحنی های جداگانه ای برای انرژی، راندمان و NPSH ترسیم شود.



H-Q	TRIM	SPEED	H-Q	TRIM	SPEED	H-Q	TRIM	SPEED	H-Q	TRIM	SPEED
A	FULL	2100	C	11.1	2100	D	10.2	2100	E	9.6	2000
B	12.2	2100		11.7	2000		10.6	2000		10.4	1800
	FULL	2000		FULL	1800		11.3	1800		11.4	1600
							FULL	1600		FULL	1400

شکل ۱۲،۶ / نمونه ای از یک منحنی مشخصه کامل پمپ.

جدولی که در زیر این شکل آورده شده، ترکیبات متفاوتی از سرعت چرخش محور و قطرهای اصلاح شده پروانه را که منحنی های A تا E را سبب می شوند، نمایش می دهد. $Q_s = 900 \text{ gpm}$ و $TDH = 190 \text{ ft}$ طراحی شده (شش ضلعی مربوطه در شکل ۱۲،۶ ببینید) تقریباً در یک سوم فاصله منحنی B تا منحنی C قرار می گیرند. بنابراین، برای محور

گردان بدون اصلاحات ، سرعت چرخش باید در حدود $1935 \text{ rpm} = 200 \times \frac{1}{3} - 2000$ باشد (در واقع بین دو منحنی ، میانمایی صورت گرفته است) .

پمپهای سری (پشت سر هم)

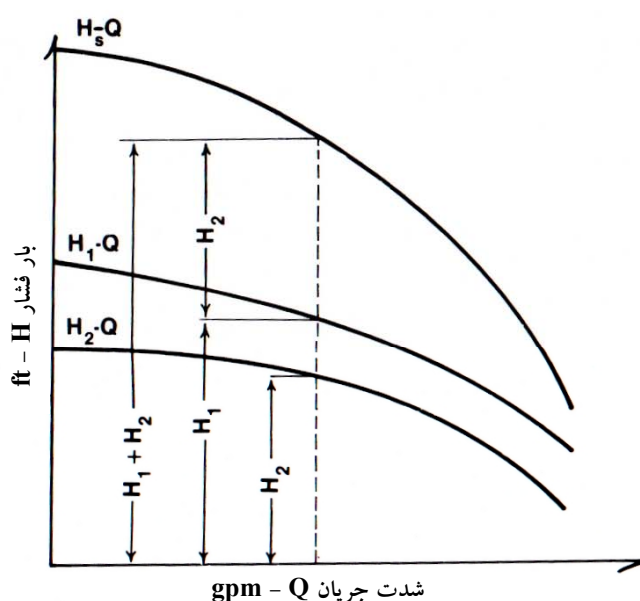
دو یا چند پمپ ممکن است بصورت سری به یکدیگر متصل شوند . به این ترتیب دبی هر پمپ (یا طبقه) به پمپ بعدی انتقال می یابد . این نوع اتصال پمپها در جایی استفاده می شود که همان دبی مورد نیاز است ، اما بار فشار مورد نیاز با یک پمپ تأمین نمی شود . در نصب دو پمپ به صورت سری ، پمپ دوم گاهی پمپ بوستر یا پمپ کمکی نامیده می شود . در برخی از این حالات ، پمپ دوم ممکن در مسافت زیادی نسبت به پمپ اول قرار گرفته باشد و یا ، قسمتی از آب ، قبل از اینکه وارد پمپ دوم (بوستر) شود ، از سیستم خارج گردد . (شکل ۱۰,۲ را ببینید) .

برای حالتی که دو پمپ به صورت سری عمل می کنند ، بار فشار ترکیبی عبارت است از مجموع بار فشار هر یک از پمپ ها (که در شکل ۱۲,۷ مشخص است) . علاوه براین ، اگر تمام جریان آب از هر ۲ پمپ جریان یابد (یعنی بخشی از آب قبل از رسیدن به پمپ دوم تخلیه نشده باشد) ، راندمان ترکیب دو پمپ در حالت سری از این رابطه محاسبه می شود :

$$(E_p)_s = 100 \frac{Q(H_1 + H_2)}{K(BP_1 + BP_2)} \quad (12,7 a)$$

و یا انرژی ورودی مورد نیاز برای این ترکیب (۲ پمپ سری) عبارت خواهد بود از :

$$BP_s = 100 \frac{Q}{K} \left[\frac{H_1}{E_{p1}} + \frac{H_2}{E_{p2}} \right] \quad (12,7 b)$$



شکل ۱۲,۷ / منحنی دبی-فشار برای دو پمپ که به صورت منفرد و یا به صورت سری کار می کنند.

تمامی پارامترهای این دو رابطه همان تعریف پارامترهای رابطه ۱۲,۲ را دارا می باشند .

اگر ۲ پمپ دارای خصوصیات طراحی یکسانی باشند، منحنی مشخصه آنها نیز یکسان است و $H_1 = H_2$ و $BP_1 = BP_2$ (در هر دبی). بنابراین در حالت سری، بار فشار سیستم و انرژی ورودی، BP ، دو برابر می شوند. (شکل ۱۲,۳ را ببینید). یعنی در این حالت دبی ۱۲۰۰ گالن در دقیقه در بار $H_s = 2 \times 180 = 360 \text{ ft}$ حاصل می شود.

اگر ۲ پمپ خصوصیات طراحی یکسانی نداشته باشند، و یا بخشی از جریان قبل از ورود به پمپ دوم از سیستم خارج شود، منحنی های $H-Q$ و $BP-Q$ باید به صورت گرافیکی با یکدیگر جمع شوند. (شکل ۱۲,۷ را ببینید). علاوه بر این، راندمان ترکیب، $(E_p)_s$ ، باید از رابطه $12,7 a$ برای چندین نقطه محاسبه شود. با اینحال، منحنی $NPSH-Q$ برای پمپهای سری همانند منحنی $NPSH-Q$ مربوط به پمپ اول است. زیرا پمپ دوم با فشار اضافی در محل ورودی خود کار می کند. بعلاوه، باید از کارخانه سازنده پمپ دوم استعلام گردد تا معلوم شود که فشار اضافی ناشی از عملکرد سری پمپها، باعث صدمه به محفظه حلزونی شکل پمپ دوم یا غلاف شفت آن نمی شود.

پمپ های موازی

ممکن است ۲ یا چند پمپ به صورت موازی به یکدیگر متصل شوند که در این حالت، جریان از تمامی پمپها به درون یک لوله واحد وارد می شود. مثال معمول برای این نوع اتصال:

- جایی است که ۲ یا چند پمپ آب را از یک چاهک بالا کشیده و شبکه بزرگی از لوله ها که نیازمند TDH ثابت و نسبتاً بزرگی می باشد را، با نیاز آبی متغیر، تغذیه می کنند.
- جایی است که ۲ یا چند چاه کوچک پمپاژ شده و جریان آنها به داخل لوله ای مشترک وارد می شود.
- جایی است که حجم بالایی از آب مورد نیاز است.

اگر لازم است که آب به چند مزرعه با کشتهای متفاوت منتقل شود، نیاز آبی در طول سال به طور قابل ملاحظه ای متفاوت خواهد بود. در این موارد، به منظور صرفه جویی در انرژی، بهتر است که از ۲ یا چند پمپ با دبی پایین به صورت موازی استفاده شود. علاوه بر این، استفاده از چند پمپ کوچکتر به جای یک پمپ بزرگ، از نظر زمانهایی که یک پمپ ممکن است دچار خرابی شود، ضریب اطمینان سیستم را بالا می برد.

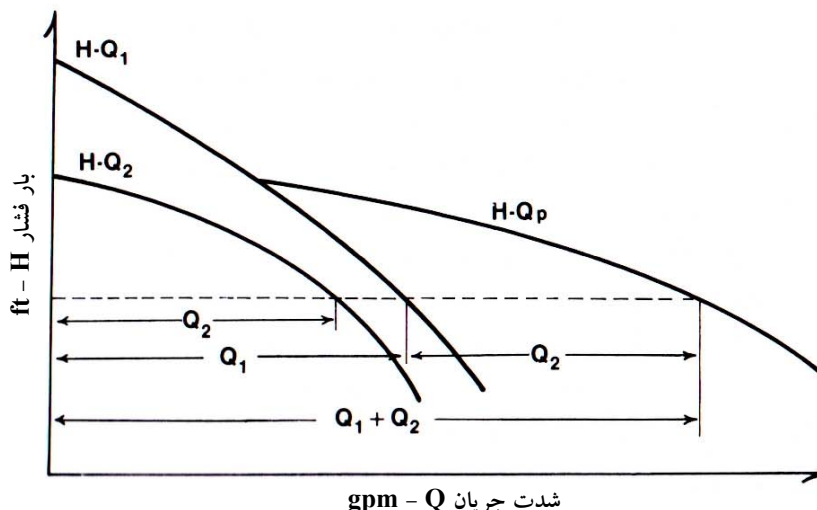
منحنی های مشخصه ترکیب پمپ های موازی به صورت مشابه با پمپ های سری ترسیم می شود. با این تفاوت که به جای مقادیر Q ، مقادیر H با یکدیگر جمع می شوند. (شکل ۱۲,۸ را ببینید). راندمان مجموعه پمپهای موازی نیز به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$(E_p)_p = 100 \frac{H(Q_1 + Q_2)}{K(BP_1 + BP_2)} \quad (12,8 a)$$

و انرژی ورودی مورد نیاز این ترکیب نیز عبارت خواهد بود از:

$$BP_p = 100 \frac{H}{K} \left[\frac{Q_1}{E_{p1}} + \frac{Q_2}{E_{p2}} \right] \quad (12,8 b)$$

اگر هر دو پمپ دارای منحنی مشخصه یکسانی باشند و آب را از یک منبع دریاف کنند، $Q_1=Q_2$ و $BP_1=BP_2$ (در هر مقدار H). بنابراین، تنها کافیسیت که مقادیر Q و BP در منحنی یکی از پمپها در عدد ۲ ضرب شود تا منحنی مشخصه ترکیب موازی پمپها بدست بیاید.



شکل ۱۲.۸ / منحنی دبی فشار برای دو پمپ که به صورت منفرد و یا بصورت موازی کار می کنند.

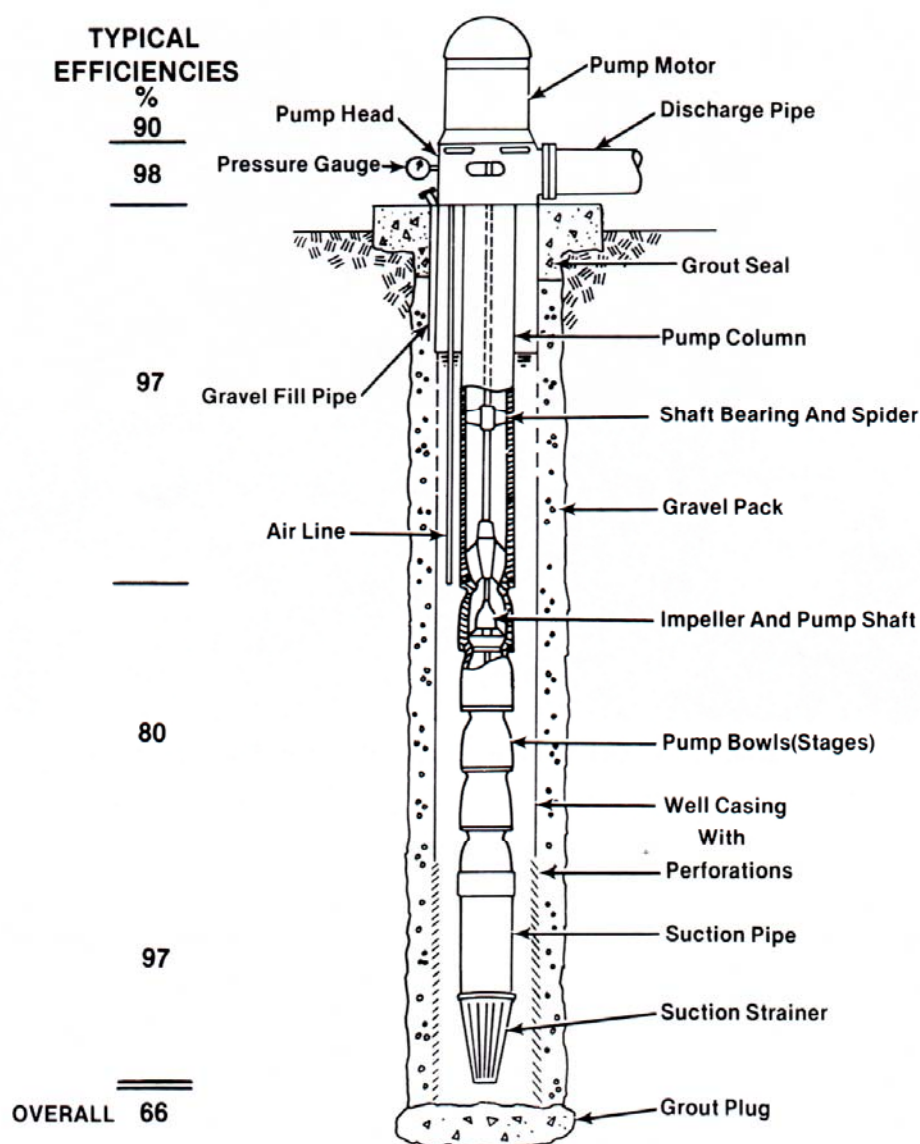
زمانیکه هریک از پمپها دارای منحنی مشخصه متفاوت هستند، منحنی مشخصه ترکیب موازی پمپ ها باید به روش گرافیکی ترسیم شود. جایی که پمپها آب را از یک منبع مشترک دریافت می کنند، مقدار دبی ترکیب ۲ پمپ در هر مقدار H ، برابر خواهد بود با مجموع دبی آنها ($Q_p = Q_1 + Q_2$). چون هر ۲ پمپ در بار فشار یکسانی کار می کنند. به این ترتیب می توانیم منحنی ترکیب ۲ پمپ در حالت موازی را ترسیم کنیم.

منحنی $BP_p - Q_p$ نیز از رابطه $BP_p = BP_1 + BP_2$ و $Q_p = Q_1 + Q_2$ برای مقادیر متفاوت H حاصل می شود. داده های مربوط به منحنی $(E_p)p - Q_p$ نیز از رابطه ۱۲.۸ a حاصل می شوند. با اینحال، منحنی های $NPSH - Q$ هریک از پمپها مورد نیاز است تا بتوانیم منحنی ترکیبی را ترسیم کنیم.

درجایی که هریک از پمپهای موازی، آب را از منبع جداگانه ای دریافت می کنند، ممکن است هریک از پمپها در بار فشار متفاوتی کار کنند. در این موارد تحلیل منحنی های ترکیبی مشکلتر است. اگر پمپها بطور صحیح انتخاب نشده باشند، ممکن است برخلاف یکدیگر عمل کرده و منجر به نوسان مقدار دبی شوند. ممکن است یک پمپ بیشتر آب را تأمین کند و یا حتی آب یک پمپ به سوی پمپ دیگر برگشت داده شود. برای مثال، فرض کنید ۲ پمپ مشابه با منحنی های مشخصه مشابه، مانند شکل ۱۲.۳، در حال پمپاژ آب از دو منبع مختلف به درون یک لوله مشترک هستند. اگر اختلاف ارتفاع بین سطح آب دو منبع و تلفات اصطکاک آنچنان باشد که $TDH_1 = 160 \text{ ft}$ و $TDH_2 = 220 \text{ ft}$ باشد، پس $Q_1 = 1400 \text{ gpm}$ و Q_2 بین صفر تا ۶۰۰ گالن در دقیقه نوسان خواهد کرد. زیرا منحنی $H - Q$ این پمپ در این دامنه بصورت خط صاف است. این نوع مسائل، بصورت سعی و خطا مورد بررسی قرار می گیرند.

پمپهای توربینی

یک پمپ توربینی چاه عمیق، در واقع کاربرد چند پمپ گریز از مرکز به صورت چند طبقه است. این نوع پمپ براساس همان قواعد پمپهای گریز از مرکز عمل می کند. با این تفاوت که غلاف این نوع پمپها به گونه ای طراحی شده که آب را از یک طبقه به ورودی طبقه بعد انتقال دهد. بیشترین کاربرد پمپهای توربینی در مورد چاههایی می باشد که سطح آب پایین تر از حدی قرار دارد که پمپهای گریز از مرکز قادر به مکیدن آن به سوی بالا هستند. با اینحال، پمپهای توربینی اغلب برای انتقال آب از منابع سطحی نیز استفاده می شوند تا مشکلات مربوط به پمپهای گریز از مرکز نیز برطرف شوند. در حالیکه پمپهای توربینی عموماً گران قیمت تر بوده و هزینه نگهداری آنها نیز بیشتر از پمپهای گریز از مرکز است، با اینحال، اگر بصورت صحیح نگهداری شوند، همان کارایی و قابلیت اطمینان پمپهای گریز از مرکز را ارائه می دهند. پمپهای توربینی از ۴ قسمت تشکیل می شوند.



شکل ۱۲,۹ / پمپ توربینی برای یک چاه عمیق با شافت عمودی و موتور برقی به همراه خنک کننده آبی.

۱- رأس پمپ

۲- غلاف پمپ

۳- شافت گردان پمپ

۴- محفظه عبور آب (شکل ۱۲,۹ را ببینید) .

نیرویی که در رأس پمپ ایجاد می شود توسط شافت به قسمت های پایینی پمپ یعنی جایی که محورهای گردان طبقات زیرین واقع شده است ، منتقل می شود . به دلیل قطر کوچک بیشتر پمپهای توربینی ، اغلب ضروریست که تعدادی محور گردان در چاه نصب شوند تا دبی و بار فشار مورد نیاز را تأمین کنند . آب در نهایت از محفظه عبور آب گذشته و توسط رأس پمپ وارد شبکه توزیع می گردد .

برای چاههایی که از نیروی گازوئیل استفاده می کنند ، چرخ دنده هایی در قسمت رأس پمپ نیازند تا به میللنگ افقی پمپ و شافت عمودی آن متصل شده و جهت نیرو را تغییر دهند . (شکل ۱۲,۱۰)

منحنی مشخصه پمپهای توربینی مشابه پمپهای گریز از مرکز است . شکل ۱۲,۱۱ نمونه ای از این نوع منحنی ها را نشان می دهد . شکل منحنی های H-Q مشابه پمپهای گریز از مرکز است . انتخاب پمپ توربینی تا اندازه ای مشکل تر از انتخاب پمپ گریز از مرکز می باشد . ارزیابی عملکرد یک پمپ توربینی براساس این عوامل صورت می پذیرد :

- اندازه مناسب ستون پمپ (محفظه عبور آب)

- اندازه ، نوع و تعداد غلاف ها .

- قطر شافت های گردان .

- و عمق استقرار پمپ .

انتخاب شافت

کارخانه های سازنده پمپهای توربینی دستورالعملهایی را برای انتخاب شافت مناسب و قطر محفظه عبور آب ارائه می دهند . قطر توصیه شده شافت تابعی از BP که باید انتقال یابد می باشد . جدول ۱۲,۲ حداکثر مقادیر انرژی ورودی ، BP ، و تلفات انرژی برای طول ۱۰۰ فوتی شافت ، PL ، را ارائه می دهد (برای طرح های مختلف و سرعت چرخش متفاوت و برای شافتهای فولادی) . همچنین این جدول مقدار حداکثر نیروی لرزاننده پمپ را که یک غلاف می تواند تحمل کند در اختیار قرار می دهد . قطر شافت باید به گونه ای انتخاب شود که نه از BP و نه از حداکثر نیروی لرزاننده پمپ تجاوز نکند .

نیروی لرزاننده واقعی پمپ برای یک پمپ توربینی چاه عمیق از رابطه زیر تخمین زده می شود :

$$\text{THRUST} = K_H \text{TDH} + K_L \text{LS} + K_N \text{NS} \quad (12,9)$$

که

$$K_H = K_h \frac{\pi}{4} (0.23 D_b)^2, \quad \text{kgf/m}$$

K_h : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک 5×10^{-3} و برای سیستم انگلیسی $2/3$ می باشد .

D_b : قطر اسمی پمپ (mm) .

$$K_L = K_1 d_s^2$$

K_1 : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک 2×10^{-3} و برای سیستم انگلیسی $2/85$ است .

d_s : قطر شافت پمپ (mm) .

$$K_N = K_n D_b^3$$

K_n : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک $۲/۷۶ \times ۱۰^{-۷}$ و برای سیستم انگلیسی ۰/۰۱ است .

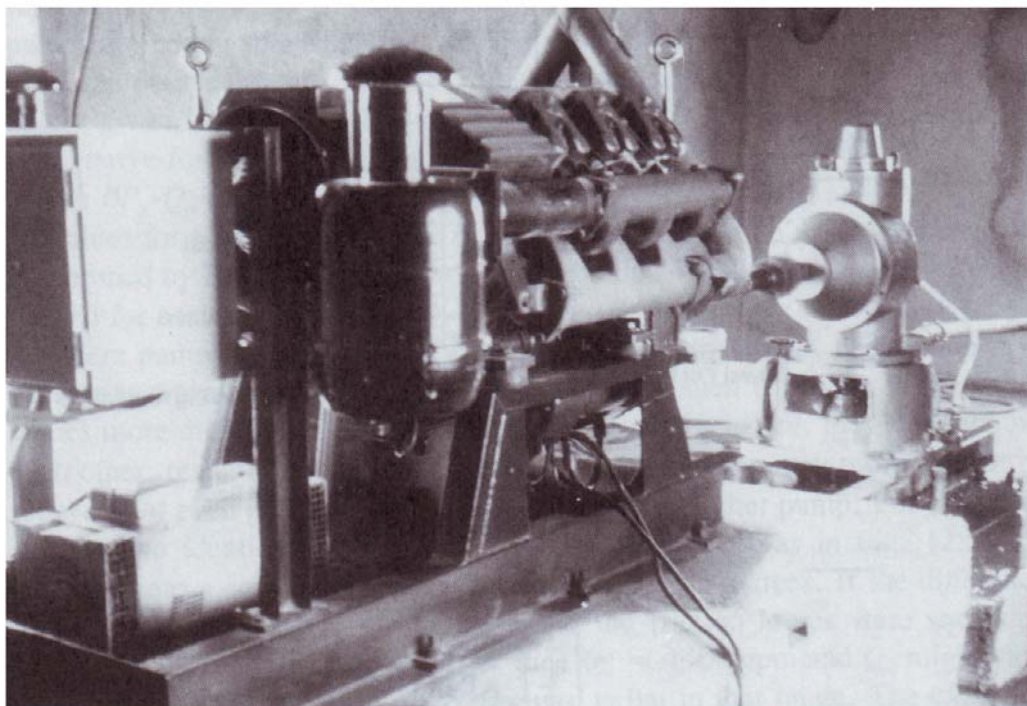
THRUST : حداکثر نیروی لرزانده پمپ (kg_f)

TDH : کل بار دینامیک پمپ (m)

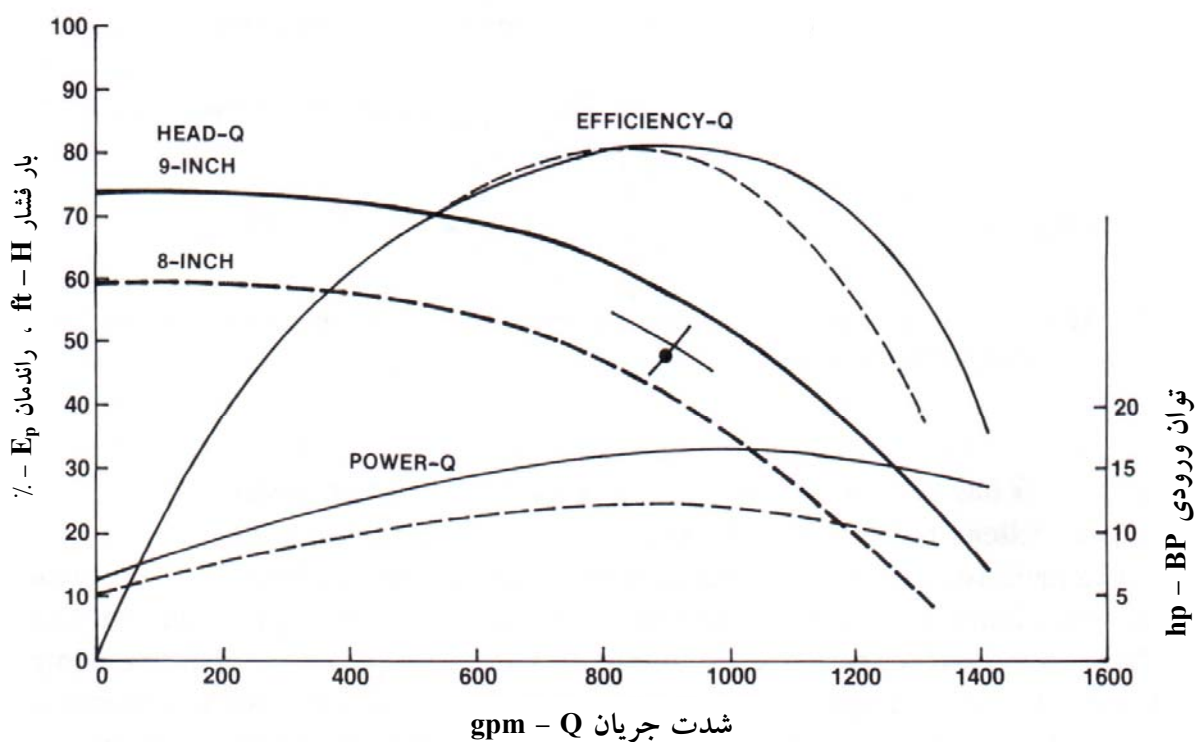
LS : طول شافت پمپ (m)

NS : تعداد طبقات پمپ .

فاکتور رأس پمپ ، K_H ، و فاکتور طبقات پمپ ، K_N ، بستگی به طراحی محور گردان پمپ و همچنین قطر اسمی آن دارند . بنابراین ممکن است تا ۲۵ درصد دارای خطا باشند و در زمان طراحی ، فقط باید تنها به عنوان تخمین های اولیه استفاده شوند .



شکل ۱۲،۱۰ / پمپ توربینی برای چاه عمیق با موتور دیزل.



شکل ۱۲، ۱۱ / منحنی مشخصه پمپ توربینی برای چاه عمیق دارای یک طبقه با قطر ۱۲ اینچ و سرعت چرخش ۱۷۶۰ rpm.

جدول ۱۲٫۲ – مقادیر متداول حداکثر توان ورودی، BP ، و افت قدرت، PL ، در واحد $hp / 1000ft$ در شافت با قطر ها و سرعت چرخش های مختلف.

شافت		سرعت چرخش شافت ^۱ – rpm									
		3450		2900		1760		1460			
		BP_x , hp	PL , hp	BP_x , hp	PL , hp	BP_x , hp	PL , hp	BP_x , hp	PL , hp	BP_x , hp	PL , hp
قطر in.	جرم lb per 100 ft	قطر لوله in.	حداکثر نیروی رانشی lb _r								
$\frac{3}{4}$	1.6	$\frac{1}{4}$	2,000	38	0.7	32	0.6	19	0.4	16	0.3
1	2.8	$\frac{1}{2}$	3,700	96	1.2	80	1.0	48	0.6	40	0.5
$\frac{1}{16}$	4.0	2	5,400	163	1.7	135	1.4	82	0.9	67	0.7
$\frac{1}{8}$	5.8	$2\frac{1}{2}$	7,900	290	2.1	241	1.8	145	1.2	121	1.1
$\frac{1}{16}$	8.1	3	11,700	530	2.8	440	2.4	265	1.6	220	1.3
$\frac{1}{8}$	10.6	3	14,700	740	3.6	610	3.1	365	2.0	305	1.7
$\frac{1}{4}$	13.6	$3\frac{1}{2}$	19,200			900	3.9	545	2.6	455	2.2
$\frac{7}{16}$	17.0	4	24,400			1290	4.8	790	2.9	645	2.4
$\frac{11}{16}$	21.0	4	30,000					1060	3.4	890	2.9
$\frac{13}{16}$	25.0	5	36,200					1400	4.1	1170	3.5
Thrust bearing loss per 10,000 lb of thrust		2.6 hp		2.2 hp		1.3 hp		1.1 hp			

^۱ BP_x values shown are absolute maximums assuming total thrust does not exceed the maximum thrust mass values shown and standard steel shafts are used.
NOTE: Enclosed lineshafts should be used for BP_x values below heavy lines. Open or enclosed lineshafts can be used for values above heavy lines. 1.0 in. = 25.4 mm; 1.0 lb = 0.453 kg; 1.0 ft = 0.305 m; 1.0 hp = 0.746 kW.

انتخاب محفظه عبور آب

افت اصطکاکی در محفظه عبور آب تابعی از این پارامترها می باشد :

۱- قطر محفظه و شافت .

۲- دبی پمپ .

۳- طول محفظه .

جدول ۱۲,۳ برای مقادیر متفاوت قطر شافت ، مقادیر بار پمپ ، بار مکش و افت اصطکاکی در محفظه عبور آب را نشان می دهد .

روش استاندارد این است که گرادیان افت بار اصطکاکی در محفظه عبور آب را به حدود ۵ متر در هر ۱۰۰ متر محدود کنیم . با اینحال ، تحلیل اقتصادی ، مشابه روشی که برای انتخاب قطر لوله در فصل ۸ ارائه گردید نیز مورد استفاده قرار می گیرد . معمولاً محفظه عبور آب ، رأس پمپ و بار مکش آن دارای قطر اسمی یکسانی هستند .

روانکاری شافت

شافت پمپ های توربینی چاههای عمیق باید به خوبی نگهداری شود . بنابراین ، لازم است که گاهی این شافت ، روانکاری شود . یک روش برای انجام روانکاری ، قرار دادن یک لوله پر از روغن در اطراف شافت است . جدول ۱۲,۲ قطر های معمول شافت و لوله اطراف آن را برای این روش روانکاری ارائه می دهد . روش دیگر ، قرار دادن شافت در معرض آب پمپاژ شده و استفاده از بلبرینگهای لاستیکی می باشد که توسط آب ، روانکاری می شوند . (شکل ۱۲,۹ را ببینید) .

جدول ۱۲۳ / مقادیر متداول افت اصطکاکی در قسمت مکش پمپ های توربینی .

قطر , in.		آبدهی - gpm										
تعداد طبقات		100	200	400	600	800	1000	1500	2000	3000	4000	5000
		در رأس و قسمت مکش پمپ - افت اصطکاکی در رأس و قسمت مکش پم										

10	1½		0.31	0.51	0.77	1.59	2.69	5.65											
	2		0.33	0.57	0.85	1.80	3.02	6.40											
	2½	0.19	0.38	0.65	0.99	2.06	3.50	7.25											
	3	0.22	0.45	0.77	1.17	2.47	4.25	8.95											
	3½	0.27	0.56	0.95	1.40	3.00	5.20												
	4	0.35	0.74	1.30	1.90	3.90	6.70												
Head	-																		
Suction	-				0.24	0.53	0.95	2.00											
					0.50	1.12	2.01	5.37											
12	2				0.34	0.71	1.20	2.50	4.20	6.40									
	2½			0.25	0.38	0.80	1.36	2.87	4.80	7.30									
	3			0.29	0.44	0.93	1.57	3.30	5.65	8.55									
	3½			0.33	0.50	1.06	1.80	3.85	6.60	9.90									
	4		0.24	0.40	0.60	1.30	2.10	4.55	7.85										
	5		0.34	0.57	0.85	1.80	3.00	6.40											
Head	-																		
Suction	-					0.25	0.45	1.05	1.60	2.50									
						0.63	1.10	2.42	4.23	6.58									
14	2					0.46	0.77	1.59	2.70	4.05									
	2½				0.23	0.48	0.81	1.68	2.90	4.35									
	3				0.27	0.55	0.92	1.90	3.20	4.80									
	3½				0.29	0.60	1.00	2.10	3.50	5.25									
	4			0.21	0.32	0.66	1.10	2.30	3.85	5.80									
	5			0.27	0.40	0.82	1.38	2.87	4.85	7.20									
Head	-																		
Suction	-						0.35	0.78	1.30	2.00									
							0.60	1.31	2.29	3.54									

1 in. = 25.4 mm; 1.0 ft = 0.305 m; 1.0 gpm = 0.063 L/s.

زمانیکه آب برای روانکاری استفاده می شود ، اگر بار استاتیک آب بزرگتر از ۱۰ متر باشد ، بلبرینگ ها باید قبل از شروع پمپاژ بوسیله تانک آب مخصوص ، روانکاری شده باشند . مقدار آب مورد نیاز برای اینکار متناسب با قطر و طول محفظه عبور آب خواهد بود . یک محفظه ۳۰۰ میلیمتری نیازمند حدود ۶ لیتر در متر آب می باشد . بنابراین ، برای یک محفظه ۱۵۰ میلیمتری و سطح آبی که در ۶۰ متری از سطح زمین قرار گرفته ، حدود ۱۸۰ لیتر آب لازم است تا بلبرینگها روانکاری شوند .

جدول ۱۲,۳ افت اصطکاکی در محفظه عبور آب را برای این نوع شافت های روانکاری شده نیز ارائه می دهد . همچنین می توان از این جدول برای شافت های باز (که با آب روانکاری می شوند) نیز استفاده کرد . در این زمان لازم است که از جدول ۱۲,۲ قطری از لوله را انتخاب کنیم که در جدول ۱۲,۳ بهترین هماهنگی را با شافت داشته باشد .

تلفات مکانیکی

علاوه بر تلفات هیدرولیکی که در بالا بحث شد ، تماس قطعات مختلف با یکدیگر ، باعث ایجاد تلفات مکانیکی می شود . برای مثال ، فرض کنید که یک پمپ با موتور الکتریکی دارای قطر $1\frac{3}{16}$ -in ، و شافتی به طول ۲۰۰ فوت می باشد که در سرعت چرخش ۱۷۶۰ دور در دقیقه کار می کند . از جدول ۱۲,۲ ، تلفات شافت در حدود $1/8 \text{ hp} = 0.125 \text{ hp}$ و تلفات نیروی لرزاننده پمپ در حدود $1/3 \text{ hp}$ برای هر ۱۰۰۰۰ پوند نیرو (lb) از نیروی لرزاننده پمپ بدست می آید .

روش طراحی

مثال ۱۲,۳ روش طراحی پمپهای توربینی را برای یک منبع آب سطحی نشان می دهد . مراحل شامل :

- ۱- محاسبه TDH و Q_s سیستم .
- ۲- انتخاب پمپ مناسب .
- ۳- اصلاح محور گردان پمپ .
- ۴- محاسبه انرژی مورد نیاز برای عملکرد پمپ .

مثال ۱۲,۳ : انتخاب پمپ توربینی ، تعداد طبقات ، قطر محور و انرژی مورد نیاز آن .

اطلاعات : سیستم آبیاری بارانی مطابق شکل ۱۱,۴ با دبی ۹۰۰ گالن در دقیقه و $TDH = 190 \text{ ft}$ (مطابق محاسبات مثال ۱۱,۲) .

مطلوب است : انتخاب و طراحی پمپ توربینی با موتور الکتریکی برای جایگزینی پمپ گریز از مرکز .

محاسبات : از مثال ۱۱,۲ ، $h_f = 3/2 \text{ ft}$ در قسمت مکش پمپ گریز از مرکز و مقدار انرژی ورودی مورد نیاز ۵۰ تا ۶۰ اسب بخار می باشد . از جدول ۱۲,۲ ، برای 1760 rpm و انرژی ورودی بین ۴۸ تا ۸۲ اسب بخار ، قطر شافت

$1\frac{3}{16}$ -in با لوله روغنکاری ۲ اینچی بدست می آید . از جدول ۱۲,۳ محفظه ۸ اینچی برای محدود کردن گرادیان افت

بار تا ۵ فوت در هر ۱۰۰ فوت انتخاب می شود. با فرض اینکه طول محفظه عبور آب ۱۰۰ فوت باشد و با توجه به اینکه افت بار در این محفظه با توان ۱/۸ دبی تغییر می کند، افت اصطکاک در محفظه عبور آب عبارت خواهد بود از:

$$3.22 \times \left(\frac{900}{1000} \right)^{1.8} = 2.7 \text{ ft}$$

علاوه بر این، با فرض بار دبی و مکش ۸ اینچ و با توجه به اینکه افت بار آنها با توان ۲ دبی تغییر می کند، بار پمپ بعلاوه افت در قسمت مکش عبارت خواهد بود از:

$$(0.65 + 1.31) \times \left(\frac{900}{1000} \right)^2 = 1.6 \text{ ft}$$

TDH برای این پمپ توربینی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$190 \text{ Ft TDH از مثال ۱۱,۲}$$

$$3/2 \text{ ft} - \text{افت در قسمت مکش پمپ گریز از مرکز}$$

$$2/7 \text{ ft} - \text{افت در محفظه عبور آب}$$

$$1/6 \text{ ft} - \text{تابع مکش پمپ و بار پمپ}$$

$$\text{در مجموع: } TDH = 191 \text{ ft}$$

از شکل ۱۲,۱۱ که منحنی های مشخصه پمپ توربینی را نشان می دهد، مقدار دبی $Q_s = 900 \text{ gpm}$ مطابق است با ۸۱٪ $E_p =$ (در سرعت چرخش ۱۷۶۰ دور در دقیقه). از شکل ۱۲,۱۱، قطر کامل ۹ in محور گردان پمپ منجر به ۴۲ ft = H در دبی ۹۰۰ گالن در دقیقه می گردد. بنابراین، پمپ ۴ طبقه با ترکیبی از محورهای ۸ و ۹ اینچی بیشترین هماهنگی را با نیازهای سیستم، یعنی $H_T = 200 \text{ ft}$ و $Q_s = 900 \text{ gpm}$ دارد.

نقطه عملکرد واقعی پمپ بدون استفاده از تنظیم کننده های فشار و جریان با ترسیم منحنی های مشخصه برای تعدادی از طبقات و استفاده از روش گرافیکی (مثال ۱۲,۱ را ببینید) تعیین می شود. علاوه بر این، اصلاحات مورد نیاز برای اینکه پمپ هرچه بیشتر با نیازهای سیستم هماهنگ شود در مثال ۱۲,۲ توضیح داده شده است.

یک روش سریع برای تخمین نقطه واقعی عملکرد سیستم، مشخص کردن مقدار متوسط TDH برابر با 48 ft با $4 = 191 \div$ و اضافه کردن آن به هر طبقه در دبی ۹۰۰ گالن در دقیقه می باشد (نقطه ای که در شکل ۱۲,۱۱ مشخص شده است) سپس قسمتی از منحنی $H-Q$ پمپ که از نقطه $H = 50 \text{ ft}$ و $Q = 900$ عبور می کند را ترسیم می کنیم. سپس بخش کوچکی از منحنی $H-Q$ سیستم را که نشانگر متوسط H اضافه شده به هر یک از چهار طبقه بوده و از $Q = 900$ و $48 = H$ می گذرد ترسیم می شود. (شکل ۱۲,۱۱ را ببینید). محل تقاطع این دو منحنی، نقطه واقعی عملکرد سیستم است که در حدود $H = 49/5 \text{ ft}$ و $Q = 910 \text{ gpm}$ واقع می شود. برای ۴ طبقه که بصورت سری قرار گرفته اند نیز: $198 = TDH = 49/5 \times 4$.

با استفاده از موتور الکتریکی، سرعت چرخش ثابت است. بنابراین، اصلاح دقیقتری برای دستیابی به هماهنگی بیشتر بین پمپ و سیستم نیاز است. یکی از کارهایی که می تواند صورت پذیرد، اصلاح یکی از محورهای ۹ اینچی برای رسیدن به $Q = 900 \text{ gpm}$ و $H = 49 \text{ ft}$ می باشد. قطر مورد نیاز به صورت میانابایی بین منحنی های $H-Q$ مربوط به محورهای ۸ و ۹ اینچی برای دبی مورد نظر ۹۰۰ گالن در دقیقه محاسبه می شود:

$$9 - (9 - 8) \frac{58 - 49}{58 - 42} = 8.44 = 8 \frac{7}{16} \text{ in}$$

در گوشه سمت راست و بالای شکل ۱۲،۱۱، یک جدول کوچک قرار دارد که راندمان را بر حسب درصد و برای تعداد مختلف طبقات پمپ نمایش می دهد. براساس این جدول، انرژی مورد نیاز ورودی با استفاده از ۲ محور ۸ اینچی و ۲ محور ۹ اینچی، و بدون استفاده از تنظیم کننده های جریان، مطابق رابطه b ۱۲،۷ به صورت زیر خواهد بود:

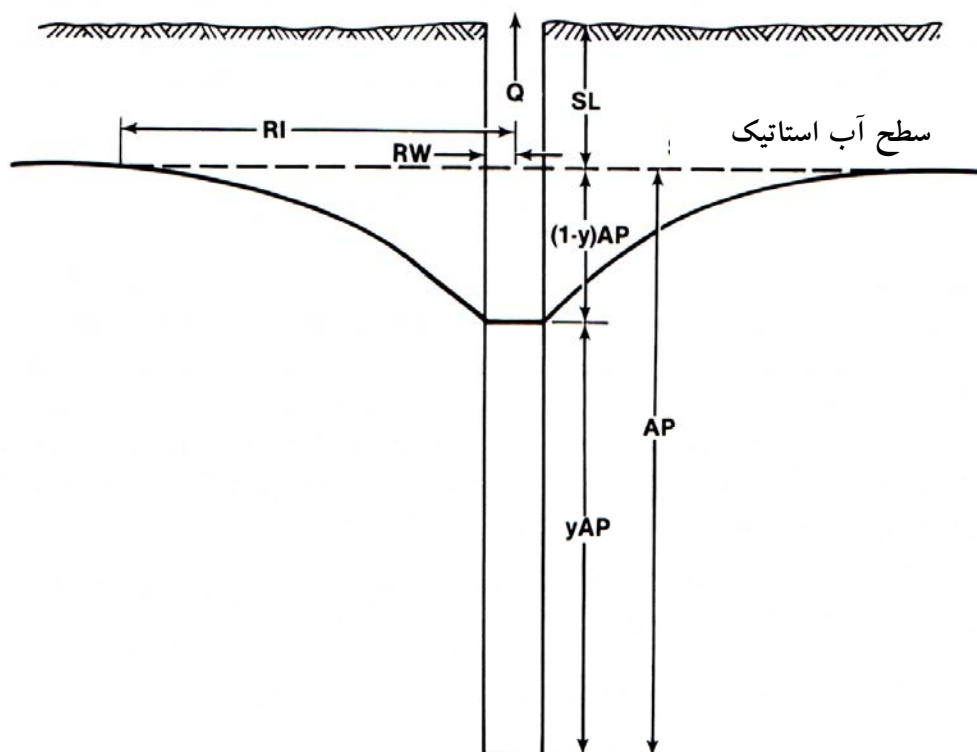
$$BP = \frac{100 \times 910}{3960} \left(\frac{2 \times 58}{81} + \frac{2 \times 41}{79} \right) = 57 \text{ hp}$$

و یا بصورت تخمینی از شکل ۱۲،۱۱:

$$BP = (2 \times 16.5) + (2 \times 12) = 57 \text{ hp}$$

پمپاژ از چاه

طراحان همواره تلاش کرده اند تا طراحی چاهها به گونه ای باشد که حداکثر آبدهی از هر واحد طول عمق حفر شده چاه بدست بیاید. این شرایط زمانی روی می دهد که افت در چاه، $DD = (1 - y)AP$ ، برابر با نیمی از نفوذ در نهشته های اشباع باشد. (شکل ۱۲،۱۲ را ببینید). برای ایجاد این شرایط، $y = 0.5$ در نظر گرفته می شود. طراحی با در نظر گرفتن این شرط، ممکن است به کاهش هزینه های اولیه بیانجامد. اما هزینه های بهره برداری را تغییری نمی دهد. در واقع، اقتصادی ترین چاهها با استفاده از روشهای برآورد هزینه های دوره عمر طراحی می شوند. این روش ها، علاوه بر مشخصات لایه آبدار و شدت جریان مورد نظر، هزینه ساخت، هزینه پمپاژ هر واحد آب و هزینه های سالیانه انرژی را نیز در نظر می گیرد. زمانیکه این هزینه ها در هنگام تحلیل مد نظر قرار گیرند، منجر به ایجاد چاهی عمیقتر با افت کمتر می گردد. با مراجعه به شکل ۱۲،۱۲، AP و y هر دو بزرگتر بوده و باعث ایجاد چاهی با هزینه اولیه بیشتر و هزینه انرژی کمتر و حداقل هزینه کل سالیانه می گردند. زمانی می توانیم بگوییم که طراحی چاه بصورت بهینه صورت گرفته است که مقادیر AP و y به یکدیگر وابسته نباشند.



شکل ۱۲، ۱۲ / دیاگرام شماتیک پارامترهای چاه که سطح دینامیک و استاتیک آب را نمایش می دهد.

استراتژی طراحی

یک استراتژی خوب طراحی آن است که این شرایط را مورد فرض قرار دهد :

- شرایط آرتزین با جریان ماندگار
 - لایه آبدار همگن و پیوسته
 - نفوذ کامل آب چاه بدرون لایه آبدار اشباع
 - طول دیواره شبکه بندی شده چاه برابر با $y \times AP$.
- احتمال دارد که نفوذ کامل هرگز روی ندهد . اما این فرض محاسبات را تسهیل کرده و منجر به یک طرح محافظه کارانه می گردد . برای این شرایط ، دبی چاه به صورت زیر محاسبه می شود :

$$Q_w = \frac{HC(AP)^2(y - y^2)}{K \log(RI/RW)} \quad (12,10 \text{ a})$$

Q_w : دبی چاه (L/s)

HC : هدایت هیدرولیکی لایه آبدار ($L/day/m^2$)

AP : عمق نفوذ لایه آبدار اشباع (m)

y : قسمتی از نفوذ لایه آبدار در زیر سطح ایستابی متحرک که به آبدهی چاه کمک می کند (طول دیواره چاه = $y \times AP$) ، (m)

K: ثابت تبدیل واحد، که برای سیستم متریک $3/17 \times 10^4$ و برای سیستم انگلیسی ۵۲۸ است.

RI: شعاع تأثیر چاه (m)

RW: شعاع حلقه چاه (m)

یک آزمایش برروی چاه لازم است تا مقادیر HC و RI تخمین زده شوند. معمولاً مقادیر HC برای لایه های آبداری که چاه های مناسبی ایجاد می کنند بین ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰ لیتر در روز متغیر است. مقادیر RI نیز بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر تغییر می کند. معمولاً چاههای آبیاری طبق تجربیات محلی حفظ می شوند. لازم است تا حداقل یک آزمایش برروی چاه صورت پذیرد تا مقدار افت در دبی مورد نظر، Q_s ، محاسبه شود.

برای نشان داده اصولی که در طراحی اقتصادی یک چاه دخیلند، فرض می کنیم که Q_s ، HC، RI و RW مشخص بوده و AP باید محاسبه شود. با تغییر شکل معادله ۱۲،۱۰ a:

$$AP = \left(\frac{Q_w K \log(RI/RW)}{HC} \right)^{0.5} (y - y^2)^{-0.5} \quad (12,10 \text{ b})$$

$$= K_w (y - y^2)^{-0.5} = K_w Y$$

K_w : ثابت چاه.

Y: فاکتور مربوط به y.

کل هزینه سالیانه چاه برابر است با مجموع هزینه های سالیانه احداث و پمپاژ بعلاوه هزینه های سالیانه انرژی. این اجزاء باید باز هم تفکیک شوند و با توجه به رابطه آنها با عمق چاه و عمق مکش پمپ تعریف شوند. با تعریف فاکتورهای هزینه مربوط به هر جزء، کل هزینه سالیانه چاه به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{Annual Cost} = K_1[SL + (1-y)K_w Y] + K_2 + K_3(SL + K_w Y) + K_4[SL + (1-y)K_w Y] + K_5[SL + (1-y)K_w Y]$$

SL: بار مکش استاتیک (شکل ۱۲،۱۲ را ببینید)، (m)

K_1 : هزینه انرژی سالیانه با در نظر گرفتن تورم برای هر واحد از کل بار مکش دینامیک ($\$/m$).

K_2 : هزینه ثابت سالیانه برای جابجایی و پاکسازی در طول ساخت چاه (\$).

K_3 : هزینه ثابت سالیانه برای ساخت هر واحد عمق چاه ($\$/m$).

K_4 : هزینه ثابت سالیانه بعلاوه هزینه برای هر واحد طول محفظه عبور آب، لوله و شافت پمپ ($\$/m$).

K_5 : هزینه ثابت سالیانه بعلاوه هزینه نگهداری برای هر واحد از کل بار مکش دینامیک برای رأس پمپ و ایستگاه پمپاژ.

اقتصادی ترین طرح چاه زمانیست که کل هزینه سالیانه حداقل باشد. مقدار y که منجر به کمترین هزینه می گردد، با قرار دادن مشتق رابطه بالا برابر با صفر و حل معادله برای y بدست می آید.

$$y = \frac{K_1 + K_3 + K_4 + K_5}{K_1 + 2K_3 + K_4 + K_5} \quad (12,11)$$

عمق بهینه چاه با جایگزاری مقدار بدست آمده y از رابطه بالا در رابطه ۱۲،۱۰ b و حل معادله برای AP بدست می آید. در ضمن باید توجه شود که کل عمق چاه برابر است با SL+AP که در شکل ۱۲،۱۲ نیز مشخص است.

این روش، به نظر می رسد که منجر به طراحی بهینه چاه گردد. با اینحال، مقادیر K_1 ، K_3 و K_4 برای هر واحد همگی تحت تأثیر افزایش جزئی عمق بوده و مقدار K_5 احتمال دارد که با عمق چاه، تغییر کند. برای مثال، هزینه حفر، K_3 ، با عمق افزایش می یابد. برای اعماق مکش بیشتر، انرژی بیشتری مورد نیاز است که احتمالاً نیازمند افزایش قطر شافت و لوله دور آن می باشد که خود، باعث افزایش K_4 و K_1 می گردد. علاوه بر این، K_5 با مقدار انرژی مورد نیاز افزایش می یابد. بنابراین، برای تخمین دقیق تر، راه حل دیگری که برای طراحی با کمک کامپیوتر نیز مناسب باشد مورد نیازست.

روش طراحی

روش طراحی بهینه چاه بعلاوه انتخاب و طراحی پمپ مناسب در مثال ۱۲،۴ تشریح می شود. مراحل اصلی در این روش عبارتند از:

- ۱- محاسبه پارامترهای لایه آبدار با استفاده از آزمایش چاه و محاسبه مقدار بهینه y .
- ۲- محاسبه نفوذ بهینه لایه آبدار و عمق بهینه چاه با استفاده از رابطه ۱۲،۱۰.
- ۳- تخمین بار مکش دینامیک پمپ زمانی که چاه در حال آبدهی به میزان Q_s است.
- ۴- تخمین اولیه TDH برای سیستم آبیاری کامل با استفاده از مقادیر افت اصطکاکی در پمپهای توربینی (جدول ۱۲،۳) برای اندازه محفظه و لوله فرضی.
- ۵- انتخاب پمپ و تعداد محورهاهای گردان مورد نیاز.
- ۶- بررسی قطر اولیه شافت از نظر محدودیت های انرژی و حداکثر نیروی لرزاننده پمپ (جدول ۱۲،۲) و تکرار مراحل ۴ و ۵ در صورتی که شافت بزرگتری مورد نیاز است.
- ۷- تخمین کل انرژی ورودی مورد نیاز برای به کار انداختن پمپ.

مثال ۱۲،۴: طراحی چاه و پمپ.

اطلاعات: سیستم آبیاری بارانی همانند شکل ۱۱،۴، با منبع آب سطحی که با یک چاه جایگزین خواهد شد. دبی سیستم $Q_s = 900 \text{ gpm}$ و بار دبی در چاه برابر با $186 \text{ ft} = 3/2 - 190$. اطلاعات زیر از آزمایش چاه حاصل شده اند:

سطح استاتیک آب: $SL = 50 \text{ ft}$

هدایت هیدرولیکی لایه آبدار: $HC = 1000 \text{ gal/day/ft}^2$

شعاع تأثیر چاه: $RI = 1000 \text{ ft}$.

مطلوب است: محاسبه عمق بهینه چاه به قطر ۲ فوت زمانی که از رابطه ۱۲،۱۱، مقدار $y = 0/828$ به دست آمده باشد. سپس منحنی افت را ترسیم کرده و اجزاء پمپ را برای سیستم انتخاب می کنیم.

محاسبات: نفوذ بهینه از چاه به لایه آبدار، AP ، برای دبی به میزان $Q_s = Q_w = 900 \text{ gpm}$ از رابطه b ۱۲،۱۰ محاسبه می شود:

$$AP = \left[\frac{900 \times 528 \times \log(1000/1)}{1000} \right]^{0.5} \times (0.828 - 0.828^2)^{-0.5} = 100 \text{ ft}$$

از آنجایی که بار استاتیک برابر ۵۰ فوت است ، عمق بهینه چاه $150 \text{ ft} = 100 + 50$ خواهد بود .

دبی چاه در افت های متفاوت ، DD ، از رابطه $DD = (1-y)AP$ بدست می آید (شکل ۱۲,۱۲) . به این ترتیب که :

$$y = \frac{AP - DD}{AP} = \frac{100 - 30}{100} = 0.7$$

و با استفاده از رابطه $a_{12,10}$:

$$Q_w = \frac{1000 \times 100^2 \times (0.7 - 0.7^2)}{528 \times \log(1000/1)} = 1326 \text{ gpm}$$

شکل ۱۲,۱۳ نمودار مقادیر مورد انتظار Q_w را در برابر مقادیر مختلف DD نشان می دهد .

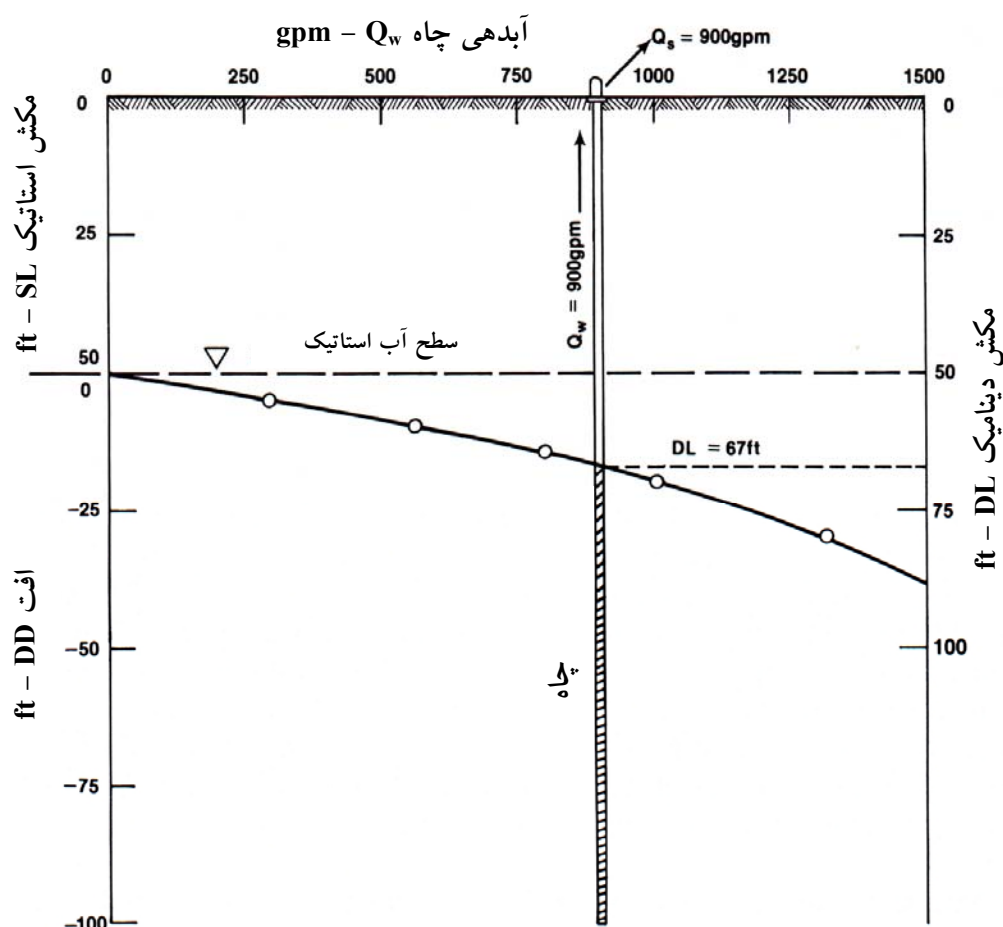
همچنین روابط بین سطح آب استاتیک ، افت و بار مکش دینامیک پمپ نیز برای مقادیر مختلف دبی مشخص شده است .

شکل ۱۲,۱۳ شامل نموداریست که که مربوط به دبی ۹۰۰ گالن در دقیقه است . کل بار مکش دینامیک پمپ ، $67 \text{ ft} = DL$ است که یا به صورت گرافیکی قابل تخمین است و همچنین ، با توجه به اینکه در شرایط بهینه و دبی چاه برابر با ۹۰۰ گالن در دقیقه ، $AP = 100 \text{ ft}$ و $y = 0.7$ ، در نتیجه :

$$DD = (1 - 0.828)100 = 17.2 \text{ ft}$$

بنابراین ، برای $SL = 50 \text{ ft}$ ، $DL = 67/2 \text{ ft}$ (که در شکل ۱۲,۱۳ نیز نشان داده شده است) .

مقدار اولیه TDH برای سیستم آبیاری که از چاه تغذیه می شود ، با استفاده از مقادیر افت اصطکاکی در محفظه عبور آب ۸ اینچی پمپ ، قسمت مکش و رأس پمپ ، همانطور که در مثال ۱۲,۳ مشاهده شد ، محاسبه می شود :



شکل ۱۲،۱۳ / نمای شماتیک منحنی افت چاه مربوط به مثال ۱۲،۴.

$$\text{ft} = 186/8 \text{ بار دبی}$$

$2/7 =$ اصطکاک در محفظه عبور آب (افت اصطکاک برای ۱۰۰ فوت از محفظه ۸ اینچی با قطر شافت برابر با $1\frac{3}{16}$ in و

قطر لوله روغن ۲ اینچ)

$1/6 =$ اصطکاک در قسمت مکش و رأس پمپ

$$\text{بار دینامیک} = 67/2$$

$$\text{در مجموع: } TDH = 258/3 \text{ ft}$$

زمانیکه دبی چاه ۹۰۰ گالن در دقیقه است ، نصب پمپ با ۳ عدد محور ۹ اینچی ، و ۲ عدد محور ۸ اینچی که مشخصات آنها در شکل ۱۲،۱۱ آورده شده ، مقدار TDH مورد نیاز را تأمین می کند .

$$H = 3 \times 58 + 2 \times 42 = 258 \text{ ft}$$

از شکل ۱۲،۱۱ انرژی ورودی مورد نیاز برای حرکت محورهای پمپ :

$$BP = 3 \times 16/5 + 2 \times 12 = 73/5 \text{ hp}$$

این مقدار کمتر از حداکثر انرژی می باشد که از جدول ۱۲،۲ برای شافت $1\frac{3}{16}$ in و سرعت چرخش ۱۷۶۰ rpm بدست

می آید . با اینحال قبل از اتمام طراحی ، نیروی واقعی لرزاننده پمپ باید نسبت به حداکثر مقدار مجاز خود ، یعنی lb

۵۴۰۰ برای شافت $1\frac{3}{16}$ in بررسی شود. با استفاده از رابطه ۱۲,۹، مقدار واقعی نیروی لرزاننده پمپی که در عمق ۷۰

فوتی نصب شده و $TDH = 258$ ft را تأمین می کند و دارای ۵ محور است، برابر خواهد بود با:

$$THRUST = K_H TDH + K_L LS + K_N NS$$

$$THRUST = 13.76 \times 258 + 4 \times 70 + 17 \times 5 = 3900 \text{ lb}$$

براساس آنچه گفته شد، طراحی اولیه مورد قبول است. گام نهایی در طراحی، محاسبه کل انرژی مورد نیاز ورودی،

BP_T ، می باشد. برای یک موتور الکتریکی، این مقدار برابر است با مجموع تلفات انرژی در پمپ و شافت بعلاوه BP

مورد نیاز برای به حرکت درآوردن محورها. از جدول ۱۲,۲، تلفات شافت، $LP = 0.9 \text{ hp}/100\text{ft}$ و تلفات رانش پمپ

$1\frac{3}{16} \text{ hp}/1000 \text{ lb}$ خواهد بود. پس مقدار BP_T برابر است با:

$$BP_T = 0.9 \times (70/100) + 1.3 \times (3900/10000) + 73.5 = 74.6 \text{ hp}$$

انتخاب منبع نیرو

بعد از انتخاب پمپ، باید به سراغ انتخاب منبع نیرو برویم. سپس نوبت به طراحی ایستگاه پمپاژ می رسد. هدف از انتخاب منبع نیرو برای سیستم آبیاری این است که یک منبع مطمئن انتخاب شود که قادر باشد پمپ را به نحوی به کار بیاورد که مقدار دبی Q_s و TDH طراحی را تأمین کند. همچنین از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. بنابراین، عملکرد و هزینه دوره عمر مربوط به نگهداری و بهره برداری از منبع نیرو، دو پارامتر کلیدی در انتخاب آن هستند. انتخاب بین منابع نیرو از نوع الکتریکی یا انواع موتورهای درون سوز، بر اساس آنالیز هزینه دوره عمر آنها و منابع انرژی صورت می گیرد (فصل ۸ را ببینید).

موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی دارای مزایایی از قبیل عمر طولانی (۲۵ سال)، سهولت نگهداری و قابلیت اطمینان را ارائه می دهند. مزایای دیگر این موتورها این است که در تمام طول دوره عمرشان، با تمام نیرو کار کرده و به آسانی، به دلیل نوسان در بار وارده بر پمپ، صدمه نمی بینند. عامل اصلی در انتخاب بین موتورهای الکتریکی و موتورهای درون سوز، هزینه و سهولت دسترسی به الکتریسیته در محل ایستگاه پمپاژ است. مهم است که در زمان تخمین هزینه نصب و بهره برداری موتور، شدت جریان الکتریسیته مناسبی در نظر گرفته شود.

زمانیکه یک موتور الکتریکی برای به حرکت درآوردن پمپ استفاده می شود، سرعت چرخش پمپ ثابت خواهد بود. برای برق ۶۰ دور، این مقدار در حدود 1760 rpm یا 3450 rpm ، و برای برق ۵۰ دور، 1465 یا 2875 دور در دقیقه می باشد.

موتورهای الکتریکی قادرند بطور پیوسته بالاترین توان را تولید کنند، به شرطی که بطور کافی تهویه و خنک شوند. با اینحال، زمانیکه تنها با نیمی یا بیشتر از توان خروجی کار می کنند، مقدار انرژی ورودی برای تولید هر واحد انرژی خروجی، بر حسب $\text{kW}/\text{hp-hr}$ تقریباً ثابت است.

به دلیل آنچه گفته شد، انتخاب موتور مناسب برای اتصال مستقیم یا غیر مستقیم به پمپ نسبتاً ساده است. موتور تنها نیاز دارد تا انرژی خروجی حداقل برابر با انرژی مورد نیاز برای به حرکت درآوردن پمپ را تأمین کند.

پمپهای مستغرق: همانطور که برخی پمپها توسط منابع نیرو که در سطح زمین نصب شده اند تغذیه می شوند، یک پمپ توربینی ممکن است به یک موتور الکتریکی مستغرق (در زیر آب) متصل شود که این ترکیب را معمولاً پمپ مستغرق می نامند. بنابراین، شافت بلند و بلبرینگ بین محور پمپ و سطح زمین، حذف شده و موتور در معرض آسیبهای فیزیکی نمی باشد.

موتورهای درون سوز (احتراقی)

موتورهای درون سوز که در آبیاری استفاده می شوند، عموماً گران قیمت تر از موتورهای الکتریکی بوده و نگهداری آنها نیز مشکل تر است. اما هزینه سوخت در این موتورها کمتر است. در برخی موارد لازم است که مزایا و معایب موتورهای مختلف با هم در نظر گرفته شوند. با اینحال، در جایی که قابلیت حمل موتور مورد نظر است و یا جایی که امکان دسترسی به منابع الکتریسیته کافی به دلیل هزینه سنگین آن وجود ندارد، موتورهای احتراقی تنها گزینه هستند. انتخاب یک موتور احتراقی بسیار پیچیده تر از انتخاب یک موتور الکتریکی می باشد. سرعت موتور می تواند متغیر باشد و با تغییر آن، انرژی خروجی موتور نیز تغییر می کند. بنابراین، برآورده کردن نیاز انرژی پمپ، در زمانیکه این پمپ یک سیستم آبیاری را تغذیه می کند، انتخاب و طراحی موتور دورن سوز را مشکلتر می سازد.

انتخاب سوخت

یک فاکتور که در زمان انتخاب موتورهای درون سوز باید در نظر گرفته شود، انتخاب بین موتورهای دیزل و موتورهای بنزینی یا گازی می باشد. این انتخاب باید براساس ملاحظات اقتصادی صورت گیرد. انتخاب نوع سوخت باید به گونه ای باشد که هزینه های دوره عمر موتور، که ترکیبی از هزینه های نگهداری، سوخت و دیگر هزینه ها می باشد، حداقل گردد.

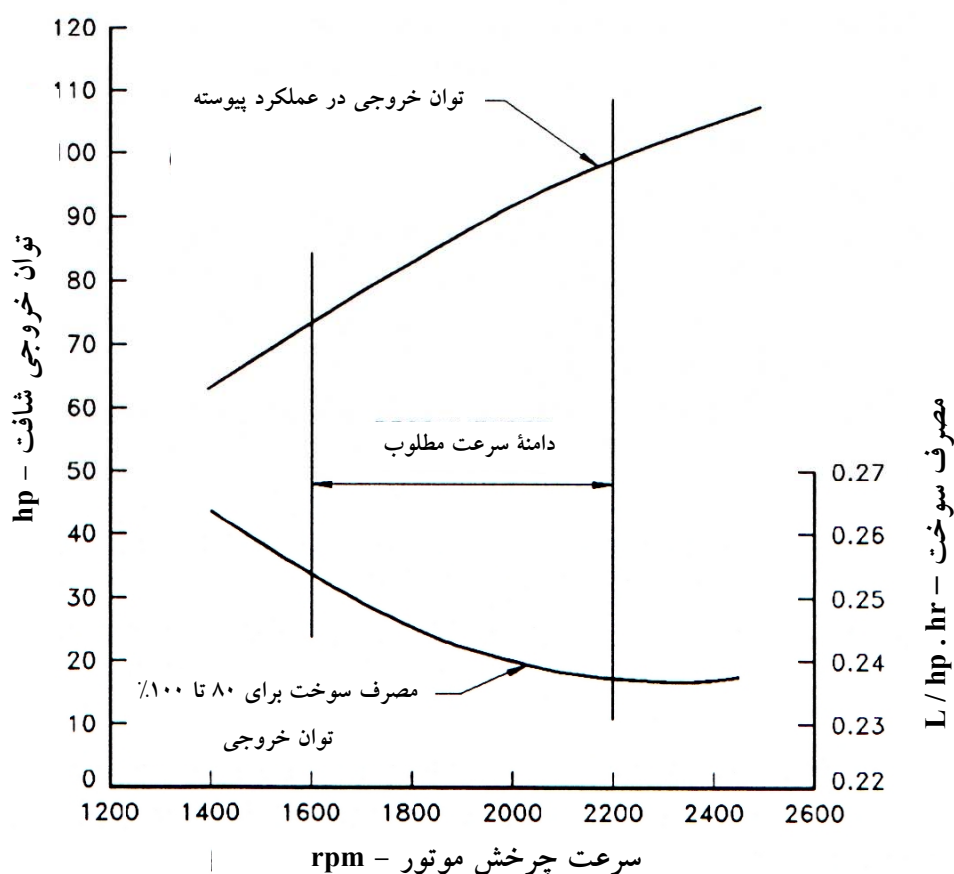
منحنی عملکرد موتور

اطلاعات مربوط به توان خروجی موتور و مصرف سوخت آن در سرعت های متفاوت، ارتفاع و دمای هوای اطراف باید توسط کارخانه سازنده آن در اختیار قرار گیرد. این اطلاعات معمولاً به صورت منحنی عملکرد موتور (شکل ۱۲،۱۴ را ببینید) ارائه می شوند.

منحنی مصرف سوخت موتور مقدار سوخت مصرفی برای تولید هر واحد انرژی خروجی در زمانیکه موتور در بالاترین سرعت کار می کند را نشان می دهد (بر حسب $L/hp-hr$). تا حدود ۸۰ درصد سرعت حداکثر، منحنی مصرف سوخت همانند سرعت حداکثر خواهد بود. با کاهش بیشتر سرعت موتور، راندمان موتور کاهش یافته و مقدار انرژی که برای تولید هر واحد انرژی مصرف می شود به طور چشمگیری افزایش می یابد. بنابراین برای دستیابی به بهترین راندمان، موتور باید به گونه ای انتخاب شود که همواره نزدیک به حداکثر توان خود کار کند.

تهویه موتور

موتورها گرمای زیادی تولید می کنند و برای اینکه عملکرد مناسبی داشته باشند ، باید مداماً خنک شوند . یک روش برای خلاص شدن از این حرارت زیاد ، استفاده از هوای اطراف موتور است . این روش نیازمند گردش هوا در اطراف موتور است که ۵ تا ۱۰ درصد انرژی خروجی موتور را مصرف می کند . انرژی مورد نیاز برای استفاده از پنکه برای گردش هوا ، بستگی به دمای هوای اطراف و اندازه رادیاتور دارد . همچنین وضعیت قرار گرفتن سطح خنک کننده نیز حائز اهمیت است . برای موتورهایی که برای تهویه از یک مایع استفاده می کنند ، تعادلی بین هزینه های اولیه بالاتر مربوط به رادیاتور بزرگتر و هزینه های بهره برداری بالاتر مربوط به رادیاتور کوچکتر باید برقرار گردد .



شکل ۱۲،۱۴ / منحنی عملکرد موتور دیزلی فاقد ملحقات در سطح دریا و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد (۶۰ درجه فارنهایت) .

بهترین راه برای خنک کردن موتور ، استفاده از آب آبیاری می باشد که در حال پمپاژ است . این روش انرژی بسیار کمتری را صرف می کند . باید توجه شود که بین آب آبیاری در حال پمپاژ و مایع خنک کننده اختلاطی صورت نپذیرد . در واقع همزمان با استفاده از آب آبیاری ، بهتر است از یک مایع خنک کننده نیز استفاده شود . زیرا در غیر این صورت ، حفظ دمای موتور در حد مورد قبول برای عملکرد آن مقدور نیست . علاوه براین ، رسوبات یا مواد معدنی در آب آبیاری ممکن است باعث مسدود شدن سیستم خنک کننده موتور گردد .

انرژی در دسترس برای پمپاژ

قاعده کلی در مورد اصلاح مقدار بار وارده بر پمپ نسبت به ارتفاع و دما به این صورت است :

- ۱- بار پیوسته وارد بر موتور را به ازای هر ۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا ، ۳ درصد کاهش دهید .
 - ۲- بار پیوسته وارد بر موتور را به ازای هر ۵ درجه سانتیگراد بالاتر از ۱۵ درجه ، ۱ درصد کاهش دهید .
- برای موتورهایی که به توربوشارژر مجهزند و حجم بیشتری از هوا به درون سیلندرها کشیده می شود ، مقادیر بالا به ۱ درصد در ازای هر ۳۰۰ متر ارتفاع و ۰/۵ درصد به ازای هر ۵ درجه افزایش دما (بالاتر از ۱۵ درجه سانتیگراد) کاهش می بایند .

بعد از اصلاحات مربوط به ارتفاع و دما ، به خاطر داشته باشید که قسمتی از انرژی خروجی موتور صرف ملحقیات آن می شود . صافی هوا ، صداگیر و دیگر اجزاء موتور در حدود ۳ درصد از انرژی آن را هدر می دهند . اگر سیستم خنک کننده با هوا کار کند ، پمپ یا فن نیز ۵ تا ۱۰ درصد انرژی موتور را مصرف می کند .

هماهنگ کردن موتور و پمپ

زمانیکه یک موتور در سرعتی کار می کند که بالاترین مقدار راندمان را دارد ، مصرف سوخت برای تولید هر واحد انرژی خروجی کاهش می یابد .

هم موتور و هم پمپ زمانیکه مستقیماً به یکدیگر متصل شده باشند ، دارای سرعت مشابه هستند . این موضوع بر پیچیدگی مسئله هماهنگ کردن موتور با پمپ می افزاید . زیرا هم انرژی خروجی موتور (شکل ۱۲،۱۴) و هم انرژی مورد نیاز ورودی پمپ (شکل ۱۲،۶) ، بستگی به سرعت چرخش آنها دارد . مقدار انرژی خروجی موتور تقریباً بصورت خطی نسبت به سرعت چرخش آن ، افزایش می یابد (شکل ۱۲،۱۴ را ببینید) . در حالیکه انرژی مورد نیاز پمپ نسبت به توان سوم سرعت چرخش آن ، افزایش می یابد . (رابطه ۱۲،۵ را ببینید) .

به همین دلیل ، روش زیر برای انتخاب موتوری که مستقیماً به پمپ متصل می شود ، ارائه می شود . این پمپ باید مقدار Q_s و TDH طراحی شده سیستم را تأمین کند :

- ۱- موتوری را پیدا کنید که (ظاهراً) توان کافی برای عملکرد در سرعت مناسب پمپ برای تأمین دبی و TDH مورد نیاز سیستم را در دامنه ای از راندمان بالا داشته باشد . این مرحله ، انعطاف پذیری زیادی دارد . زیرا می توانیم محور گردان پمپ را برای دستیابی به دبی و TDH مورد نظر اصلاح کنیم .

- ۲- منحنی توان خروجی موتور در برابر سرعتهای متفاوت چرخش را ترسیم کنید . اصلاحات لازم در مورد ارتفاع و دما را نیز در نظر بگیرید .

- ۳- توان موتور را کاهش دهید تا توان مصرفی ملحقیات موتور نیز لحاظ شود . ۱۰ درصد دیگر نیز برای در نظر گرفتن ضریب اطمینان از توان موتور کسر کرده و منحنی جدید را ترسیم کنید . این منحنی مقدار انرژی موجود برای عملکرد پمپ در دامنه قابل قبول سرعت ، با ۱۰ درصد ضریب اطمینان را در اختیار قرار می دهد .

