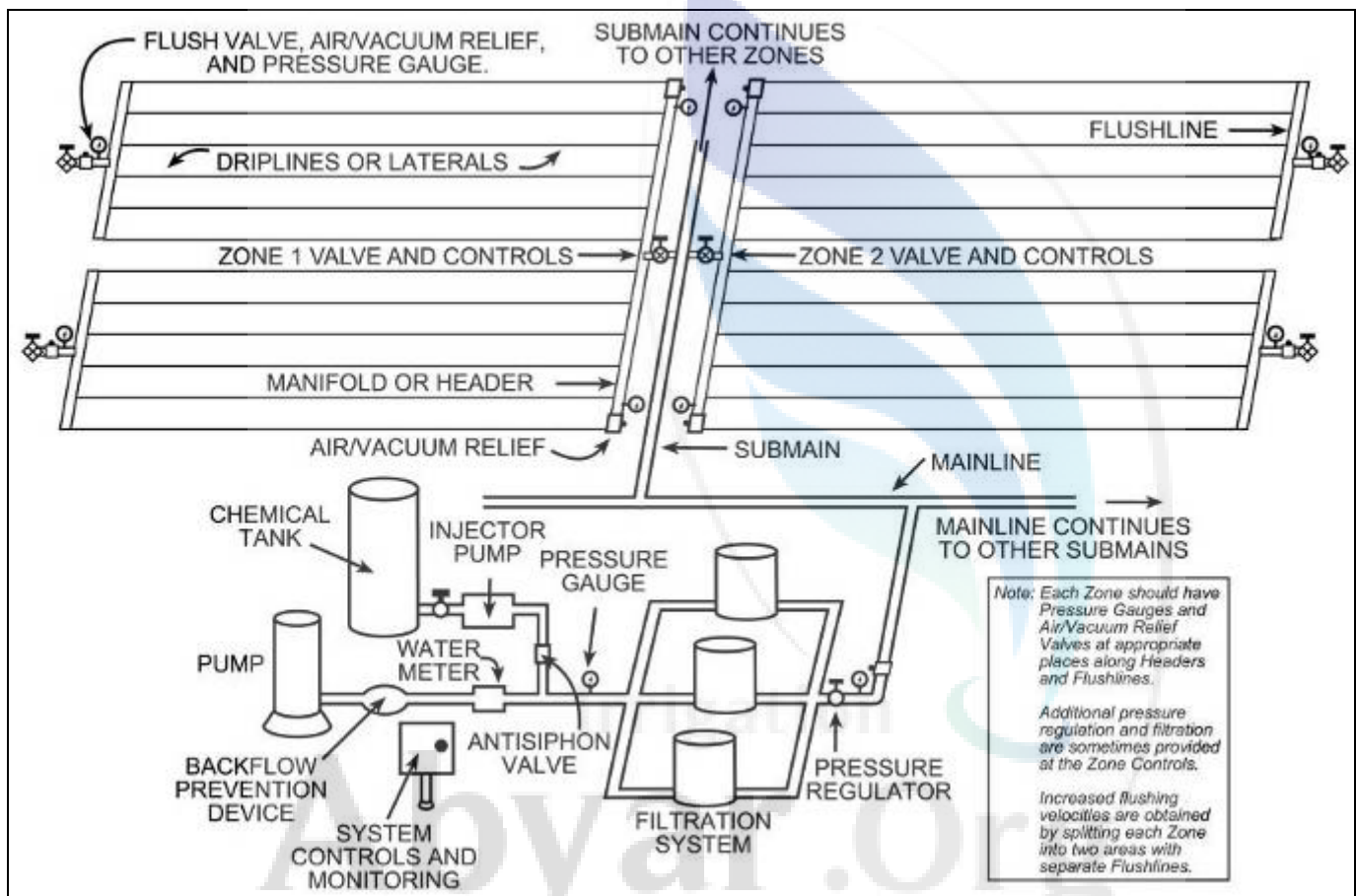


آسیب شناسی

پروژه های آبیاری تحت فشار



ترجمه و تدوین: مهدی عرفانی

کارشناس ارشد سازه های آبی

زمستان 1390

پیشگفتار :

نظر به اینکه در گزارشات طراحی سیستم های آبیاری تحت فشار و به تبع آن پروژه های اجرایی مربوطه توجه شایانی به موضوعات زیر نشده و این امر باعث بروز مسائل و خساراتی به سیستم آبیاری تحت فشار می گردد، در این کتاب تحت عنوان آسیب شناسی پروژه های آبیاری تحت فشار ، با نگاه دقیق تری به آنها، راه حل های مناسب نیز ارائه شده است.

این موضوعات عبارتند از :

- 1 - مسائل ناشی از هوا و خلأ در شبکه لوله ها
- 2 - مسائل ناشی از امواج فشاری در شبکه لوله ها
- 3 - مسائل ناشی از آلاینده های فیزیکی و بیولوژیک آب
- 4 - مسائل ناشی از آلاینده های شیمیایی آب



مهدی عرفانی

90/12/25

erfani.mahdy@gmail.com

فصل اول :

بررسی منشأ و مشکلات هوا و خلأ در شبکه های لوله گذاری و سیستم های آبیاری و ارائه راه کارهای مناسب



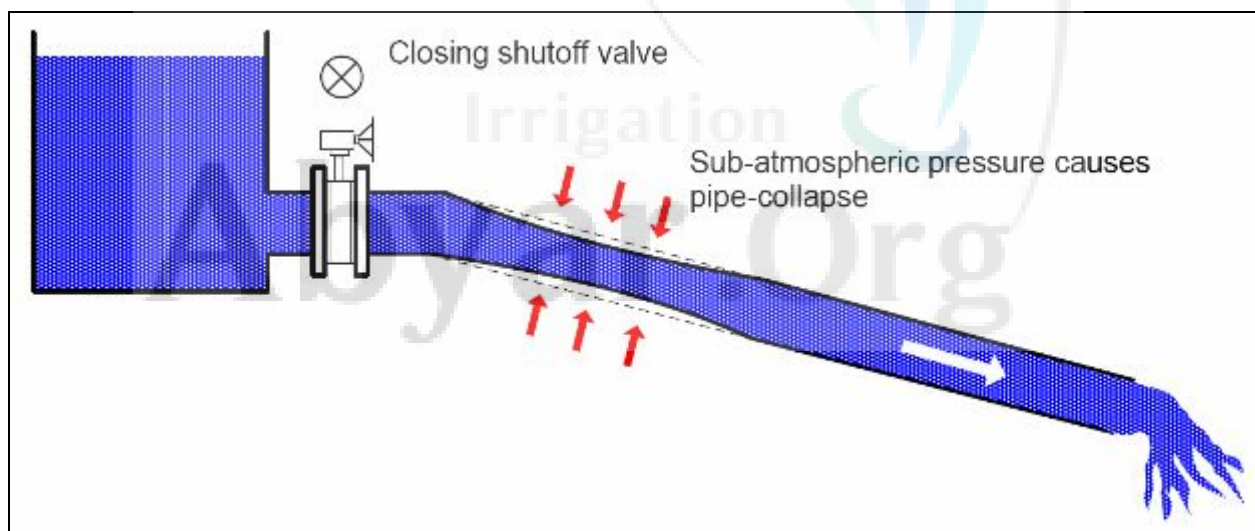
فهرست مطالب

2	1 - اهمیت موضوع :
3	2 - علت ورود هوا به داخل شبکه جریان :
4	3 - تأثیر هوا در سیستم و شبکه لوله گذاری :
4	1-3- کاهش سطح مقطع جریان در اثر تجمع هوا در نقاط مرتفع سیستم و افزایش افت انرژی :
5	2-2- توقف کامل جریان یا چکش آبی :
6	4 - کنترل هوای سیستم آبیاری و شبکه لوله گذاری بوسیله شیرهای خودکار هوا :
7	5 - اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای خودکار هوا :
7	5 - 1- اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای تخلیه هوای خودکار پیوسته :
9	5 - 2- اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای جبرانی هوا - خلأ :
11	5 - 3- اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای هوای ترکیبی :
13	6 - مکانیزم آب بندی چرخشی : Rolling Seal Mechanism
13	7 - انتخاب موقعیت و تعداد شیرهای هوای لازم در سیستم آبرسانی :
13	7-1- موقعیت های مناسب جهت بکارگیری شیرهای هوا :
13	7-1-1- پمپ ها :
14	7-1-2- نقاط مرتفع :
15	7-1-3- مسیرهای طولانی :
15	7-1-4- شیرهای جدا کننده (قطع و وصل جریان) داخل خط : Line Isolating Valves
16	7-1-5- شیرهای خودکار اندازه گیری جریان : Water Meters and Automatic Metering Valves
17	7-1-6- گذرگاه جاده : Road Crossings
17	7-1-7- تغییرات فشار : Pressure Changes
18	7-1-8- محل انشعابات : Control Heads
19	7-1-9- تأسیسات فیلتر : Filter Heads
19	7-1-10- مینیولدهای آبیاری قطره ای : Drip Irrigation Manifolds
20	7-1-11- انتهای خطوط لوله : End of Lines
21	7-1-12- تجهیزات آبیاری : Irrigation Equipment
22	7-2- تعیین تعداد شیرهای هوای لازم در هر موقعیت :
24	پیوست :
24	موقعیت های مناسب
24	جهت نصب شیرهای هوا
32	منابع مورد استفاده :

1 - اهمیت موضوع :

هوای مازاد و یا کمبود هوا، هر دو باعث بروز مسائل و خساراتی در سیستم های آبیاری و شبکه های لوله گذاری خواهد شد. مسائل و خسارات ناشی از هوای مازاد عبارتند از :

- انسداد جریان در خطوط لوله حتی تا مرز قطع کامل جریان در برخی مواقع
 - افزایش افت فشار در اثر ایجاد افت های انرژی زیاد
 - بروز پدیده چکش آبی و ایجاد خسارت به اجزاء سیستم
 - عدم تأمین آب کافی و مورد نیاز محصولات زراعی در اثر انسداد جریان در شبکه و افزایش افت فشار در نقاط انتهایی سیستم
 - عدم تأمین آب کافی در اثر اندازه گیری نادقیق مقدار جریان بوسیله تجهیزات خودکار اندازه گیری جریان
 - خسارت جدی به اجزاء داخلی چرخشی شیرهای اندازه گیری جریان و آب پاش ها و پخش کننده های سیستم
 - ایجاد خوردگی و کاویتاسیون
 - خسارت های فیزیکی به بهره برداران سیستم در اثر خروج شدید هوا و جریان از اجزاء سیستم
- مسائل و خسارات ناشی از کمبود هوا در جایی که لازم است عبارتند از :
- الف - مشکلات ناشی از ایجاد خلاء :
- مکش گل و رسوبات به داخل قطره چکان ها و آب پاش ها و ایجاد گرفتگی در آن ها
 - مکش آب بندها و واشرها و قطره چکان های موجود در مسیر و سایر اجزاء لوله ها به داخل خطوط لوله
 - متلاشی شدن لوله یا سایر تجهیزات به علت فشار منفی (شکل 1)



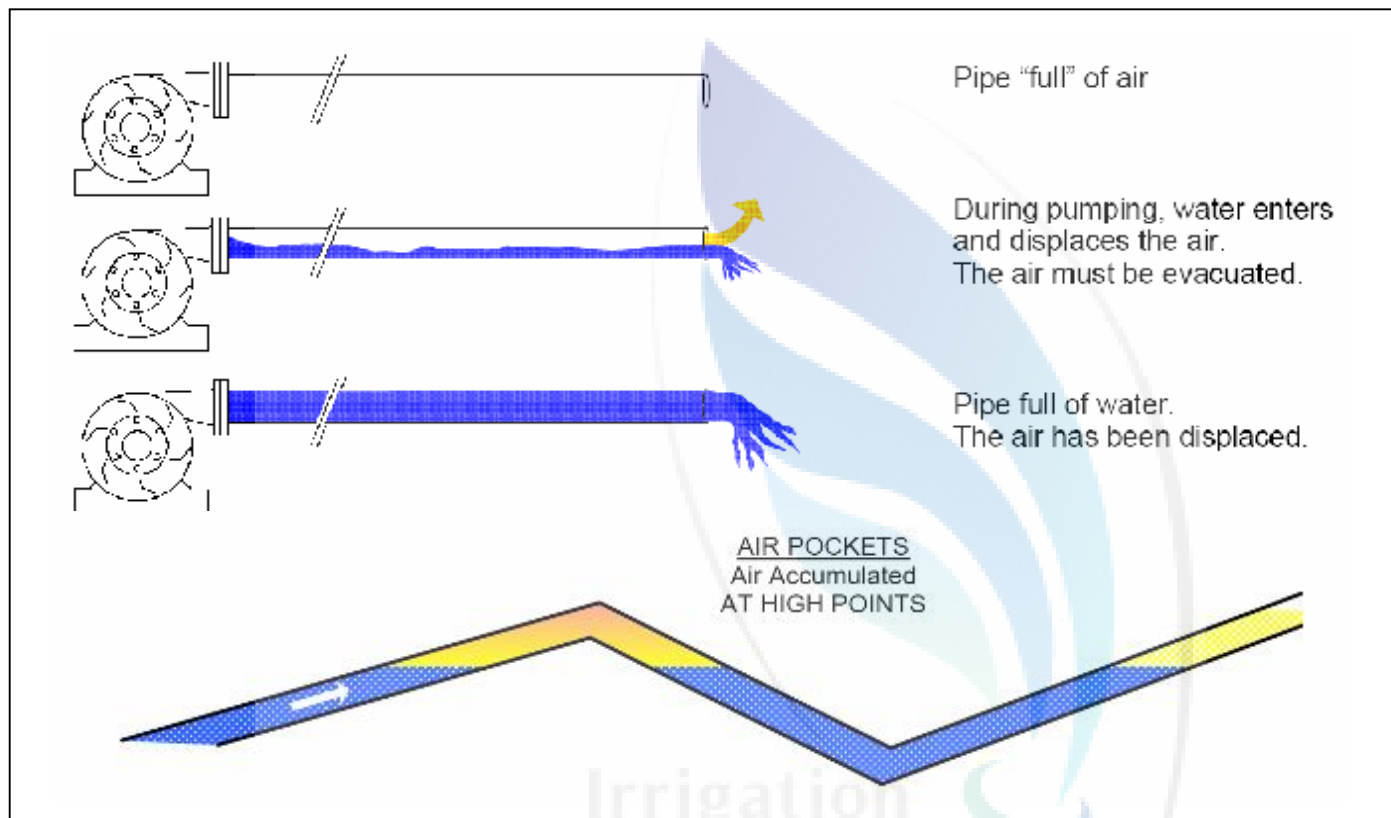
شکل 1 - متلاشی شدن لوله به علت قطع ناگهانی جریان و ایجاد فشار منفی در لوله

2 - علت ورود هوا به داخل شبکه جریان :

هوای موجود در یک شبکه لوله گذاری و تحت فشار سه منشأ دارد.

2-1 - هوای موجود در لوله ها قبل از شروع عملیات پمپاژ یا آبرسانی:

برای پر شدن کامل لوله از آب لازم است که این هوا از شبکه لوله خارج شود. زمانی که خطوط لوله از آب پر می شود مقداری از این هوا از طریق هیدرانت ها و شیرآلات پایین دست خارج می شود. اما حجم زیادی از این هوا در نقاط مرتفع سیستم جمع می شود (شکل 2) که علت این امر سبک تر بودن هوا نسبت به آب است. بر حجم این هوا نیز مرتباً افزوده خواهد شد که ناشی از منشأ دوم و سوم است.