- ۴- منحنی مشخصه پمپ را بررسی کنید تا تعیین شود که آیا ترکیب سرعت و قطری از محور گردان پمپ وجود دارد که نیاز انرژی آن توسط این موتور تأمین شود . اگر چنین ترکیبی به نحوی وجود داشت که راندمان پمپ نیز در حد قابل قبول باشد و Q_s و TDH سیستم نیز تأمین می شود ، این واحد تأمین نیرو (موتور) برای سیستم مناسب است .

همچنین روشی گرافیکی نیز برای تعیین مکان هندسی دامنه عملکرد مناسب پمپ، که مستقیماً به موتور متصل شده باشد وجود دارد. با اینحال، زمانیکه دبی و TDH مورد نیاز تنها برای ۲ یا ۳ سیستم در نظر گرفته می شوند، روش فوق سریعتر و ساده تر می باشد.

در جاییکه که انرژی موتور به وسیله چرخ دنده یا تسمه به پمپ منتقل می شود، سرعت چرخش موتور می تواند متفاوت از پمپ باشد. نسبت بین سرعت این دو، با استفاده از چرخ دنده یا تسمه و قرقره با قطرهای مختلف، تنظیم می شود. این کار، انعطاف پذیری موتورپمپ را بیشتر می کند. با استفاده از چرخ دنده ها، معمولاً تنها نسبتهای معدودی بین سرعت موتور و سرعت پمپ قابل دستیابی می باشد. اما زمانیکه از تسمه و قرقره استفاده می شود می توانیم بی نهایت نسبت سرعت را ایجاد کنیم.

روش انتخاب موتوری که به صورت غیر مستقیم به پمپ متصل می شود، نسبتاً ساده است.

۱- موتوری را پیدا کنید که (ظاهراً) توان کافی برای عملکرد در سرعت مناسب پمپ برای تأمین دبی و TDH مورد نیاز سیستم را در دامنه ای از راندمان بالا داشته باشد. این مرحله، انعطاف پذیری زیادی دارد. زیرا می توانیم محور گردان پمپ را برای دستیابی به دبی و TDH مورد نظر اصلاح کنیم.

۲- منحنی توان خروجی موتور در برابر سرعتهای متفاوت چرخش را ترسیم کنید. اصلاحات لازم در مورد ارتفاع و دما را نیز در نظر بگیرید.

۳- توان موتور را کاهش دهید تا توان مصرفی ملحقات موتور نیز لحاظ شود. ۱۰ درصد دیگر نیز برای در نظر گرفتن ضریب اطمینان از توان موتور کسر کرده و منحنی جدید را ترسیم کنید. این منحنی مقدار انرژی موجود برای عملکرد پمپ در دامنه قابل قبول سرعت، با ۱۰ درصد ضریب اطمینان را در اختیار قرار می دهد.

۴- بررسی کنید که آیا انرژی مورد نیاز برای به حرکت درآوردن پمپ (یا ± 5 درصد کمتر یا بیشتر از این انرژی) با توان محاسبه شده در مرحله ۳ تأمین می شود یا خیر. اگر اینگونه باشد، موتور انتخاب شده برای سیستم آبیاری مناسب است.

مثال ۱۲,۵: هماهنگ کردن موتور و پمپ.

اطلاعات: موتوری با منحنی عملکرد شکل ۱۲,۱۴ و اطلاعات مربوط به مثال ۱۲,۱. انرژی ورودی مورد نیاز پمپ hp ۵۸ = BP، سرعت پمپ ۲۰۰۰ دور در دقیقه و ارتفاع ۵۰۰۰ فوت بالاتر از سطح دریاست. حداکثر دمای مورد انتظار در این محل، ۱۰۰ درجه فارنهایت و موتور دارای تهویه به وسیله گردش هوا می باشد.

مطلوب است: آیا موتور انتخاب شده برای اتصال مستقیم به پمپ مناسب است یا خیر؟ نرخ مصرف سوخت مورد انتظار را نیز تخمین بزنید.

محاسبات: از شکل ۱۲,۱۴ برای سرعت چرخش rpm ۲۰۰۰، توان خروجی روزانه موتور hp ۹۲ می باشد. (در سطح دریا و دمای ۶۰ درجه فارنهایت). بنابراین، توان خروجی موتور با توجه به اصلاحات مربوط به دما و ارتفاع عبارت است از:

$$92 \left[1 - 0.03 \left(\frac{5000}{1000} \right) - 0.01 \left(\frac{40}{10} \right) \right] = 74.5 \text{ hp}$$

با فرض مصرف ۳ درصد از انرژی برای ملحقیات و ۷/۵ درصد برای خنک کردن موتور به وسیلهٔ پنکه، انرژی باقی مانده با ضریب اطمینان ۱۰ درصد برای عملکرد پمپ برابر است با:

$$74.5(1 - 0.03 - 0.075 - 0.1) = 59.2 \text{ hp}$$

این مقدار نسبت به ۵۸ hp مورد نیاز برای به حرکت درآوردن پمپ، دارای اختلاف مجاز ± 5 بوده و راندمان موتور نیز در این مقدار، قابل قبول است. بنابراین، موتور دیزلی برای اتصال مستقیم به پمپ مناسب است.

از منحنی مصرف سوخت مربوط به شکل ۱۲،۱۴، شدت مصرف سوخت در حدود ۰/۲۴ L/hp-hr می باشد (زمانیکه بار موتور در حدود ۸۰ درصد از حداکثر بار آن می باشد). بنابراین، زمانیکه موتور ۵۸hp انرژی برای پمپ و دیگر ملحقیات آن (از جمله پنکه خنک کننده) تولید می کند، شدت مصرف سوخت موتور برابر است با:

$$0.24[58 + 74.5(0.03 + 0.075)] = 16 \text{ L / hp - hr}$$

۱۳- طراحی سیستم آبیاری ارابه ای

یک سیستم ارابه ای متداول ، از اجزاء اصلی زیر تشکیل شده است :

۱- ایستگاه پمپاژ .

۲- خط لوله اصلی .

۳- شلنگ انعطاف پذیر .

۴- ارابه متحرک .

۵- آبپاش تفنگی .

دو نوع از سیستم های ارابه ای شلنگی در فصل ۴ تشریح شدند . یکی از آنها ، شلنگ را به دنبال ارابه می کشد و دیگری ، با جمع کردن شلنگ به دور یک قرقره بزرگ ، ارابه را حرکت می دهد .

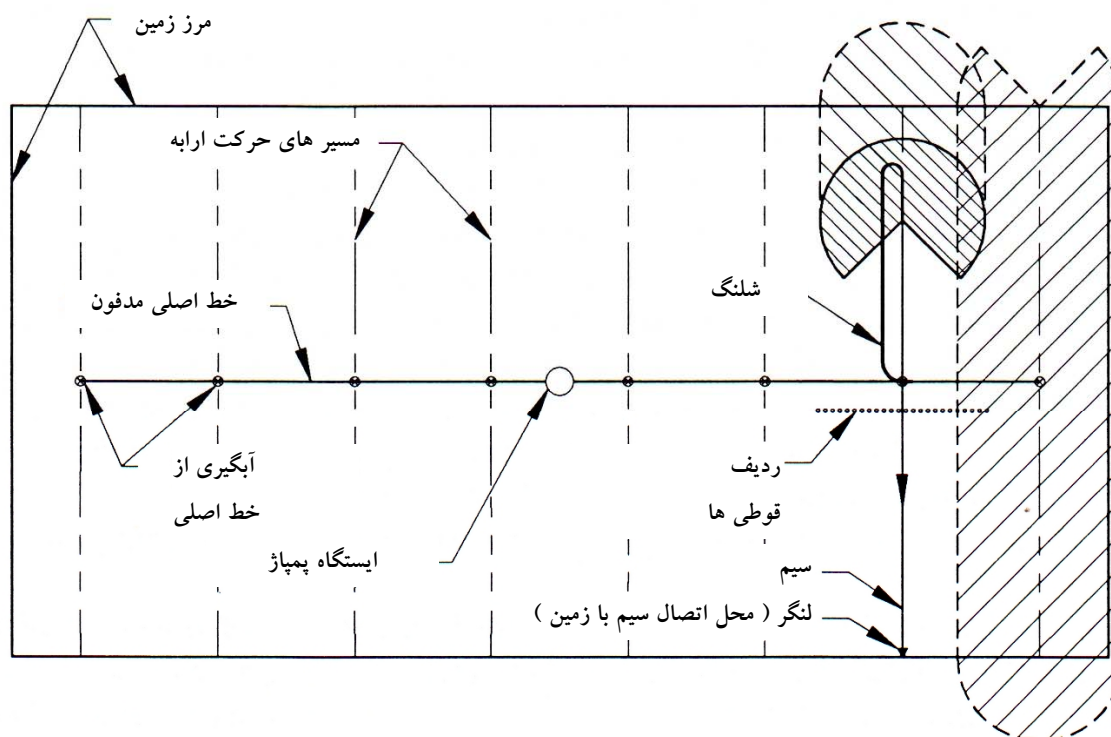
سیستم ارابه ای با شلنگ نرم (که به سیستم ارابه ای خود کششی یا شلنگ کش نیز موسوم است) ، خود را با پیچیدن یک کابل فولادی محکم به حرکت درآورده و شلنگ نرمی را پشت خود می کشد . (شکل ۲,۳ و ۴,۹ را ببینید) . این سیستم در آمریکا ایجاد شده ، یعنی جایی که بیشتر در مناطق مرطوب استفاده می شود . همانطور که در شکل ۱۳,۱ نشان داده شده است ، اگر این سیستم از وسط مسیر حرکت خود تغذیه شود ، می تواند کل مسیر حرکت (Towpath) را بدون قطع آبیاری کند . کابل باید به طول مسیر حرکت دستگاه باشد و در یکی از دو انتهای آن ثابت شده باشد . اما شلنگی به طولی برابر با نیمی از طول کل مسیر حرکت کفایت می کند . شلنگی که دنبال دستگاه کشیده می شود معمولاً آنقدر انعطاف پذیر و نرم است که در زمان تخلیه آب ، بصورت مسطح روی زمین قرار می گیرد . این شلنگ ها معمولاً از لایه های پارچه درست می شوند تا توان تحمل بالایی داشته باشند و یا از لاستیک مصنوعی ایجاد می شوند که محکم و ضد آب است .

نوع دیگر از دستگاههای آبیاری بارانی ارابه ای در اروپا ایجاد شده و بطور گسترده استفاده می شود . این نوع سیستم با جمع کردن یک شلنگ بدور قرقره ای بزرگ حرکت می کند . برخی از انواع سیستم ارابه ای با شلنگ سخت (که به سیستم های شلنگ پیچ نیز موسومند) در یک انتهای مسیر که منبع آب قرار گرفته ، دارای یک قرقره جمع کننده شلنگ می باشند و انواع دیگر آن ، دارای قرقره ای در سمت قرار گرفتن آبپاش هستند . در هر دو مورد ، دستگاه می تواند ، بدون قطع ، طولی برابر با طول شلنگ را آبیاری کند . علاوه بر این ، قرقره باید بسیار بزرگ و قوی باشد تا کل طول شلنگ را در حالیکه پر از آب و تحت فشار می باشد ، جمع کند . شلنگهایی که در سیستم های شلنگ پیچ استفاده می شوند از پلاستیک ضخیم و نسبتاً سخت و خمش ناپذیر ساخته می شوند که بعد از تخلیه آب ، همانند یک لوله روی زمین قرار می گیرند . (یعنی مانند شلنگهای نرم روی زمین بصورت صاف قرار نمی گیرند) .

بسیاری از مفاهیم طراحی این سیستم ها با انواع دیگر سیستم های آبیاری بارانی مشترکند . روش عمومی طراحی ، ظرفیت سیستم ، عمق آبیاری ، شدت پاشش بهینه و راندمان آبیاری ، معیارهایی هستند که در فصل ۵ تشریح شدند . این فصل شامل مفاهیمی می باشد که مختص سیستم های ارابه ای هستند که شامل آرایش سیستم ، انتخاب ارابه و آبپاش ، فاصله بین مسیرهای کشش (مسیر حرکت) ، رابطه بین سرعت حرکت ارابه و شدت پاشش ، تلفات اصطکاکی در شلنگ و تلفات در سازوکار خود ارابه می باشد . روشهای طراحی و بهره برداری نیز تقریباً برای هر دو نوع سیستم ارابه

ای تشریح شده در قسمت قبل یکسان است. بنابراین، برای صرفه جویی در وقت، بحثهای آتی بر روی سیستم آبیاری ارابه ای از نوع شلنگ کش (ارابه ای با شلنگ نرم) متمرکز می شوند.

آرایش سیستم



شکل ۱۳,۱ / نمونه ای از آرایش سیستم آبیاری ارابه ای شلنگ کش و محل قوطی های مورد استفاده در ارزیابی یکنواختی توزیع سیستم.

شکل های ۴,۹ و ۱۳,۱ آرایش یک سیستم معمول ارابه ای شلنگ کش را نشان می دهند. معیارهای زیر باید در زمان طراحی این سیستم های در نظر گرفته شوند:

۱- در شرایط وجود منبع آب نامحدود، معمولاً مطلوب است که طراحی سیستم به گونه ای صورت گیرد که ساعات کار آن برای دوره حداکثر مصرف حداقل ۲۰ ساعت در شبانه روز باشد.

۲- آبپاشهای متحرک (ارابه ای) معمولاً طوری طراحی می شوند که تنها یک، یا حداکثر ۲ استقرار در طول روز داشته باشند. سیستم شلنگ کش بطور پیوسته تا زمانی که به انتهای مسیر حرکت برسد آبیاری می کند. در این زمان، ارابه و شلنگ باید حرکت داده شده و برای مسیر بعدی آبیاری آماده شوند. (شکل ۱۳,۱ را ببینید).

۳- حداقل ۱ ساعت برای هر استقرار زمان نیاز است. بنابراین حداکثر زمان بهره برداری از سیستم نباید از ۲۳ ساعت در شبانه روز (برای سیستمی که یک استقرار در شبانه روز دارد) تجاوز کند.

۴- ارابه های شلنگ کش معمولاً برای مزارعی هستند که آبیاری از لبه مزرعه شروع و به لبه دیگر آن ختم شود، مانند شکل ۱۳,۱. اما این موضوع باعث می شود که تنها ۵۰ درصد از عمق آبیاری مورد نظر، در بیرونی ترین (دورترین)

انتهای مسیرهای حرکت اعمال شود. به علاوه، نواری به اندازه شعاع پاشش آبپاش نیز در حدود ۲۵ درصد کم آبیاری می شود. مقدار آبی که موجب این کم آبیاری شده است، در واقع همان آبی می باشد که در انتهای مسیرهای حرکت به خارج از مزرعه پاشیده شده و به هدر می رود (به جز جایی که مزرعه مجاور نیز توسط سیستم ارا به ای آبیاری می شود).

در بعضی مواقع مطلوب یا عملی نیست که لبه های مزرعه را در انتهای خطوط حرکت دستگاه آبیاری کنیم. به همین دلیل آبیاری در فاصله ای برابر با شعاع پاشش آبپاش، R_j ، از لبه زمین آغاز شده و پایان می پذیرد. این کار باعث می شود تا کم آبیاری، قابل قبول، ولی بزرگتر از حالت قبلی باشد. با اینحال، این کار، طول شلنگ مورد نیاز را بطور چشمگیری کاهش می دهد. یک حالت بینابین که در طول شلنگ صرفه جویی کرده و عملاً همان کیفیت آبیاری را نیز بدست می دهد (درست به همان صورت که آبیاری از لبه مزرعه شروع و به لبه دیگر ختم شود) این است که آبیاری در نقطه تقریبی $\frac{2}{3}R_j$ از لبه های مزرعه شروع و پایان پذیرد.

زمانیکه یک ارا به شلنگ کش در درون مزرعه، آبیاری را شروع کرده یا به پایان می برد، لازم است که برای زمانی در انتهای مسیر حرکت ثابت باقی بماند. زمان استقرار اولیه و نهایی (زمان توقف ارا به در ابتدا و انتهای مسیر حرکت) باید تقریباً برابر باشند. کل زمان استقرار باید برابر با زمان اضافی باشد که برای جابجایی ارا به به اندازه کل طول مسیر حرکت (از لبه مزرعه تا لبه دیگر آن) مورد نیاز است.

سیستم های شلنگ پیچ طوری طراحی می شوند که در انتهای بیرونی مسیر حرکت شروع به کار کرده و به سمت درون مزرعه کشیده شوند، در حالیکه منبع تغذیه در وسط زمین قرار گرفته است. برای این نوع طراحی، معیار مربوط به نقطه شروع و زمان استقرار اولیه سیستم که در بالا تشریح شد، مصداق دارد. با اینحال، آبپاشها همواره باید تا مرکز مسیر حرکت کشیده شده و بلافاصله آبیاری قطع شود تا به این ترتیب یکنواختی بیشتر شود.

۵- اگر عملی باشد، در جاییکه سرعت باد غالب از ۸ کیلومتر در ساعت (۵ mph) تجاوز می کند، مسیرهای حرکت ارا به باید به گونه ای قرار داده شوند که با جهت باد غالب تلاقی نکنند. با اینحال، مسیرهای حرکت باید در جهت ردیفهای کشت قرار گرفته و معمولاً در شیبهای تند، از خطوط کنتور زمین تبعیت می کنند.

۶- شدت پاشش واقعی از آبپاشهای تفنگی با دایره پاشش کامل، از حدود ۷/۵ تا ۱۵ میلیمتر در ساعت تغییر می کند (دبی ۲۰ تا ۶۰ لیتر در ثانیه). بنابراین، در جاییکه احتمال دارد از نظر نفوذ مشکلی ایجاد شود (مثل خاکهای رسی)، بهتر است که از چندین آبپاش تفنگی با دبی کمتر به جای تعداد کمتر ولی با دبی بیشتر استفاده شود.

۷- مزرعه باید به چندین نوار مساوی تقسیم شود تا فاصله بین مسیرهای حرکت یکسان باشد. به شرطی که آبیاری واری مرزهای زمین نیز مجاز باشد (شکل ۱۳،۱ را ببینید). برای اینکه آبیاری تنها شامل مناطق داخل مزرعه شود، به اندازه قطر دایره خیس شده آبپاش از طول (یا عرض) زمین کم کرده و مقدار باقی مانده را به نوارهای مساوی تقسیم می کنیم.

۸- آرایش نهایی سیستم، حد بینابین تمامی فاکتورهای ذکر شده می باشد. از جمله: تعداد مسیرهای حرکت مضرب صحیحی از تعداد آبپاشهاست. همپوشانی بین مسیرهای حرکت در شرایط بادی باعث ایجاد یکنواختی بیشتر می شود. عمق و دور آبیاری به گونه ای انتخاب شوند که تعداد استقرارها در هر روز از ۲ بیشتر نباشد.

۹- شکل ۱۳,۱ سیستم ارابه ای را نشان می دهد که در مسیر مخالف ارابه ای که در مسیر حرکت مجاور قرار دارد ، حرکت می کند . این ساده ترین راه برای عملیات آبیاری می باشد . زیرا به کمترین کشش ارابه (بعد از اتمام آبیاری یک مسیر) نیازمند است . با این وجود ، گاهی بهتر است که ارابه در تمامی مسیرهای حرکت ، در یک جهت حرکت کند تا یکنواختی آبیاری افزایش یابد و در شرایط وجود باد ، سطح نوارها در مسیر حرکت ارابه ، خشک باشد . بهترین یکنواختی کاربرد آب معمولاً زمانی حاصل می شود که باد ، الگوی پاشش آبپاش ها را در طول مسیر حرکت مجاور ، بصورت یکسان تغییر دهد .

انتخاب آبپاش و ارابه

مشخصاتی از آبپاش که باید مد نظر قرار بگیرند عبارتند از :

- اندازه نازل و نوع آن .
- فشار کاکرد آبپاش .
- زاویه پرتاب آبپاش .
- طراحی بدنه آبپاش .
- شرایط بهره برداری که در این انتخاب دخیل هستند عبارتند از :
- ویژگی های نفوذ خاک .
- عمق مورد نظر و دور آبیاری .
- طول مسیر کشش (مسیر حرکت ارابه) .
- فاصله بالقوه بین مسیرهای حرکت .
- تعداد مسیرهای حرکت برای هر فاصله بالقوه بین مسیرها .
- شرایط بادی .
- مشخصات گیاه .
- مشخصات مکانیکی خاک .

متغیرهای آبپاش

آبپاشهای تفنگی که در اغلب سیستم های ارابه ای استفاده می شوند ، زاویه پرتابی بین ۱۸ تا ۳۲ درجه دارند . زوایای پرتاب بزرگتر ، ارتفاع فواره آب را افزایش داده و بنابراین ، بیشترین پوشش را در شرایط باد کم دارند ، در حالیکه ضربه قطرات آب نیز بر سطح خاک ، حداقل می شود . زوایای پرتاب کوچکتر در شرایط باد شدیدتر از ۱۶ کیلومتر در ساعت ، موجب افزایش یکنواختی می شوند . اما ضربه ناشی از قطرات آب نسبتاً شدید بوده ، بخصوص زمانی که فشار آب کم باشد . این ضربات ممکن است برای تمامی خاکها ، حتی خاکهای درشت دانه و گیاهان نیرومند نیز زیانبار باشند . برای شرایط معمولی ، زوایای بین ۲۳ تا ۲۵ درجه نتیجه رضایتبخشی خواهند داشت . این مقدار میانه ، یکنواختی پاشش

مطلوبی در شرایط باد متوسط بدست می دهد. همچنین ضربه قطرات نیز در حدی می باشد که برای اغلب گیاهان و خاکها مناسب خواهد بود.

نازله‌ها: اغلب آبیاشهای تفنگی در گروه نازل‌های مخروطی و یا نازل‌های روزنه ای قرار می گیرند. نازل‌های مخروطی معمولاً فواره آب فشرده ای ایجاد می کنند که در برابر تأثیر باد، مقاومتر از فواره های پخشیده نازل‌های روزنه ای می باشند. بنابراین، برای دبی مشخص، نازل‌های مخروطی فاصله پرتاب بزرگتری را ایجاد می کنند که به این ترتیب ممکن است اجازه بزرگتر گرفتن فاصله بین مسیرهای حرکت را داده، موجب کاهش شدت پاشش شوند. با اینحال، نازل‌های روزنه ای در فشارهای کارکرد پایین، عملکرد بهتری دارند. در این شرایط، قطرات کوچکتری تولید می شوند که این موضوع، در مورد گیاهان ظریف و نه چندان مقاوم در برابر ضربه قطرات آب و همچنین در خاکهای ناپایدار، فاکتور مهمی می باشد. علاوه بر این، نازل‌های روزنه ای نسبتاً ارزانتر بوده و انعطاف پذیری بیشتری را با هزینه کمتری ارائه می دهند. دبی معمول نازل‌ها و قطر پاشش آنها در جدول ۱۳،۱ برای آبیاشهای تفنگی با زاویه پرتاب ۲۴ درجه و نازل مخروطی ارائه شده اند. قطر دایره پاشش به ازای هر درجه افزایش زاویه پرتاب، ۱ درصد افزایش پیدا می کند. در نازل‌های نوع روزنه ای، قطر دایره پاشش نسبت به انواع مخروطی که در فشار یکسان دبی مشابه ایجاد می کنند، ۵ درصد کوچکتر است.

جدول ۱۳،۱ / نمونه ای از دبی و قطر دایره مرطوب شده آبیاش های تفنگی با زاویه پاشش ۲۴ درجه

و نازل‌های مخروطی در شرایط بدون باد.

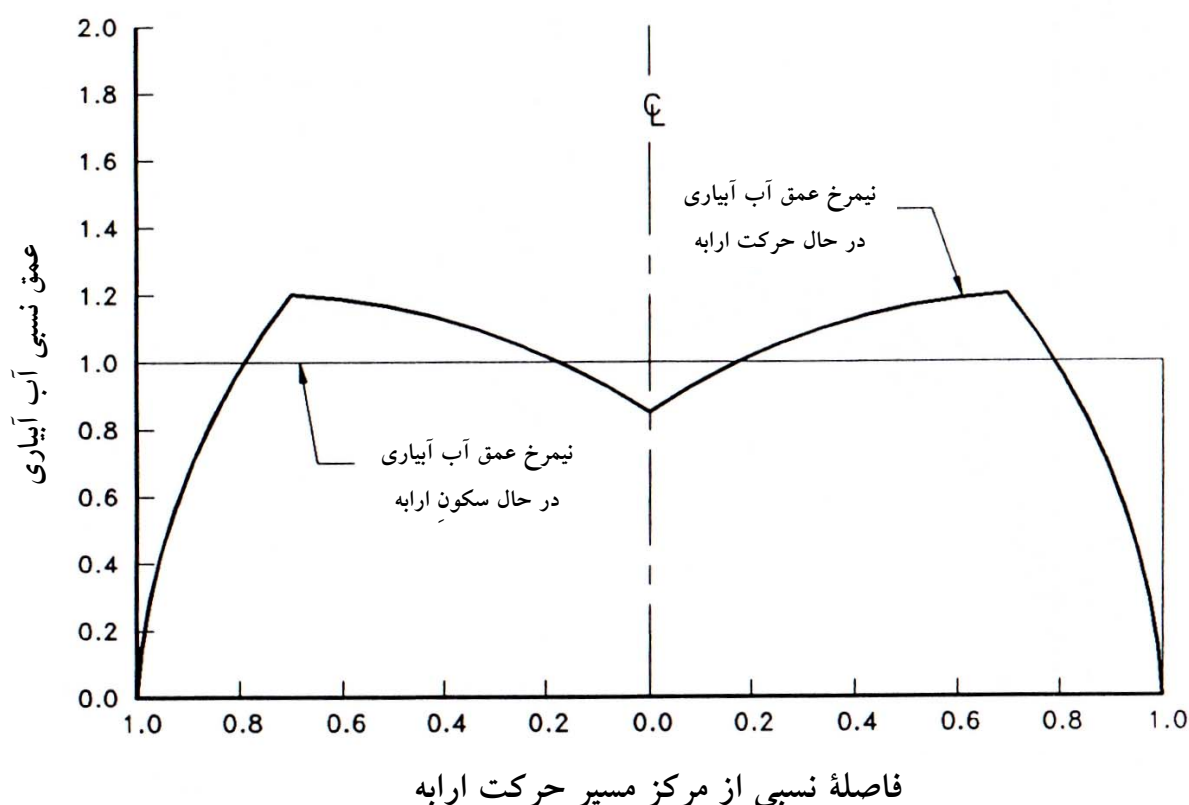
فشار آبپاش	قطر نازل‌های مخروطی , in.									
	0.8		1.0		1.2		1.4		1.6	
	آبدهی و قطر مرطوب شدهٔ آبپاش									
	psi	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft	gpm	ft
60	143	285	225	325	330	365	–	–	–	–
70	155	300	245	340	355	380	480	435	–	–
80	165	310	260	355	380	395	515	455	675	480
90	175	320	275	365	405	410	545	470	715	495
100	185	330	290	375	425	420	575	480	755	510
110	195	340	305	385	445	430	605	490	790	520
120	205	350	320	395	465	440	630	500	825	535

10 psi = 68.95 kPa; 1 in. = 25.4 mm; 100 ft = 30.48 m; 100 gpm = 6.31 L/s.

قسمت مرطوب شده: هر دو نوع آبیاش های تفنگی که دارای دایره پاشش کامل یا ناقص هستند، در تمامی اندازه ها و انواع نازل در دسترس قرار دارند. برخی از این آبیاشها نیاز دارند تا به صورت دایره پاشش ناقص عملیات آبیاری را انجام دهند تا یکنواختی توزیع آب بیشتر باشد. دلیل مهم دیگر برای استفاده از این نوع آبیاشها (با دایره پاشش ناقص) این است که در حین حرکت ارا به، مسیر مقابل آن خشک باقی بماند. با اینحال، استفاده از آبیاشهای دارای دایره پاشش ناقص، شدت پاشش را افزایش می دهد. برای مثال، آبیاشهای که پوشش ۵۰ درصدی دارد (تنها ۵۰ درصد از دایره

آبپاشی می شود) ، شدت پاشش دو برابر شدت پاشش آبپاش با پوشش ۱۰۰ درصد دارد (تحت فشار و شرایط کارکرد یکسان) .

شکل ۱۳،۲ نیمرخ عمق آب آبیاری در هردو سمت مسیر حرکت ارابه یا تمامی نواری که توسط یک سیستم ارابه ای آبیاری می شود را نشان می دهد . قوطی های جمع آوری آب ، بصورت عمود بر مسیر حرکت ارابه ، همانند شکل ۱۳،۱ قرار گرفته اند . آبپاش دارای نیمرخ یکنواخت فرضی بوده و قطاع مرطوب شده ، ω ، 270° درجه می باشد . شکل ۱۳،۳ تغییرات این نیمرخ را برای قطاع های 180° ، 210° ، 240° ، 270° و 330° درجه نشان می دهد .

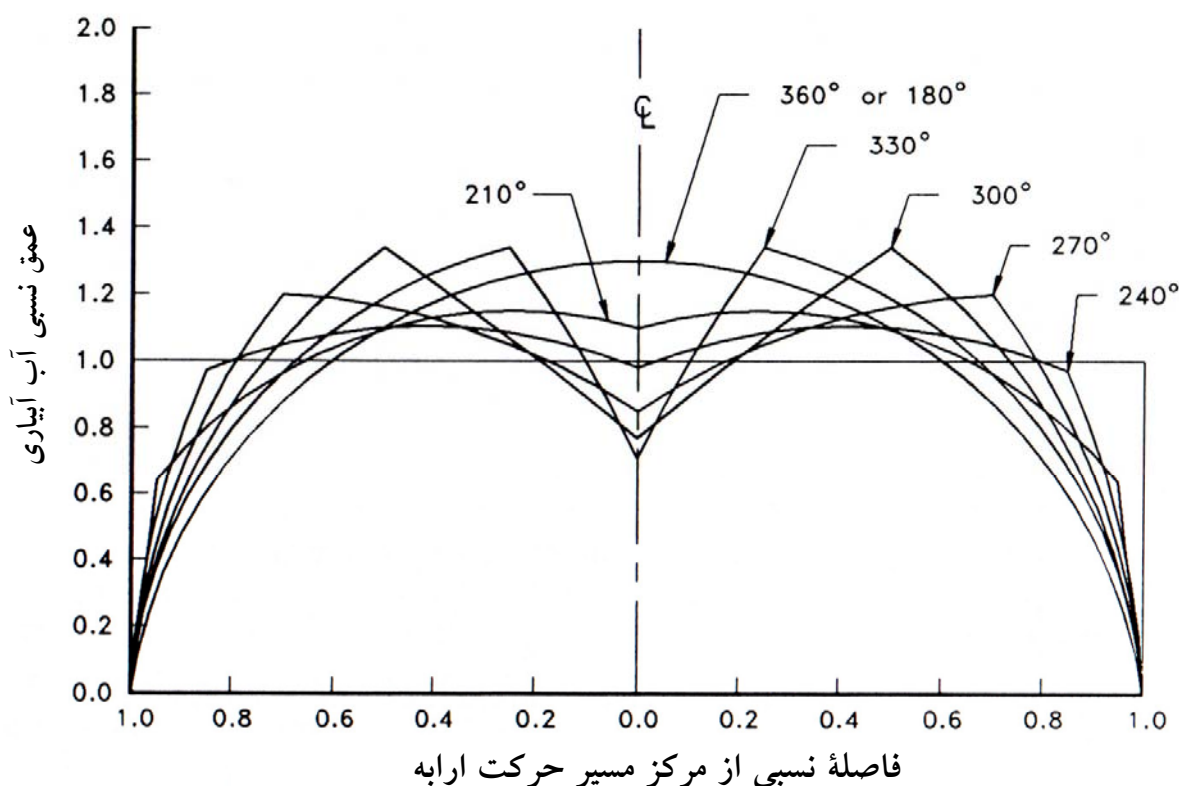


شکل ۱۳،۲ / مقایسه نیمرخ یکنواخت عمق پاشش زمانیکه آبپاش تفنگی ثابت است و نیمرخ عمق پاشش زمانیکه آبپاش تفنگی با $\omega = 270^\circ$ در حال حرکت است.

محاسبه نیمرخ آب دریافتی با استفاده از آبپاشی که در تمامی شعاع پاشش خود شدت پاشش یکنواختی دارد ، ساده تر می شود . این موضوع از آن جهت است که عمق آبیاری (عمق آب دریافتی) در هر نقطه (قوطی) برابر است با طول مدتی که آن نقطه آبیاری می شود ضربدر شدت پاشش یکنواخت آبپاش . طول زمان آبیاری نیز برابر است با طول قسمت خیس شده (موازی با مسیر حرکت دستگاه) تقسیم بر سرعت حرکت ارابه .

شکل ۱۳،۳ تأثیر تغییر اندازه قطاع تحت آبیاری را نشان می دهد . هردوی قطاع های 360° درجه (دایره کامل) و 180° درجه (نیم دایره) نیمرخ آب دریافتی یکسانی را ایجاد می کنند . این نیمرخ زمانیکه حداکثر عمق و فاصله از خط عمودی میانی بر روی نمودار بدون بعد ، دارای مقادیر یکسانی باشند ، بصورت یک نیمدایره در می آید . دلیل اینکه دایره کامل و نیم دایره نیم رخ یکسانی ایجاد می کنند این است که زمانهای آبیاری برای تمامی قوطی ها مشابه است . در زمان

استفاده از آبپاشی که دارای قطاع پاشش ۱۸۰ درجه (نیم دایره) است زمان های آبیاری در هر نقطه (قوطی) به نصف تقلیل یافته ، در نتیجه شدت پاشش دو برابر می شود .



شکل ۱۳,۳ / نیمرخ عمق پاشش برای قطاع مرطوب شده بین ۱۸۰ (یا ۳۶۰) و ۳۳۰ درجه مربوط به آبپاش تفنگی با دایره مرطوب شده ناقص با نیمرخ شدت پاشش یکنواخت (نیمرخ نوع F).

نیمرخ های مشخص شده در شکل ۱۳,۳ همگی دارای متوسط عمق آبیاری یکسانی هستند . این موضوع به دلیل این است که شدت پاشش یکنواخت در دایره کامل ضرب در $\omega/360$ می شود . با افزایش ω از ۱۸۰ به ۲۱۰ درجه ، حداکثر عمق نسبی آبیاری از حدود ۱/۳ به ۱/۱ کاهش می یابد . یکنواخت ترین نیمرخ با قطاع ۲۱۰ درجه حاصل می شود . با اینحال ، نیمرخ که با قطاع ۲۴۰ درجه تولید می شود نیز قابل قبول است . حتی ممکن است استفاده از قطاع ۲۴۰ درجه در زمانیکه همپوشانی نیمرخ دو آبپاش (یا یک آبپاش در دو مسیر مجاور) در نظر گرفته می شود ، بهتر از قطاع ۲۱۰ درجه باشد . نیمرخ تولید شده با قطاع ۲۷۰ درجه که در شکل ۱۳,۲ نشان داده شده است ، نسبتاً یکنواخت است ، اما با افزایش بیشتر ω ، یکنواختی در این نیمرخ کاهش می یابد .

مثال ۱۳,۱ : محاسبه نیمرخ عمق آب دریافتی در اطراف یک آبپاش ارابه ای .

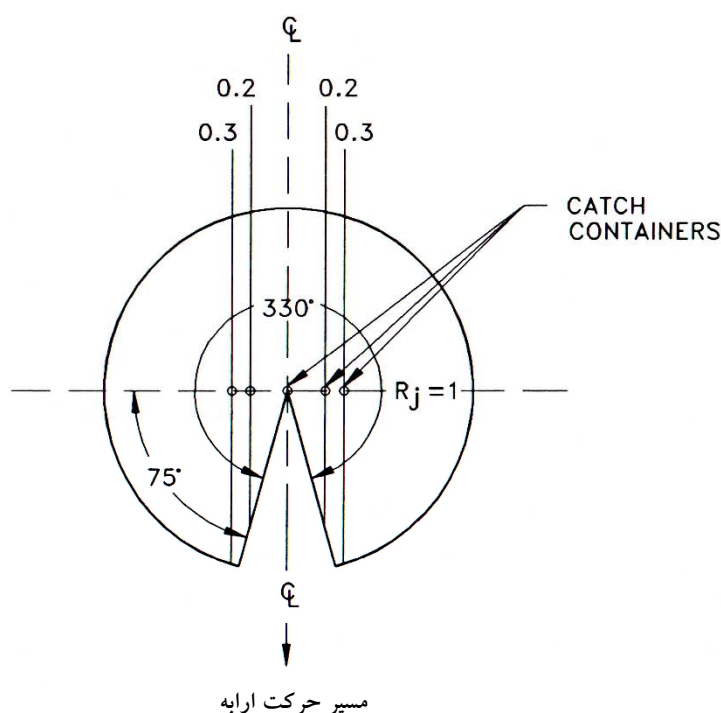
اطلاعات : یک آبپاش تفنگی با دایره پاشش ناقص مفروض است که شدت پاشش یکنواختی را در تمام شعاع پاشش خود ایجاد کرده و منجر به تولید نیمرخ یکنواختی در اطراف خود می شود (شکل ۱۳,۲ را ببینید) . آبپاش با قطاع مرطوب شده ، ω ، برابر با ۳۳۰ درجه آبیاری می کند .

مطلوب است: محاسبه رابطه بین عمق آب جمع شده در هر قوطی در طول خط میانی مسیر حرکت، با عمقی که در هر قوطی در ۲۰ و ۳۰ درصد از شعاع مرطوب شده آبپاش در هر سمت این خط جمع می شود. (شکل های ۱۳,۴ و ۱۳,۱ را ببینید).

محاسبات: شرایط عملکرد آبپاش در شکل ۱۳,۴ نشان داده شده است. فرض می کنیم سرعت حرکت ارابه per hour $V_t = 1 R_j$ و متوسط شدت پاشش در دایره کامل، $I = 10 \text{ mm/hr}$ باشد. توجه کنید که (شکل ۱۳,۴ را ببینید) اندازه قطاع مرطوب شده در هر سمت قسمت خشک مقابل ارابه و در جلوی آن، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$90 \times \frac{360 - 330}{2} = 75^\circ$$

$$\cos 75^\circ = 0.26$$



شکل ۱۳,۴ / آرایش قوطی ها در فاصله ۰, ۲۰ و ۳۰ درصد از شعاع مرطوب شده آبپاش نسبت به خط مرکزی مسیر حرکت ارابه.

نقاطی که در $R_j 0/3$ در هر دو سمت مسیر حرکت ارابه قرار دارند، در خارج از منطقه خشک مقابل ارابه قرار می گیرند. اما نقاطی که در فاصله $R_j 0/2$ قرار دارند تحت تأثیر ناحیه خشک مقابل ارابه می باشند و آبی دریافت نمی کنند. زمان آبیاری در طول خط مرکزی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$T_a = \frac{R_j}{V_t} = \frac{R_j}{1 \times R_j \text{ per hour}} = 1 \text{ hr}$$

و عمق آب دریافت شده در این خط:

$$d = \frac{360}{\omega} I \times T_a = \frac{360}{330} \times 10 \times 1 = 10.9 \text{ mm}$$

زمان آبیاری در فاصله $R_j 0/3$ از ارابه:

$$T_a = 2 \frac{R_j}{V_t} (1 - (0.3)^2)^{0.5} = 1.91 \text{ hr}$$

و عمق آب دریافتی در این فاصله :

$$d = \frac{360}{\omega} I \times T_a = \frac{360}{330} \times 10 \times 1.91 = 20.8 \text{ mm}$$

زمان آبیاری در فاصله R_j ۰/۲ از اراهه :

$$T_a = \frac{R_j}{V_t} \left[(1 - (0.2)^2)^{0.5} + \tan 75^\circ (0.2) \right] = 1.73 \text{ hr}$$

و عمق آب دریافتی در این فاصله :

$$d = \frac{360}{\omega} I \times T_a = \frac{360}{330} \times 10 \times 1.73 = 18.9 \text{ mm}$$

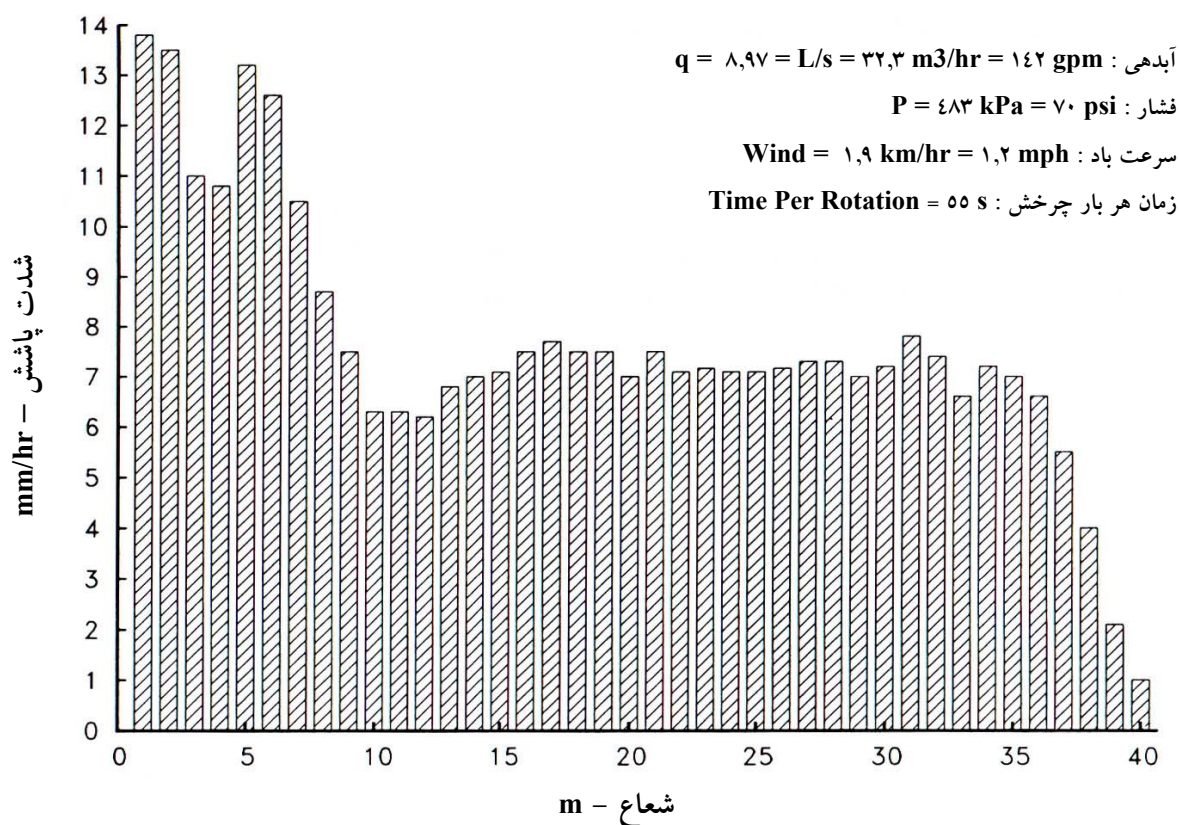
شدت پاشش : آبپاشهای اراهه ای ، همانند سیستم های با جابجایی متناوب ، معمولاً برای آبیاری های نسبتاً عمیق استفاده می شوند . علاوه بر این ، اندازه قطرات آب معمولاً بزرگ بوده و به همین دلیل ، زمانیکه جدول ۵,۴ به عنوان راهنمای انتخاب حداکثر شدت پاشش استفاده می شود ، مقادیر باید به میزان ۲۵ درصد کاهش داده شوند .

برخی آبیاران ممکن است ترجیح دهند که فصل آبیاری را با نازل های کوچک که در فشار بالا کار می کنند آغاز کنند تا قطرات آب در طول مراحل بحرانی جوانه زنی و شکوفه دهی کوچک باشند . با گذشت زمان ، نازل های بزرگتر نصب می شوند تا دبی برای تأمین نیاز آبی محصول در طول دوره حداکثر مصرف ، تأمین شود . در این زمان ، زمین با شاخ و برگ محصول پوشیده شده و امکان اینکه تولید محصول یا وضعیت خاک تحت تأثیر قطرات درشت آب قرار بگیرد ، کمتر است .

آبپاشهای تفنگی معمولاً نیمرخ شدت پاششی همانند انواع D و E در طبقه بندی کریستیانسن را تولید می کنند (شکل ۵,۸ را ببینید) . جدول ۱۳,۲ شدت پاشش واقعی برای نوع معمولی از آبپاشهای تفنگی کوچک در شرایط باد کم را نشان می دهد . این داده ها در شکل ۱۳,۵ نیز مورد استفاده قرار گرفته اند و نشان از نیمرخ نوع D دارند (البته به جز قسمت نزدیک آبپاش که آب بیشتری دریافت کرده است) . (شکل ۴,۴ را ببینید) .

جدول ۱۳,۲ / اطلاعات مربوط به قوطی های جمع آوری آب برای آبیاش ازابه ای در حالت سکون.

محل قوطی ها و شدت های پاشش										
شعاع , m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
شدت , mm/hr	13.8	13.5	11.0	10.0	13.3	12.6	10.5	8.7	7.3	6.2
شعاع , m	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
شدت , mm/hr	6.2	6.2	6.7	7.0	7.0	7.4	7.6	7.4	7.4	6.9
شعاع , m	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
شدت , mm/hr	7.4	7.1	7.1	7.0	6.9	7.0	7.1	7.1	6.8	7.1
شعاع , m	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
شدت , mm/hr	7.7	7.2	6.4	7.0	6.9	6.4	5.5	3.8	2.1	0.9



شکل ۱۳,۵ / نمونه ای از نیمرخ شدت پاشش برای آبیاش تفنگی با زاویه پاشش ۲۴ درجه در شرایط باد بسیار کم.

شدت پاشش متوسط در تمام دایره خیس شده آبیاش با وزن دهی به مقادیر هر شعاع نسبت به مساحت خیس شده مربوط به این شعاع و محاسبه میانگین وزنی برآورد می شود. یک راه ساده و مؤثر برای انجام اینکار، ضرب کردن هر مقدار شدت پاشش در شعاع مربوط به آن، و سپس، تقسیم مجموع مقادیر وزن داده شده بر مجموع شعاع ها. برای داده های جدول ۱۳,۲:

$$\frac{\text{Sum of weighted rates}}{\text{Sum of radii}} = \frac{5268}{820} = 6.42 \text{ mm}$$

از آنجائیکه آبپاشهای ارابه ای بطور مستقل عمل می کنند ، شدت پاششی که منجر به ایجاد رواناب نمی شود باید شناخته شود . برای آبپاش تفنگی با دایره پاشش کامل یا ناقص که به نحوی آرایش داده شده است که همپوشانی کافی بین مسیرهای حرکت مجاور وجود دارد ، شدت پاشش بصورت تقریبی از این رابطه محاسبه می شود :

$$I_t = \frac{k \times q}{\pi(0.9R_j)^2} \times \frac{360}{\omega} \quad (۱۳,۱)$$

I_t : متوسط شدت پاشش (تخمینی) که باید در خاک نفوذ کند (mm/hr) .

k : ثابت تبدیل واحد ، که برای سیستم متریک برابر ۳۶۰۰ و برای سیستم انگلیسی ۹۶/۳ است .

q : دبی آبپاش (L/s) .

R_j : شعاع دایره مرطوب شده آبپاش (m) .

ω : قطاعی از دایره که آبیاری می شود (درجه) .

این رابطه مشابه رابطه ۵,۶ است . مساحت مرطوب شده بر اساس ۹۰ درصد شعاع پرتاب محاسبه می شود که شدت پاشش تقریبی را در بخش اعظم الگوی پاشش آبپاش بدست می دهد (به جای محاسبه شدت پاشش متوسط در تمام منطقه مرطوب شده) .

با استفاده از داده های شکل ۱۳,۵ ، برای دایره پاشش کامل :

$$I_t = \frac{3600 \times 8.97}{\pi(0.9 \times 40)^2} \times \frac{360}{360} = 7.9 \text{ mm/hr}$$

این عدد بر اساس مقادیر محافظه کارانه شکل ۱۳,۵ محاسبه شده است و مربوط به بخش اعظم مساحت مرطوب شده می شود (نه ۱۰۰٪ آن) . اگر ظرفیت نفوذ خاک بیش از I_t مربوط به حداکثر زمان آبیاری ، T_a ، باشد ، رواناب ایجاد نمی شود .

شدت پاشش متوسط مربوط به تمام دایره مرطوب شده (۱۰۰٪ ناحیه مرطوب شده) به صورت زیر می باشد :

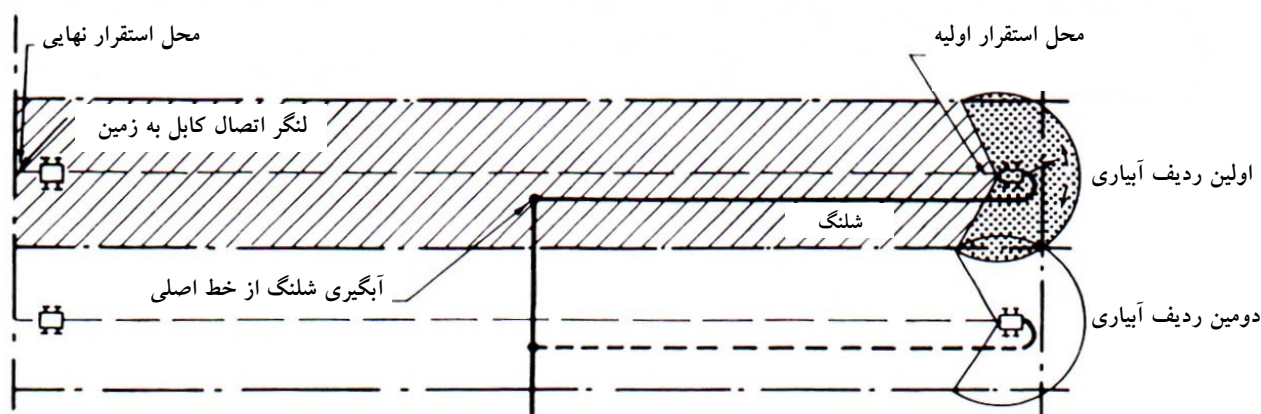
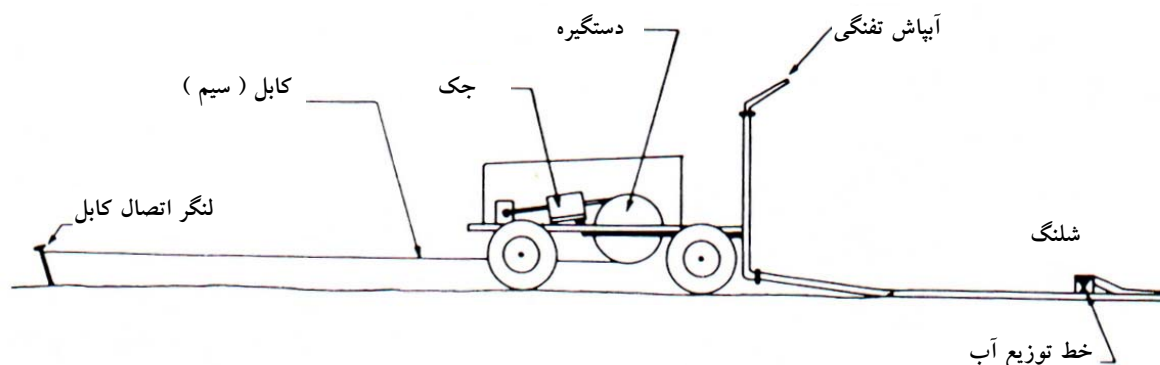
$$I_t = \frac{3600 \times 8.97}{\pi(1 \times 40)^2} \times \frac{360}{360} = 6.4 \text{ mm/hr}$$

این مقدار برابر است با میانگین وزنی مقادیر جمع شده در قوطی ها برای آزمایشی که ۱ ساعت بطول انجامیده است (شکل ۱۳,۵ را ببینید) که این برابری ، چندان معمول نمی باشد . زیرا بطور ضمنی این موضوع را می رساند که نیمرخ ، نشان از متوسط آب دریافتی داشته و هیچ نوع تلفات بادردهگی یا تبخیر وجود ندارد (که با واقعیت در تضاد است) .

براساس داده های جدول ۱۳,۱ و رابطه ۱۳,۱ ، شدت پاشش واقعی از نازل های ۲۰ و ۴۰ میلیمتری با دایره پاشش کامل تحت فشار ۵۵۰ کیلوپاسکال ، ۶/۶ و ۱۱/۲ میلیمتر در ساعت می باشد . با استفاده از نازل های روزنه ای ، که قطر دایره مرطوب شده را حدود ۵٪ کاهش می دهند ، شدت پاشش به ترتیب به ۷/۴ و ۱۲/۴ میلیمتر در ساعت افزایش پیدا می کند . برای نازل مخروطی که قسمت خشک باقی مانده مقابل دستگاه ، ۷۵ درجه است ، (شکل ۱۳,۱ را ببینید) ، شدت پاشش به مقادیر ۸/۴ و ۱۴/۲ میلیمتر در ساعت افزایش می یابد .

انتخاب ارابه

زمانیکه یک ارابه شلنگی انتخاب می شود، این سیستم باید بتواند یک آپاش تفنگی با شدت جریان مورد نیاز را نگهدارد. همچنین باید توان لازم برای کشیدن شلنگ یا آپاش با سرعت مورد نیاز برای برآورده کردن معیارهای طرح را داشته باشد. (شکل ۱۳،۶ را ببینید). برای یکنواختی توزیع آب در سطح تحت آبیاری، لازم است سرعت حرکت ارابه ثابت باشد. بنابراین، کنترل کننده هایی که اجازه تغییر سرعت بیش از $\pm 10\%$ درصد را نمی دهند و جریان را در انتهای مسیر حرکت قطع می کنند مورد نیاز هستند.



شکل ۱۳،۶ / ارابه شلنگ کش.

ارابه های شلنگ کش و شلنگ پیچ بیشتر در مکانیزم بکسل کردن و کشیدن شلنگ متفاوتند. بنابراین، مسئله حفظ سرعت حرکت ارابه در مقداری ثابت، در این دو نوع سیستم، متفاوت است. برخی عوامل که قابلیت سیستم شلنگ کش را برای حفظ سرعت حرکت ثابت، تحت تأثیر قرار می دهند عبارتند از:

۱- تغییر در مقاومت کششی، که تابعی از شرایط زمین در طول مسیر حرکت است، و طول شلنگی که به دنبال دستگاه کشیده می شود، که در طول مسیر حرکت از مقدار تقریبی صفر تا طول کامل شلنگ تغییر می کند.

۲- تغییر در فشار آب و شدت جریان.

۳- قطر در حال ازدیاد قرقره (به دلیل جمع شدن شلنگ به دور آن). این موضوع باید در طراحی مکانیزم ارابه در نظر گرفته شود تا سرعت حرکت آن در طول آبیاری تغییر نکند.

ویژگیهای منبع نیرو که بر روی ارابه نصب می شود ، باید با مقاومت در برابر کشیده شدن شلنگ بر روی زمین هماهنگ باشد . زیرا این مقاومت ممکن است در طول مسیر حرکت بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ درصد تغییر کند . بنابراین ، طراحی و عملکرد ارابه باید به گونه ای باشد که در دامنه ای از شرایط مختلف عملکرد قابل قبولی داشته باشد .

میزان کشتش لازم برای کشیدن شلنگ بر روی زمین بستگی دارد به بافت خاک ، شرایط رطوبتی خاک و نوع پوشش گیاهی . مقدار کشتش مورد نیاز بر روی خاکهای برهنه و مرطوب که حالت چسبندگی پیدا می کنند ، بیشترین ، و بر روی پوشش گیاهی مرطوب یا خاکهای شنی برهنه ، کمترین مقدار است . برای خاکهای چسبناک ، مسیر حرکت ارابه باید با چمن یا پوشش مشابه کشت شود تا حرکت ارابه تسهیل شود .

عملکرد آبپاش ، تحت تأثیر تلاطمی می باشد که درون مکانیزم حرکتی ارابه ایجاد می شود . این نوع تلاطم ممکن است در لوله کشی درون دستگاه و به دلیل ناصافی سطوح داخلی لوله ها ، تغییر اندازه لوله ها و موانعی که در نزدیکی پایه آبپاش قرار دارند ایجاد شود . بنابراین ، صاف بودن سطح لوله ها نیز از عوامل مؤثر در انتخاب نوع ارابه است .

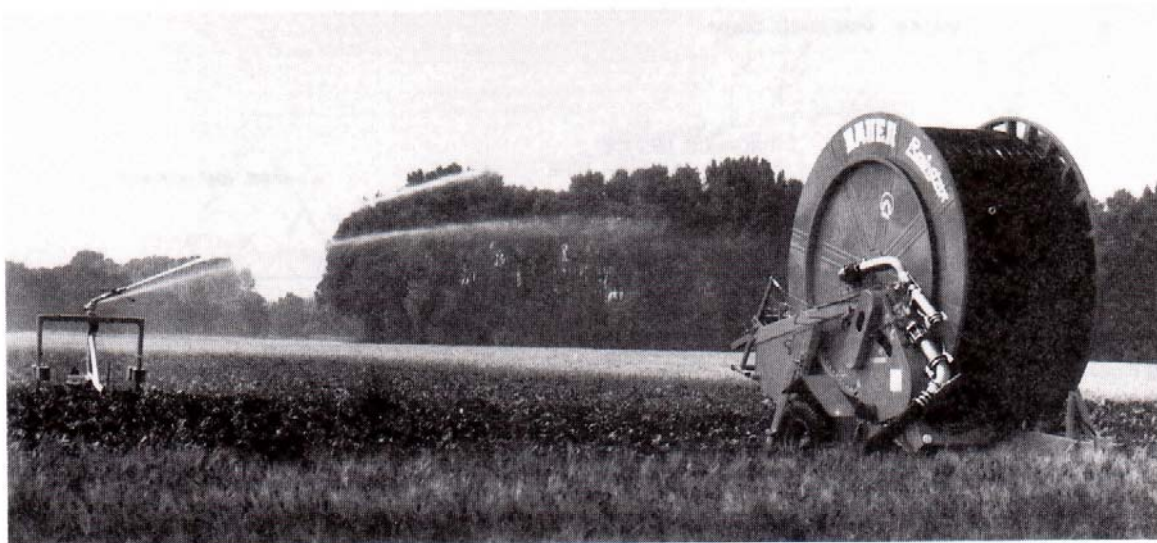
مکانیزم قرقره دستگاه به نحو است که آب درون شلنگ را در هنگام پیچیده شدن آن بدور قرقره تخلیه می کند . این نوع قرقره ها امکان انبار کردن شلنگ در خارج از فصل آبیاری را نیز فراهم ساخته که روشی بهتر از کشیدن شلنگ بر روی زمین (برای جابجایی آن از یک مزرعه به مزرعه دیگر) می باشد .

سیستم های شلنگ پیچ (که از شلنگهای پلاستیکی سخت استفاده می کنند) ، در مکانیزم بکسل کردن و کشیدن شلنگ ، نسب به سیستم های شلنگ کش دارای تفاوتی هستند که این تفاوتها ، بستگی به این دارند که قرقره در سمت قرار گرفتن آبپاش قرار می گیرد (قرقره متحرک) یا در انتهای ثابت شلنگ نصب می شود (قرقره ثابت ، شکل ۱۳،۷ و ۱۳،۸ را ببینید) .

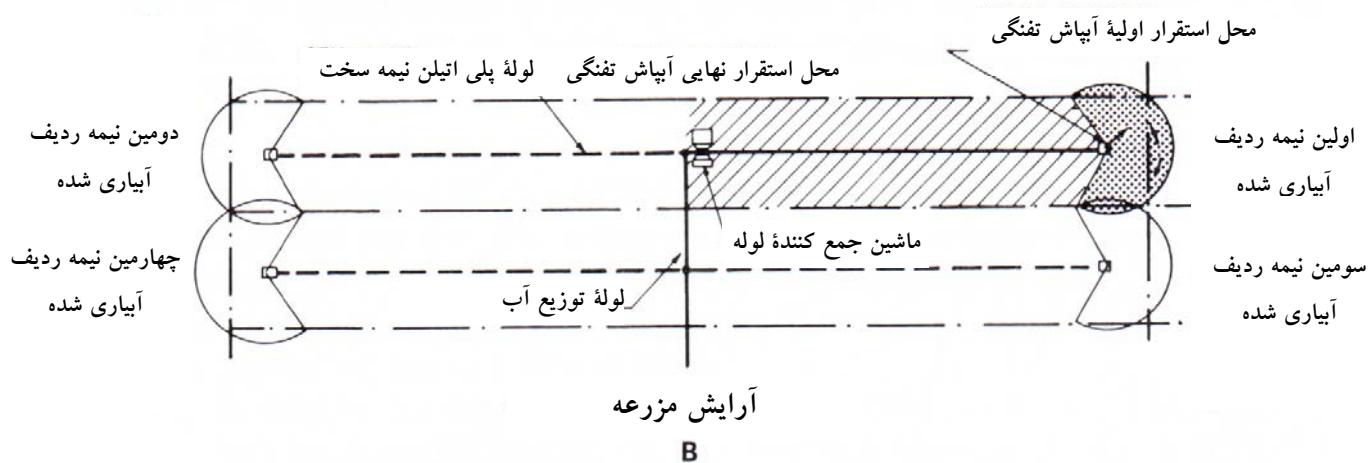
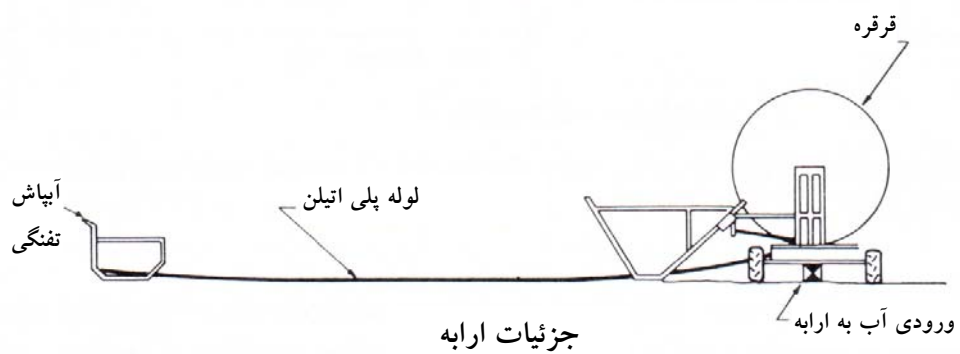
فاصله بین مسیرهای حرکت ارابه

یکنواختی توزیع آب در سیستم های ارابه ای تحت تأثیر عوامل زیر است :

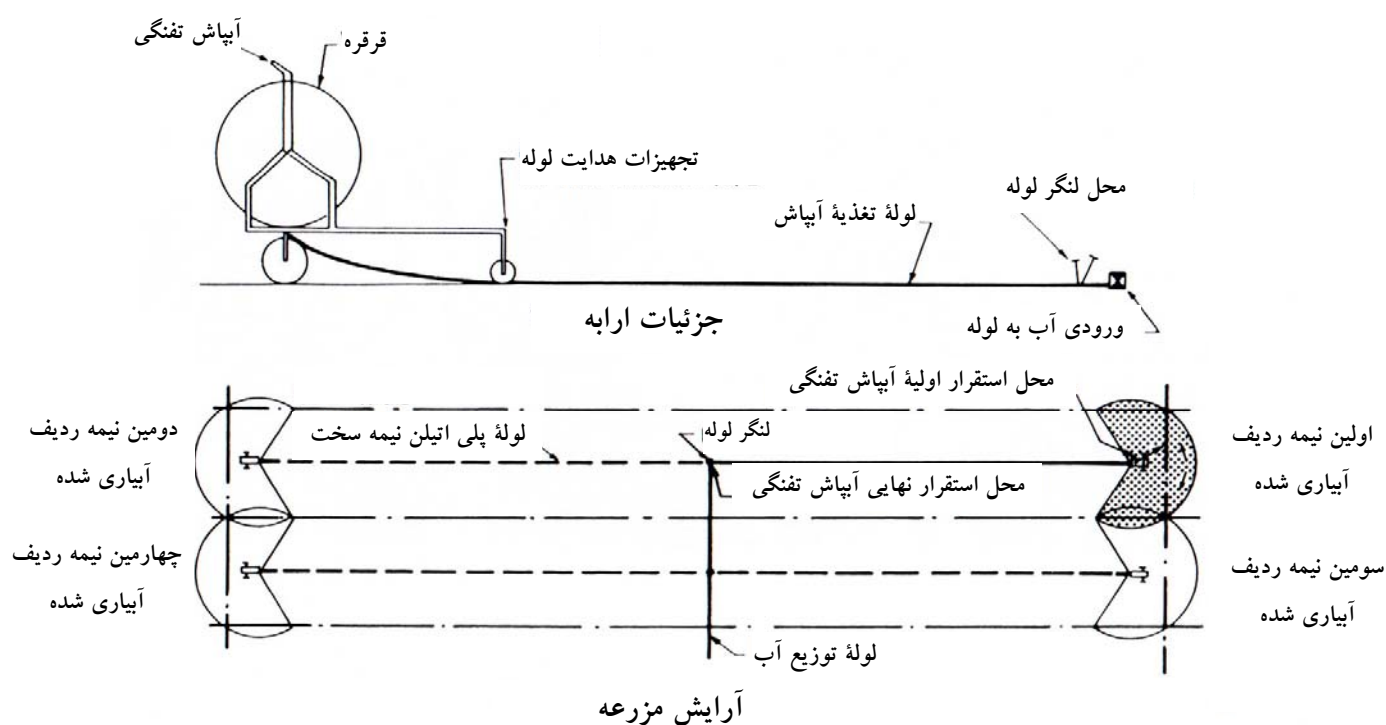
- سرعت و جهت باد .
- زاویه پرتاب آبپاش .
- نوع نازل .
- قطاع مرطوب شده (در مورد آبپاشهای با دایره پاشش ناقص) .
- مشخصات نیمرخ پاشش .
- همپوشانی بین آبپاشها در مسیرهای مجاور .
- تغییرات فشار کارکرد سیستم .
- تغییرات سرعت حرکت ارابه .



A



شکل ۱۳،۷ / نحوه قرار گیری و حرکت ارابه شلنگ پیچ در مزرعه.

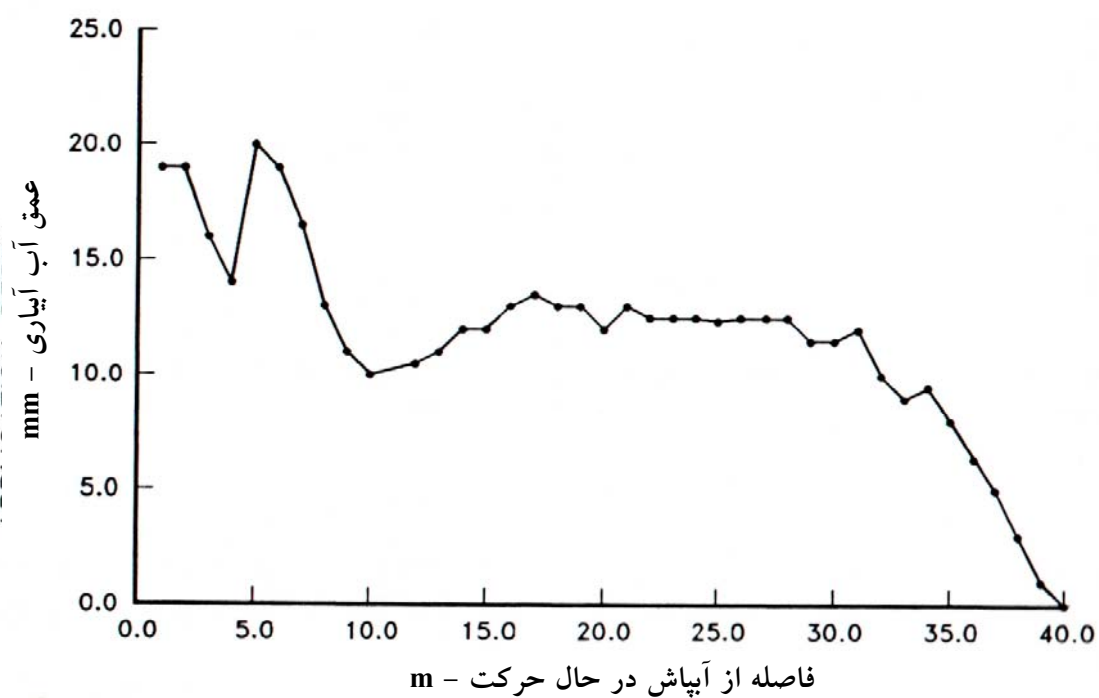


شکل ۱۳،۸ / ارایه شلنگ پیچ.

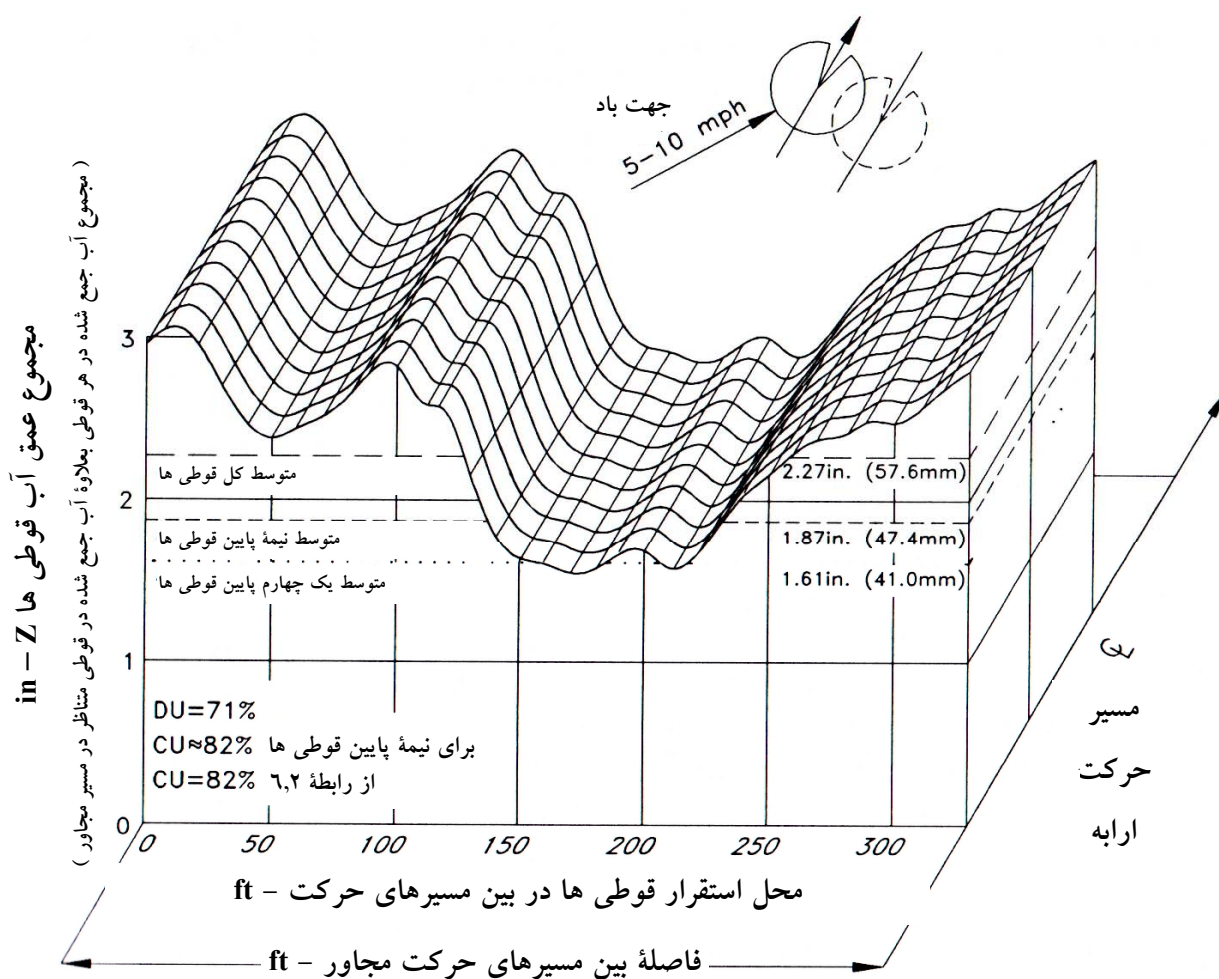
برای بادهای نزدیک به ۱۶ کیلومتر در ساعت، مقدار CU در قسمت مرکزی مزرعه، به شرط رعایت فاصله مناسب بین مسیرهای حرکت، معمولاً بین ۷۰ تا ۷۵ درصد می باشد. واضح است که این مقادیر به نسبت تغییرات سرعت حرکت ارایه در نقاط مختلف مزرعه متفاوتند.

حرکت پیوسته ارایه درست مانند این است که از یک سیستم با جابجایی متناوب که فاصله آپاشها بر روی لاترالها کم است استفاده کنیم. این موضوع باعث بهبود یکنواختی در مقایسه با آپاشهای تفنگی با جابجایی متناوب می شود. بنابراین، برای یک ارایه، یکنواختی توزیع مورد انتظار در مرکز مزرعه باید بیش از یکنواختی مربوط به سیستم با جابجایی متناوب مجهز به آپاشهای تفنگی یا بوم (که براساس شدت پاشش آپاش ثابت محاسبه شده) در نظر گرفته شود. از شکل ۱۳،۵ واضح است که فاصله بین مسیرهای حرکت به اندازه ۸۰ تا ۹۰ درصد قطر دایره پاشش آپاش، منجر به بهترین یکنواختی در شرایط باد بسیار آرام می گردد. کمتر گرفتن فاصله بین مسیرهای حرکت منجر به افزایش بیش از حد عمق آب دریافتی در بین دو مسیر مجاور می گردد.

شکل ۱۳،۱۰ پروفیل عمق آب دریافتی برای نوارهای ۱۰۰ متری آبیاری ارایه ای را نشان می دهد. این نمودار بر اساس اطلاعات مزرعه ای مربوط به یک آپاش ارایه ای با سرعت ۰/۳۰۵ متر در دقیقه و دبی ۳۱/۵۶ L/s در فشار کارکرد ۳۱۰ KPa می باشد. قوطی هایی نیز در این شکل مشاهده می شوند. باد مخالف با سرعت ۲/۲ تا ۴/۵ متر در ثانیه در محل وجود داشته و قطاع مرطوب شده نیز به اندازه ۳۳۰ درجه می باشد. در نظر گرفتن همپوشانی بین دو مسیر مجاور (جمع کردن عمق آب جمع شده در قوطی ها با قوطی های متناظر در آپاش مجاور)، منجر به شبیه سازی سیستم آبیاری ارایه ای در طول مسیرهای حرکت مجاور می شود.



شکل ۱۳,۹ / نیمرخ عمق پاشش مربوط به آبپاش تفنگی (ارا به ای) در حال حرکت که نیمرخ شدت پاشش آن در زمان سکون در شکل ۱۳,۵ نمایش داده شده است . $\omega = 270^\circ$ و $V_r = 40 \text{ m/hr}$.



شکل ۱۳،۱۰ / نیمرخ عمق پاشش آبپاش ارابه ای بین مسیرهای حرکت براساس آزمایش های صحرایی.

نتایج جالبی از شکل ۱۳،۱۰ قابل استخراج است. از جمله:

- ۱- آب در جهت باد تا فاصله ۷۶ متری از آبپاش انتقال می یابد. اما در خلاف جهت باد، تنها ۴۹ متر منتقل می شود. با وجود اینکه بادها نسبتاً ملایم و نسبت به جهت حرکت ارابه، دارای زاویه ۴۵ درجه بوده اند.
- ۲- عمق آب قوطی ها بعد از همپوشانی (مجموع عمق آب قوطی های متناظر) در نقطه ای بین مسیرهای حرکت، حداقل می باشد. اگر قطاع مرطوب شده، ۹۰ درجه کوچکتر شود، باز این موضوع مصداق دارد (شکل ۱۳،۳ را برای $\omega = 240$ ببینید). با این وجود، شدت پاشش مؤثر بالاتر، می تواند مشکل ساز باشد.
- ۳- علیرغم شکل فعلی نیمرخ آب دریافتی در سرتاسر نوار قرار گرفته بین دو مسیر حرکت مجاور، $CU = 82\%$ نسبتاً قابل قبول است. بطور کلی این موضوع بدان جهت است که عمق های دریافتی در جهت حرکت ارابه، یکنواخت فرض شده اند. (همانطور که در شکل ۱۳،۱۰ نشان داده می شود).
- ۴- متوسط نیمه پایین داده های قوطی های جمع آوری آب، تقسیم بر متوسط کل این داده ها ($0.82 = 27/2 \div 1/87$)، بیانگر پارامتر CU با همان مقدار ۸۲ درصد می باشد که از رابطه ۶،۲ محاسبه شده است.

جدول ۱۳,۳ / فاصله توصیه شده برای مسیرهای حرکت ارابه تحت شرایط بادی مختلف.

دامنهٔ سرعت باد , mph							
قطر مرطوب شده آبپاش ft	بیشتر از 10		5 تا 10		2 تا 5		0 تا 2
	۱ فاصلهٔ آبپاشها براساس درصدی از قطر مرطوب شدهٔ آبپاش						
	50	55	60	65	70	75	80
	۱ فاصلهٔ بین مسیرهای حرکت , ft						
200	100	110	120	130	140	150	160
250	125	137	150	162	175	187	200
300	150	165	180	195	210	225	240
350	175	192	210	227	245	262	280
400	200	220	240	260	280	300	320
450	225	248	270	292	315	338	360
500	250	275	300	325	350	375	400
550	275	302	330	358	385	412	440
600	300	330	360	390	420	-	-

^۱ برای نازلهای مخروطی از ارقام بزرگتر استفاده کنید .

جدول ۱۳,۳ فواصل توصیه شده بین مسیرهای حرکت برای ارابه های دارای آبپاش تفنگی با زاویه پرتاب ۲۳ تا ۲۵ درجه را نشان می دهد . فواصل به عنوان تابعی از قطر دایره پاشش آبپاش و سرعت پیش بینی شده باد ارائه شده اند . با استفاده از این فواصل ، پوشش کامل بین مسیرهای حرکت ارابه تضمین می شود . مقادیر بالاتر که برای شرایط بادی مختلف ارائه شده اند ، باید برای نازلهای مخروطی و مقادیر کمتر ، برای نازلهای روزنه ای استفاده شوند . در جاییکه متوسط سرعت باد از ۱۶ کیلومتر در ساعت تجاوز می کند ، می بایست آبپاشهای دارای زاویه پرتاب ۲۰ تا ۲۱ درجه مورد استفاده قرار گیرند . در شرایطی که سرعت باد ناچیز است ، زوایای پرتاب ۲۶ تا ۲۸ درجه بهترین نتیجه را بدست می دهند .

عمق آبیاری و سرعت حرکت ارابه

شدت پاشش آبپاش تحت تأثیر سرعت حرکت ارابه قرار ندارد . اما عمق کاربرد آب (عمق آب دریافتی در هر نقطه) متأثر از سرعت حرکت ارابه است . این موضوع ، طراحی بهینه سیستم های ارابه ای را منوط به روش سعی و خطا می کند ، به نحوی که شدت جریان و زمان استراحت دستگاه حداقل ممکن باشد . برای بهینه کردن طرح ، سرعت حرکت ارابه باید به نحوی انتخاب شود که عمق آب دریافتی طراحی شده ، اعمال شود و کل زمان جابجایی دستگاه برای طی کردن چند مسیر حرکت ، تقریباً برابر با دور آبیاری باشد . این کار بدون داشتن یک استراتژی مناسب طراحی بسیار مشکل است . زیرا عمق آبیاری طراحی شده ، دور آبیاری ، دبی آبپاش تفنگی ، طول مسیرهای حرکت و فاصله بین مسیرها ، همگی به یکدیگر وابسته اند .

عمق آبیاری

متوسط عمق ناخالص آبیاری که در هر نوبت توسط سیستم ارا به ای اعمال می شود ، به صورت زیر قابل محاسبه است :

$$d = K \frac{q}{V_t W} \quad (۱۳,۲)$$

d : عمق ناخالص آبیاری (mm)

K : ثابت تبدیل واحد ، که برای سیستم متریک برابر ۶۰ و برای سیستم انگلیسی ۱/۶۰۴ است .

q : دبی آبپاش (L/s)

W : فاصله مسیرهای حرکت (m)

V_t : سرعت حرکت ارا به (m/min)

راندمان کاربرد آب برای سیستم های ارا به ای با آبپاش تفنگی نسبتاً کم است . این موضوع حتی در قسمتهای مرکزی مزرعه نیز صادق است . یعنی جایی که همپوشانی و عملکرد سیستم در بهترین شرایط قرار دارد . دامنه معمول یکنواختی کاربرد و راندمان کاربرد آب در یک سیستم ارا به ای که بخوبی طراحی شده باشد به صورت زیر است :

- در شرایط باد بسیار کم (۰ تا ۸ کیلومتر در ساعت) : $CU \approx ۸۲\%$ ، $E_h \approx ۷۷\%$.

- در شرایط باد شدید (نزدیک به ۱۶ کیلومتر در ساعت) : $CU \approx ۷۰\%$ ، $E_h \approx ۶۵\%$.

مقادیر E_q نیز از ۶۷ تا ۵۵ درصد متغیر است . با اینحال ، E_h بیش از E_q در رابطه ۵,۳ استفاده می شود تا عمق خالص آبیاری ، d_n ، از روی d یا برعکس محاسبه شود . زیرا سیستم های ارا به ای بیشتر برای آبیاری تکمیلی و یا محصولات کم ارزش تر یا علوفه ای استفاده می شوند .

سرعت حرکت ارا به

سرعت حرکت ارا به ، V_t ، باید به گونه ای تنظیم شود که ارا به طول مسیر حرکت را در ۲۳ ساعت (برای یک استقرار در شبانه روز) یا ۱۱ ساعت (برای دو استقرار در شبانه روز) طی کند . این کار باعث می شود تا ۱ ساعت برای جابجایی دستگاه بین دو مسیر حرکت و سایر کارهای لازم باقی بماند . همچنین باعث می شود که زمان استراحت دستگاه ، به شرط اینکه تعداد مسیرهای حرکت برابر با دور آبیاری برای یک استقرار در روز باشد (یا دو برابر دور آبیاری برای دو استقرار در روز) ، حداقل گردد . برای مثال ، در جاییکه ارا به در مرزهای زمین ، آبیاری را شروع و خاتمه می دهد (همانطور که در شکل ۱۳,۱ نشان داده شده است) ، سرعت حرکت ارا به برای یک استقرار در شبانه روز بر روی مسیر حرکت ۴۰۰ متری ، باید تقریباً $۰/۳ \text{ m/min} = (۲۳ \times ۶۰) / ۴۰۰$ باشد .

زمان و محل استقرار ارا به

در جاییکه ارا به در درون مرزهای زمین شروع به کار می کند (یا از کار باز می ایستد) ، یعنی زمانیکه سیستم قبل از رسیدن به مرز زمین آبیاری را تمام می کند ، سرعت حرکت آن باید برابر با زمانی باشد که قرار است کل مسیر حرکت را طی کند (از یک مرز زمین تا مرز دیگر حرکت کند) . اما زمان استقرار مناسب ، که در طی آن آبپاش کار می کند اما ارا به حرکت نمی کند ، باید در هر سمت زمین در نظر گرفته شود . مجموع زمانهای استقرار در دو سمت زمین باید برابر باشد

با زمانیکه طول می کشد تا ارا به ، فاصله باقی مانده تا لبه زمین را طی کند . استراتژی استفاده شده برای محاسبه زمان استقرار اولیه و نهایی ارا به ، بستگی به این دارد که آیا حرکت ارا به از یک انتهای زمین به انتهای دیگر (شکل ۱۳,۶ را ببینید) و یا از یک انتهای زمین تا میانه زمین (شکل ۱۳,۷ را ببینید) می باشد . همچنین بستگی به قطاع مرطوب شده ، ω ، که می تواند بین ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه باشد نیز دارد . اول ، روش مرز به مرز (end-to-end) یا روش مرز به میانه (end-to-center) برای یک مزرعه منفرد در نظر گرفته می شود .

استراتژی (روش) مرز به مرز

ارابه های شلنگ کش معمولاً بطور پیوسته و در تمام طول مسیر حرکت ، در یک جهت کار می کنند . فاصله از نقطه استقرار اولیه تا لبه مزرعه باید تقریباً برابر باشد با :

$$ID_e = \left(\frac{2}{3}\right) \times R_j \quad (13,3)$$

و فاصله از نقطه استقرار نهایی تا لبه انتهای مزرعه نیز باید تقریباً برابر باشد با :

$$FD_e = \left(\frac{2}{3}\right) \times \left(1 - \frac{360 - \omega}{360}\right) R_j = \left(\frac{2}{3}\right) \times \left(\frac{\omega - 180}{180}\right) R_j \quad (13,4)$$

شکل ۱۳,۱۱ آرایش مربوط به استقرار اولیه و نهایی ارا به را برای دو نوع سیستم آبیاری ارا به ای که در آنها ، فواصل بین مسیرهای حرکت ، $R_j/5$ و $ID_e = \left(\frac{2}{3}\right) \times R_j$ است نشان می دهد . همانطور که مشخص است ، الگوهای پاشش مربوط به آبپاش در دو مسیر حرکت مجاور ، در نقطه X بروی لبه ای از مزرعه که ارا به حرکت خود را از نزدیک آن آغاز می کند ، با یکدیگر تلاقی می کنند . زیرا :

$$ID_e = (R_j^2 - (0.75R_j)^2)^{0.5} \approx 0.66R_j \approx \left(\frac{2}{3}\right)R_j$$

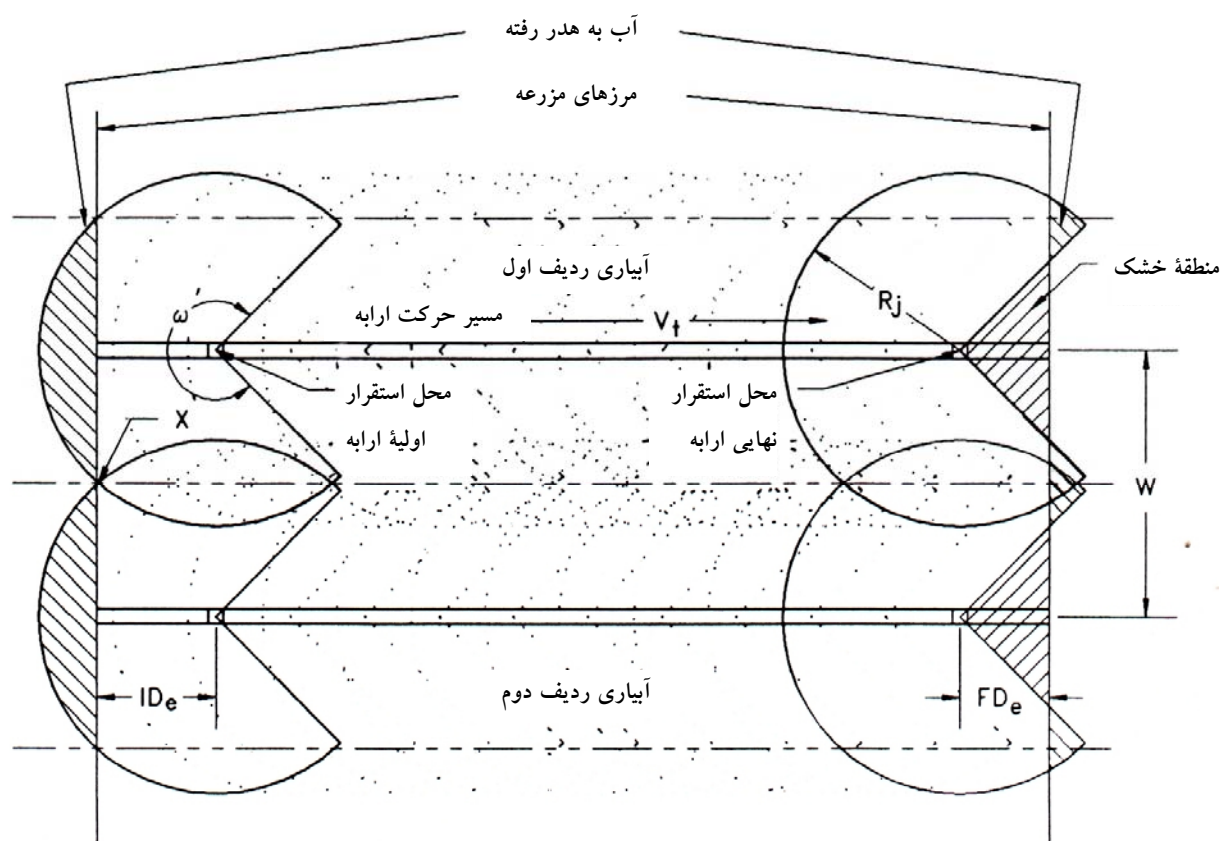
کل زمان استقرار ارا به (استقرار اولیه + استقرار نهایی) باید برابر با زمانی باشد که برای حرکت ارا به در کل مسیر حرکت با سرعت V_t مورد نیاز است . این زمان باید بطور تقریباً مساوی بین استقرار در ابتدا و انتهای مسیر تقسیم شود . بنابراین :

$$IT_e = FT_e = \frac{ID_e + FD_e}{2V_t} = \left(\frac{2}{3}\right) \frac{\omega}{360} \times \frac{R_j}{V_t} \quad (13,5)$$

IT_e : زمان استقرار اولیه برای روش مرز به مرز (min)

FT_e : زمان استقرار نهایی برای روش مرز به مرز (min)

براساس استراتژی عملیاتی که در بالا تشریح شد ، متوسط عمق آب دریافتی در دو انتهای مسیر حرکت برابر با $0.5d$ می باشد (یعنی ۵۰ درصد از عمق ناخالص آبیاری) . متوسط عمق دریافتی در فاصله R_j از مرزها به درون مزرعه ، به d افزایش می یابد و از این فاصله به بعد ثابت می ماند . این موضوع برای روش مرز به مرز بدون زمان استقرار و هم برای روش مرز به مرز با در نظر گرفتن زمانهای استقرار صادق است .



شکل ۱۳،۱۱ / پلان سیستم آبیاری ارا به ای و الگوی مرطوب شده آن در حاشیه زمین مربوط به ارا به شلنگ کش
به همراه علائم مربوط به محل استقرار اولیه و نهایی ارا به.

برای به تصویر درآوردن این موضوع، فرض کنید یک آبپاش تفنگی با دایره پاشش کامل ($\omega = 360^\circ$) و نیمرخ یکنواخت شدت پاشش مورد استفاده قرار گرفته و عمق آب دریافتی مستقیماً متناسب است با زمان آبیاری، $d \propto T_a$ ، شکل ۱۳،۱۲ الگوی پاشش برای آبپاش ارا به ای که در لبه مزرعه یا درون مزرعه شروع به حرکت کرده را نشان می دهد (قسمت A را ببینید). قسمت B نیمرخ مربوط به زمان آبیاری متناظر با قسمت A در طول مسیر حرکت را نشان می دهد. در نقطه شروع حرکت، $T_a = \frac{R_j}{V_t}$ و در هر نقطه دیگری در طول مسیر حرکت که در فاصله بزرگتر از R_j از لبه زمین قرار داشته باشد، $T_a = \frac{2R_j}{V_t}$. این موضوع در مورد روش حرکت ارا به از لبه مزرعه و بدون در نظر گرفتن زمان استقرار کاملاً واضح است. همچنین برای شروع حرکت از درون مزرعه و با در نظر گرفتن زمان استقرار. برای مثال، از رابطه ۱۳،۳:

$$ID_e = \left(\frac{2}{3}\right)R_j$$

و از رابطه ۱۳،۵، با فرض دایره پاشش کامل:

$$IT_e = \left(\frac{2}{3}\right)\frac{360}{360} \times \frac{R_j}{V_t} = \left(\frac{2}{3}\right)\frac{R_j}{V_t}$$

بنابراین، کل زمان آبیاری در انتهای مسیر حرکت ارا به برابر است با IT_e بعلاوه زمانیکه برای پیمودن مسیری بطول $R_j - ID_e$ لازم است:

$$T_a = \left(\frac{2}{3}\right) \frac{R_j}{V_t} + \frac{\left[R_j - \left(\frac{2}{3}\right)R_j\right]}{V_t} = \frac{R_j}{V_t}$$

استراتژی (روش) مرز به میانه

آبپاشهای ارا به ای شلنگ پیچ معمولاً در انتهای مسیر حرکت شروع به کار کرده و به مرکز زمین کشیده می شوند . شکل ۱۳،۷ و شکل ۱۳،۸ نمایی از این نوع استقرار را نشان می دهند . فواصل بین نقطه شروع اولیه و لبه مزرعه در هر دو انتهای مسیر حرکت باید همانند روش مرز به مرز در نظر گرفته شود . بنابراین ، ID_e باید از رابطه ۱۳،۳ محاسبه شود . علاوه بر این ، آبپاش باید تا نقطه ای نزدیک به میانه مسیر حرکت کشیده شود که در این صورت FD_e برابر صفر است . ($FD_e = 0$)

کل زمان استقرار در هر نیمه مسیر حرکت ، با همان استدلالی که قبلاً تشریح شد ، باید ID_e/V_t باشد . با اینحال ، برای استراتژی مرز به میانه ، زمان استقرار به صورت زیر بین دو استقرار اولیه و نهایی تقسیم می شود (نه بصورت مساوی) :

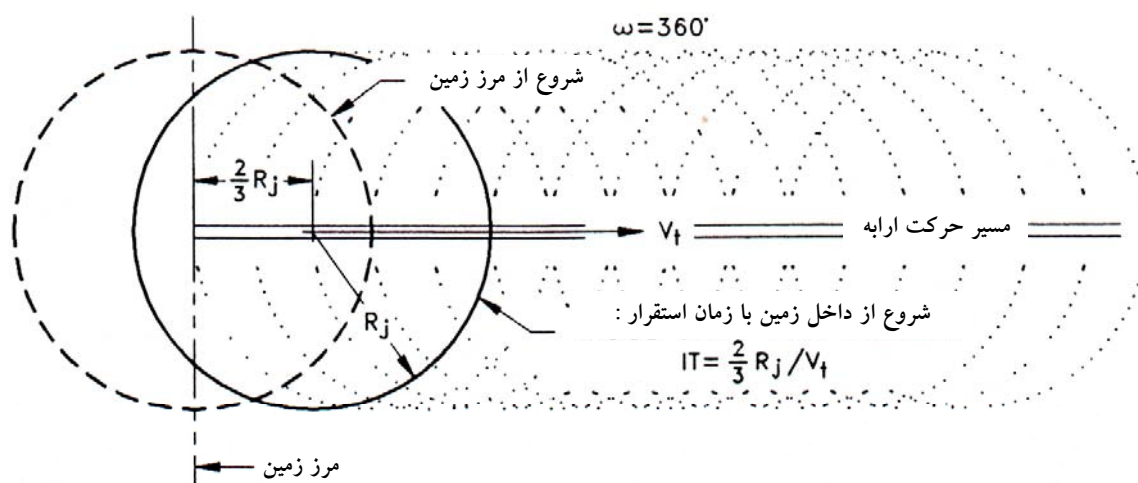
$$IT_e = \frac{\omega}{360} \times \frac{ID_e}{V_t} = \left(\frac{2}{3}\right) \frac{\omega}{360} \times \frac{R_j}{V_t} \quad (13,6a)$$

و

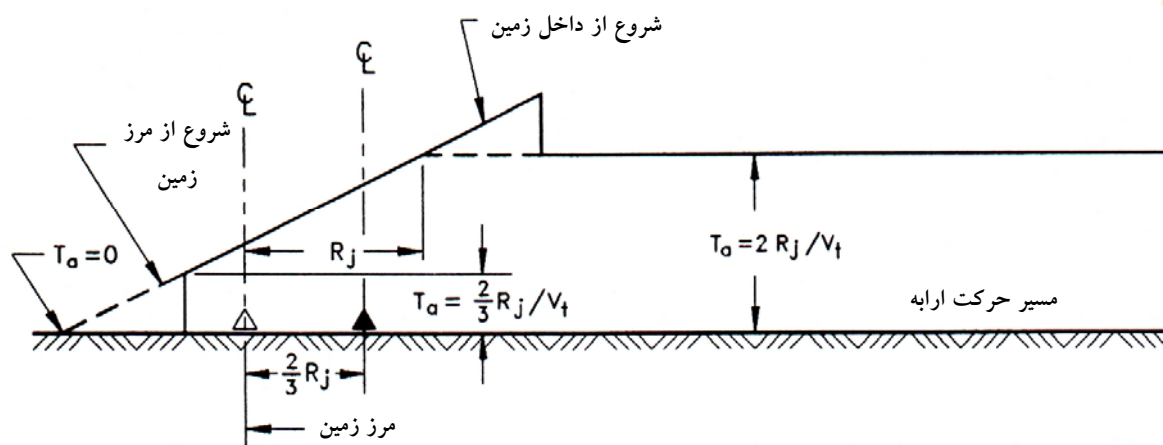
$$FT_e = \left(1 - \frac{\omega}{360}\right) \times \frac{ID_e}{V_t} = \left(\frac{2}{3}\right) \left(1 - \frac{\omega}{360}\right) \times \frac{R_j}{V_t} \quad (13,6b)$$

IT_e : زمان استقرار اولیه برای روش مرز به میانه (min)

FT_e : زمان استقرار نهایی برای روش مرز به میانه (min)



A / پلان و الگوی مرطوب شده آبپاش ارابه ای برای شروع آبیاری از مرز مزرعه و شروع آبیاری از داخل مزرعه.



B / نیمرخ زمان پاشش (زمان آبیاری) برای شروع آبیاری از مرز مزرعه و شروع آبیاری از داخل مزرعه.

شکل ۱۳، ۱۲ / الگوی پاشش آبپاش ارابه ای و نیمرخ زمان پاشش مربوط به آن در طول مسیر حرکت با $\omega = 360^\circ$.

مزارع بزرگ یا مزارع همجوار

گاهی اوقات سیستم های ارابه ای بر روی مزارع همجوار که می توانند بصورت یکپارچه و بدون وجود نوار خشک بین آنها آبیاری شوند، و یا بر روی مزارع طولی که نیازمند چندین سیستم در طول مسیرهای حرکت هستند مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۱۳، ۱۳ را ببینید). با استفاده از روش مرز به مرز، عدم پیوستگی در منطقه انتهایی مزرعه اول و منطقه ابتدایی مزرعه دوم برطرف می شود. معیارهای طراحی و بهره برداری زیر برای دستیابی به این هدف در مزارع همجوار توصیه می شوند (شکل ۱۳، ۱۳ را ببینید):

۱- مسیرهای حرکت باید بین مزارع همجوار یا در طول مزارع طولی، بصورت پیوسته ادامه یابند. ارابه نیز باید در تمامی مسیرها، در یک جهت حرکت کند. علاوه بر این، مقادیر q ، R_j ، ω ، d و در نتیجه V_t باید در مزارع همجوار و یا طولانی، تقریباً ثابت و یکسان باشند.

۲- قسمتهای ۱ و ۲ (که در جهت حرکت ارا به شماره گذاری شده اند) را از نظر طول یکسان بگیرید تا یک مسیر حرکت پیوسته (۱+۲) ایجاد شود . نقطه آغاز حرکت ارا به ، $(ID_e)_1$ ، از رابطه ۱۳,۳ و $(FDe)_2$ از رابطه ۱۳,۴ محاسبه می شوند . مقادیر $(ID_e)_2$ و $(FDe)_1$ تا حد امکان باید نزدیک به صفر باشند . بهتر است که آبپاش در حین آبیاری در قسمت (۱) تا مرز دو قسمت انتقال یابد و سپس در حین آبیاری قسمت (۲) ، این مسیر را ادامه دهد . با اینحال ، گاهی این کار عملی نیست .

۳- زمانهای استقرار $(IT_e)_1$ و $(FDe)_2$ از رابطه ۱۳,۵ محاسبه می شوند و زمان استقرار در مرز دو قسمت از رابطه زیر بدست می آید :

$$(FT_e)_1 = (IT_e)_2 = \frac{(FDe)_1 + (ID_e)_2}{2V_t} \quad (13,7)$$

برای روش مرز به میانه ، اجتناب از آبیاری منطقه ناپیوسته واقع در مرز بین دو مزرعه یا مرز بین دو قسمت متوالی ، مشکل تر است . این بدان جهت است که هم در مرکز هر مزرعه و هم در مرکز هر استقرار ، ناپیوستگی وجود دارد . معیارهای طراحی و بهره برداری زیر برای دستیابی به بهترین یکنواختی در روش مرز به میانه در مزارع همجوار توصیه می شوند (شکل ۱۳,۱۳ را ببینید) :

۱- مسیرهای حرکت باید بین مزارع همجوار یا در یک مزرعه طویل ، پیوسته باشد . مقادیر d ، ω ، R_j ، q و در نتیجه V_t ، باید در مزارع همجوار یا در طول یک مزرعه طویل ، تقریباً ثابت و یکسان باشند .

۲- قسمتهای (۱+۲) و (۳+۴) را از نظر طول یکسان بگیرید تا یک مسیر حرکت پیوسته (۱+۲+۳+۴) که دارای قسمتهای هم طول می باشد ، ایجاد شود . آب به مرز (۱|۲) و (۳|۴) در هر قسمت منتقل می شود و مرز بین مزارع (در مزارع همجوار) یا قسمتهای متوالی (در یک مزرعه طویل) در (۲|۳) قرار دارد . سپس ، با توجه به تقارن در طول مسیر حرکت ، نقاط شروع $(ID_e)_1$ و $(ID_e)_4$ باید از رابطه ۱۳,۳ محاسبه شوند . علاوه بر این ، آبپاش (ها) در طول هر استقرار باید تا حد امکان تا مرکز هر قسمت کشیده شوند تا مقادیر $(FDe)_1$ ، $(FDe)_2$ ، $(FDe)_3$ و $(FDe)_4$ تقریباً صفر باشند . برای به حداقل رساندن آبیاری نقطه ناپیوستگی بین مزارع در مرز (۲|۳) :

$$(ID_e)_2 = (ID_e)_3 = \left(\frac{2}{3}\right) \times \left(1 - \frac{\omega}{360}\right) \times R_j \quad (13,8)$$

۳- زمانهای استقرار اولیه برای قطعات بیرونی ، یعنی $(IT_e)_1$ و $(IT_e)_4$ باید از رابطه ۱۳,۶ a محاسبه شوند . برای قطعات درونی نیز ، $(IT_e)_2$ و $(IT_e)_3$ برابر صفر هستند . زمانهای استقرار نهایی برای تمام قطعات از رابطه ۱۳,۶ b محاسبه می شود . واضح است که زمانهای استقرار نهایی برای قطعات بیرونی ، باید برابر با زمانهای استقرار نهایی برای هر مزرعه منفرد باشد . دلیل اینکه این مقدار برای قطعات درونی نیز صادق است این است که زمان استقرار اولیه در این قطعات ، صفر است . بنابراین :

$$(FT_e)_2 = (FT_e)_3 = \frac{(ID_e)_2}{V_t} = \left(\frac{2}{3}\right) \times \left(1 - \frac{\omega}{360}\right) \times \frac{R_j}{V_t} \quad (13,9)$$

خلاصه مطالب در مورد زمان و مکانهای استقرار اولیه و نهایی

دانستن سرعتی که ارابه زمین مورد نظر را آبیاری می کند ، اغلب در فرآیند طراحی و برنامه ریزی مفید است . سرعت آبیاری تابعی از سرعت حرکت ارابه و فاصله بین مسیرهای حرکت ارابه است . این پارامتر با رابطه زیر محاسبه می شود :

$$RIC = \frac{W V_t}{K} \quad (13,10)$$

RIC : سرعت آبیاری (ha/hr) .

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک ۱۶۶/۷ و برای سیستم انگلیسی ۷۲۶ .

W : فاصله مسیرهای حرکت ارابه (m) .

تلفات اصطکاکی

آبپاشهای ارابه ای شلنگی (آبپاشهایی که با شلنگ تغذیه می شوند) ، دارای شلنگهایی هستند که طویل ، انعطاف پذیر ، دارای جداره ضخیم و قادر به تحمل فشار بالا می باشند . شلنگها به شرطی بهترین عملکرد را ارائه می دهند که هیچ اتصالی نداشته باشند و معمولاً ، طول پیوسته آنها به ۴۰۰ متر می رسد . شلنگهای مورد استفاده در سیستم های ارابه ای پرفشار که معمولاً گرانتر هستند ، به راحتی توسط اجسام تیزی که در مسیر کشش آنها وجود دارند صدمه می بینند و تعمیر آنها نیز بسیار مشکل است . علاوه بر این ، حداکثر کشش لازم برای جابجایی شلنگ بر روی زمین نیز تقریباً با توان دوم قطر آن متناسب است . بنابراین ، شلنگهایی با قطر نسبتاً کوچک برای شدت جریانهای نسبتاً بالا استفاده می شوند . در جدول ۱۳،۴ ، مقادیر تلفات اصطکاکی برای دامنه معمول شدت جریان مورد استفاده در هر اندازه شلنگ را ارائه می دهد .

جدول ۱۳,۴ / گرادیان اصطکاکی برای شلنگهای نرم در فشار کارکرد ۶۹۰ kPa.

شدت جریان		قطر اسمی شلنگ , in.									
		گرادیان هیدرولیکی , psi/100 ft and J values									
		2.5		3		4		4.5		5	
L/s	(gpm)	psi	J	psi	J	psi	J	psi	J	psi	J
6.3	100	1.6	3.7								
9.5	150	3.4	7.9	1.4	3.2						
12.6	200	5.6	12.9	2.4	5.5						
15.8	250			3.6	8.3	0.9	2.2				
18.9	300			5.1	11.8	1.3	3.1	0.6	1.4		
25.2	400					2.3	5.3	1.3	2.9		
31.5	500					3.5	8.1	2.1	4.8	1.1	2.5
37.9	600					4.9	11.3	2.7	6.1	1.6	3.7
44.2	700							3.6	8.2	2.1	4.9
50.5	800							4.6	10.5	2.7	6.2
56.8	900									3.4	7.9
63.1	1000									4.2	9.7

1 psi/100 ft = 22.6 kPa/100 m.

قطر داخلی شلنگهای نرم (که برای ارابه های شلنگ کش استفاده می شوند و بعد از تخلیه آب ، بصورت مسطح روی زمین قرار می گیرند) تحت فشار کارکرد نرمال ، ۱۰ درصد افزایش پیدا می کند . بنابراین ، برای گرادیان افت اصطکاکی مشخص ، ظرفیت انتقال شلنگهای نرم نسبت به شلنگهای پلاستیکی سخت (مورد استفاده در ارابه های شلنگ پیچ) با همان قطر ، ۲۰ درصد بیشتر است . مقادیر افت اصطکاکی در جدول ۱۳,۴ برای شلنگهای نرم در فشار تقریبی ۶۹۰ KPa بدست آمده اند .

تلفات اصطکاکی زمانیکه قطر داخلی شلنگ در طول بهره برداری مشخص است ، از رابطه ۸,۷ تخمین زده می شود . شلنگهای سخت با جداره ضخیم و از جنس پلاستیک پلی اتیلن (PE) ، که برای سیستم های ارابه ای شلنگ پیچ استفاده می شوند ، بعد از تخلیه آب بصورت مسطح روز زمین قرار نگرفته و دارای قطر داخلی تنظیم شده ای هستند که به دلیل تغییر فشار ، تغییر نمی کند . بنابراین ، می توانیم از رابطه ۸,۷ بطور مستقیم برای محاسبه تلفات اصطکاک در این شلنگها استفاده کنیم . دو اندازه مرسوم برای شلنگهای PE که در ارابه های شلنگ پیچ استفاده می شوند ، ۱۱۰ mm با قطر داخلی ۹۰ میلیمتر (۴/۳ in با قطر داخلی ۳/۵۴ اینچ) و ۹۰ mm با قطر داخلی ۷۳/۶ میلیمتر (۳/۵ in با قطر داخلی ۲/۹ اینچ) می باشند .

در ارابه هایی که نیروی خود را از توربین های آبی ، پیستونهای آبی یا موتورهای دریافت می کنند ، زمانیکه فشار مورد نیاز سیستم محاسبه می شود ، هم افت فشار در مکانیزم ارابه و هم ارتفاع رایزر باید در نظر گرفته شود . این موضوع بخصوص در مورد ارابه هایی که از توربین های آبی استفاده می کنند مهم است . زیرا در این ارابه ها ، اختلاف فشار بین

ورودی ارا به و پایه آبپاش معمولاً از ۷۰ کیلوپاسکال تجاوز می کند . داده های مربوط به افت اصطکاکی نیز از کارخانه سازنده ارا به در اختیار قرار می گیرد تا وضعیت عملکرد ارا به در سرعت ها و شدت جریانهای مختلف مشخص باشد .

روش طراحی سیستم

ساده ترین راه برای معرفی روش طراحی سیستم آبیاری ارا به ای ، استفاده از یک مثال جامع می باشد . مثال ۱۳،۲ به همین دلیل ارائه شده است . هر مرحله از طراحی ، در همین مثال تشریح شده است .

مثال ۱۳،۲ : طراحی سیستم ارا به ای شلنگ کش .

اطلاعات : مزرعه ۸۰ ایکری به ابعاد ۰/۵ مایل در ۰/۲۵ مایل با یک چاه که در مرکز مزرعه قرار گرفته است (شکل ۱۳،۱ را ببینید) تغذیه می شود . سرعت باد کم فرض شده (بین ۰ mph تا ۵ mph) . راندمان آبیاری نیمه پایین نیز $E_h = 70\%$ می باشد . نیاز آبی حداکثر ، ۰/۲۲ in/day برای گیاه ذرت است . خاک مزرعه شنی بوده و شدت پاشش مجاز و تخلیه مجاز رطوبتی نیز به ترتیب ۱ in/hr و ۳ in می باشد . آبیاری مرزهای زمین مجاز و عملی می باشد . مطلوب است : آرایش سیستم و دبی مورد نیاز آبپاش ، اندازه نازل ، سرعت حرکت ارا به و فشار مورد نیاز در ورودی شلنگ برای سیستم ارا به ای شلنگ کش .

محاسبات : استراتژی که برای بهینه کردن طراحی استفاده می شود به این صورت می باشد :

- ۱- حداقل شدت جریان مجاز سیستم ، Q_s ، محاسبه می گردد .
- ۲- وضعیت آبپاش برای هماهنگی با این دبی تعیین می شود .
- ۳- فاصله بهینه مسیرهای حرکت از بین فواصل عملی ، انتخاب می شود .
- ۴- سرعت حرکت ارا به که عمق آبیاری مورد نیاز را تأمین می کند ، انتخاب و آزمایش می شود .

حداقل شدت جریان سیستم ، Q_s : ساده ترین روش برای بدست آوردن این پارامتر ، فرض دور آبیاری برابر با یک روز است . با استفاده از رابطه ۵،۳ a با مقدار $E_a = E_h = 70\%$ و نیاز آبی در دوره حداکثر مصرف برابر با ۰/۲۲ in/day ، متوسط عمق ناخالص آبیاری برای دور آبیاری یک روزه ، در طول دوره حداکثر مصرف به صورت زیر می باشد :

$$d' = \frac{0.22}{70/100} = 0.32 \text{ in} \quad (5,3 \text{ a})$$

حداقل شدت جریان مورد نیاز سیستم برای مزرعه ای با مساحت ۸۰ A با استفاده از رابطه ۵،۴ و قرار دادن $f = 1 \text{ day}$ و $T = 23 \text{ gr/day}$ بدست می آید .

$$Q_s = \frac{453Ad}{fT} = \frac{453 \times 80 \times 0.32}{1 \times 23} = 504 \text{ gpm} \quad (5,4)$$

انتخاب آبپاش : برای محصول ذرت و خاک شنی ، هیچ ملاحظه ویژه ای از نظر شدت پاشش و تأثیر ضربه قطرات آب لازم نیست . بنابراین ، هم نازل های مخروطی و هم نازل های روزنه ای می توانند مورد استفاده قرار گیرند (در فشار نسبتاً پایین) . از جدول ۱۳،۱ ، آبپاش تفنگی با نازل مخروطی ۱/۴ in ، که در فشار ۸۰ psi دبی $q = 515 \text{ gpm}$ را تولید می

کند انتخاب می شود. این مقدار q به خوبی با مقدار حداقل Q_s محاسبه شده در مرحله قبل هماهنگی دارد. پس یک ارا به برای تکمیل آبیاری کل مزرعه کافیست.

فاصله مسیرهای حرکت ارا به: از جدول ۱۳,۱، که براساس زاویه پرتاب ۲۴ درجه ایجاد شده است، نازل $1/4$ in می تواند در فشار ۸۰ psi قطر پاششی در حدود ۴۵۵ فوت ایجاد کند. از جدول ۱۳,۳ نیز برای شرایط بادی تا ۵ mph، فاصله مسیرهای حرکت ۷۵ درصد قطر پاشش آبپاش در نظر گرفته می شود. یعنی $341 \text{ ft} = 0.75 \times 455$. فواصل مناسب مسیرهای حرکت برای مزرعه ای با طول 0.5 mile (2640 ft) که تا نزدیک ترین ۱۰ فوت گرد شده اند در جدول زیر آورده شده اند.

فاصله بین مسیرها		فاصله بین مسیرها	
تعداد مسیرها	ft	تعداد مسیرها	ft
7	380	10	260
8	330	11	240
9	290	12	220

براساس این جدول، نزدیک ترین فاصله قابل قبول مسیرهای حرکت برای این مثال، 330 ft فوت است. بنابراین، ۸ مسیر حرکت، همانند شکل ۱۳,۱، در مزرعه مورد نیاز می باشند.

سرعت حرکت ارا به: بهتر است که در هر شبانه روز، یک استقرار داشته باشیم. با فرض دور آبیاری ۸ روز، عمق ناخالص آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری، $2/56 \text{ in} = 0.32 \times 8$ می باشد. بنابراین، از رابطه ۱۳,۲، سرعت حرکت ارا به محاسبه می شود:

$$V_t = \frac{1.604 q}{Wd} = \frac{1.604 \times 515}{330 \times 2.56} = 0.98 \text{ ft/min} \quad (13,2)$$

و زمان مورد نیاز برای حرکت ارا به در طول ۱۳۲۰ فوتی زمین در هر مسیر:

$$\frac{1320}{0.98 \times 60} = 22.4 \text{ hr}$$

چون زمان مورد نیاز از ۲۳ ساعت کمتر است، طرح مورد قبول قرار می گیرد. در عمل، سرعت حرکت ارا به ۱ فوت در دقیقه در نظر گرفته می شود. در نتیجه، تا حدودی عمق آبیاری کاهش یافته و زمان مورد نیاز برای پیمودن طول مسیر حرکت، به ۲۲ ساعت تقلیل پیدا می کند.

سازگار کردن طرح: یک مثال از تعدیل و تغییر در طرح فعلی به منظور سازگاری بیشتر، تغییر زمان جابجایی ارا به به ۲۳ ساعت در روز می باشد. در این حالت، $V_t = 0.96 \text{ ft/min}$. با استفاده از رابطه ۱۳,۲، دبی مورد نیاز آبپاش برابر است با:

$$q = \frac{2.56 \times 330 \times 0.96}{1.604} = 506 \text{ gpm} \quad (13,2)$$

این مقدار، تقریباً برابر است با حداقل ظرفیت مورد نیاز سیستم، $Q_s = 504 \text{ gpm}$. برطبق رابطه ۵,۲، فشار کارکرد آبیاش از ۸۰ به ۷۷ psi تقلیل می یابد. این موضوع باعث کاهش دبی واقعی آبیاش از ۵۱۵ به ۵۰۴ گالن در دقیقه می شود.

فشار در ورودی شلنگ: تحلیل اقتصادی هزینه دوره عمر سیستم با فرض طول عمر ۷ سال برای شلنگ و انتخاب ارابه ای که قادر به کشیدن شلنگ با سایزهای مختلف است صورت می گیرد. شلنگ نرم با قطر ۴/۵ in، اقتصادی ترین انتخاب برای شدت جریان طراحی شده برابر با ۵۱۵ گالن در دقیقه می باشد. از جدول ۱۳,۴ گرایان فشار برای این شلنگ ۲/۱ psi/100ft برای شدت جریان ۵۰۰ گالن در دقیقه می باشد. با استفاده از رابطه ۸,۷ a، تلفات فشار مورد انتظار، P_h ، در طول ۶۶۰ ft شلنگ با شدت جریان $Q_s = 515 \text{ gpm}$ برابر است با:

$$P_h = 2.1 \left(\frac{515}{500} \right)^{1.75} \times \frac{660}{100} = 14.6 \text{ psi}$$

ارابه دارای تورین آبی انتخاب می شود که براساس نمودار ارائه شده توسط کارخانه سازنده آن، در $V_t = 1 \text{ ft/min}$ ، دارای تلفات فشار ۷/۵ psi (اصطکاک و تلفات در توربین) می باشد. بنابراین، در دبی ۵۱۵ گالن در دقیقه، کل افت فشار در طول ارابه، P_t ، برابر خواهد بود با:

$$P_t = 7.5 \left(\frac{515}{500} \right)^2 = 8 \text{ psi}$$

بعلاوه، افت فشار در طول شیر کنترل خودکار، $P_{cp} = 3/5 \text{ psi}$ ، و ارتفاع نازل از سطح زمین، ۱۰ ft می باشد. فشار مورد نیاز در ورودی شلنگ برای این سیستم ارابه ای، با فرض عدم وجود اختلاف ارتفاع در طول مسیر حرکت ارابه عبارت خواهد بود از مجموع مقادیر زیر:

$$P = 80 \text{ psi} = \text{فشار کارکرد آبیاش}$$

$$P_h = 14.6 \text{ psi} = \text{افت فشار در شلنگ}$$

$$P_t = 8 \text{ psi} = \text{افت فشار در ارابه}$$

$$P_{cp} = 3/5 \text{ psi} = \text{افت در شیر کنترل خودکار}$$

$$P_r = 4/3 \text{ psi} = \text{ارتفاع رایزر آبیاش}$$

در مجموع: $110/4 \text{ psi}$ = فشار مورد نیاز در ورودی شلنگ.

مثال ۱۳,۳: محاسبه زمان و مکان های استقرار ارابه در سیستم ارابه ای شلنگ کش.

اطلاعات: مشخصات این سیستم در مثال ۱۳,۲ آورده شده است. آبیاش تفنگی با قطاع مرطوب شده ۲۸۵ درجه (قطاع خشک ۷۵ درجه) مورد استفاده قرار می گیرد.

مطلوب است: مکان و زمانهای استقرار اولیه و نهایی و طول و فشار ورودی مورد نیاز شلنگ.

محاسبات: به دلیل اینکه سیستم ارابه ای شلنگ کش به روش مرز به مرز کار می کند، از رابطه ۱۳,۳ (یا شکل ۱۳,۱۳) فاصله از مرز مزرعه (محل استقرار اولیه) مشخص می شود:

$$ID_e = (2/3)R_j = (2/3) \times 455/2 = 152 \text{ ft}$$

و محل استقرار نهایی نیز از رابطه ۱۳,۴ یا شکل ۱۳,۱۳ عبارت خواهد بود از :

$$FD_e = (2/3) \times \frac{285-180}{180} \times 455/2 = 88 \text{ ft}$$

کل زمان استقرار سیستم باید برابر با زمانی باشد که برای طی کردن کل مسیر حرکت با سرعت $V_t = 0.98$ (که از مثال قبل بدست آمده) مورد نیاز است . این زمان بطور مساوی بین دو استقرار اولیه و نهایی تقسیم می شود :

$$IT_e = FT_e = \frac{ID_e + FD_e}{2V_t} = \frac{152 + 88}{2 \times 0.98} = 122 \text{ min}$$

و یا با استفاده از اطلاعات مربوط به شکل ۱۳,۱۳ :

$$IT_e = FT_e = (2/3) \left(\frac{R_j}{V_t} \right) \times \left(\frac{\omega}{360} \right) = (2/3) \left(\frac{455}{2 \times 0.98} \right) \times \left(\frac{285}{360} \right) = 123 \text{ min}$$

و طول شلنگ نیز حداکثر ۱۲۰ فوت کاهش می یابد :

$$\frac{1}{2} \times (152 + 88) = 120 \text{ ft}$$

که تنها باعث کاهش هزینه های اولیه سیستم نمی شود . بلکه افت فشار در شلنگ نیز که در مثال ۱۳,۲ برابر با ۱۴/۶ psi $P_h =$ بود نیز کاسته می شود .

$$P_h = 14.6 - 14.6(120/660) = 12.9 \text{ psi}$$

و فشار مورد نیاز در ورودی شلنگ :

$$P_l = 110.4 - 2.7 = 107.7 \text{ psi}$$

مثال ۱۳,۴ : طراحی سیستم ارا به های شلنگ پیچ .

اطلاعات : مشخصات سیستم در مثال ۱۳,۲ آورده شده است .

مطلوب است : آرایش سیستم ، دبی مورد نیاز آبپاش و سرعت حرکت ارا به برای استفاده از دو سیستم ارا به ای شلنگ پیچ در زمینی به مساحت ۸۰ A .

محاسبات : برای این طرح ، فاصله جابجایی ارا به به نصف طول مسیر حرکت در مثال قبل ، کاهش می یابد . از جدول ۱۳,۱ ، دو ارا به مجهز به نازل های ۱ اینچی با دبی ۲۵۰ گالن در دقیقه در فشار ۸۰ psi انتخاب می شوند . این انتخاب منجر به دبی $Q_s = 520 \text{ gpm}$ می شود که نزدیک به مقدار محاسبه شده برای حداقل ظرفیت ($Q_s = 504 \text{ gpm}$) در مثال ۱۳,۲ می باشد .

از جدول ۱۳,۱ ، قطر مرطوب شده مورد انتظار آبپاش ۳۵۵ ft است . با استفاده از مقدار حداکثر فاصله بین مسیرهای حرکت برابر با ۷۵ درصد این قطر ، فاصله بین مسیرها نباید از $266 \text{ ft} = 355 \times 0.75$ تجاوز کند . با داشتن دو ارا به ، بهتر است که از تعداد مسیرهای حرکت زوج استفاده کنیم . بنابراین ، فاصله مسیرهای حرکت به مقدار ۲۶۰ فوت تغییر یافته و تعداد مورد نیاز مسیرها نیز ۱۰ مسیر خواهد بود .

با فرض اینکه هر آبپاش فاصله نصف طول مسیر حرکت را در هر شبانه روز طی می کند ، دور آبیاری ۱۰ روز خواهد بود . بنابراین ، عمق ناخالص آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری ، $d = 10 \times 0.32 = 3.2 \text{ in}$ می باشد و از رابطه ۱۳,۲ :

$$V_t = \frac{1.604 \times 260}{260 \times 3.2} = 0.5 \text{ ft/min}$$

و زمان مورد نیاز برای جابجایی از مرز زمین تا میانه هر مسیر حرکت (۶۶۰ ft) برابر است با :

$$\frac{660}{0.5 \times 60} = 22 \text{ hr}$$

مثال ۱۳,۵ : عمق آب کاربردی در دو انتهای مسیر حرکت ارا به با استفاده از معیارهای متفاوت مدیریتی برای یک سیستم آبیاری ارا به ای شلنگ کش .

اطلاعات : مشخصات سیستم در مثال ۱۳,۲ و ۱۳,۴ آورده شده است . آبیاش تفنگی مورد استفاده دارای شعاع پرتاب ۱۸۰ فوت می باشد .

مطلوب است : مقایسه عمق نسبی آب دریافتی در طول مسیر حرکت برای سیستمی که در لبه (مرز) مزرعه شروع به کار کرده و بدون هیچ زمان استقراری (اولیه و نهایی) به کار خود ادامه می دهد . قطاع مرطوب شده آبیاش ، ۱۸۰ درجه می باشد .

محاسبات : زمان آبیاری در طول قسمت داخلی مسیر حرکت با سرعت ارا به برابر با $V_t = 0.5 \text{ ft/min}$ برای قطاع نیم دایره مرطوب شده توسط آبیاش برابر است با :

$$T_a = \frac{R_j}{V_t} = \frac{180}{0.5} = 360 \text{ min} = 6 \text{ hr}$$

از اطلاعات شکل ۱۳,۱۳ برای آبیاری مرکز به میانه ، مکان استقرار اولیه و زمان استقرار اولیه به صورت زیر محاسبه می شوند :

$$ID_e = \left(\frac{2}{3}\right)R_j \times (1) = \left(\frac{2}{3}\right) \times 180 = 120 \text{ ft}$$

$$IT_e = \left[\left(\frac{2}{3}\right) \frac{R_j}{V_t} \right] \times \left(\frac{\omega}{360} \right) = 2 \text{ hr}$$

و از روی شکل ۱۳,۱۳ ، زمان و مکان استقرار نهایی نیز به صورت زیر قابل محاسبه اند :

$$FD_e = 0$$

$$FT_e = \left[\left(\frac{2}{3}\right) \frac{R_j}{V_t} \right] \times \left(1 - \frac{\omega}{360} \right) = 120 \text{ min} = 2 \text{ hr}$$

برای دایره مرطوب شده کامل ($\omega = 360^\circ$) ، این مقادیر به صورت زیر تغییر می کنند :

$$ID_e = 120 \text{ ft}$$

$$IT_e = (240) \times \left(\frac{360}{360} \right) = 4 \text{ hr}$$

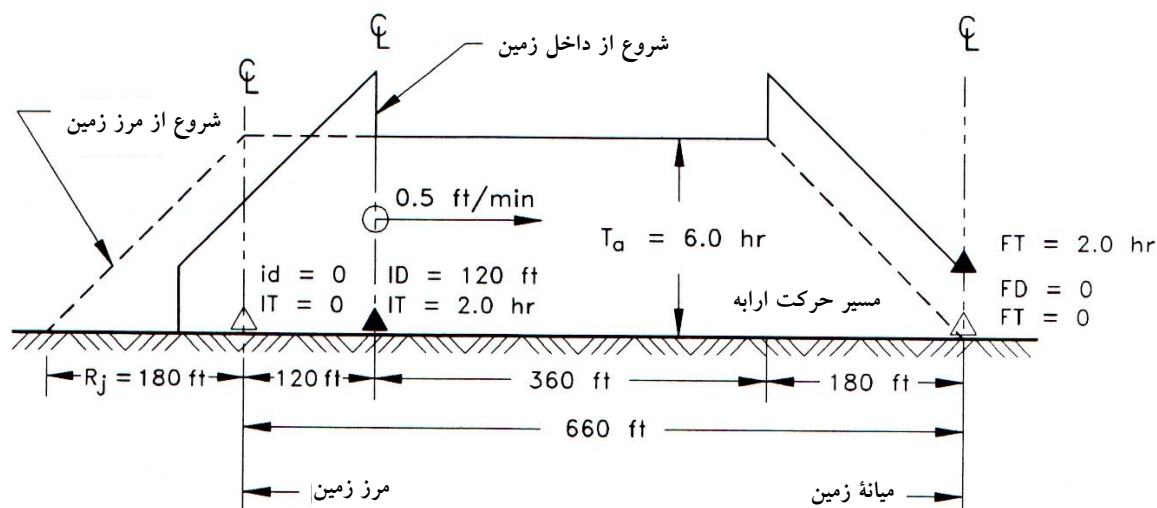
$$FD_e = 0$$

$$FT_e = (240) \times \left(1 - \frac{360}{360} \right) = 0 \text{ hr}$$

شکل ۱۳,۱۲ مقایسه ای را بین نیمرخ زمان آبیاری در طول مسیر حرکت در مرز مزرعه ، برای دو حالتی که آبیاری از مرز مزرعه و یا از داخل مزرعه آغاز می شود را نشان می دهد ($\omega = 360^\circ$) . با جایگزینی مقادیر $R_j = 180 \text{ ft}$ و $V_t = 0.5 \text{ ft/min}$

در طول مسیر حرکت ارابه ، $V_t = 0.5$ ، در مرکز مزرعه مقداری ناپیوستگی وجود خواهد داشت ، با فرض اینکه ارابه از هر مرز تا نزدیکی مرکز مزرعه کشیده شده و در این نقطه خاموش می شود . شکل ۱۳،۱۴ نیمرخ زمان آبیاری را برای $\omega = 180^\circ$ نشان می دهد . نیمرخ مربوط به زمانیکه ارابه از مرز زمین شروع به حرکت می کند با خطوط منقطع مشخص شده است و در نهایت به جایی می رسد که در آن $T_a = 6 \text{ hr}$.

$$\omega = 180^\circ$$



شکل ۱۳،۱۴ / نیمرخ زمان پاشش در طول مسیر حرکت ارابه شلنگ پیچ برای زمانیکه آبیاری از مرز و یا از درون مزرعه آغاز می شود.
($\omega = 180^\circ$) .

اگر قطاع مرطوب شده آبپاش ، به صورت یک نیم دایره باشد ، ناپیوستگی قابل توجهی در زمان آبیاری و در نتیجه در عمق آبیاری در مجاورت مرکز مزرعه وجود خواهد داشت . این ناپیوستگی با افزایش مقدار قطاع مرطوب شده کاسته و در نهایت حذف می شود (با دایره مرطوب شده کامل) . در حالتی که قطاع مرطوب شده ، یک نیم دایره باشد ، شدت پاشش دو برابر زمانی خواهد بود که دایره پاشش کامل مورد استفاده قرار گیرد . بنابراین ، عمق آب کاربردی در ۱۲ ساعت با قطاع ۳۶۰ درجه برابر است با عقی که در ۶ ساعت و با قطاع ۱۸۰ درجه اعمال می شود .

۱۴- طراحی سیستم آبیاری عقربه ای (Center Pivot)

ماشین های آبیاری عقربه ای ، یکی از رایج ترین سیستم های آبیاری بارانی بوده و در بیش از نیمی از زمینهای تحت آبیاری بارانی در ایالات متحده آمریکا مورد استفاده قرار می گیرند . این سیستم ها ، آبیاری مؤثر مزارعی را که در آنها روشهای آبیاری سطحی یا بارانی قدیمی تر قابل اجرا نیستند را ممکن ساخته اند . از آنجاییکه مدیریت این نوع سیستم ها آسان است ، باعث گشایش افقهای تازه ای در تولید محصولات زراعی شده اند . مزارع مجهز به سیستم عقربه ای قادرند آبیاری با تکرر بالا (دور آبیاری کوتاه) و سبک (عمق آبیاری کم) را نیز اجرا کنند و به این ترتیب به بهترین شکل با نیاز آبی گیاه هماهنگ شده و حداکثر محصول را تولید کنند . مزیت دیگر این نوع سیستم ها ، کاهش نیروی کارگری مورد نیاز در هر آبیاری می باشد . بنابراین ، آبیاری ها می توانند به نحوی برنامه ریزی شوند که کمبود کارگر روزانه یا ظرفیت نگهداری رطوبت خاک باعث محدودیت آنها نباشد .

در طول دو دهه اخیر ، ماشینهای آبیاری عقربه ای کاملاً تکامل یافته اند . این سیستم ها از نظر مکانیکی قابل اعتماد بوده و علیرغم اینکه مانند سایر ماشین آلات دیگر نیازمند عملیات نگهداری مرتب و سیستماتیک هستند ، اما کاربرد آنها آسان است . علاوه بر این ، ترکیبات مختلفی از اندازه نازل ها بر روی این سیستم ها ارائه شده اند که یکنواختی آبیاری را تا حد بالایی افزایش می دهند . نازل های کم فشار برای استفاده در خاکهایی که ظرفیت نفوذ و یا ذخیره سطحی در آنها بالاست مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۲،۱ را ببینید) . برای توپوگرافی های شیب دار یا تپه ای ، تجهیزات کنترل فشار و جریان نیز در نظر گرفته می شوند . برخی از مزایای اصلی سیستم های مکانیکی آبیاری عقربه ای عبارتند از :

- انتقال آب تنها به یک نقطه (نقطه چرخش یا Pivot Point) صورت می گیرد .
 - هدایت و تنظیم دستگاه در یک نقطه ثابت (نقطه چرخش) صورت می گیرد (شکل ۴،۱۰ را ببینید) .
 - یکنواختی توزیع نسبتاً بالا تحت آبیاری بارانی پیوسته (آبیاری در حین حرکت دستگاه) قابل استحصال است .
 - بعد از پایان یک نوبت آبیاری ، سیستم در نقطه آغازین حرکت قرار داشته و برای آبیاری بعدی آماده است .
 - مدیریت صحیح آبیاری ساده است . زیرا کاربرد دقیق و زمان بندی شده آب در این سیستم راحتتر از سیستم های دیگر آبیاری می باشد .
 - کاربرد دقیق و زمان بندی شده کود و دیگر مواد شیمیایی به همراه آب آبیاری ممکن است .
- این مزایا باعث می شوند تا معایب عمده مکانیکی و عملیاتی دیگر سیستم های آبیاری بارانی در سیستم عقربه ای وجود نداشته باشند .

همانند دیگر ماشین های آبیاری ، برای کاهش هزینه در واحد سطح ، مقرون به صرفه است که مساحت تحت آبیاری تا حد ممکن بزرگ باشد . در مورد سیستم عقربه ای ، از آنجایی که هزینه تجهیزات متناسب با شعاع سیستم افزایش یافته ولی مساحت تحت آبیاری متناسب با مجذور شعاع سیستم می باشد ، بهتر است که دایره تحت آبیاری تا حد ممکن بزرگ در نظر گرفته شود . مرسوم ترین شعاع برای این ماشین ها در حدود ۴۰۰ متر (۱۳۲۰ فوت) می باشد که مساحتی در حدود ۶۵ هکتار (برابر با ۱۶۰ ایکر که در غرب آمریکا به یک چهارم یا نیم مایل مربع موسوم است) را آبیاری می کند .

از نقطه نظر کاربرد آب ، سیستم آبیاری بارانی عقربه ای دارای نقاط ضعفی نیز می باشد :

- در مزرعه ای که نقطه چرخش در مرکز قرار دارد، تنها ۵۰ تا ۵۳ هکتار تحت آبیاری قرار می گیرد که این مقدار بستگی به این دارد که از آبپاشهای انتهایی، آب تا چه فاصله ای پرتاب می شود. به این ترتیب در حدود ۲۰ درصد از سطح یک مزرعه بدون آبیاری باقی می ماند. مگر اینکه تجهیزات ویژه ای برای آبیاری گوشه های مزرعه استفاده شود که این کار نیز هزینه قابل توجهی را به سیستم تحمیل کرده و پیچیدگی کاربرد آن را بیشتر می کند (شکل ۴,۱۱ را ببینید).
 - متوسط شدت پاشش در لبه بیرونی دایره تحت آبیاری (شکل ۴,۱۰ را ببینید) معمولاً بالاتر از سایر نقاط است. در برخی سیستم ها این مقدار تا ۱۰۰ میلیمتر در ساعت (۴ اینچ در ساعت) نیز بالغ می گردد.
 - معمولاً باید از آبیاری های با تکرر بالا (دور آبیاری کوتاه) و نسبتاً سبک در این سیستم استفاده شود (مگر در خاکهای شنی) تا مشکل رواناب ناشی از شدت پاشش بالای سیستم در انتهای بازوی آن ایجاد نشود. در شرایط حاد، برای جلوگیری از رواناب حتی لازم است که سرعت چرخش لاترال سیستم عقبه ای از یک دور در روز نیز بیشتر شود. این مسئله باعث می شود تا تلفات تبخیر و هزینه نگهداری سیستم افزایش یافته و محصول کاهش یابد.
 - بدلیل اینکه هر افزایشی در شعاع (طول) دستگاه باعث می شود تا یک نوار هم مرکز به سطح تحت آبیاری افزوده شود، بیشتر آب باید به سمت انتهای بیرونی سیستم انتقال یابد (یعنی به انتهای لاترال). این مسئله باعث می شود تا تلفات اصطکاک نیز در این سیستم ها نسبتاً بالا باشد.
 - در زمین های شیبدار، متوسط فشار کارکرد لاترال بسته به اینکه لاترال در سراسیمی یا سربالایی قرار گیرد متفاوت است (زیرا زمانی لاترال در سربالایی قرار دارد و با گردش سیستم، لاترال در سرازیری قرار می گیرد). این مسئله می تواند منجر به تغییرات قابل توجه دبی شود، مگر اینکه از نازل های کنترل کننده دبی یا فشار استفاده شود.
- در اولین نگاه، به نظر می رسد که ماشین های آبیاری عقبه ای بسیار کامل و خودکار بوده و طراح لازم نیست که کار چندانی صورت دهد. اما این مسئله درست نیست. برای اینکه عملکرد این قبیل سیستم ها بهینه باشد، لازم است تا کاربر از تخصص و تبحر کافی برخوردار باشد تا انتخاب، طراحی و مدیریت این سیستم ها به خوبی صورت پذیرد.
- کار لاترالی که با سرعت و بطور پیوسته در حرکت بوده و در اطراف یک نقطه ثابت در گردش است، دارای چالشها و مشکلات مختص به خود می باشد. تقریباً تمامی مراحل طراحی که در فصول گذشته ارائه شدند، در این سیستم ها با تغییراتی مواجه می شوند.

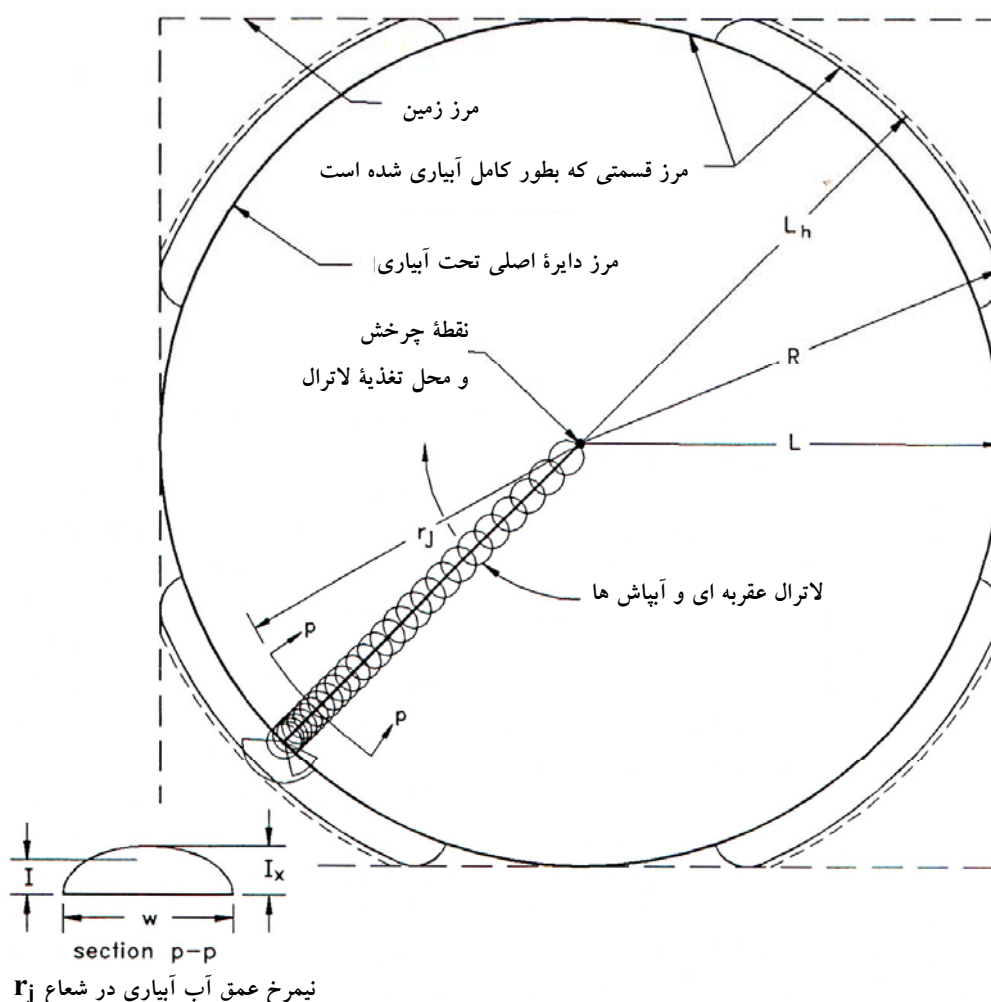
آرایش عمومی سیستم، مفاهیم و سخت افزار

شکل ۱۴,۱ آرایش و اجزاء معمول یک سیستم آبیاری عقبه ای مجهز به آبپاش تفنگی انتهایی (که تنها زمانی که لاترال در گوشه مزرعه قرار گرفته عمل می کند) را نشان می دهد. اگر شعاع دایره تحت آبیاری $L = 402 \text{ m}$ و شعاع مؤثری که توسط آبپاش تفنگی انتهایی آبیاری می شود نیز $(R - L) = 30 \text{ m}$ باشد، تقریباً کل منطقه ای که تحت آبیاری قرار دارد برابر با ۵۵ هکتار، یعنی ۸۵ درصد از کل سطح مزرعه می باشد. نواحی هلال مانند در گوشه مزرعه توسط آبپاش انتهایی

آبیاری می شوند و هریک کمی بیش از ۱ هکتار وسعت دارند . بنابراین ، بدون استفاده از این آبپاش تفنگی انتهایی ، تنها ۵۰/۸ هکتار ، یعنی ۸۰ درصد از سطح مزرعه آبیاری می شود .

قسمت p-p از شکل ۱۴,۱ نیمرخ شدت پاشش در زمانیکه سیستم بدون حرکت است را نشان می دهد . این نوع نیمرخ ها در واقع نمایی از شدت پاشش توسط یک آبپاش را نمایش می دهند و از روی اطلاعاتی که با قرار دادن ردیفهایی از قوطی در طول یک قوس شعاعی و به کار انداختن آبپاش (در حالت ثابت و بدون حرکت) بدست می آیند ترسیم می شوند .

اگر یک شاهد در زیر دستگاهی که در حال حرکت است قرار گیرد ، می تواند درک درستی از نیمرخ شدت پاشش داشته باشد . زیرا مقدار شدت پاشش با حرکت دستگاه از بالای سر این شاهد ، بطور پیوسته تغییر می کند . بدون توجه به اینکه لاترال با چه سرعتی حرکت می کند (می چرخد) ، عرض مرطوب شده ، w ، ثابت باقی می ماند . اما ، زمان و در نتیجه ، کل مقدار آبی که بر سر شاهد فرود می آید بطور مستقیم تحت تأثیر سرعت چرخش سیستم قرار دارد .



شکل ۱۴,۱ / آرایش عمومی و اجزاء سیستم آبیاری عقربه ای با سیستم آبپاش تفنگی گوشه پاش.

لاترال سیستم آبیاری عقربه ای در اطراف یک نقطه ثابت در گردش است. این لاترال بوسیله تعدادی برج A شکل بر بالای سر محصول نگهداشته می شود (شکل ۲,۱ را ببینید). هر برج توسط دو چرخ (شکل ۴,۱۰ را ببینید) که نیروی خود را از یک موتور برقی یا هیدرولیکی دریافت می کنند جابجا می شود. طول معمول برای هر دهانه (Span) بین ۳۰ تا ۵۰ متر (۱۰۰ تا ۱۶۵ فوت) بوده و قطر لاترال نیز معمولاً بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلیمتر (۴ تا ۱۰ اینچ) انتخاب می شود. مرسوم ترین نوع ماشین یا به تعریفی، ماشین استاندارد که در آمریکا استفاده می شود دارای لاترالی با قطر لوله ۱۶۸ میلیمتر می باشد که این مقدار در واقع اندازه لوله آهنی استاندارد $IPS 6 \frac{5}{8} in$ است. لاترالها بر روی برجهای ۴ متری که با فاصله تقریباً ۴۰ متر قرار گرفته اند حمل می شوند.

ورودی هر دهانه معمولاً مجهز به یک اتصال انعطاف پذیر می باشد تا دهانه های متوالی بصورت مفصل به یکدیگر متصل شده و در جاهایی که شیب تا بیش از ۳۰ درصد تغییر می کند، توان تحمل فشار وارده را داشته باشند. استانداردترین ماشین های عقربه ای می توانند در زمینهای دارای جوی و پشته های کم عمق با شیب تا ۲۰ درصد حرکت کنند. با اینحال، در جایی که این جوی و پشته ها بیش از ۱۵ سانتیمتر عمق دارند، این ماشین ها در شیبهای بیش از ۱۵ درصد دچار مشکل می شوند. در ماشینهای دارای لوله های بزرگتر یا دهانه های طولانی تر از آنچه در بالا ذکر شد، حداکثر شیب قابل قبول تا اندازه ای کمتر از این مقدار است.

با توجه به آنچه در بالا گفته شد، مهم است که طراح مزرعه مشخصات سیستم را با دقت انتخاب کند تا مطمئن شود که سیستم بطور قابل اعتماد و با عمر مفید طولانی کار خواهد کرد. شیبهایی که در امتداد مسیر چرخها قرار دارند، بخصوص در مناطقی که تغییرات قابل توجه شیب نیز وجود دارد، باید بطور ویژه مورد بررسی قرار گیرند. در مزارع با شیب غیریکنواخت، برخی نقاط بلند در سطح مزرعه وجود دارند که باعث می شوند تا فاصله از سطح زمین تا کف قسمت خرابا شکل لاترال کاهش یابد. برای تسهیل بهره بردای از سیستم در این قبیل مزارع، می توانیم تا نقاط بلند را مسطح کرده و با خاک آنها، نقاط دیگر مزرعه را پر کنیم. طول دهانه های لاترال نیز در صورت لزوم کاهش داده می شوند (هیچ مشکلی از نظر استفاده از دهانه ها با طولهای مختلف در یک سیستم آبیاری عقربه ای وجود ندارد).

حداقل زمان چرخش لاترال برای یک سیستم استاندارد عقربه ای (که توسط اکثر سازندگان نیز اعمال می شود) کمی کمتر از ۲۴ ساعت (با موتورهای ۶۰ Hz) می باشد. با اینحال، مکانیزم های خاصی نیز وجود دارند که این زمان را تا ۱۲ ساعت (در شرایط ویژه) کاهش می دهند. سرعت چرخش لاترال با تغییر سرعت متوسط حرکت برج انتهایی تنظیم می شود. برای ماشینهایی که دارای موتورهای برقی هستند، این کار با خاموش و روشن شدن متناوب منبع نیروی موتور انجام می گیرد (با استفاده از یک تایمر که در انتهای لاترال نصب می شود و سرعت را بر حسب درصدی از حداکثر سرعت دستگاه بر روی آن تنظیم می کنند). معمولاً تناوب خاموش و روشن شدن موتور در زمانهای ۱ دقیقه ای صورت می گیرد. برای مثال، اگر زمان روشن بودن دستگاه را ۲۵ درصد قرار دهیم، در هر دقیقه، برج انتهایی ۱۵ ثانیه روشن است ($60 \times 25 / 100 = 15$ sec). این تنظیم باعث می شود تا سرعت چرخش دستگاه از ۲۴ ساعت، به ۹۶ ساعت، یعنی ۴ روز افزایش یابد.

هم راستایی برجها توسط تجهیزات ویژه کنترل صورت می گیرد. به این ترتیب که به محض انحراف یک برج از محور، این تجهیزات فعال شده و موتور آن برج را خاموش می کنند تا به این ترتیب تمامی برج ها در یک راستا حرکت کنند. اما در اکثر ماشینهای مجهز به موتورهای برقی، سرعت لحظه ای جابجایی تمامی برجها یکسان است. بنابراین، موتور

مربوط به هر برج، در جزئی از زمانیکه موتور برج انتهایی فعال است، روشن می باشد. این جزء زمان برابر نسبت طول مسیر حرکت هر برج به طول مسیر حرکت برج انتهایی است. بنابراین، حرکت رو به جلوی این نوع ماشینها، غیریکنواخت می باشد. این غیریکنواختی در ماشین های مجهز به موتورهای هیدرولیکی که سرعت و هم راستایی برجها توسط شیرهایی تأمین می شود وجود ندارد. این شیرها، هم سرعت لحظه ای و هم سرعت متوسط حرکت را کنترل می کنند. در حالیکه در موتورهای برقی، با خاموش و روشن شدن متناوب موتورهای تنها می توان سرعت متوسط حرکت برجها را کنترل کرد.

مفاهیم اولیه طراحی

به دلیل کاملاً خودکار بودن سیستم های عقربه ای، مدیریت دقیق رطوبت خاک نسبتاً ساده تر است. بصورت نظری، برای دور آبیاری یکسان، سیستم های عقربه ای نیازمند ظرفیتی برابر با سیستم های آبیاری ثابت هستند. با این تفاوت که کنترل دقیق آب نیز در این سیستم ها ممکن است. با اینحال، اشکالات مکانیکی در سیستم های عقربه ای محتمل تر بوده و بنابراین، بازبینی و تعمیرات دوره ای ضروری می نماید. به همین دلیل لازم است تا زمان طولانی تری را برای خاموش بودن دستگاه (زمان استراحت) در نظر بگیریم. به عنوان یک قاعده کلی، بهتر است که سیستم عقربه ای بر این اساس طراحی شود که تنها در ۹۰ درصد زمان ممکن، آبیاری را پایان دهد. یعنی در هر شبانه روز، ۲۲ ساعت (برای دوره حداکثر مصرف) برای آبیاری در نظر گرفته شود.