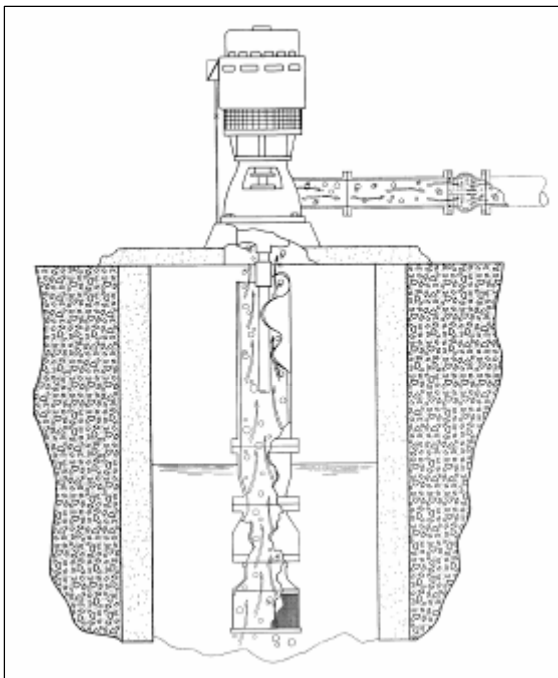
شکل 2 - مراحل مختلف پر شدن لوله از آب پس از شروع پمپاژ

2-2 - هوای محلول موجود در آب:

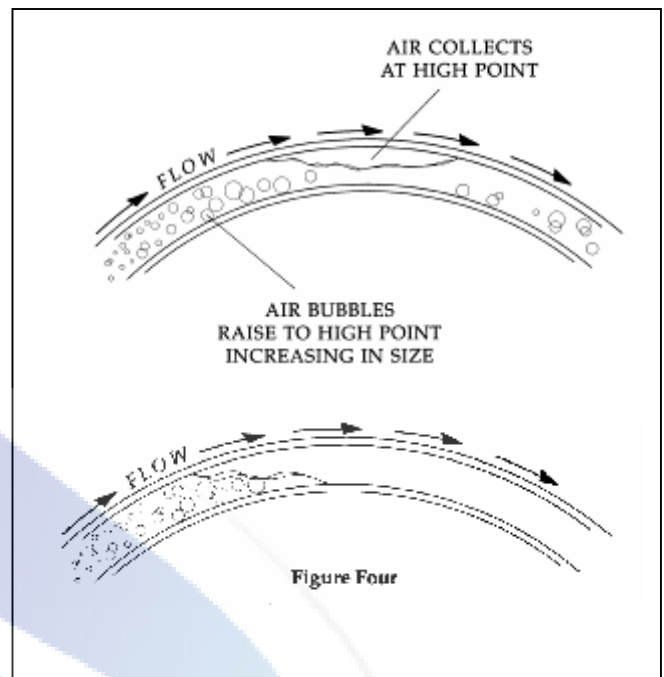
معمولاً آب حدود 2 تا 3 درصد حجمی هوای محلول دارد. با افزایش دما و یا تغییرات فشار، این هوای محلول از آب آزاد می شود. حباب های آزاد شده هوا کم کم رشد نموده و به سمت بالای لوله رانده شده و در محل زانوها و سایر نقاط بالاتر سیستم جمع می شود. به عبارت دیگر در یک لوله 1000 متری حدود 20 متر طولی از لوله مذکور توسط هوا اشغال می شود (شکل 3).

2-3 - هوای ناشی از تجهیزات مکانیکی :

بسیاری از زارعین دارای منبع تأمین آب شخصی بوده که شامل ایستگاه پمپاژ از چاه، رودخانه و یا مخازن آب است. معمولاً در این شرایط هوا در پمپ ها و لوله های مکش حضور دارد. لذا وقتی پمپاژ شروع می شود و یا در طی بهره برداری، هوا مرتباً وارد سیستم پمپ و اتصالات و اجزاء وابسته می شود (شکل 4). تحت شرایط خلاء نیز از برخی تجهیزات مانند شیرآلات و اتصالات دیگر نیز هوا وارد سیستم می شود. در هر صورت می توان گفت که در یک شبکه لوله تحت فشار همیشه هوا حضور داشته و حجم قابل ملاحظه ای دارد.



شکل 4- شکل گیری حباب های هوا در سیستم پمپاژ



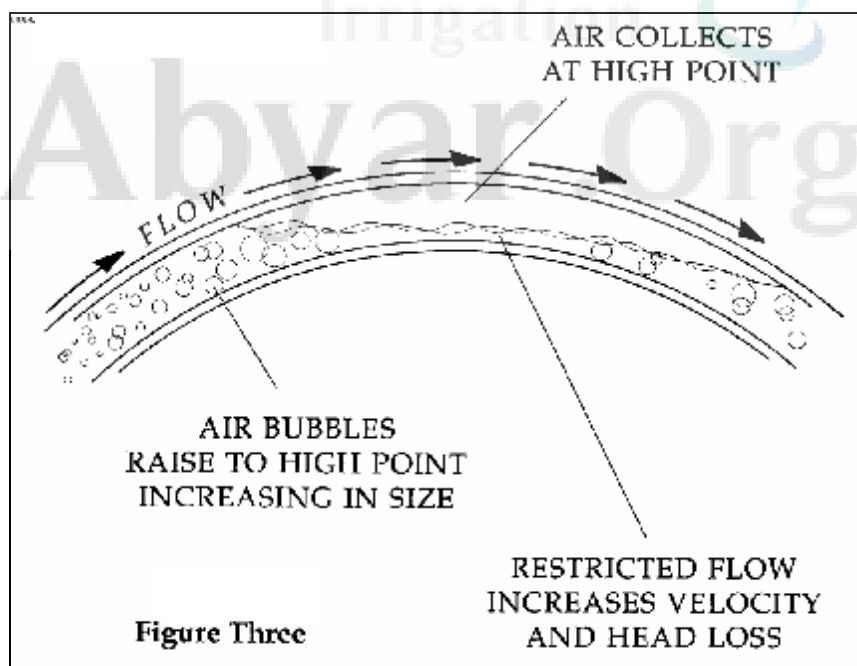
شکل 3- چگونگی تشکیل هوا و توسعه آن در شبکه لوله جریان

3- تأثیر هوا در سیستم و شبکه لوله گذاری :

هوا در سیستم آبرسانی دو تأثیر نامطلوب دارد :

3-1- کاهش سطح مقطع جریان در اثر تجمع هوا در نقاط مرتفع سیستم و افزایش افت انرژی :

مشابه هر کاهش مقطعی این امر باعث افزایش افت انرژی خواهد شد. همچنین حضور هوا باعث افزایش خوردگی لوله و اتصالات مربوطه می گردد (شکل 5).

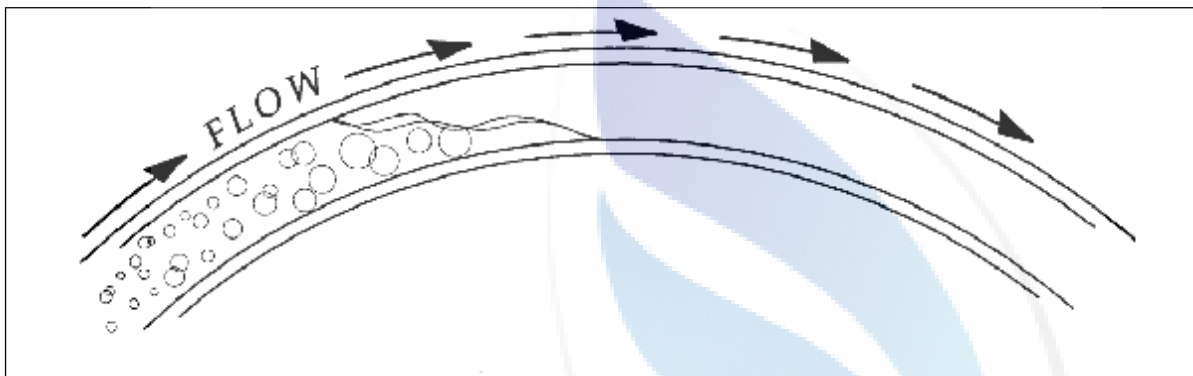


شکل 5 - کاهش سطح مقطع جریان در اثر حضور هوا

2-3- توقف کامل جریان یا چکش آبی :

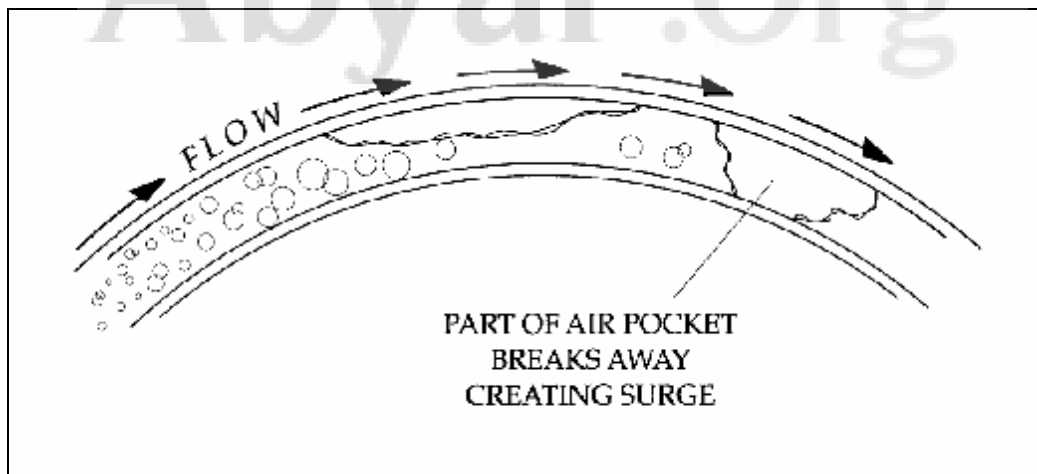
همچنان که تجمع هوا در این نقاط بیشتر می شود این تنگ شدگی جریان بیشتر خواهد شد. با رشد بسته های هوای محبوس دو پدیده ممکن است روی دهد.

اولین پدیده قطع کامل جریان است. این امر هنگامی رخ می دهد که هوای تجمع یافته نتواند با سرعت جریان موجود به پایین دست منتقل شود. همچنانکه این بسته های هوا بزرگتر می شود یک افت فشار بیشتر از ظرفیت پمپ ایجاد شده و در نتیجه جریان کاملاً قطع می شود (شکل 6).



شکل 6 - قطع کامل جریان در اثر رشد و توسعه بسته های هوای محبوس

پدیده دیگر که احتمال وقوع آن شایعتر است این است که در اثر افزایش سرعت جریان در اثر کاهش سطح مقطع، تمام و یا بخشی از بسته هوا بصورت ناگهانی جدا شده و همراه جریان آب به پایین دست منتقل شود (شکل 7). این جدا شدگی ناگهانی بسته های هوا و سپس توقف آن در نقاط بالاتر پایین دست شبکه، منجر به ایجاد یک موج فشار زیاد (چکش آبی) خواهد شد. این پدیده خود باعث بروز خسارات جدی به شیرها و اتصالات و واشرها و حتی شکست خط لوله خواهد شد و این موضوع جدی ترین نتیجه ناشی از تجمع هوا در نقاط مرتفع سیستم می باشد.



شکل 7- انتقال بخشی از بسته های هوای محبوس به پایین دست و ایجاد موج فشار

4 - کنترل هوای سیستم آبیاری و شبکه لوله گذاری بوسیله شیرهای خودکار هوا :

بطور کلی سه نوع شیر هوای خودکار وجود دارد که عبارتند از :

1-4- شیرهای جبرانی هوا - خلاء :

این شیرها تحت عناوین زیر نیز شناخته می شوند :

Air/Vacuum Relief Vents

Kinetic air valves

- شیرهای هوای جنبشی

large orifice air valves

- شیرهای هوای با روزنه بزرگ

Vacuum breakers

- شکننده های خلاء

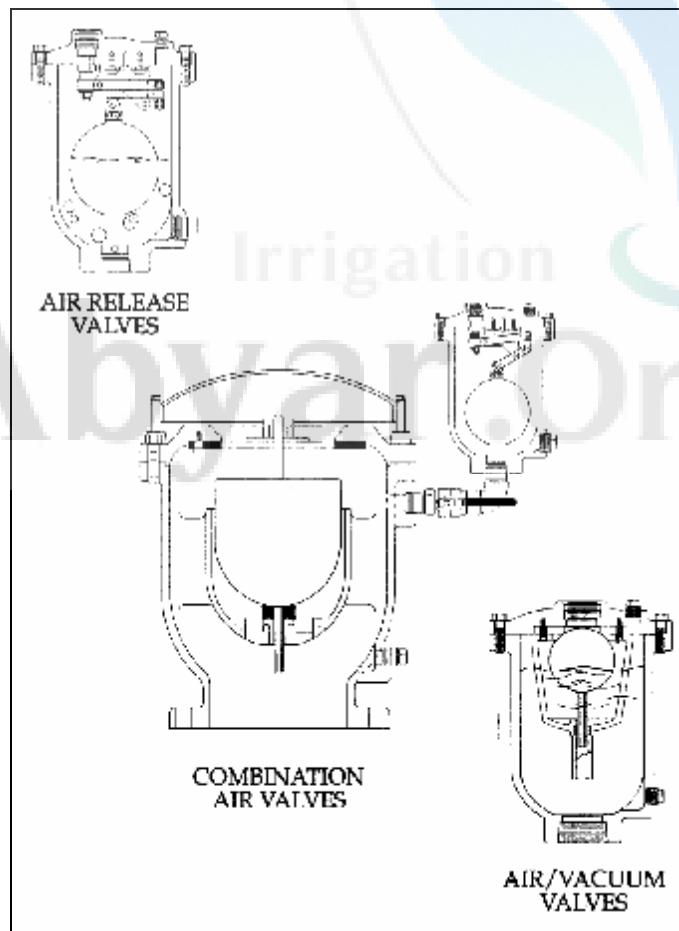
Low pressure air valves

- شیرهای هوا با فشار کم

Air relief (not release) valves

- شیرهای هوای جبرانی (نه تخلیه هوا)

این شیرهای هوا، حجم زیادی از هوا را قبل از آنکه خط لوله تحت فشار قرار گیرد، مخصوصاً در هنگام پر شدن لوله، تخلیه می کنند. برعکس در هنگام زهکشی لوله و حضور یک ستون جدا کننده آب، این شیرها دارای ظرفیت بالایی در عبور و ورود هوا دارند (شکل 8).



شکل 8 - انواع مختلف شیرهای کنترل هوای خودکار

Air Release Vents

2-4 - شیرهای تخلیه هوا :

این شیرها تحت عناوین زیر نیز شناخته می شوند :

Automatic air valves

- شیرهای هوای خودکار

Small orifice air valves

- شیرهای هوای با روزنه کوچک

Pressure air valves

- شیرهای هوای فشاری

این شیرها پس از آنکه شیرهای جبرانی هوا - خلاء با تحت فشار قرار گرفتن لوله بسته می شوند، همچنان به تخلیه پیوسته هوای شبکه ادامه داده اما مقدار تخلیه هوا در آن ها کم تر از سایر شیرهای هواست.

Combination Air Vents

3-4 - شیرهای هوای ترکیبی :

این شیرها به شیرهای هوای دارای دو روزنه نیز موسوم بوده و وظایف هر دو نوع شیر قبلی را با هم انجام می دهد. به عبارتی دارای دو نقش زیر می باشد :

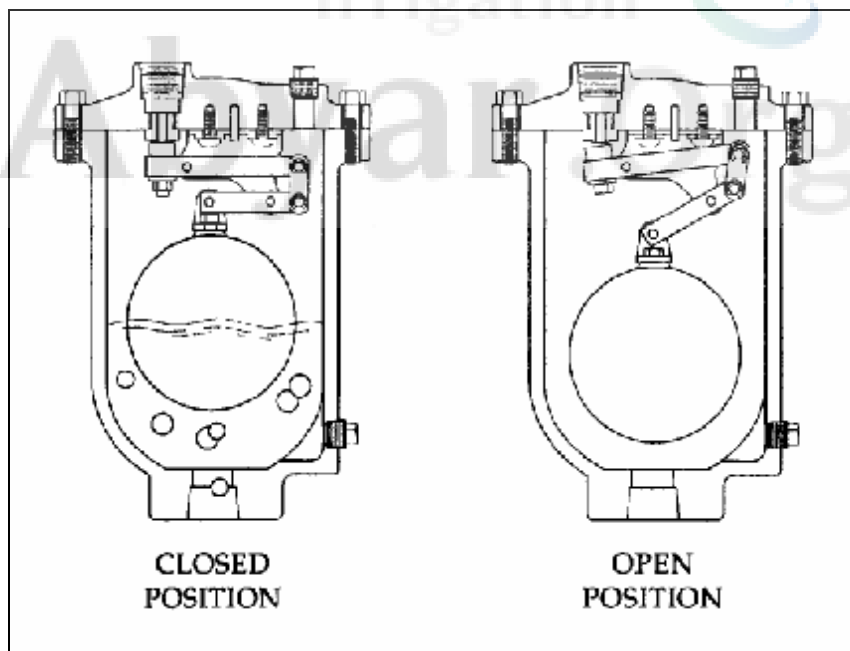
- جبران کمبود هوا و یا تخلیه هوای مازاد با ظرفیت بالا و لازم.