تناوب و عمق آبیاری

بسیاری از سیستم های آبیاری بارانی عقربه ای باید برای آبیاری های سبک و با تواتر زیاد استفاده شوند. این مسئله به دلیل محدودیت های موجود از نظر نفوذ و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می باشد تا ظرفیت کافی برای دریافت و نگهداری آب بارانی که در طول فصل رشد گیاه نازل می شود نیز در خاک وجود داشته باشد. به این ترتیب روانه زنی محصول بدون مشکل صورت گرفته و رطوبت خاک نیز در طول فصل، یکنواخت باقی می ماند. طراحی سیستم ها با دور آبیاری ۱ یا ۲ روز (در دوره حداکثر مصرف) غیرمعمول نیست. اما، با این کار، آن بخش از تبخیر و تعرق که مربوط به تبخیر از سطح خاک است افزایش می یابد. این مسئله باید در طول فرآیند طراحی و زمانیکه عمق آبیاری و ظرفیت سیستم تعیین می شود در نظر گرفته شود.

برای جبران طولانی بودن دور آبیاری، متوسط نیاز آبی مزرعه که به روش های متداول و در ماه حداکثر مصرف محاسبه می شود، U_d ، (و یا مقدار فصلی آن، U) باید افزایش داده شود. بعلاوه، راندمان کاربرد و نیاز آبتجویی نیز باید در نظر گرفته شوند. عمق ناخالص آبیاری روزانه با استفاده از رابطه ۵،۳ و ۶،۹ و ضرب کردن این مقدار در ضریب خاصی محاسبه می شود. اگر نیاز آبتجویی کمتر از ۱۰ درصد باشد ($LR \leq 0.1$)، با استفاده از رابطه ۳،۳، پس:

$$d' = \frac{k_f U_d}{E_{pa}/100} = \frac{100 k_f U_d}{DR_{pa} R_e O_e} = \frac{d'_i}{R_e O_e} \quad (14,1 a)$$

و اگر $LR > 0.1$ و بارندگی کمتر از ۲۵ درصد از نیاز آبی را تأمین کند، تلفات نفوذ عمقی برای تأمین نیاز آبتشویی کافی نبوده و:

$$d' = \frac{90 k_f U_d}{(1-LR) DR_{pa} R_e O_e} = \frac{d'_i}{R_e O_e} \quad (b, 14)$$

d' : متوسط عمق ناخالص آبیاری روزانه مورد نیاز در دوره حداکثر مصرف (mm).

d'_i : متوسط عمق ناخالص نفوذ مورد نیاز در دوره حداکثر مصرف (mm).

k_f : فاکتور دور آبیاری که از جدول ۱۴,۱ برای تغییر مقدار نیاز آبی استاندارد محصول در دوره‌های آبیاری طولانی استفاده می‌شود (اعشار).

U_d : متوسط نیاز آبی روزانه محصول در ماه حداکثر مصرف (mm).

E_{pa} : راندمان کاربرد برای آبیاری کافی در درصد مشخصی از سطح مزرعه، pa ، (درصد).

pa : کفایت آبیاری (درصد).

DE_{pa} : راندمان توزیع آبپاشها برای آبیاری کافی در درصد مشخصی از سطح مزرعه، pa ، (درصد).

R_e : بخش مؤثر از آب توزیع شده توسط آبپاشها که بیشتر آن به سطح خاک و گیاه می‌رسد (درصد).

O_e : نسبت مقدار آبی که بطور مؤثر از آبپاشها خارج شده به کل دبی سیستم (درصد).

LR : نیاز آبتشویی که از رابطه ۳,۳ محاسبه می‌شود (اعشار).

عمق متوسطی که باید به خاک نفوذ کند تا از ایجاد رواناب جلوگیری بعمل آید کمتر از عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز می‌باشد ($d'_i < d'$). این اختلاف از نشت آب از اجزاء سیستم و تلفات تبخیر و بادبردگی ناشی می‌شود که در پارامترهای R_e و O_e منظور می‌شوند.

جدول ۱۴,۱ / فاکتورهای دور آبیاری برای گیاهان و دوره‌های آبیاری متفاوت :

K_{fr} برای دوره حداکثر مصرف و K_{fs} برای کل فصل رویش.

نوع محصول و PT, % ¹			دور آبیاری , f' , days ²							
			≤ 1	2	3	4	5	6	7	> 10
سبزیجات و میوه ها ³	80	پیک	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01	1.01	1.00	-
	80	فصلی	1.15	1.09	1.05	1.02	1.01	1.01	1.00	-
ردیفی و زراعی ⁴	90	پیک	1.09	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
	90	فصلی	1.09	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
غلات ریزدانه ⁴	100	پیک	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	100	فصلی	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
علوفه ای ⁴	100	پیک	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	90	فصلی	1.09	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
چمن ⁴	90	پیک	1.09	1.06	1.04	1.03	0.02	0.02	1.01	1.00
	80	فصلی	1.20	1.14	1.10	1.07	1.05	1.04	1.03	1.00

^۱ تعرق نسبت به تعرق گیاه یونجه در تمام طول دوره رشد.

^۲ با فرض دوره خشک، DT، به طول ۳ روز برای خاک سبک، ۵ روز برای خاک متوسط و ۷ روز برای خاک با بافت سنگین

^۳ با فرض مقادیر U یا U_d براساس دور آبیاری برای محصولات با ریشه سطحی، ۴ روز برای خاک سبک، ۵ روز برای خاک متوسط و ۷ روز برای خاک با بافت سنگین.

^۴ با فرض مقادیر U یا U_d براساس دور آبیاری برای محصولات با ریشه عمیق، ۷ روز برای خاک سبک، ۱۰ روز برای خاک متوسط و ۱۴ روز برای خاک با بافت سنگین.

نیاز آبی محصول از دو بخش تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه تشکیل می شود. نیاز آبی یک محصول خاص معمولاً با انجام آزمایشهایی در سطح مزرعه با دور آبیاری طولانی تعیین می شود. اما این روش، محدودیتی در تولید محصول ایجاد نمی کند. پس سطح خاک در بین دو آبیاری، خشک می شود که این مسئله باعث کاهش سهم جزء تبخیر در کل تبخیر و تعرق می گردد. معمولاً برای سهولت بیشتر، نیاز آبی روزانه، U_d، برای هر محصول خاص بطور مستقیم نسبت به تبخیر و تعرق گیاه یونجه، ET، و با استفاده از ضریب مربوط به آن محصول خاص، k_c، تعیین می شود. بنابراین، U_d برابر است با ضریب گیاهی ضربدر تبخیر و تعرق از گیاه یونجه (که به عنوان گیاه مرجع استفاده می شود).

فاکتور دور آبیاری برای نیاز آبی حداکثر روزانه، k_f، و فصلی، k_{fs}، در جدول ۱۴,۱ ارائه شده است. در تعیین فاکتور دور آبیاری فرض شده است که مقادیر قبلی k_c تبخیر از سطح خاک که در سیستم های آبیاری با جابجایی متناوب وجود دارد را نظر می گیرند. علاوه براین، فرض شده است که محصولات مختلف می توانند براساس درصد تعرق، PT، در قیاس با تعرق از گیاه یونجه با پوشش کامل طبقه بندی شوند.

مقادیر k_f و k_{fs} در جدول ۱۴,۱ مقادیر متوسط برای خاکهای ریز، متوسط و درشت دانه ای که برای سیستم های عقربه ای مناسب هستند را نشان می دهند. این مقادیر، زمانهای مختلف خشک شدن مربوط به هریک از انواع خاکها (پانویس شماره ۲ از جدول ۱۴,۱) و تبخیر از سطح خاک که فرض شده در مقدار ضریب k_c و برای دوره های معمولی آبیاری

برای هر محصول و نوع خاک در نظر گرفته شده (پانویس شماره ۳ و ۴ از جدول ۱۴,۱) را نیز مد نظر قرار می دهند. ضرایب دور آبیاری k_f برای انواع مشابه محصولات با درصد تعرق PT' از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$k'_f = 1 + \frac{(100 - PT')/PT'}{(100 - PT)/PT} [k_f - 1]$$

که k_f و PT مربوط به آن از جدول ۱۴,۱ اتخاذ شده اند و برای مقادیر PT بزرگتر از ۹۸ درصد، $PT = ۹۸\%$ قرار داده می شود.

برای محصولاتی که مقدار PT آنها ۸۰ و ۹۰ درصد است، $k_f \approx k_{fs}$ به شرطی که برنامه ریزی آبیاری به نحوی باشد که عمق هر نوبت آبیاری، d ، یکسان بوده و دوره های آبیاری تغییر کنند. اگر دوره های آبیاری در طول فصل رشد یکسان در نظر گرفته و d تغییر داده شود، k_{fs} بسیار بزرگتر از k_f خواهد بود. زیرا زمانیکه درصد پوشش محصول کاهش می یابد، خاک بیشتر تحت تأثیر تبخیر قرار گرفته و PT بسیار کمتر خواهد بود. محصولات علوفه ای به دلیل اینکه تحت چرای دام قرار می گیرند، بیش از محصولاتی که با ماشین برداشت می شوند، از روی زمین درو شده و مقادیر PT آنها کوچکتر و مقادیر k_f آنها بزرگتر است.

کم آبیاری

برای یک نوع خاک با ظرفیت نگهداری رطوبت قابل دسترس ۱۲۵ میلیمتر یا بیشتر، هم در مناطق خشک و هم در مناطق مرطوب در طول دوره حداکثر مصرف آب و بدون اینکه میزان محصول به میزان قابل توجهی تحت تأثیر قرار بگیرد، استفاده از کم آبیاری ممکن است. آبیاری های مکرر باعث می شوند تا رطوبت ذخیره شده در نیمرخ عمیق خاک در طول دوره حداکثر مصرف بتدریج تخلیه شود. بنابراین، لازم نیست ظرفیت سیستم به حدی باشد که نیاز آبی گیاه را در این دوره تأمین کند. با این وجود، در جاییکه رطوبت در لایه زیرین خاک کافی نباشد، استفاده از آبیاری سبک و با تواتر زیاد روش کارآمدی برای استفاده از منابع محدود آب نبوده و می تواند باعث افزایش شوری خاک (به دلیل افزایش تبخیر) گردد. در چنین شرایطی، آبیاری با دور آبیاری طولانی تر و سنگین تر به مقدار محصول بیشتری منجر می شود. در برخی شرایط ویژه، ظرفیت سیستم تا حد ۶۰ درصد ظرفیتی که برای سیستم های با جابجایی متناوب توصیه می شود تقلیل می یابد. با اینحال، برای محاسبه حداکثر مساحتی که می تواند از یک منبع آب تحت آبیاری قرار گیرد (براساس مفهوم کم آبیاری)، باید بیلان آبی برای تمام فصل آبیاری تعیین شود. برای اینکه مقدار محصول نزدیک به میزان بهینه قرار گیرد، نباید اجازه داده شود تا رطوبت قابل برداشت خاک به میزان قابل توجهی کمتر از تخلیه مجاز مدیریتی، MAD، که معمولاً ۵۰ درصد در نظر گرفته می شود تقلیل یابد.

در مناطقی که احتمال وقوع بارندگی در طول فصل آبیاری زیاد است، کم آبیاری یک مزیت دیگر نیز دارد. از آنجایی که به رطوبت ذخیره شده در لایه های زیرین خاک اجازه تخلیه تدریجی داده می شود، ظرفیت لازم برای نگهداری آب حاصل از بارندگی در خاک ایجاد می شود. این مسئله در بخش مربوط به برنامه ریزی و بهره برداری مورد تحلیل و بررسی بیشتر قرار خواهد گرفت.

روش طراحی

عوامل اصلی در یک مزرعه که باید در زمان طراحی سیستم های عقربه ای در نظر گرفته شوند عبارتند از :

- نیاز آبی فصلی و نیاز آبی در دوره اوج مصرف در منطقه تحت کشت .
- ویژگی های نفوذ و نگهداری رطوبت خاک .
- ویژگی های گیاه و رابطه بین مقدار مصرف آب و مقدار محصول .
- باران مؤثر پیش بینی شده .
- توپوگرافی مزرعه و تعیین حدود آن .
- کمیت و کیفیت منبع آب .
- هزینه تجهیزات و بهره برداری .
- ... و دیگر پارامترهای اقتصادی .

در روش مرسوم ، طراح سیستم ، حداکثر سرعت چرخش دستگاه ، طول لاترال ، دبی سیستم ، مشخصات نازلها ، قطر لوله لاترال ، طول دهانه ها و اندازه لاستیک برجها و احتمالاً فشار ورودی به لاترال و برخی محدودیت های ناشی از توپوگرافی منطقه را مشخص می کند .

ظرفیت سیستم

ظرفیت مورد نیاز سیستم ، Q_s ، برای سیستم آبیاری با جابجایی متناوب از رابطه ۵,۴ محاسبه می شود . این مقدار برای محاسبه ظرفیت مورد نیاز سیستم در واحد سطح برای مقادیر مختلف نیاز آبی استفاده می شود . برای سیستم های عقربه ای ، بهتر است که رابطه ۵,۴ به نحوی تغییر داده شود تا مقدار Q_s بطور مستقیم و بدون اینکه نیاز باشد تا ابتدا مساحت تحت آبیاری مشخص شود ، تعیین گردد .

$$Q_s = Q_b + Q_R = \frac{L^2 d'}{KT} + Q_R \quad (۱۴,۳)$$

Q_s : کل دبی سیستم (L/s)

Q_b : دبی مورد نیاز در دایره اصلی (L/s)

Q_R : دبی مورد نیاز در آبپاش تفنگی انتهایی (یا هر سیستمی که برای آبیاری گوشه های زمین استفاده می شود ، L/s)

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک برابر ۱۱۴۶ و برای سیستم انگلیسی ۳۰/۶ .

T : متوسط زمان آبیاری در هر روز (hr)

L : شعاع دایره اصلی تحت آبیاری زمانیکه سیستم آبیاری گوشه های مزرعه غیرفعال است (m)

Q_s به دو قسمت Q_b و Q_R تفکیک می شود . زیرا ویژگی ها ، راندمان کاربرد و روشهای طراحی در دایره اصلی تحت آبیاری و منطقه ای که توسط آبپاش تفنگی انتهایی آبیاری می شود کاملاً متفاوت است . برای اینکه امکان تعمیرات احتمالی یا بازمینی سیستم وجود داشته باشد ، مقدار T معمولاً ۲۲ ساعت یا حداکثر ۲۳ ساعت در شبانه روز (hr/day) در نظر گرفته می شود . همچنین برای اینکه امکان جابجایی سیستم ، زمانیکه از یک ماشین برای آبیاری دو مزرعه استفاده می شود ، مقدار T باید به مقدار لازم کاهش داده شود .

شدت پاشش

مسافتی که توسط هر آبپاش برابراست با $2\pi r$ که r فاصله شعاعی از نقطه چرخش دستگاه می باشد. بنابراین، شدت پاشش باید به نسبت افزایش r بیشتر شود تا عمق آبیاری یکنواختی را ایجاد نماید. این موضوع در شکل ۱۴,۲ برای یک لاترال که برای ایجاد عرض مرطوب شده یکنواخت در طول آن از فواصل متغیر آبپاشها استفاده شده، نشان داده شده است. شدت های پاشش، بخصوص نزدیک به انتهای لاترال، معمولاً از ظرفیت نفوذ خاک تجاوز می کند. رواناب ایجاد شده در این ناحیه باعث فرسایش خاک و کاهش شدید یکنواختی آبیاری می گردد که در نهایت تلفات قابل توجه آب و انرژی و کاهش شدید محصول را در پی دارد.

معمولاً برای سیستم های عقربه ای، همانطور که در شکل ۱۴,۱ و ۱۴,۲ نشان داده شده است، نیمرخ شدت پاشش بیضی شکل در نظر گرفته می شود. نیمرخی که در حالت بدون حرکت دستگاه در هر شعاع r_j از نقطه چرخش تهیه شده، می تواند به نیمرخ شدت پاشش در حال حرکت در همان شعاع تبدیل شود. شدت پاشش متوسط با تقسیم عمق آبیاری (عمق کاربرد آب در هر نقطه که بوسیله مساحت تحت آبیاری با آن نیمرخ مشخص می شود) بر زمان آبیاری محاسبه می شود. بنابراین، برای نیمرخ بیضی شکل:

$$I_j = \frac{d R_e O_e}{T_{aj} / 60} = \frac{\pi T_{aj} I_{xj}}{4 T_{aj}} = \frac{\pi}{4} I_{xj} \quad (14,3)$$

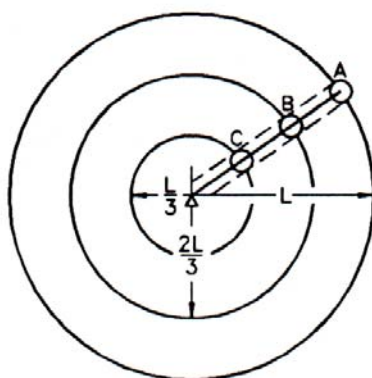
I_j : متوسط شدت پاشش مورد نیاز در فاصله r_j از نقطه چرخش دستگاه (mm/hr)

d : عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز در هر نوبت آبیاری (mm)

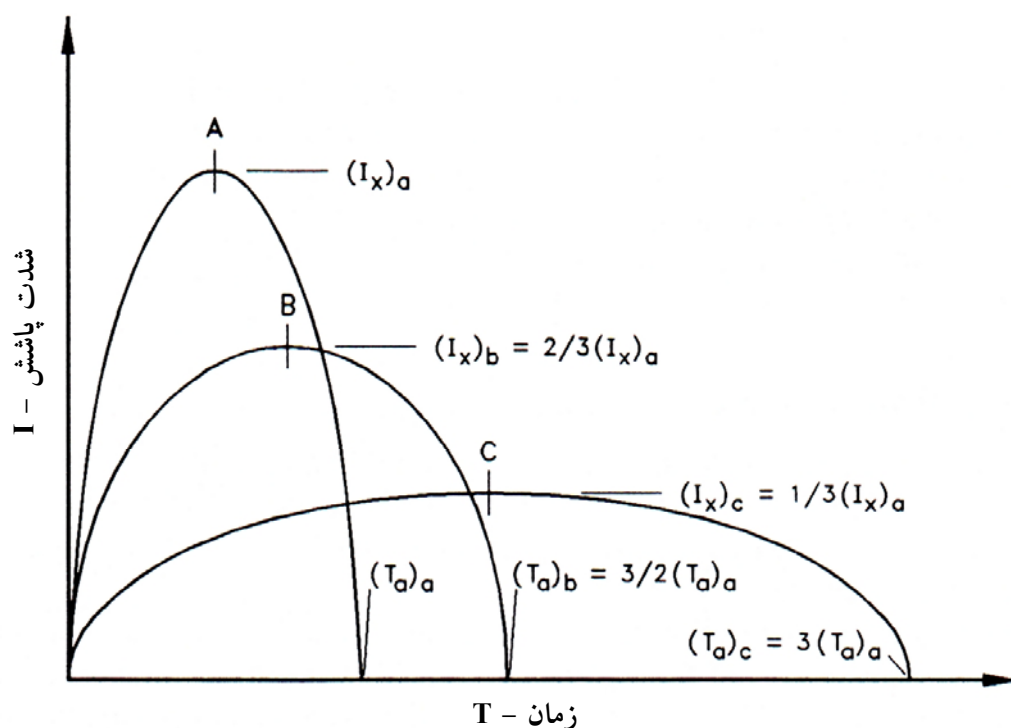
T_{aj} : زمان آبیاری در فاصله r_j از نقطه چرخش دستگاه (min)

I_{xj} : حداکثر شدت پاشش در فاصله r_j از نقطه چرخش دستگاه (mm/hr)

بطور نظری، عمق آبی که به سطح خاک می رسد شامل تلفات تبخیر و بادبردگی نمی باشد. با اینحال، اندازه گیری این عمق بطور عملی بسیار دشوار است.



A / پلان مزرعه تحت آبیاری با سیستم آبیاری عقربه ای و نوار مرطوب شده یکنواخت آن.



B / نیمرخ شدت پاشش آب در نقاط مختلف در طول لاترال عقربه ای.

شکل ۱۴,۲ / شدت پاشش آب در نقاط مختلف در طول لاترال عقربه ای با عرض یکنواخت نوار مرطوب شده.

متوسط شدت پاششی که باید بر روی سطح خاک فرود آید، تابعی از فاصله شعاعی از نقطه چرخش دستگاه است، r_j . این مقدار، متناسب است با طول مسیر حرکت دایره ای شکل در شعاع r_j (یعنی محیط دایره ای به شعاع r_j) تقسیم بر عرض نیمرخ پاشش در حالت سکون.

$$I_j = \frac{2\pi r_j}{w_j} \cdot \frac{d'_i}{T} \quad (14,4 a)$$

و با ترکیب روابط ۱۴,۱، ۱۴,۲ و ۱۴,۴ a :

$$I_j = \frac{2\pi r_j}{w_j} \cdot \frac{KQ_b R_e O_e}{L^2} \quad (۱۴,۴ b)$$

I_j : متوسط شدت پاشش در شعاع r_j (mm/hr)

r_j : فاصله شعاعی از نقطه چرخش دستگاه (m)

d'_i : متوسط حداکثر عمق نفوذ مورد نیاز در هر روز (mm)

w_j : عرض مرطوب شده در شعاع r_j در حالت سکون سیستم (m)

T : متوسط زمان آبیاری (hr)

K : ثابت تبدیل واحد همانند رابطه ۱۴,۲ .

سرعت نفوذ و ذخیره سطحی

حداکثر شدت پاشش توصیه شده برای یک سیستم آبیاری بارانی با جابجایی متناوب در خاکها و شیبهای مختلف، در جدول ۵,۴ ارائه شده است. این مقادیر زمانیکه آبیاری سبک با سیستم عقربه ای صورت می گیرد، می توانند به میزان قابل توجهی افزایش داده شوند.

ذخیره آب در سطح خاک و در تاج پوشه گیاه، هرچند مقدار کوچکی داشته باشد، اما نقش مهمی در کمینه کردن مقدار رواناب سطحی ناشی از سیستم های عقربه ای ایفا می کنند. زیرا زمانیکه خاکی با ظرفیت نفوذ پایین آبیاری می شود، می توان عمق هر نوبت آبیاری را کمتر در نظر گرفت. در بسیاری از موارد، ذخیره سطحی بطور موقت تا یک سوم و یا بیشتر از آب آبیاری را نگه می دارد. بنابراین، شدت پاشش می تواند به میزان قابل توجهی بیش از ظرفیت نفوذ خاک باشد، بدون اینکه رواناب ایجاد شود. برای مثال، اگر عمق آبیاری ۷/۵ میلیمتر و ذخیره سطحی ۲/۵ میلیمتر باشد، تنها لازم است تا ۵ میلیمتر از آب در خاک نفوذ کند تا رواناب سطحی ایجاد نشود.

برای اینکه ذخیره سطحی بیشترین تأثیر مثبت را داشته باشد، آبی که بلافاصله در خاک نفوذ نمی کند باید در سطح خاک و برگهای گیاه و یا حفره های کوچک سطح خاک که بطور یکنواخت در تمام سطح مزرعه پراکنده هستند ذخیره شود. مهم است که آب اضافی در نزدیک جایی که فرود می آید باقی بماند و در این نقطه، یا به داخل خاک نفوذ کند و یا مصرف شود. اگر این آب مصافت زیادی را جابجا شود، باعث عدم یکنواختی آبیاری شده، نقاط بالاتر، کمتر، و نقاط پایین تر، بیشتر از حد لزوم آبیاری می شوند. علاوه بر این، تجمع آب جاری و ایجاد جریانهایی که بطور مداوم بر اندازه آنها افزوده می شود باعث ایجاد فرسایش شدید در شیبها و ایجاد حالت ماندابی می گردد.

متوسط عمق مؤثر ذخیره سطحی که معمولاً بر روی اکثر زمینها، بخصوص زمینهای مسطح بوجود می آید، کمتر از ۷/۵ میلیمتر تجاوز می نماید (۰/۳ اینچ). مقدار ذخیره سطحی، در درجه اول بستگی دارد به شیب عمومی زمین، میکروتوپوگرافی زمین و زبری سطح خاک. رابطه زیر برای تخمین مقدار متوسط ذخیره سطحی، بر اساس مشاهدات مزرعه ای ارائه شده است:

$$SS \approx K(SS_m + SS_f + k \times SS_d)$$

با وارد کردن عاملی که ظرفیت ذخیره در چالابهای کوچک سطح زمین را به شیب مربوط می سازد، s ، رابطه به صورت زیر در می آید:

$$SS \approx K \left[SS_m + SS_f + k \times \frac{(6-s)(12-s^2)}{144} \right] \quad (۱۴,۵)$$

SS: متوسط ظرفیت ذخیره سطحی (mm)

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک برابر ۱ و برای سیستم انگلیسی برابر ۰/۰۳۹.

SS_m: ظرفیت ذخیره در حفره های ریز خاک (mm)

SS_f: ذخیره بر روی تاج پوشه گیاه (mm)

SS_d: ظرفیت ذخیره در چالابها (mm)

k: ۰/۵ برای زمینهای دارای جوی و پشته و ۱ برای زمینهای مسطح.

s: شیب عمومی زمین (%).

مقدار SS_m به ویژگیهای سطح خاک بستگی داشته و معمولاً مستقل از s می باشد. مقادیر قابل قبول و منطقی برای

SS_m+SS_f به صورت زیر خواهند بود:

- ۱ میلیمتر برای خاکهای هوادیده بدون پوشش فشرده.

- ۲ تا ۳ میلیمتر برای زمینهای به تازگی شخم خورده.

- ۳ میلیمتر برای مراتع و پوشش های چمنی.

- ۲ میلیمتر برای زمین دارای پوشش فشرده مانند یونجه و غلات.

جزء SS_d در رابطه ۱۴,۵ بر پایه این فرضیات قرار دارد:

- قسمت عمده SS در حفره هایی تجمع می کند که مانند هرم وارونه هستند.

- این حفره ها بطور متوسط ۰/۶ میلیمتر طول دارند (در جهت شیب زمین).

- حداکثر عمق متوسط این حفره ها، ۱۸ میلیمتر است.

از آنجایی که حجم هرم، یک سوم ارتفاع آن ضربدر مساحت سطح مقطع آن می باشد، در یک زمین مسطح، متوسط

عمق ذخیره در این حفره ها در حدود ۶ میلیمتر خواهد بود. جزء SS_d تخمینی از تأثیر شیب بر روی ذخیره سطحی در

این حفره ها می باشد. برای زمینهایی که بصورت جوی و پشته درآمده اند، فرض می شود که حفره های خاک تنها در

کف جوی ها قرار دارند و یا، در حدود نیمی از سطح زمین را می پوشانند. بنابراین، برای زمینهای جوی و پشته ای

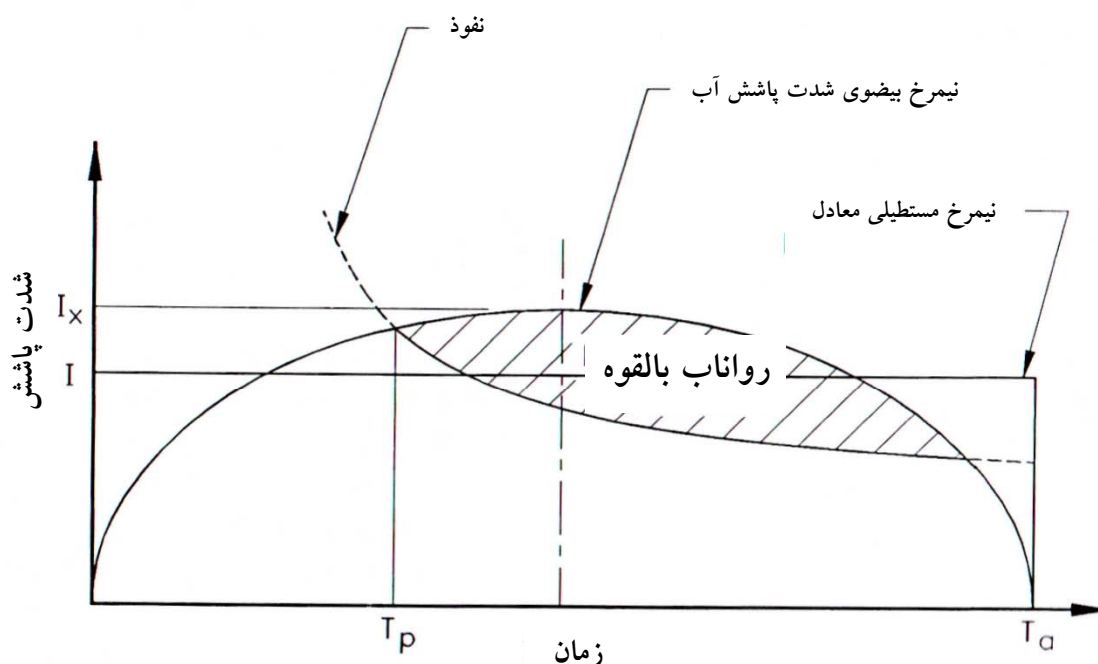
$$k = ۰/۵$$

صحت رابطه ۱۴,۵ هنوز تأیید نشده است. اما مقادیری از SS را بدست می دهد که بنظر منطقی می رسند. مقادیر پیش

بینی شده SS که در اکثر مقالات و کتب تخصصی نیز پیشنهاد شده اند بطور قابل توجهی از مقادیر بدست آمده از این

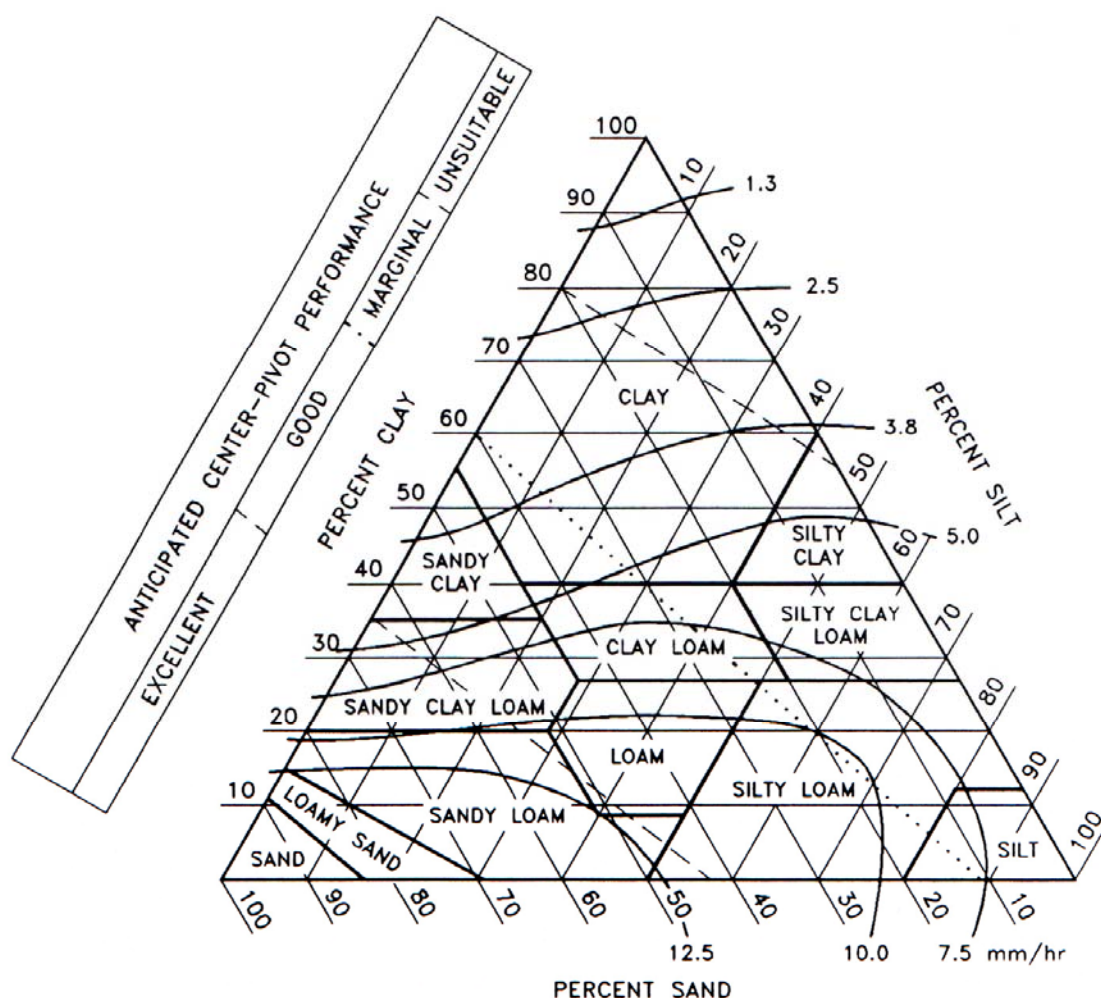
رابطه بزرگترند. معمولاً مقدار ۱۲/۵ mm برای تمامی زمینهای مسطح پیشنهاد می شود. این مقدار برای هر ۱ درصد

افزایش شیب، ۲/۵ mm کاهش داده می شود. بنابراین، در شیب s = ۰/۰۵، SS صفر خواهد بود.



شکل ۱۴,۳ / انطباق نیمرخ شدت پاشش زیر لاترال عقربه ای در حال حرکت و نمونه ای از منحنی نفوذ خاک.

عامل دیگری که اجازه می دهد تا سیستم های عقربه ای شدت پاشش های بالایی داشته باشند ، بدون اینکه ایجاد رواناب کنند ، این است که ظرفیت نفوذ خاک در ابتدا زیاد بوده و با زمان کاهش می یابد . آبیاری های مکرر و سبک ، حداکثر استفاده را از این پدیده می کنند . برای مثال ، در شکل ۱۴,۳ قسمت هاشور خورده حداکثر رواناب ممکن را از یک نیمرخ بیضی شکل شدت پاشش نشان می دهد . اگر سرعت حرکت سیستم افزایش یابد ، حداکثر شدت پاشش ثابت باقی می ماند . اما عرض نمودار (زمان آبیاری) کاهش داده می شود . این مسئله باعث کاهش مقدار بارش اضافی بر روی سطح خاک شده (که با هاشور نشان داده شده است) و در نتیجه ، مقدار SS مورد نیاز برای جلوگیری از رواناب را کاهش می دهد . با اینحال ، منحنی نفوذ به سمت چپ منتقل شده و باعث می شود تا مزایایی که از آبیاری مکرر و سبک ناشی شده اند ، کاهش یابند .



شکل ۱۴,۴ / مثلث بافت خاک به همراه منحنی های عمومی شدت نفوذ آب در خاک و پارامترهای عملکرد مورد انتظار سیستم عقر به ای.

شکل ۱۴,۴ مثلث طبقه بندی بافت خاک به همراه خطوط کنتوری شدت نفوذ و پارامترهای مورد انتظار عملکرد سیستم عقر به ای برای خاکهای برهنه را نشان می دهد. این مثلث به عنوان راهنمای ساده انتخاب سیستم های عقر به ای و مشخص کردن مشکلات مدیریتی محتمل در مورد یک سیستم به کار می رود. بنابراین، در جاییکه آزمایشهای مزرعه ای امکان اجرا ندارند بسیار مفید است. مشخص است که شکل ۱۴,۴ باید تنها به عنوان یک تخمین اولیه استفاده شود. زیرا عواملی غیر از بافت خاک، مانند ساختمان خاک، شیمی خاک، شیب، پوشش سطح زمین و ... ظرفیت نفوذ آب در خاک را تحت تأثیر قرار می دهند.

در کل، عملکرد مورد انتظار یک سیستم آبیاری عقر به ای در خاکهای مختلف به اینگونه است:

- عالی تا خوب: در خاکهای مربوط به خط کنتور ۱۰ mm/hr. عملکرد موفق سیستم تقریباً مستقل از اندازه نازلها، شدت پاشش و ذخیره سطحی می باشد.
- خوب تا متوسط: برای خاکهای بین خطوط کنتوری ۵ و ۱۰ mm/hr. عملکرد موفق سیستم نیازمند داشتن شدت پاشش کم به همراه قطرات آب کوچک بوده و ذخیره سطحی نیز اهمیت بیشتری دارد.

- متوسط تا نامناسب: در خاکهایی که در خارج از خط کنتور ۵ mm/hr قرار می گیرند. عملکرد موفق سیستم بستگی زیادی به ذخیره سطحی دارد. حتی زمانی که عمق آبیاری و شدت پاشش کم باشد.
- اگر در نزدیک مزرعه مورد مطالعه یک سیستم عقربه ای دیگر در شرایط مشابه در حال کار است، مشاهده عملکرد آن در طراحی و مدیریت سیستم بسیار مفید است. آزمایشات سیستماتیک نفوذ در سطح مزرعه، در جایی که نتایج آزمایشات مربوط به سیستم عقربه ای در اختیار قرار ندارد توصیه می شود.

فواصل و انواع آبیاشها

یکی از ملاحظات عمده در زمان طراحی لاترالهای عقربه ای، انتخاب درست آبیاشهاست. دو متغیر مهم در این رابطه، فاصله آبیاشها و نوع آنها می باشند.

فاصله بین آبیاشها

۳ روش کلی از فاصله بندی و دبی آبیاشها در سیستم های عقربه ای استفاده می شوند:

- **فواصل یکنواخت:** که فاصله بین آبیاشها ۹ تا ۱۲ متر انتخاب می شود. به این ترتیب لازم است تا دبی آنها نسبت به فاصله از نقطه چرخش دستگاه، افزایش یابد. قطر مرطوب شده هر آبیاش نیز در طول لاترال افزایش می یابد، اما این افزایش نسبت به افزایش دبی، خطی نیست.
- **فواصل نیمه یکنواخت:** که در آن لاترال به ۳ یا ۴ قسمت تقسیم می شود و در هر قسمت، فاصله یکسان (ولی متفاوت با قسمتهای دیگر) بین آبیاشها انتخاب می گردد. این فواصل، در قسمت نزدیک به نقطه چرخش دستگاه بیشتر و در قسمتهای دورتر، کمتر انتخاب می شود.
- **دبی یکنواخت:** که تنها تغییرات جزئی در دبی مجاز است. این روش نیاز دارد که فاصله بین آبیاشها از حدود ۱۲ متر (۴۰ ft) در نزدیکترین فاصله به نقطه چرخش شروع شده و به حدود ۱/۵ m در دورترین آبیاشها در انتهاب لاترال ختم شود. فاصله آبیاشها در طول لاترال نسبت عکس با فاصله شعاعی از نقطه چرخش داشته و به این ترتیب همواره در طول لاترال، مقدار فاصله دو آبیاش ضربدر فاصله شعاعی از نقطه چرخش، ثابت است (شکل ۱۴،۱ را ببینید).

انتخاب فواصل یکنواخت بین آبیاشها بیش از روش های دیگر رایج است. زیرا ساخت و نصب سیستم را ساده تر می کند. با اینحال، با انتخاب فواصل یکنواخت، نازلهای نسبتاً بزرگ مورد نیاز بوده که در فشارهای بالا کار می کنند. در نتیجه هزینه های انرژی افزایش می یابد. علاوه بر این، در خاکهای ناپایدار و بدون پوشش، قطراتی که از این نازلهای بزرگ خارج می شوند می توانند باعث متلاشی شدن سطح خاک و سله بندی آن شوند که باعث کاهش نفوذ و ایجاد رواناب می گردد.

برای جلوگیری از مشکلات ناشی از اندازه بزرگ نازلها، اغلب از فواصل نیمه یکنواخت بین آبیاشها استفاده می شود. یک روش معمول این است که یک سوم اول لاترال دارای فواصل ۱۲ متر (۴۰ فوت)، یک سوم دوم فواصل ۶ متر (۲۰

فوت) و یک سوم انتهای لاترال نیز دارای فواصل ۳ متر (۱۰ فوت) بین آبپاشها می باشد. با این نوع آرایش، خروجی های روی لاترال در فواصل مساوی ۳ متری قرار می گیرند، اما خروجی هایی که مورد نیاز نیستند، مسدود می شوند.

جدول ۱۴,۲ / دامنه مقادیر نرمال فشار کارکرد سیستم و عرض الگوی مرطوب شده مربوط به آنها برای انواع مختلف آبپاش و فواصل مختلف بین آبپاشها در سیستم های مرسوم عقربه ای.

Sprinkler type and spacing configuration	Pressure range ¹		Pattern width range ²	
	kPa	(psi)	m	(ft)
Low-pressure spray ³ :				
1. Single row drop ⁴	70-205	(10-30)	3-9	(10-30)
2. Single row top	70-205	(10-30)	6-14	(20-45)
3. On short booms ⁵	70-140	(10-20)	12-18	(40-60)
4. On long booms ⁶	105-170	(15-25)	20-26	(65-85)
Low-pressure impact ⁷ :				
5. Variable spacing	140-240	(20-35)	18-23	(60-75)
6. Semiuniform spacing	205-275	(30-40)	21-24	(70-80)
Medium-pressure impact:				
7. Variable spacing	275-345	(40-50)	27-34	(90-110)
8. Semiuniform spacing	275-380	(40-55)	30-37	(100-120)
High-pressure impact:				
9. Uniform spacing	380-450	(55-65)	40-50	(130-160)

¹Values are rounded to nearest 5 kPa or psi and are sprinkler or boom inlet pressures that include typical pressure regulator losses at the high end of the range.

²Pattern width with full-circle sprinklers at the moving end of lateral with $L \approx 400$ m (1300 ft).

³For all sprayers the range depends on height of sprayers above crop, configuration of spray plate, and pressure.

⁴Sprayers on drops should be at least 1 m (3.3 ft) above the crop, and their maximum spacing should not exceed 1.5 m or 2.4 m (5 or 8 ft) when operated at 70 or 140 kPa (10 or 20 psi), respectively.

⁵Booms 3 to 6 m (10 to 20 ft) long with two or three spray heads.

⁶Booms up to 14 m (45 ft) long with up to seven spray heads available for use with lateral outlets up to 9 m (30 ft) apart.

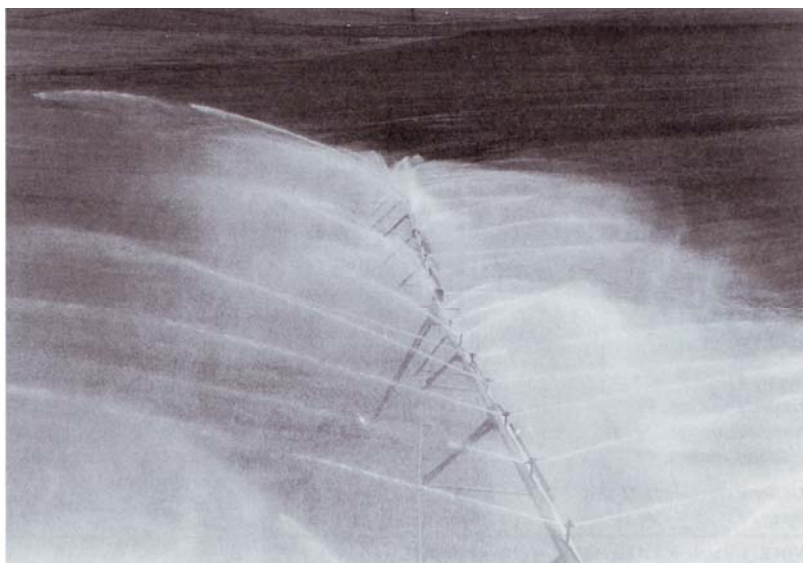
⁷The sprinklers have nozzles that diffuse the jets for better breakup and distribution.

انواع الگوهای پاشش

دامنه فشار و عرض مرطوب شده آبپاشهای مختلف که دارای فواصل گوناگون می باشند برای سیستم های عقربه ای در جدول ۱۴,۲ ارائه شده اند. شکل ۱۴,۵ قسمتی از یک لاترال عقربه ای را نشان می دهد که دارای آبپاشهای افشان (اسپری) ثابت و کم فشار می باشد. شکل ۱۴,۶ یک لاترال عقربه ای مرسوم با آبپاشهای ضربه ای که در فشار متوسط کار می کنند را نشان می دهد. آبپاشهای ضربه ای استاندارد که در انتهای پایین دامنه فشار کار می کنند، قطرات بزرگی تولید کرده و احتمالاً موجب افزایش مشکل سله بندی سطح زمین می شوند. برای حل این مشکل، از نازل های غیرحلقوی (غیر روزنه ای) و غیرمخروطی استفاده می شود. با اینحال، این کار باعث کاهش عرض مرطوب شده آبپاش در مقایسه با نازل های استاندارد می گردد.



شکل ۱۴,۵ / لاترال عقربه ای با آبپاش های اسپری کم فشار که بر روی بازوهای کوتاهی نصب شده اند.



شکل ۱۴,۶ / سیستم آبیاری بارانی عقربه ای با آبپاشهای ضربه ای با فشار کارکرد متوسط.

دلیل اصلی برای استفاده از اسپری های کم فشار در لاترال های عقربه ای ، صرفه جویی در مصرف انرژیست . با این وجود ، ممکن است مقادیر صرفه جویی شده بیشتر از اثرات کاهش راندمان کاربرد (به دلیل افزایش رواناب ، تلفات بادبردگی ، تغییرات فشار به دلیل تغییر ارتفاع در مزارع شیبدار و ...) باشد . فواره خارج شده از بیشتر اسپری هایی که در سیستم های عقربه ای استفاده می شوند ، ابتدا به یک صفحه منحرّف کننده برخورد کرده و الگوی مرطوب شده ۳۶۰ درجه ای ایجاد می کند . این آبپاشها عرض مرطوب شده باریکی تولید می کنند و در نتیجه شدت پاشش در آنها بیش از آبپاشهای ضربه ای می باشد (شکل ۱۴,۴ را ببینید) . مگر اینکه بر روی بوم های کوتاه ، همانند شکل ۱۴,۵ ، قرار داده شوند تا عرض مرطوب شده آنها افزایش یابد (و در نتیجه شدت پاشش کاسته شود) . استفاده از اسپری ها (آبپاشهای فواره ای) حتی با استفاده از بوم ، تنها محدود به خاکهایی با ظرفیت نفوذ بالا و یا مزارع نسبتاً مسطح با ظرفیت ذخیره سطحی بالا می باشد تا از ایجاد رواناب جلوگیری شود . نازلهایی که مجهز به صفحه منحرّف کننده هستند ، قطرات

کوچکی تولید می کنند که سله کمتری ایجاد می نمایند. اما تحت تأثیر شدید تلفات بادبردگی هستند. با این وجود، آبپاشهای فواره ای (اسپری ها) مجهز به صفحه های مضرس (دندانه دار) که فواره های بزرگتری ایجاد می نمایند در بازار موجودند (برای کاهش تلفات بادبردگی و افزایش عرض مرطوب شده) .

تغییرات فشار آبپاشها که با چرخش لاترال در زمینهای شیبدار روی می دهد، باعث تغییر دبی آبپاشها می گردد. دبی آبپاش، متناسب است با ریشه دوم فشار کارکرد طراحی شده برای آن آبپاش. بنابراین، یکنواختی توزیع آب از سیستم عقبه ای با آبپاشهای کم فشاری که در توپوگرافی غیریکنواخت مزرعه کار می کنند، بسیار پایین خواهد بود. مگر اینکه آبپاشها مجهز به نازل های انعطاف پذیر و یا تنظیم کننده فشار باشند (شکل ۶,۶ را ببینید) .

آبپاشهای ضربه ای کم فشار با فواصل متغیر یا نیمه یکنواخت بسیار اقتصادی تر از اسپری های نصب شده بر روی بوم می باشند. این آبپاشها الگوی مرطوب شده مشابهی تولید کرده، اما نیازمند فشار بیشتری هستند.

آبپاشهای ضربه ای پرفشار با نازل های بزرگ معمولاً با فواصل یکنواخت در طول لاترال استفاده شده، الگوی مرطوب شده عریض و قطرات بزرگ تولید می کنند. عرض زیاد مرطوب شده در این نوع آبپاشها منجر به ایجاد شدت پاشش نسبتاً پایین می شود. اما قطرات بزرگ آب ممکن است باعث سله بندی سطح زمین شده و به میزان قابل توجهی، ظرفیت نفوذ خاک را کاسته و ایجاد رواناب نمایند.

استفاده از آبپاشهای ضربه ای با فشار متوسط (شکل ۱۴,۶ را ببینید) به همراه فواصل متغیر یا نیمه یکنواخت، شاید بهترین انتخاب برای اکثر خاکها باشد. در جاییکه مشکلی از نظر سله بندی سطح خاک و شدت نفوذ پایین وجود ندارد، فواصل نیمه یکنواخت با فشار کارکرد ۲۵۰ kPa (۳۵ psi) برای صرفه جویی در انرژی استفاده می شود. برای خاکهایی که مدیریت آبیاری در آنها مشکلتر است، باید از فواصل متغیر بین آبپاشها با فشار ۳۴۵ kPa (۵۰ psi) استفاده شود. در توپوگرافی های غیریکنواخت و موجدار، نازل های دارای روزنه انعطاف پذیر و یا تنظیم کننده های فشار باید برای حفظ دبی آبپاش در حد مورد نظر مورد استفاده قرار گیرند. زیرا در این گونه زمینها، تغییرات فشار بدلیل تغییر ارتفاع بیشتر است.

تلفات تبخیر و بادبردگی / مسیر و زاویه پرتاب فواره

آبپاشهای ضربه ای با زوایای مختلف پرتاب در بازار وجود دارند. استفاده از زوایای پرتاب بالا (بین ۲۳ تا ۲۷ درجه) معمولاً در سیستم های با جابجایی متناوب و سیستم های ثابت آبیاری بارانی صورت گرفته و زمانیکه آبپاش بالاتر از سطح زمین و بر روی لاترال عقبه ای قرار دارد منجر به افزایش تلفات بادبردگی می گردد. برای کمینه کردن تلفات بادبردگی، زوایای توصیه شده پرتاب برای آبپاشهای مورد استفاده در سیستم های عقبه ای، بین ۶ تا ۱۸ درجه (در شرایط باد شدید) می باشند.

جدول ۱۴,۳ تلفات بادبردگی بعلاوه تلفات از فواره آبپاش را که از آزمایشات مزرعه ای حاصل شده اند نشان می دهد (برای سیستم عقبه ای و نازل های مختلف. عددی که در کنار علامت # قرار دارد، مربوط به نازلی با همین شماره در جدول ۱۴,۲ می باشد). این مقادیر تنها به عنوان راهنمای اولیه استفاده می شوند. زیرا تمامی آزمایشها از درجه اعتبار بالایی برخوردار نیستند. اطلاعات این جدول نشان می دهد در جاییکه سرعت متوسط باد بیش از ۱۰ کیلومتر در ساعت

می باشد ، باید آبپاشهای ضربه ای با زاویه پرتاب کمتر و یا لوله هایی برای پایین تر آوردن آبپاشهای فواره ای (تا حدود ۱ متر بالاتر از تاج گیاه) مورد استفاده قرار گیرند .

جدول ۱۴,۳ / تلفات بادبردگی و تلفات فواره آبپاش براساس ارزیابی های صحرایی سیستم های مختلف عقربه ای.

Sprinkler type and spacing configuration ¹	Trajectory angle ²	Wind, mph	Temp., °F	Loss, %
Spray, #2	High	3	80	20
Semiuniform spacing, #8	6°	7	80	15
Semiuniform spacing, #8	6°	7	88	10
Semiuniform spacing, #8	23°	7	90	18
Spray, #2	High	9	95	25
Semiuniform spacing, #8	6°	10	86	3
Uniform discharge, #7	6°	10	88	17
Semiuniform spacing, #8	6°	12	86	7
Spray, #1	Low	8	80	4
Semiuniform spacing, #8	6-18°	4	83	6
Spray, #2	High	6	90	14
Spray, #2	High	8	92	10
Spray, #1	Low	7	85	5
Uniform spacing, #9	23-27°	9	86	13
Semiuniform spacing, #8	6-18°	12	90	19
Uniform spacing, #9	23-27°	13	91	36
Uniform discharge, #7	6-18°	16	91	16
Spray, #2	High	8	85	12

NOTE: 1.0 mph = 1.6 km/hr; °C = (°F - 32)/1.8.

¹Refer to sprinkler type/configuration numbers in Table 14.2 for details, i.e., #2 is single row top spray, #7 is variable spacing medium-pressure impact, etc.

²High spray is on top of lateral; low spray is on drop pipe close to crop canopy.

قسمتی از آبی که توسط باد جابجا می شود ، در نهایت در قسمت دیگری از مزرعه فرود آمده و باعث کاهش تبخیر و تعرق مؤثر گیاه می گردد . رابطه ۶,۸ برای تخمین بخش مؤثر آب آبیاری ، R_e ، در آبپاشهای ضربه ای با زاویه پرتاب کوچک و آبپاشهای فواره ای ثابت (که یا مستقیماً بر روی لاترال نصب شده و یا بر روی بوم قرار می گیرند) استفاده می شود .

نمایه درشتی (CI) برای استفاده در رابطه ۶,۸ با استفاده از جدول ۱۴,۴ محاسبه می شود . این جدول ، مقادیر پیشنهادی CI را برای آبپاشهای فواره ای ثابت ارائه می دهد . برای آبپاشهای ضربه ای ، تغییرات لازم در فشار کارکرد توصیه شده ، P ، و قطر نازل ، B ، برای استفاده در رابطه ۶,۷ و محاسبه CI گردآوری شده اند . این تغییرات برای جبران اختلاف بین مقادیر پیش بینی شده CI برای نازل های استاندارد مخروطی و دیگر نازل ها اعمال می شوند .

جدول ۱۴،۴ / راهنمای تعیین شاخص درشتی، CI ، در زمان محاسبه Re در سیستم های عقربه ای.

For low-pressure, fixed-spray sprinklers:

With smooth plates let $CI = 17$;

With narrow groove serrated plates let $CI = 12$; and

With wide groove serrated plates let $CI = 7$.

For impact-sprinklers use Eq. 6.7 to compute CI . To compensate for the different nozzle configurations use adjusted values for the nozzle operating pressure, P , and nozzle diameter, B , as given below.

For diffusing nozzles:

$P = 1.5$ (actual P); and

$B =$ the equivalent B for a standard nozzle.

For ordinary nozzles:

$P =$ actual P ; and

$B =$ actual B .

For nozzles with flexible flow-control orifices:

$P = 1.1$ (actual P); and

$B =$ the equivalent B at normal operating pressure.

For nozzles with straightening values:

$P = 0.9$ (actual P); and

$B =$ actual B .

For orifice-type (or ring) nozzles:

$P = 1.2$ (actual P); and

$B =$ the equivalent B for a tapered nozzle or about 0.85 (actual B).

مقادیر Re که از رابطه ۶،۷ بدست می آیند، بر اساس آبپاشهای معمولی که عموماً در لاترالهای با جابجایی متناوب استفاده می شوند می باشند. این قبیل آبپاشها عرض مرطوب شده ۲۱ تا ۳۴ متر (همانطور که در جدول ۵،۲ نشان داده شده است) ایجاد می کنند. برای الگوهای باریکتر که توسط یک ردیف از آبپاشهای فواره ای ایجاد می شوند، تلفات به مراتب کمتر از مقدار محاسبه شده در رابطه ۶،۸ می باشد. برای تعدیل این اختلاف، برای الگوی مرطوب شده ۶ متری یا کمتر، مقدار محاسبه شده Re باید تا حدود ۵۰ درصد کاهش داده شود. پس در نهایت مقدار تعدیل شده Re در جایکه $w < 6\text{ m}$ می باشد عبارت است از $Re = [1 - 0.5(1 - Re)]$. w عرض دایره خیس شده یا عرض الگوی مرطوب شده آبپاش است).

انتخاب آرایش آبپاشها

مهمترین مسائلی که در طراحی سیستم های عقربه ای با آن مواجه هستیم، تلاش برای حذف رواناب و در عین حال، استفاده از سرعت های کمتر برای حرکت لاترال می باشد. مرحله اول طراحی در رابطه با انتخاب آرایش آبپاشها، تعیین حداکثر عمق ناخالص آب کاربردی می باشد که باید در خاک نفوذ کند، d_i .

عمق ناخالص نفوذ

مقدار d_i از رابطه ۱۴,۱ قابل محاسبه است. اما، ابتدا باید یک مقدار برای DE_{pa} تعیین شود. از آنجاییکه لاترالهای عقربه ای بطور پیوسته در حرکت بوده و آبپاشها در طول آنها در فواصل کمی از یکدیگر قرار می گیرند، یکنواختی کاربرد آب بالاست. علاوه بر این، از آنجاییکه آبیاری ها معمولاً سبک و با تواتر زیاد صورت می پذیرند، می توانیم از یکنواختی حاصل از چندین آبیاری پیاپی نیز در این رابطه استفاده کنیم. بنابراین، مشکلات مربوط به عدم یکنواختی ناشی از باد و حرکت غیریکنواخت لاترال، قابل اغماض می باشند. در نهایت، یکنواختی مرکب (یکنواختی حاصل از چندین آبیاری پیاپی) برای سیستم آبیاری عقربه ای که بدرستی طراحی شده باشد به صورت زیر خواهد بود:

$$90 < CU < 94$$

$$84 < DU < 90$$

مثال ۱۴,۱: محاسبه ظرفیت سیستم و شدت پاشش در یک سیستم آبیاری بارانی عقربه ای.

اطلاعات: زمین مربع شکل با مساحت ۶۵ هکتار تحت کشت ذرت که در یک منطقه بسیار گرم قرار گرفته است. قرار است سیستم عقربه ای با موتورهای برقی و طول ۴۰۲ متر در این زمین نصب شده و از آبپاشهای ضربه ای با نازلهای کم فشار و فواصل متغیر استفاده شود.

متوسط نیاز آبی در دوره حداکثر مصرف: $U_d = 7 \text{ mm/day}$

کفایت آبیاری مورد نظر: $pa = 80\%$

متوسط یکنواختی کاربرد آب مورد انتظار: $CU = 90\%$

دور آبیاری مورد انتظار: $1/5 < f < 2 \text{ days}$

زمان آبیاری روزانه: $T = 22 \text{ hr}$

عرض الگوی مرطوب شده آبپاش در انتهای لاترال ($r_j = L$): $w = 20 \text{ m}$

متوسط سرعت باد در طول دوره حداکثر مصرف آب بین ۶ تا ۱۶ کیلومتر در ساعت.

متوسط اندازه نازلها و فشار کارکرد آنها در طول لاترال: $P = 205 \text{ kPa}$ ، $B = 5 \text{ mm}$.

نیاز آبیاری: $LR < 0.1$.

مطلوب است: محاسبه ظرفیت سیستم و متوسط شدت پاشش در انتهای لاترال (با فرض اینکه آبپاش تفنگی انتهایی یا هیچ تجهیزات دیگری برای آبیاری گوشه ها در این نقطه نصب شده باشد).

محاسبات: برای تعیین ظرفیت سیستم، Q_s ، ابتدا عمق ناخالص آبیاری روزانه، d' ، از رابطه ۱۴,۱ محاسبه می شود. این کار نیازمند دانستن مقدار پیش بینی شده O_e ، DE_{80} و Re می باشد. در مورد سیستم دارای موتورهای برقی، $O_e \approx 1$. با اینحال، برای ماشین هایی که از موتورهای آبی استفاده می کنند، $O_e < 1$. فرض کردیم که $CU = 90\%$ و $90\% = DE_{80}$ (فصل ۶ را ببینید). برای تعیین مقدار Re ، نمایه درشتی، CI ، را با استفاده از رابطه ۶,۷ و اطلاعات جدول ۱۴,۴ تعیین می کنیم. با فرض اینکه متوسط اندازه نازلها ۵ میلیمتر باشد، از رابطه ۶,۷ مقدار CI عبارت است از:

$$CI = K \frac{P^{1.3}}{B} = 0.032 \times \frac{(1.5 \times 205)^{1.3}}{5} = 11 \quad (6,7)$$

و از شکل ۶,۸ ، $(Re)_f = ۰/۹$ و $(Re)_c = ۰/۹۷$. پس از رابطه ۶,۸ a :

$$R_e = \frac{(11-7)}{10} \times 0.9 + \frac{17-11}{10} \times 0.97 = 0.94$$

از جدول ۱۴,۱ با دور آبیاری بین ۱/۵ تا ۲ روز و گیاه ذرت که یک محصول ردیفی می باشد ، $k_f = ۱/۰۷$. با جایگزینی این مقدار در رابطه ۱۴,۱ a :

$$d' = \frac{100 \times 1.07 \times 7}{90 \times 0.94 \times 1} = 8.9 \text{ mm}$$

رابطه ۱۴,۱ را می توانیم برای محاسبه متوسط عمق ناخالص نفوذ مورد نیاز بکار ببریم :

$$d' = \frac{100 \times 1.07 \times 7}{90} = 8.3 \text{ mm}$$

یا

$$d' = 0.94 \times 1 \times 8.9 = 8.3 \text{ mm}$$

ظرفیت سیستم از رابطه ۱۴,۲ برای $T = ۲۲ \text{ hr/day}$ و بدون آبپاش تفنگی انتهایی :

$$Q_s = Q_b + Q_R = \frac{(402)^2 \times 8.9}{1146 \times 22} + 0 = 57 \text{ L/s}$$

متوسط شدت پاشش ، I' ، در انتهای لاترال از رابطه ۱۴,۴ a محاسبه می شود :

$$I' = \frac{2\pi \times 402}{20} \times \frac{8.3}{22} = 48 \text{ mm/hr}$$

با فرض اینکه آبپاشها عرض مرطوب شده یکسانی ایجاد می کنند ، $I' = ۴۸ \text{ mm/hr}$ حداکثر متوسط شدت پاششی خواهد بود که در طول لاترال مشاهده می شود .

هر دو مقدار Q_s و I' در صورتیکه زمان آبیاری در طول دوره حداکثر مصرف به ۲۴ ساعت در شبانه روز افزایش یابد ، می توانند کاهش یابند . این کار باعث می شود تا زمان استراحت سیستم حذف شود (عدم وجود ضریب اطمینان) . اما پتانسیل موجود برای ایجاد تلفات شدید محصول به حداقل می رسد (با فرض اینکه تعمیرات مورد نیاز سیستم در محل موجودند) . با استفاده از مقدار $T = ۲۴ \text{ hr/day}$ در رابطه ۱۴,۲ ، $Q_s = ۵۲/۳ \text{ L/s}$ و از رابطه ۱۴,۴ ، $I' = ۴۴ \text{ mm/hr}$.

محاسبه ظرفیت نفوذ

متوسط شدت پاششی که در مثال ۱۴,۱ محاسبه شد ($I' = ۴۸ \text{ mm/hr}$) شدت پاشش نسبتاً بالایی به حساب می آید . این مقدار شدت پاشش معمولاً در انتهای لاترال عقربه ای مجهز به آبپاشهای کم فشار مشاهده می شود . این شدت پاشش های بالا اغلب بر روی تمامی خاک ها (و نه خاکهای بسیار نفوذ پذیر) ایجاد رواناب می نمایند . برای کاهش پتانسیل ایجاد رواناب ، ذخیره سطحی می تواند افزایش پیدا کند و یا آبیاری با تواتر بیشتر و سبکتر استفاده شود . اما کاربرد عملی این تمهیدات دارای محدودیت هایی نیز می باشد .

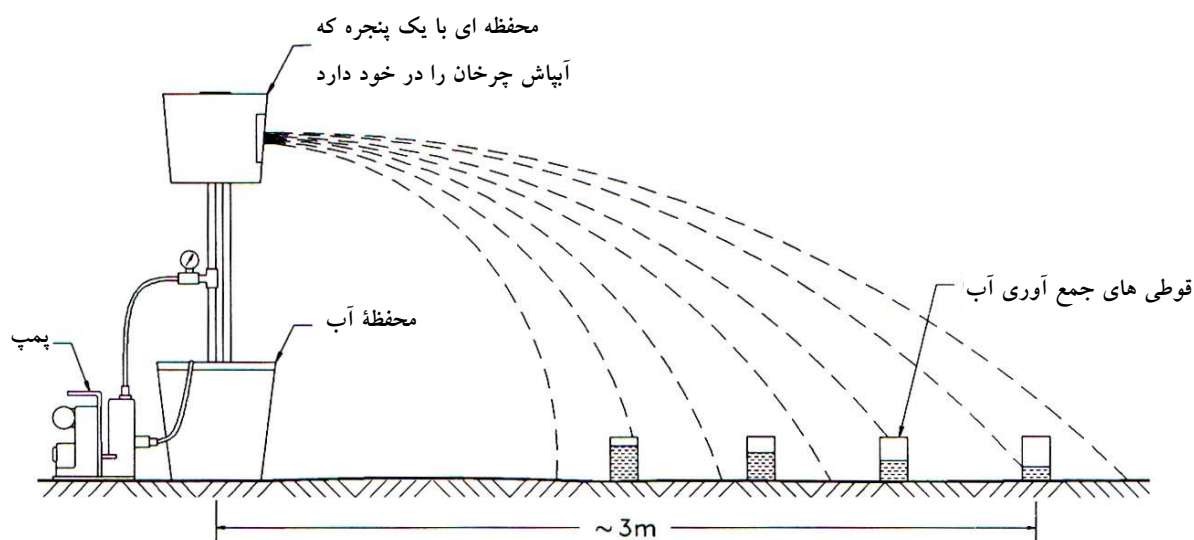
شکل ۱۴,۴ روش مناسبی را برای پیش بینی عملکرد سیستم عقربه ای در منطقه ای که هیچ سیستم دیگر عقربه ای از قبل در آن نصب نشده ارائه می دهد . با اینحال ، روشی دقیقتر نیز برای سازگار کردن شدت پاشش با ظرفیت نفوذ خاک مورد

نیاز است. برای انجام این سازگاری و ایجاد سطح اطمینان بالا در عملکرد سیستم، نیازمند داده های نفوذ مربوط به خاک تحت آبیاری هستیم. این داده ها نیازمند انجام مطالعات نفوذ در منطقه تحت آبیاری می باشند.

مشخصات نفوذ خاک یا با استفاده از غرقاب کردن سطح خاک و یا با آبیاری بارانی سطح خاک قابل تعیین هستند. روش نفوذ سنجی غرقابی ساده تر است، اما به نظر می رسد که روش بارانی برای شبیه سازی عملکرد سیستم عقربه ای قابل اعتماد تر باشد. انجام آزمایشات مزرعه ای با استفاده از هریک از روشهای مذکور، زمانبر و خسته کننده می باشد. به همین دلیل، انتخاب محلی که بهترین اطلاعات نفوذ را در اختیار قرار دهد بسیار مهم است. آزمایشات نفوذ باید در منطقه ای دایره ای شکل که تحت آبیاری قسمت انتهایی لاترال سیستم عقربه ای می باشد صورت پذیرند. زیرا در این قسمت شدت پاشش بیش از سایر نقاط است. دو یا سه آزمایش کامل نفوذ معمولاً کفایت می کند. آزمایشها باید بر روی خاکی صورت گیرند که معرف خاک منطقه می باشد (شکل ۱۴،۴ را ببینید).

روشهای نفوذسنجی غرقابی کاملاً شناخته شده هستند. در حالیکه روش نفوذسنجی بارانی کمتر شناخته شده و مورد استفاده قرار می گیرد، اما باید توجه شود که این روش، نتایج مفیدتر و واقعی تری در مورد طراحی سیستم آبیاری بارانی عقربه ای بدست می دهد. قبل از تشریح مختصر این روش باید به یک نکته توجه شود. روش انجام آزمایش نفوذسنجی هرچه که باشد، داده های نفوذ مزرعه تنها معرف شرایط رطوبتی خاک در زمان آزمایش و در بهترین حالت، در تعداد محدودی از نقاط مزرعه می باشند. بنابراین، این داده ها تنها به عنوان شاخصی از آنچه که در هنگام کار سیستم با آن مواجه خواهیم بود به کار می روند.

دو نوع نفوذ سنجی بارانی ارائه شده اند. روش اول توسط (Beggs (1981 ارائه شده که سعی می کرد در منطقه کوچکی که مستقیماً در زیر آبپاشهای گردان فواره ای قرار دارد، شدت پاشش یکنواختی ایجاد کند. با این وجود، دستیابی به شدت پاشش یکنواخت در منطقه ای کوچک، با این وسیله مشکل است. شدت پاشش توسط روشن و خاموش شدن متناوب یک شیر برای ایجاد زمانهای متفاوت آبیاری کنترل می شود. یک آزمایش کامل نفوذ در مزرعه در یک مکان خاص شامل آماده سازی سطح خاک به نحوی می باشد که دارای حالتی باشد که در حال کار سیستم خواهد داشت (یا دارد). سپس، دستگاه نصب شده و برای ایجاد چند شدت پاشش، I، و عمق آبیاری ثابت به کار می افتد. زمانی که اولین نشانه های مانداب (غرقاب) شدن سطح خاک شروع به بروز می کند، T_p ، ثبت می شود. می توانیم آبیاری را در مدت بیشتری نیز ادامه دهیم تا تأثیر ذخیره سطحی نیز مشخص شود و امکان اندازه گیری رواناب نیز فراهم شود. اما اندازه گیری دقیق رواناب بسیار مشکل است.



شکل ۱۴،۷ / شکل شماتیک از روش نفوذسنجی آبپاشهای چرخان.

بعد از اینکه هر نقطه بر روی نمودار بدست آمد (T_p , I)، یا دستگاه به نقطه دیگری در نزدیک آن نقطه هدایت می شود و یا چند روز بعد آزمایش در همان نقطه مجدداً صورت می گیرد. حداقل ۳ نقطه برای تکمیل آزمایش مورد نیاز است. مشخص است که این داده ها چندان هم قابل اعتماد نیستند. زیرا اگر دستگاه جابجا شود احتمالاً خاک تغییر می کند و هم اینکه، شرایط در زمانیکه آبیاری (آزمایش) در نقطه ای تکرار می شود، نسبت به دفعات اولیه آزمایش متفاوت است.

شکل ۱۴،۷ نمایی از نفوذسنج بارانی (Reinders and Louw, 1985) را نشان می دهد. این دستگاه دارای یک مخزن آب و سیستم پمپاژ و یک آبپاش چرخان کوچک می باشد که در محفظه ای قرار گرفته تا بیشتر آب خارج شده از آبپاش مجدداً جمع آوری شود. این محفظه دارای پنجره کوچکی می باشد که در طول هر گردش آبپاش، فواره آب از آن عبور می کند. مشخص است که نیمرخ توزیع آب شکلی مثلثی داشته و شدت پاشش بطور یکنواخت و با افزایش فاصله از پایه آبپاش، کاهش می یابد. شعاع پرتاب نیز در حدود ۳ متر بوده و حداکثر شدت پاشش مؤثر ۱۰۰ میلیمتر در ساعت است.

یک آزمایش کامل نفوذ به چند کار اضافه نیاز دارد: آماده کردن نمودار آزمایش، آماده کردن دستگاه در جهت باد، قرار دادن ردیفی از قوطی ها در مقابل پنجره دستگاه، ثبت زمان T_p و عمق جمع آوری شده در هر قوطی، z ، مربوط به آن که تقریباً برابر است با عمق آب نفوذ یافته، d_i . تعداد نقاط (T_p , d_i) بستگی به تعداد قوطی های بکار رفته دارد. می توانیم زمانیکه جبهه غرقابی به هر قوطی رسید آن را بپوشانیم و بعداً مقدار z را اندازه گیری کنیم. توجه به این نکته نیز مهم است که هر قوطی (که معرف یک نقطه بر روی نمودار است) مربوط به مکان متفاوتی از سایر قوطی ها بوده و نماینده خاک متفاوتی نیز می باشد.

مهمترین مشکل در مورد دستیابی به اطلاعات نفوذ قابل اعتماد با این روش، مربوط به آماده کردن محل آزمایش برای شبیه سازی شرایط مزرعه در زمان کار سیستم عقربه ای می باشد. کارشناسان باتجربه روش آماده سازی دقیق و پیچیده ای را ارائه کرده اند. برای مثال، توصیه شده است که خاک شخم خورده بصورت عمیق (و در صورت لزوم با روش

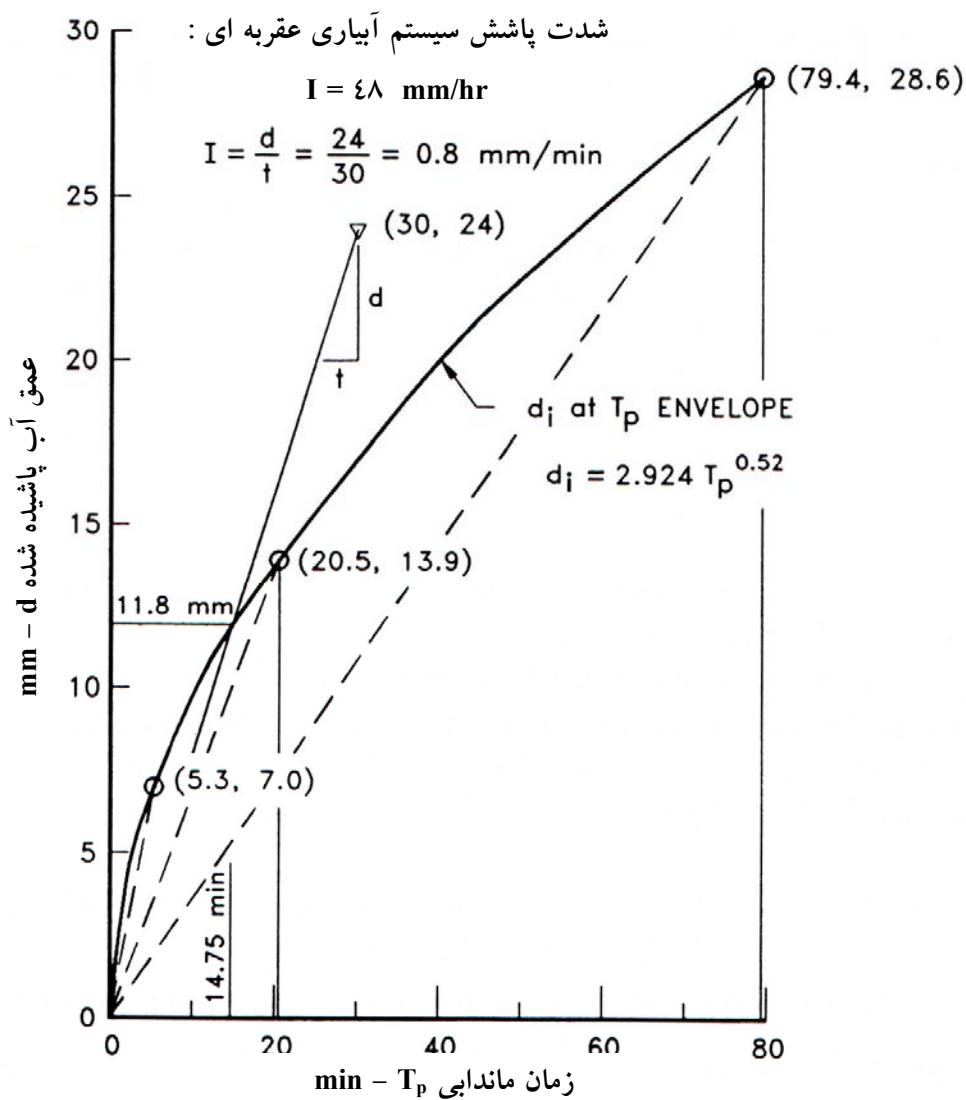
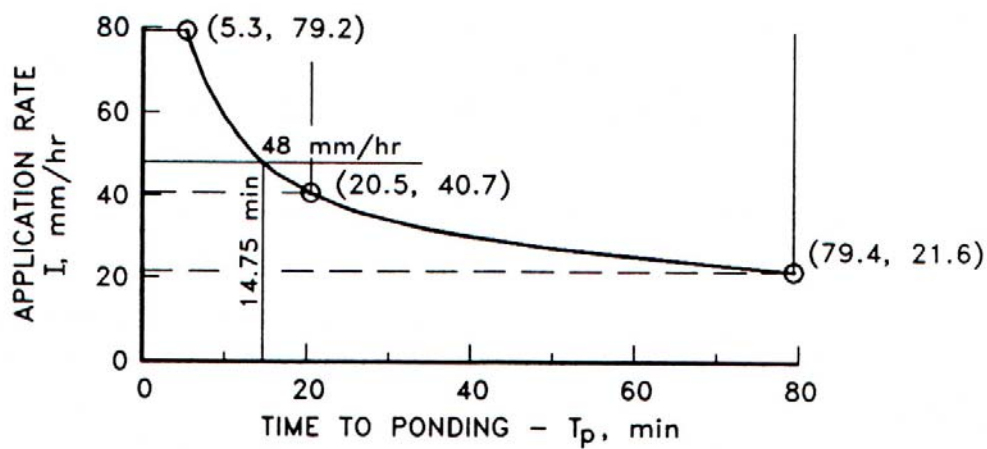
دستی (مرطوب شود و زمان لازم برای خشک شدن ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر سطحی خاک قبل از شروع آزمایشهای نفوذ در نظر گرفته شود . دلیل ارائه این روش این است که آنچه که ممکن است در زمان کار سیستم روی دهد ، و همچنین شرایط رطوبتی خاک قبل از زمان کار سیستم به درستی شبیه سازی شود .