- تخلیه هوای مازاد و بطور پیوسته در زمانی که خطوط لوله تحت فشار دارد.

5 - اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای خودکار هوا :

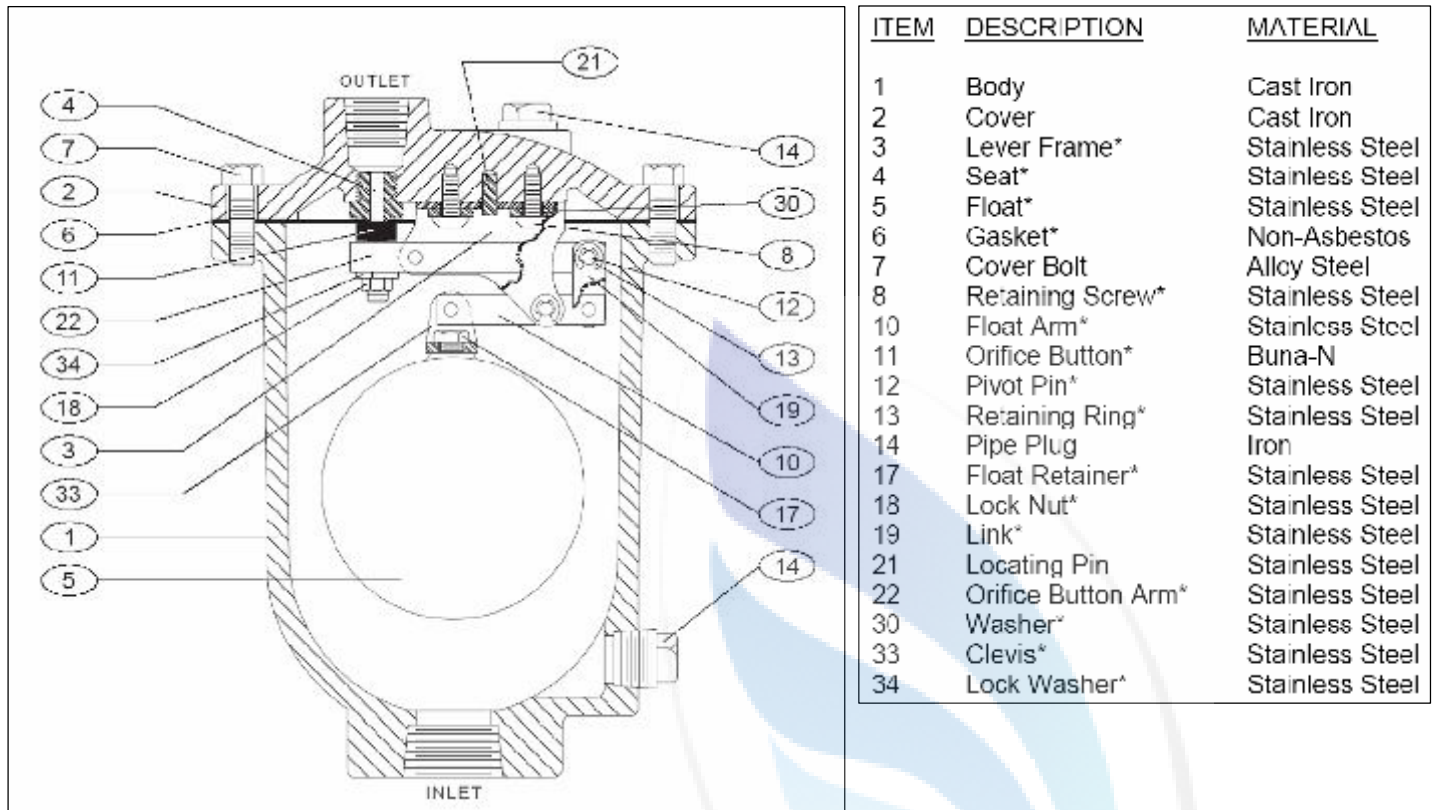
5 - 1 - اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای تخلیه هوای خودکار پیوسته :

این شیرها در زمانی که سیستم تحت فشار و در حال بهره برداری است بصورت پیوسته هوای موجود را تخلیه می کنند. همچنانکه هوا وارد محفظه شیر می شود باعث جابجایی آب و پایین افتادن شناور و در نتیجه خروج هوای مذکور از روزنه کوچک شیر خواهد شد (شکل 9). پس از خروج هوا مجدداً آب جایگزین آن شده و شناور بالا آمده و روزنه کوچک بسته می شود و همچنان این چرخه ورود و خروج هوا و باز و بسته شدن شیر بطور پیوسته ادامه می یابد.

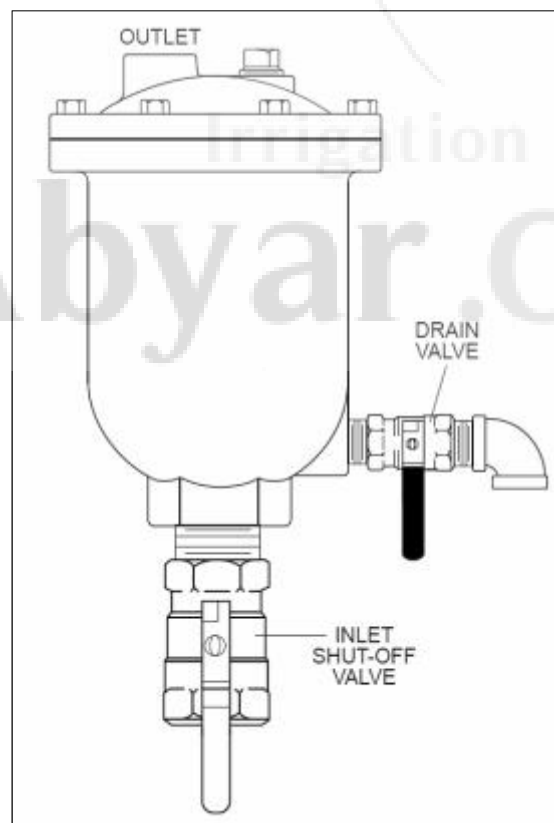


شکل 9 - مکانیزم باز و بسته شدن شیرهای تخلیه هوای خودکار پیوسته (روزنه کوچک)

اجزاء شیرهای تخلیه هوای خودکار پیوسته و نیز روش اتصال آن ها در شبکه لوله گذاری، در شکل های 10 و 11 نشان داده شده است.



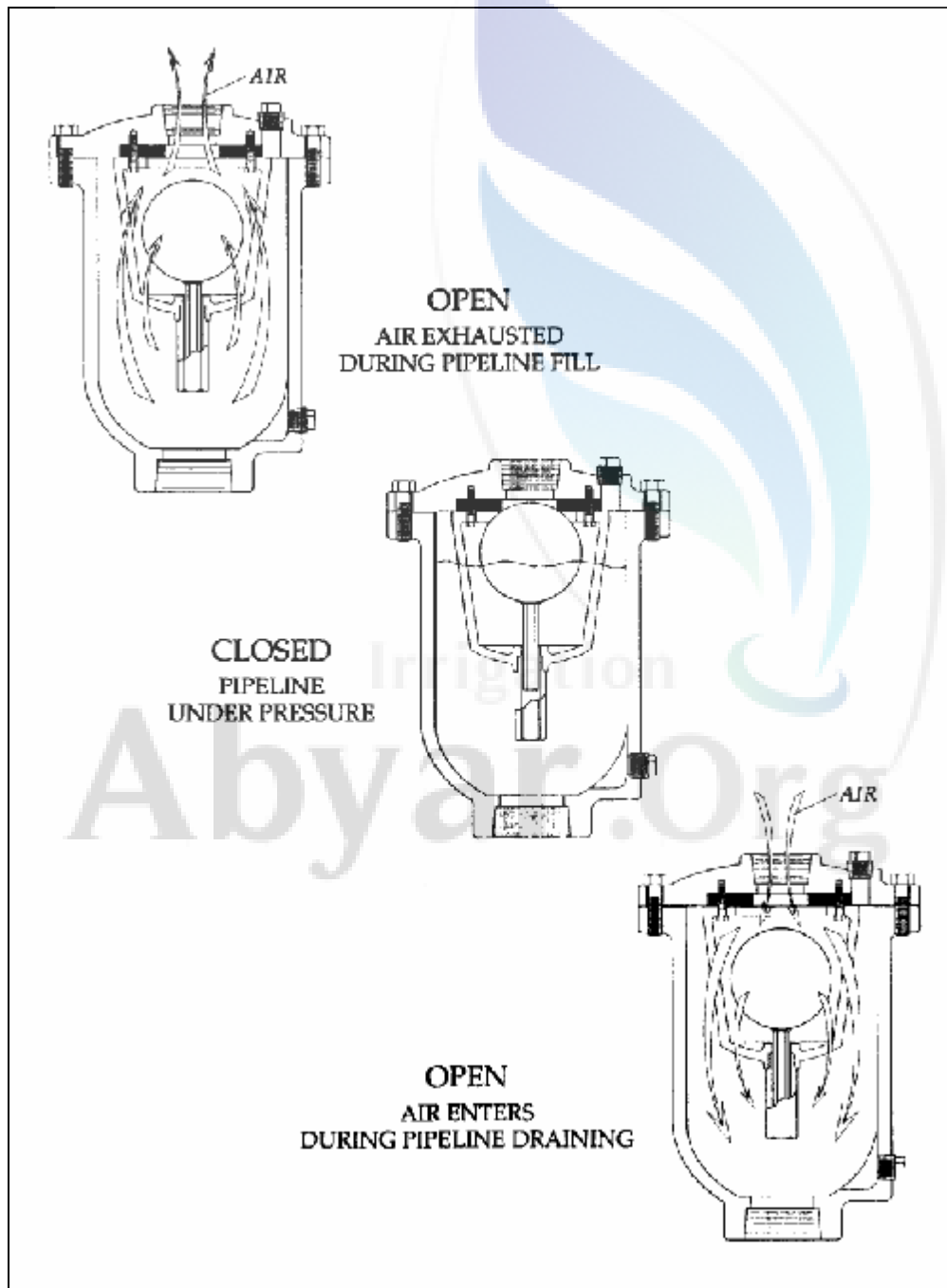
شکل 10 - اجزاء شیرهای تخلیه هوای خودکار پیوسته (روزنه کوچک)



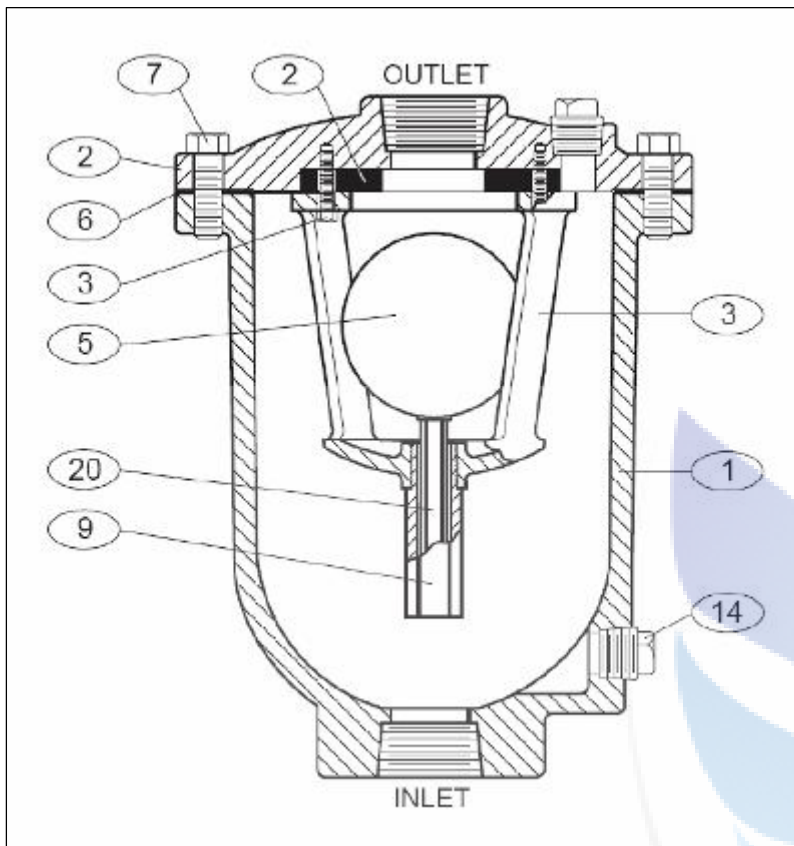
شکل 11 - روش اتصال شیرهای تخلیه هوای خودکار پیوسته (روزنه کوچک)

5-2 - اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای جبرانی هوا - خلأ :

در شروع راه اندازی سیستم شناور این شیرها پایین بوده و هوای سیستم را با ظرفیت عبور بالا خارج می کنند. پس از کمی از شروع راه اندازی و وارد شدن آب به داخل محفظه شیر، شناور بتدریج بالا آمده و روزنه خروجی را می بندد. روزنه شیر تا وقتی که فشار سیستم به نزدیک صفر برسد بسته می ماند. سپس در زمان خاموش شدن سیستم و آبرسانی، شیر باز شده و وظیفه دوم شیر شروع می شود. در ابتدا این کار باعث حذف احتمال تشکیل خلأ و فشرده شدن لوله می شود. در مرحله بعد وقتی که نگهداری سیستم لازم باشد یک زهکشی و تخلیه سریع را برای سیستم فراهم می سازد (شکل 12). اجزاء شیرهای جبرانی هوا - خلأ و نیز روش اتصال آن ها در شبکه لوله گذاری، در شکل های 13 و 14 نشان داده شده است.

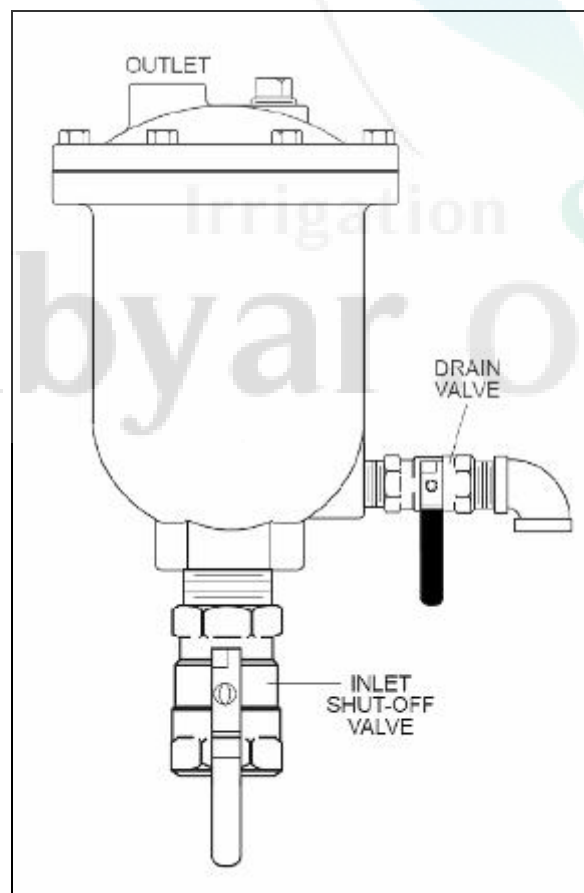


شکل 12 - مکانیزم باز و بسته شدن شیرهای جبرانی هوا - خلأ (روزنه بزرگ)



ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL
1	Body	Cast Iron
2	Cover	Cast Iron
3	Baffle	Ductile Iron
4	Seat*	Buna-N
5	Float*	Stainless Steel
6	Gasket*	Non-Asbestos
7	Cover Bolt	Alloy Steel
8	Retaining Screw*	Stainless Steel
9	Guide Bushing*	Stainless Steel
14	Pipe Plug	Iron
20	Guide Shaft*	Stainless Steel

شکل 13 - اجزاء شیرهای جبرانی هوا - خلاً (روزنه بزرگ)



شکل 14 - روش اتصال شیرهای جبرانی هوا - خلاً (روزنه بزرگ)

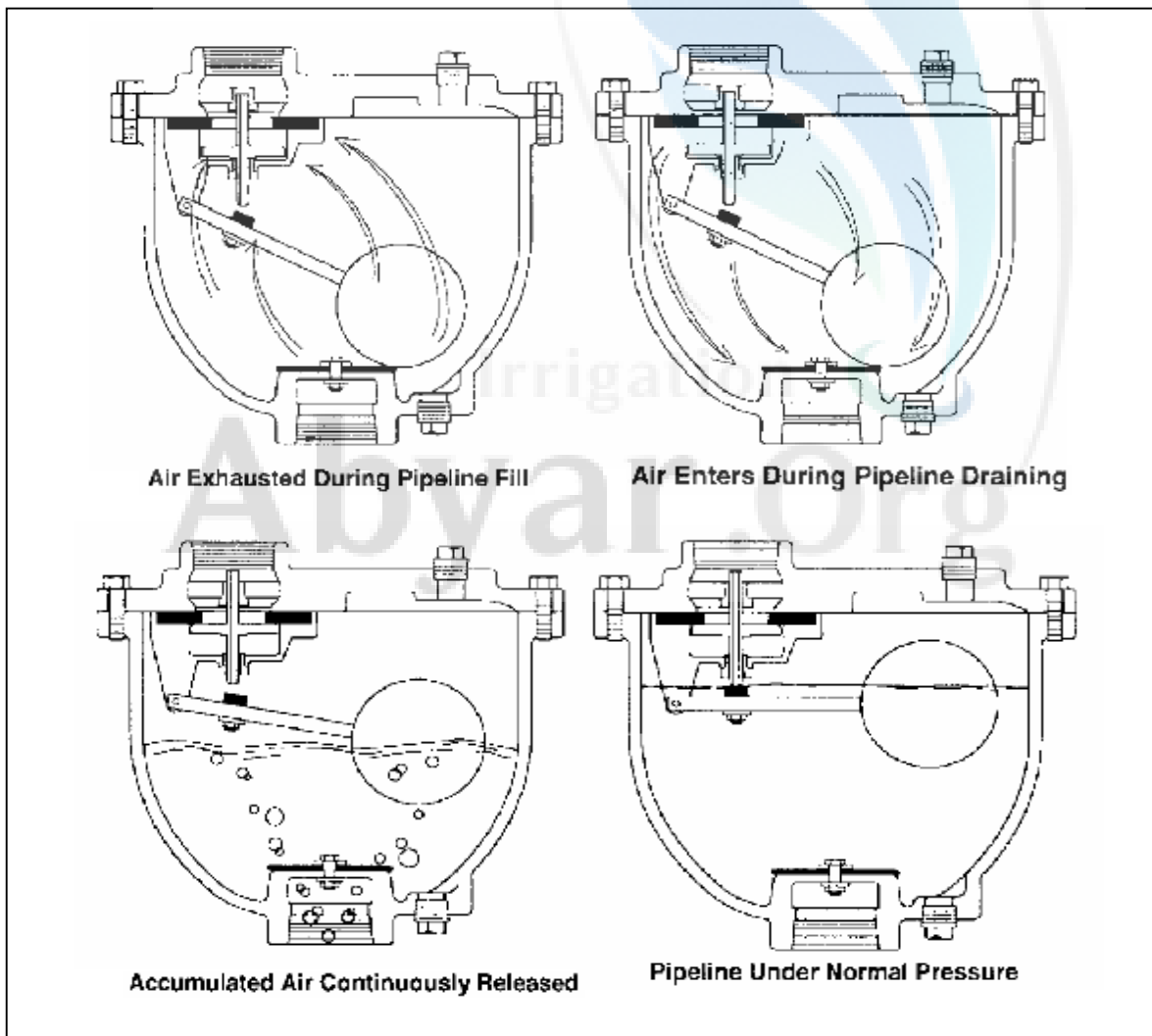
3-5 - اجزاء و مکانیزم عملکرد شیرهای هوای ترکیبی :

با شروع و راه اندازی سیستم، شیر در حالت کاملاً باز بوده و روزنه شیر، هوای سیستم را با شدت جریان زیاد تخلیه می کند. پس از خروج هوا شناور کم کم بالا آمده و دگمه قرار گرفته بر روی بازوی شناور میله مربوط به باز و بسته شدن روزنه را بطرف بالا فشار می دهد و این امر باعث بسته شدن کامل روزنه خواهد شد.

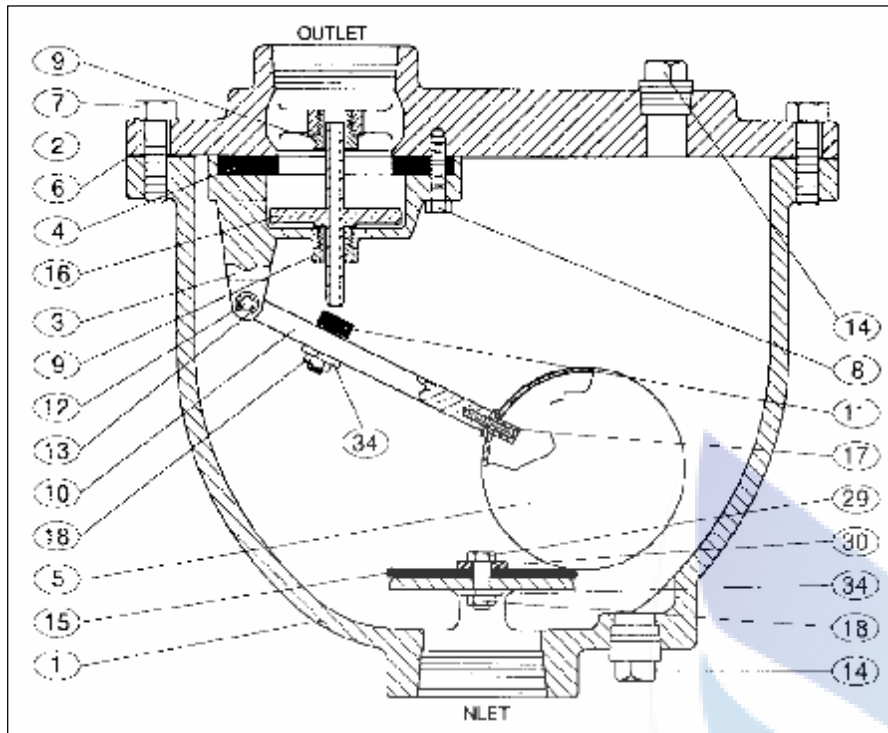
همچنانکه در زمان بهره برداری نرمال سیستم هوایی وارد محفظه شیر می شود با کمی پایین افتادن شناور، اتصال دگمه روی بازوی شناور با میله مربوط به باز و بسته شدن روزنه، قطع شده و هوای مذکور از روزنه خارج می شود. سپس با بالا آمدن شناور مجدداً روزنه بسته خواهد شد. این عمل باز و بسته شدن در طول بهره برداری از سیستم مرتباً تکرار شده و هوا موجود بصورت پیوسته و با شدت کم از سیستم خارج می گردد.

در زمان خاموش شدن سیستم و با قطع کامل جریان، شناور پایین افتاده و اتصال دگمه بازوی شناور با میله قطع و وصل عبور هوا از روزنه قطع شده و هوا با مقدار و شدت زیادی وارد سیستم می شود تا از ایجاد مکش غیرمجاز و فشردگی لوله و سایر خسارات جلوگیری شود.

در سایر مواقع نیز که هوایی در سیستم وجود ندارد شیر هوا و روزنه مربوطه بطور کامل بسته می ماند (شکل 15). اجزاء شیرهای ترکیبی هوا و نیز روش اتصال آن ها در شبکه لوله گذاری، در شکل های 16 و 17 نشان داده شده است.

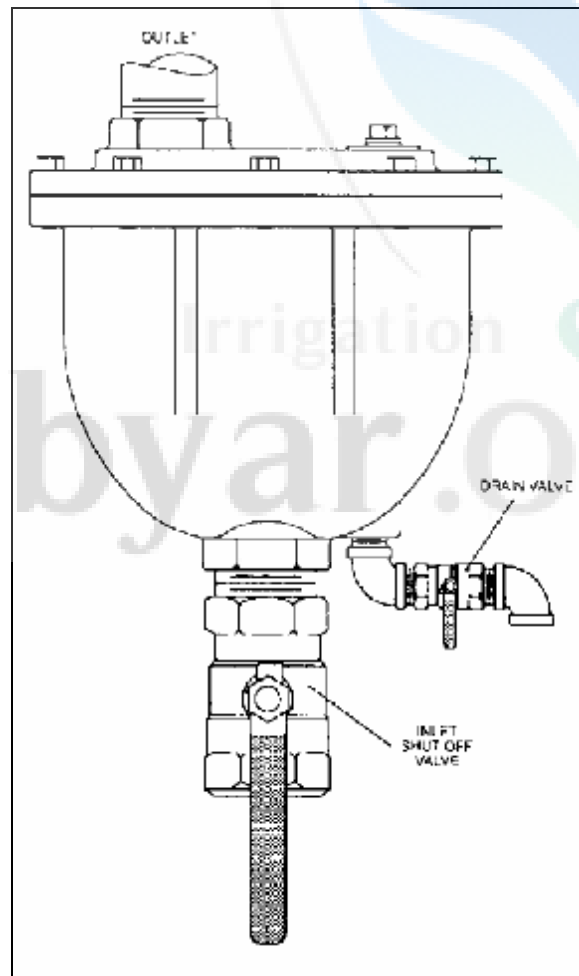


شکل 15 - مکانیزم باز و بسته شدن شیرهای ترکیبی هوا (تک محفظه)



ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL
1	Body	Cast Iron
2	Cover	Cast Iron
3	Baffle	Cast Iron
4	Seat*	Buna-N
5	Float*	Stainless Steel
6	Gasket*	Non-Asbestos
7	Cover Bolt	Alloy Steel
8	Retaining Screw*	Stainless Steel
9	Guide Bushing*	Stainless Steel
10	Float Arm*	Stainless Steel
11	Orifice Buttler*	Buna-N
12	Pivot Pin*	Stainless Steel
13	Retaining Ring*	Stainless Steel
14	Pipe Plug	Steel
15	Cushion*	Buna-N
16	Plug*	Stainless Steel
17	Float Retainer*	Stainless Steel
18	Lock Nut*	Stainless Steel
29	Cushion Retainer*	Stainless Steel
30	Washer*	Stainless Steel
34	Lock Washer*	Stainless Steel

شکل 16 - اجزاء شیرهای ترکیبی هوا (تک محفظه)



شکل 17 - روش اتصال شیرهای ترکیبی هوا (تک محفظه)

6 - مکانیزم آب بندی چرخشی : Rolling Seal Mechanism

شیرهای هوای خودکار تخلیه پیوسته و شیرهای هوای ترکیبی هر دو دارای یک مکانیزم آب بندی چرخشی می باشد. طرح ترکیب آب بند چرخشی و شناور هیدرودینامیک و آیرودینامیک، باعث شده است که کارآیی این شیرها بسیار افزایش یافته و در برابر پدیده بسته شدن ناگهانی شیر هوا و ایجاد ضربات سنگین و ناگهانی ناشی از آن مقاوم باشد.

به عبارتی این مکانیزم دارای دو ویژگی زیر است :

- باز شدن تدریجی و تمیز شدن خودکار شیر هوا
- اطمینان از باز شدگی مناسب جهت عبور پیوسته هوا در اثر اختلاف فشار تا 12 پوند بر اینچ مربع در هنگام بسته بودن شیر بوسیله شناور

بطور کلی این مکانیزم باعث کوچک و سبک و کم هزینه شدن شیر هوا شده است.

7 - انتخاب موقعیت و تعداد شیرهای هوای لازم در سیستم آبرسانی :

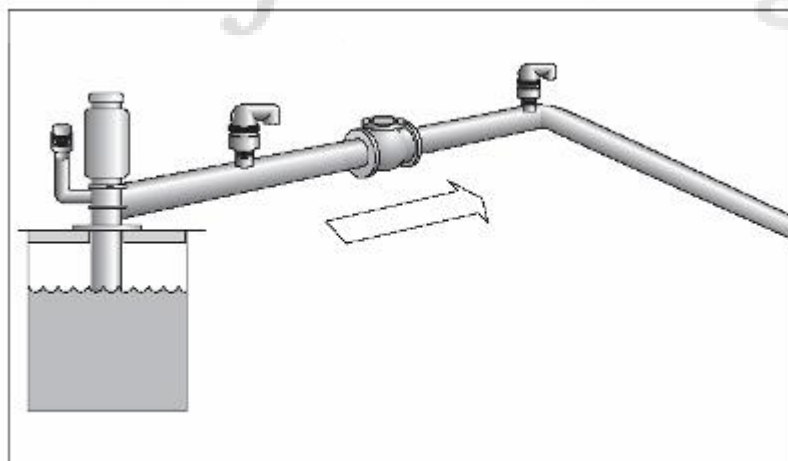
7-1- موقعیت های مناسب جهت بکارگیری شیرهای هوا :

7-1-1- پمپ ها :

در این حالت باید یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ مستقیماً پس از پمپ و قبل از شیر کنترل Check Valve نصب شود. روزنه بزرگ شیر هوای ترکیبی، مقادیر زیاد هوای سیستم پمپاژ را از هنگام شروع پمپاژ و تا زمان باز شدن شیر کنترل و بسته شدن روزنه مذکور تخلیه می کند. از سوی دیگر در زمان خاموش شدن پمپ و در شرایط ایجاد فشارهای منفی، از این روزنه هوا به مقدار کافی وارد سیستم شده و بصورت یک شکننده خلاء، از پمپ و اتصالات و واشرها و ...، حفاظت می کند.

در زمانی که لوله تحت فشار نرمال قرار دارد، روزنه کوچه شیر ترکیبی وارد عمل شده و بطور پیوسته هوای موجود را تخلیه می نماید. موقعیت شیر ترکیبی مذکور قبل از شیر کنترل، شیر کنترل را در مقابل خطر کاویتاسیون ایمن می سازد.

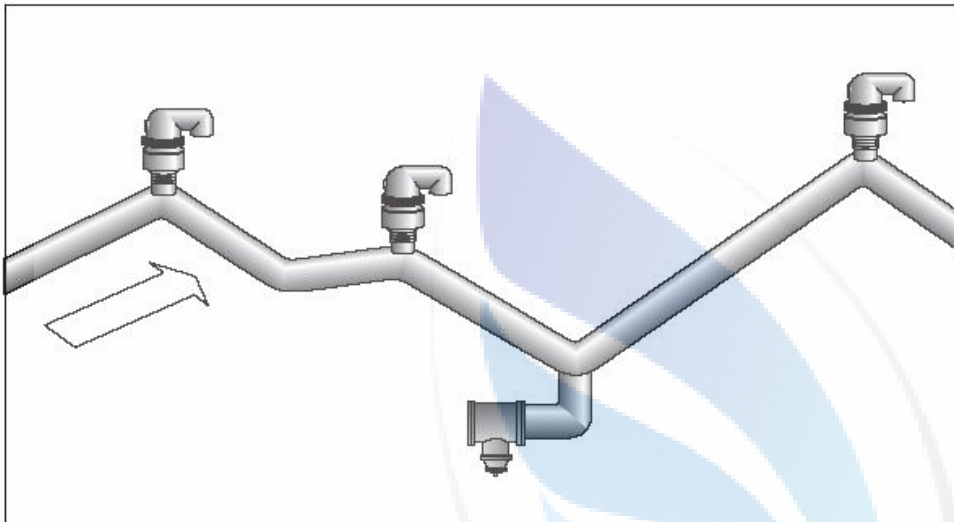
پس از شیر کنترل پمپ نیز باید یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ نصب شود تا در هنگام خاموش شدن پمپ که شیر کنترل نیز بسته است، هوا را وارد شبکه نموده و در هنگامی که جدایی ستون آب کوچکی روی می دهد و جریان برگشت می کند، هوای سیستم را تخلیه نماید.