سازگار کردن شدت پاشش آبپاش و ظرفیت نفوذ خاک

نموداری از داده های واقعی نفوذسنجی بارانی مربوط به خاکی با ۳۰ درصد شن ، ۵۵ درصد سیلت و ۱۵ درصد شن در شکل ۱۴،۸ نشان داده شده است . قسمت A نشان می دهد که داده ها به عنوان تابعی از عمق نفوذ تجمعی ، d_i ، در زمان T_p برای ۳ مقدار شدت پاشش ثابت ترسیم شده اند (نموداری که با خط مشکی پیوسته مشخص شده است) . قسمت B از شکل ۱۴،۸ نمودار T_p برای سه مقدار مختلف از شدت پاشش را نشان می دهد . منحنی که در این قسمت ترسیم شده است نشانگر پوش مربوط به نقاط (T_p, I) می باشد که از همان سه مقدار شدت پاشش مربوط به قسمت A بدست آمده است . این پوش با نمودار کلاسیک زمان در مقابل شدت نفوذ لحظه ای یا متوسط ، I ، که از آزمایشهای نفوذسنجی غرقابی بدست آمده تفاوت دارد . استفاده از I منتج شده از نفوذسنجی غرقابی نمی تواند به خوبی تأثیر زمان را نشان دهد . زیرا روش غرقابی منجر به تورم خاک و کاهش دقت آزمایش می گردد . در زمان طراحی سیستم آبیاری عقربه ای ، تخمین عمق d_i که در زمان عبور لاترال نفوذ می کند ، مهمترین مسئله است . از آزمایشهای مزرعه ای مشخص شده است که برای اغلب خاکها ، پوش (d_i, T_p) با یک رابطه ساده توانی به شکل زیر قابل بیان است :

$$d_i = k_p (T_p)^p \quad (14,6)$$

d_i : عمق نفوذ برای شدت پاشش متوسط آبپاش ، I ، در زمان ایجاد ماندابی ، T_p (mm)
 k_p : ضریبی که بستگی به مشخصات خاک و آب در زمان آزمایش و واحد های بکار رفته در این رابطه دارد .
 p : توانی که بستگی به مشخصات خاک و آب در زمان آزمایش و واحد های بکار رفته در این رابطه دارد .

A. ENVELOPE OF d_i AT T_p FOR DIFFERENT I VALUESB. ENVELOPE OF T_p FOR DIFFERENT I VALUES

شکل ۱۴.۸ / منحنی های نفوذسنج بارانی.

مثال ۱۴,۲: بررسی تناسب مشخصات آبیاشها در یک سیستم عقربه ای براساس آزمایشهای نفوذسنجی .

اطلاعات: اطلاعات طرح در مثال ۱۴,۱ ارائه شده است. نمودارهای مربوط به آزمایشهای نفوذ نیز در شکل ۱۴,۸ نشان داده شده اند. فرض می کنیم که شدت پاشش متوسط آبیاش، I و عرض مرطوب شده (عرض الگوی مرطوب شده آبیاش) w باشد.

مطلوب است: حداکثر عمق آب، d_i ، که می تواند بدون ایجاد غرقاب بر روی سطح خاک اعمال شود و سرعت حرکت دستگاه، V_e ، متناسب با این عمق و زمان چرخش یک دور کامل لاترال، T_c .

محاسبات: شکل A ۱۴,۸ عمق نفوذ در زمان غرقاب شدن خاک برای سه آزمایش نفوذسنجی با آبیاش چرخان را نشان می دهد. رگرسیون خطی A با استفاده از نقاط بدست آمده از آزمایشهای نفوذسنجی و برای تعیین ضرایب رابطه ۱۴,۶ صورت گرفته است. ضرایب این رگرسیون برای رابطه ۱۴,۶ به این صورت خواهند بود:

$$k_p = ۲/۹۲۴, p = ۰/۵۲$$

سپس، یک خط که نشان دهنده متوسط شدت پاشش سیستم عقربه ای در $r_i = L$ می باشد ($I' = ۴۸ \text{ mm/hr}$) ترسیم می شود (این مقدار در مثال ۱۴,۱ محاسبه شد). برای مشخص کردن مکان این خط، بر روی نمودار A عمق $d = ۲۴ \text{ mm}$ که در نیم ساعات اعمال می شود مشخص شده و خط مستقیمی از مبدأ تا این نقطه ترسیم می گردد. مقدار شدت پاشش ۴۸ میلیمتر در ساعت، منحنی مربوط به (d_i, T_p) را در نقطه زیر قطع می کند:

$$d_i = ۱۱/۸ \text{ mm}$$

$$T_p = ۱۴/۷۵ \text{ min}$$

برای اینکه لاترال عرض مرطوب شده آبیاش را ($w = ۲۰ \text{ m}$) در زمان $T_p = ۱۴/۷۵ \text{ min}$ طی کند باید سرعت حرکت آن برابر باشد با:

$$V_e = \frac{20}{14.75} = 1.36 \text{ m/min}$$

و برای لاترالی که انتهای آن با سرعت $۱/۳۶ \text{ m/min}$ حرکت می کند (در فاصله $L = ۴۰۲ \text{ m}$ از نقطه چرخش دستگاه)، زمان چرخش یک دور کامل برابر است با:

$$T_c = \frac{2\pi \times 402}{1.36 \times 60} = 31 \text{ hr}$$

مثال ۱۴,۲ به روش گرافیکی حل شد. این کار می تواند با انجام رگرسیون خطی برای مشخص کردن ضرایب رابطه ۱۴,۶ و سپس قرار دادن $d_i = T_p \cdot I$ در رابطه ۱۴,۶ و حل این رابطه برای T_p صورت پذیرد. به این ترتیب زمان غرقاب شدن سطح خاک برابر است با:

$$T_p = \left(\frac{60k_p}{I} \right)^{1/(1-p)} \quad (۱۴,۷)$$

مثال ۱۴,۳: مقایسه روش گرافیکی و عددی برای تعیین عمق آبیاری در زمان غرقاب شدن خاک.

اطلاعات : همانند مثال ۱۴,۲ .

مطلوب است : محاسبه زمان غرقاب شدن خاک و عمق آب اعمال شده با استفاده از روش عددی .
محاسبات : ابتدا ضرایب رابطه ۱۴,۶ را محاسبه می کنیم . با استفاده از رگرسیون خطی بین نقاط مربوط به آزمایشهای نفوذسنجی ، $k_p = ۲/۹۲۴$ و $p = ۰/۵۲$ بدست می آیند . با قرار دادن این مقادیر در رابطه ۱۴,۷ :

$$T_p = \left(\frac{60 \times 2.924}{48} \right)^{1/(1-0.52)} = 14.9 \text{ min}$$

و

$$d_i = \frac{T_p \times I}{60} = 11.9 \text{ mm}$$

این مقادیر با مقادیری که به روش گرافیکی در مثال ۱۴,۲ محاسبه شدند تقریباً برابرند .

استفاده از ذخیره سطحی

زمانیکه آبیاری با شدت پاشش ثابت I برای زمانی بیش از T_p ادامه دارد ، ماندابی و احتمالاً رواناب به وقوع می پیوندد (شکل ۱۴,۸ را ببینید) . مقدار ذخیره سطحی برای حذف رواناب برابر است با :

$$SS = \text{عمق نفوذ یافته} - \text{عمق اعمال شده}$$

منطقه سایه خورده در شکل ۱۴,۳ مقدار SS مورد نیاز برای جلوگیری از ایجاد رواناب را نشان می دهد . فرض بر این است که به شرط اینکه مقدار I در محدوده پوش نفوذ در شکل ۱۴,۳ و B ۱۴,۸ باشد ، آب با همان شدتی که بر سطح خاک اعمال می شود در آن نفوذ می کند . بعد از اینکه ماندابی آغاز شد (که در محل تقاطع نیمرخ شدت پاشش و پوش نفوذ روی می دهد) ، مقدار آبی که در خاک نفوذ می کند از منحنی نفوذ غرقابی پیروی می کند .

منحنی نفوذ غرقابی در شکل ۱۴,۸ نشان داده نشده است . با اینحال ، یک فرض منطقی این است که بعد از عبور از نقطه ای که ماندابی شروع می شود ، پوش نقاط (d_i در زمان T_p) ، عمقی را نشان می دهد که نفوذ خواهد کرد . اگر این فرض را درست بدانیم ، برای جلوگیری از رواناب :

$$SS_j = \frac{I_j(T_a)_j}{60} - k_p(T_a)_j^p \quad (۱۴,۸)$$

SS_j : ذخیره سطحی در طول مسیر دایره ای شکل در شعاع r_j (mm)

I_j : متوسط شدت پاشش در شعاع r_j (mm/hr)

$(T_a)_j$: زمان آبیاری در شعاع r_j که بطور کامل از SS_j استفاده می کند (min)

مثال ۱۴,۴ : مدیریت سیستم عقربه ای برای استفاده از ذخیره سطحی .

اطلاعات : اطلاعات همانند مثال ۱۴,۱ و ۱۴,۲ . مزرعه ای که قرار است آبیاری شود ، قبلاً به صورت جوی و پشته درآمده و منطقه بحرانی ، در انتهای لاترال عقربه ای قرار داشته و شیب این قسمت ۳ درصد است . با فرض اینکه ذخیره

قابل توجهی در بین تاج پوشه گیاه وجود ندارد ($SS_f = 0$) ، و ظرفیت ذخیره در حفرات ریز خاک نیز ۲ میلیمتر است ($SS_m = 2 \text{ mm}$) .

مطلوب است : محاسبه متوسط ظرفیت ذخیره سطحی ، SS ، و حداکثر عمق آبیاری ، d ، زمان چرخش یک دور کامل لاترال ، T_{cx} ، به نحوی که ایجاد رواناب نشود .
محاسبات : ابتدا با استفاده از رابطه ۱۴,۵ متوسط عمق آبی که می تواند بر روی سطح خاک (بعد از اینکه حالت ماندابی شروع شد) ذخیره شود را محاسبه می کنیم :

$$SS \approx K \left(SS_m + SS_f + k \frac{(6-s)(12-s)^2}{144} \right)$$

$$SS \approx 1 \times \left(2 + 0 + 0.5 \times \frac{(6-3)(12-3)^2}{144} \right) \approx 2.84 \text{ mm} \quad (14,5)$$

زمان آبیاری ، $(T_a)_j$ ، که بیشترین استفاده از ذخیره سطحی را می نماید از رابطه ۱۴,۸ و با قرار دادن مقدار SS محاسبه شده بدست می آید :

$$SS_j = \frac{I_j(T_a)_j}{60} - k_p(T_a)_j^p$$

$$2.84 = \frac{48(T_a)_j}{60} - 2.924(T_a)_j^{0.52} \quad (14,8)$$

که با روش سعی و خطا مقدار آن حدود ۲۱/۵ دقیقه محاسبه می شود . با داشتن عرض مرطوب شده ۲۰ متر ، سرعت حرکت لاترال عبارت است از :

$$(V_e)_j = \frac{20}{21.5} = 0.93 \text{ m/min}$$

بنابراین ، در شعاع $r_j = L = 4.2 \text{ m}$ ، حداکثر زمان چرخش یک دور کامل بدون ایجاد رواناب برابر است با :

$$T_{cx} = \frac{2\pi \times 402}{0.93 \times 60} = 45.3 \text{ hr}$$

در مثال ۱۴,۲ ، این مقدار ۳۱ ساعت محاسبه شده بود (بدون استفاده از ذخیره سطحی برای جلوگیری از رواناب) . این مسئله نشان می دهد که مقدار نسبتاً کوچک ذخیره سطحی نیز می تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش سرعت حرکت لاترال عقربه ای (برای جلوگیری از رواناب) داشته باشد .

شاخص PET

یکی از پارامترهای سیستم با نام PET برای ساده سازی در تحلیل عملکرد سیستم مورد استفاده قرار می گیرد . این پارامتر برابر است با متوسط شدت پاشش آب در لبه بیرونی دایره اصلی آبیاری (شکل ۱۴,۱ را ببینید) . (منظور از دایره اصلی ، دایره ایست که دقیقاً در زیر لاترال عقربه ای قرار دارد ، بدون در نظر گرفتن تجهیزاتی که برای آبیاری گوشه های زمین استفاده می شوند) .

$$PET = I' = \frac{200\pi \times r_j \times k_f \times k_c \times ET}{w_j \times T \times DE_{pa}} \quad \text{for } r_j = L \quad (۱۴,۹)$$

PET: نمایه ای که بستگی دارد به طول لاترال عقربه ی، ویژگی های نازل آبپاش، زمان آبیاری روزانه و یکنواختی کاربرد آب (mm/hr)

I' : متوسط شدت پاشش مورد نیاز در فاصله شعاعی $r_j = L$ از نقطه چرخش دستگاه (mm/hr)
 r_j : فاصله از نقطه چرخش دستگاه (m)

k_f : فاکتور دور آبیاری برای تعدیل مقادیر نیاز آبی استاندارد گیاه در دوره های آبیاری طولانی (از جدول ۱۴,۱ استخراج می شود)، (اعشار)

k_c : ضریب گیاهی برای مرتبط ساختن تبخیر و تعرق واقعی محصول خاص با تبخیر و تعرق گیاه مرجع (اعشار)

L : طول لاترال عقربه ای (شعاع دایره اصلی آبیاری)، (m)

ET : تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره حداکثر مصرف (mm)

w_j : عرض الگوی مرطوب شده آبپاش در شعاع r_j (m)

T : متوسط زمان آبیاری روزانه در دوره حداکثر مصرف (hr)

DE_{pa} : راندمان توزیع بر اساس کفایت آبیاری معلوم، pa ، (%)

شاخص PET شدت پاشش متوسط در انتهای لاترال عقربه ای می باشد. رابطه ۱۴,۹ مشخصات آبپاش، اقلیم، محصول و پارامترهای مدیریتی سیستم را ترکیب می کند. حداکثر زمان چرخش لاترال، T_{cx} ، که ایجاد رواناب نیز نکند (در نقطه $r_j = L$)، نمایه PET را به شرایط ویژه ای از خاک مرتبط می سازد. در خاکهایی با مشخصات نفوذ و ذخیره سطحی مشابه، به شرطی که شدت پاشش متوسط در تمامی نقاط در طول لاترال کوچکتر از PET باشد، اگر $T_c \leq T_{cx}$ ، هرگز روانابی ایجاد نخواهد شد.

مقدار I_j در هر فاصله ای از نقطه چرخش سیستم و با هر طولی از لاترال یا هر نوع نازلی از رابطه ۱۴,۹ قابل محاسبه است. بسیاری از متغیرهای موجود در این رابطه در یک موقعیت خاص، ثابت هستند. بنابراین، I_j با ضرب کردن مقدار PET در نسبت مناسب تغییرات هر یک از پارامترها محاسبه می شود. به عنوان مثال، برای محاسبه I_j در هر r_j ، با فرض مقادیر مشابه برای PET و w_j در طول لاترال:

$$I_j = PET \frac{r_j}{L}$$

مثال ۱۴,۵: استفاده از شاخص PET و T_{cx} در طراحی سیستم آبیاری بارانی عقربه ای.

اطلاعات: سیستم عقربه ای و محاسبات آن مشابه مثال های ۱۴,۱ تا ۱۴,۳ می باشد که در آن:

طول لاترال: $L = R = ۴۰۲ \text{ m}$

نرخ مصرف روزانه آب: $k_f U_d = k_f k_c ET = ۷/۴۹ \text{ mm}$

عرض الگوی مرطوب شده آبپاش ها: $w = ۲۰ \text{ m}$ در $r_j = L$

زمان آبیاری روزانه: $T = ۲۲ \text{ hr}$

راندمان توزیع : $DE_{pa} = 90\%$ برای کفایت آبیاری $pa = 80\%$

مطلوب است : نقطه ای در طول لاترال که یک ردیف آبپاش فواره ای می تواند جایگزین آبپاشهای کم فشار ضربه ای شود . همچنین ، تعیین نوع آبپاش مورد نیاز برای آبیاری دایره اصلی با ۲ برابر مساحت فعلی ، اما با حداکثر زمان چرخش مشابه ، یعنی $T_{cx} = 45/3 \text{ hr}$.

محاسبات : از مثال ۱۴،۱ ، $I' = 48 \text{ mm/hr}$ (در $r_j = L = 402 \text{ m}$) . این مقدار مشابه مقدار شاخص PET می باشد که مستقیماً از رابطه ۱۴،۹ محاسبه می شود :

$$PET = \frac{200\pi \times 402 \times 7.49}{20 \times 22 \times 90} = 48 \text{ mm/hr}$$

فاصله r_j که الگوی مرطوب شده یک آبپاش فواره ای با عرض $w_j = 12 \text{ m}$ منجر به مقدار مشابه PET می گردد ، از رابطه ۱۴،۹ محاسبه می شود :

$$r_j = 402 \times \frac{12}{20} = 241 \text{ m}$$

برای تعیین عرض مرطوب شده مورد نیاز در انتهای لاترال که مساحت ۲ برابر مساحت فعلی را آبیاری می کند ، ابتدا باید طول لاترال را محاسبه کنیم :

$$L_2 = [2(402)^2]^{1/2} = 569 \text{ m}$$

و با جایگزاری در رابطه ۱۴،۹ :

$$w_j = \frac{20 \times 569}{402} = 28 \text{ m}$$

از جدول ۱۴،۲ مشخص می شود که آبپاش ضربه ای با فشار کارکرد متوسط با فواصل متغیر یا نیمه یکنواخت ، عرض مرطوب شده ای بین ۲۷ تا ۳۷ متر تولید کرده و مقدار مورد نیاز در این مثال را تأمین می کند .

برنامه ریزی و بهره برداری

معمولاً فواصل آبیاری در طول دوره حداکثر مصرف با تقسیم عمق خالص آبیاری ، d_n ، بر متوسط نیاز آبی گیاه در این دوره محاسبه می شود . برای سیستم های با جابجایی متناوب ، مطلوب است که مقدار d_n تا حد ممکن بزرگ باشد ، بدون اینکه از مقدار تخلیه مجاز مدیریتی ، MAD ، تجاوز کند . این کار به آن جهت است که تعداد جابجایی لاترال ها یا آبپاش ها را به حداقل رسانده و به این ترتیب ، هزینه کارگری و مدیریتی را کاهش می دهد . حداکثر مجاز d_n با MAD ضربدر ظرفیت نگهداری رطوبت خاک ضربدر عمق ریشه گیاه رابطه مستقیم دارد (رابطه ۳،۱ و جداول ۳،۱ ، ۳،۲ و ۳،۴ را ببینید) .

محدودیت های دور آبیاری

هزینه های مدیریتی و کارگری کمتر تحت تأثیر تعداد یا تواتر آبیاری ها و یا زمانی از روز که سیستم عقربه ای شروع به کار کرده یا متوقف می شود قرار دارد . بنابراین ، انعطاف پذیری بیشتری برای برنامه ریزی وجود دارد (مگر در مورد

محدودیت مربوط به مقدار مطلوب d_n برای نفوذ در خاک (در خاکهای با بافت درشت که ظرفیت نفوذ بالا، ولی ظرفیت نگهداری رطوبت در آنها پایین است، برنامه ریزی می تواند و معمولاً بهتر است بر اساس ترکیب روابط ۳,۱ و ۳,۲ باشد.

مقادیر MAD در جدول ۳,۴ برای سیستم های با جابجایی متناوب بوده و مقدار محصول را برای صرفه جویی در نیروی کارگری، تعدیل می کند (یک حد میانی از مقدار محصول و هزینه کارگری بدست می دهد). در صورت استفاده از سیستم آبیاری عقربه ای، کمبود رطوبتی خاک به میزان $\pm d_n$ در اطراف متوسط کمبود رطوبت تغییر می کند. اما d_n مقدار کوچکی دارد. زیرا زمان چرخش معمولاً بین ۱ تا ۴ روز است. بنابراین، برای آبیاری عقربه ای، مفهوم متوسط کمبود (یا تخلیه) مجاز مدیریتی، MAD_a ، به جای مقدار مطلق MAD مورد استفاده قرار می گیرد.

محصولاتی که بر روی خاکهای با بافت ریز تا متوسط کشت می شوند که $W_a > 120 \text{ mm}$ ، بهتر است که به ازای هر واحد آب و زمین و $MAD \approx 25\%$ ، بیشترین محصول را تولید کنند. بنابراین، در زمان طراحی سیستم های عقربه ای بر روی خاکهای با بافت ریز و متوسط، مقدار $MAD_a = 20\%$ انتخاب می شود تا حداکثر دور آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک محاسبه گردد. با این وجود، برای بافت های درشت (شنی) که $W_a < 120 \text{ mm}$ ، بیشترین قسمت W_a برای گیاه سهل الوصول بوده و بنابراین، برای دستیابی به دور آبیاری طولانی تر مقدار $MAD_a = 30\%$ استفاده می شود. حداکثر دور آبیاری که مقادیر MAD_a مورد نظر را تأمین می کند از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$(f_x)_s = \frac{0.24 \times MAD_a \times W_a \times Z}{k_f U_d} \quad (14,10)$$

$(f_x)_s$: حداکثر دور آبیاری در دوره حداکثر مصرف بر اساس ذخیره قابل برداشت رطوبت خاک (hr)

MAD_a : متوسط تخلیه مجاز مدیریتی برای مدیریت آبیاری عقربه ای (%)

W_a : ظرفیت نگهداری رطوبت قابل استفاده در خاک که از جدول ۳,۱ قابل استخراج است (mm/m)

k_f : فاکتور دور آبیاری برای تعدیل نیاز آبی گیاه در دوره های آبیاری طولانی (اعشار)

Z : عمق ریشه محصول که از جدول ۳,۲ قابل استخراج است (m)

U_d : متوسط نیاز آبی محصول در ماه حداکثر مصرف (محاسبه شده به روش عادی)، (mm/day)

متوسط عمق ناخالص آبی که باید در هر دور چرخش سیستم عقربه ای در خاک نفوذ کند از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$(d_i)_s = (f_x)_s \frac{d'_i}{24} \quad (14,11)$$

$(d_i)_s$: عمق ناخالص آب که باید در طول هر دور آبیاری در خاک نفوذ کند (بر اساس ذخیره رطوبتی خاک)، (mm)

d'_i : متوسط حداکثر عمق ناخالص نفوذ مورد نیاز در هر روز (mm)

اغلب عمق آبی که باید بدون ایجاد رواناب بر سطح خاک اعمال شود کمتر از $(d_i)_s$ می باشد. زیرا محدودیت هایی از نظر ظرفیت نفوذ خاک و SS وجود دارد. در حقیقت این موضوع اغلب صادق است، مگر در خاکهای درشت دانه (شنی).

اگر $(d_i + SS)$ عامل محدود کننده باشد، دور آبیاری به صورت زیر محاسبه می شود:

$$(f_x)_i = T_{cx} \frac{24}{T} \quad (14,12)$$

$(f_x)_i$: حداکثر دور آبیاری در دوره حداکثر مصرف بر اساس ظرفیت نفوذ خاک (hr)

T_{cx} : حداکثر زمان چرخش لاترال که ایجاد رواناب نمی کند (hr)

T : متوسط زمان آبیاری روزانه در طول دوره حداکثر مصرف (hr/day)

پیش بینی و استفاده از بارندگی

در مناطقی که در طول فصل زراعی باران قابل توجهی نازل می شود، سیستم های عقربه ای باید به نحوی مدیریت شوند که فضای مورد نیاز برای ذخیره این بارش در خاک را در اختیار قرار دهند. معمولاً این کار به راحتی و با استفاده از سیستم های عقربه ای و با به تأخیر انداختن آبیاری تا زمانی که MAD_a مورد نظر تخلیه شود صورت می پذیرد. سپس برای آبیاری های بعد، f_x به مقدار دور آبیاری تعیین شده بر اساس محدودیت های نفوذ، $(f_x)_i$ ، و یا دور آبیاری بر اساس معیارهایی که در ادامه تشریح خواهند شد، تغییر داده می شود. بنابراین، مقدار رطوبت خاک بین MAD_a و حد بالایی که مقداری ظرفیت ذخیره برای بارندگی باقی بگذارد متغیر خواهد بود. با اینحال، برای بسیاری از محصولات با ریشه کم عمق و یا خاکهای درشت دانه، $(f_x)_s$ ممکن است آنقدر کوتاه باشد که باقی گذاشتن ظرفیت مورد نیاز برای ذخیره بارندگی، یا عملی و یا قابل توصیه نباشد.

دور آبیاری که ظرفیت ذخیره کافی برای بارانهای پیش بینی شده در طول فصل زراعی را در اختیار قرار می دهد عبارت خواهد بود از:

$$(f_x)_r = (f_x)_s - \frac{24R'_n}{U_d} \quad (14,13)$$

$(f_x)_r$: حداکثر دور آبیاری در دوره حداکثر مصرف بر اساس باقی گذاشتن ظرفیت مورد نیاز برای ذخیره بارندگی در خاک.

R'_n : عمق مؤثر بارندگی پیش بینی شده که در طول ۲ روز و در دوره حداکثر مصرف نازل می شود (mm)

معیارهای برنامه ریزی آبیاری

معیارهای زیر برای تعیین حداکثر دور آبیاری در دوره حداکثر مصرف، f_x ، مورد استفاده قرار می گیرند. البته لازم است که از ایجاد رواناب اجتناب شده و همچنین، کمابیش مقدار تولید (در صورت امکان) در حد بهینه قرار بگیرد.

۱- f_x نباید از دور آبیاری تعیین شده بر اساس رطوبت خاک، $(f_x)_s$ ، که از رابطه ۱۴,۱۰ محاسبه می شود تجاوز کند.

۲- f_x نباید از دور آبیاری تعیین شده بر اساس ظرفیت نفوذ خاک، $(f_x)_i$ ، که از رابطه ۱۴,۱۲ محاسبه می شود تجاوز کند.

۳- برای اینکه ظرفیت مورد نیاز برای ذخیره بارندگی نیز در اختیار باشد، f_x نباید از دور آبیاری تعیین شده بر اساس مقدار بارش پیش بینی شده، $(f_x)_r$ ، که از رابطه ۱۴,۱۳ محاسبه می شود تجاوز کند.

۴- حداقل زمان چرخش سیستم آبیاری عقربه ای برای لاترال استاندارد ۴۰۰ متری ، معمولاً در حدود ۲۲ ساعت می باشد ، بنابراین دور آبیاری نباید از ۲۴ ساعت کمتر باشد .

۵- هر زمان که $(f_x)_i < 36 \text{ hr}$ و عامل محدود کننده محسوب شود ، می بایست از نوع دیگری از آبپاش استفاده شود تا دور آبیاری را به میزان بیش از ۳۶ ساعت افزایش دهد . این مسئله از آن جهت توصیه می شود که دوره های آبیاری بسیار کوتاه (آبیاری با تواتر زیاد) باعث افزایش تلفات آب (ضریب k_f در رابطه ۱۴,۱) و استهلاک ماشین آلات می شود . علاوه بر این ، این نوع دور آبیاری مقدار محصول را به دلیل افزایش بیماری ها ، گسترش کمتر ریشه و مسائل دیگر ، کاهش می دهد .

۶- به دلایل فرهنگی و دلایل دیگر ، بسیار از مدیران مزارع ترجیح می دهند که سیستم عقربه ای آنها در حدود ۲ بار در هر هفته (در دوره حداکثر مصرف) چرخش کند . بنابراین ، از بالاترین حد دور آبیاری ، f_x ، استفاده خواهند کرد .

۷- زمانی از روز که نقطه مشخصی از مزرعه آبیاری می شود باید در هر دو آبیاری متوالی در حدود ۴ ساعت متفاوت باشد . این کار تأثیر تغییرات پارامترهای اقلیمی بر روی تلفات بادرنگی و تبخیر و یکنواختی توزیع را تعدیل می کند .

مثال ۱۴,۶ : محاسبه حداکثر دور آبیاری در یک سیستم آبیاری عقربه ای در دوره حداکثر مصرف .

اطلاعات : همانند مثال ۱۴,۴ و ۱۴,۵ .

خاک شامل ۳۰ درصد شن ، ۵۵ درصد سیلت و ۱۵ درصد رس است . ذرت شیرین (بلال) با عمق مؤثر ریشه $m = 0.6$ (جدول ۳,۲ را ببینید) کشت خواهد شد . مقدار باران مؤثر در دوره حداکثر مصرف $R'n = 10 \text{ mm}$ و حداکثر نیاز آبی محصول نیز $k_f U_d = 1/0.7 \times 7 = 7/5 \text{ mm/day}$ می باشد .

مطلوب است : محاسبه طولانی ترین دور آبیاری که محدودیت های مربوط به ذخیره رطوبت در خاک و نفوذ را در طول دوره حداکثر مصرف و همچنین مقدار توصیه شده f_x (و همچنین برنامه ریزی آبیاری مورد نظر) را تأمین نماید .

محاسبات : از شکل ۱۴,۴ ، خاک مزرعه سیلتی لوم و در منطقه good از نظر کارایی سیستم عقربه ای واقع می شود . از جدول ۳,۱ بطور متوسط ، $W_a = 167 \text{ mm/m}$. بنابراین بر اساس معیارهای برنامه ریزی تشریح شده ، $MAD_a = 20\%$. با استفاده از رابطه ۱۴,۱۰ ، دور آبیاری به صورت زیر محاسبه می شود :

$$(f_x)_s = \frac{0.24 \times 20 \times 167 \times 0.6}{7.5} = 64 \text{ hr}$$

از مثال ۱۴,۴ ، $T_{cx} = 45/3 \text{ hr}$. با بکار بردن رابطه ۱۴,۱۲ برای محاسبه دور آبیاری و با استفاده از متوسط زمان آبیاری روزانه ۲۲ ساعت ، و قرار دادن مقدار T_{cx} برابر با ۴۵/۳ ساعت :

$$(f_x)_i = 45.3 \times 24 / 22 = 49 \text{ hr}$$

از آنجایی که $(f_x)_i < (f_x)_s$ ، حداکثر دور آبیاری نباید از ۴۹ ساعت در طول دوره حداکثر مصرف (یعنی زمانیکه نیاز آبی به ۷/۵ میلیمتر در روز می رسد) تجاوز کند . برای دور آبیاری ۴۹ ساعته ، سیستم باید در حدود ۴ ساعت بین دو چرخش متوالی خاموش شود تا از آبیاری بیش از اندازه مزرعه جلوگیری بعمل آید . این کار به این جهت لازم است که ظرفیت طراحی سیستم بر اساس عملکرد ۲۲ ساعت در روز صورت گرفته تا وقوع اتفاقات پیش بینی نشده برای سیستم در نظر گرفته شود . در طول عملکرد واقعی سیستم ، آبیاری باید به نحوی برنامه ریزی شود تا فضای لازم برای ذخیره

بارندگی و دیگر معیارهای برنامه ریزی را تأمین کند. ممکن است لاترال سریعتر چرخش کند، اما نباید سرعت آن کمتر از $T_{cx} = 45 \text{ hr}$ باشد تا از وقوع رواناب اجتناب گردد.

دور آبیاری که ظرفیت کافی برای ذخیره بارندگی را در اختیار قرار می دهد، از رابطه ۱۴,۱۳ و با استفاده از مقدار بارش مؤثر ۱۰ میلیمتر قابل محاسبه است:

$$(f_x)_r = 64 - (24 \times 10 / 7.5) = 32 \text{ hr}$$

استفاده از دور آبیاری ۴۸ ساعته، تمامی معیارهای برنامه ریزی، به جز معیارهای ۳ و ۷ را تأمین می کند. با استفاده از دور آبیاری ۴۸ ساعته، هر قسمت از بخش دایره ای شکل مزرعه، همواره عمق مورد نظر آبیاری را در زمان مشابهی از روز دریافت می کند. برای اینکه ظرفیت ذخیره مورد نیاز برای بارندگی نیز در اختیار باشد، دور آبیاری باید به میزان hr $(f_x)_r = 32$ کاهش داده شود. به جای استفاده از این دور آبیاری کوتاه، یک مقدار بینابین $f_x = 40 \text{ hr}$ انتخاب شده است. برای اینکه فضای لازم برای ذخیره بارندگی در خاک وجود داشته باشد، عملیات آبیاری پس از هر بارندگی تا زمانی به تأخیر می افتد که تخلیه رطوبتی خاک (در هر مکانی که لاترال در زمان بارندگی، در آن قرار دارد) برابر باشد با:

$$LD \approx W_a \times Z \times MAD_a / 100 \quad (14,14 \text{ a})$$

$$\approx 167 \times 0.6 \times 20 / 100 \approx 20 \text{ mm}$$

یک نوبت بارندگی، همانطور که در شکل ۱۴,۹ نشان داده شده است، که هیچ کمبود رطوبتی در خاک باقی نمی گذارد، $SMD = 0$ ، به یک زمان تأخیر در حدود مقدار زیر نیاز دارد:

$$LT \approx 24 \frac{LD}{k_f U_d} \quad (14,14 \text{ b})$$

$$\approx 24 \times 20 / 7.5 = 64 \text{ hr}$$

LD : عمق تأخیر آبی می باشد که باید قبل از آغاز آبیاری (بعد از بارندگی که نیمرخ خاک را پر کرده) مصرف شود (mm)

LT : زمان تأخیر قبل از آغاز آبیاری (بعد از بارندگی که نیمرخ خاک را پر کرده)، (hr)

آبیاری باید زمانی آغاز شود که $LD \approx 20 \text{ mm}$ و دور آبیاری بین دو چرخش متوالی لاترال در حدود $f_x = 40 \text{ hrr}$ تعیین می شود. عمق خالص رطوبت خاک که باید در فاصله دو آبیاری مصرف شود (و باید در هر نوبت آبیاری تأمین گردد) عبارت است از:

این مقدار در ابتدای چرخش لاترال نیمرخ تخلیه رطوبت خاکی مشابه شکل ۱۴،۹ ایجاد می کند. برای دور آبیاری ۴۰ hr $f_x =$ زمان چرخش لاترال، T_c باید بر اساس زمان متوسط آبیاری روزانه $T = ۲۲$ hr که در محاسبه ظرفیت سیستم استفاده شده، تعیین شود. بنابراین:

زمان استراحت سیستم بین دو چرخش متوالی لاترال نیز باید در حدود ۳/۳ ساعت در نظر گرفته شود. مقدار ۱۲/۵ mm $d_n =$ برای $T_c = 36/7$ hr با رابطه زیر نیز تأیید می شود:

K: ثابت تبدیل واحد ، که در سیستم متریک برابر ۳۶ و برای سیستم انگلیسی ۰/۹۶۳ است .
در مورد مثال ۱۴،۱ :

$$d_n = \frac{36 \times 57 \times 36.7 \times 90 \times 0.94 \times 1}{\pi \times (402)^2} = 12.5 \text{ mm}$$

قسمت بالای شکل ۱۴,۹ (خطوط شیبدار بالای خط افقی) مقدار رطوبت خاک در ابتدای استقرار لاترال را نشان می دهد . این رطوبت باید توسط ۴ آبیاری متوالی دوباره در خاک تأمین شود . خطوط منقطع شیبدار در این قسمت نشان دهنده تخلیه رطوبت خاک در ابتدای استقرار لاترال هستند . خطوط شیبدار در زیر خط افقی در شکل ۱۴,۹ عمق آبیاری را نشان می دهند که با نزدیک شدن لاترال به نقطه انتهایی چرخش اعمال می شود . فاصله زمانی بین ابتدا و انتهای استقرار لاترال ، زمان بین چرخش های متوالی لاترال (یا زمان استراحت) که برابر است با $3/3 \text{ hr}$ $(f_x - T_c)$ را نشان می دهد .

شکل ۱۴,۹ دامنه رطوبت خاک را نشان می دهد . این دامنه تقریباً برابر است با $2d_n$ و متوسط کمبود رطوبت خاک تقریباً ۱۹٪ می باشد . این مقدار ، کمی کمتر از $MAD_a = 20\%$ می باشد . زیرا $T_c < f_x$. در ابتدای هر دور چرخش لاترال ، در حدود ۸ ساعت ظرفیت لازم برای ذخیره $R'_n = 10 \text{ mm}$ وجود ندارد . اما این زمان چندان قابل توجه نیست . برای هر چرخش لاترال ، حدود ۸ ساعت جابجایی زمانی خواهیم داشت . پس ، هر آبیاری در زمان متفاوتی از روز صورت می پذیرد . این جابجایی متناوب زمانی ، متوسط یکنواختی کاربرد را بطور چشمگیری بهبود می بخشد .

انتخاب سرعت حرکت لاترال

سرعت حرکت لاترال در مورد موتورهای برقی توسط یک تایمر ویژه ، PT ، که در برج انتهایی نصب می شود و با تعیین درصد زمان روشن بودن سیستم ، کنترل می گردد . در مورد ماشین هایی که به موتورهای آبی مجهزند ، این کار توسط شیرهای کنترل جریان انجام می گیرد . در زمان برنامه ریزی آبیاری ، بهتر است که رابطه بین T_c ، d_n و V_e بعنوان تابعی از PT (یا در مورد موتورهای آبی ، تابعی از شدت جریان) کاملاً شناخت شده باشد . واضح است که این ۳ پارامتر رابطه مستقیمی با حداقل زمان چرخش لاترال ، $(T_c)_n$ ، در زمان قرار دادن تایمر بر روی ۱۰۰٪ دارند (منظور از این درصد این است که در ۱۰۰ درصد زمان ممکن ، سیستم روشن است . اگر مثلاً ۳۰٪ انتخاب شود ، یعنی در ۳۰ درصد زمان ، سیستم روشن و در ۷۰ درصد زمان ، خاموش است) .

$$T_c = (T_c)_n \frac{100}{PT} \quad (14,17)$$

$$d_n = \frac{100(T_c)_n k_f U_d}{PT \times T} = \frac{f_x k_f U_d}{24} \quad (14,18)$$

$$V_e = \frac{PT \times \pi \times r_e}{3000(T_c)_n} \quad (14,19)$$

PT : درصد زمان روشن بودن سیستم (یا درصد حداکثر شدت جریان) ، (%)

$(T_c)_n$: حداقل زمان چرخش لاترال در زمان ۱۰۰٪ ، PT ، (hr)

V_e : سرعت چرخش برج انتهایی لاترال (m/min)

r_e : فاصله شعاعی از نقطه چرخش تا برج انتهایی لاترال (m)

مثال ۱۴,۷: کنترل زمان چرخش لاترال در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای .

اطلاعات: همانند مثال ۱۴,۶ برای سیستم عقربه ای مجهز به موتورهای برقی .

حداقل زمان چرخش لاترال ، $(T_c)_n = 22 \text{ hr}$. فاصله برج انتهایی از نقطه چرخش سیستم ، $r_e = 398 \text{ m}$ (این مقدار معمولاً چند متر از طول کل لاترال کمتر است) .

مطلوب است: تعیین سرعت مورد نیاز حرکت برج انتهایی ، V_e ، به نحوی که $T_c = 36/7 \text{ hr}$. همچنین ، تعیین عمق خالص آبیاری ، d_n ، زمانیکه سرعت حرکت لاترال ۱ متر در دقیقه و یا زمانیکه $PT = 100\%$ می باشد . محاسبات: با استفاده از رابطه ۱۴,۱۷ ، درصد زمان روشن بودن سیستم که منجر به $T_c = 36/7 \text{ hr}$ می شود ، تعیین می گردد:

$$PT = (22 \times 100) / 36.7 - 60\%$$

و سرعت حرکت برج انتهایی از رابطه ۱۴,۱۹ محاسبه می گردد:

$$V_e = \frac{60\pi \times 398}{3000 \times 22} = 1.14 \text{ m/min}$$

درصد زمان روشن بودن سیستم که برای بدست آوردن سرعت ۱ متر در دقیقه لازم است ، از رابطه ۱۴,۱۹ بدست می آید:

$$PT = \frac{1 \times 3000 \times 22}{60\pi \times 398} = 53\%$$

با استفاده از رابطه ۱۴,۱۸ ، عمق خالص آبیاری برای این درصد روشن بودن محاسبه می شود:

$$d_n = \frac{100 \times 22 \times 7.5}{53 \times 22} = 14.2 \text{ mm}$$

و برای $PT = 100\%$:

$$d_n = \frac{100 \times 22 \times 7.5}{100 \times 22} = 7.5 \text{ mm}$$

انتخاب آبپاش

دبی مورد نیاز در هر آبپاش بر روی هر خروجی در طول لاترال که آب مورد نیاز سطح دایره ای شکلی را تأمین می کند ، تابعی از r_j می باشد . این مقدار باید برابر با جزئی از Q_b باشد که متناسب است با سهم مساحت تحت آبیاری هر آبپاش از کل مساحت تحت آبیاری:

$$q_j = \frac{2r_j \times S_j}{L^2} Q_b \quad (14,20 \text{ a})$$

یک آبپاش که دارای دایره مرطوب شده ناقص می باشد ، برای گسترش شعاع دایره اصلی به میزان ۳٪ ورای طول لوله لاترال استفاده می شود . دبی مورد نیاز این آبپاش برابر است با:

$$q_R = \frac{2L'\Delta L}{L^2} Q'_b \quad \text{for } \Delta L < 0.03L \quad (14,20 \text{ b})$$

q_j : دبی مورد نیاز آبپاش در فاصله r_j از نقطه چرخش سیستم (L/s)

S_j : فاصله آبپاشها در شعاع r_j (برابر است با متوسط فاصله با آبپاش قبلی و بعدی)، (m)

Q_b : دبی مورد نیاز برای آبیاری دایره اصلی تحت آبیاری (L/s)

L: شعاع دایره اصلی تحت آبیاری (زمانیکه سیستم آبیاری گوشه های زمین و یا آبپاش تفنگی انتهایی یا وجود ندارد یا غیر فعال است)، (m)

q_R : دبی آبپاش انتهایی دارای دایره مرطوب شده ناقص برای توسعه دایره اصلی (L/s)

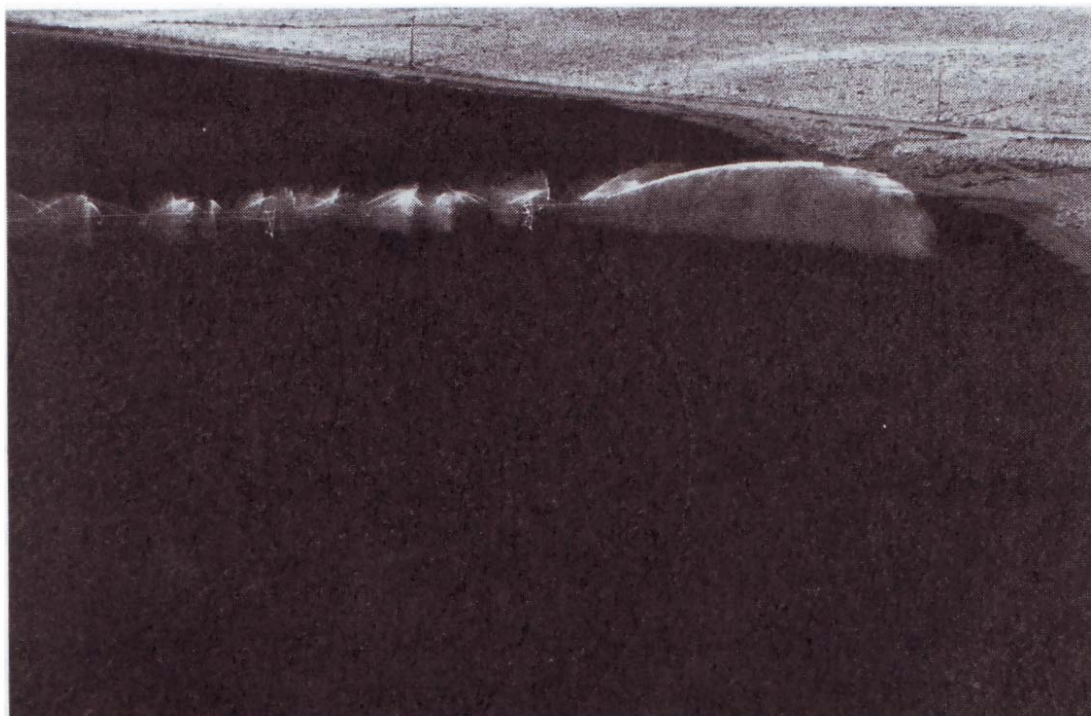
L' : طول واقعی لوله لاترال (m)

ΔL : (L - L')، (m)

دبی آبپاش تفنگی انتهایی

شکل ۱۴،۱۰ یک آبپاش تفنگی در انتهای لاترال سیستم عقربه ای را نشان می دهد. ظرفیت این آبپاش بصورت جداگانه نسبت به دایره اصلی آبیاری بررسی می شود. زیرا راندمان های کاربرد آنها معمولاً بسیار کمتر از مقدار یست که برای دایره اصلی تحت آبیاری در نظر گرفته می شود. ۳ پدیده باعث کاهش راندمان کاربرد آبپاش تفنگی انتهایی می گردند:

- الگوی مرطوب شده آنها تحت تأثیر اعوجاج ناشی از باد می باشد.
- نیمرخ آبیاری آنها نسبت به زاویه قطاع مرطوب شده آنها و عوامل مکانیکی دیگر حساس است.
- نیمرخ آبیاری آنها به سوی لبه بیرونی زمین، تحلیل می رود. به نحوی که مقدار زیادی آب به ورای منطقه مورد نظر تحت آبیاری پاشیده می شود.



شکل ۱۴,۱۰ / آبپاش تفنگی انتهایی برای آبیاری گوشه های زمین در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای.

معمولاً یکنواختی کاربرد بدست آمده از آبپاش تفنگی انتهایی که با فشار و اندازه قطاع مرطوب شده بهینه کار می کند (این آبپاشها معمولاً دارای الگوی پاشش ناقص هستند) ، در حدود $CU \approx 76\%$ می باشد . در شرایط غیرایده آل ، نیمرخ آبیاری این آبپاش ها به صورت زیر خواهد بود :

- در ۵۰ تا ۶۰ درصد از طول پرتاب آبپاش ، نیمرخ تقریباً یکنواخت است .
 - پس از این فاصله ، بصورت کمابیش یکنواختی این نیمرخ تحلیل رفته تا به صفر می رسد .
- در کل ، می توان فرض کرد که عمق های آبیاری کمتر از نصف مقدار خالص مورد نظر طراح ، عمق های مؤثری به حساب نمی آیند . بنابراین ، آبپاش تفنگی انتهایی باعث افزایش شعاع مؤثر آبیاری به میزان حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد از شعاع پرتاب خود ، R_z ، خواهد شد . آبی که به ورای این شعاع مؤثر ، R ، پاشیده می شود ، آب مؤثر برای آبیاری به حساب نیامده و در واقع هدر رفته است (شکل ۱۴,۱۱ را ببینید) . با فرضیات فوق ، آب هدر رفته در حدود ۶ تا ۸ درصد دبی آبپاش تفنگی انتهایی ، Q_R ، را شامل می شود . یعنی برای مساحتی که تحت آبیاری آبپاش انتهایی می باشد ، $0.93/Q_e \approx$.

بر اساس مفاهیم فوق ، ظرفیت مطلوب برای آبپاش تفنگی انتهایی به صورت زیر محاسبه می شود :

$$(Q_R) = \frac{(R^2 - L^2)}{KT} d'_R \quad (14,21)$$

(Q_R) : دبی مطلوب برای آبپاش تفنگی انتهایی (L/s)

R : شعاع منطقه ای که بطور کافی و در زمان کار آبپاش انتهایی آبیاری می شود (m)

L : طول لاترال و یا شعاع دایره اصلی تحت آبیاری زمانیکه آبپاش انتهایی فعال نیست (m)

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک برابر ۱۱۴۶ و برای سیستم انگلیسی ۳۰/۶ می باشد.

T: متوسط زمان آبیاری روزانه (با یا بدون آبپاش انتهایی)، (hr)

d'R: متوسط عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز روزانه در منطقه تحت آبیاری توسط آبپاش انتهایی در دوره حداکثر مصرف (mm)

مقدار d'R از رابطه ۱۴،۱ و با قرار دادن d'R به جای d'، $DE_{80} \approx 75\%$ و $O_e = 0.93$ و محاسبه R_e از رابطه ۶،۸ تعیین می شود. معمولاً، $R_j \approx 0.75 (R - L)$ ، که R_j شعاع پرتاب آبپاش انتهایی می باشد.

عملکرد آبپاش تفنگی انتهایی

برخی سیستم های عقربه ای برای استفاده پیوسته از آبپاش تفنگی انتهایی طراحی می شوند. در چنین مواردی، مساحت تحت آبیاری توسط آبپاش تفنگی انتهایی برابر است با اختلاف بین مساحت دایره ای با شعاع R و L. از نقطه نظر راندمان کاربرد و هزینه بهره برداری، کاربرد آبپاشهای تفنگی بزرگ که بطور پیوسته کار می کنند توصیه نمی شود. بهتر است که از لاترالهای طولانی تر و آبپاشهای تفنگی انتهایی کوچکتر به نحوی استفاده شود که $(R - L)$ در حدود ۶ تا ۱۲ متر باشد.

آبیاری گوشه های زمین

در بیشتر موارد، آبپاشهای انتهایی برای گسترش منطقه تحت آبیاری و آبیاری گوشه های زمینهای مربع شکل استفاده می شوند (شکل ۱۴،۱ را ببینید). در چنین مواردی، مساحت اضافی که در هر گوشه آبیاری می شود برابر است با:

$$A/C = \frac{90^\circ - 2 \cos^{-1}(L/R)}{90^\circ} \cdot \frac{\pi(R^2 - L^2)}{4K} \quad (14,22)$$

A/C: مساحت اضافی آبیاری شده توسط آبپاش انتهایی در هر گوشه زمین (ha)

K: ثابت تبدیل واحد، برای سیستم متریک برابر ۱۰۰۰۰ و برای سیستم انگلیسی ۴۳۵۰۰.

مناطق هلالی شکل تحت آبیاری آبپاش انتهایی در شکل ۱۴،۱ نشان داده شده است.

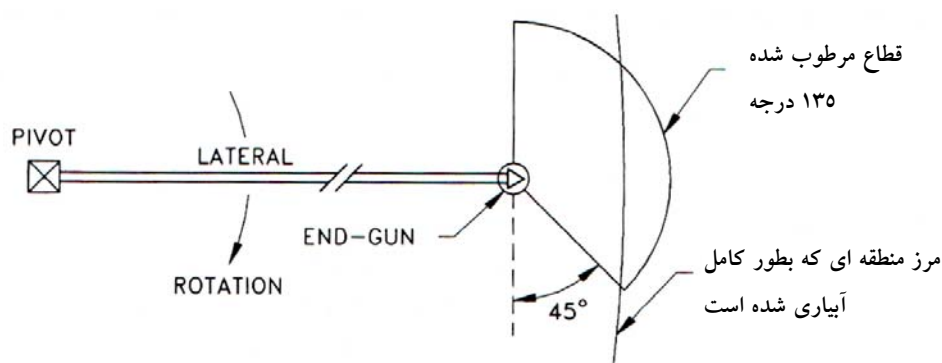
اندازه قطاع مرطوب شده آبپاش انتهایی

نیمرخ آبیاری تولید شده توسط آبپاش تفنگی که در طول مسیر مشخص (فصل ۱۳ را ببینید)، و یا بر روی انتهای لاترال عقربه ای حرکت می کند مشابه است. مسیر منحنی شکل حرکت آبپاش تفنگی انتهایی، تفاوتی را نسبت به آبپاش تفنگی ارا به ای ایجاد می کند. زیرا، شعاع اضافی که توسط آبپاش انتهایی آبیاری می شود، در مقایسه با طول لاترال عقربه ای، کوچک است.

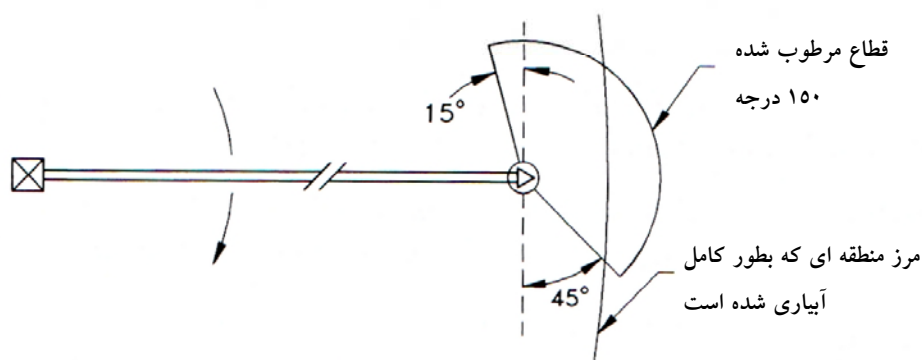
زمانیکه قطاع مرطوب شده آبپاش، بین ۲۴۰ تا ۲۷۰ درجه باشد، آبپاش تفنگی ارا به ای، یکنواخت ترین نیمرخ آبیاری را در هر دو سوی مسیر حرکت ایجاد می کنند (شکل ۱۳،۳ را ببینید). بنابراین، در یک سیستم عقربه ای، قسمت مرطوب شده باید بین ۱۲۰ تا ۱۳۵ درجه باشد. زیرا آبپاش انتهایی تنها نواری از مسیر قوسی شکل حرکت خود را آبیاری

می کند . برای کاهش شدت پاشش ، بهتر است که از زوایای بزرگتر از ۱۳۵ درجه استفاده شود (شکل ۱۴,۱۱ را ببینید)

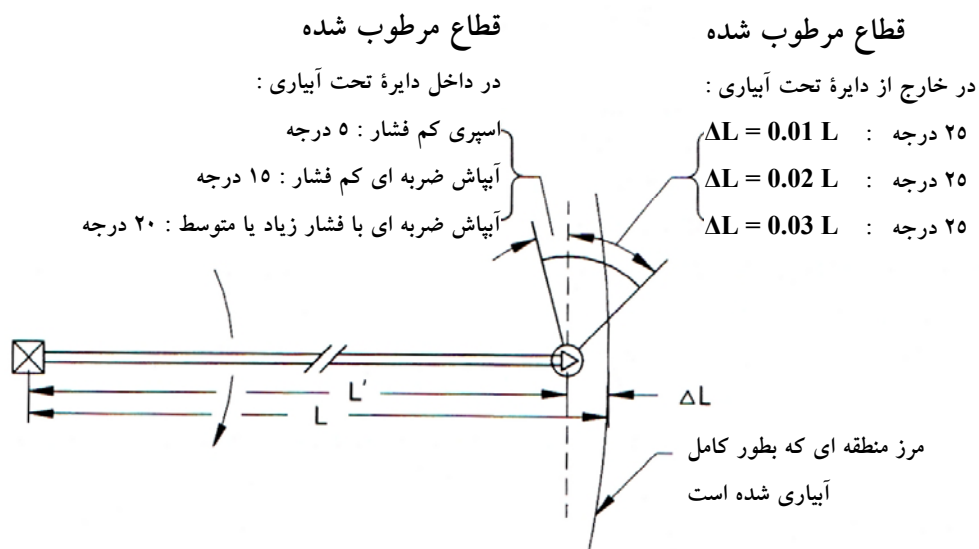
شکل A ۱۴,۱۱ اندازه های توصیه شده برای قطاع مرطوب شده در آبشهای تفنگی بزرگ را (برای زمانیکه آبپاش تنها زمانی کار می کند که لاترال به گوشه زمین رسیده باشد) نشان می دهد . شکل B ۱۴,۱۱ همین مقادیر را برای آبشهای تفنگی کوچک که بطور پیوسته کار می کنند را نشان می دهد . ۱۵ درجه اضافی در قسمت داخلی قطاع مرطوب شده که در شکل B ۱۴,۱۱ در نظر گرفته شده به خاطر پر کردن مقدار تخلیه شده رطوبت نیمرخ خاک در لبه دایره اصلی می باشد . این مقدار تخلیه به دلیل عدم وجود آبپاش دیگری در پایین دست آبپاش انتهایی و در نتیجه ، عدم وجود همپوشانی بین آبپاش انتهایی و آبپاش قبل از آن ایجاد می شود . با اینحال ، زمانیکه یک آبپاش تفنگی بزرگ همانند شکل ۱۴,۱۱ و A ۱۴,۱۱ استفاده می شود تا تنها گوشه های زمین آبیاری شوند ، یک آبپاش با قطاع مرطوب شده کوچکتر در انتهای لاترال نصب می شود تا بصورت پیوسته کار کرده و مقدار تخلیه رطوبت در لبه دایره اصلی را تأمین کند . همانطور که قبلاً نیز گفته شد ، آبشهایی با قطاع مرطوب شده کوچک معمولاً برای آبیاری چند متر در ورای طول لوله لاترال استفاده می شود . اغلب لازم است تا در این طول کوتاه ، آبیاری کامل صورت گیرد . این مسئله ، مقدار L را افزایش داده ، ولی مقدار L' را در حد مطلوب حفظ می کند تا فاصله ایده آل بین دو سیستم عقربه ای که در مجاور هم کار می کنند در نظر گرفته شود . زمانیکه آبشهایی با دایره مرطوب شده ناقص (کوچکتر از ۳۶۰ درجه) به این منظور استفاده می شوند ، باید به عنوان بخشی از دایره اصلی آبیاری در نظر گرفته شده ، دبی آنها باید از رابطه b ۱۴,۲۰ محاسبه و بعنوان بخشی از Q_b منظور گردد . اندازه توصیه شده قطاع مرطوب شده برای این آبپاشها در شکل C ۱۴,۱۱ ارائه شده اند .



A / آبپاش تفنگی انتهایی که تنها در گوشه ها روشن می شود.



B / آبپاش تفنگی انتهایی کوچک که بطور پیوسته روشن است.



C / آبپاش تفنگی انتهایی با دایره مرطوب شده ناقص که قسمت های خشک زمین را آبیاری می کند.

شکل ۱۴، ۱۱ / الگوی مرطوب شده آبپاش تفنگی انتهایی.

مثال ۱۴,۸: ارزیابی عملکرد آبیاش تفنگی انتهایی در یک لاترال عقربه ای.

اطلاعات: مشخصات سیستم همانند مثال ۱۴,۱. آبیاش تفنگی با نازل روزنه ای که اندازه معادل مخروطی آن، mm ۲۵/۴ می باشد و در فشار ۴۱۵ kPa کار می کند.

از جدول ۱۳,۱، قطر مرطوب شده آن برای نازل مخروطی ۹۹ m متر خواهد بود. برای نوع روزنه ای، این مقدار ۵ درصد کمتر، یعنی ۹۴ m می باشد.

از جدول ۱۳,۱، دبی مورد انتظار از این آبیاش، $G_g = 14/2 \text{ L/s}$ و نمایه درشتی قطرات آن $CI < 7$ می باشد. پس، $R_e = 0/97$.

مطلوب است: کل ظرفیت سیستم، عملکرد مورد انتظار آبیاش تفنگی انتهایی و ارزیابی عملکرد مورد انتظار برای اندازه های دیگر نازل.

محاسبات: با جایگزاری دبی واقعی آبیاش برابر با $14/2 \text{ L/s}$ در رابطه ۱۴,۲ به جای Q_g و توجه به اینکه $Q_b = 57$ (از مثال ۱۴,۱):

$$Q_s = Q_b + Q_g = 57 + 14.2 = 71.2 \text{ L/s}$$

این مقدار، ۲۵ درصد بیش از ظرفیت مورد نیاز برای آبیاری دایره اصلی می باشد.

در مرحله بعد، بررسی می کنیم که آیا دبی واقعی آبیاش انتهایی، با مقدار مطلوب و مورد نظر طراح هماهنگی دارد یا خیر. از مثال ۱۴,۶، $k_f U_d = 7/5 \text{ mm/day}$ و بهتر است که فرض کنیم:

$$\approx CU/76, O_e = 0/93, (R - L) \approx 0/75 R_j$$

از جدول ۶,۲، $DE_{80} = 7/5$ (کفایت آبیاری در منطقه تحت آبیاری آبیاش انتهایی، ۸۰٪ در نظر گرفته شده است). با قرار دادن $d' = d'_g$ در رابطه ۱۴,۱ a، عمق ناخالص آبیاری روزانه برابر خواهد بود با:

$$d'_g = \frac{100 \times 7.5}{75 \times 0.97 \times 0.93} = 11.1 \text{ mm}$$

شعاع منطقه ای که در زمان کار آبیاش انتهایی بصورت کافی آبیاری شده:

$$R = L + 0.75 R_j = 402 + 0.75 \times 94/2 = 437 \text{ m}$$

با استفاده از رابطه ۱۴,۲۱، دبی مورد نیاز برای آبیاش تفنگی برابر است با:

$$(Q_g) = \frac{[(437)^2 - (402)^2] \times 11.1}{1146 \times 22} = 13.9 \text{ L/s}$$

این مقدار تا اندازه ای از دبی واقعی آبیاش (بر اساس فشار ۴۱۵ kPa) کمتر است. زیرا انتخاب های محدودی برای اندازه نازل وجود داشته و اغلب غیرممکن است که بطور دقیق، دبی مورد نیاز سیستم با دبی واقعی آبیاش منطبق گردد. منطقه اضافی که توسط آبیاش انتهایی بصورت کافی آبیاری شده (در هر یک از ۴ گوشه) از رابطه ۱۴,۲۲ محاسبه می شود:

$$A/C = \frac{90^\circ - 2 \cos^{-1}(402/437)}{90^\circ} \cdot \frac{\pi(437^2 - 402^2)}{4 \times 10000} = 1.12 \text{ ha}$$

بنابراین، کل مساحتی که توسط آبیاش انتهایی آبیاری می شود ۴/۵ هکتار خواهد بود.

در مجموع، آبیاش تفنگی انتهایی تنها در حدود نیم ساعت در هر دور چرخش سیستم کار می کند و مساحت تحت آبیاری را از ۵۰/۸ هکتار به ۵۵/۳ هکتار افزایش می دهد (۹ درصد افزایش). با اینحال، ظرفیت اضافی مورد نیاز سیستم برای عملکرد این آبیاش در حدود ۲۵ درصد می باشد. در نتیجه یک پمپ برای تأمین دبی آبیاش تفنگی انتهایی و یک موتور با قدرت ۵ hp مورد نیاز است.

احتمالاً انتخاب بهتر برای اندازه نازل، استفاده از نازل روزنه ای با اندازه معادل نازل مخروطی ۲۲/۹ mm می باشد (in ۰/۹). با میانمایی بین نازل های مخروطی ۱ و ۰/۸ اینچی در جدول ۱۳،۱ و انجام دوباره محاسبات فوق، دبی واقعی آبیاش انتهایی و شعاع تحت آبیاری به مقادیر $Q_g = 11.5 \text{ L/s}$ و $R = 43.4 \text{ m}$ افزایش پیدا خواهند کرد. دبی مورد نیاز نیز از رابطه ۱۴،۲۱ محاسبه می شود:

$$(Q_g) = \frac{[(434)^2 - (402)^2] \times 11.1}{1146 \times 22} = 11.8 \text{ L/s}$$

این مقدار تقریباً برابر دبی واقعی آبیاش می باشد. بنابراین، بهتر است که نازل روزانه ای با اندازه معادل نازل مخروطی ۲۲/۹ mm انتخاب شود تا سله بندی سطح خاک کمتر شده و Q_s نیز کاهش یابد. مساحت اضافی که بصورت کافی آبیاری شده ۴/۳ ha هکتار است که کمی کمتر از مقدار محاسبه شده برای نازل بزرگتر قبلی می باشد. تأثیر کمتر بودن دبی مورد نیاز سیستم از دبی واقعی آبیاش، کاهش کفایت آبیاری به کمتر از ۸۰ درصد است. مقدار کاهش با تعیین مقدار DE_{pa} که منجر به برابر شدن دبی واقعی آبیاش و دبی مورد نیاز می گردد، تخمین زده می شود. بر اساس روابط ۱۴،۲ a و ۱۴،۲۱، مقدار DE_{pa} باید به ۷۷ درصد افزایش داده شود:

$$DE_{pa} = 75 \times \frac{11.8}{11.5} = 77\%$$

از جدول ۶،۲، برای $CU/78 \approx pa/78$ (به جای مقدار مطلوب قبلی که برابر با ۸۰٪ بود) بدست می آید. با توجه به تفاوت کم دو کفایت آبیاری، نازل کوچکتر به جای نازل بزرگتر توصیه می شود. در نتیجه ظرفیت کل سیستم عبارت خواهد بود از:

$$Q_s = 57 + 11.5 = 68.5 \text{ L/s}$$

هیدرولیک سیستم های آبیاری عقربه ای

هیدرولیک لاترال های عقربه ای مشابه سیستم های معمولی با جابجایی متناوب می باشد. تفاوت های اصلی بین این دو نوع عبارتند از:

- از آنجائیکه لاترال عقربه ای زمینی دایره ای شکل را آبیاری می کند، دبی در واحد طول لاترال متناسب با فاصله از نقطه چرخش سیستم افزایش پیدا می کند.
- برای سیستم های با دبی یکنواخت و همچنین در لاترال های با فواصل نیمه یکنواخت بین آبیاشها، فاصله بین آبیاشها، S_i ، ثابت نیست.
- برای فاصله بندی یکنواخت و نیمه یکنواخت آبیاشها، اندازه آبیاش و نازل آنها ثابت نیست.
- اغلب شعاع مزرعه تحت آبیاری بسیار بزرگتر از طول لاترال می باشد، $R > L'$.

به دلیل این اختلافات، روابط ویژه ای برای طراحی لاترالهای عقربه ای که دارای چندین خروجی می باشند لازم است. سه روش برای طراحی آبیاری وجود دارد تا روابط هیدرولیکی را در طول لاترالهای عقربه ای تحلیل نمایند. کاربردی ترین آنها، روش گام به گام می باشد. برای مثال، برای تعیین تلفات اصطکاکی در طول لاترال، شدت جریان و تلفات اصطکاکی در هر قسمت بین خروجی های مختلف با استفاده از رابطه ۱۴،۲۴ و ۸،۱ (به ترتیب) قابل محاسبه اند. تلفات اصطکاکی لوله برای تمام لاترال با جمع کردن این تلفات حاصل می گردد. انجام این فرآیند به روش دستی بسیار سخت و طولانی خواهد بود. اما با استفاده از کامپیوتر به سادگی انجام می گیرد.

روش دوم این است که ابتدا از روش گام به گام و از کامپیوتر استفاده می کنیم و محاسبات را برای یک لاترال استاندارد انجام می دهیم. سپس راه حل عددی بدون بعد مستقیمی می یابیم که با استفاده از آنالیز رگرسیون بر این نتایج منطبق گردد. روش سوم، پیدا کردن یک راه حل عددی مستقیم است که بر پایه روابط تئوری بنا شده باشد. بیشتر قسمت های این کتاب، روشهای تحلیل بر پایه روابط تئوری مستقیم را در بر می گیرد. اما در عمل، راه حل های گام به گام اغلب عملی ترین و مستقیم ترین روش به حساب می آیند، با این فرض که کامپیوتر و مهارت مورد نیاز در اختیار باشد.

شدت جریان و تلفات اصطکاکی

محاسبه شدت جریان و تلفات اصطکاکی لاترال، تماماً بر پایه روابطی استوار است که طول هیدرولیکی معادل لاترال در آنها نقش اساسی ایفا می کند. این موضوع برای تمامی محاسبات در مورد لوله های منیفلد که زمینهای دایره ای یا مستطیلی را آبرسانی می کنند نیز صادق است. در مورد لاترالها (بدون آبپاش تفنگی انتهایی) که تنها دایره اصلی را آبیاری می کنند، طول معادل هیدرولیکی، $L_h = L$. زیرا طبق تعریف، طول معادل هیدرولیکی طولی از لوله لاترال است که برای اعمال یکنواخت Q_s در یک مزرعه دایره ای شکل و بدون گسیل فواره آب به ورای طول لاترال، مورد نیاز است. بنابراین، برای لاترالهای عقربه ای با آبپاش انتهایی، $L_h > R > L$ و از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$L_h = L \left(\frac{Q_s}{Q_b} \right)^{1/2} = L \left(\frac{Q_b + Q_g}{Q_b} \right)^{1/2} \quad (14,23)$$

L_h : طول معادل هیدرولیکی لاترال عقربه ای (m)

شدت جریان در سرتاسر لوله لاترال عقربه ای و در هر فاصله ای از نقطه چرخش سیستم، I_j ، عبارت خواهد بود از:

$$Q_j = Q_s \left(1 - \frac{I_j^2}{L_h^2} \right) \quad (14,24)$$

Q_j : شدت جریان در هر فاصله I_j از نقطه چرخش سیستم (L/s)

لاترال عقربه ای نوع خاصی از لوله های منیفلد می باشد که قسمت های مختلف آن دارای شدت جریان هایی می باشند که بطور یکنواخت افزایش می یابند. محاسبه تلفات اصطکاکی به روشی مشابه با روش استفاده شده برای لاترالهایی که بصورت خطی حرکت می کنند یا لاترالهایی که در هر قسمت از طول خود دارای دبی یکنواخت هستند صورت می پذیرد. بنابراین، بسیاری از مفاهیم اولیه مورد استفاده در لاترالهای با جابجایی متناوب در مورد لاترالهای عقربه ای نیز قابل استفاده اند. برای مثال، کل افت بار اصطکاکی در طول لاترال عقربه ای:

$$h_f = J \times F_p \frac{L_h}{100} \quad \text{for } L \geq 0.8L_h \quad (14,25 a)$$

و افت فشار ناشی از اصطکاک :

$$P_f = Kh_f \quad \text{for } L \geq 0.8L_h \quad (14,25 b)$$

J : گرادیان افت بار محاسبه شده از رابطه ۸,۱ (m/100m)

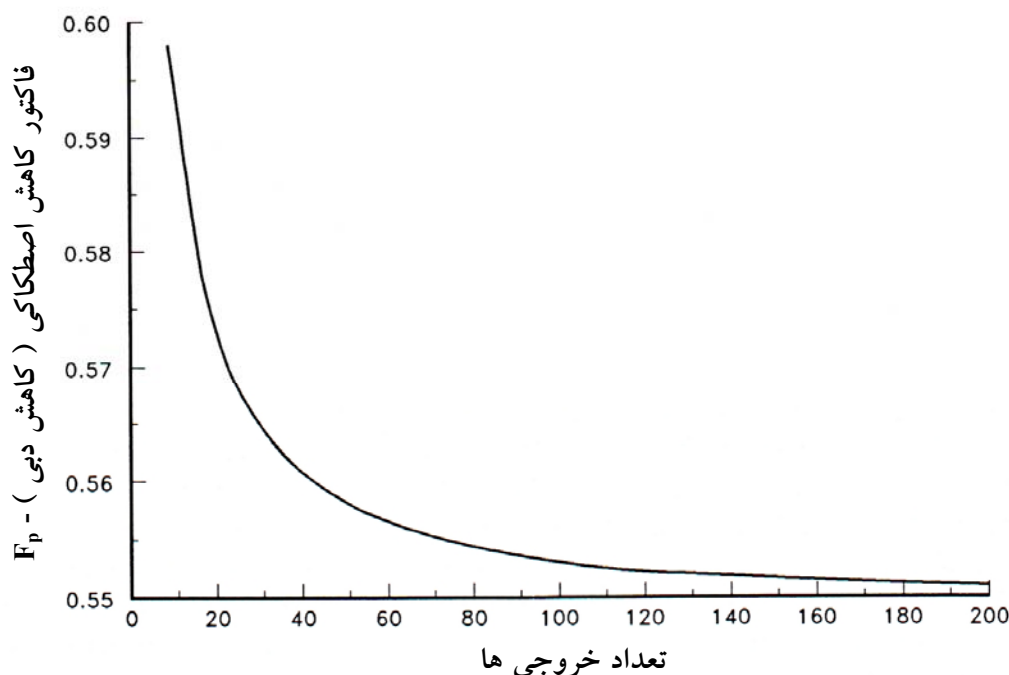
F_p : فاکتور کاهش برای لاترالهای عقربه ای برای در نظر گرفتن کاهش دبی در طول معادل هیدرولیکی لوله (بدون بعد)

h_f : افت بار ناشی از اصطکاک در لوله (m)

P_f : افت فشار ناشی از اصطکاک در لوله (m)

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک ۹/۸ و برای سیستم انگلیسی ۰/۴۳۳ .

مفهومی که در F_p استفاده می شود مشابه همان مفهومی می باشد که در رابطه ۸,۸ برای لاترالهای با حرکت خطی استفاده شد . در مورد لاترالهای عقربه ای ، F_p بین ۰/۵۵ برای ۲۷۰ خروجی تا ۰/۵۶ برای ۴۰ خروجی متغیر است . بنابراین ، برای تقریباً تمامی سیستم های استاندارد عقربه ای ، مقدار F_p برابر با ۰/۵۵۵ (که برای ۷۳ خروجی می باشد) جوابهای دقیقی با ۱٪ ± خطا بدست می دهد .



شکل ۱۴,۱۲ / فاکتور کاهش اصطکاک (کاهش دبی) برای تعداد مختلف خروجی بر روی لاترال عقربه ای.

شکل ۱۴,۱۲ نمودار تعداد خروجی ها در برابر مقادیر F_p را نشان می دهد که با عدد ۰/۵۹۸ برای ۹ خروجی آغاز می شود . برای لاترالهای دارای کمتر از ۱۰ خروجی ، مقادیر F_p عبارتند از :

- ۰/۵۹۸ برای ۹ خروجی .
- ۰/۶۱ برای ۸ خروجی .

- ۰/۶۲ برای ۷ خروجی .
- ۰/۶۳ برای ۶ خروجی .
- ۰/۶۵ برای ۵ خروجی .
- ۰/۶۷ برای ۴ خروجی .
- ۰/۷۱ برای ۳ خروجی .
- ۰/۷۹ برای ۲ خروجی .
- ۱ برای ۱ خروجی .

مقادیر فوق با استفاده از روش تکرار گام به گام و رابطه هیزن - ویلیامز با توان ۱/۸۵۲ بدست آمده اند .

مقدار $F_p = 0/555$ تا اندازه زیادی بیش از مقدار $F = 0/36$ می باشد که در لاترالهای با جابجایی خطی استفاده می شود (جدول ۸,۷ را ببینید) . دلیل این امر این است که کاهش بسیار کمتری در شدت جریان در نزدیک ورودی لاترال عقربه ای وجود دارد . زیرا داخلی ترین مناطق دایره ای شکل در مقایسه با مساحت متوسط دایره ای شکل که توسط هر خروجی آبیاری می شود کوچکتر هستند (یعنی بیشتر آب به انتهای لاترال منتقل می گردد که باعث افزایش تلفات اصطکاکی نسبت به لوله های لاترال با جابجایی خطی می گردد) .

الگوی فشار در طول لاترال

بار فشار در هر نقطه در طول لاترال عقربه ای با روش گام به گام که قبلاً تشریح گردیده محاسبه می شود . یعنی از انتهای در حال حرکت لاترال و با در نظر گرفتن فشار مورد نظر برای آبپاش آغاز کرده و به سمت نقطه چرخش سیستم حرکت می کنیم . روش انجام کار به این صورت است :

۱- بار فشار مورد نظر برای انتهای در حال حرکت لاترال عقربه ای را تعیین می کنیم که برابر است با حداقل بار فشار در طول لاترال ، H_n .

۲- مقدار h_f را از رابطه $a \ 14,25$ محاسبه کرده و به مقدار H_n اضافه می کنیم تا بار فشار در ورودی لاترال حاصل شود .

۳- برای محاسبه بار فشار در هر فاصله r_j از نقطه چرخش ، افت بار ناشی از اصطکاک بین r_j و L_h را به مقدار H_n بیافزایید .

این روش مشابه روشی می باشد که برای لاترالهای با جابجایی خطی استفاده گردید . با اینحال ، محاسبه افت بار بین r_j و L_h مشکل تر است . زیرا دبی در هر واحد از طول لاترال ، یکنواخت نمی باشد .

دو رابطه برای محاسبه افت اصطکاکی بین r_j و L_h در اختیار قرار دارد . یکی بر اساس تحلیل نظری استوار است که از مقدار F_p و L_h تعدیل شده برای در نظر گرفتن دبی نسبتاً یکنواخت تر در نزدیکی انتهای در حال حرکت لاترال استفاده می کند :

$$(h_f - h_{ff}) = \frac{J}{100} \left(0.155 + 0.4 \frac{L_h}{L_h + r_j} \right) \times (L_h - r_j) \times \left[1 - \frac{r_j^2}{L_h^2} \right] \quad (a \ 14,26)$$

رابطه دیگر که توسط (Chu and Moe (1972 ارائه شده ، مقدار h_f را به صورت زیر تعدیل می کند :

$$h_{fi} = \frac{15}{8} h_f \left(\frac{r_j}{L_h} - \frac{2}{3} \left[\frac{r_j}{L_h} \right]^3 + \frac{1}{5} \left[\frac{r_j}{L_h} \right]^5 \right) \quad (14,26 \text{ b})$$

و بار فشار در هر نقطه از طول لاترال عقربه ای :

$$H_j = H_l - h_f = H_n + (h_f - h_{fi}) \quad (14,27 \text{ a})$$

و فشار در هر نقطه :

$$P_j = K(H_j) \quad (14,27 \text{ b})$$

H_j : بار فشار در هر فاصله r_j از نقطه چرخش سیستم (m)

H_l : بار فشار در ورودی لاترال در نقطه چرخش سیستم (m)

h_{fi} : افت اصطکاکی در طول بین نقطه چرخش سیستم و هر فاصله r_j (m)

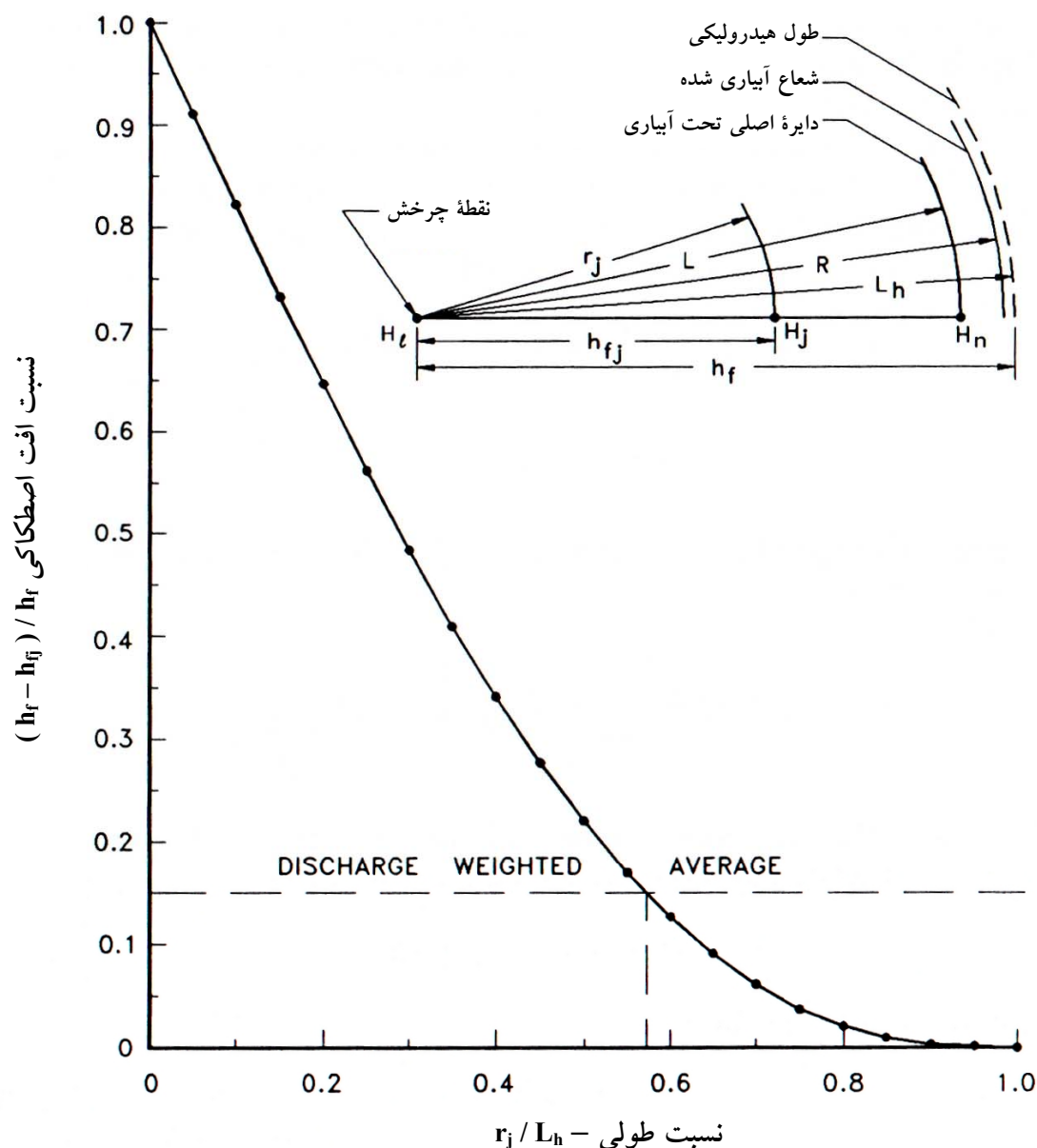
H_n : بار فشار مینیمم مورد نظر در انتهای در حال حرکت لاترالی که در زمین مسطح قرار دارد (m)

h_f : کل افت بار اصطکاکی در طول لوله از رابطه $a = 14,25$ (m)

($h_f - h_{fi}$) : افت بار اصطکاکی بین هر فاصله r_j و انتهای لوله لاترال تا طول L_h که از رابطه $a = 14,26$ محاسبه می شود (m)

P_j : فشار در هر فاصله شعاعی r_j از نقطه چرخش سیستم (m)

K : ثابت تبدیل واحد ، برای سیستم متریک برابر $9/8$ و برای سیستم انگلیسی $0/433$.



شکل ۱۴،۱۳ / منحنی بدون بعد اصطکاک برای لاترال عقربه ای.

شکل ۱۴،۱۳ نمودار نسبت بدون بعد r_j/L_h در برابر نسبت بدون بعد $(h_f - h_{fj})/h_f$ برای سیستم عقربه ای با قطر لاترال یکنواخت را نشان می دهد. این منحنی عمومی اصطکاک مشابه شکل ۸،۲ برای لاترالی می باشد که دبی در هر واحد طول آن یکنواخت است. با اینحال، تا اندازه ای مسطح تر می باشد. زیرا آب نسبتاً بیشتری تا انتهای بسته آن حمل می گردد. اطلاعات مربوط به شکل ۱۴،۱۳ با روش محاسبه گام به گام برای لاترال عقربه ای با ۱۰۰ خروجی با فواصل یکسان و ضریب دبی ۱/۸۵۲ بدست آمده اند. جدول ۱۴،۵، به اختصار اطلاعات مورد نیاز برای ترسیم شکل ۱۴،۱۳ را در اختیار قرار می دهد. اولین خروجی در فاصله ای از نقطه چرخش سیستم برابر با نصف فاصله خروجی های دیگر از یکدیگر قرار گرفته و آخرین خروجی نیز در فاصله $0.995 L_h$ از نقطه چرخش قرار گرفته است.

نسبتهای افت اصطکاکی که از رابطه $a_{14,26}$ و با استفاده از رابطه $a_{14,25}$ محاسبه می شوند اساساً مشابه نسبت هایی هستند که با روش گام به گام بدست می آیند . نسبتهایی که از رابطه $b_{14,26}$ و با استفاده از رابطه $b_{14,25}$ محاسبه می شوند ، بین نسبت های حاصل از روش گام به گام و مقادیری که بطور تقریبی $0/2$ کمتر از آنها می باشند ، قرار می گیرند . بنابراین ، روش مورد استفاده برای محاسبه بارهای فشار در طول لاترال در مقادیر نهایی تأثیر جزئی دارند .

شکل ۱۴,۱۳ نشان می دهد که زمانیکه $L = r_j = 0/845 L_h$ ، 99% از افت اصطکاک در لاترال روی داده است و زمانیکه $L = r_j = 0/8 L_h$ ، 98% از کل افت اصطکاک اتفاق افتاده است . آبیاشهای تفنگی انتهایی برروی سیستم های استاندارد عقربه ای ، هرگز آب کافی از خود خارج نمی سازند و به همین دلیل ، $L < 0/8 L_h$ و این آبیاشها نیازمند داشتن دبی Q_b $0/56 > Q_g$ می باشند (شکل ۱۴,۲۳ را ببینید) . بنابراین ، می توانیم از رابطه $a_{14,25}$ برای محاسبه مستقیم h_f برای تمامی سیستم های عقربه ای استاندارد با یا بدون آبیاش تفنگی انتهایی استفاده کنیم . با این وجود ، برای لاترالهای با طول کم و دارای آبیاش تفنگی انتهایی یا سیستم آبیاری گوشه های زمین ، یک روش دو مرحله ای برای محاسبه h_f نیاز خواهد بود .

مقدار بار فشار متوسط در طول لاترال برابر است با $H_a \approx H_n + 0/15 h_f$ (در زمینهای بدون شیب) . این مقدار متوسط در فاصله $r_i = 0/58 L_h$ از نقطه چرخش سیستم اتفاق می افتد (جدول ۱۴,۵ و شکل ۱۴,۱۳ را ببینید) . این مقادیر با جمع کردن حاصل ضرب دبی آبیاشها در بار فشار متناسب با آن و تقسیم بر Q_s بدست آمده اند . برای لاترالهایی که دارای دو یا بیشتر قطر هستند (لاترالهای مخروطی یا تلسکوپی) ، رابطه بین بار فشار متوسط و h_f بستگی دارد به اندازه و طول نسبی هر یک از لوله ها . یک مقدار قابل قبول برای لاترال های مخروطی ، $H_a \approx H_n + 0/2 h_f$ می باشد که دقیقاً برابر مقدار مربوط به لاترال مخروطی معمولی می باشد که قطر کوچکتر لوله آن از فاصله $r_j = 2 L_h / 3$ آغاز می شود .

جدول ۱۴,۵ / نسبت‌های طول ، افت اصطکاکی ، مساحت ، شدت جریان و دبی خروجی برای لاترال‌های عقب‌به‌ای با خروجی‌هایی که در فواصل یکنواخت قرار دارند .

^۱ نسبت‌های هیدرولیکی در لاترال‌های سیستم عقب‌به‌ای				
طول r_j/L_h	مساحت ^۲ A_j/A_s	آبدهی ^۳ $q_j/Q_s, \%$	شدت جریان Q_j/Q_s	اصطکاک ^۴ $(h_f - h_{fj})/h_f$
0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
0.045	0.002	0.090	0.998	0.918
0.095	0.010	0.190	0.990	0.828
0.145	0.022	0.290	0.978	0.739
0.195	0.040	0.390	0.960	0.653
0.245	0.063	0.490	0.938	0.569
0.295	0.090	0.590	0.910	0.490
0.345	0.122	0.690	0.878	0.415
0.395	0.160	0.790	0.840	0.346
0.445	0.203	0.890	0.798	0.282
0.495	0.250	0.990	0.750	0.225
0.545	0.303	1.090	0.698	0.174
0.575	0.336	1.150	0.664	0.147
0.595	0.360	1.190	0.640	0.130
0.645	0.423	1.290	0.578	0.093
0.695	0.490	1.390	0.510	0.063
0.745	0.563	1.490	0.438	0.039
0.795	0.640	1.590	0.360	0.022
0.845	0.722	1.690	0.278	0.010
0.895	0.810	1.790	0.190	0.003
0.945	0.902	1.890	0.098	0.001
0.995	1.000	1.990	0.000	0.000

^۱ برای لاترالی با ۱۰۰ خروجی در فواصل مساوی (که اولین خروجی در فاصله نصب فواصل دیگر خروجی‌ها از ابتدای لاترال قرار دارد) و بر اساس محاسبات قدم به قدم با استفاده از نمای شدت جریان = ۱.۸۵۲ .

^۲ مساحت تجمعی آبیاری شده در فاصله: $(r_j + 0.005 L_h)$

^۳ مقادیر آبدهی برای واحد طول برابر با $0.01 L_h$

^۴ متوسط وزنی فشار (متوسط وزنی براساس مقادیر آبدهی) در نزدیکی خروجی مستقر در نقطه $r_j/L_h = 0.575$ روی می‌دهد .

عوامل اقتصادی در طراحی لاترال‌های مخروطی

از آنجاییکه شدت جریان در طول لاترال کاهش می‌یابد ، معمولاً مقرون به صرفه تر است که در سیستم‌های عقب‌به‌ای از لاترال‌های مخروطی (دارای چند اندازه لوله) استفاده شود . قطرهای کوچکتر لوله ، تنها باعث صرفه جویی در هزینه اولیه آن نمی‌شوند . بلکه بر روی هزینه واحد های نگهدارنده لوله (برجها) نیز مؤثرند . زیرا قطرهای کوچکتر به میزان قابل توجهی سبکتر می‌باشند (بخصوص زمانی که پر از آب باشند) . روشهایی که برای انتخاب اقتصادی ترین قطر لوله در فصل ۸ ارائه شد در این قسمت نیز قابل کاربرد می‌باشند . اصل کلی این است که مجموع هزینه های ثابت سالیانه ، هزینه سوخت و دیگر هزینه های بهره برداری به حداقل برسند (شکل ۸,۳ را ببینید) .

بهترین مقدار میانی بین هزینه های ثابت و هزینه های بهره برداری ، بر اساس تحلیل واحد طول لوله بدست می‌آید (به روش ۸ مرحله ای مراجعه کنید که منجر به طراحی جدول ۸,۱۰ گردید) . در جاییکه چندین سیستم عقب‌به‌ای بر اساس پارامترهای هیدرولیکی و اقتصادی مشابه طراحی خواهند شد ، نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی ، همانند شکل

۸,۴، باعث کاهش زمان طراحی می شود و یا می توانیم از کامپیوتر و روابط ۸,۱۴، ۸,۱۵، ۸,۱۷ و ۸,۱۸ نیز استفاده کنیم . مطالعه روش اقتصادی مشروحه در فصل ۸ توصیه می شود .

مثال ۱۴,۹: طراحی لاترال عقربه ای با دو قطر لوله و با استفاده از نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی .

اطلاعات: همانند مثال ۱۴,۱، سیستم عقربه ای که قرار است ناحیه ای دایره ای شکل را آبیاری کند و انتخاب آبپاش تفنگی انتهایی همانند مثال ۱۴,۸ .

اطلاعات اقتصادی در جدول ۱۴,۶ گردآوری شده اند . با استفاده از نمودار انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی همانند شکل ۸,۴ که برای لاترالهای عقربه ای و بر اساس شرایط اقتصادی پروژه ترسیم شده است ، اقتصادی ترین قطر لاترال ، ترکیبی از قطرهای ۱۶۸ و ۲۰۳ میلیمتر می باشد (لوله های گالوانیزه) . برای سهولت بیشتر ، لوله کوچکتر با نام ۶ in و لوله بزرگتر با نام ۸ in اشاره می شود . با مراجعه به نمودار انتخاب قطر :

بدون وجود آبپاش انتهایی ، $Q_s = Q_b = 57 \text{ L/s}$ ، از نظر اقتصادی شدت جریان بینابین برابر خواهد بود با $Q_j = 55 \text{ L/s}$.

با وجود آبپاش انتهایی ، $Q_g = 11/5 \text{ L/s}$ و $Q_s = 68/5 \text{ L/s}$ ، شدت جریان بینابین $Q_j = 50 \text{ L/s}$ خواهد بود .

جدول ۱۴,۶ / برخی مشخصات و قیمت اجزاء سیستم آبیاری بارانی عقربه ای.

		قطر اسمی لوله , in. (mm) ²					
		4 ½ (114)	5 9/16 (167)	6 (152)	6 5/8 (168)	8 (203)	10 (254)
قطر داخلی	mm	108.0	135.1	146.2	162.1	197.0	247.8
لوله لاترال	(in.)	4.255	5.318	5.755	6.380	7.755	9.755
طول بهینه	m		56	56	44	38	32
دهانه ها	(ft)		185	185	145	125	105
هزینه واحد	\$/m						
طول لوله لاترال		75	87	94	100	115	148
طول لوله لاترال و رای آخرین برج				50			
هزینه ژنراتور ، \$ ، تجهیزات نقطه چرخش و دیگر کنترل کننده ها		3000	5500	6000	6000	7000	8000
هزینه آبپاش تفنگی انتهایی (شامل موتور پمپ و آبپاش)							
بدون شیر کنترل 2-hp							1800
با شیر کنترل و ظرفیت اضافی 5-hp							2700
با شیر کنترل و ظرفیت اضافی 7.5-hp							3600

لوله با قطر 4 ½ تنها در سیستم های کوچک و با لاترالهای کوتاه تر از ۳۰۰ متر بکار می رود .
معمولاً لوله هایی با قطر ۱۵۲ میلیمتر (۶ اینچ) به طول ۴ تا ۲۵ متر (۱۵ تا ۸۵ فوت) برای امتداد دادن لاترال و رای آخرین برج استفاده می شود .
هزینه ژنراتور و تجهیزات نقطه گردش لاترال شامل شیرها و وسایل اندازه گیری جریان نیز می باشد .

دهانه های استاندارد که برای لوله های ۲۰۳ میلیمتری (۸ in) استفاده می شوند ، ۳۲ یا ۳۸ متری و برای لوله های ۱۶۸ میلیمتری (۶ in) ، ۳۸ یا ۴۴ متری می باشند .

لاترال با فواصل متغیر بین خروجی ها به آبپاشهای کم فشار ضربه ای مجهز شده است که دارای نازل های کنترل کننده جریان بوده و به نحوی طراحی شده اند که با فشار بزرگتر از ۲۰۵ کیلوپاسکال کار کنند .
شعاع دایره اصلی تحت آبیاری ، $L = 40.2 \text{ m}$ می باشد . با اینحال ، طول واقعی لوله لاترال بستگی به انتخاب طول دهانه ها دارد .

مطلوب است : محاسبه h_f برای تمام طول لوله ۱۶۸ mm با و بدون آبپاش انتهایی و همچنین ، برای ترکیب لوله های ۱۶۸ و ۲۰۳ میلیمتری با آبپاش انتهایی . همچنین محاسبه دبی ، q_g ، و اندازه قطاع مرطوب شده آبپاش تفنگی انتهایی .

محاسبات : بدون وجود آبپاش تفنگی انتهایی ، $Q_b = Q_s = 57 \text{ L/s}$ تقریباً برابر شدت جریان بینابین ، یعنی $Q_j = 55 \text{ L/s}$ می باشد . بنابراین ، لاترالی که تمام طول آن از قطر ۱۶۸ میلیمتری باشد اقتصادی ترین انتخاب برای آبیاری دایره اصلی می باشد . از رابطه ۸,۱ ، با $D = 162/1 \text{ mm}$ و $C = 135$ ، $J = 4/25 \text{ m/100m}$ بدست می آید . با جایگزاری در رابطه a

۱۴,۲۵ و قرار دادن $F_p = 0.555$ ، مقدار افت بار در لاترالی که تماماً از قطر ۱۶۸ میلیمتری می باشد و تنها دایره اصلی را آبیاری می کند برابر خواهد بود با :

$$h_f = 4.25 \times 0.555(402/100) = 9.5 \text{ m}$$

با روشن شدن آبپاش انتهایی ، $Q_s = 68.5 \text{ L/s}$ و طول معادل هیدرولیکی لاترال از رابطه ۱۴,۲۳ به صورت زیر محاسبه می شود :

$$L_h = 402(68.5/57)^{1/2} = 441 \text{ m}$$

و با استفاده از رابطه ۱۴,۲۵ و قرار دادن مقدار $J = 5.97 \text{ m/100m}$ برای دبی $Q_s = 68.5 \text{ L/s}$ در لوله ۶ in :

$$(h_f)_6 = 5.97 \times 0.555 \times (441/100) = 14.6 \text{ m}$$

با مراجعه به نمودار انتخاب قطر ، استفاده از لوله ۶ اینچ از نظر اقتصادی قابل توصیه نمی باشد . از داده هایی که در اختیار قرار دارد ، زمانیکه $Q_j \geq 50 \text{ L/s}$ باید از لوله ۸ in استفاده شود . محلی که قطر لوله از ۸ به ۶ اینچ تغییر می کند ، از حل رابطه ۱۴,۲۴ برای مجهول r_j بدست می آید :

$$r_j = L_h \left[\frac{Q_s - Q_j}{Q_s} \right]^{1/2}$$

$$r_j = 441 \left[\frac{68.5 - 50}{68.5} \right] = 229 \text{ m}$$

دهانه های لاترال تنها دارای تعداد محدودی طول مشخص برای هر قطر لوله می باشند . بنابراین ، مشخصات سیستم به صورت زیر خواهند بود :

۲۲۸ m : ۶ دهانه ۳۸ متری برای لوله ۸ اینچی

۱۳۲ m : ۳ دهانه ۴۴ متری برای لوله ۶ اینچی

۳۸ m : ۱ دهانه ۳۸ متری برای لوله ۶ اینچی

در مجموع : $L' = 398 \text{ m}$ = کل طول لاترال

از رابطه ۱۴,۲۵ و با مقدار $J = 2.31 \text{ m/100m}$ برای دبی $Q_s = 68.5 \text{ L/s}$ و لوله ۸ in :

$$(h_f)_8 = 2.31 \times 0.555 \times (441/100) = 5.7 \text{ m}$$

برای محاسبه $(h_f)_{6,8}$ ، ابتدا $(h_f - h_{fi})$ را برای هر قطر لوله در $r_j = 228 \text{ m}$ و با استفاده از رابطه ۱۴,۲۶ محاسبه می کنیم :

$$(h_f - h_{fi})_8 = (2.31/100)(0.419)(213)(0.564) = 1.2 \text{ m}$$

سپس با در نظر گرفتن رابطه بین h_f و J :

$$(h_f - h_{fi})_6 = (h_f + h_{fi})_8 \frac{J_6}{J_8} = 1.16 \times \frac{5.97}{2.31} = 3 \text{ m}$$

تلفات بار فشار برای ترکیب لوله های ۸ و ۶ اینچی از روش مشابه لاترالهای با جابجایی خطی محاسبه می شود :

$$(h_f)_{6,8} = (h_f)_8 - (h_f - h_{fi})_8 + (h_f - h_{fi})_6$$

$$(h_f)_{6,8} = 5.7 - 1.2 + 3 = 7.5 \text{ m}$$

یک روش برای بررسی صحت محاسبات ، محاسبه افت اصطکاکي در لوله ۸ in بين نقطه چرخش سيستم و فاصله m $r_j = 238$ می باشد :

$$(h_{fi})_8 = (h_f)_8 - (h_f - h_{fi})_8 = 5.7 - 1.2 = 4.5 \text{ m}$$

این حقیقت که تفاوت جزئی بین مقادیر مختلف $(h_{fi})_8$ که از ۳ روش مختلف محاسبه شده اند وجود دارد ، نشان از صحت روش طراحی دارد .

دبی مورد نیاز از آبپاش انتهایی (که دارای دایره ناقص مرطوب شده می باشد) به این منظور که مساحت تحت آبیاری را از انتهای طول لاترال ، $L' = 398 \text{ m}$ تا لبه دایره اصلی ، $L = 402 \text{ m}$ ، گسترش دهد از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$q_g = \frac{2L'\Delta L}{L^2} Q_b \quad (14,20 \text{ b})$$

$$q_g = \frac{2 \times 398 \times (402 - 398)}{(402)^2} \times 57 = 1.12 \text{ L/s}$$

با توجه به علائم به کار رفته در شکل C ۱۴,۱۱ ، زاویه پرتاب داخلی باید ۱۵ درجه در نظر گرفته شود تا نیمرخ شعاعی آبیاری را برای آبپاشهای کم فشار ضربه ای در طول لاترال پر کند . زاویه پرتاب خارجی نیز در حدود ۲۵ درجه در نظر گرفته می شود تا فاصله بین انتهای لاترال تا لبه دایره اصلی را آبیاری کند .

شدت جریان و فشار در سیستم

می بایست در سیستم های عقربه ای ، فشار در ورودی لاترال ، حداقل فشار ، فشار در پای آبپاش تفنگی انتهایی و تغییرات فشار به دلیل اختلاف ارتفاع مورد بررسی قرار گیرند . حداقل مطلق فشار ، H_n ، زمانی که لاترال در شیب سربالایی قرار داشته و یا در صورت وجود و روشن بودن سیستم آبیاری برای گوشه های زمین ، معمولاً در انتهای متحرک لاترال روی می دهد . حداقل فشار باید برطبق خصوصیات آبپاش تعیین شود . این فشار حداقل باید برای ایجاد الگوی مرطوب شده مناسب ، کافی باشد . به نحوی که ایجاد سله نکرده و به محصول نیز صدمه ای نزند . بنابراین ، فشار کارکرد توصیه شده (در جدول ۱۴,۲) برای انواع مختلف آبپاشها و انواع مختلف فاصله بندی بین آبپاشها باید مد نظر قرار داشته باشد . درجایی که سله بندی سطح زمین به دلیل تأثیر ضربه قطرات آب مورد انتظار است ، باید از بالاترین حد فشار حداقل توصیه شده استفاده شود .

بار فشار مورد نیاز

بهتر است که اجزاء تشکیل دهنده کل بار فشار مورد نیاز برای عملکرد سیستم عقربه ای به صورت زیر تقسیم بندی شوند . اول ، همه سیستم ها می توانند بر اساس شرایط آبپاش تفنگی انتهایی به صورت زیر طبقه بندی شوند :

- A . سیستم های بدون آبپاش تفنگی انتهایی که تنها دایره اصلی زمین را آبیاری می کنند .
- B . سیستم های با آبپاش تفنگی که تنها دایره اصلی زمین را آبیاری می کنند .
- C . سیستم های با آبپاش تفنگی که تنها برای آبیاری گوشه های زمین استفاده می شوند .

سپس ، بارهای فشار ، اختلاف ارتفاع و افت اصطکاکی در لوله و اتصالات آن برای هریک از طبقه بندی های فوق گروه بندی می شوند . برای کلاس A و یا سیستم های دایره اصلی :

A-1 : کمترین بار فشار آبپاشها ، H_n ، که مجاز می باشد عبارت است از :

- حداقل فشار نازل آبپاش یا حداقل فشار ورودی به بوم و برای سیستم هایی که مجهز به تنظیم کننده های فشار هستند ، بعلاوه فشار مورد نیاز برای تنظیم کننده ها .

A-2 : افت بار ، h_f ، ناشی از اصطکاک در لوله لاترال برای $Q_s = Q_b$.

A-3 : اختلاف ارتفاع سطح زمین ، ΔE_{lp} ، بین نقطه چرخش سیستم و محل خروجی که دارای کمترین بار فشار است که معمولاً نقطه ایست که در بالاترین نقطه در نزدیک محیط دایره اصلی تحت آبیاری قرار دارد .

A-4 : مجموع افت بار ، $(h_f)_s$ ، که بستگی به شدت جریان ، $Q_s = Q_b$ ، بین منبع آب و نقطه چرخش سیستم (یا ورودی لاترال) دارد که شامل موارد زیر می باشد :

- افت اصطکاکی در لوله انتقال آب (از منبع تا مزرعه) .
- افت بار در شیرها و کنترل کننده های جریان و ،
- تلفات دیگر مربوط به اتصالات .

A-5 : اختلاف ارتفاع بین سطح آب در منبع و نقطه چرخش سیستم ، ΔE_{ls} ، که شامل اختلاف ارتفاع بین اجزاء زیر می باشد :

- خروجی پمپ یا شبکه لوله ها و نقطه چرخش سیستم بعلاوه ،
- (برای سیستم هایی که مستقیماً توسط یک پمپ تغذیه می شوند) سطح استاتیک آب و پمپ بعلاوه ،
- (برای سیستم هایی که مستقیماً از یک چاه تغذیه می شوند) سطح دینامیک و استاتیک آب .

برای کلاس B یا سیستم های دایره اصلی با آبپاش تفنگی انتهایی :

B-1 : همان اطلاعات H_n مشابه A-1 برای آبپاشهایی که در طول لاترال قرار دارند و

- بار فشار مورد نظر در آبپاش انتهایی ، H_g .

B-2 : افت بار ناشی از اصطکاک در طول لاترال ، h_f ، برای دبی $Q_s = Q_b + Q_g$.

B-3 : ΔE_{lp} همانند قسمت A-3 .

B-4 : مقدار $(h_f)_s$ از منبع آب تا نقطه چرخش سیستم همانند قسمت A-4 ، اما با دبی $Q_s = Q_b + Q_g$.

B-5 : اختلاف ارتفاع ، ΔE_{ls} ، بین سطح آب در منبع و نقطه چرخش سیستم همانند قسمت A-5 اما با دبی $Q_s = Q_b + Q_g$.

برای کلاس C یا سیستم های دایره اصلی مجهز به گوشه پاش ها :

C-1 : همان اطلاعات H_n مشابه A-1 برای آبپاشهایی که در طول لاترال قرار دارند و

- بار فشار مورد نظر در آبپاش انتهایی ، H_g ، بعلاوه ،
- افت بار در شیرهای کنترل آبپاش انتهایی .

C-2 : افت بار در طول لاترال ، h_f ، برای دبی $Q_s = Q_b$ و برای دبی $Q_s = Q_b + Q_g$.

C-3: ΔE_{lp} همانند قسمت A-3.

C-4: مقدار $(h_f)_s$ از منبع آب تا نقطه چرخش سیستم همانند قسمت A-4 اما با دبی $Q_s = Q_b + Q_g$ و همچنین دبی $Q_b = Q_s$.

C-5: اختلاف ارتفاع، ΔE_{ls} ، بین منبع آب و نقطه چرخش سیستم همانند قسمت A-5 اما با دبی های $Q_s = Q_b + Q_g$ و $Q_s = Q_b$.

انتخاب نازل آبپاش

مشخصات نازل آبپاشها در طول لاترال باید به نحوی انتخاب شود که دبی ثابتی را به ازای هر واحد سطح تحت آبیاری بدست دهند. زمانیکه نازلهای تنظیم کننده فشار یا جریان استفاده می شوند، اصطکاک در لوله و توپوگرافی مزرعه، فشار مورد نیاز در ورودی لاترال را تحت تأثیر قرار می دهند. اما انتخاب نازل بر این فشار بی تأثیر است. اصطکاک در لوله و توپوگرافی مزرعه باید در زمانی که تنظیم کننده ها وجود ندارند مورد بررسی قرار گیرند. اندازه هر نازل باید به نحوی انتخاب شود که دبی مورد نیاز، q_j ، را در بار فشار متوسط، H_j ، که در هر فاصله r_j وجود دارد، تأمین کند. بنابراین، علاوه بر تلفات اصطکاکی، h_{fi} ، در زمان تعیین بار فشار موجود در هر نقطه، باید متوسط ارتفاع در مسیر دایره ای شکلی که توسط هر خروجی طی می شود نیز در نظر گرفته شود.

$$(H_j)_{av} = H_l - h_{fi} - (\Delta E_{lj})_{av} \quad (c, 14, 27)$$

که

$$H_l = H_n + h_f + \Delta E_{lp}$$

$(H_j)_{av}$: متوسط بار فشار موجود در خروجی در فاصله r_j از نقطه چرخش سیستم (m)

$(\Delta E_{lj})_{av}$: اختلاف بین پایه نقطه چرخش سیستم و متوسط ارتفاع سطح زمین در طول مسیر دایره ای که توسط یک خروجی در فاصله r_j از نقطه چرخش طی می شود (m)

ΔE_{lp} : اختلاف ارتفاع بین نقطه چرخش سیستم و محلی که خروجی دارای پایین ترین بار فشار کارکرد می باشد معمولاً نقطه ای نزدیک به محیط دایره تحت آبیاری (m)

برای زمینهای هموار یا زمینهایی که به صورت جوی و پشته درآمده اند و دارای شیب عمومی یکنواخت می باشند، در تمام طول لاترال $(\Delta E_{lj})_{av} \approx 0$. با اینحال، در جاییکه توپوگرافی پیچیده تر می باشد، متوسط ارتفاع آبپاشها باید در نظر گرفته شود. اگر این کار صورت نگیرد، دبی متوسط سیستم، Q_s ، و یکنواختی آبیاری آنچنان که پیش بینی شده نخواهند بود. بنابراین، طراحی نازلها (بدون استفاده از تنظیم کننده های جریان) برای یک سیستم عقبه ای و برروی یک توپوگرافی پیچیده، نیازمند یک استراتژی طراحی می باشد که شامل محاسبه مقادیر $(\Delta E_{lj})_{av}$ برای استفاده در رابطه c 14, 27 به منظور تعیین $(H_j)_{av}$ می باشد. تنها روش عملی برای انجام این کار، استفاده از روش مبتنی بر کامپیوتر می باشد که از داده های مربوط به توپوگرافی نیز استفاده می کنند.

برای سیستم های عقبه ای بدون آبپاش تفنگی انتهایی، اندازه بندی نازلها باید بر اساس داشتن فشار H_l در ورودی لاترال برابر با مجموع بار فشار در قسمتهای A-1، A-2 و A-3 صورت پذیرد. مشخصات آبپاش / نازل باید به گونه ای

انتخاب شود که دبی هر آبپاش ، q_j ، زمانیکه در فشار $(H_j)_{av}$ کار می کند (محاسبه شده از رابطه $c = 14,27$) ، رابطه $14,20$ را تأمین کند . مجموع این دبی ها برابر با دبی مورد نظر Q_b بوده و منحنی تلفات بار نیز مشابه شکل $14,13$ خواهد بود .

برای سیستم های عقربه ای مجهز به آبپاش تفنگی انتهایی ، H_l مورد نیاز بستگی دارد به اینکه آیا پمپ بوستر استفاده خواهد شد یا خیر (تنها سیستم های مجهز به آبپاشهای پرفشار ضربه ای می توانند از آبپاش تفنگی انتهایی بدون پمپ بوستر استفاده کنند) . برای سیستم هایی که از این پمپها استفاده نمی کنند ، مقدار H_l را برابر با حداقل مقدار مورد نظر H_g (بعلاوه تلفات در شیرهای کنترل مربوط به سیستم گوشه پاش یا آبپاش انتهایی) بعلاوه افت بار در قسمت های B-2 و B-3 قرار می دهیم . مشخصات آبپاش / نازل در قسمت دایره اصلی آبیاری باید به نحوی باشد که هر q_j در طول لاترال زمانیکه در فشار $(H_j)_{av}$ کار می کند ، از معادله $14,20$ پیروی کند .

برای سیستم هایی که از پمپهای بوستر استفاده می کنند ، مقدار H_l را برابر با اجزاء بار فشار در قسمت A-1 بعلاوه قسمت B-2 بعلاوه B-3 قرار می دهیم . بنابراین حداقل فشار برابر H_n می گردد . مشخصات آبپاش / نازل برای دایره اصلی باید به گونه ای که در بالا گفته شد انتخاب شود . پمپ بوستر باید برای افزایش بار فشار از H_n به مقدار حداقل H_g مورد نظر (بعلاوه تلفات در شیرهای کنترل مربوط به سیستم گوشه پاش یا آبپاش انتهایی) مورد استفاده قرار گیرد تا دبی Q_g در آبپاش انتهایی یا سیستم گوشه پاش تأمین شود .

یکنواختی شدت جریان

تغییرات بار فشار که از اختلاف ارتفاع و خاموش و روشن شدن متناوب آبپاش تفنگی انتهایی ناشی می شود ، غیر قابل اجتناب می باشد . این تغییرات باعث تغییر در دبی آبپاش ها می گردند که به نحو نامطلوبی ، یکنواختی آبیاری را تحت تأثیر قرار می دهد . در جاییکه تغییرات فشار زیاد است ، می بایست از تنظیم کننده های فشار که در هر خروجی در طول لاترال نصب می شوند استفاده شود و یا ، نازل های کنترل کننده جریان (شکل $6,6$ را ببینید) مورد استفاده قرار گیرند . خوشبختانه دبی نازلها تنها در حدود ۵۰ درصد فشار آنها تغییر می کند . زیرا دبی تابعی از ریشه دوم فشار می باشد .

یکنواختی توزیع

مفهوم یکنواختی توزیع طرح ، EU ، در ابتدا برای آبیاری قطره ای ارائه شد . بحث کاملی درباره این پارامتر در ارتباط با روابط $20,9$ ، $10/20$ و $20,13$ ارائه شده است . مقدار EU بستگی دارد به ضریب تغییرات کارخانه سازنده ، v ، برای قطره چکان ها یا تجهیزات کنترل جریان و همچنین ، تغییرات دبی ناشی از تغییر در بار فشار ورودی به این تجهیزات . در جاییکه چندین عدد از تجهیزات مختلف در یک منطقه واحد به کار رفته اند ، تأثیر منفی ضریب تغییرات ، v ، تا اندازه ای جبران می شود .

در جاییکه تنظیم کننده های فشار در طول لاترال عقربه ای در بین خروجی ها و آبپاشها مورد استفاده قرار می گیرند ، تجهیزات کنترل جریان ، ترکیبی از تنظیم کننده فشار و آبپاش مربوط به آن تنظیم کننده می باشند . به بیان دیگر ، این تجهیزات را می توان نازل های تنظیم شونده نامید .

رابطه ای که یکنواختی توزیع طرح را برای یک سیستم قطره ای بیان می کند ، باید برای استفاده در سیستم های بارانی عقربه ای تغییر داده شود . در سیستم های قطره ای ، منطقه ای که توسط هر قطره چکان آبیاری می شود ثابت است . اما برای سیستم عقربه ای ، این مساحت با افزایش r_j ، بزرگتر می شود . مگر اینکه فاصله بین آبپاشها ، S_j ، به نسبت افزایش r_j ، کاهش یابد . بنابراین ، برای حفظ یکنواختی آبیاری ، باید در طول لاترال متوسط دبی به ازای واحد سطح ، q_{av} ، یکنواخت باشد . در سیستم های عقربه ای ، یکنواختی توزیع به صورت زیر تعریف می شود :

$$EU_p = 100 \left(1 - 1.27 \frac{v_a}{\sqrt{N'_p}} \right) \frac{\sum q_n}{\sum q_a} \quad (14,28)$$

EU_p : یکنواختی توزیع طرح برای سیستم آبیاری بارانی عقربه ای (%)

v_a : متوسط ضریب تغییرات ساخت مربوط به دبی ، v ، در فشار ورودی 70 kPa (10 psi) بالاتر از فشار اسمی ، برای ۳ تا ۵ گروه از تجهیزات کنترل جریان که معرف جریانات کم ، متوسط و زیاد می باشند (اعشار)

N'_p : حداقل تعداد آبپاشهایی که هر قسمت از مزرعه را آبیاری می کنند . زمانیکه $\left(\frac{w_j}{2S_j} \right) > 2$ و برای $r_j > L/2$ در مورد آبپاشهای کم فشار ، $N'_p = 1$ و در مورد آبپاشهای با فشار بالا و یا متوسط ، $N'_p = 2$.

q_{av} : متوسط شدت توزیع آب در هر واحد از سطح مزرعه ($L/s/m^2$)

$\sum q_n$: مجموع حداقل شدت جریان ها که در دامنه فشار از ۳۵ تا ۳۴۵ کیلوپاسکال بالاتر از فشار اسمی و از ۳ تا ۵ عدد از تجهیزات کنترل جریان که نماینده جریانات کم ، متوسط و زیاد می باشند بدست آمده است (L/s)
 $\sum q_a$: مجموع متوسط شدت جریانهایی که از آزمایش تجهیزات کنترل جریان (که برای محاسبه $\sum q_n$ نیز استفاده شدند) بدست آمده است (L/s)

متوسط وزنی ضرایب تغییرات ساخت مربوط به دبی ، v_a ، به صورت زیر محاسبه می شود . این پارامتر با یافتن مجموع دبی های اسمی ضربدر ضریب تغییرات ساخت هر یک از ۳ (تا ۵) گروه تجهیزات کنترل جریان تحت آزمایش و سپس تقسیم بر مجموع دبی های اسمی این تجهیزات محاسبه می شود . دلیل استفاده از میانگین وزنی این است که مساحت تحت آبیاری از هر خروجی ، متناسب است با دبی آن خروجی . مقدار v_a معیاری از تغییرات دبی بین تجهیزات مختلف زمانیکه در بار فشار استاندارد کار می کنند بدست می دهد .

استفاده از $\frac{\sum q_n}{\sum q_a}$ نسبت وزنی دبی را که معیاری از عملکرد مورد انتظار هر یک از اجزاء در دامنه ای از فشار ورودی می باشد را بدست می دهد . این نسبت دبی ، معیاری از دبی حداقل مورد انتظار از آبپاشی می باشد که برای تأمین دبی متوسط q_j (که معمولاً با دبی اسمی آبپاش متفاوت است) انتخاب گردیده است .

رابطه ۱۴,۲۸ مستقیماً برای تجهیزات کنترل جریان در طول لاترال عقربه ای مورد استفاده قرار می گیرد . تنها چیزی که نیاز است این است که ۳ (تا ۵) مقدار v و q_n/q_a که معرف شدت جریانهای کم ، متوسط و زیاد هستند در اختیار باشد . این مقادیر از کارخانه سازنده در اختیار قرار می گیرد و یا از آزمایشاتی که با استفاده از رابطه ۲۰,۹ انجام می گردند بدست می آیند . مقدار CU (و یا DU) مورد انتظار از لاترالهایی که بدون تجهیزات کنترل جریان عمل می کنند ، در زمینه های مسطح ، در مقدار $EU_p/100$ ضرب می شود تا یکنواختی دبی با وجود تجهیزات کنترل دبی بدست آید .

تجهیزات کنترل جریان نباید بدون مطالعه و بررسی کامل استفاده شوند. این تجهیزات باعث افزایش هزینه های سیستم تا ۲ یا ۳ درصد شده و ممکن است یکنواختی توزیع سیستم را نیز کاهش دهند. بعلاوه، تنظیم کننده های فشار باعث افزایش فشار مورد نیاز در ورودی لاترال بین ۲۰ تا ۳۵ کیلوپاسکال می شوند.

زمانیکه یک سیستم آبیاری عقربه ای بدون سیستم گوشه پاش و بر روی زمین مسطح عمل می کند، بار فشار در هر نقطه در طول لاترال، با چرخش لاترال ثابت باقی می ماند. برای این قبیل سیستم ها، استفاده از تجهیزات کنترل جریان تأثیر منفی دارد. قصد اصل در استفاده از این تجهیزات، کاهش اثرات منفی بر روی یکنواختی دبی خروجی ها ناشی از تغییرات غیرقابل اجتناب بار فشار (در زمان چرخش لاترال) می باشد. این تغییرات با روشن و خاموش شدن آبپاش تفنگی انتهایی و عبور لاترال از زمینهای شیب دار یا ناهموار نیز ایجاد می شوند.

تغییرات بار فشار، ΔH ، به اندازه ای که استفاده از تجهیزات کنترل دبی سودمند باشد، تابعی از EU_p و متوسط بار فشار در آبپاش ها می باشد. EU_p معیاری برای مقایسه حداقل دبی با متوسط دبی مورد انتظار آبپاش است. بنابراین، تجهیزات کنترل جریان تنها زمانی باید در تمامی طول لاترال نصب شوند که انتظار می رود تغییرات دبی خروجی ها، Δq ، بطور قابل توجهی بیش از مقدار مجاز باشد. این تغییر دبی تقریباً زمانی روی می دهد که:

$$\Delta q > 2.5 \times (1 - EU_p / 100) \times q_a \quad (14,29 a)$$

چون دبی آبپاش تابعی از ریشه دوم بار فشار می باشد، تجهیزات کنترل باید زمانی در کل طول لاترال نصب شوند که:

$$\Delta H > 2.5 \times (1 - (EU_p / 100)^2) \times H_a \quad (14,29 b)$$

av: زیرنویسی که نشان دهنده متوسط مقادیر در تمامی سطح مزرعه می باشد.

Δq : تغییرات مجاز دبی ($q_x - q_n$)، (L/s)

q_a, q_x, q_n : (به ترتیب از چپ به راست) متوسط، حداکثر و حداقل شدت جریان در آبپاش (همزمان با چرخش لاترال)، (L/s)

ΔH : تغییرات مجاز بار فشار ($H_x - H_n$)، (m)

H_a, H_x, H_n : (به ترتیب از چپ به راست) متوسط، حداکثر و حداقل بار فشار (همزمان با چرخش لاترال)، (m)

در جاییکه تجهیزات فشار تنها در طول قسمت های استراتژیک لاترال (که از روی نقاط منفرد بلند سطح زمین عبور می کنند) نصب می شوند، منطقی است که از آنها در هر جایی که تغییرات از حد مجاز عبور می کند استفاده شود. در چنین مواردی، ضریب ۲/۵ در رابطه ۱۴,۲۹ b باید به ۲ کاهش یابد و زیرنویس a با j جایگزین شود. بنابراین، تجهیزات کنترل جریان باید تنها در خروجی هایی نصب شوند که:

$$\Delta H_j > 2 \times (1 - (EU_p / 100)^2) \times (H_j)_{av} \quad (14,29 c)$$

برای استفاده از رابطه فوق، H_j از رابطه ۱۴,۲۷ a و $(H_j)_{av}$ را از رابطه ۱۴,۲۷ c تعیین شده و مقدار $(\Delta EI_p)_j$ در هر دایره در فاصله r_j از نقطه چرخش سیستم بررسی می شود. برای سیستم های عقربه ای فاقد سیستم گوشه پاش، اختلاف بین حداکثر و حداقل $(\Delta EI_p)_j$ برابر خواهد بود با ΔH_j و تجهیزات کنترل فشار باید طبق رابطه ۱۴,۲۹ c تنها در خروجی های خاصی نصب شوند. برای سیستم های عقربه ای مجهز به سیستم گوشه پاش، اختلاف بار در نقطه r_j

بین زمانیکه آبیاش انتهایی روشن و خاموش است باید علاوه بر اختلاف ارتفاع در دایره واقع در این نقطه، r_j ، در نظر گرفته شود.

تجهیزات کنترل دبی (جریان)

دو نوع از این تجهیزات برای حفظ دبی آبیاش ها در مقدار ثابت، زمانیکه تغییرات فشار ورودی وجود دارد، مورد استفاده قرار می گیرند. یک نوع، استفاده از نازل های دارای روزنه انعطاف پذیر می باشد که به نحوی طراحی شده اند که قطر روزنه برای ثابت نگهداشتن دبی، با افزایش فشار، کاهش می یابد. نوع دیگر، استفاده از تنظیم کننده فشار در پای آبیاش برای ثابت نگهداشتن فشار ورودی به آن می باشد.

نازل های مجهز به روزنه انعطاف پذیر

بحث مرتبط با شکل ۶,۶، یادآورد می شود که تغییرات دبی در هر نمونه از نازل های مجهز به روزنه انعطاف پذیر که در فشار یکسانی کار می کنند، ممکن است تا ± 5 درصد از دبی اسمی آن نمونه ها بالغ شود. این تغییرات ناشی از تغییرات ساخت و مواد سازنده آنها و تغییرات دما می باشد. با فرض اینکه بیش از ۹۵ درصد از مقادیری که از نمونه ها بدست آمده اند، بین $q_a (1 \pm 2v_a)$ واقع شوند، $v_a \approx 0.025$. بعلاوه، دبی حاصل از بهترین نازل های مجهز به روزنه انعطاف پذیر نیز (همانطور که در شکل ۶,۶ نشان داده شده است) تا ± 3 درصد تغییر می کند. بنابراین، با استفاده از رابطه ۱۴,۲۸، مقدار EU_p برای بهترین نازل های کنترل کننده جریان مجهز به روزنه انعطاف پذیر ممکن است با ۱ یا ۲ = N'_p ، (به ترتیب) به ۹۴ یا ۹۵ درصد نیز برسد.

برخی از کاتالوگ های فروش تجهیزات، مقدار تغییرات بزرگتری را در نظر می گیرند. این مسئله نشان می دهد که دبی در نازل های مختلف دارای اندازه یکسان، می تواند تا ± 10 درصد نسبت به دبی اسمی آنها و در زمان کار در بار فشار استاندارد، تغییر کند. علاوه بر این، مقادیر اندازه گیری شده شدت جریان نشان می دهند که دبی نازل اغلب در حدود ± 5 درصد (به دلیل تغییرات فشار) نسبت به دبی اسمی تغییر می کند. براساس آنچه گفته شد، مقدار EU_p مربوط به نازل های کنترل کننده جریان برای $N'_p = 1$ تقریباً برابر ۸۹ درصد و برای $N'_p = 2$ در حدود ۹۱ درصد خواهد بود.

هیچ فشار اضافی برای عملکرد نازل های مجهز به روزنه انعطاف پذیر لازم نیست. این نازل ها بر اساس دبی یا شدت جریان اسمی خود طبقه بندی می شوند (که دقیقاً برابر با متوسط شدت جریان آنها نمی باشد). معمول ترین نازل های کنترل کننده جریان (مجهز به روزنه انعطاف پذیر) در دامنه بزرگی از اندازه های اسمی و با فواصل 0.032 L/s در بازار موجودند. برای طرح های دقیق تر، به جای استفاده از دبی اسمی این تجهیزات (که در مقالات یا کاتالوگ های فروش ذکر می شوند)، از متوسط دبی واقعی آنها در دامنه مورد انتظار فشار کارکرد سیستم (که برای تأمین دبی q_j نیاز است) استفاده می کنیم.

در مورد نازل های مجهز به روزنه انعطاف پذیر که دبی اسمی آنها از 0.5 L/s کمتر است، دامنه فشار باید محدود به حدود ۴۵۰ کیلوپاسکال باشد. زیرا در فشار های بیشتر، فواره آب بیش از مقدار مطلوب دچار شکافت می شود. برای نازل های

دارای دبی بیش از ۰/۵ L/s، فشار باید حداقل ۲۴۰ کیلوپاسکال باشد تا از شکافت کافی در فواره آب اطمینان حاصل شود.

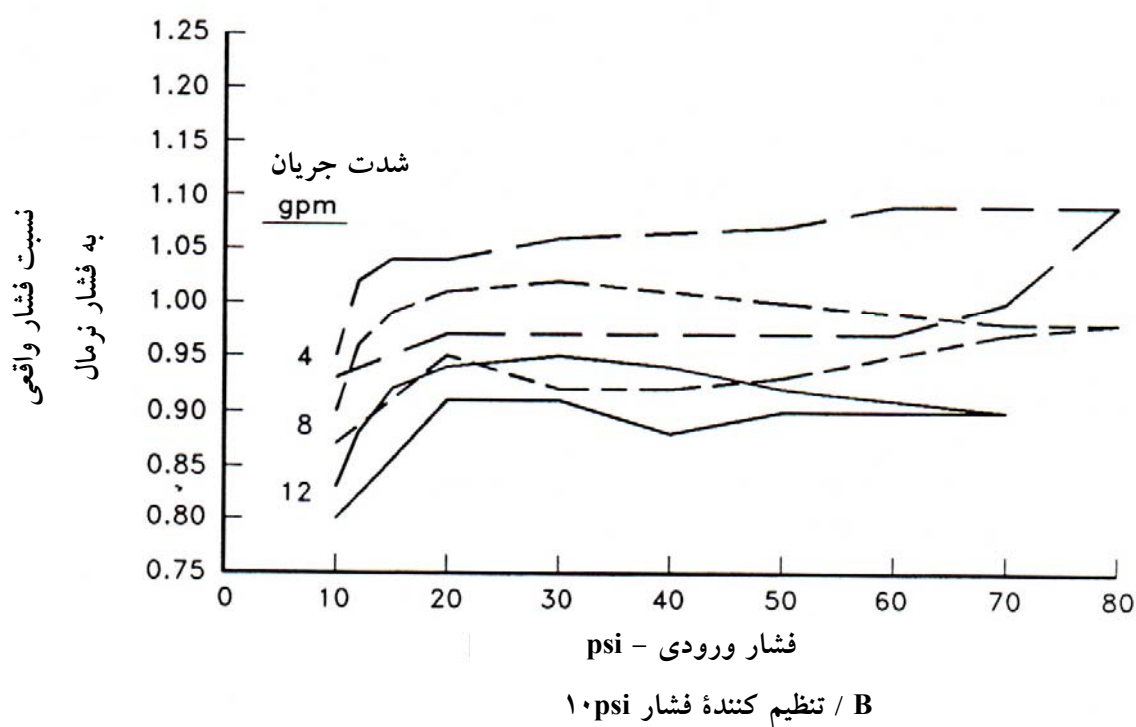
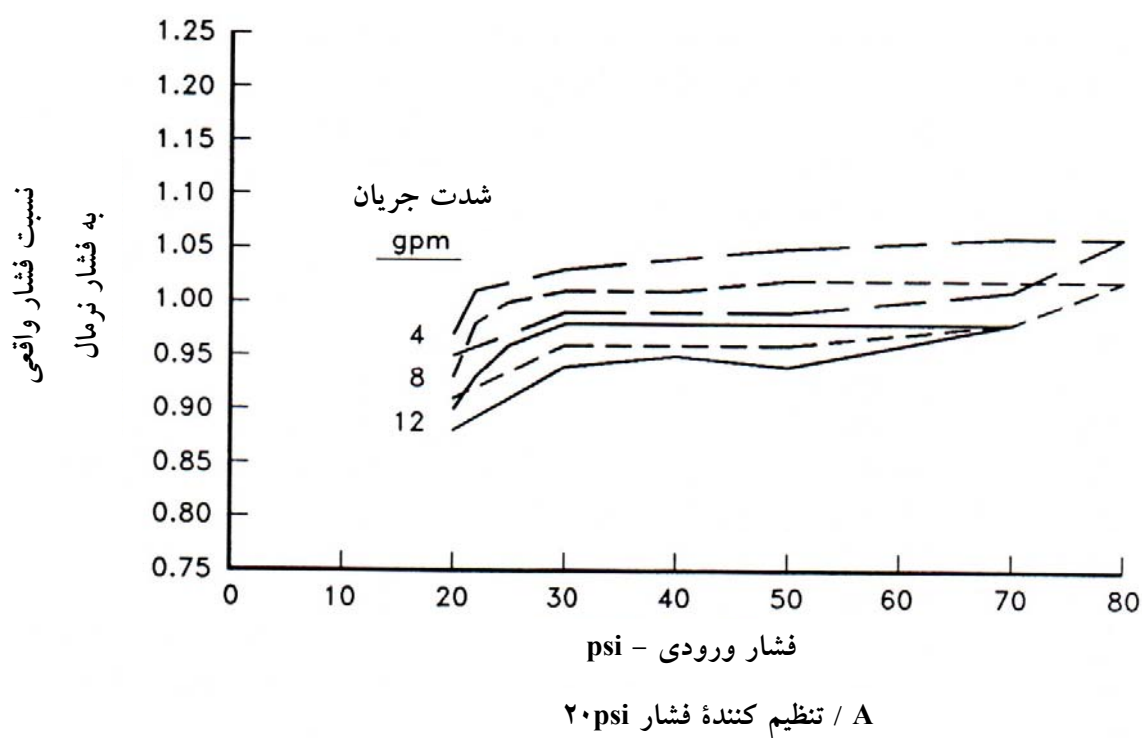
نازل‌های مجهز به تنظیم کننده فشار

تنظیم کننده های فشار (در نازل‌های فنی) برای استفاده در لاترال‌های عقبه ای طراحی شده اند . استفاده از این اجزاء بسیار مقرون به صرفه می باشد و با دبی ۰/۱ تا ۱ لیتر در ثانیه در اختیار قرار دارند . این تجهیزات در دامنه فشارهای ۷۰، ۱۰۵، ۱۴۰، ۱۷۰، ۲۰۵، ۲۷۵ و ۳۴۵ کیلوپاسکال از پیش تنظیم می شوند .

زمانیکه از تنظیم کننده های فشار استفاده می شود ، فشار در ورودی هر آبپاش برابر با فشار در خروجی مورد نظر منهای افت بار در خود تنظیم کننده می باشد . هدف از استفاده از این تنظیم کننده ها ، ثابت نگهداشتن فشار پایین دست می باشد . اما فشار پایین دست تابعی از شدت جریان در تنظیم کننده می باشد . به بیان دیگر ، فشار در هر تنظیم کننده ، تابعی از شدت جریان است .

شکل ۱۴،۱۴، از (Kincaid et al. 1987)، نسبت فشار واقعی خروجی به فشار اسمی را برای تنظیم کننده های ۷۰ kPa و ۱۴۰ kPa با شدت جریانهای ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ لیتر در ثانیه نشان می دهد .

انحراف از مقدار میانگین فشار خروجی به دلیل تغییرات فشار ورودی در تمامی شدت جریانها در حدود ۷ کیلوپاسکال می باشد . بنابراین ، انحراف در شدت جریان در حدود ± 5 درصد و $\pm 2/5$ درصد ، به ترتیب برای تنظیم کننده های ۷۰ kPa و ۱۴۰ kPa می باشد . کاهش شدید فشار خروجی زمانیکه فشار ورودی کمتر از فشار اسمی بعلاوه ۳۵ kPa است روی می دهد . بنابراین ، بهتر است حداقل ۳۵ kPa و یا ۳/۵ m فشار یا بار فشار اضافه در زمان طراحی سیستم در نظر گرفته شود .



شکل ۱۴، ۱۴ / نسبت بین فشار خروجی واقعی و فشار نرمال برای تنظیم کننده های فشار ۱۰ psi و ۲۰ psi با شدت جریانهای ۴، ۸ و ۱۲ گالن در دقیقه (۱۰ psi = ۶۹ kPa ، ۱۰ gpm = ۰/۰۶۳۱ L/s)

وابستگی عملکرد تنظیم کننده های فشار به دبی ، باید در طراحی مشخصات نازل / آبپاش / تنظیم کننده در نظر گرفته شود . به این صورت ، تأثیرات شدت جریانهای مختلف بر روی فشار خروجی (شکل ۱۴، ۱۴ را ببینید) با تغییر اندازه نازل جبران می شود . برای انجام این کار ، فشار خروجی تنظیم کننده (= فشار ورودی آبپاش) را برابر مقدار زیر قرار می دهیم :

$$P_j = P_{pr} - (P_{cv})_j = P_{pr} - K(q_j / cv)^2 \quad (۱۴,۳۰)$$

P_j : فشار کارکرد آبیاش در شعاع r_j (kPa)

P_{pr} : متوسط فشار خروجی از تنظیم کننده فشار (که معمولاً برابر فشار اسمی می باشد) در شدت جریانهای پایین (kPa)

$(P_{cv})_j$: حداقل تلفات فشار در تنظیم کننده برای دبی q_j در شعاع r_j (kPa)

q_j : دبی خروجی مورد نظر در شعاع r_j (L/s)

cv : ضریب دبی که از نظر عددی برابر است با شدت جریان در زمانیکه $(P_{cv})_j = ۱$ kPa، (L/s)

K : افت فشار واحد متناسب با واحد استفاده شده در این رابطه (۱ kPa)

تنظیم کننده های فشار کارا تر که برای استفاده در طول لاترلهای عقربه ای در اختیار قرار دارند، دارای ضرایب جریان بالاتری هستند. برای یک واحد افت فشار ۱ kPa، $۰/۲۴$ L/s، $cv \approx ۰/۲۴$ و برای یک واحد افت فشار ۱ psi، $cv \approx ۱۰$ gpm (۱۰ gpm معمولاً برای تنظیم کننده هایی که دارای خصوصیات فیزیکی مشابه هستند، بدون در نظر گرفته طبقه بندی آنها از نظر فشار، یکسان است).

متوسط ضریب تغییرات ساخت مربوط به فشار، برای تنظیم کننده های با کیفیت تر، در حدود $۰/۰۳$ و v در نظر گرفته می شود. بنابراین، متوسط وزنی ضریب تغییرات دبی برای تنظیم کننده مجهز به نازل ثابت برابر خواهد بود با:

$$v_a = 1 - (1 - 0.97)^{1/2} \approx 0.015$$

با توجه به شکل ۱۴,۱۴، برای تنظیم کننده ۷۰ kPa، $\sum q_n / \sum q_a \approx ۰/۹۷$ ، و برای تنظیم کننده ۱۴۰ kPa، در حدود ۰/۹۸ خواهد بود. محاسبه EU_p از رابطه ۱۴,۲۸ در مورد تنظیم کننده های ۷۰ kPa با N'_p برابر ۱ و ۲، به ترتیب به مقادیر ۹۵٪ و ۹۶٪ منجر می شود و برای تنظیم کننده های ۱۴۰ kPa، مقادیر ۹۶٪ و ۹۷٪ حاصل می شوند.

مقادیر فوق برای EU_p بر این فرض استوارند که رابطه ۱۴,۳۰ برای محاسبه فشار کارکرد و در نتیجه تعیین اندازه نازل آبیاش استفاده می شود. اگر از این رابطه استفاده نشود، مقدار $\sum q_n / \sum q_a$ باید با مقدار q_n تقسیم بر دبی اسمی (در رابطه ۱۴,۲۸) جایگزین شود. اگر از نازل های ۰/۷۵ L/s استفاده شود، بر اساس اطلاعات شکل ۱۴,۱۴، مقدار q_n تقسیم بر دبی اسمی برای تنظیم کننده های ۷۰ kPa و ۱۴۰ kPa در حدود ۰/۹۴ و ۰/۹۶ خواهد بود. بنابراین، مقادیر EU_p مربوط به هر نوع تنظیم کننده با $N'_p = ۱$ ، به ۹۲٪ و ۹۴٪ و با $N'_p = ۲$ به ۹۳٪ و ۹۵ درصد کاهش می یابد.

رابطه دبی و ارتفاع زمین

زمانیکه یک سیستم آبیاری بارانی عقربه ای بر روی زمین شیبدار کار می کند، فشار آبیاشها با چرخش لاترال تغییر می کند. مشخصات معمول نازلها در سیستم هایی که بر روی زمین با شیب یکنواخت کار می کنند به نحوی انتخاب می شوند که یکنواختی کاربرد آب در زمان چرخش لاترال در حد مطلوبی قرار گیرد (رابطه ۱۴,۲۷ را ببینید). زمانیکه یک لاترال در شیب سربالایی قرار می گیرد، دبی هر آبیاش کاهش پیدا خواهد کرد. در نتیجه، دبی سیستم نیز کاهش می یابد، مگر اینکه تجهیزات کنترل جریان (دبی) استفاده شود. برعکس، زمانیکه لاترال در شیب سرازیری قرار دارد، دبی افزایش پیدا می کند.

این تغییرات در مقدار دبی که از تغییر ارتفاع ناشی می شود، تابعی از ضریب دبی نازل، افت اصطکاکی در لوله و مشخصات پمپ می باشد. برآورد تأثیر تغییرات ارتفاع بر روی دبی سیستم، زمانیکه لاترال بر روی شیب یکنواخت قرار دارد، بسیار ساده است. در این برآورد، از مکانی که متوسط وزنی ارتفاع در طول لاترال در آن نقطه روی می دهد (متوسط ارتفاع نقاط مختلف که براساس دبی وزن دهی شده اند) استفاده می کنیم که این محل، تقریباً در $\frac{2}{3} L_h$ واقع می شود. با ترکیب این مفهوم با رابطه ۱۴,۲۳، رابطه زیر حاصل می شود که برای سیستم های مجهز به آبپاش تفنگی انتهایی یا فاقد آن، صادق است:

$$R_w = \frac{2L}{3} \left[\frac{Q_b + Q_g}{Q_b} \right]^{1/2} = \left(\frac{2}{3} \right) L_h \quad (14,31)$$

R_w : فاصله شعاعی از نقطه چرخش سیستم که متوسط وزنی ارتفاع در شیب یکنواخت در این نقطه واقع می شود (m) برای برآورد تأثیر کلی تغییرات ارتفاع، دبی آبپاشها در طول لاترال را برابر دبی در نقطه R_w در نظر گرفته می شوند. تغییرات متوسط بار فشار که با چرخش لاترال روی می دهد، برابر خواهد بود با $R_w \times (\text{شیب } \pm)$. بر این اساس، تغییرات دبی Q_s از دوباره نویسی رابطه ۵,۱ و با فرض اینکه توان دبی ۰/۵۲ باشد (که عددی بین ۰/۵ و $1/852 \div 1$ می باشد) و با در نظر گرفتن تلفات اصطکاکی بدست می آید:

$$(Q_s)_{el} = Q_s \left[\frac{H_n + k_1 \Delta E l_p + k_2 h_f + k_3 (h_f)_s + \Delta H_T}{H_n + k h_f + \Delta E l_p} \right]^{0.52} \quad (14,31)$$

برای استقرار در شیب سربالایی: $k_1 = 1 - R_w / L = 1 - \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{L_h}{L} \right)$

برای استقرار در شیب سرازیری: $k_1 = 1 + R_w / L = 1 + \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{L_h}{L} \right)$

$$k_2 = 1 - K_f + k K_f$$

$$k_3 = 1 - K_f$$

$$K_f = \left(\frac{(Q_s)_{el}}{Q_s} \right)^{1.852}$$

k : نسبت متوسط وزنی افت بار، که برای لاترالهای یکنواخت ۰/۱۵ (شکل ۱۴,۱۳ را ببینید) و برای لاترالهای مخروطی (تلسکوپی)، ۰/۲ می باشد.

$(Q_s)_{el}$: ظرفیت سیستم که نسبت به ارتفاع در لاترالهای بدون تنظیم کننده های فشار یا جریان، تعدیل شده است (L/s)

H_n : حداقل بار فشار (m)

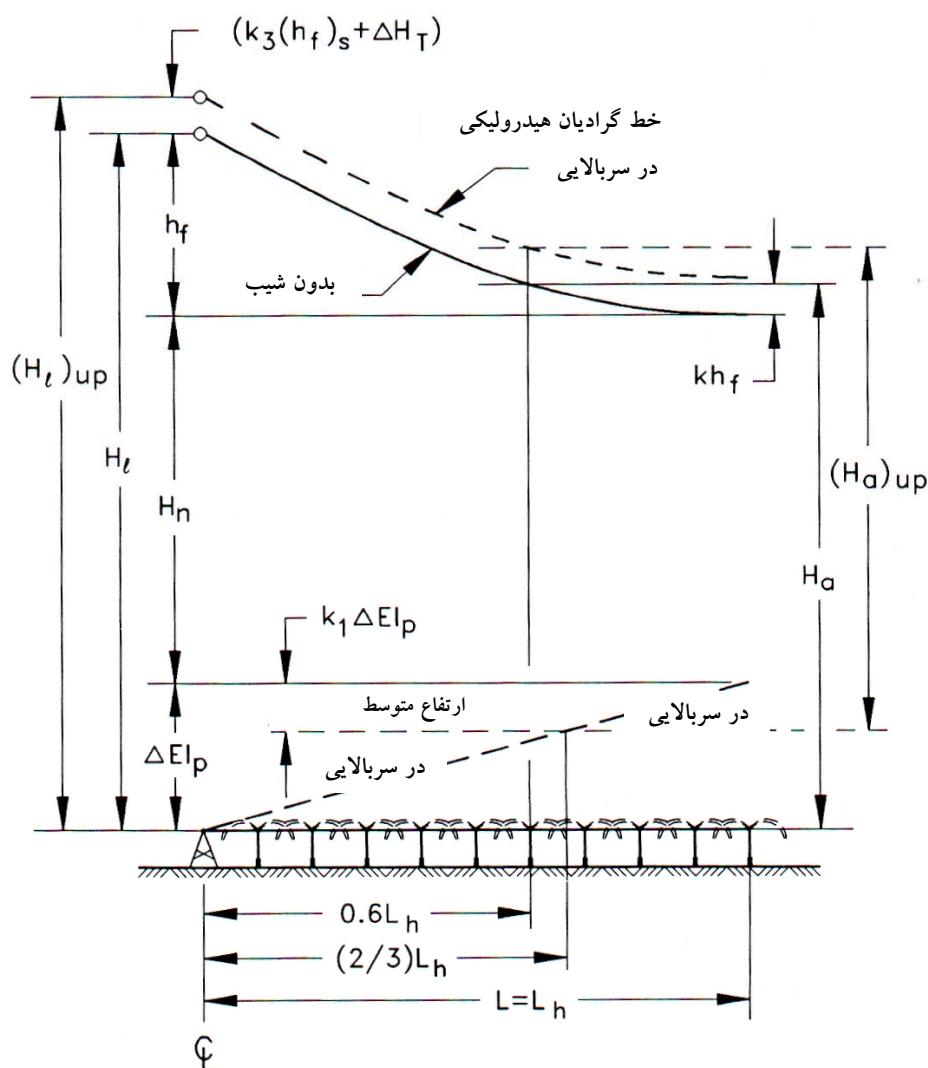
h_f : افت بار ناشی از اصطکاک در طول لوله (m)

$(h_f)_s$: افت بار ناشی از اصطکاک در طول لوله و اتصالات که بستگی دارد به شدت جریان بین منبع آب و نقطه چرخش سیستم (m)

ΔH_T : تغییر در بار دبی پمپ ناشی از اختلاف بین Q_s و $(Q_s)_{el}$ ، (m)

ΔEI_p : حداکثر اختلاف ارتفاع مثبت بین نقطه چرخش سیستم و انتهای متحرک لاترال که برابر است با شیب ضربدر طول لاترال (m)

s: شیب یکنواخت زمین که برای شیبهای سربالایی، +، و برای شیبهای سرازیری، -، می باشد. (اعشار)
حل رابطه ۱۴,۳۲، نیازمند روش سعی و خطا (تکرار) می باشد. زیرا تغییرات شدت جریان سیستم ناشی از تغییرات ارتفاع، افت اصطکاکی در طول لوله و بار دبی پمپ را تحت تأثیر قرار می دهد.
شکل ۱۴,۱۵ روابط بین متوسط وزنی فشار (متوسط فشارها بر اساس وزن دبی) و متوسط وزنی ارتفاع را در طول لاترالی که در سربالایی قرار گرفته را نشان می دهد. خط مشکی نشان دهنده لاترال بدون شیب و خط منقطع نشان دهنده لاترال در شیب سربالایی می باشد. لاترال، تنها دایره اصلی را آبیاری می کند. این شکل نشان می دهد که تغییرات H_a به دلیل تغییرات ارتفاع، چگونه با کاهش افت اصطکاکی و افزایش بار دبی پمپ (ناشی از کاهش Q_s)، جبران می شود



شکل ۱۴,۱۵ / بار فشار متوسط در لاترال عقربه ای برای زمین بدون شیب و زمین سربالایی.

تغییرات دبی از هر یک از آبپاشها یکنواخت نبوده و مشخص است که با دور شدن از نقطه چرخش سیستم، این تغییرات بزرگتر می باشند. این امر، یکنواختی آبیاری را کاهش داده و حتی در جاییکه Q_s در شیب سربالایی کافی می باشد، باعث کم آبیاری در انتهای متحرک لاترال می شود. ۲. روش برای کاهش این عدم یکنواختی ناشی از تغییرات شدت جریان (بدلیل تغییرات ارتفاع) بدون استفاده از تنظیم کننده های فشار یا جریان وجود دارد. یک روش، کاهش سرعت حرکت لاترال زمانی که در سربالایی قرار دارد و افزایش سرعت آن زمانی که در سرازیری قرار دارد می باشد. نسبت تغییر سرعت برابر است با $(Q_s)_{el}/Q_s$. روش دیگر، افزایش و کاهش فشار در ورودی لاترال می باشد (به ترتیب در سربالایی و سرازیری).