شکل 18 - چگونگی نصب شیرهای هوا در ایستگاه پمپاژ

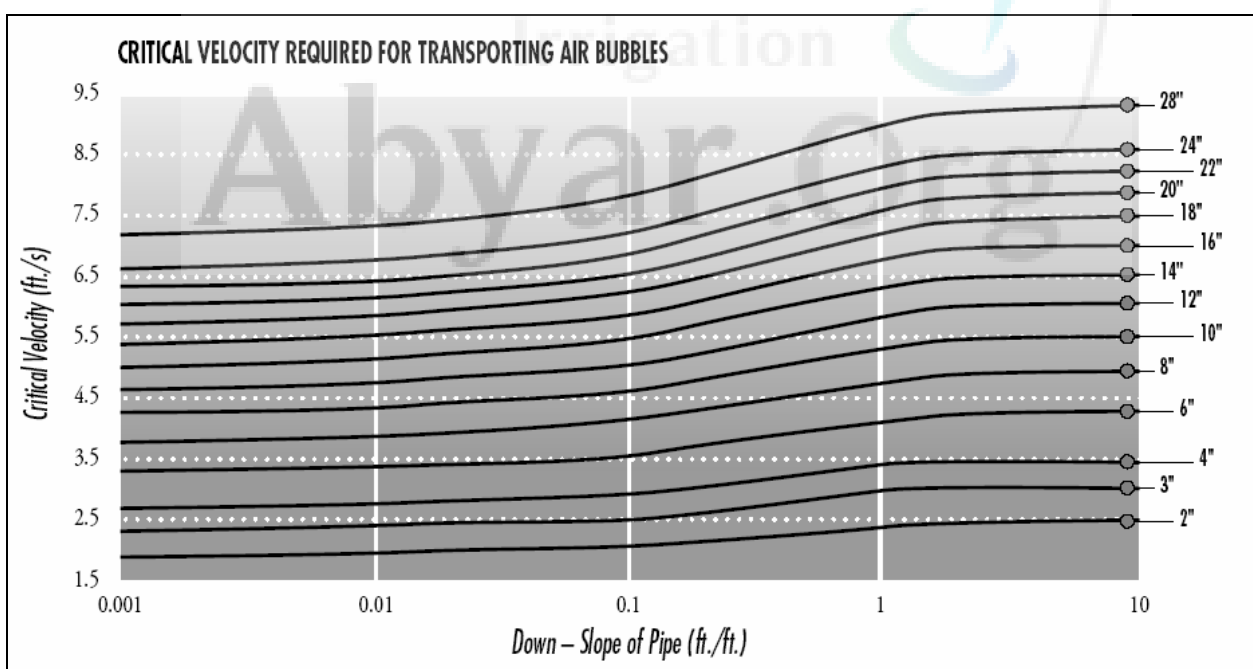
2-1-7- نقاط مرتفع :

در نقاط مرتفع مسیر لوله ها نیز باید یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ نصب شود مخصوصاً وقتی که سرعت جریان در لوله کمتر از سرعت جریان بحرانی مربوط به انتقال هوا باشد (گراف های سرعت بحرانی).
در این حالت روزنه بزرگ شیر مذکور در هنگام پر شدن لوله از آب، هوا را تخلیه نموده و در هنگام خالی شدن لوله نیز که خطر کتابی شدن و فشرده شدن لوله وجود دارد، هوای کافی را وارد سیستم نماید.



شکل 19 - چگونگی نصب شیرهای هوا در نقاط مرتفع

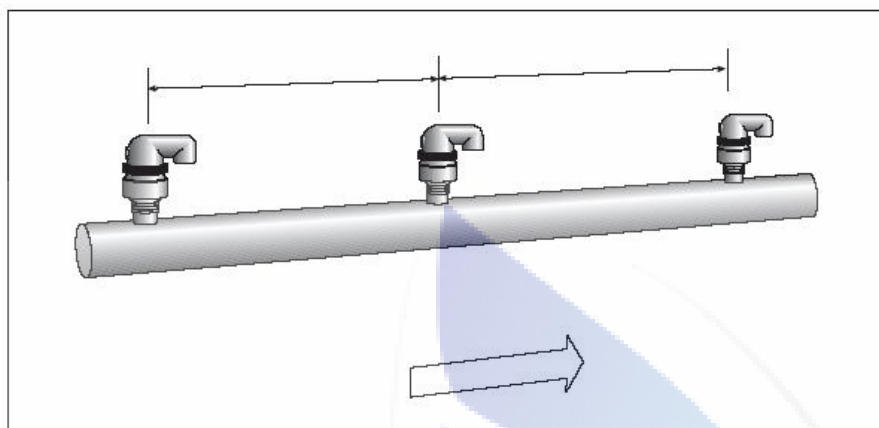
در هنگام فشار نرمال جریان در لوله نیز، روزنه کوچک شیر مذکور بطور پیوسته هوای موجود در لوله را تخلیه می نماید. البته وقتی زمین نسبتاً هموار بوده و شیب لوله کم است و نقاط مرتفع نیز به هم نزدیک است، فقط در برخی از نقاط ارتفاعی نصب یک شیر هوای پیوسته خود کار 1 اینچ (بجای شیر هوای ترکیبی 2 اینچ) کفایت می کند.



شکل 20 - نمودارهای تعیین سرعت بحرانی مربوط به انتقال هوا در شبکه های لوله گذاری

3-1-7- مسیرهای طولانی :

شیر هوای ترکیبی 2 اینچ یا شیر هوای خود کار پیوسته 1 اینچ باید در مسیرهای طولانی و به فواصل 550 تا 900 یارد نصب شود. علاوه بر این شیر هوای ترکیبی 2 اینچ نیز باید در دو انتهای مسیر نصب شود.



شکل 21 - نصب شیرهای هوا در مسیرهای طولانی خطوط لوله

هنگامی که سرعت جریان در لوله کمتر از سرعت جریان بحرانی مربوط به انتقال هوا گردد، خیلی مهم است که شیرهای هوا در نقاط بحرانی نصب گردد. این نقاط بحرانی عبارتند از :

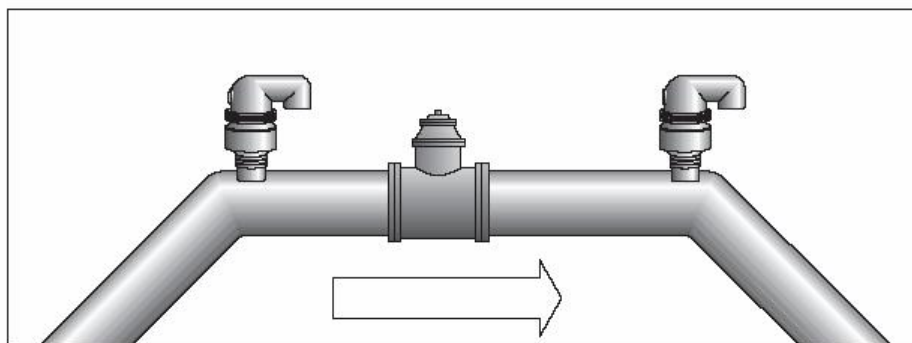
- مسیرهای افقی طولانی
- جاهایی که نیروی ثقلی قادر به انتقال حباب های هوا و هوای محبوس به سمت شیرهای هوای بعدی نمی باشد.
- جاهایی که جریان آب دارای سرعت کافی برای انتقال حباب های هوا به سمت شیرهای هوای بعدی نمی باشد.
- در مسیرهای سرایشی طولانی که جریان آب باید بر جریان های هوای متلاقی با آن غلبه نماید.

4-1-7- شیرهای جدا کننده (قطع و وصل جریان) داخل خط: Line Isolating Valves

یک شیر هوای خود کار پیوسته 1 اینچ باید قبل از شیرهای جدا کننده نصب شود تا در زمان بسته بودن شیر و زمانی که لوله تحت فشار جریان است، هوای موجود را تخلیه نماید و همچنین ایمنی مناسبی را برای دیسک شیر جدا کننده در مقابل پدیده کاویتاسیون فراهم سازد.

یکی از محاسن دیگر نصب شیر هوای مذکور قبل از شیر قطع (جدا کننده) این است که در هنگام پر شدن لوله و بسته بودن شیر جدا کننده، یک تخلیه هوای پیوسته و آرام انجام شده و فرآیند پر شدن لوله به نرمی و آرام انجام می شود. البته برای شدت جریان های زیادتر و قطرهای بزرگتر لوله باید یک شیر ترکیبی هوای 2 اینچ قبل از شیر جدا کننده نصب شود.

یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ نیز باید پس از شیر جدا کننده نصب شود تا از ایجاد خلاء ناشی از بستن ناگهانی شیر جدا کننده جلوگیری نموده و در هنگام پر شدن لوله نیز هوای اضافی را تخلیه نماید.



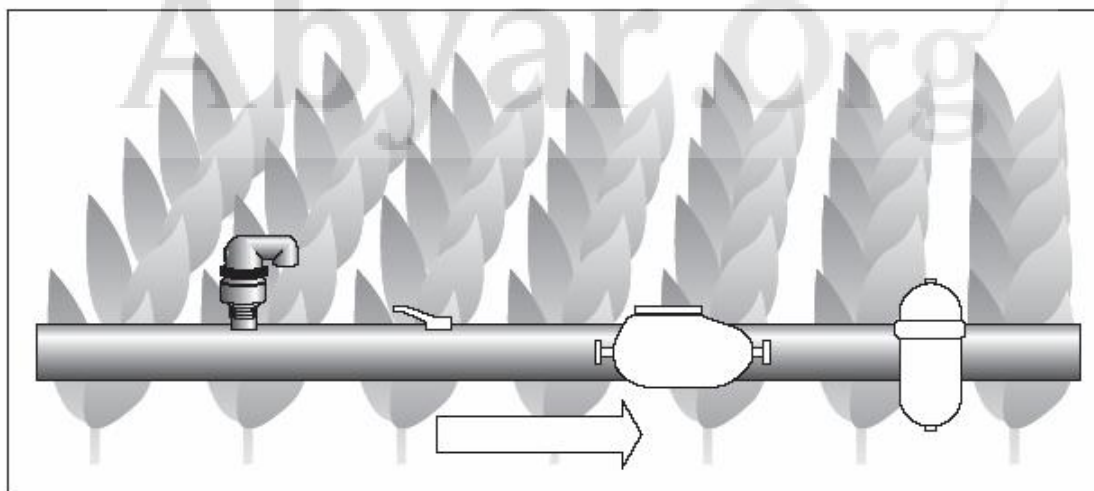
شکل 22 - چگونگی نصب شیرهای هوا در موقعیت شیرهای جداکننده

5-1-7- شیرهای خودکار اندازه گیری جریان: Water Meters and Automatic Metering Valves

یکی از نقاط بسیار مهم و ضروری جهت نصب شیر هوا در سیستم های آبیاری، قبل از شیرهای اندازه گیری جریان می باشد. سرعت جریان هوا می تواند بسته به فشار و دما تا 21 برابر سرعت جریان آب نیز برسد. در این حالت هوای وارد شده به شیر اندازه گیری جریان با سرعت زیاد چرخ شمارشگر شیر را به چرخش در آورده و حجم آب عبوری را بسیار بیشتر از مقدار واقعی ثبت می کند چرا که این ابزار قادر به تشخیص عامل گرداننده (آب یا هوا) شمارشگر نمی باشند. در این شرایط ضمن افزایش مبلغ قبض آب، مشکل عدم رسیدن آب کافی و در نهایت خسارت به محصول زراعی روی می دهد.

وقتی که آب چرخ شمارشگر را به گردش در می آورد باعث روغن کاری و نیز سرد شدن چرخ می شود اما زمانی که هوا آن را به گردش در می آورد باعث گرم شدن و ایجاد خسارت به چرخ مذکور می شود و چنانچه چرخ مذکور از جنس پلاستیک ساخته شده باشد، حتی ممکن است ذوب شود.

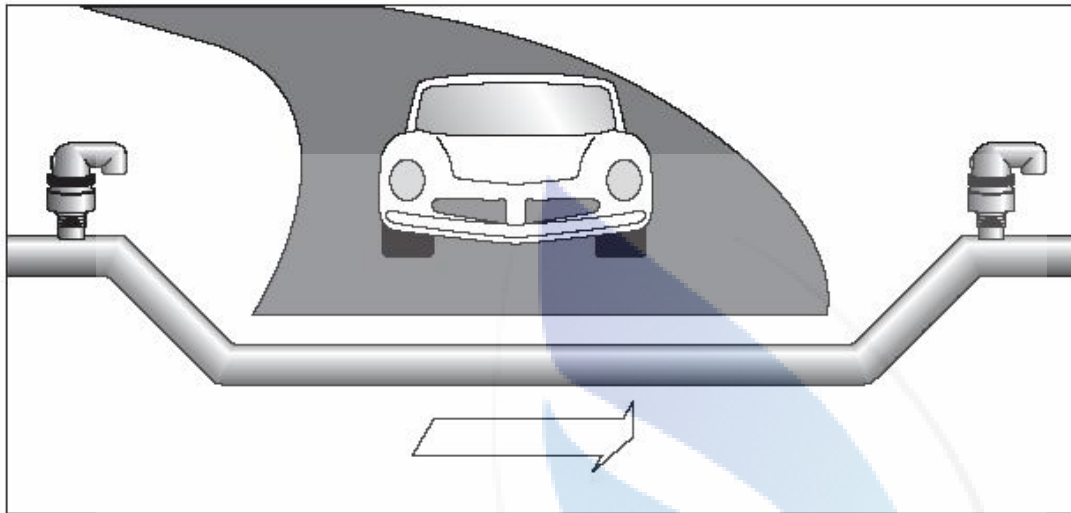
لذا نصب یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ قبل از شیر اندازه گیری جریان به منظور حفاظت شیر یاد شده لازم خواهد بود. با توجه به اینکه شیر اندازه گیری جریان یک شیر جداکننده نیز محسوب می شود، باید یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ نیز پس از آن نصب گردد.



شکل 23 - چگونگی نصب شیرهای هوا در موقعیت شیرهای اندازه گیری جریان

6-1-7 - گذرگاه جاده : Road Crossings

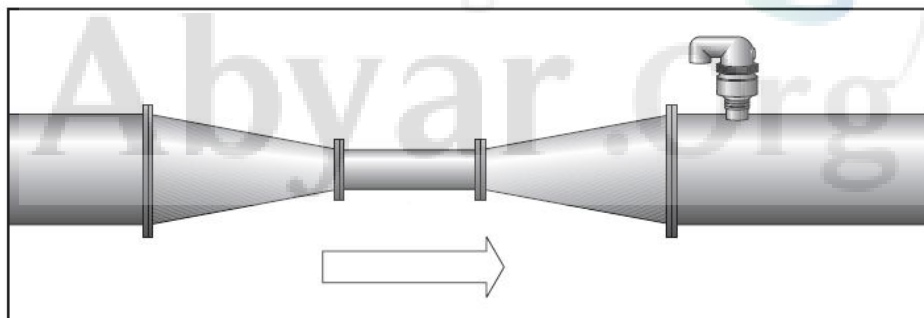
در محل عبور لوله های با قطر بزرگتر از زیر جاده که دارای شیب های تندی در بالادست و پایین دست جاده می باشند، باید از شیر هوای ترکیبی 2 اینچ استفاده شود. اگر عرض جاده و یا عمق پایین افتادگی لوله در زیر جاده زیاد باشد در هر دو طرف و در بالای زانویی ها از شیر یاد شده استفاده شود. اما اگر عرض جاده و یا عمق پایین افتادگی لوله کم باشد، نصب شیر هوا در بالادست کفایت می کند.



شکل 24 - چگونگی نصب شیرهای هوا در موقعیت گذرگاه جاده

7-1-7 - تغییرات فشار : Pressure Changes

در نواحی که فشار تغییر می کند مانند شیرهای کاهنده فشار یا فشار شکن ها، ممکن است در اثر آشفتگی هوای محلول در آب آزاد شود. همچنین در طی پر شدن لوله ممکن است این نواحی دچار مشکل شوند. در نقاطی که تغییرات فشار کم است نصب یک شیر خودکار تخلیه هوای پیوسته یک اینچ در پایین دست و نزدیک به محل مذکور کافی است. اما اگر تغییر فشار و میزان آشفتگی جریان زیاد باشد باید از یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ استفاده شود.



شکل 25 - چگونگی نصب شیرهای هوا در موقعیت های تغییر فشار

حتی در سیستم های آبیاری به علل زیر پیچیدگی های بیشتری وجود دارد :

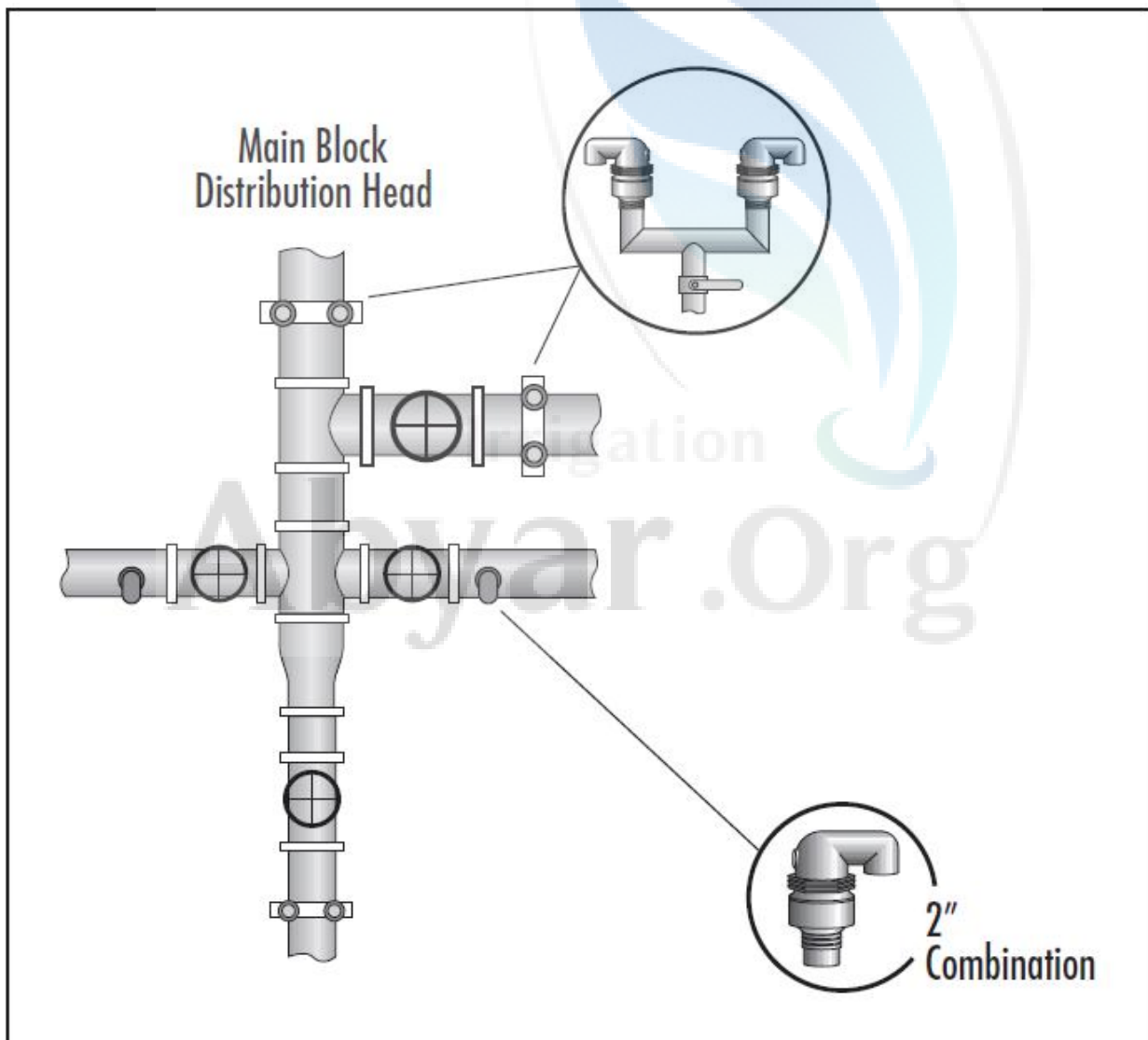
- شدت های بیشتر تغییرات شرایط و مشخصات جریان
- ضرورت تصفیه و فیلتراسیون آب در داخل مزرعه
- نیاز به تزریق کود و مواد شیمیایی به داخل سیستم

اگر چه این سیستم ها از انعطاف پذیری بیشتری در زمینه ایجاد تغییرات و توسعه و یا سازگاری برخوردارند اما اگر در مواردی دچار اشتباه شویم خسارات بسیار جدی به زراعت و تجهیزات و خطوط لوله و اتصالاتی که خارج از دید و دور از دسترس است، وارد خواهد نمود.

8-1-7- محل انشعابات : Control Heads

در اولین انشعابات خط لوله، نصب یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ در بالای رایزر لازم است. این کار باعث اطمینان از تخلیه هوای سیستم شده و از تجهیزات دیگر در تأسیسات کنترل کننده بار و یا سایر تجهیزات پایین دست محافظت می کند. اگر انشعاب شامل یک مانیفولد منشعب شده از یک خط توزیع اصلی باشد، پس از شیرهای جداکننده خط اصلی و در محلی که خط اصلی با یک پایین افتادگی به یک مانیفولد افقی متصل می شود، لازم است یک شیر ترکیبی هوای 2 اینچ نصب شود.

در انشعابات کوچک که نزدیک به شیر هوای بالادست هستند، ممکن است نصب یک شیر خودکار تخلیه هوای پیوسته یک اینچ روی رایزر بالادست و یک شیر هوای جبرانی هوا - خلاء دو اینچ روی لوله پایین رونده در پایین دست شیر جداکننده کافی باشد.



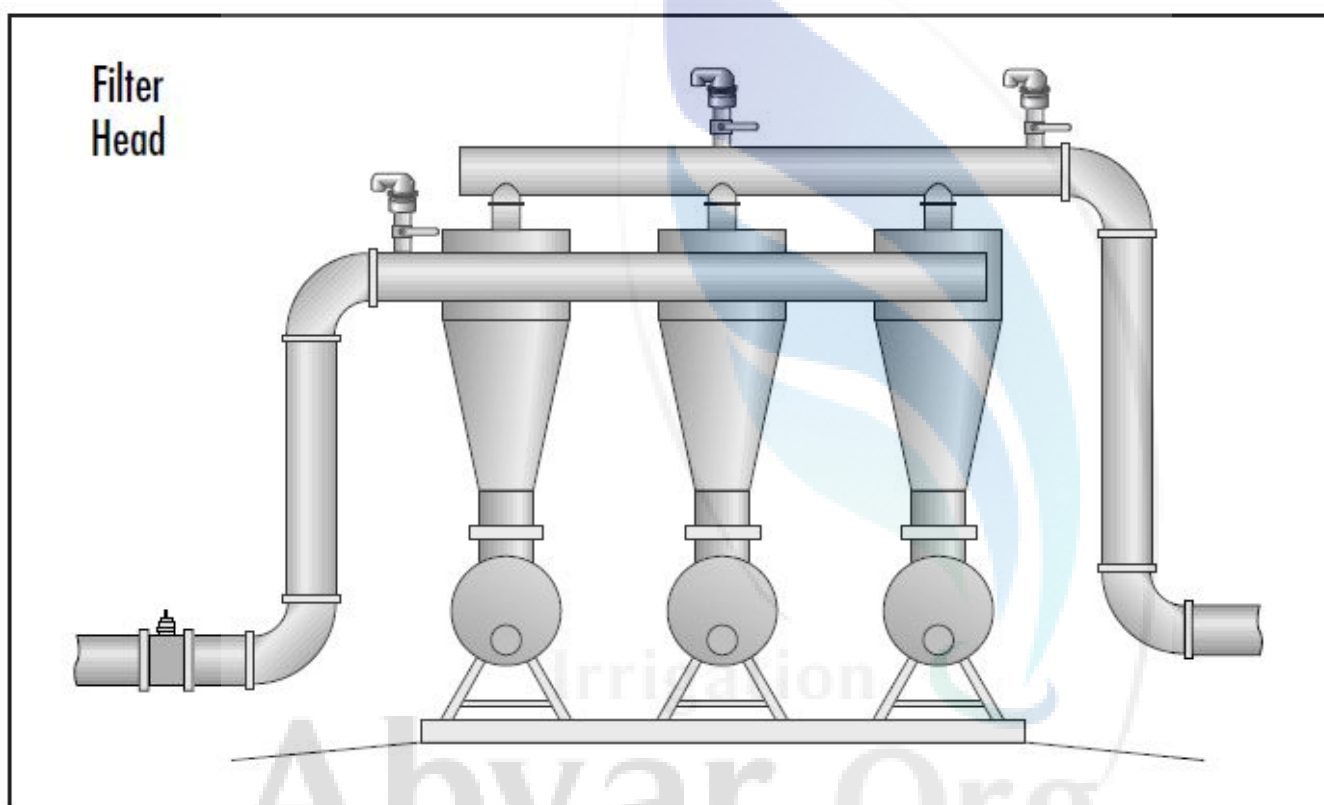
شکل 26 - چگونگی نصب شیرهای هوا در انشعابات (کنترل کننده های هد) سیستم

9-1-7- تأسیسات فیلتر: Filter Heads

نصب یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ در قسمت ورودی تأسیسات فیلتر برای جلوگیری از ورود هوا به داخل فیلترها ضرورت دارد.

سایر توصیه های لازم در مورد نصب شیر هوا عبارتند از:

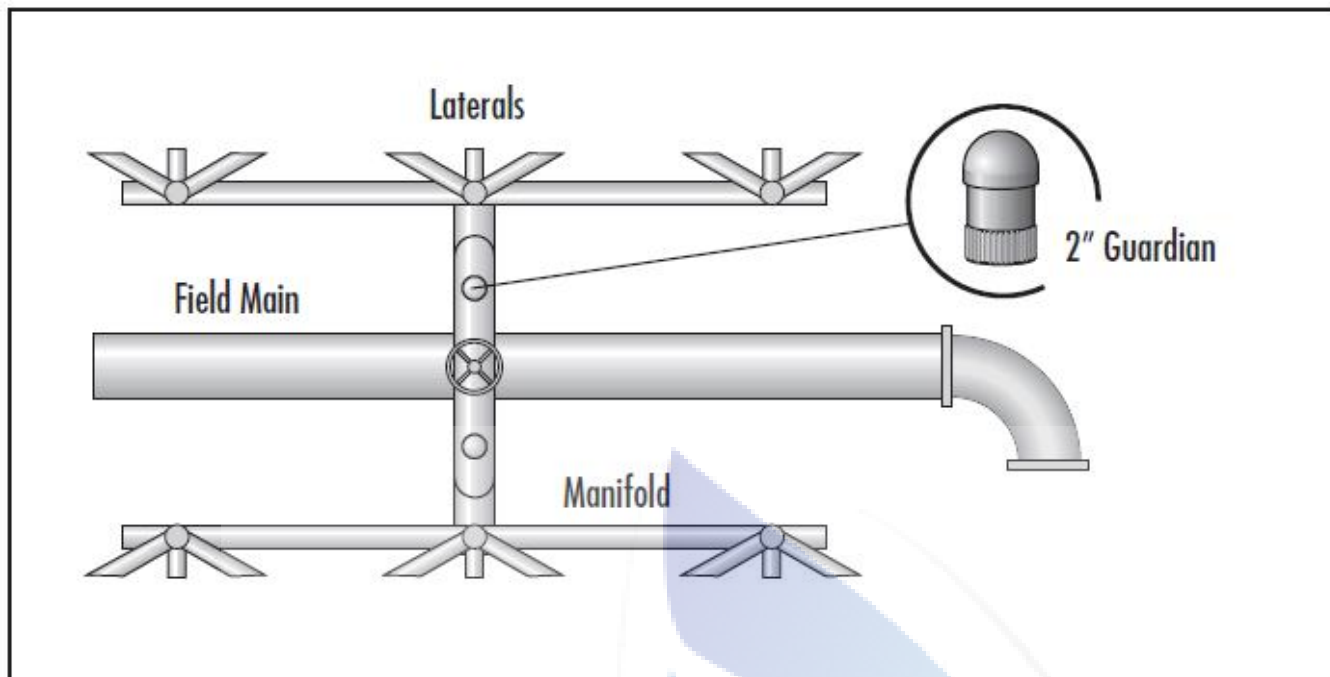
- نصب در بالای فیلتر انجام شود تا هوای موجود در لوله را خارج نموده و سیستم قادر به زهکشی و شستشوی معکوس (Backwashing) باشد.
- نصب شیر هوا پس از فیلترها نیز باعث خروج هوای باقیمانده و نیز جلوگیری از ایجاد خلاء و مکش لایه های فیلتر خواهد شد.



شکل 27 - چگونگی نصب شیرهای هوا در سیستم فیلتراسیون

10-1-7- منیفولدهای آبیاری قطره ای: Drip Irrigation Manifolds

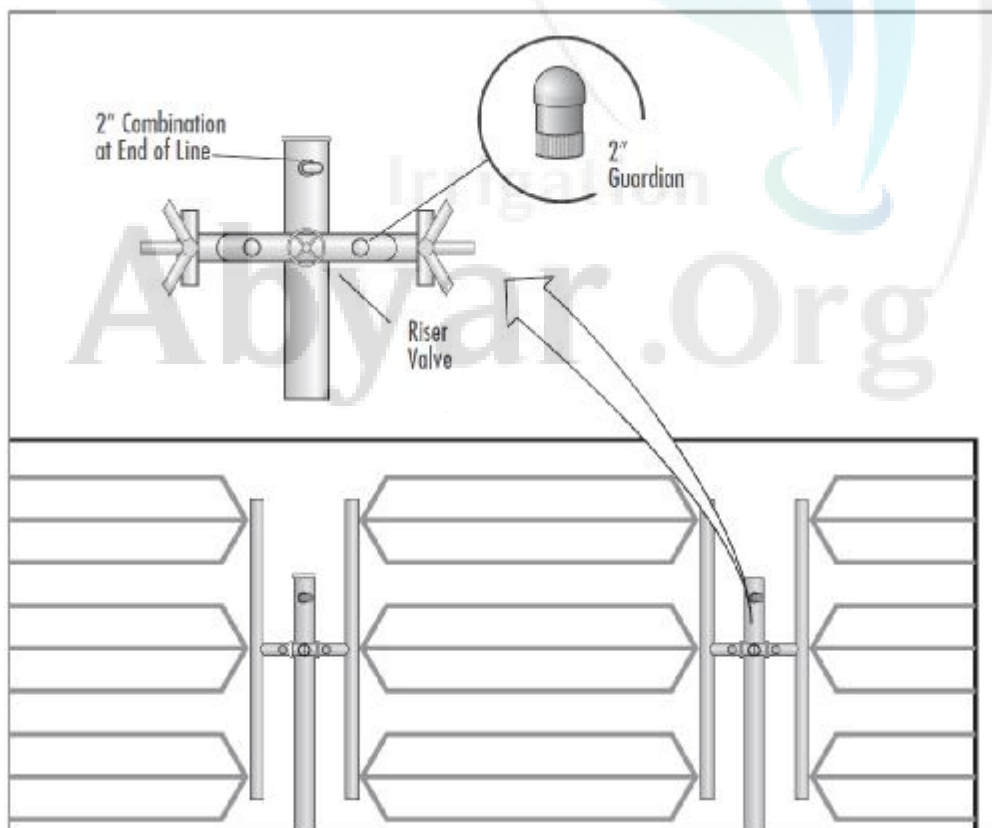
در سیستم آبیاری قطره ای، نصب یک شیر جبرانی هوا - خلاء پس از شیر جداکننده که مانیفولد را از خطوط فرعی (لترالها) جدا می کند، بسیار ضروری است. اگر طول مانیفولد زیاد باشد بهتر است بسته به طول مذکور از چند شیر هوای جبرانی استفاده شود. وظیفه این شیرهای هوا، حفاظت قطره چکان ها از گرفتگی و انسداد، در اثر ایجاد شرایط خلاء و جدایش ستون آب به علت بسته شدن ناگهانی شیرهای جداکننده، خواهد بود.