زمانیکه سیستم عقربه ای از چاه یا ایستگاه پمپاژ تغذیه می شود، تغییر در Q_s ، باعث تغییر در مشخصات دبی پمپ یا چاه می شود. بنابراین، نموداری باید ترسیم شود که مقدار تغییرات مورد انتظار Q_s را با دقت در نظر گرفته و نشان دهد که در چه محلی، منحنی های عملکرد سیستم، در سربالایی یا سرازیری، با یا بدون آبپاش انتهایی، منحنی پمپ را قطع می کنند.

فشار در آبپاش انتهایی و تأثیر آن بر هیدرولیک لاترال

فشار در آبپاش تفنگی انتهایی باید حداقل ۳۴۵ kPa و ترجیحاً تا ۴۵۰ kPa باشد. فشار توصیه شده بستگی دارد به اندازه و نوع نازل و همچنین، مشخصات خاک، محصول و باد. برای دستیابی به فشار مورد نظر، اغلب یک پمپ بوستر بر روی یا بعد از آخرین برج مورد نیاز است. این پمپ برای افزایش فشار در آبپاش تفنگی انتهایی استفاده می شود. در جاییکه آبپاشهای ضربه ای یا فواره ای کم فشار در طول لاترال استفاده شده اند، پمپ بوستر همیشه مورد نیاز است تا آبپاش تفنگی انتهایی بخوبی عمل کند. در صورت استفاده از آبپاشهای با فشار متوسط و زیاد، ممکن است نیازی به پمپ بوستر نباشد.

مقدار H_l و مشخصات نازلها در سیستم مجهز به آبپاش انتهایی باید بر اساس زمانیکه آبپاش تفنگی انتهایی در حال کار است طراحی شوند. مشکل اصلی در این حالت و در زمان آبیاری گوشه های زمین، به دلیل تغییر شدت جریان و در نتیجه تغییرات بار فشار در زمان روشن و خاموش شدن آبپاش انتهایی می باشد. خاموش کردن آبپاش انتهایی باعث کاهش تلفات اصطکاکی در طول لوله می شود. در جاییکه یک پمپ برای تغذیه سیستم استفاده می شود، خاموش کردن آبپاش تفنگی انتهایی باعث افزایش بار فشار خروجی از پمپ می گردد. برای اینکه سیستم عقربه ای به درستی طراحی شود، تأثیر این تغییرات فشار و دبی باید در نظر گرفته شوند.

با فرض اینکه بار دبی پمپ ثابت باقی می ماند، تأثیر تغییرات شدت جریان و فشار بر h_f ، زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش می باشد، از روابط ۸،۱، ۱۴،۲۳ و ۱۴،۲۵ قابل برآورد است:

$$(h_f)_{off} = h_f K_{hf}$$

$$(h_f)_{off} = h_f \left[\frac{(Q_b)_{off}}{Q_b + Q_g} \right]^{2.352} \quad (14.23 \text{ a})$$

و تأثیر بر روی افت بار سیستم انتقال، زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش است:

$$(h_{fs})_{off} = (h_f)_s K_h$$

$$(h_{fs})_{off} = (h_f)_s \left[\frac{(Q_b)_{off}}{Q_b + Q_g} \right]^{1.852} \quad (۱۴,۳۳ b)$$

$(h_f)_{off}$: افت بار ناشی از اصطکاک در طول لاترال زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش است (m)

(h_f) : افت بار طراحی شده ناشی از اصطکاک در لاترال زمانیکه آبپاش انتهایی روشن است (m)

$(Q_b)_{off}$: دبی تخلیه شده در دایره اصلی (در لاترالهای فاقد تجهیزات کنترل جریان) زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش است (L/s)

$(h_f)_s$: افت بار طراحی شده ناشی از اصطکاک در سیستم انتقال (تغذیه)، (m)

$(h_{fs})_{off}$: افت بار ناشی از اصطکاک در سیستم انتقال زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش است (m)

تأثیر تغییرات بر روی Q_b زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش است، به روش مشابه با آنچه که در رابطه ۱۴,۳۲ گفته شد محاسبه می شود.

$$(Q_b)_{off} = Q_b \left(\frac{(H_a)_{off}}{H_a} \right)^{0.52}$$

$$(Q_b)_{off} = Q_b \left[\frac{H_n + \Delta E I_p + \frac{2}{3} \Delta E I + k_2 h_f + k_3 (h_f)_s + \Delta H_T}{H_n + k h_f + \Delta E I_p} \right]^{0.52} \quad (۱۴,۳۴)$$

$$k_2 = 1 - K_{hf} + k K_{hf}$$

$$k_3 = 1 - K_f$$

K_{hf} : ضریب افت بار لاترال برای زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش است (رابطه ۱۴,۳۳ a)

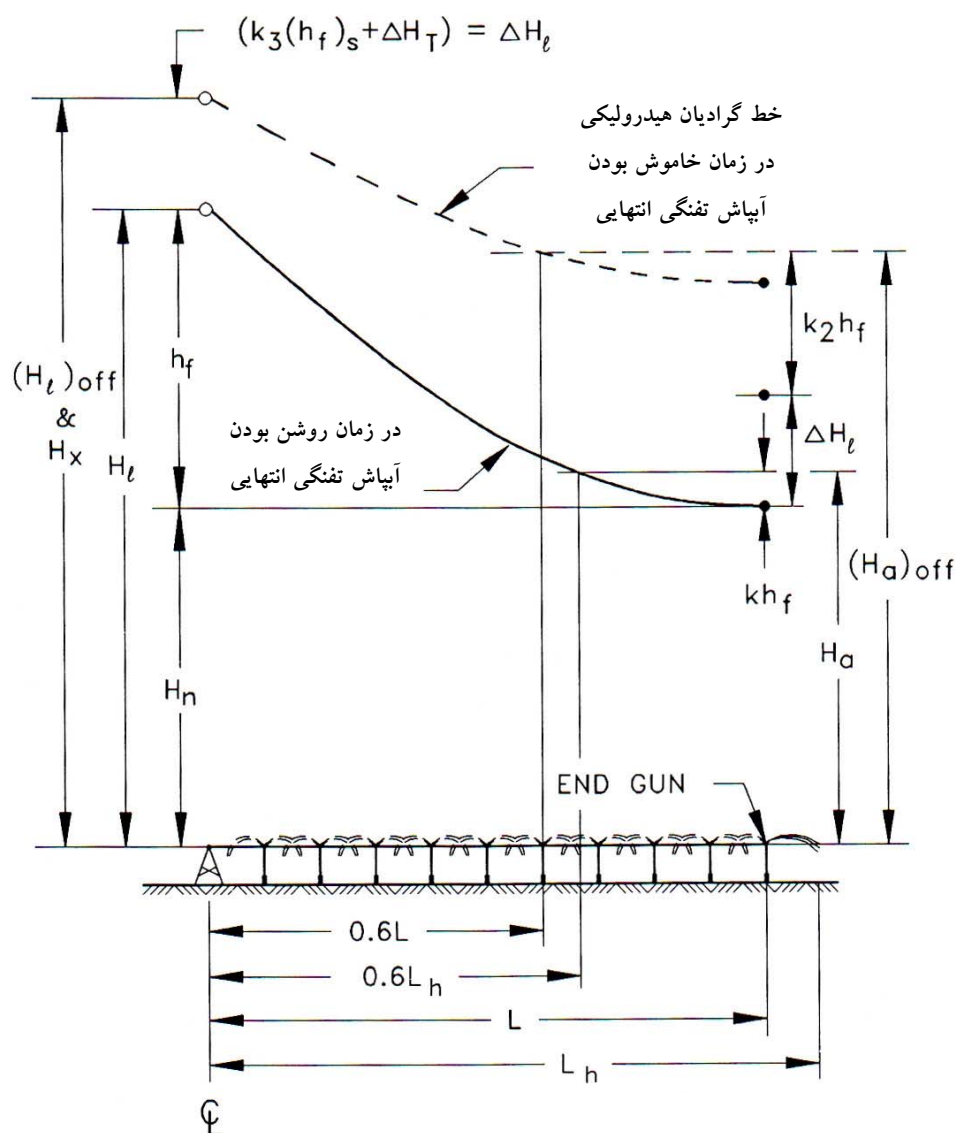
K_f : ضریب افت بار سیستم انتقال برای زمانیکه آبپاش انتهایی خاموش است (رابطه ۱۴,۳۳ b)

k : ۰/۱۵ برای لاترالهای یکنواخت و ۰/۲ برای لاترالهای مخروطی (دارای بیش از ۱ قطر لوله)

$\Delta E I$: اختلاف واقعی ارتفاع از نقطه چرخش سیستم تا انتهای متحرک لاترال (m)

جزء $(Q_b)_{off}$ هر دو سوی رابطه را تحت تأثیر قرار می دهد. پس مجبور خواهیم بود از یک روش سعی و خطا برای محاسبه این پارامتر استفاده کنیم. زیرا با کاهش شدت جریان، افت بار نیز در طول لاترال کاهش یافته، ولی با کاهش افت بار، دبی افزایش می یابد. بنابراین، راه حل رابطه ۱۴,۳۴ به سرعت همگرا می شود.

شکل ۱۴,۱۶ روابط مربوط به متوسط وزنی بارهای فشار (متوسط مقادیر بار فشار که بر اساس دبی وزن داده شده اند) در یک زمین مسطح و در حالت روشن یا خاموش بودن آبپاش تفنگی انتهایی را نشان می دهد. بار فشار در ورودی لاترال برای غلبه بر افتهای اصطکاک و فراهم آوردن مقدار مورد نظر H_n در زمان روشن بودن آبپاش انتهایی ایجاد می شود. بنابراین، ممکن است بار فشار اضافی قابل توجهی در زمان خاموش بودن آبپاش انتهایی ایجاد شود. این موضوع ناشی از ترکیب افزایش بار دبی پمپ و کاهش تلفات اصطکاک لوله می باشد. مکانی در طول لاترال که افت بار متوسط در آن روی می دهد، در زمان خاموش بودن آبپاش انتهایی و به دلیل کاهش L_h تا مقدار L ، به سمت داخل لوله (به سمت نقطه چرخش) جابجا می شود.



شکل ۱۴، ۱۶ / روابط بار فشار در طول لاترال عقربه ای در زمان روشن یا خاموش بودن آبپاش تفنگی انتهایی.

تغییر بار دبی پمپ، ΔH_T ، که ناشی از تغییرات قابل توجه در Q_s در زمان خاموش یا روشن بودن آبپاش تفنگی انتهایی می باشد، باید به نحو مطلوبی کنترل شود. این موضوع، پیچیدگی راه حل تکراری رابطه ۱۴،۳۴ را افزایش می دهد. اما خوشبختانه هنوز هم همگرایی این راه حل سریع است. برای حل این رابطه، در فشار $(H_T)_{off}$ مقدار $(Q_b)_{off}$ را نقطه ای مناسب بر روی منحنی $H-Q$ پمپ قرار داده و مقدار $(Q_b + Q_g)$ در فشار $(H_T)_{on}$ را نیز بر روی همین نمودار انتخاب می کنیم. سپس مقدار دبی را برای استفاده در رابطه ۱۴،۳۳ a و ۱۴،۳۳ b بر اساس این دو نقطه انتخاب کرده و در رابطه ۱۳،۳۴ نیز، $\Delta H_T = [(H_T)_{off} - (H_T)_{on}]$. از آنجاییکه مقدار مکش دینامیک پمپ تحت تأثیر تغییرات Q_s می باشد، روشی مشابه بر اساس ترکیب مناسبی از افت و منحنی های پمپ مورد استفاده قرار می گیرد.

برای شرایطی که $(Q_b)_{off}$ از برخی حدود مورد نظر بیشتر است، Q_b ۱/۰۵ و سپس:

۱- زمان چرخش لاترال باید با افزایش سرعت حرکت آن، کاهش یابد و این کاهش در زمان خاموش بودن آبپاش انتهایی، به نسبت $(Q_b)_{off} / Q_b$ خواهد بود.

۲- می توانیم یک پمپ بوستر به ورودی لاترال اضافه کنیم تا کاهش فشار اضافی در زمان روشن شدن آبپاش انتهایی جبران شود. همچنین می توانیم یک شیر کنترل در این نقطه نصب کنیم تا مقدار Q_b را در زمان خاموش بودن آبپاش انتهایی، در حد مطلوب حفظ کند.

۳- می توانیم در طول لاترال و در محل نصب آبپاشها از تجهیزات کنترل جریان استفاده کنیم. روشی مشابه با آنچه در بالا ذکر شد، برای مواجهه با تغییرات ΔH_T (به دلیل تغییر در Q_s ناشی از تغییر ارتفاع) با استفاده از رابطه ۱۴,۳۲ مورد استفاده قرار می گیرد.

زمانیکه روشهای (استراتژی های) ۱ یا ۲ برای زمانیکه آبپاش انتهایی روشن یا خاموش است مورد استفاده قرار می گیرند، یکنواختی توزیع بر روی دایره اصلی تحت آبیاری کاهش پیدا می کند. با اینحال، با دخیل کردن تجهیزات کنترل جریان، یکنواختی توزیع با روشن یا خاموش شدن آبپاش انتهایی یا تغییرات ارتفاع در طول لاترال (به دلیل چرخش آن) تحت تأثیر قرار نمی گیرد.

مثال ۱۴,۱۰: تخمین فشار و دبی مورد نیاز در آبیاری با استفاده از آبپاش انتهایی.

اطلاعات: همانند مثال های ۱۴,۸ و ۱۴,۹. اطلاعات مربوط به هزینه های سیستم در جدول ۱۴,۶ در اختیار قرار گرفته اند. مزرعه تقریباً بدون شیب و با ناهمواری های موضعی می باشد. بنابراین، اختلاف ارتفاع در سرتاسر مزرعه در حدود ± 1 متر خواهد بود.

آب از یک کانال و با استفاده از پمپ گریز از مرکز با منحنی H-Q شکل ۱۲,۶ استخراج می شود. آبپاش تفنگی انتهایی در گوشه های زمین عمل می کند (شکل ۱۴,۱ را ببینید). بنابراین، شدت جریان سیستم از L/s تا $Q_b = 57$ تا $(Q_b + Q_g) = 68.5$ متغیر خواهد بود (در زمان خاموش و روشن بودن آبپاش انتهایی). آبپاشها در طول لاترال مجهز به نازلهایی با روزنه های انعطاف پذیر و قادر به کنترل شدت جریان می باشند و به همین دلیل $EU_p = 95\%$.

حداقل مطلق فشار مورد نظر برای آبپاشهای ضربه ای کم فشار، $P'_n = 205 \text{ kPa}$.

فشار مورد نظر در آبپاش انتهایی، $P_g = 415 \text{ kPa}$.

بازوی چرخش سیستم، $\Delta E_{ls} = 4/5 \text{ m}$ بالاتر از سطح آب کانال قرار دارد.

مجموع افتهای اصطکاکی بین منبع آب تا نقطه چرخش سیستم، در زمانیکه دبی $Q_s = 68.5 \text{ L/s}$ می باشد، برابر 10 m می باشد.

مطلوب است: بار فشار مورد نیاز در ورودی لاترال، کل بار دینامیک سیستم، سرعت گردش پمپ گریز از مرکز، توان مورد نیاز برای عملکرد پمپ بوستر (با فرض اینکه راندمان کلی ۷۵٪ بوده و تلفات مربوط به شیر کنترل آبپاش انتهایی 35 kPa باشد). همچنین محاسبه هزینه ماشین آبیاری عقبه ای و بررسی نیاز به نصب آبپاشهای تنظیم کننده شدت جریان.

محاسبات : بار فشار معادل $P_n = 20.5 \text{ kPa}$ ، برابر است با $H_n = 20/9 \text{ m}$ (رابطه $b = 14.25$ را ببینید) . با استفاده از $c = 14.27$ ، فشار مورد نیاز در ورودی لاترال برای لاترال مخروطی با $(h_f)_{8,6} = 7/5 \text{ m}$ در زمان وجود شدت جریان L/s $Q_s = 68/5$ و $\Delta E_{lp} = 1 \text{ m}$ برابر است با :

$$H_l = 20/9 + 7/5 + 1 = 29/4 \text{ m}$$

کل بار دینامیک سیستم ، TDH ، برابر است با مجموع مقادیر زیر :

$$H_n = 20/9 \text{ m} : \text{حداقل فشار مورد نیاز در آبپاش .}$$

$$H_{cv} = 0 \text{ m} : \text{افت بار در تنظیم کننده جریان .}$$

$$h_f = 7/5 \text{ m} : \text{افت اصطکاکی در لاترال .}$$

$$\Delta E_{lp} = 1 \text{ m} : \text{اختلاف ارتفاع بین نقطه چرخش سیستم تا بالاترین نقطه مزرعه .}$$

$$(h_f)_s = 10 \text{ m} : \text{افت اصطکاکی در سیستم انتقال .}$$

$$\Delta E_{ls} = 4/5 \text{ m} : \text{اختلاف ارتفاع بین منبع آب تا نقطه چرخش سیستم .}$$

$$\text{در مجموع } TDH = 43/9 \text{ m} .$$

با تبدیل این مقدار به سیستم واحدهای انگلیسی برای استفاده در شکل ۱۲,۶ ، $TDH = 144 \text{ ft}$ و $Q_s = 1086 \text{ gpm}$. از منحنی های مشخصه پمپ ، سرعت مورد نیاز چرخش پمپ 1800 rpm بدست می آید . شکل ۱۴,۱۷ نمایی از منحنی $H-Q$ مربوط به نواحی اطراف نقطه 1800 rpm را نشان می دهد .

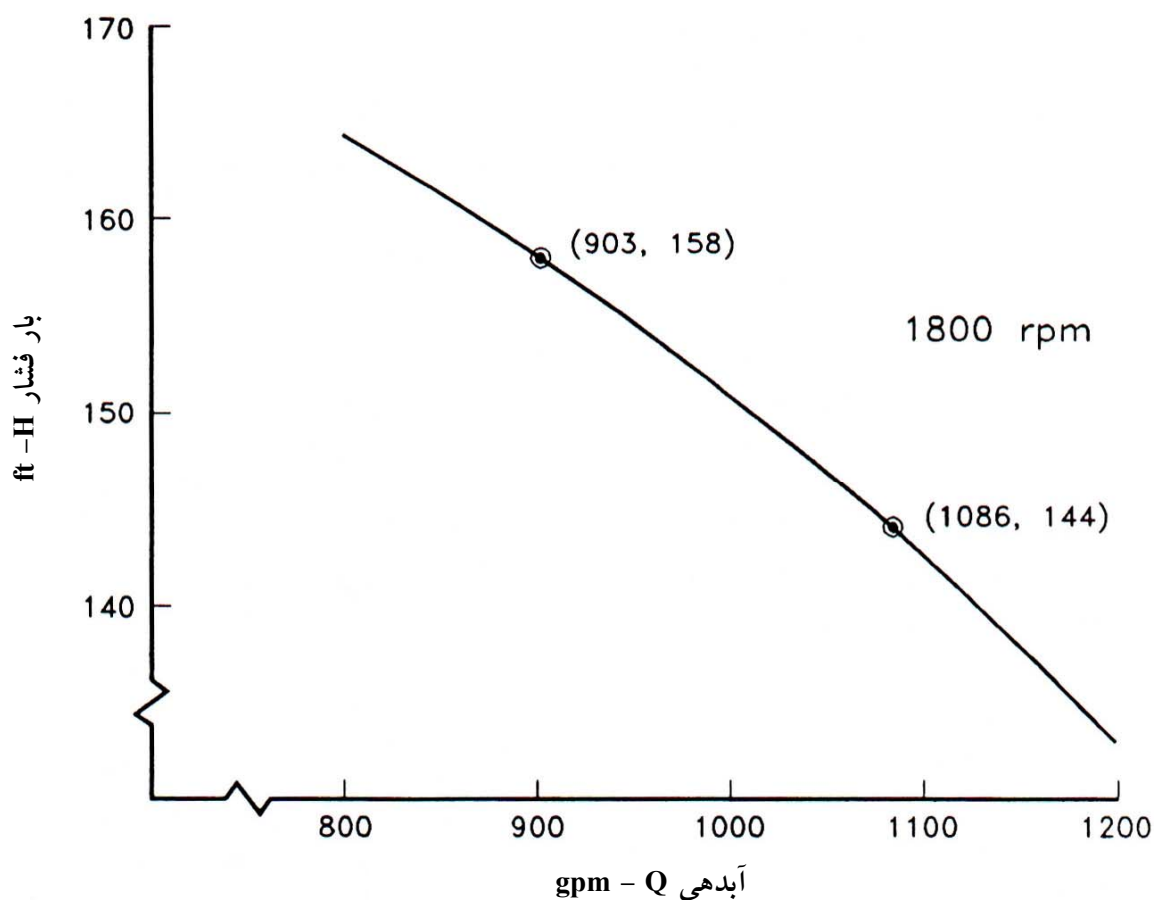
بار فشار مورد نیاز در آبپاش انتهایی ، $H_g = 415 \div 9/8 = 42/3 \text{ m}$ و افت بار در شیر کنترل آن ، $35 \div 9/8 = 3/6 \text{ m}$ ، h_{cv} می باشد . بنابراین ، پمپ بوستر باید بار فشار موجود را در انتهای لاترال به میزان زیر افزایش دهد :

$$H_g = 42/3 \text{ m} : \text{بار فشار برای عملکرد آبپاش انتهایی .}$$

$$h_{cv} = 3/6 \text{ m} : \text{افت بار در شیر کنترل آبپاش انتهایی .}$$

$$H_n = 20/9 \text{ m} : \text{فشار موجود در انتهای لاترال .}$$

$$H = 25 \text{ m} : \text{مقدار افزایش بار فشار بوسیله پمپ بوستر .}$$



شکل ۱۴،۱۷ / نیمرخ منحنی دبی-فشار مربوط به منحنی پمپ شکل ۱۲،۶.

برای دبی $Q_g = 11.5 \text{ L/s}$ و راندمان کلی موتورپمپ برابر با ۷۵٪، از رابطه ۱۲،۲۶ توان مورد نیاز برای عملکرد پمپ بوستر برابر خواهد بود با :

$$BP = \frac{25 \times 11.5}{102 \times 75/100} = 3.8 \text{ kW}$$

بر اساس جدول ۱۴،۶، هزینه تقریبی ماشین آبیاری عقبه ای مجهز به آبپاش انتهایی به صورت زیر محاسبه می شوند :

۲۲۸ متر از لوله ۸ اینچ $\times$ (۱۱۵ / m دلار) = ۲۶۲۲۰ دلار

۱۷۰ متر از لوله ۶ اینچ $\times$ (۱۰۰ / m دلار) = ۱۷۰۰۰ دلار

هزینه موتور ، پمپ و دیگر کنترل ها : ۷۰۰۰ دلار

مجموعه آبپاش انتهایی : ۲۷۰۰ دلار

نازلهای مخصوص کنترل کننده جریان $\times$ (۳ / m دلار) = ۱۲۰۰ دلار

در مجموع : ۵۴۱۲۰ دلار

با استفاده از نازل‌های تنظیم کننده جریان ، با وجود اینکه بار فشار با چرخش لاترال تغییر می کند ، شدت جریان (تقریباً) ثابت باقی می ماند . بنابراین $(Q_b)_{off} = Q_b$. زمانیکه آبپاش انتهایی روشن یا خاموش می شود ، بار فشار موجود در انتهای متحرک لاترال از مقدار $H_n = 20/9 \text{ m}$ به مقدار زیر تغییر می کند (شکل ۱۴,۱۶ را ببینید) :

$$H_n = 20/9 \text{ m} : \text{حداقل بار فشار مورد نیاز آبپاش}$$

$$\Delta E_l = 2 \text{ m} : \text{اختلاف ارتفاع}$$

$$\Delta h_f = 2/6 \text{ m} : \text{کاهش مقدار } h_f$$

$$(\Delta h_f)_s = 2/9 \text{ m} : \text{کاهش مقدار } h_{fs}$$

$$\Delta H_T = 4/3 \text{ m} : \text{اختلاف بار پمپ}$$

در مجموع : $H = 32/7 \text{ m}$: حداکثر بار فشار در انتهای متحرک لاترال

کاهش در مقدار h_f ناشی از تغییر شدت جریان در زمان خاموش شدن آبپاش انتهایی ، از رابطه $14,33 \text{ a}$ با فرض $(Q_b)_{off}$ $Q_b \approx$ محاسبه می شود . پس :

$$(h_f)_{off} = 7.5 \times (57/68.5)^{2.352} = 4.9 \text{ m}$$

$$\Delta h_f = 7/5 - 4/9 = 2/6 \text{ m} , \text{ بنابراین}$$

کاهش در مقدار $(h_f)_s$ ناشی از تغییر شدت جریان از رابطه $14,33 \text{ b}$ محاسبه می شود :

$$(h_{fs})_{off} = 10 \times (57/68.5)^{1.852} = 7.1 \text{ m}$$

$$(\Delta h_f)_s = 10/0 - 7/1 = 2/9 \text{ m} , \text{ بنابراین}$$

اختلاف بار دبی پمپ نیز از شکل ۱۴,۱۷ و با استفاده از مقادیر $Q = 57 \text{ L/s}$ (یا 903 gpm) و $H = 48/2 \text{ m}$ (یا 158 ft) تعیین می شود . پس :

$$\Delta H_T = 48.2 - 43.9 = 4.3 \text{ m}$$

بر اساس آنچه در بالا آورده شد ، حداکثر تغییرات بار فشار آبپاش برای تمامی آبپاشها (با فرض اینکه $(Q_b)_{off} = Q_b$ باشد) ، برابر است با :

$$\Delta H = 32.7 - 20.9 = 11.8 \text{ m}$$

با این مقدار قابل توجه افزایش بار فشار (در مقایسه با H_a) ، $(Q_b)_{off}$ به میزان چشمگیری نسبت به Q_b افزایش حاصل کرده و این موضوع ، باعث کاهش مقدار بار فشار اضافی می گردد . گام اول در تعیین اینکه تنظیم شدت جریان لازم است یا خیر این است که مقدار شدت جریان بینایی را برای $(Q_b)_{off}$ فرض کنیم ، مثلاً 63 L/s که بین مقادیر $68/5$ و 57 لیتر در ثانیه قرار دارد .

از مخرج رابطه $14,34$ و با ضریب $k = 0/2$ برای لاترال مخروطی شکل :

$$H_a = 20.9 + 0.2(7.5) + 1 = 23.4 \text{ m}$$

با فرض $\Delta E_l = 0$ ، و از شکل ۱۴,۱۷ برای دبی $Q = 63 \text{ L/s}$ (یا 999 gpm) ، بار دبی پمپ برابر است با $H = 46 \text{ m}$ و

$$\Delta H_T = 2/1 \text{ m} . \text{ با قرار دادن این مقادیر در صورت رابطه } 13,34 :$$

$$(H_a)_{off} = 20.9 + 1 + 0.34(7.5) + 0.144(10) + 2.1 = 28 \text{ m}$$

بنابراین ، از رابطه ۱۴,۳۴ ، دبی مورد انتظار در حالیکه آبپاش انتهایی خاموش است برابر خواهد بود با مقدار :

$$(Q_b)_{\text{off}} = 57 \times (28/23.4)^{0.52} = 62.5 \text{ L/s}$$

این مقدار تقریباً با مقدار ۶۳ L/s فرضی یکسان است . بنابراین ، از دبی بینایی $(Q_b)_{\text{off}} = ۶۲/۸ \text{ L/s}$ که در آن ، $۲۸/۲ \text{ m}$ ، $(H_a)_{\text{off}} =$ استفاده می کنیم .

بر این اساس ، متوسط مقادیر H_a بین شرایط خاموش و روشن بودن آبپاش تفنگی انتهایی برابر است با :

$$(H_a)_{\text{av}} = (28.2 + 23.4) / 2 = 25.8 \text{ m}$$

و متوسط اختلاف بین بار فشار آبپاشها در طول لاترال در زمان خاموش و روشن بودن آبپاش تفنگی انتهایی برابر است با :

$$\Delta H_{\text{av}} = 28.2 - 23.4 = 4.8 \text{ m}$$

با استفاده از رابطه ۱۴,۲۹ b برای بررسی نیاز به استفاده از نازلهای کنترل جریان ،

$$\left[\Delta H > 2.5 \times (1 - (EU_p / 100)^2) \times H_a \right]_{\text{av}} \quad (۱۴,۲۹ \text{ b})$$

با اینحال :

$$4.8 < 2.5 \times (1 - (95/100)^2) \times 25.8 = 6.3 \text{ m}$$

چون $۶/۳ \text{ m} < ۴/۸ \text{ m}$ می باشد ، مسلم است که نازلهای کنترل کننده جریان یکنواختی توزیع را کاهش می دهند . بنابراین ، نیازی به استفاده از آنها نیست ، به شرطی که دبی اضافی و شدت جریان افزایش یافته ، ایجاد رواناب نکنند . بهترین روش برای بهره برداری سیستم ، افزایش سرعت حرکت لاترال در زمان خاموش بودن آبپاش انتهایی می باشد . بنابراین ، عمق آبیاری ثابت باقی می ماند . پس ، $V_e = ۱/۱۴ \text{ m/min}$ (از مثال ۱۴,۷) به مقدار زیر افزایش داده می شود :

$$(V_e)_{\text{off}} = V_e (0.1 + 0.9(Q_b)_{\text{off}} / Q_b) \quad (۱۴,۳۵)$$

$$(V_e)_{\text{off}} = 1.14 \times (0.1 + 0.9 \times 62.8 / 57) = 1.244 \text{ m/min}$$

ضریب ۰/۹ در رابطه ۱۴,۳۵ بر این اصل استوار می باشد که راندمان کاربرد آبیاری تا حدودی با تغییر بار فشار ، کاهش می یابد .

از آنجاییکه آبپاش تفنگی انتهایی در حدود نیمی از زمان کار سیستم خاموش می باشد ، زمان چرخش سیستم ، T_c ، از مقدار $۳۶/۷ \text{ hr}$ ساعت به حدود مقدار زیر افزایش پیدا می کند :

$$T_c = 36.7 [2 \times 1.14 / (1.14 + 1.24)] = 35.2 \text{ hr}$$

بنابراین ، زمان استراحت سیستم از $۳/۳$ ساعت به $۴/۸$ ساعت افزایش پیدا می کند . این مسئله به خودی خود باعث کاهش زمان پمپاژ و هزینه انرژی به میزان تقریبی زیر می شود :

$$100 \times (36.7 - 35.2) / 36.7 = 4\%$$

انتخاب و ارزیابی سیستم آبیاری بارانی عقبه ای

ارزیابی یکنواختی توزیع

ارزیابی کامل یکنواختی توزیع در سراسر مساحت تحت آبیاری، معیاری از مشخصات انتخاب شده نازلها را به دست می دهد. برای انجام یک ارزیابی کامل، نیازمند تعیین یکنواختی توزیع دایره ای و شعاعی هستیم.

یکنواختی دایره ای

یکنواختی دایره ای، معیاری از یکنواختی توزیع در طول دوایر هم مرکزی می باشد که مراکز آنها به فواصل r_j از نقطه چرخش سیستم قرار گرفته اند. محل ایده آل برای اندازه گیری یکنواختی توزیع دایره ای، در دایره اصلی تحت آبیاری، در طول مسیر دایره ای واقع در شعاع $r_j = 2L/3$ می باشد.

هر یک از جمع کننده ها (قوطی ها) که با فواصل یکسان در مزرعه نصب شده اند، معرف مساحت یکسانی از قسمت تحت آبیاری هستند. بنابراین، یکنواختی های دایره ای CU یا DU به روش قدیمی و با استفاده از روابط ۶،۱ و ۶،۲ قابل محاسبه هستند.

دستورالعملهای عمومی برای ارزیابی مزرعه ای سیستم بارانی که در فصل ۶ ارائه شد باید مد نظر قرار داشته باشند. با فرض اینکه قصد ما از ارزیابی سیستم، آزمایش دقت عملکرد نازلها باشد، آزمایش باید زمانی انجام گیرد که هوا آرام بوده و تلفات تبخیر کمتر از مقدار متوسط باشد. برای جمع آوری اطلاعات مزرعه ای، جمع کننده ها باید به فواصل ۳۰ متری در طول نزدیکترین مسیر چرخ سیستم تا $2L/3$ قرار گیرند. برای لاترال استاندارد ۴۰۰ متری، این کار نیازمند تقریباً ۵۵ قوطی می باشد. برای بهبود دقت آزمایش، مقادیر متوسط بدست آمده از دو ردیف قوطی که در فاصله تقریبی ۵ متر از هر سمت مسیر چرخهای دستگاه قرار گرفته اند استفاده می شود.

برای انجام آزمایش یکنواختی دایره ای، زمان چرخش لاترال باید T_c یا مقداری باشد که به $d = 15 \text{ mm}$ منجر گردد (هر کدام که کمتر است انتخاب می شود). اطلاعات باید چندین بار در طول آزمایش جمع آوری شوند. زیرا مقدار تبخیر از قوطی ها قابل توجه است. بخصوص بین ساعات ۱۲ تا ۱۸ داده برداری مکرر ضروری می نماید. ساعات مناسب برای داده برداری عبارتند از: ۱:۰۰، ۷:۰۰، ۱۰:۰۰، ۱۳:۰۰، ۱۵:۰۰، ۱۷:۰۰ و ۲۰:۰۰.

حتی با استفاده از ساعات ذکر شده در پاراگراف قبلی، باید اطلاعات را نسبت به تلفات تبخیر تعدیل کنیم. این کار، با قرار دادن مقادیر مشخصی از آب در هر دو ردیف قوطی قرار گرفته در خارج از منطقه آزمایش صورت می پذیرد. آب باقی مانده در این قوطی ها اندازه گیری می شود تا مقدار تبخیر بین دو قرائت متوالی مشخص گردد. اطلاعات بدست آمده، براساس طول زمانی که آب قبل از اندازه گیری در قوطی ها باقی مانده است تعدیل می شوند.

یکنواختی شعاعی

یکنواختی توزیع شعاعی معیاری از یکنواختی در سرتاسر مسیر دایره ای شکلی می باشد که توسط آبپاشهایی که در طول لاترال قرار دارند طی می شود. یکنواختی شعاعی در سرتاسر دایره اصلی تحت آبیاری، از بیشترین اهمیت برخوردار است. اما در جاییکه آبپاش تفنگی انتهای یا سیستم گوشه پاش مورد استفاده قرار می گیرد، یکنواختی بین طول L و R

نیز باید ارزیابی شود. علاوه بر این، یکنواختی شعاعی باید در حالیکه سیستم گوشه پاش خاموش یا روشن می باشد و همچنین، در حالی که لاترال بروری خطوط کنتوری یا برروی نقاط بسیار بلند سطح مزرعه قرار دارد نیز ارزیابی شود. دو ردیف موازی از قوطی ها برای جمع آوری داده های آزمایش یکنواختی شعاعی استفاده می شوند. ردیفها به فاصله تقریبی ۱/۵ متر از هر سمت مسیر شعاعی مذکور قرار می گیرند. قوطی ها به فواصل مساوی و تقریباً ۱۰ متری در هر ردیف قرار گرفته و هر ردیف از $L/2$ تا L ادامه می یابد. برای سیستم های مجهز به آبپاش انتهایی، ردیفها باید از L تا R نیز ادامه یابند، با این تفاوت که فاصله قوطی ها بعد از طول L به ۳ متر کاهش می یابد.

مساحت تحت آبیاری که توسط هر جفت قوطی (یکی در هر ردیف شعاعی قوطی ها) مشخص می شود، یک نوار دایره ای شکل است که دارای طول $2\pi r_j$ و عرضی برابر با فاصله بین قوطی ها می باشد. از آنجاییکه هر جفت قوطی، نماینده مساحت متفاوتی از کل مساحت تحت آبیاری می باشد، روابط یکنواختی باید تغییر داده شوند. ابتدا، متوسط وزنی عمق آب در قوطی ها محاسبه می شود:

$$y_a = \frac{\sum 2\pi k r_j y_j}{\sum 2\pi k r_j} = \frac{\sum r_j y_j}{\sum r_j} \quad (14,36)$$

y_a : متوسط وزنی عمق آب در قوطی ها (mm)

k : فاصله ثابت بین قوطی ها (m)

r_j : فاصله شعاعی از نقطه چرخش سیستم تا هر قوطی (m)

y_j : متوسط عمق آب در هر قوطی در فاصله r_j (mm)

یکنواختی توزیع شعاعی چارک پایین، نیازمند مرتب کردن عمق ها و اضافه کردن عمق وزنی هر قوطی می باشد (عمق آبی که در هر قوطی جمع آوری شده، نسبت به مساحتی که آن قوطی معرف آن است، وزن دهی شده است). بنابراین، ابتدا مقادیر y_j را رده بندی کرده، سپس زیرمجموعه ای از مقادیر y_j را به نحوی انتخاب می کنیم که مجموع r_j های مربوط به آنها، برابر یک چهارم مجموع کل مقادیر r_j باشد. سپس:

$$DU_r = 100 \times \frac{\sum \text{Low quarter } r_j y_j}{y_a \times \sum \text{Low quarter } r_j} \quad (14,37)$$

محاسبه یکنواختی شعاعی کریستیانسن ساده تر است. زیرا نیازمند مرتب کردن مقادیر تمام قوطی ها نمی باشد. (Herman and Hein, 1968).

$$CU_r = 100 \left(1 - \frac{\sum r_j |y_j - y_a|}{\sum r_j y_j} \right) \quad (14,38)$$

DU_r : یکنواختی توزیع شعاعی سیستم عقربه ای بر اساس چارک پایین (%).

CU_r : یکنواختی توزیع شعاعی کریستیانسن (%).

برای محاسبه مقادیر یکنواختی برای دایره اصلی تحت آبیاری، از مقادیر (y_j, r_j) برای $r_j \leq L$ استفاده می کنیم. برای ارزیابی عملکرد آبپاش انتهایی نیز از همین مقادیر در فاصله $L < r_j \leq R$ بهره می گیریم. یکنواختی توزیع مرکب در سیستم آبیاری بارانی عقربه ای، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$(DU)_{cp} = DU_r (DU_c / 100) \quad (۱۴,۳۹ a)$$

$$(CU)_{cp} = CU_r (CU_c / 100) \quad (۱۴,۳۹ b)$$

مقادیر معمول برای یکنواختی در سطح مزرعه کمتر از مقادیر مرکب آن می باشد. مقادیر CU_r معمولاً برای سیستم هایی که دارای طراحی درست بوده و از آبپاشهای ضربه ای استفاده می کنند، بین ۹۳ تا ۹۶ درصد و با نازل های فواره ای، بین ۹۱ تا ۹۵ درصد است. بر اساس وضعیت توپوگرافی و استفاده از سیستم گوشه پاش و یا تجهیزات کنترل جریان، مقادیر CU_c بین ۹۰ تا ۹۸ درصد تغییر می کنند. به این ترتیب، مقادیر مرکب CU بین ۸۲ درصد تا ۹۴ درصد متغیر است. بطور متوسط، برای سیستم های عقربه ای با طراحی مناسب، $(CU)_{cp} \approx ۹۰\%$.

توان مورد نیاز در موتورهای محرک سیستم عقربه ای

اغلب ماشینهای استاندارد عقربه ای (مجهز به موتورهای برقی) از دنده های حلزونی استفاده می کنند و دارای حداقل زمان چرخش کمتر از ۲۴ ساعت هستند. این ماشین ها نیازمند ۱ kW توان برای هر موتور می باشند. ماشینهایی که سرعت چرخش بیشتری دارند و می توانند در یک شبانه روز تا ۲ دور گردش نمایند، نیازمند ۱/۵ kW توان می باشند. ماشینهایی که به جای این دنده ها، از چرخ دنده های سیاره ای استفاده می کنند، تنها به ۰/۷۵ و ۱ کیلووات توان به ازای هر موتور و در سرعت های معمولی و زیاد نیاز دارند. زیرا چرخ دنده های سیاره ای یا چرخشی دارای راندمان بیشتری نسبت به دنده های حلزونی می باشند.

زمانیکه از پمپ بوستر در آبپاش انتهایی استفاده می شود، به مقداری توان اضافی نیاز است. ۳ نوع معمولتر از موتور پمپ های بوستر دارای توانهای تولیدی ۲، ۵ و ۷/۵ hp می باشند که در هنگام طراحی فرض می شود که به همین مقادیر توان نیاز دارند. بنابراین، یک منبع ۱۵ kW نیرو باید در نقطه چرخش سیستم نصب شود تا یک ماشین استاندارد عقربه ای با ۱۰ موتور (۱۰ برج) و پمپ بوستر ۵ hp انتهایی، بتواند آبیاری را انجام دهد.

انتخاب ماشین آبیاری عقربه ای

اغلب سیستم ها، توان خود را از منبع الکتریسیته دریافت می کنند. اما برخی نیز برای چرخش لاترال، دارای موتورهای آبی هستند. ماشینهایی که برای چرخش لاترال از موتورهای آبی استفاده می کنند، ۱۰ تا ۲۰ درصد گرانتر می باشند. اما نگهداری آنها ساده تر و ارزانتر است. عمر بیشتری دارند و یکنواختی کاربرد آب بیشتری را بدست می دهند. زیرا تمامی موتورها بطور پیوسته و با سرعت مناسب حرکت می کنند.

در مورد ماشینهای عقربه ای با موتورهای برقی، هر برج باید بصورت منقطع (غیرپیوسته) حرکت کند تا سرعت متوسط و هم ترازای دستگاه در حد مطلوب حفظ شود. زیرا در طول زمانیکه موتورها روشن هستند، هر برج با سرعت یکسانی حرکت می کند. حرکت منقطع برجهای باعث استهلاک اجزاء متحرک سیستم می گردد. همچنین باعث می شود تا توزیع دایره ای شکل آب دچار مشکل شود. با اینحال، زمانیکه مواد شیمیایی نیز به همراه آب و در زمان روشن بودن موتورها اعمال می شوند، مشکل اصلی، پایین بودن یکنواختی می باشد.

آنچه که در نهایت یک طراح باید انتخاب کند عبارت است از: نوع دستگاه، منبع نیرو و سرعت حرکت برجها، نوع لوله ها و پوشش آنها، طول دهانه ها و ارتفاع لاترال، نوع آبپاش انتهایی یا سیستم گوشه پاش، اندازه چرخها، نوع تأمین کننده یا منبع آب. در طول فرآیند انتخاب اجزاء، آزمایشات یا تجربیات مزرعه ای و همچنین، دسترسی محلی به هر یک از اجزاء به همراه هزینه آنها، بر روی انتخاب طراح تأثیر خواهند داشت.

برخی از ملاحظات ویژه در مورد این ماشین ها عبارتند از:

- برای اعمال مواد شیمیایی به همراه آب، بهتر است از سیستمی استفاده شود که زمان چرخش آن در حدود ۱۲ ساعت باشد.
- در زمینهای ناهموار، طول دهانه ها تعدیل شوند تا از صدمات وارده به محصول یا سطح زمین توسط لاترال جلوگیری شود.
- در خاکهای ناپایدار، از چرخهایی که کمتر در خاک فرو می روند استفاده شود.
- در زمینهای شیبدار و ناهموار، نیاز به استفاده از سیستم های محکم و پردوام می باشد.
- برخی آبهای آبیاری ممکن است باعث خوردگی لوله های گالوانیزه شوند. در این موارد لازم است لوله با چسبهای مخصوص پلاستیکی (epoxy) پوشش داده شود.

۱۵- طراحی سیستم های بارانی متحرک خطی (Linear-Moving System Design)

از بسیاری جهات ، سیستم های بارانی متحرک خطی مشابه سیستم های عقربه ای هستند . هردو سیستم در حال حرکت ، عملیات آبیاری را انجام می دهند و مکانیزم راهبری آنها نیز مشابه است (شکل های ۴,۱۰ و ۴,۱۲ را ببینید) .

مقایسه با سیستم های بارانی عقربه ای

مهمترین تفاوت مکانیکی بین این دو نوع سیستم این است که ورودی لاترال عقربه ای ، ثابت است . اما این ورودی در سیستم متحرک خطی (این سیستم ها را معمولاً با نام سیستم های لینیر یا خطی می نامند) با سرعتی مشابه سرعت حرکت انتهای دیگر ، در حرکت است (شکل ۱۵,۱ را ببینید) . این مسئله ، مسبب ۴ مسئله ای می باشد که در سیستم های عقربه ای وجود ندارند :

۱- در سیستم های خطی ، آب تحت فشار باید در تمام طول مزرعه در اختیار قرار داشته باشد (در سیستم عقربه ای تنها لازم است که این آب در نقطه ثابت چرخش سیستم در اختیار باشد) . آب می تواند :

- از یک کانال روباز بوسیله یک ایستگاه پمپاژ کوچک که به لاترال متصل بوده و همراه آن حرکت می کند پمپاژ شود .
- به صورت تحت فشار از یک لوله اصلی و با استفاده از یک شلنگ (که طول آن به اندازه ایست که به لاترال اجازه می دهد تا حدود ۲۰۰ متر جابجا شود ، شکل ۱۵,۲ را ببینید) تأمین شود .
- به صورت تحت فشار توسط مکانیزمی (روباتیک) تأمین شود که بطور خودکار شیرهای مخصوصی را باز و بسته می کند . این شیرها به فواصل ۱۲ تا ۱۸ متر از یکدیگر و بر روی لوله اصلی مدفون قرار گرفته اند (شکل ۱۵,۳ را ببینید) .

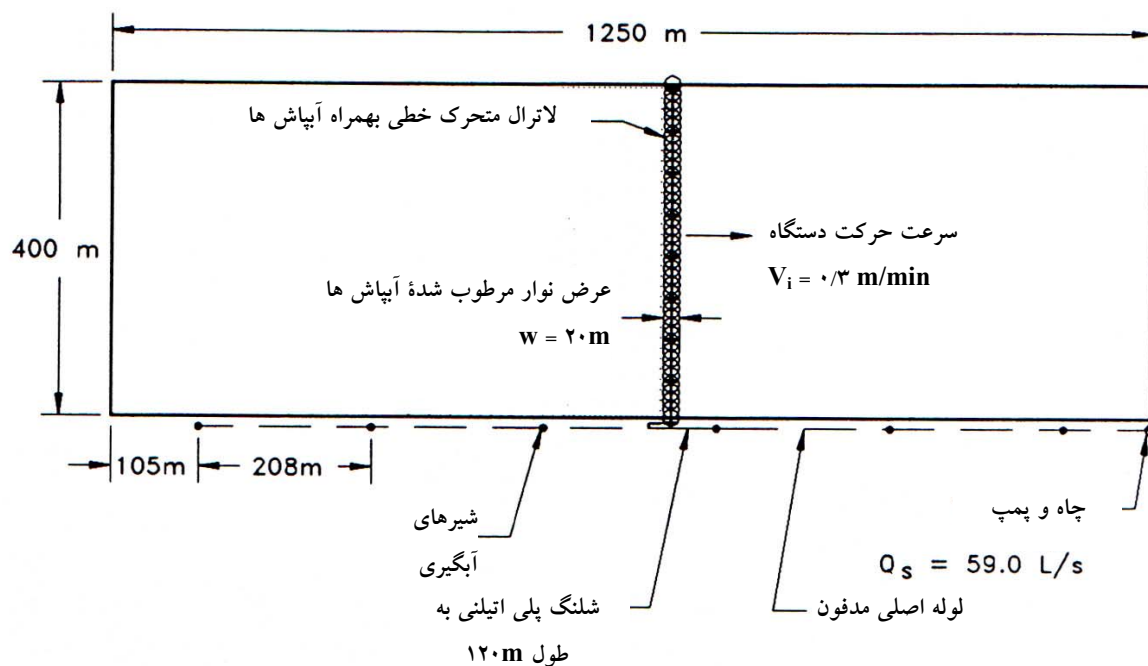
۲- نیروی الکتریسته یا دیزل برای ماشین آبیاری باید در تمام طول مزرعه در اختیار باشد (به جای اینکه مانند سیستم عقربه ای تنها در یک نقطه لازم باشد) . سیستم هایی که نیروی خود را از برق تأمین می کنند ، نیازمند سیستم سنگین و دست و پا گیری برای تأمین برق در طول مسیر حرکت سیستم هستند .

۳- ورودی لاترال باید در تمام طول لبه مزرعه در مسیر مستقیم حرکت کند (به جای اینکه مانند سیستم عقربه ای ثابت باقی بماند) . بنابراین سیستم خطی نیازمند یک رشته سیم هادی می باشد که در طول مزرعه نصب شده و سیستم را در مسیر مستقیم حفظ می کند .

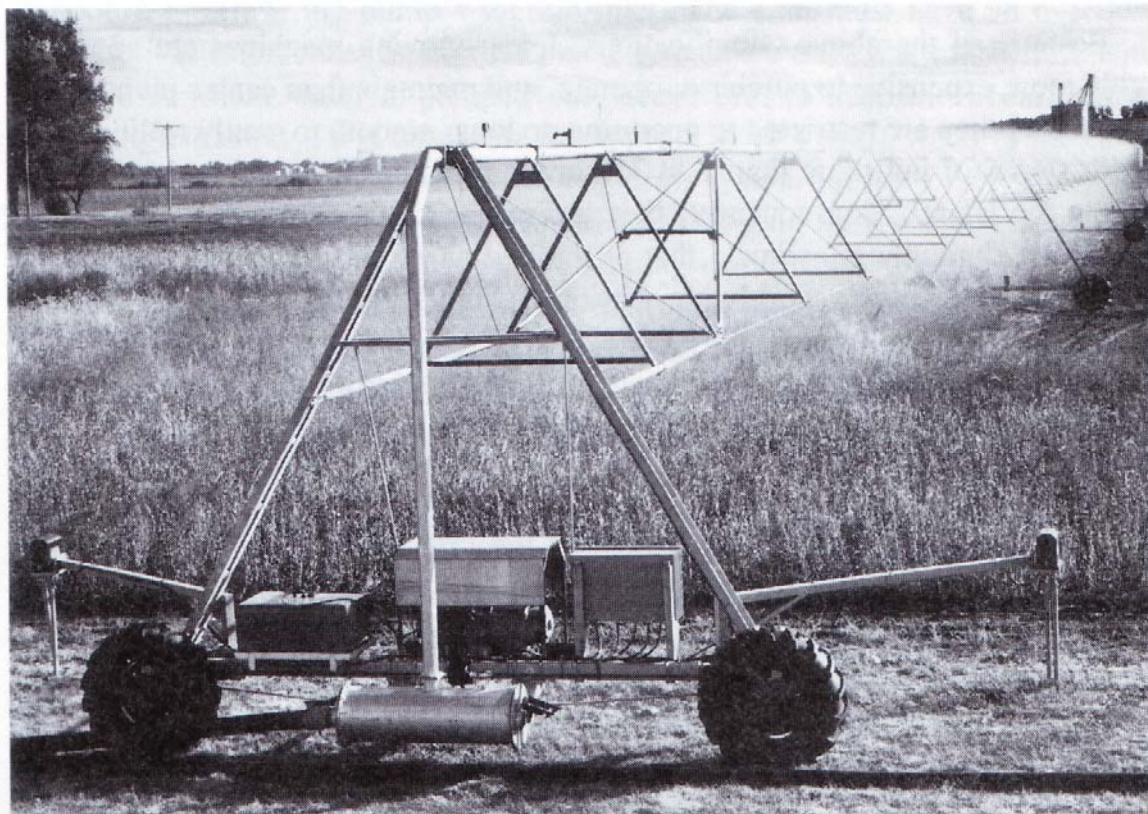
۴- در انتهای هر مسیر حرکت ، لاترال باید تغییر جهت داده و به نقطه آغازین حرکت بازگردد (در حالیکه در سیستم عقربه ای ، لاترال در هر دور چرخیده و در نهایت به نقطه آغازین برمی گردد) .

به دلیل مشکلاتی که در بالا ذکر شدند ، ماشین های لینیر از نظر خرید ، بهره برداری و نگهداری بسیار گرانتر از سیستم های عقربه ای هستند . علاوه بر این ، کاربرد آنها محدود به زمینهای طولانی ، هموار و با شیب کمتر از ۲ تا ۳ درصد در جهت حرکت و ۱ تا ۱/۵ درصد در طول لاترال می باشد . در نتیجه ، رواج سیستم های عقربه ای را نیافته اند . برای مثال

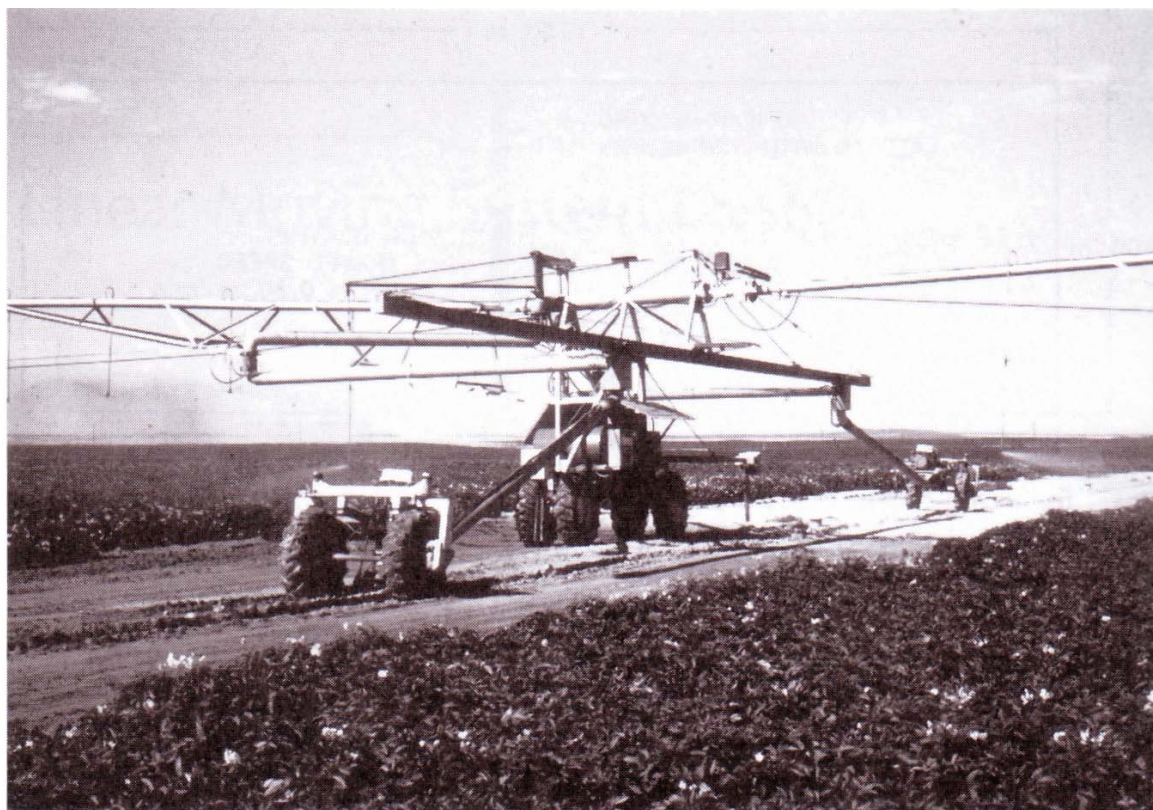
، نویسندگان این کتاب تخمین می زنند که در آغاز دهه ۱۹۹۰، در حدود ۱۶۰ هزار سیستم عقربه ای در سراسر دنیا مشغول به کار بوده است. در حالیکه این تعداد برای سیستم های خطی در حدود ۲۰۰۰ می باشد. سیستم های آبیاری بارانی متحرک خطی (لینیر) دارای مزایای عمده ای نیز نسبت به سیستم عقربه ای می باشند. مهمترین مزیت این سیستم ها این است که مزرعه ای مستطیلی شکل را آبیاری می کنند. بعلاوه، یکنواختی بالاتر و شدت پاشش کمتری را نسبت به سیستم عقربه ای بدست می دهند.



شکل ۱۵،۱ / آرایش و اجزاء سیستم آبیاری خطی با تغذیه شلنگی در یک مزرعه ۵۰ هکتاری.



شکل ۱۵،۲ / ماشین آبیاری خطی با تغذیه شلنگی.



شکل ۱۵،۳ / سیستم آبیاری بارانی متحرک خطی با سیستم تغذیه خودکار.

ویژگی های سیستم های متحرک خطی

اولین گام در طراحی ، انتخاب آرایش سیستم ، سیستم تغذیه آب و روش عقب و جلو رفتن ماشین در طول مزرعه می باشد .

آرایش و روش تغذیه سیستم

لاترالهای متحرک خطی می توانند از یک انتها و یا از مرکز زمین تغذیه شوند . سیستم هایی که منبع تغذیه در مرکز زمین قرار گرفته است می توانند بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر (در هر سمت) طول داشته باشد . در حالیکه در صورت وجود منبع تغذیه در انتهای لاترال ، طول دستگاه به ۶۰۰ متر محدود می گردد .

هرچند لاترالها می توانند بنحوی طراحی شوند تا در زمانی که خالی از آب هستند ، بصورت جانبی (در طول لاترال) و یا حتی بصورت دایره ای حرکت کنند (مانند سیستم عقربه ای) ، اما این کار کمتر صورت می گیرد . تغییر از یک روش بهره برداری به روش دیگر دردسر ساز و وقت گیر است . بنابراین ، روش جابجایی رفت و برگشت بیشترین کاربرد را دارد . برای اینکه ماشین های متحرک خطی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر باشند ، باید مزرعه مورد نظر به اندازه کافی طویل باشد تا سیستم بتواند کمابیش از بیشترین ظرفیت بالقوه خود استفاده کند . برای اغلب سیستم های خطی ، بهترین طول مزرعه بین ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ متر می باشد .

انتخاب روش تغذیه لاترال در مرحله طراحی بسیار اهمیت دارد . ۳ روش عمده برای انجام این کار پیشنهاد شده است . تغذیه کانالی ، تغذیه شلنگی ، تغذیه خودکار (روباتیک) .

تغذیه کانالی (Canal-fed)

اگر یک کانال در طول مزرعه قرار داشته باشد ، یک ایستگاه پمپاژ باید در کنار لاترال نصب شود . بهترین وضعیت برای یک کانال این است که از جنس بتن و دارای شیب بسیار کم باشد تا بتواند به عنوان یک مخزن در کنار یا در وسط مزرعه عمل کند . ممکن است اجسام شناوری در کانال نصب شوند تا سطح آب در آن تنظیم گردد . در حین حرکت لاترال ، ایستگاه پمپاژ متحرک آب را از این مخزن استخراج می کند .

در مزارع شیبدار ، که هزینه ساخت کانال بدون شیب بسیار بالا می باشد ، ۱ یا ۲ روش دیگر ممکن است مورد استفاده قرار گیرند . ممکن است کانال به چند قسمت مسطح و بدون شیب تقسیم شود که آب در هر قسمت توسط دریچه هایی که در ورودی و خروجی آنها نصب شده کنترل می شود . روش دیگر ، ساخت کانالهای شیبدار است .

اگر یک کانال شیبدار مورد استفاده قرار گیرد ، یک مانع (بنداب) متحرک لازم است تا در قسمت مکش پمپ ، استخری از آب ایجاد کند . البته عملی نیست که شدت جریان ورودی به کانال را دقیقاً به میزان شدت جریان خروجی از آن تنظیم کرد ، در نتیجه احتمالاً آب از روی این مانع سرریز خواهد کرد . بنابراین ، برای اینکه سیستم خطی عملکرد مؤثری داشته باشد ، بهتر است که ۵ تا ۱۰ درصد آب بیشتری از کانال استخراج شود و در عوض ، از یک سیستم بازگشت آب اضافی برروی سیستم استفاده شود .

کانالهای مسطح (بدون شیب) ممکن است دارای پوشش باشند یا نباشند که این ، بستگی به شرایط خاک و مقدار نشت پیش بینی شده از آن دارد . اما کانالهای شیبدار معمولاً پوشش دار ساخته می شوند تا از نشت بیش از حد و فرسایش کانال جلوگیری شود . علاوه بر این ، پوشش کانال باعث کاهش مواد معلق می گردد که ممکن است باعث مسدود شدن توری نصب شده در قسمت مکش پمپ شوند . کانال چه پوشش شده باشد یا نباشد ، سیستم انتقال مقداری آب را به صورت نشت یا تبخیر از دست خواهد داد . این تلفات باید در زمان طراحی سیستم انتقال آب در نظر گرفته شوند .

تغذیه شلنگی (Hose-fed)

شلنگهای پلی اتیلنی ۱۰۰ تا ۱۲۰ متری و با قطر داخلی ۱۲۱ یا ۱۵۲ میلیمتر برای تأمین آب تحت فشار در سیستم های خطی استفاده می شوند . همانند ارابه هایی که با جمع کردن یک کابل حرکت می کنند ، این نوع سیستم های خطی نیز شلنگ را بر روی زمین می کشند تا بتوانند به صورت پیوسته و در حدود ۲ برابر طول شلنگ جابجا شوند (شکل ۱۳,۶ را ببینید) . بنابراین ، شیرهایی مجهز به اتصال دهنده های سریع (هیدرانت یا شیر آبگیر) در هر ۲۰۰ متر مورد نیاز هستند . این شیرها در طول خط اصلی نصب شده و با استفاده از شلنگ ، آب را به لاترال در حال حرکت می رسانند . (شکل ۱۵,۱ و ۱۵,۲ را ببینید) . تلفات اصطکاکی در لوله اصلی ، شلنگ ، شیرها و اتصالات معمولاً بسیار زیاد بوده و به این دلیل ، سیستم های خطی شلنگی نیازمند انرژی بسیار بیشتری در مقایسه با سیستم های کانالی هستند . همچنین سیستم های متحرک خطی شلنگی نیازمند نیروی کار و زمان استراحت بیشتری نیز هستند . اما ، می توانند در زمینهای شیبدار یا ناهموار که امکان ساخت کانال وجود ندارد مورد استفاده قرار گیرند .

هر زمان که لاترال بیشترین فاصله مجاز را با شلنگ طی کرد ، سیستم بطور خودکار متوقف می شود . شلنگ باید بصورت دستی قطع شده ، روی زمین کشیده شده و سپس به هیدرانت بعدی متصل گردد . زمان استراحت مربوط به این عملیات در حدود ۳۰ دقیقه برای هر بار قطع و وصل مجدد شلنگ در نظر گرفته می شود .

تغذیه خودکار (Robot-fed ، روباتیک)

در این روش ، تأمین آب تحت فشار کاملاً خودکار صورت می پذیرد . خط اصلی تأمین آب باید در زیر خاک مدفون و دارای شیرهای هیدرانت در فواصل ۱۲ تا ۱۸ متری باشد . با جابجایی لاترال به سمت جلو ، تجهیزات ویژه خودکار به هیدرانت بعدی متصل شده و از هیدرانت قبلی جدا می شوند .

مزایای این روش نسبت به تغذیه شلنگی این است که :

- تلفات فشار بسیار کمتری دارد .
- کاملاً خودکار بوده و نیاز به نیروی کارگری و صرف وقت ندارد .
- مزایای اصلی این روش در مقایسه با تغذیه کانالی این است که می تواند در زمینهای شیبدار یا ناهموار نیز که امکان ساخت کانال وجود ندارد استفاده شود .

عمده ترین نقص روش تغذیه خودکار ، هزینه اولیه و نگهداری بالای آن می باشد . تجهیزات اتصال و قطع خودکار باید کاملاً بدون نقص عمل کرده تا آب بصورت پیوسته به لاترال انتقال یابد . علاوه بر این ، باید هیدرانت ها نیز در فواصل

کمتری نصب شوند تا مدیریت این تجهیزات خودکار امکان پذیر باشد. این مسئله باعث افزایش بیش از پیش هزینه های می گردد.

بهره برداری از سیستم

ماشینهای متحرک خطی باید به صورت رفت و برگشتی عمل کنند. یعنی دو بار طول مزرعه را طی کنند تا یک دور آبیاری به پایان برسد. این کار با استفاده از آپاشهایی که بصورت پیوسته و یا تنها در نیمی از فاصله طی شده توسط سیستم کار می کنند صورت می گیرد. هر روش دارای مزایا و معایب خاص خود می باشد.

اگر آپاشها بطور پیوسته فعال باشند، می توانیم کل زمان عملکرد سیستم را طولانی تر کنیم. این مسئله باعث کاهش شدت جریان سیستم و شدت پاشش مورد نیاز می شود. با اینحال، مساحتی که در انتهای طول مزرعه به تازگی آبیاری شده است، در فاصله زمانی کوتاهی و پس از تغییر جهت لاترال، مجدداً آبیاری می شود. از سوی دیگر، اگر سیستم در حالیکه آبیاری متوقف شده است به سوی نقطه آغازین حرکت (ابتدای مزرعه) باز گردد، زمان آبیاری نیز کاهش می یابد. برای حداکثر سرعت حرکت معمول دستگاه، یعنی ۲ متر در دقیقه، و طول ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ متری مزرعه، بازگشت دستگاه بصورت خالی (یعنی بازگشت بدون اینکه عمل آبیاری صورت گیرد) حدود ۸ تا ۱۳ ساعت بطول می انجامد.

با توجه به آنچه گفته شد، ۴ روش عمده در سیستم های آبیاری بارانی متحرک خطی مورد استفاده قرار می گیرند:

۱- آبیاری در مسیر حرکت (از ابتدای مزرعه تا انتهای مزرعه) و سپس، بازگشت به ابتدای مزرعه بدون آبیاری و با بیشترین سرعت ممکن.

۲- آبیاری در حال حرکت و با سرعت یکسان در هر دو جهت.

۳- آبیاری نیمی از مزرعه در حین رفت و حرکت سریع از نیمه مزرعه به انتهای آن بدون آبیاری. سپس، بازگشت دستگاه و آبیاری نیمه دوم و در ادامه، حرکت با بیشترین سرعت و بدون آبیاری تا ابتدای مزرعه.

۴- همانند روش ۳ آغاز شده، اما نیمه دوم مسیر رفت با بیشترین سرعت و در حین آبیاری طی می شود. سپس لاترال در جهت بازگشت قرار گرفته، ابتدا با سرعت کم آبیاری صورت می گیرد و سپس، از نیمه مزرعه تا ابتدای آن، سرعت دستگاه (در حین آبیاری) به بیشترین حد ممکن می رسد.

روش ۳ به این منظور استفاده می شود که جابجایی دستگاه بر روی خاکی که به تازگی آبیاری شده صورت نگیرد. در غیر این صورت، این روش همانند روش ۱ است. روش ۴ نیز برای کاهش خطر مربوط به آبیاری مجدد انتهای مزرعه که به تازگی آبیاری شده (در ابتدای مسیر بازگشت) استفاده می شود. با اینحال، هم روش ۳ و هم روش ۴ نیازمند مدیریت دقیقتر و نیروی کارگری بیشتری نسبت به روشهای ۱ و ۲ هستند.

روشهای طراحی

روشهای طراحی و معادلات مورد نیاز برای لاترالهای متحرک خطی به سادگی از روابط مربوط به لاترال عقربه ای قابل استحصال می باشند. تفاوت هایی که وجود دارند یا به دلیل چهارضلعی بودن مزرعه در سیستم خطی در برابر دایره ای

بودن آن در سیستم عقربه ای می باشند و یا از این واقعیت ناشی می گردند که آبپاشهای تفنگی انتهایی در ماشینهای خطی استفاده نمی شوند. علاوه بر این، سیستم های متحرک خطی تنها در مزارعی که اختلاف ارتفاع در طول آنها کم است مورد استفاده قرار می گیرند.

تنها روابط سیستم عقربه ای که باید برای استفاده در سیستم متحرک خطی (لینیر) تغییر یابد، روابطی هستند که شامل r_j ، I_j و یا اجزاء دیگری می باشند که مربوط به فاصله شعاعی از نقطه چرخش هستند.

روابط مورد استفاده در طراحی سیستم آبیاری متحرک خطی

لیستی از این روابط در زیر ارائه شده است. هر رابطه ای که از تغییر رابطه ای مربوط به سیستم عقربه ای حاصل گردیده با شماره ای که در [] قرار گرفته است مشخص می شود. روابط a و b ۱۵٫۲ و b ۱۵٫۲ هیچ کاربردی در سیستم عقربه ای ندارند و بنابراین به صورت عادی، ()، شماره گذاری شده اند. روابط مورد استفاده عبارتند از:

[a و b ۱۴٫۱]: برای هر دو نوع سیستم مشابه هستند.

$$Q_s = \frac{L \times L_f \times d'}{K \times T} \quad (15,1)$$

Q_s : ظرفیت سیستم (L/s)

L : طول لاترال که برابر با عرض زمین می باشد (m)

L_f : طول مزرعه (شکل ۱۵٫۱ را ببینید)، (m)

d' : عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز در دوره حداکثر مصرف (mm)

K : ثابت تبدیل واحد، که برای سیستم متریک برابر ۳۶۰۰ و برای سیستم انگلیسی ۹۶/۳ می باشد.

T : متوسط زمان آبیاری در روز (hr)

متوسط زمان آبیاری در روز در شرایطی که آبیاری تنها در یک جهت انجام گیرد عبار خواهد بود از:

$$T = \frac{24(L_f / V_i)}{L_f / V_i + L_f / V_r + RT + CT} = \frac{24(L_f / V_i)}{f'} \quad (15,2 a)$$

و زمانیکه آبیاری در هر دو جهت صورت گیرد:

$$T = \frac{24(L_f / V_i + L_f / V_r)}{L_f / V_i + L_f / V_r + RT + CT} \quad (15,2 b)$$

f' : دور آبیاری (min)

V_i : سرعت حرکت سیستم در حالیکه آبیاری صورت می گیرد (m/min)

V_r : حداکثر سرعت حرکت سیستم در حالیکه آبیاری صورت نمی گیرد (روش ۳) یا آبیاری سبک انجام می شود

روش ۴)، (m/min)

RT : کل زمان استراحت دستگاه در هر دور برای تغییر جهت حرکت دستگاه، سوخت رسانی، جابجایی شلنگها و ...

(min)

CT: زمان مجاز در هر دور آبیاری برای خشک شدن سطح خاک (قبل از حرکت مجدد بر روی آن) و در نظر گرفتن پیشامدهای دیگر (min)

$$I = \frac{d \times R_e}{60T_a} \quad (15,3) \quad [14,3]$$

$$I = \frac{L_f}{w} \times \frac{d' \times R_e}{T} \quad (15,4 a) \quad [14,4 a]$$

$$I = \frac{L_f}{w} \times \frac{K \times Q_s \times R_e}{L \times L_f} \quad (15,4 b) \quad [14,4 b]$$

I: متوسط شدت پاشش (mm/hr)

d: عمق ناخالص آبیاری (mm)

R_e : قسمت مؤثر آب اعمال شده بر زمین (اعشار)

T_a : زمان آبیاری (hr)

w: عرض الگوی مرطوب شده آبپاشها (m)

K: ثابت تبدیل واحد، مشابه رابطه ۱۵,۱.

[۱۴,۵ ، ۱۴,۶ ، ۱۴,۷]: برای هر دو نوع سیستم مشابه هستند.

[۱۴,۸]: برای هر دو نوع سیستم مشابه است، بجز اینکه زیرنویس [حذف می شود.

$$LET = I = \frac{100 \times L_f \times k_f k_c ET}{w \times T \times DE_{pa}} \quad (15,5) \quad [14,9]$$

LET: نمایه شدت پاشش که بستگی دارد به طول زمین، و دیگر اجزاء معادله ۱۴,۹.

[۱۴,۱۰ تا ۱۴,۱۵]: برای هر دو نوع سیستم عقربه ای و خطی (که تنها در یک جهت آبیاری می کند و در آن $T_{cx} =$

$L_f/60V_i$) یکسان هستند. با این وجود، از آنجاییکه (بر خلاف سیستم عقربه ای) در نظر گرفتن دور آبیاری خیلی

کوتاه در سیستم متحرک خطی، پر هزینه و مشکل ساز می باشد، $MAD_a = 30\%$ را برای خاکی با بافت سنگین تا

متوسط و $MAD_a = 40\%$ را برای خاک سبک در نظر می گیریم (در رابطه ۱۴,۱۰).

$$d_n = \frac{K \times Q_s \times T_w \times DE_{pa} \times R_e}{6000L \times L_f} \quad (15,6) \quad [14,16]$$

d_n : عمق خالص آبیاری (mm)

T_w : کل زمان آبیاری در هر دور رفت و برگشت لاترال (min)

DE_{pa} : راندمان توزیع آبپاش برای درصد کفایت آبیاری معلوم، pa ، (%)

K: ثابت تبدیل واحد، مشابه رابطه ۱۵,۱.

[۱۴,۱۷ و ۱۴,۱۸]: برای سیستم عقربه ای و سیستم خطی که تنها در یک جهت آبیاری می کند با فرض های زیر

یکسان است:

$$T_c = \frac{L_f}{60V_i} \quad \text{زمان مورد نظر برای طی کردن طول مزرعه در حال انجام آبیاری.}$$

$$(T_c)_n = \frac{L_f}{60V_r} \quad \text{حداقل زمان مورد نیاز برای طی کردن طول مزرعه.}$$

$$V_i = \frac{PT \times L_f}{6000(T_c)_n} = \frac{PT \times V_f}{100} \quad (15,7) \quad [14,19]$$

PT: درصدی از زمان که موتورهای محرک دستگاه روشن هستند (سرعت دستگاه)، (٪)

$$q = \frac{Q_s \times S_e}{L} \quad (15,8 a) \quad [14,20 a]$$

q: دبی مورد نظر برای تمامی خروجی ها در طول لاترال (L/s)

S_e : فاصله بین خروجی های لاترال (m)

$$q_g = \frac{L_f(L-L')}{L \times L'} Q_s \quad \text{for } L' > 0.97L \quad (15,8 b) \quad [14,20 b]$$

q_g : دبی آبیاش انتهایی با دایره مرطوب شده ناقص (L/s)

L' : طول واقعی لاترال (m)

[14,21 تا 14,24]: در لاترالهای متحرک خطی کاربردی ندارند.

[14,25 a]: برای لاترالهای متحرک خطی و لاترالهایی که در حال آبیاری حرکت نمی کنند یکسان است که:

$$h_f = JF \frac{L}{100} \quad (15,8 a)$$

[14,25 b]: برای هر دو نوع سیستم عقربه ای و خطی یکسان است.

$$h_{fj} = h_f \left[1 - \left(\frac{L-l_j}{L} \right)^{2.852} \right] \quad (15,9) \quad [14,26 a \text{ و } b]$$

h_{fj} : افت اصطکاکی از ابتدای لاترال تا طول l_j (m)

h_f : کل افت اصطکاکی از رابطه 15,8 a (m)

l_j : فاصله خطی از ورودی لاترال تا خروجی مورد نظر (m)

[14,27 a و b]: برای هر دو نوع سیستم عقربه ای و خطی یکسان است.