شکل 28 - چگونگی نصب شیرهای هوا در منیفولدها

11-1-7 - انتهای خطوط لوله : End of Lines

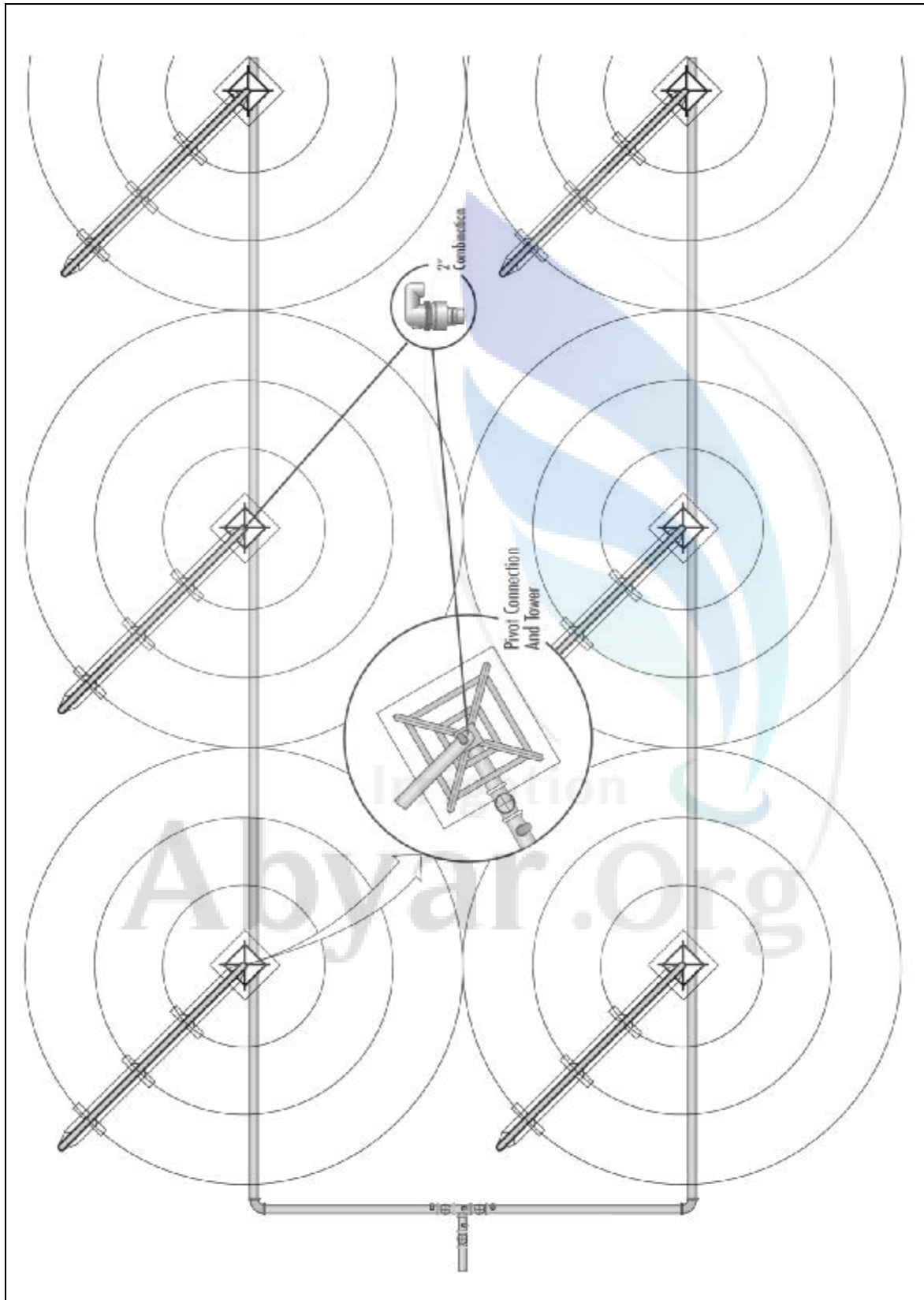
همیشه باید یک شیر هوای ترکیبی 2 اینچ در انتهای خطوط و پس از آخرین شیر جداکننده نصب شود. اگر خط مربوطه کوتاه باشد می توان از یک شیر جبرانی هوا - خلاء یک اینچ در بالادست و یک شیر خودکار هوای پیوسته یک اینچ، استفاده نمود.



شکل 29 - چگونگی نصب شیرهای هوا در منیفولدها و انتهای خطوط لوله

12-1-7 - تجهیزات آبیاری : Irrigation Equipment

در تأسیسات آبیاری مانند آفشان های خطی و یا آفشان های دوار (Center Pivots) باید از شیر هوای ترکیبی 2 اینچ در قسمت زانویی لوله در بالای برج تغذیه کننده و نیز قبل از شیر جداکننده در پایین برج تغذیه کننده، استفاده شود.



شکل 30 - چگونگی نصب شیرهای هوا در موقعیت آفشان دوار (Center Pivot)

2-7- تعیین تعداد شیرهای هوای لازم در هر موقعیت :

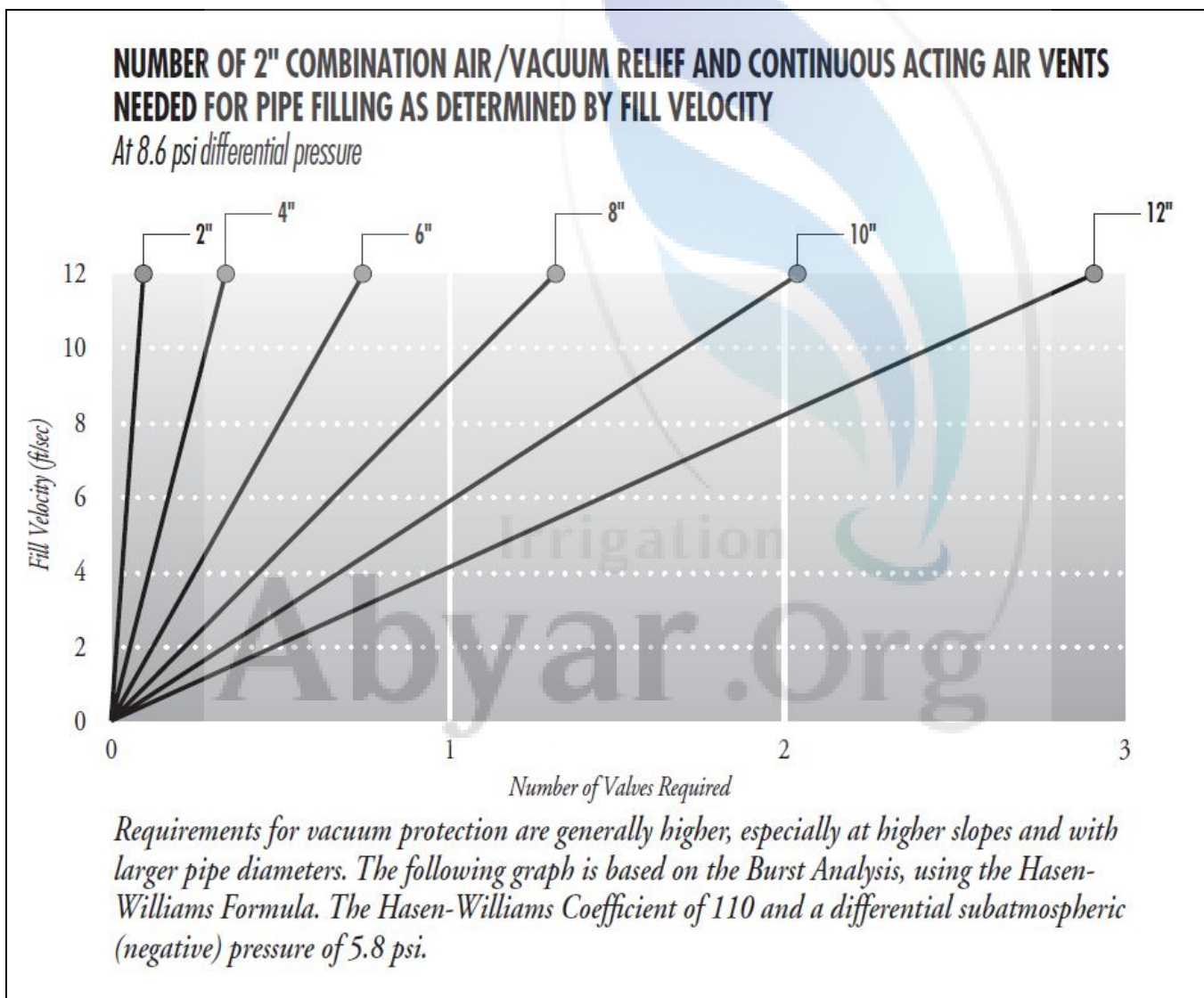
در بیشتر سیستم های آبیاری قطر لوله ها خیلی بزرگ نبوده و شدت جریان ها چندان زیاد نیست. در بیشتر اوقات نصب یک شیر هوای خودکار تخلیه پیوسته یک اینچ در هر موقعیت کافی می باشد.

برای تعیین تعداد شیرهای هوای ترکیبی 2 اینچ در هر موقعیت ، دو معیار مهم و اساسی زیر بکار گرفته می شود:

- ورود هوای کافی جهت جبران شرایط خلاء

- تخلیه هوا از لوله در زمان پر شدن لوله

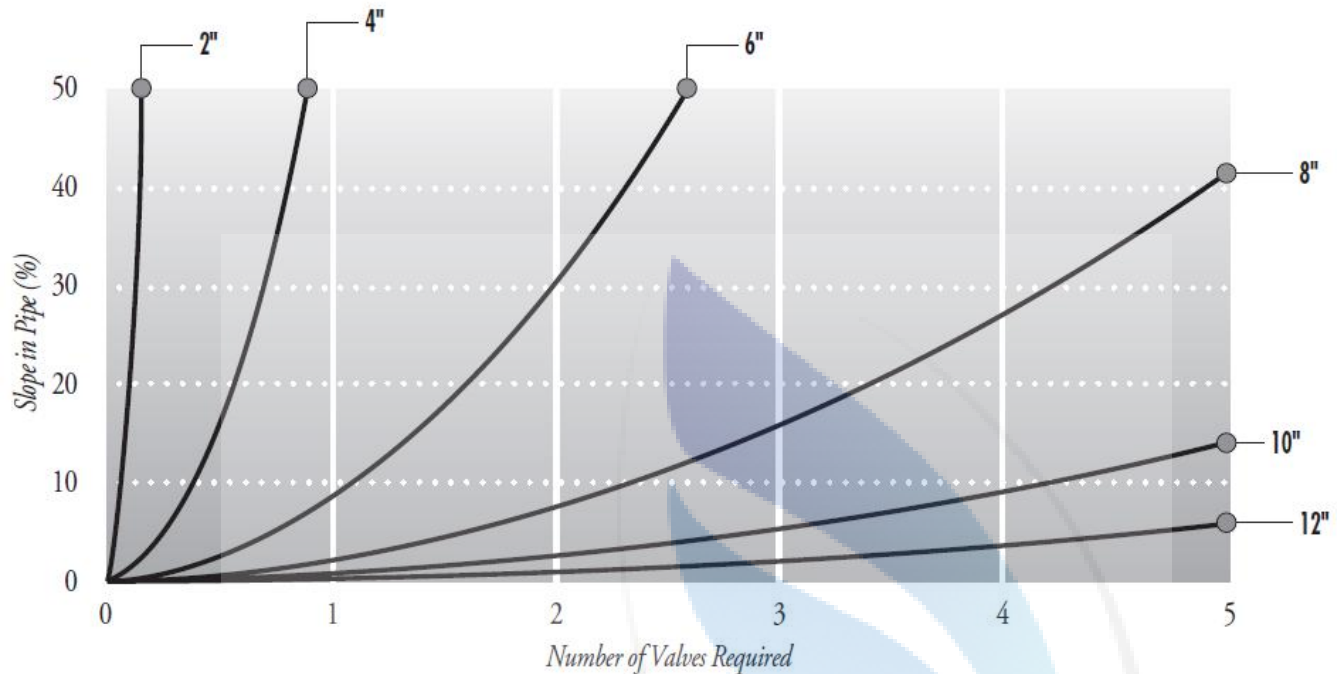
معمولاً چون سرعت پر شدن لوله کم نگه داشته می شود تا به تجهیزات آبیاری آسیبی وارد نشود، بطور کلی مقدار شدت تخلیه هوا از سیستم در این حالت از مقدار شدت ورود هوای مورد نیاز در شرایط خلاء کمتر می باشد. گراف های زیر می تواند برای تعیین تعداد شیرهای تخلیه کننده هوا مورد استفاده قرار گیرد.



شکل 31 - نمودارهای تعیین تعداد شیرهای ترکیبی هوا (شیرهای دارای دو روزنه) در شرایط پر شدن لوله در ابتدا

NUMBER OF 2" COMBINATION AIR/VACUUM RELIEF AND CONTINUOUS ACTING AIR VENTS NEEDED FOR VACUUM PROTECTION AS DETERMINED BY PIPE DIAMETER AND SLOPE

At 5.8 psi differential sub-atmospheric pressure



The following schematic drawings show an example of an irrigation system and air valve locations. The first schematic shows the general plan of an irrigation system and its source of water supply. On this schematic, three areas were marked and enlarged in three separate, additional schematics.

شکل 32 - نمودارهای تعیین تعداد شیرهای ترکیبی هوا (شیرهای دارای دو روزنه) جهت حفاظت سیستم در شرایط ایجاد خلاء (فشار منفی)

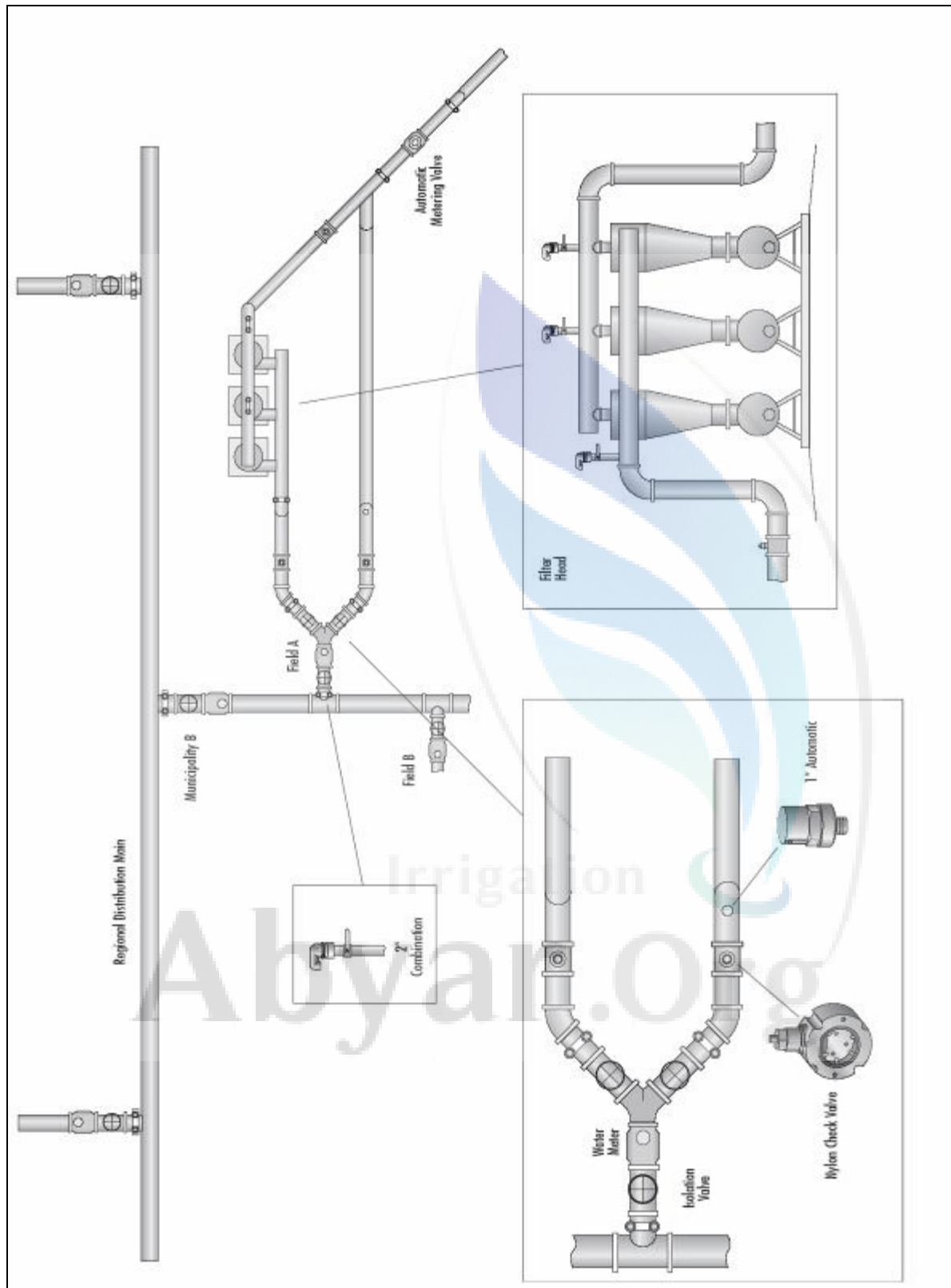
Irrigation
Abyar.Org

پیوست :