[14,27 c]: بار فشار متوسط در هر خروجی در طول لاترال متحرک خطی برابر است با:

$$(H_j)_{av} = (H_n + h_f + \Delta E l_x) - h_{fj}$$

$$(H_j)_{av} = H_l - h_{fj} - (\Delta E l_j)_{av} \quad (15,10)$$

$(H_j)_{av}$: بار فشار متوسط در هر فاصله ای در لاترال خطی، l_j ، از بازوی لاترال (ابتدای لاترال)، (m)

H_n : حداقل بار فشار مطلوب و مورد نظر در انتهای لاترال (m)

$\Delta E l_x$: حداکثر اختلاف ارتفاع بین ورودی و انتهای لاترال (m)

$(\Delta E l_j)_{av}$: متوسط اختلاف ارتفاع سطح زمین بین ورودی لاترال و هر فاصله ای در لاترال، l_j ، (m)

H_l : بار فشار مورد نیاز در ورودی لاترال (در بازوی لاترال) در بالای برج کنترل (m)

برای سیستم های متحرک خطی با تغذیه کانالی، H_l تقریباً ثابت است. زیرا تغییرات ارتفاع در طول کانال بسیار ناچیز است. با این وجود، در سیستم های با تغذیه شلنگی یا خودکار، اختلاف بار فشار ناشی از اصطکاک لوله و تغییرات

ارتفاع در طول خط اصلی باید در نظر گرفته شود و H_I نیز باید به صورت متوسط بار فشار در ورودی لاترال در رابطه ۱۵,۱۰ قرار داده شود .

[۱۴,۲۸ تا ۱۴,۳۰] : برای هر دو نوع سیستم عقربه ای و متحرک خطی یکسان هستند . اما ، سیستم های خطی (لینیر) تنها می توانند در زمینهای دارای اختلاف ارتفاع (شیب) جزئی بکار روند . همچنین فاقد قسمت گوشه پاش یا آبپاش انتهایی هستند . بنابراین ، تجهیزات کنترل جریان در مورد سیستم های خطی با تغذیه کانالی مورد نیاز نمی باشند . برای سیستم های شلنگی و خودکار ، تغییرات فشار بین خروجی های واقع بر روی لوله (خط) اصلی ممکن است به اندازه ای باشد که نیاز به کنترل شدت جریان در ورودی یا هر نقطه ای از لاترال حس شود .

[۱۴,۳۱ تا ۱۴,۳۵] : در سیستم های خطی کاربرد ندارند .

[۱۴,۳۶ تا ۱۴,۳۸] : با روابط ۶,۱ و ۶,۲ جایگزین می شوند . زیرا هر قوطی نماینده مساحت یکسانی از کل مساحت تحت آبیاری می باشد .

$$CU_{Im} = CU_l CU_t / 100 \quad (15,11) \quad [14,39]$$

CU_{Im} : ضریب یکنواختی مرکب لاترال متحرک خطی (%)

CU_l : ضریب یکنواختی خطی در طول لاترال متحرک خطی (%)

CU_t : ضریب یکنواختی در مسیر حرکت لاترال در زیر قسمت میانی لاترال متحرک خطی (%)

طراحی سیستم

روشهایی که در طراحی سیستم های متحرک خطی استفاده می شوند ، تقریباً مشابه روشهای طراحی سیستمهای عقربه ای در فصل ۱۴ می باشند . با این تفاوت که در سیستم های خطی ، قسمت گوشه پاش وجود نداشته و شیب زمین نیز بسیار جزئی می باشد . این موضوع باعث حذف پیچیدگی های مرتبط با قطع و وصل شدن متناوب سیستم گوشه پاش یا آبپاش انتهایی و همچنین ، تغییرات قابل توجه ارتفاع می گردد .

همانطور که گفته شد ، تنها ۱۰ رابطه از ۳۹ رابطه ای که برای طراحی سیستم های عقربه ای ارائه شده بود ، در این قسمت و برای سیستم های خطی استفاده می شوند . علاوه بر این ، روابط $a_{15,2}$ و $b_{15,2}$ که مرتبط با متوسط زمان آبیاری می باشند ، تنها روابطی هستند که کاملاً مختص سیستم متحرک خطی می باشند . زیرا زمانهای استراحت (سکون) غیر قابل اجتناب سیستم (برای تعمیرات ، بازرسی و ...) باید در نظر گرفته شوند . این زمانها ممکن است تا ۲۵ درصد از کل زمان موجود در یک دور آبیاری را به خود اختصاص دهند .

مثال ۱۵,۱ : تعیین ظرفیت و شدت پاشش در سیستم متحرک خطی با تغذیه شلنگی .

اطلاعات : یک زمین مستطیلی شکل به مساحت $50 A$ تحت کشت ذرت و با ابعاد 400 متر (عرض) در 1250 متر (طول) ، همانند شکل ۱۵,۱ ، قرار است تحت آبیاری با سیستم متحرک خطی شلنگی مجهز به آبپاشهای ضربه ای کم فشار قرار گیرد .

حداکثر نیاز آبی : $U_d = 7 \text{ mm/day}$

درصد مورد نظر کفایت آبیاری : $pa = 80\%$

عرض الگوی مرطوب شده آبشها : $w = 20 \text{ m}$

درصد مؤثر از آب اعمال شده : $Re = 94\%$

نیاز آبیاری : $LR < 0.1$

زمان استراحت برای هر بار تغییر شیر هیدرانت (شیر آبگیر) و تغییر جهت لاترال ۲۰ دقیقه می باشد .

یکنواختی کاربرد مورد انتظار : $CU_{lm} = 92\%$

دور آبیاری پیش بینی شده : $2/5 < f < 5 \text{ day}$

حداکثر سرعت حرکت لاترال ، $V_r = 2 \text{ m/min}$

فاصله شیرها در طول خط اصلی : 210 m

آبیاری در حال حرکت سیستم و تنها در یک جهت مورد نظر است .

مطلوب است : ظرفیت و متوسط شدت پاشش مورد نیاز .

محاسبات : ظرفیت سیستم و شدت پاشش ، هردو به متوسط زمان آبیاری در هر روز ، T ، بستگی دارند . این پارامتر تابعی از دور آبیاری ، f ، و سرعت حرکت لاترال در حین آبیاری ، V_i ، می باشد که هردو نامشخص می باشند . بنابراین ، ابتدا باید f را انتخاب کرده و T را محاسبه کنیم .

با استفاده از رابطه $14,10$ با مقدار $MAD_a = 30\%$ (به جای مقدار 20% درصد که در سیستم عقربه ای در مثال $14,6$ استفاده شد) ، حداکثر دور آبیاری را محاسبه می کنیم :

$$f_x = \frac{0.24 \times 30 \times 167 \times 0.6}{7.5} = 96 \text{ hr}$$

پس حداکثر دور آبیاری 4 روز می باشد . اما دور آبیاری $f = 3/5 \text{ days}$ انتخاب خواهد شد . زیرا این دور آبیاری باعث می شود تا دقیقاً در هر هفته دو بار آبیاری انجام گیرد .
روش برآورد مقدار T به صورت زیر است :

با توجه به فاصله 208 متری شیرهای هیدرانت و کل زمان استراحت $RT = 8 \times 20 = 160 \text{ min}$ ، زمان بازگشت سیستم $L_f / V_r = 1250 \div 2 = 625 \text{ min}$ و با فرض دور آبیاری $3/5$ روزه (5040 دقیقه) و همچنین مقدار $CT = 0$ ، مقدار T از رابطه $15,2$ محاسبه می شود :

$$T = 24 \times (5040 - 625 - 160) / 5040 \approx 20 \text{ hr}$$

برای تعیین ظرفیت سیستم ، Q_s ، عمق ناخالص آبیاری روزانه ، d' ، مورد نیاز است . از رابطه $14,1$ با مقدار $1/05 = k_f$ (از جدول $14,1$ برای دور آبیاری حدود 3 روز) و $DE_{80} = 92\%$ (از جدول $6,2$ برای داده های موجود) و $O_e = 1$:

$$d' = \frac{100 \times 10.5 \times 7}{92 \times 0.94 \times 1} = 8.5 \text{ mm}$$

و ظرفیت مورد نیاز سیستم محاسبه می شود :

$$Q_s = \frac{L \times L_f \times d'}{K \times T} = \frac{400 \times 1250 \times 8.5}{3600 \times 20} = 59 \text{ L/s} \quad (15,1)$$

متوسط شدت پاشش از رابطه (۱۵,۱ a) تعیین می گردد :

$$I = \frac{L_f}{w} \times \frac{d'R_e}{T} = \frac{1250}{20} \times \frac{8.5 \times 0.94}{20} = 25 \text{ mm/hr} \quad (15,4)$$

مثال ۱۵,۲: بررسی کیفیت عملکرد آبیاشهای انتخاب شده در یک سیستم بارانی متحرک خطی براساس اطلاعات نفوذ آب در خاک .

اطلاعات: همانند مثال ۱۵,۱ و مربوط به شکل ۱۴,۸ .

ذخیره سطحی، $SS = 2/84 \text{ mm}$ (از مثال ۱۴,۴)

مطلوب است: حداقل سرعت حرکت لاترال به نحوی که ایجاد رواناب نشود و همچنین، سرعت حرکت لاترال به نحوی که فرضیات طراحی را تأمین کند. سپس بررسی نتایج و تعیین حداکثر عمق آبیاری که سیستم می تواند در هر دور آبیاری و تحت شرایط فوق العاده اعمال کند.

محاسبات: از شکل ۱۴,۸، ضرایب رگرسیون برای عمق نفوذ کرده، d_i ، تحت شدت پاشش ثابت آبیاش برابر هستند با $k_p = 2/924$ و $p = 0/52$. برای $I = 25 \text{ mm/hr}$ ، زمان آبیاری، T_a ، به نحوی که از ذخیره سطحی کاملاً استفاده کند به صورت زیر و با روش سعی و خطا محاسبه می شود. در نهایت، عدد $T_a = 71 \text{ min}$ انتخاب می گردد:

$$SS \approx \frac{25 \times 71}{60} - 2.924 \times (71)^{0.52} = 2.75 \text{ mm} \quad (14,8)$$

فاصله عرض مرطوب شده آبیاشها، $w = 20 \text{ m}$ ، باید در زمان ۷۱ دقیقه توسط لاترال طی شود. در نتیجه، حداقل سرعت حرکت لاترال (که سرعت های بیش از آن موجب رواناب نمی شوند) بدست می آید:

$$(V_i)_n = \frac{20}{71} = 0.28 \text{ m/min}$$

ظرفیت سیستم برای برآورد نیاز آبی محصول در دوره حداکثر مصرف و با متوسط زمان آبیاری روزانه $T = 20 \text{ hr}$ محاسبه می شود. بنابراین، اگر V_i که منجر به $T = 20 \text{ hr}$ (از رابطه ۱۵,۲ a) می شود بزرگتر از $0/28 \text{ m/min}$ باشد، آبیاشهای انتخاب شده با عرض مرطوب شده $w = 20 \text{ m}$ مناسب هستند.

برای بررسی عملکرد سیستم، ابتدا مقدار دقیق زمان لازم برای در نظر گرفتن پیشامدهای غیر منتظره، CT ، را با در نظر گرفتن $T = 20 \text{ hr}$ و برای دور آبیاری $3/5$ روز (۵۰۴۰ دقیقه) تعیین می کنیم. این کار با دوباره نویسی رابطه ۱۵,۲ a برای محاسبه CT صورت می پذیرد:

$$CT = f - \frac{L_f}{V_r} - RT - f'(T/24) \quad (15,2 a')$$

$$CT = 5040 - 625 - 160 - 5040 \times 20/24 = 55 \text{ min}$$

سپس سرعت دقیق حرکت لاترال که منجر به پارامترهای فوق می شود از رابطه ۱۵,۲ a تعیین می شود:

$$V_i = \frac{L_f \left[\left(\frac{24}{T} \right) - 1 \right]}{\left(\frac{L_f}{V_r} + RT + CT \right)} = \frac{1250 \left[\left(\frac{24}{20} \right) - 1 \right]}{(625 + 160 + 55)} = 0.298 \text{ m/min}$$

(۱۵,۲ a")

از آنجاییکه این مقدار بزرگتر از حداقل سرعت مجاز لاترال، یعنی $(V_i)_n = 0.28 \text{ m/min}$ می باشد، پس انتخاب عرض مرطوب شده $w = 20 \text{ m}$ قابل قبول است.

صحت طراحی صورت گرفته به ۲ روش بررسی می شود. ابتدا از رابطه 15.2 a استفاده کرده و پارامترهای $T = 20 \text{ hr}$ و $f = 3/5 \text{ days}$ را تأیید می کنیم. سپس از رابطه 15.6 که برای زمان آبیاری در هر دور آبیاری استفاده می شود:

$$T_w = 1250 / 0.298 = 4195 \text{ min}$$

که منجر به اعمال عمق خالص آبیاری زیر می گردد:

$$d_n = \frac{3600 \times 59 \times 4195 \times 92 \times 0.94}{6000 \times 400 \times 1250} = 25.7 \text{ mm}$$

با اتخاذ دور آبیاری $f = 3/5 \text{ days}$ ، $k_f = 1/0.5$ و $U_d = 7 \text{ mm/day}$ ، عمق خالص مورد نیاز در هر آبیاری به صورت زیر خواهد بود:

$$d_n = 3.5 \times 1.05 \times 7 = 25.7 \text{ mm}$$

در شرایط فوق العاده، سیستم باید توانایی آبیاری در طول زمان بازگشت به ابتدای مزرعه را داشته باشد و در این مورد، می توانیم مقدار زمان در نظر گرفته شده برای پیشامدهای احتمالی را، CT ، صفر در نظر بگیریم. این کار باعث افزایش d_n به مقدار تقریبی 29.6 mm در هر دور آبیاری می شود. با اینحال، f^* را نیز به میزان زمان مورد نیاز برای جابجایی شلنگ در طول مسیر بازگشت به ابتدای مزرعه منهای زمان مجاز CT قبلی (۵۵ Min)، افزایش می دهد. پس، f^* در حدود ۲۵ دقیقه افزایش پیدا می کند.

$$4 \times 20 - 55 = 25 \text{ min}$$

عرض مرطوب شده مورد نیاز

معمولاً عرض مرطوب شده آبیاری، w ، و متوسط زمان آبیاری روزانه مفروض، T ، نمی توانند بر شرایط واقعی محل بطور دقیق منطبق شوند. بنابراین، ساده تر و سریع تر است که مستقیماً مقدار w مورد نیاز را برای شرایط مزرعه و به نحوی که رواناب ایجاد نشود تعیین کنیم.

همانطور که در مثال ۱۵,۱ مشخص شد، ابتدا باید دور آبیاری انتخاب شود که در رابطه ۱۴,۱۰ بگنجد. سپس با تغییر رابطه ۱۵,۲، مقدار مناسبی برای T تعیین می شود. سرعت حرکت لاترال متناسب با این زمان در حین آبیاری، V_i ، با استفاده از مقدار T و رابطه ۱۵,۲ محاسبه می شود.

حداقل عرض مرطوب شده مورد نیاز، w ، که ایجاد رواناب نیز نمی کند، در صورتی که اطلاعات مربوط به آزمایشهای نفوذ (زمان ماندابی شدن خاک) در اختیار باشد، بصورت مستقیم تعیین می شود. با جایگزین کردن مقدار I در جزء اول رابطه ۱۴,۸ با رابطه ۱۵,۳ (بعد از ترکیب آن با رابطه ۱۴,۱ ضربدر مقدار f^*)، حداقل عرض مرطوب شده آبیاریها

به دست می آید. سپس، برای T_a ، w/V_i را در جزء دوم رابطه ۱۴,۸ قرار داده و رابطه را برای محاسبه w بازنویسی می کنیم:

$$(w)_n = V_i \left(\frac{100 \times k_f \times U_d \times f'}{k_p \times DE_{pa}} - \frac{SS}{k_p} \right)^{1/p} \quad (15,12)$$

$(w)_n$: حداقل عرض مرطوب شده آبشها برای جلوگیری از ایجاد رواناب در سیستم خطی (m)

V_i : سرعت حرکت لاترال در حین آبیاری (m/min)

k_f : عامل دور آبیاری برای تعدیل نیاز آبی محصول در دوره های آبیاری طولانی، از جدول ۱۴,۱ (اعشار)

U_d : متوسط نیاز آبی گیاه در ماه حداکثر مصرف (mm)

f' : دور آبیاری ($days$)

SS : ذخیره سطحی (mm)

p : توان رابطه رگرسیونی نفوذ که بستگی به مشخصات خاک و آب در زمان آزمایش دارد.

k_p : ضریب رابطه رگرسیونی نفوذ که بستگی به مشخصات خاک و آب در زمان آزمایش دارد.

DE_{pa} : راندمان توزیع آبشها بر اساس کفایت آبیاری مشخص، pa ، (%)

حداقل عرض مرطوب شده آبشها که از ایجاد رواناب جلوگیری می کند، برای مثالهای ۱۵,۱ و ۱۵,۲، m ۱۸/۸ محاسبه می شود که کمی کمتر از مقدار $w = 20$ می باشد که در مثال ۱۵,۲ قابل قبول محسوب گردید. این تفاوت پیش بینی می شد، زیرا نسبت بین $V_i = 0.298$ m/min و $(V_i)_n = 0.28$ m/min برابر نسبت بین دو مقدار بدست آمده برای w می باشد:

$$\frac{20}{18.8} \approx \frac{0.298}{0.28}$$

مقدار w مورد نیاز که برای شرایط کاری سیستم انتخاب می شود، ممکن است بزرگتر از مقدار مطلوب یا عملی آن باشد. اگر اینگونه باشد، شاید نیاز باشد تا تغییرات دیگری نیز اعمال شود:

- می توانیم f' را کاهش دهیم،
 - می توانیم T را با آبیاری پیوسته در هر دو جهت افزایش دهیم،
 - می توانیم طول زمین تحت آبیاری، L_f ، را کاهش دهیم.
- می توانیم رابطه ۱۵,۱۲ را برای استفاده در لاترال های عقبه ای و با تعویض V_i با سرعت حرکت لاترال در هر خروجی در فاصله I_j از نقطه چرخش سیستم، V_j ، تغییر دهیم. مقادیر V_j از رابطه زیر قابل محاسبه اند:

$$V_j = \frac{(2\pi r_j)}{(\text{Minutes per cycle})}$$

دانستن حداقل عرض مورد نیاز، $(w_j)_n$ ، برای هر خروجی لاترال عقبه ای، در زمان طراحی مشخصات نازلها می تواند مفید باشد. برای مثال، در زمان استفاده از آبشهای فواره ای، می توانیم نیاز به استفاده از بوم یا طول آن را برای هر خروجی تعیین کنیم.

دیگر روشهای طراحی

روشهای استفاده شده برای طراحی مشخصات نازلها مشابه روشهایی هستند که در آنها، اندازه نازلها به نحوی انتخاب می شود که دبی مورد نظر در فشار موجود تأمین شود. با اینحال، از آنجاییکه هر خروجی در طول لاترال متحرک خطی، فاصله یکسانی را طی می کند، دبی از هر یک از آنها نیز یکسان خواهد بود. پس، هیدرولیک لاترالهای خطی، مشابه سیستم های بارانی ثابت می باشد (به فصل ۹ مراجعه کنید).

سیستم های آبیاری بارانی متحرک خطی عموماً در زمینهایی که در طول لاترال دارای اختلاف ارتفاع جزئی می باشند مورد استفاده قرار می گیرند. بنابراین، به سادگی و با جبران افت فشار در طول لوله به دلیل اصطکاک، می توانیم در طول لاترال به دبی های یکنواختی دست پیدا کنیم. این کار با استفاده از نازلهای بزرگتر در قسمتهای دورتر (نزدیک به انتهای لاترال) صورت می پذیرد.

روش انتخاب قطر لوله به روش اقتصادی که برای سیستمهای عقربه ای ارائه گردید، برای لاترالهای خطی نیز قابل کاربرد است. از آنجاییکه دبی در طول لاترال خطی یکنواخت می باشد (در مقایسه با سیستم های آبیاری بارانی عقربه ای که هر چه به سمت انتهای لاترال می رویم، دبی آبپاشها تغییرات بیشتری پیدا می کنند)، در لاترالهای متحرک خطی شانس بیشتری برای استفاده از قطر لوله های کوچکتر (در مقایسه با سیستم های عقربه ای) وجود دارد.

۱۶- سیستم های آبیاری بارانی چند منظور و کاربردهای ویژه

هر دو نوع سیستم های آبیاری بارانی و قطره ای را می توان به صورت چند منظوره و برای کاربرد مواد شیمیایی کشاورزی به همراه آب آبیاری بکار برد. این کار را در کل، شیمآبیاری (Chemigation) می نامند. شیمآبیاری شامل تزریق کودها، علف کشها، حشره کش ها، قارچ کش ها و نماتد کش های محلول در آب به داخل سیستم آبیاری می باشد. این کار را زمانیکه کودهای کشاورزی به داخل سیستم تزریق می شوند، کود آبیاری (Fertigation) می نامیم که یکی از مهمترین کاربردهای ویژه سیستم های آبیاری بارانی و قطره ای می باشد. دیگر انواع شیمآبیاری عبارتند از، علف کش آبیاری (Herbigation) و سم آبیاری (Insectigation و Nemigation). برای این منظور، لاترالهای ثابت یا متحرک دائمی و بخصوص سیستم های عقربه ای، بطور موفقیت آمیزی استفاده شده اند. با این وجود، سیستم های قطره ای و بارانی با جابجایی متناوب چندان با این نوع کاربردها سازگاری ندارند. محافظت در برابر یخبندان (Frost Protection)، تأخیر در شکوفه دهی (Bloom delay)، کنترل خرداقلم (Microclimate control) و استفاده از هرزآبها (Disposing of waste waters)، مهمترین کاربردهای ویژه سیستم های آبیاری بارانی می باشند. برخی استفاده های ویژه دیگر از این قبیل سیستم ها عبارتند از: دفع آتش سوزی، خنک کردن هوا (Air Cooling) و کنترل گرد و غبار در پرورشگاه های طیور.

کودآبیاری (Fertigation)

کودآبیاری، که عبارت است از حل کردن کودهای محلول در آب و کاربرد آنها از طریق سیستم های آبیاری بارانی یا قطره ای، روشی بسیار اقتصادی، ساده و مؤثر است. حداقل تجهیزات مورد نیاز است و به محض اینکه دستگاه ها برای اضافه کردن کودها به آب آبیاری آماده شدند، گیاه تحت آبیاری، بدون کمترین کار اضافه کوددهی نیز می شود. در مناطق خشک، کودآبیاری برای حاصلخیزی کافی محصول ضروریست. بخصوص استفاده از کودهای نیتروژن و برای مزارعی که توسط سیستم های قطره ای یا قطره ای زیرسطحی آبیاری می شوند. زیرا کودهای خشک که در سطح زمین رها می شوند، همراه با آب آبیاری به سمت منطقه ریشه حرکت نخواهند کرد. کودهای نیتروژن و دیگر کودهایی که سرعت جابجایی آنها کند است، باید در زمان کاشت در خاک ادغام شوند. اما تنها در مناطقی این ادغام صورت گیرد که به خوبی توسط باران یا آب آبیاری مرطوب می شوند. این کار در مناطق گرم و خشک بسیار مشکل است. زیرا حجم کمی از خاک توسط سیستم های قطره ای مرطوب می شود.

استفاده از آبیاری قطره ای یا بارانی برای توزیع کودهای کشاورزی دارای مزایایی می باشد. اول، هم آبیاری و هم کوددهی با نیروی کارگری که تنها کمی بیشتر از نیروی کارگری مورد نیاز برای آبیاری تنها می باشد، صورت می پذیرند. این موضوع به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک حائز اهمیت است. زیرا باعث می شود که آبیاری و کوددهی هم زمان شوند. دوم، معمولاً می توان کنترل دقیقی برروی عمق جایگزینی کود و همچنین برروی توزیع جانبی آن داشت.

نفوذ کودهای کشاورزی به خاک بوسیله زمان کاربرد این کودها (نسبت به کل زمان آبیاری) تنظیم می شود. یکنواختی توزیع کود، تنها می تواند در حد یکنواختی توزیع آب باشد. اگر سیستم آبیاری به خوبی طراحی و بهره برداری شود، یکنواختی توزیع آب و کود در حد قابل قبولی خواهد بود.

ترکیب کودهای کشاورزی

بسیاری از کودهای خشک، مایع یا محلول در آب برای استفاده به همراه سیستم های آبیاری بارانی و قطره ای ساخته شده اند. مهمترین معیارهایی که در انتخاب مواد موجود در این کودها مدنظر قرار می گیرند، قابلیت انحلال، سهولت کاربرد و هزینه آنها می باشند.

کودهای مایع حاوی مواد مغذی به صورت محلول می باشند. پس استفاده از آنها به همراه پمپ یا با جریانهای ثقلی و استخراج آنها از تانکهای بزرگ برای تزریق در آب آبیاری بسیار ساده است. کودهای مایع ممکن است حاوی مواد مغذی ساده یا مرکب نیتروژن، فسفر یا پتاسیم باشند.

انواع مختلفی از کودهای جامد (خشک) قابل انحلال در آب وجود دارند. کودهای خشک ممکن است با اختلاط در آب آبیاری در یک تانک مجزا (به نسبت ۱ کیلوگرم کود در برابر ۸ لیتر آب) و سپس پمپاژ شدن به درون لوله های آبیاری استفاده شوند و یا ممکن است با انحراف قسمتی از جریان به سمت ظرف حاوی کود و انحلال کود در آب آبیاری مورد استفاده قرار گیرند.

متأسفانه در رابطه با تزریق مواد شیمیایی به درون آب آبیاری مسائلی وجود دارد که در ادامه مورد بحث و بررسی قرار می گیرند.

تجهیزات تزریق کود

بسیاری از کودهای تجاری و مواد اصلاح خاک نسبت به تجهیزات سیستم آبیاری، خوردگی داشته و احتمال اینکه برای برگهای گیاه سمی باشند نیز وجود دارد. ترتیب تقریبی میزان آسیب پذیری مواد بکاررفته در سیستم های آبیاری در برابر این مواد به این صورت است: فولاد گالوانیزه، برنز، برنج زرد، آلومینیوم، و فولاد ضدزنگ. محافظت از اجزاء سیستم آبیاری به روشهای مختلفی صورت می پذیرد. از جمله، رقیق کردن کود، به حداقل رساندن زمان تماس کود با اجزاء سیستم و آبشویی کودهای باقی مانده از سیستم.

زمانیکه عوامل خورنده بصورت پیوسته به سیستم تزریق می شوند، اجزاء سیستم باید با احتیاط انتخاب شوند. شیرها و اتصالات فلزی نسبت به خوردگی مواد شیمیایی نسبت به اجزاء پلاستیکی از حساسیت بیشتری برخوردارند. برای جلوگیری از مشکلات احتمالی در زمان تزریق اسید به سیستم، شیرهای کنترل پلاستیکی مورد استفاده قرار گرفته و قسمت های فلزی (به جز قسمتهایی که از فولاد ضدزنگ ساخته شده اند) بصورت برهنه مورد استفاده قرار نخواهند گرفت.

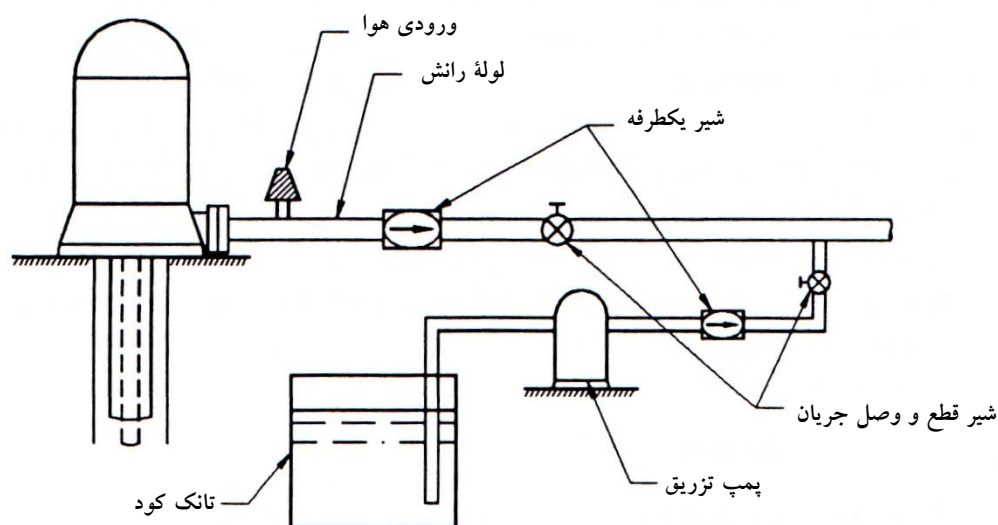
تزریق کود

ورود مواد شیمیایی در قسمت مکش پمپ یک روش ساده تزریق این مواد به سیستم آبیاری می باشد. با اینحال، این روش توصیه نمی شود. زیرا می بایست از آلودگی منبع آب جلوگیری شود که با این روش، امکان پذیر نیست (مگر اینکه پمپاژ از یک مخزن ایزوله شده صورت گیرد). علاوه بر این، مواد خورنده ممکن است صدماتی به اجزاء پمپ وارد کنند. همچنین کنترل شدت ورودی مواد شیمیایی به سیستم نیز مشکل است. روش مطلوب برای تزریق کود و مواد شیمیایی دیگر به سیستم، استفاده از پمپهای تزریق یا تجهیزات ایجاد اختلاف فشار می باشد.

پمپاژ، بهترین روش برای تزریق مواد به داخل سیستم های آبیاری بارانی و قطره ای می باشد (شکل ۱۶،۱ را ببینید).

پمپ، مواد شیمیایی محلول را از یک تانک بزرگ مکیده و به داخل سیستم تزریق می کند.

اگر سیستم انتقال آب دچار اشکال، ممکن است آب به سوی منبع بازگشت کند. آبی که حاوی مواد شیمیایی می باشد نباید به سوی منبع آب حرکت کند (زیرا باعث آلودگی آن می شود). برای جلوگیری از این اتفاق، یک ورودی هوا و یک شیر یکطرفه در خط لوله اصلی آبیاری و در بالادست جایگاه مواد شیمیایی به سیستم تزریق می شوند نصب می گردد (شکل ۱۶،۱ را ببینید). یک شیر یکطرفه دیگر نیز باید بر روی لوله انتقال کودها نصب شود تا از سرریز کردن آب از تانک حاوی کود (در صورت خراب شدن پمپ) جلوگیری کند. آخرین اقدام احتیاطی، اتصال پمپ تزریق کود به پمپ آبیاری به منظور جلوگیری از تزریق کود در صورت خراب شدن پمپ آبیاری می باشد.

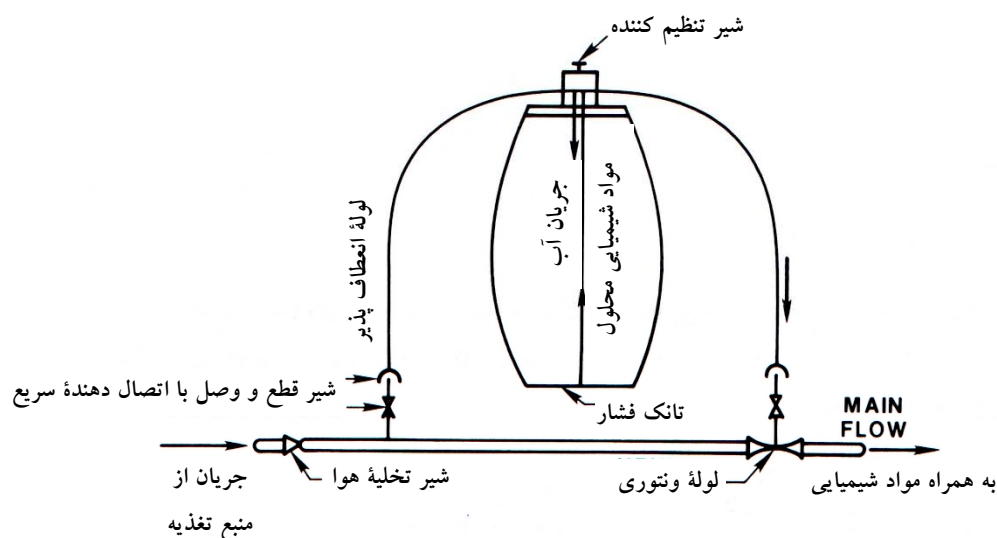


شکل ۱۶،۱ / روش اضافه کردن کود به یک پمپ توربینی برقی با استفاده از تانک تزریق کود.

می توانیم آب تحت فشار را با استفاده از یک پمپ دیافراگمی یا پیستونی که دارای سطح مقطع بزرگتری نسبت به پیستون تزریق کود می باشد، به پمپ تزریق منحرف کنیم. بنابراین، پمپ تزریق کود، مواد شیمیایی را تحت فشاری بالاتر از فشار آبی که وارد آن می شود به سیستم تزریق می کند. قسمت کوچکی از آب نیز که برای به حرکت درآوردن پمپ نیاز است (۲ تا ۳ برابر حجم کود تزریق شده) از سیستم حذف می شود.

برای تزریق مواد شیمیایی به سیستم آبیاری، می توانیم از سیستم های اختلاف فشار نیز استفاده کنیم. در یک سیستم اختلاف فشار معمولی، تانک کود، تحت فشاری برابر با فشار خط اصلی سیستم آبیاری می باشد. یک لوله وانتوری،

اختلاف فشاری را بین دو نقطه در طول خط اصلی (با تلفات انرژی کم) ایجاد می کند . یک تنظیم کننده فشار یا شیردریچه دار به منظور ایجاد اختلاف فشار مورد نظر (در حدود ۱/۵ m) برای تزریق مواد شیمیایی استفاده می شود . مواد شیمیایی که باید به سیستم تزریق شوند ، در تانک کود که ورودی آن به خط اصلی سیستم آبیاری متصل است تحت فشار قرار گرفته و خروجی تانک نیز به گلوگاه قسمت وانتوری شکل سیستم تزریق کود مرتبط می شود (شکل ۱۶،۲ را ببینید) . اختلاف فشار باعث می شود تا آب به داخل تانک جریان یابد . نصب یک وسیله اندازه گیری جریان برای کنترل شدت جریان و مقدار کود ورودی به سیستم حائز اهمیت است . این اندازه گیری با استفاده از شیرهای دقیق و تنظیم کننده هایی که با اختلاف فشار کار می کنند و بر روی لوله تزریق نصب می شوند صورت می پذیرد .



شکل ۱۶،۲ / سیستم تزریق کود به روش اختلاف فشار.

سیستم های تزریق کود به روش اختلاف فشار هیچ بخش متحرکی نداشته و نیاز به منبع نیروی جداگانه ای ندارند . علاوه براین ، در اغلب سیستم ها ، ارزانتر از پمپهای تزریق کود می باشند . مهمترین عیب این سیستم ها این است که استفاده از تانکهای بزرگ و مقاوم در برابر خوردگی و قادر به تحمل فشارهای بالا ، گران تمام می شود . بنابراین ، معمولاً از تانکهای کوچک که نیاز به نیروی کارگری بیشتری دارند استفاده می شود .

ملاحظات دیگر

برخی کودها و مواد شیمیایی نیازمند زمان هستند تا واکنش نشان داده و با آب مخلوط شوند . این قبیل مواد شیمیایی باید به خوبی به هم زده شوند تا کاملاً با آب مخلوط گردند . سیستم تانک اختلاط به حجم کوچکی از مواد شیمیایی اجازه می دهد تا در زمان نسبتاً طولانی به سیستم اضافه شود . همچنین این نوع سیستم های اختلاط امکان اختلاط همزمان یا متوالی مواد شیمیایی دیگر را نیز فراهم می سازند .

ظرفیت تانک کود یکی از ملاحظات مهم سیستم تزریق می باشد . امکان کاربرد تانکهای بزرگ و ارزان قیمت در جایی که از سیستم تزریق با پمپ استفاده می شود وجود دارد . یک تانک کود بزرگ مکان مناسبی برای ذخیره کودها برای

دوره های کم آبی در اختیار قرار داده و نیاز کارگری را کاهش می دهد. اگر از یک تانک بزرگ استفاده می شود، یک شیر قطع و وصل خودکار، کنترل مقدار کود تزریق شده را آسانتر می سازد. در سیستم آبیاری قطره ای، برای کاهش احتمال گرفتگی قطره چکان ها، باید سیستم تزریق کود قبل از فیلترها نصب شود.

شدت تزریق

شدتی که مواد شیمیایی به سیستم تزریق می شوند باید به دقت محاسبه گردد. این شدت بستگی دارد به غلظت کود مایع و مقدار مورد نظر از مواد مغذی که باید در طول آبیاری در اختیار گیاه قرار گیرد. شدت تزریق کود از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$q_c = \frac{F_r \times A}{c' \times t_r \times T_a} \quad (16,1)$$

q_c : شدت تزریق کود مایع به سیستم (L/hr)

F_r : مقدار ماده مغذی که باید در سیستم وجود داشته باشد (نیاز محصول) در هر نوبت آبیاری (lb/A)

A : سطح تحت آبیاری (ha)

T_a : زمان آبیاری (hr)

c' : غلظت واقعی مواد مغذی در کود مایع (kg/L)

t_r : نسبت بین زمان کوددهی به زمان آبیاری.

در سیستم های با جابجایی متناوب و سیستم های بارانی و قطره ای ثابت، مقدار A را برابر با سطحی قرار می دهیم که در هر نوبت آبیاری می شود. در مورد سیستم های متحرک دائم، $t_r = 1$ و T_a برابر است با زمان مورد نیاز برای تکمیل یک دور آبیاری که در واقع همان زمان چرخش سیستم عقربه ای می باشد.

مثال ۱۶,۱: تخمین شدت تزریق کود در یک سیستم آبیاری بارانی.

اطلاعات: یک سیستم بارانی چرخدار با ۴ لاترال که هر یک ۴۰۰ متر طول دارند و در هر نوبت، ۱۸/۲ متر حرکت می کنند طراحی شده است. همچنین، لاترال عقربه ای نیز با طول ۴۰۰ متر در کنار آن بکار می رود. کود نترات اوره (کود مایع) با ۳۲٪ نیتروژن و غلظت ۱/۳۲ kg/L برای کودآبیاری استفاده می شود. مطلوب است: محاسبه شدت تزریق کود برای ایجاد ۴۰ kg/ha مواد مغذی در هر سیستم. محاسبات: غلظت عنصر نیتروژن، N ، عبارت است از:

$$c' = 1.32 \times 32 / 100 = 0.42 \text{ kg / L}$$

برای سیستم چرخدار، مساحت تحت آبیاری با ۴ لاترال در هر استقرار برابر است با:

$$A = \frac{4 \times 400 \times 18.2}{10000} = 2.91 \text{ ha}$$

با فرض اینکه زمان هر استقرار ، $T_a = 11 \text{ hr}$ و نسبت بین زمان کوددهی به زمان آبیاری $t_r = 0.5$ در نظر گرفته شود (با در نظر گرفتن زمان مورد نیاز برای شستشوی لوله ها) ، از رابطه ۱۶،۱ شدت تزریق را محاسبه می کنیم :

$$q_c = \frac{40 \times 2.91}{0.42 \times 0.5 \times 11} = 50 \text{ L/hr}$$

برای سیستم عقربه ای ، سطح تحت آبیاری $A = 50/3 \text{ ha}$ و زمان چرخش $T_c = T_a = 24 \text{ hr}$ می باشد . در نتیجه ،

$$q_c = \frac{40 \times 50.3}{0.42 \times 1 \times 11} = 200 \text{ L/hr}$$

جلوگیری از خسارت ناشی از یخبندان

سیستم های آبیاری بارانی متحرک و ثابت را می توانیم برای جلوگیری از خسارات ناشی از یخبندان به کار ببریم . با اینحال ، تجهیزات خاصی برای این منظور مورد نیاز است . برای اینکه حفاظت کافی ایجاد شود ، لازم است که ظرفیت سیستم به اندازه ای باشد که بتواند کل مزرعه را همزمان آبیاری کند .

۲ روش برای مقابله با صدمات یخبندان وجود دارد . یکی ، محافظت از برگها ، گلها و میوه ها در برابر یخزدگی در زمان کاهش دما ، و دیگری ، خنک کردن محیط برای به تأخیر انداختن تشکیل جوانه بر روی درختان میوه تا بعد از آخرین یخبندان پیش بینی شده . روش اول را محافظت در برابر یخبندان و روش دوم را ، تأخیر در شکوفه دهی می نامیم .

محافظت در برابر یخبندان (Frost Protection)

هم آبپاشهای رودرختی و هم آبپاشهای زیردرختی برای محافظت محصول در برابر یخبندان استفاده می شوند . آبپاشهای رودرختی ، دارای چند کاربرد بوده و می توانند برخی از محصولات را تا دمای ۷ درجه سانتیگراد محافظت کنند . با اینحال ، محصول باید قادر باشد که وزن یخ تشکیل شده بر روی برگهای خود را تحمل کند . مانند سیب زمینی ، گلهای جوان ، بوته های توت فرنگی ، تاکستانها و درختهای سیب ، گیلان ، گلابی و آلو .

مایعاتی که در قسمتهای مختلف گیاه وجود دارند ، دارای نقطه انجماد پایین تری نسبت به آب معمولی هستند . زیرا غلظت نمک و قند در آنها بالاتر است . جوانه ها ، شکوفه ها ، برگها و میوه های جوان ، که در محافظت در برابر یخبندان دارای بیشترین اهمیت هستند ، قادرند دمای مرطوب بین ۱- تا ۳- درجه سانتیگراد را تحمل کنند . دمای واقعی کشنده برای این قسمتهای گیاه به نوع محصول و مرحله رشد آن بستگی دارد .



شکل ۱۶,۳ / تشکیل یخ ناشی از عملکرد سیستم آبیاری بارانی رودرختی.

تأثیر حفاظتی آبیاری بارانی اصولاً از رهاسازی 80 kcal/L گرمای نهان انجماد ناشی می شود. آب یخ زده قسمتهای مختلف گیاه را با یخ می پوشاند (شکل ۱۶,۳ را ببینید) و به این ترتیب دمای آنها را در صفر درجه سانتیگراد حفظ می کند که این دما، دمای انجماد آب خالص بوده و بالاتر از دمای کشنده برای بیشتر قسمتهای گیاه می باشد. قسمتهایی از گیاه که حفاظت می شوند، مادامی که تشکیل یخ در اطراف آنها ادامه دارد، دارای دمای صفر درجه سانتیگراد خواهند بود. با اینحال، اگر شدت کاربرد آب کافی نبوده و یا فاصله بین آبیاری ها بیش از حد طولانی باشد، دمای قسمتهای حفاظت شده به سرعت به دمای مرطوب نزدیک می شود. این رویداد زمانی که آب مایع برای یخ زدن وجود نداشته باشد، در کمتر از چند ثانیه روی می دهد. بنابراین، زمان چرخش آبپاشها باید در حدود ۱ دقیقه یا کمتر باشد. علاوه بر این، قطرات آب نیز باید کوچک باشند تا پوشش مناسبی از یخ را ایجاد کنند و باید $CU > 80\%$ باشد تا این پوشش قابل قبول حاصل گردد.

از خنک شدن آب، گرمای کمی (در حدود 1°C kcal/L) ایجاد می شود. با این وجود، ممکن است گرمای بیشتری به دلیل تبخیر از دست برود. برای جبران این گرمای از دست رفته، اگر آب کمی بر روی گیاه اعمال می شود و یا سیستم دچار مشکل شده و یا خیلی زود خاموش شده باشد، خسارت ناشی از یخ زدگی ممکن است بدتر از این خسارت در صورت عدم کاربرد سیستم آبیاری بارانی باشد.

مهمترین موضوع در محافظت در برابر یخبندان با استفاده از آبیاری بارانی رودرختی، انتخاب مقدار دقیق و مناسب برای شدت پاشش، If ، در شرایط مختلف می باشد. شدت مورد نیاز به سادگی به ظرفیت سیستم تبدیل می شود. زیرا

سطحی که محافظت می شود باید بصورت پیوسته آبیاری شود . شدت پاشش مورد نیاز به عوامل بسیاری بستگی دارد . این عوامل عبارتند از : نوع یخبندان (افقی یا شعاعی) ، پایین ترین دما ، رطوبت نسبی و سرعت باد مورد انتظار ، یکنواختی کاربرد آب ، اندازه قطرات آب ، سرعت چرخش آبپاشها و دمای کشنده برای قسمتهای مختلف گیاه . انتقال هوا به کمک باد ، به سرعت گرمای نهان آزاد شده از آب را پراکنده می کند . بنابراین ، شدت پاشش با سرعت باد رابطه مستقیم دارد . همچنین ضروری می باشد که سطح مرطوب تقریباً پیوسته ای بر روی گیاه ایجاد شود .

جدول ۱۶،۲ / مقادیر دمای مرطوب برای دمای هوا و رطوبت نسبی های مختلف.

دمای هوا °C	% رطوبت نسبی								
	90	80	70	60	50	40	30	20	10
°C ^۱	دمای مرطوب								
-4	-4.4	-4.9	-5.3	-5.8	-6.3	-6.7	-7.2	-7.6	8.1
-3	-3.4	-3.9	-4.4	-4.9	-5.4	-5.9	-6.4	-6.9	-7.4
-2	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.5	-6.1	-6.6
-1	-1.5	-2.0	-2.5	-3.1	-3.6	-4.2	-4.8	-5.3	-5.9
0	-0.5	-1.1	-1.6	-2.2	-2.8	-3.4	-4.0	-4.5	-5.2
1	0.4	-0.2	-0.8	-1.4	-2.0	-2.6	-3.2	-3.8	-4.5
2	1.4	0.8	0.2	-0.6	-1.2	-1.8	-2.4	-3.1	-3.8
3	2.4	1.7	1.0	0.3	-0.4	-1.0	-1.7	-2.4	-3.1
4	3.4	2.7	1.9	1.2	0.5	-0.2	-0.9	-1.7	-2.4
5	4.4	3.6	2.9	2.2	1.3	0.6	-0.2	-1.0	-1.7
10	9.2	8.3	7.4	6.5	5.5	4.6	3.6	2.5	1.5
15	14.0	13.0	11.9	10.9	9.7	8.5	7.3	6.0	4.6
20	18.9	17.7	16.5	15.1	13.8	12.4	10.8	9.3	7.6
25	23.3	22.4	21.0	19.5	18.0	16.3	14.5	12.5	10.5
30	28.6	27.1	25.5	23.8	22.0	20.2	18.0	15.7	13.1
35	33.5	31.8	30.2	28.3	26.3	24.0	21.5	19.0	16.0
40	38.3	36.5	34.7	32.7	30.3	28.0	25.8	22.0	18.5

^۱ در فشار بارومتریک ۷۰۲۵ سانتیمتر جیوه $^{\circ}\text{F} = 32 + 1.8^{\circ}\text{C}$

در شب های بدون ابر ، گیاهان انرژی را به سوی آسمان بازتابش می کنند . در این شب ها ، دمای گیاه ممکن است ۱/۵ تا ۲ درجه کمتر از دمای هوا باشد (حتی زمانیکه رطوبت نسبی نزدیک به ۱۰۰٪ می باشد) . در صورت وجود پوشش ابر یا باد ملایم ، دمای گیاه زمانیکه رطوبت نسبی نزدیک به ۱۰۰٪ می باشد ، تقریباً برابر با دمای هوا می باشد . دمای جوانه ها ، گلها و برگها در صورتیکه جابجایی هوا به اندازه کافی وجود داشته باشد ، به دمای مرطوب نزدیک می شود . علاوه بر این ، زمانیکه آبیاری برای اولین بار صورت می گیرد ، این اجزاء مرطوب شده و دمای آنها با آغاز یخ زدن آب ، به سمت دمای مرطوب کاهش می یابد . جدول ۱۶،۱ دمای مرطوب را به عنوان تابعی از دمای هوا و رطوبت نسبی نشان می دهد .

در مناطق مرطوب ، در طول شب های یخبندان ، در ابتدا یا اواخر فصل رشد ، رطوبت نسبی تقریباً بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد می باشد . در مناطق خشک ، این مقدار در حدود ۶۰ درصد است . با این وجود ، همزمان با گرم شدن هوا (در اوایل صبح) ، رطوبت نسبی کاهش یافته و در نتیجه ، افزایش دمای مرطوب بسیار آهسته تر روی می دهد . در جاییکه سیستم های محافظت در برابر یخبندان از ذخایر کوچک آب تغذیه می شوند ، لازم است که حجم آب مورد نیاز برای حفاظت گیاه مشخص شود . این حجم بستگی دارد به ظرفیت سیستم و اینکه سیستم در کل دوره مورد انتظار یخبندان چه مدت باید کار کند . معمولاً سیستم نیاز خواهد داشت تا بین ۵ تا ۱۰ ساعت در روز کار کند . اما ، این مدت زمان کارکرد سیستم برای چند روز متوالی مورد نیاز خواهد بود .

طراحی سیستم های رودرختی

شدت پاشش ۲/۵ mm/hr ، تقریباً کمترین شدت پاششی می باشد که منجر به $CU > 80\%$ می گردد ، حتی در بادهای با سرعت ۶-۰ km/hr . این شدت پاشش نیازمند ظرفیت سیستمی در حدود ۷ L/s در هر هکتار می باشد تا محافظت در برابر یخبندان صورت پذیرد . بالاترین شدت پاشش عملی ، در حدود ۷/۵ mm/hr است (با توجه به وزن یخ بر روی گیاه ، نفوذ و مسائل مربوط به ظرفیت سیستم) . شدت پاشش توصیه شده برای دما و سرعت بادهای مختلف و برای $t' < t$ و $WS > 1/6$ km/hr تقریباً از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$I_f = K_1(t' - t) \times (K_2 WS + 1) / 2 \quad (16,2)$$

I_f : شدت پاشش توصیه شده در سیستم های رودرختی برای محافظت در برابر یخبندان (mm/hr)

K_1 : ثابت تبدیل واحد ، که برای سیستم متریک برابر ۰/۹ و برای سیستم انگلیسی ۰/۰۲ می باشد .

t' : دمای کشنده برای قسمتهایی از گیاه که تحت محافظت هستند (درجه سانتیگراد)

t : پایین ترین دمای خشک برگ یا دمای مرطوب مورد انتظار (درجه سانتیگراد)

K_2 : ثابت تبدیل واحد ، که برای سیستم متریک برابر ۰/۶۲ و برای سیستم انگلیسی ۱ می باشد .

WS : بالاترین سرعت باد مورد انتظار در طول دوره دارای کمترین دما (km/hr)

رابطه ۱۶،۲ با فرض $-2^\circ C = t'$ و رطوبت نسبی بالا (دمای خشک و مرطوب تقریباً برابر) ایجاد شده است . متأسفانه ، اطلاعات کافی در مورد دمای کشنده هوا در اختیار قرار ندارد . با اینحال ، استفاده از مقدار $-2^\circ C = t'$ برای بسیاری از گیاهان حساس به سرمازدگی نتایج رضایت بخشی بدست می دهد . مقدار $I_f = 2/5$ mm/hr نیز برای مطمئن شدن از اینکه بخشهای گیاه در زمانی که خشک هستند ، به وسیله تبخیر ، خنک تر نمی شوند استفاده می شود . همچنین ، این مقدار تقریباً برابر است با پایین ترین شدت پاشش توصیه شده از دیدگاه یکنواختی توزیع (CU) .

بهره بردای از سیستم های رودرختی

سیستم های محافظ رودرختی باید زمانیکه دمای مرطوب بعلاوه ۱/۵ تا ۲ درجه سانتیگراد ، برابر با t' می شود شروع به کار کنند . زیرا تابشی که به سمت آسمان گسیل می شود می تواند دمای قسمتهای تحت حفاظت گیاه را کاهش دهد .

همچنین زمانیکه آبیاری بارانی قبل از تشکیل یخ آغاز می شود ، به دلیل تبخیر ، دمای قسمتهای مختلف گیاه می تواند کاهش بیشتری داشته باشد .

سیستم باید تا زمانیکه $t > t'$ شود به کار ادامه دهد و یخی که اجزاء گیاه را در بر گرفته بطور پیوسته آب می شود . این مسئله بسیار مهم است . زیرا اگر آبیاری خیلی زود خاتمه داده شود و $t < t'$ ، خسارات شدیدی از یخبندان به گیاه وارد می شود .

باید از پیش بینی های هواشناسی برای پیش بینی زمان کار سیستم حفاظت استفاده شود . با اینحال ، لازم است تا از دماسنجهای دقیق و در مکانهای دقیق استفاده گردد . دماسنج باید در ارتفاعی برابر با ارتفاع گیاه نصب شده و با استفاده پوششی در برابر تابش خورشید محافظت شود . استفاده از سیستم های اخطار دهنده دما نیز برای بهبود عملکرد سیستم آبیاری محافظ توصیه می شود .

مثال ۱۶،۲ : طراحی سیستم های بارانی محافظ رودرختی .

اطلاعات : یک باغ سیب که در آن دمای کشنده برای شکوفه ها ، $t' = 27^{\circ}\text{F}$ می باشد . یخبندان شعاعی و با کاهش دما تا 26°F روی داده و رطوبت نسبی در حدود ۸۰٪ می باشد . دوره یخ زدگی معمولاً بین ۶ تا ۸ ساعت طول کشیده و گاهی برای ۳ شب پیایی و با سرعت باد ۳-۰ mph ادامه می یابد .

مطلوب است : شدت پاشش مورد نیاز در سیستم های رودرختی برای محافظت شکوفه ها و میوه های جوان در برابر یخ زدگی ، ظرفیت سیستم برای زمینی به مساحت $A = 40$ و اندازه مخزن مورد نیاز برای تغذیه سیستم .
محاسبات : از جدول ۱۶،۱ ، دمای مرطوب برای دمای هوای 26°F درجه فارنهایت (-4°C درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی ۸۰٪ ، $-4/9$ درجه سانتیگراد بدست می آید . از رابطه ۱۶،۲ ، شدت پاشش مورد نیاز آبپاشها برای سرعت باد $3\text{ mph} = \text{WS}$ محاسبه می شود :

$$I_f = 0.02(27 - 23.2) \times (1 \times 3 + 1) / 2 = 0.15 \text{ in/hr}$$

برای محافظت یک باغ به مساحت $A = 40$ ، ظرفیت مورد نیاز سیستم (رابطه ۵،۴ را ببینید) باید برابر باشد با :

$$Q = 453 \times (0.15 \times 40) = 2718 \text{ gpm}$$

ظرفیت مخزن ذخیره مورد نیاز برای عملکرد ۸ ساعته سیستم در ۳ شب متوالی برابر است با :

$$\text{Volume} = 40 \times 43560 \times (0.15 \times 24) / 12 = 523000 \text{ ft}^3$$

که تقریباً برابر حجم مخزنی به عمق ۱۲ فوت و سطح $A = 1$ می باشد .

سیستم های بارانی زیردرختی

درختانی مانند هلو و زردآلو قادر به تحمل وزن یخ بر روی شاخ و برگ خود نیستند . بنابراین ، باید از سیستم های زیردرختی برای محافظت این درختان در برابر یخبندان تا دمای $-2/5$ درجه سانتیگراد استفاده شود . اما ، این کار تنها در مناطق خشک نتایج رضایت بخشی خواهد داشت . زیرا در این مناطق ، سطح خاک خشک بوده و رطوبت نسبی پایین است .

آبیاری بارانی زیردرختی، هوا را اشباع کرده و رهاسازی گرما از خاک را تسهیل می کند. افزایش رطوبت نسبی باعث افزایش دمای مرطوب و کاهش تأثیر سرمایشی تبخیر از سطح گیاه می گردد. با سرد شدن و سرانجام یخ زدن آب آبیاری، گرمای مورد نیاز برای حفاظت در برابر یخبندان حاصل می گردد. مزیت آبیاری زیردرختی این است که تنها لازم است که نیمی از سیستم بطور همزمان کار کند و به این ترتیب، ظرفیت مورد نیاز آن به حدود 4 L/s در هر هکتار کاهش می یابد.

تأخیر در شکوفه دهی

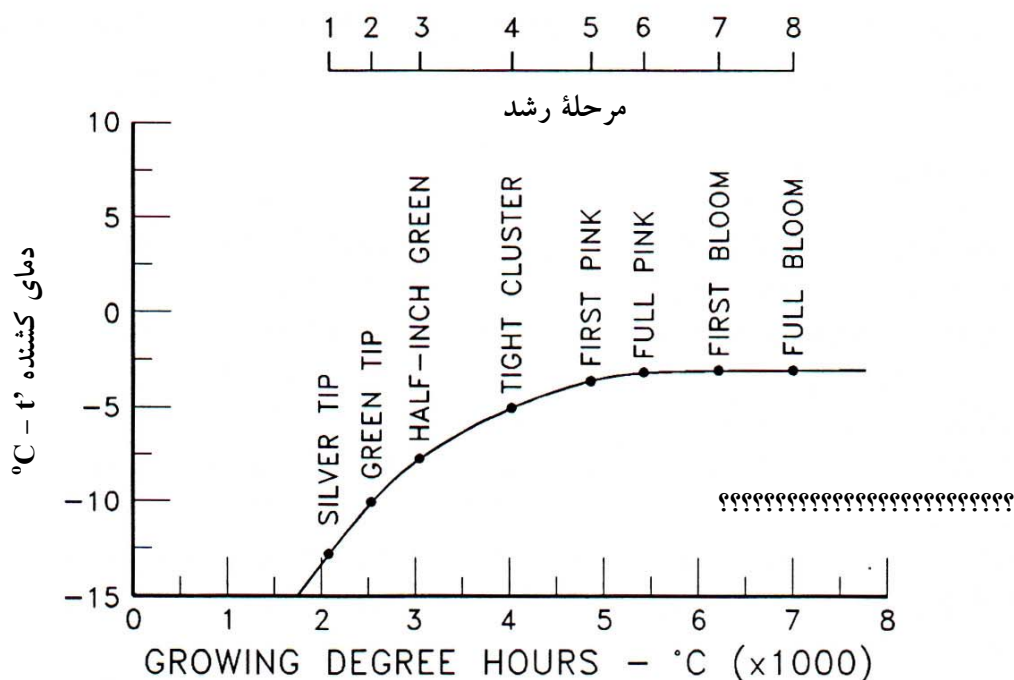
در فصل پاییز، درختان خزان دار، درختان انگور و بوته ها، برگهای خود را از دست می دهند و وارد مرحله ای می شوند که خواب زمستانه نامیده می شود. گیاهان در این دوره معمولاً قادر به رشد نیستند و جوانه میوه ها تا پایان دوره خواب زمستانه رشد نخواهند کرد. پس از پایان این دوره، تغییراتی در جوانه ها روی می دهد که سرانجام منجر به شکوفه دهی و برگدهی درخت می شود.

سرعت رشد جوانه ها بستگی دارد به دمای هوای اطراف آنها بعد از پایان دوره خواب زمستانه. سرعت رشد جوانه ها افزایش یافته و درختان به شرطی که دمای هوا در اوایل بهار بالاتر از حد نرمال باشد، شروع به شکوفه دهی می کنند. اگر رشد اولیه جوانه ها با یک دوره ناگهانی سرما مواجه گردد، احتمال وقوع خسارات شدید به درخت وجود دارد. می توانیم از آبیاری روددرختی برای خنک کردن جوانه ها قبل از اینکه رشد آنها تکمیل شود استفاده کرده و تا زمانیکه خطر یخبندان سپری شود آنها را در حالت خوابیده حفظ کنیم. خنک کردن درختان توسط تبخیر انجام می پذیرد. بنابراین، آبیاری روددرختی در طول دوره هایی که رطوبت نسبی بالاست، کارساز نخواهد بود. زیرا در این دوران، دمای مرطوب به اندازه کافی پایین تر از دمای هوا نیست.

هر زمان که دمای هوا از 5°C درجه سانتیگراد تجاوز کند، رشد جوانه ها بعد از پایان دوره خواب زمستانه از سر گرفته می شود. سرعت این رشد معادل مجموع درجه-ساعت رشد در نظر گرفته می شود. مجموع درجه-ساعت رشد در هر ساعت برابر است با متوسط دمای هوا بالاتر از 5°C درجه سانتیگراد. رابطه بین این دو مقدار، بین دماهای 5°C تا 20°C درجه سانتیگراد خطی می باشد. سپس، این رابطه تبدیل می شود به 15°C درجه-ساعت به ازای هر ساعت بالاتر از 20°C درجه سانتیگراد.

با ادامه رشد جوانه ها، حساسیت آنها در برابر یخ زدگی بیشتر می شود (شکل ۱۶,۴ را ببینید). شکل ۱۶,۴ دمای کشنده، t_c ، که در آن 50% درصد از جوانه ها یا شکوفه ها (احتمالاً) دچار یخزدگی می شوند را برای مراحل مخلف رشد نشان می دهد.

حداکثر تأخیر در شکوفه دهی زمانی حاصل می شود که آبیاری بارانی درست بعد از پایان دوره خواب درخت و هر زمان که دما از 7°C درجه سانتیگراد تجاوز کرد، آغاز شود. سیستم در هر زمان لازم است تنها از نیمی از آبپاشهای خود استفاده کند. با اینحال، باید از زمان چرخش بسیار کوتاه، مثلاً 2 دقیقه روشن - 2 دقیقه خاموش استفاده شود.



شکل ۱۶،۴ / دمای کشنده برای مراحل مختلف رشد سیب قرمز.

استفاده از آبیاشهای معمولی ضربه ای با شدت پاشش ۳ mm/hr که دارای $CU > 80\%$ می باشند، بیشترین تأخیر را در شکوفه دهی ایجاد می کنند. حداکثر تأخیر ممکن در شکوفه دهی، هر زمان که دمای هوا از ۵ درجه سانتیگراد تجاوز کرد، با مرطوب نگهداشتن جوانه ها و حفظ دمای آنها در دمای مرطوب بدست می آید. اگر از نیمی از آب مورد نیاز استفاده شود، مقدار تأخیر تنها ۲۰ درصد خواهد بود.

مقدار سرمایش تبخیری (خنک شدن گیاه توسط تبخیر) که بر روی برگ شاخه های برهنه روی می دهد، بستگی دارد به: دمای جوانه ها، اختلاف فشار بخار بین سطح جوانه و هوا و سرعتی که آب تبخیر یافته از لایه مرزی (با کمک پخشیدگی یا باد) منتقل می شود. حداکثر خنک شدگی گیاه با کمترین آب مصرفی زمانی حاصل می شود که جوانه ها بطور متناوب مرطوب شده و به آنها اجازه داده شود که قبل از دوره بعدی مرطوب شدن، تقریباً بطور کامل خشک شوند.

در اوایل بهار، آب کمتری برای خنک کردن و حفاظت گیاه لازم است. اگر در چرخه آبیاری و در اوایل بهار، زمان روشن بودن سیستم (on Time) کوتاه باشد، در آب مصرفی صرفه جویی می شود و با افزایش دمای هوا در طول روز، می توانیم این زمان را افزایش دهیم.

می توانیم آبیاری بارانی به منظور تأخیر در شکوفه دهی با استفاده از آبیاری رودرختی را با حفاظت در برابر یخبندان ترکیب کنیم. تأخیر در شکوفه دهی در اوایل بهار و حفاظت در برابر یخبندان در اواخر بهار صورت می پذیرد. این کار، بیشترین حفاظت از گیاه را ایجاد کرده و ممکن است باعث صرفه جویی در مقدار آب شده و حداکثر شدت جریان مورد نیاز سیستم را نیز کاهش دهد.

کنترل خرد اقلیم (Microclimate Control)

می توانیم با استفاده از سیستم های آبیاری بارانی ، گیاه یا سطح خاک را خنک کنیم . خنک کردن خاک معمولاً با یک بار یا دوبار استفاده از سیستم آبیاری بارانی در هر ۱ یا ۲ روز صورت می گیرد . بنابراین ، سیستم های بارانی ثابت معمولی با یا بدون کنترل های خودکار و همچنین ، سیستم های عقربه ای با سرعت حرکت بالا برای خنک کردن خاک مناسبند . ظرفیت اضافی مورد نیاز سیستم برای سبزیجات و میوه ها در حدود ۱/۱۵ برابر ظرفیت سیستم های با جابجایی متناوب تحت شرایط مشابه می باشد . برای آبیاری روزانه یا ۲ روز یکبار مزارع و محصولات ردیفی ، این مقدار تقریباً ۱/۱ برابر بزرگتر از ظرفیت سیستم های با جابجایی متناوب در نظر گرفته می شود (جدول ۱۴،۱ را ببینید) .

خنک کردن گیاه

برای خنک کردن گیاه ، نیازمند ۲ تا ۶ بار آبیاری کوتاه مدت در هر ساعت هستیم که تنها با استفاده از سیستم های بارانی ثابت امکان پذیر است . مقادیر کوچک آب که بصورت متناوب اعمال می شوند ، هوا و گیاه را خنک کرده ، رطوبت را افزایش داده و بطور نظری ، کیفیت و مقدار محصول را بهبود می بخشد . زمانیکه آب بروی سطح گیاه اعمال می شود ، گیاه خنک شده و نیاز تعرقی آن کاهش می یابد . بنابراین ، گیاهی که ممکن است در یک بعد از ظهر بسیار گرم پژمرده شود ، به این روش به عملکرد خود ادامه می دهد .

هر محصولی دارای نیاز تبخیری مشخصی می باشد که بالاتر از آن ، گیاه قادر به عملکرد مؤثر نیست . برای محصولات زمستانه ، این مورد در دماهای نزدیک به ۲۸ درجه سانتیگراد روی می دهد . برای بسیاری از محصولات تابستانه ، این مقدار در حدود ۳۲ درجه سانتیگراد می باشد . این مقادیر ، در واقع دمای هوای پیرامون گیاه در سطح مزرعه می باشند که ممکن است تا ۵ درجه خنک تر از هوای مناطق آبیاری نشده باشند .

سیستم های بارانی ثابت که برای خنک کردن گیاه استفاده می شوند ، نیازمند آبی با کیفیت بالا و ظرفیتی تا دو برابر ظرفیت سیستم های عادی با تواتر آبیاری زیاد هستند . به بیان ساده تر ، سیستم های خنک کننده گیاه به نحوی به کار می روند که برگهای گیاه همواره مرطوب باشند . آب تا زمانی بر سطح گیاه اعمال می شود که سطح برگ اشباع شده و آبیاری بعدی زمانی صورت می گیرد که برگها تقریباً خشک شده باشند .

برای خنک کردن گیاهان یک مزرعه یا باغ ، نیازمند آن هستیم که یک ششم تا یک چهارم کل سیستم بطور همزمان کار کند و هر ۱۰ تا ۴۰ دقیقه یک بار (بسته به شرایط اقلیمی) آبیاری صورت گیرد . برای مثال ، هر لاترال ممکن است در هر ۳۰ دقیقه برای ۶ دقیقه کار کند و به این ترتیب ، یک پنجم از سطح مزرعه بطور همزمان آبیاری شود .

سیستم های خنک کننده گیاه باید دارای ظرفیت کافی باشند تا نیاز تبخیری اضافی را در ساعت اوج مصرف آب تأمین کنند . برای این منظور ، ظرفیت سیستم باید تا ۱/۵ برابر بزرگتر از ظرفیت سیستم های با جابجایی متناوب تحت شرایط مشابه باشد .

متوسط شدت پاشش مورد نیاز (متوسط شدت پاشش در تمام طول چرخه آبیاری و نه تنها در زمان روشن بودن سیستم) بین ۱/۵ تا ۱ میلیمتر در ساعت می باشد . برای مثال ، سیستمی که دارای شدت پاشش ۵ mm/hr بوده و مزرعه را در ۵ قسمت آبیاری می کند ، دارای شدت پاشش متوسط ۱ mm/hr می باشد .

دمای ایده آل برای شروع کار سیستم خنک کننده به نوع محصول بستگی دارد . برای محصولات زمستانه ، مانند هویج و سیب زمینی ، این مقدار در حدود ۲۸ درجه سانتیگراد و برای محصولات تابستانه ، مانند بادنجان و فلفل ، در حدود ۳۲

درجه می باشد . برای اینکه سیستم تأثیر بهینه ای در دمای گیاه داشته باشد ، باید در طول دوره ای که دارای بیشترین دما می باشد ، بصورت پیوسته کار کند .

استفاده از هرزآبها

استفاده از هرزآبها در سیستم های آبیاری بارانی ، می تواند یک روش اقتصادی مناسب بوده و جایگزین روش تصفیه این آبها گردد . هرزآبها به هرزآبهای شهری ، صنعتی و کشاورزی تقسیم می شوند . هرزآبهای شهری نیاز دارند تا قبل از ورود به سیستم های زهکشی طبیعی ، بطور کامل تصفیه شوند . هرزآبهای صنعتی نیز نیازمند تصفیه می باشند . این تصفیه می تواند یک صافی کردن ساده یا تصفیه کامل اولیه و ثانویه باشد .

ملاحظات طراحی

مهمترین مسئله در کاربرد هرزآبها ، پتانسیل این مواد برای تخریب اراضی و آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی می باشد . روغنها ، گریسها و فلزات سنگین می توانند به خاک و پوشش گیاهی صدمه بزنند . علاوه بر این ، مواد جامد می توانند برروی سطح خاک تجمع کرده و باعث نابودی پوشش گیاهی شوند . بنابراین ، ترکیب آلاینده ها ، پوشش گیاهی ، نوع خاک و تواتر آبیاری باید در زمان طراحی سیستم های آبیاری بارانی به منظور استفاده از هرزآبها مد نظر قرار گیرند . خاکهای عمیق شنی و لومی بهترین خاکها برای کاربرد هرزآبها می باشند . خاک باید دارای زهکشی مناسب باشد . بنابراین ، بعضی نقاط ممکن است نیازمند زهکشی زیرسطحی باشند . برای حصول بهترین نتیجه ، شدت پاشش هرزآبها برروی سطح خاک باید کمتر از ۷۵٪ ظرفیت نفوذ خاک در نظر گرفته شود .

جنگلها و پوشش های چمنی نقاط مناسبی برای رهاسازی هرزآبها هستند . سطح خاک معمولاً در این نقاط پایدار بوده و پوشش سطحی نیز برای جذب عناصر آلی مناسب است . مناطق کشت شده ، مانند مزارع ذرت نیز برای این منظور نقاط مناسبی محسوب می شوند . اما آلاینده ها تنها باید در طول زمانهای خاصی از سال برروی این زمین ها استفاده شوند . در کل ، هرزآبها باید تنها در نقاطی که گیاهان زنده و فعال رشد می کنند رها شوند . زیرا حضور گیاهان برای حفظ خاک و ایجاد ظرفیت نفوذ کافی در خاک و جذب مواد مغذی ضروریست .

کل مقدار مصرف هرزآبها برروی زمین ، می تواند حداکثر ۱۰۰ میلیمتر در هر هفته و در طی ماههای تابستان باشد . اما باید بین نوبت های مختلف استفاده از هرزآبها ، فاصله زمانی مناسبی وجود داشته باشد . در مناطق معتدل ، در طول ماههای زمستان ، آبیاری بارانی در زمانی که تشکیل یخ صورت نمی گیرد ادامه پیدا می کند . اما مقدار استفاده هفتگی از هرزآبها باید به میزان ۷۵ درصد کاهش داده شود . آبیاری بارانی باید در طول دوره هایی که دما پایین تر از حد یخبندان بوده و یخ شروع به تجمع می کند متوقف شود . زیرا باعث مرگ گیاه خواهد شد .

در اقلیم بادخیز ، بدلیل وجود بادبردگی قطرات آب ، یک منطقه حائل در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ متر اطراف منطقه تخلیه هرزآبها مورد نیاز است .

طراحی سیستم آبیاری بارانی به منظور استفاده از هرزآبها ، مشابه طراحی یک سیستم معمولی می باشد . فقط به خاطر داشته باشید که آلاینده ها ، آب معمولی نیستند . بلکه مخلوطی از آب و مواد جامد محلول و معلق می باشند . علاوه بر

این ، هرزآبهایی که حاوی مواد خورنده یا فرساینده هستند ، عمر سیستم را کاهش می دهند . بنابراین ، تجهیزات ویژه ای برای استفاده از هرزآبها مورد نیاز است .

ملاحظات مربوط به تجهیزات سیستم

ممکن است برای خطوط اصلی یا لاترالها در سیستم های بارانی ثابت یا با جابجایی متناوب لوله های آلومینیومی قابل حمل ، لوله های مدفون پلاستیکی و یا لوله های مقاوم در برابر خوردگی مورد استفاده قرار گیرند . به منظور کاهش خطر گرفتگی ، بهتر است از آبشهایی که دارای یک نازل می باشند استفاده شود . اگر سیستم در طول دوره هایی که دمای هوا پایین تر از حد یخبندان است استفاده می شود ، آبشهای ویژه ای که قادر به کار در این شرایط هستند به کار برده می شوند .

خودکار کردن سیستم در مورد سیستم های بارانی ثابت ، به منظور کاهش نیروی کارگری و ساده تر کردن مدیریت سیستم توصیه می شود . در این رابطه شیرهای خودکار که با هوا ، آب یا نیروی برق کار می کنند بکار گرفته می شوند . با اینحال ، بهترین شیرها ، شیرهای خودکار هیدرولیکی هستند که با آب یا هوا کار می کنند . مواد جامد موجود در هرزآبها قادرند شیرهای برقی خودکار سیستم را از کار بیاندازند .

اگر منطقه طراحی در یک اقلیم سردسیری قرار دارد ، شیرهای تخلیه نیز باید نصب شوند تا تخلیه آب لوله ها را تسهیل کنند . بهترین اقدام ، نصب یک سیستم تخلیه هوا می باشد که برای خالی کردن لوله از آب نیز استفاده می شود .

در جاییکه سیستم تنها مدت معینی کار می کند (و نه بطور پیوسته) ، و هرزآبها حالت خورندگی دارند ، بهتر است سیستم بعد از هر بار استفاده ، با آب تمیز شستشو داده شود . آلاینده هایی که در لوله ها باقی می مانند باعث کاهش کارایی سیستم و یا حتی قطع کامل جریان در آن می شوند . همچنین ، مواد جامد معلق در آب نیز رسوب کرده و در نقاط پایین دست سیستم جمع می شوند و ممکن است باعث گرفتگی لوله ها شوند .

سیستم های عقربه ای و ارابی ای (تفنگی) برای استفاده از هرزآبها بسیار مناسبند . اما نباید در دماهای کمتر از حد یخبندان بکار گرفته شوند . هر دوی این سیستم ها شدت پاششهای نسبتاً بالایی ایجاد کرده و به دلیل مقدار زیاد آبی که بکار می برند ، ممکن است مشکلاتی از نظر حمل و نقل سیستم به دلیل کاهش سطح اصطکاک آن با زمین ایجاد شود . برای کاهش این مسائل ، مسیر چرخهای سیستم عقربه ای یا ارابه ای را کوبیده یا گراول ریزی می کنند و یا به نحوی شکل می دهند تا زهکشی آنها سریعتر صورت گیرد .