موقعیت های مناسب جهت نصب شیرهای هوا

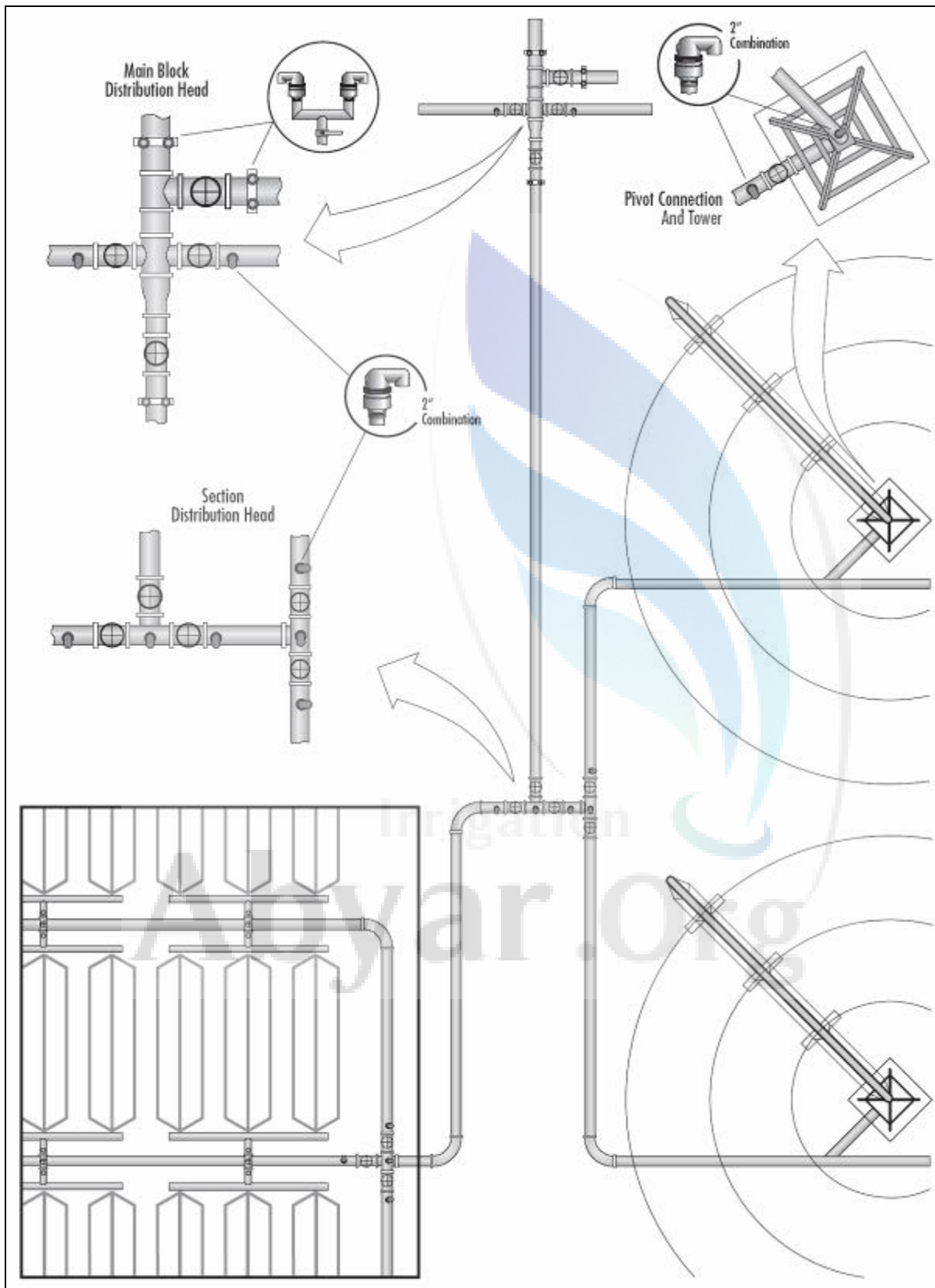


Control Heads



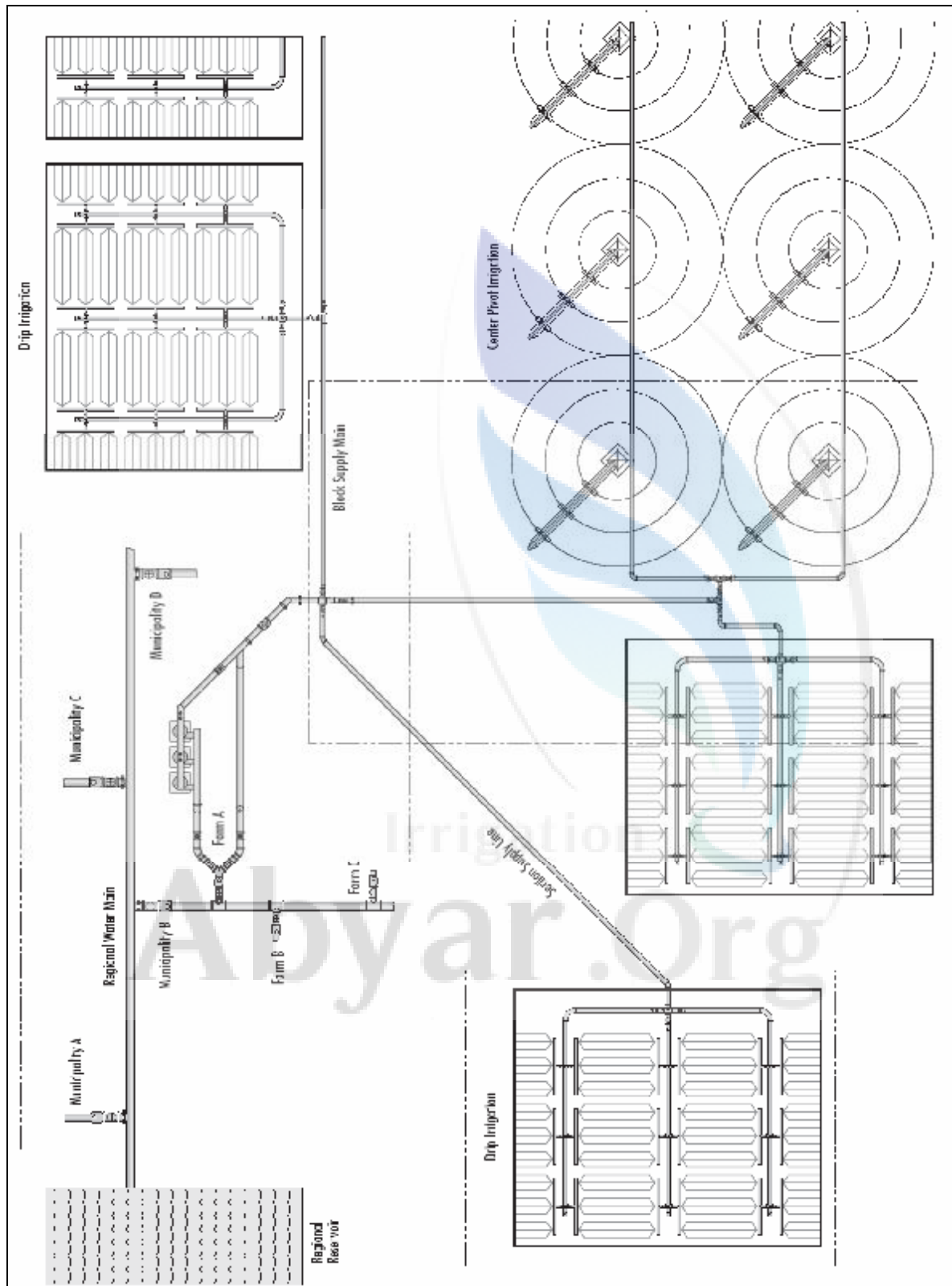
شکل 33 - موقعیت های مناسب برای نصب شیرهای هوا در انشعابات و سیستم فیلتراسیون

Control Heads with Manifolds



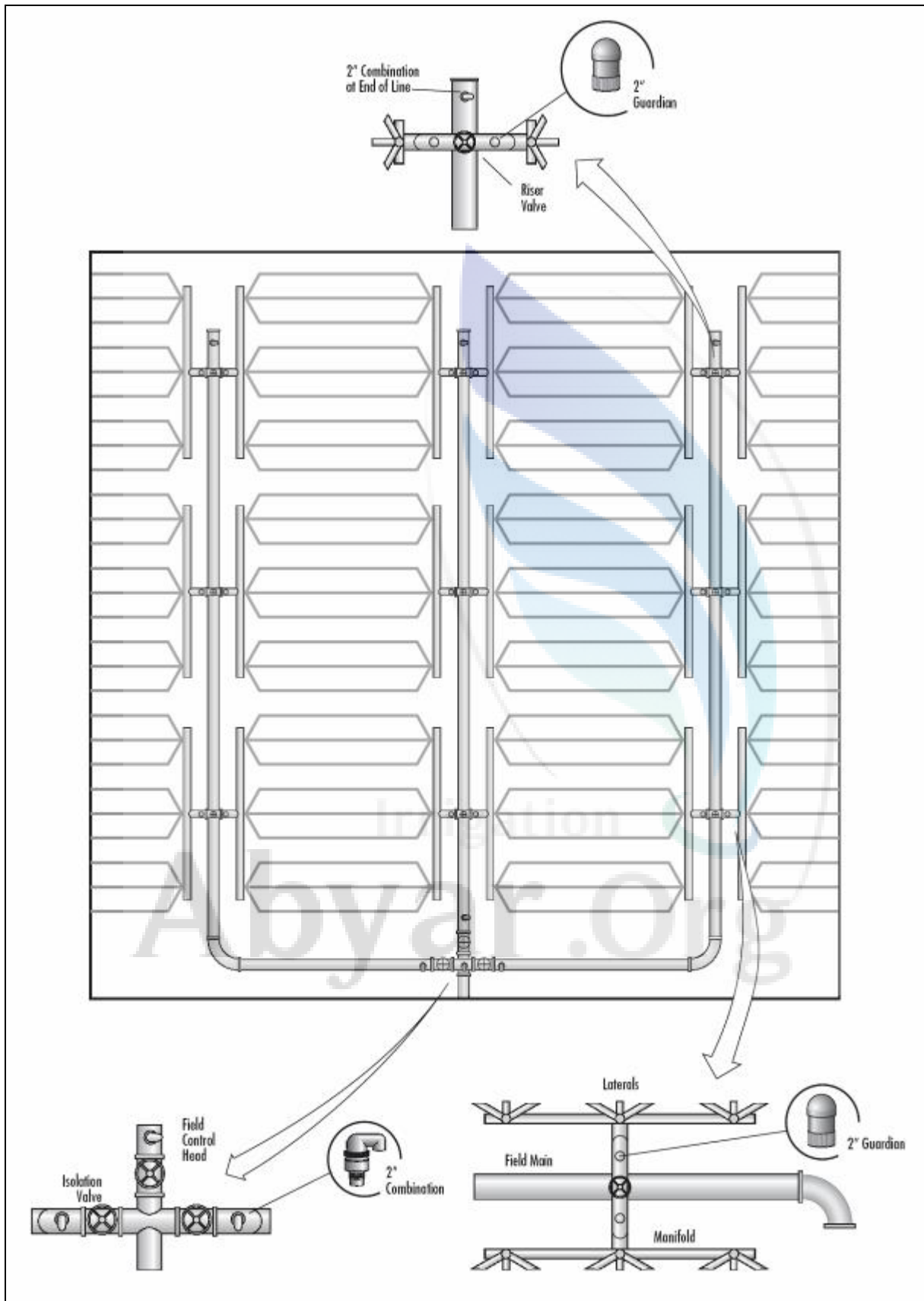
شکل 34 - موقعیت های مناسب برای نصب شیرهای هوا در انشعابات و منیفولدها

Irrigation Water Supply System

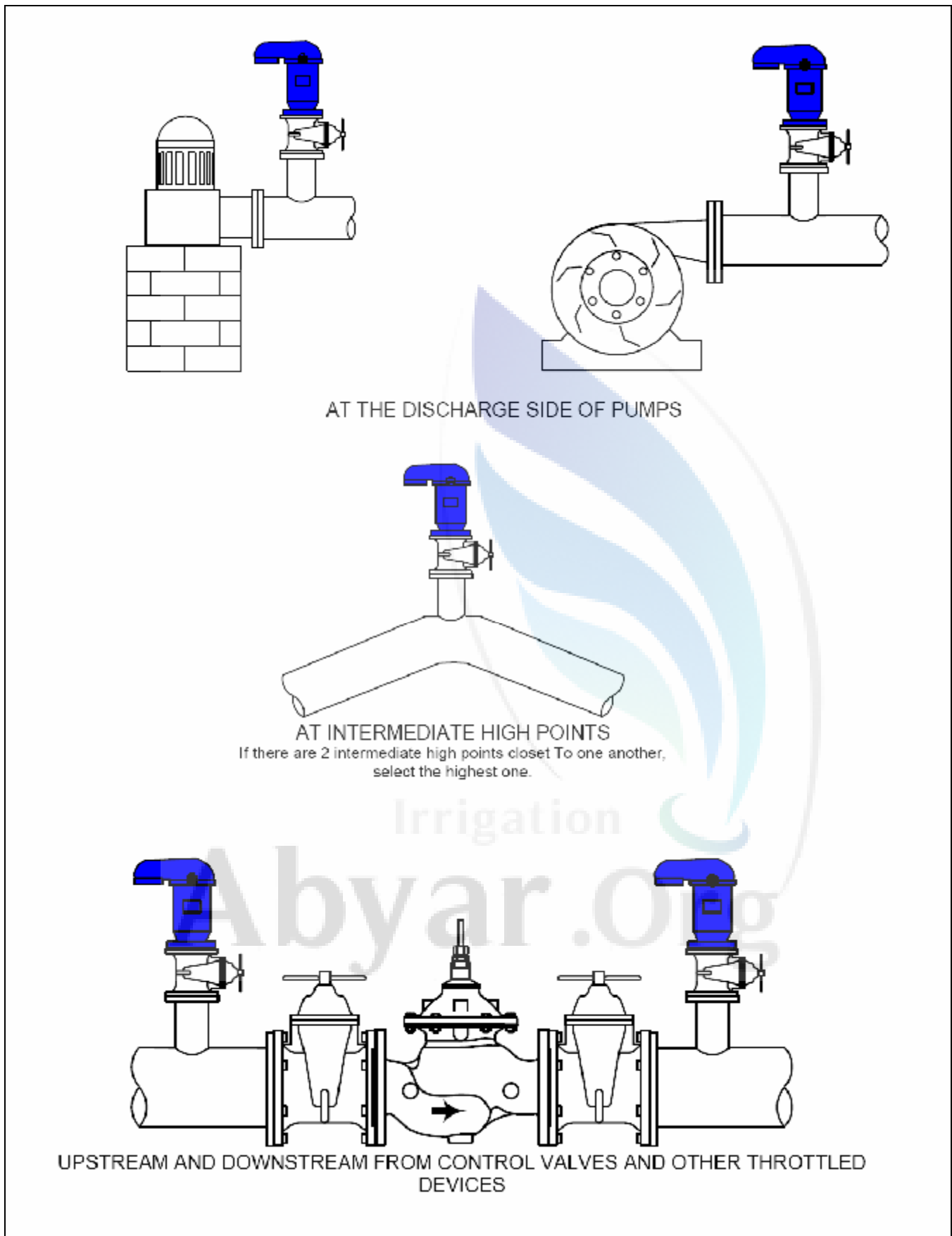


شکل 35 - موقعیت های مناسب برای نصب شیرهای هوا در شبکه و سیستم تأمین آب

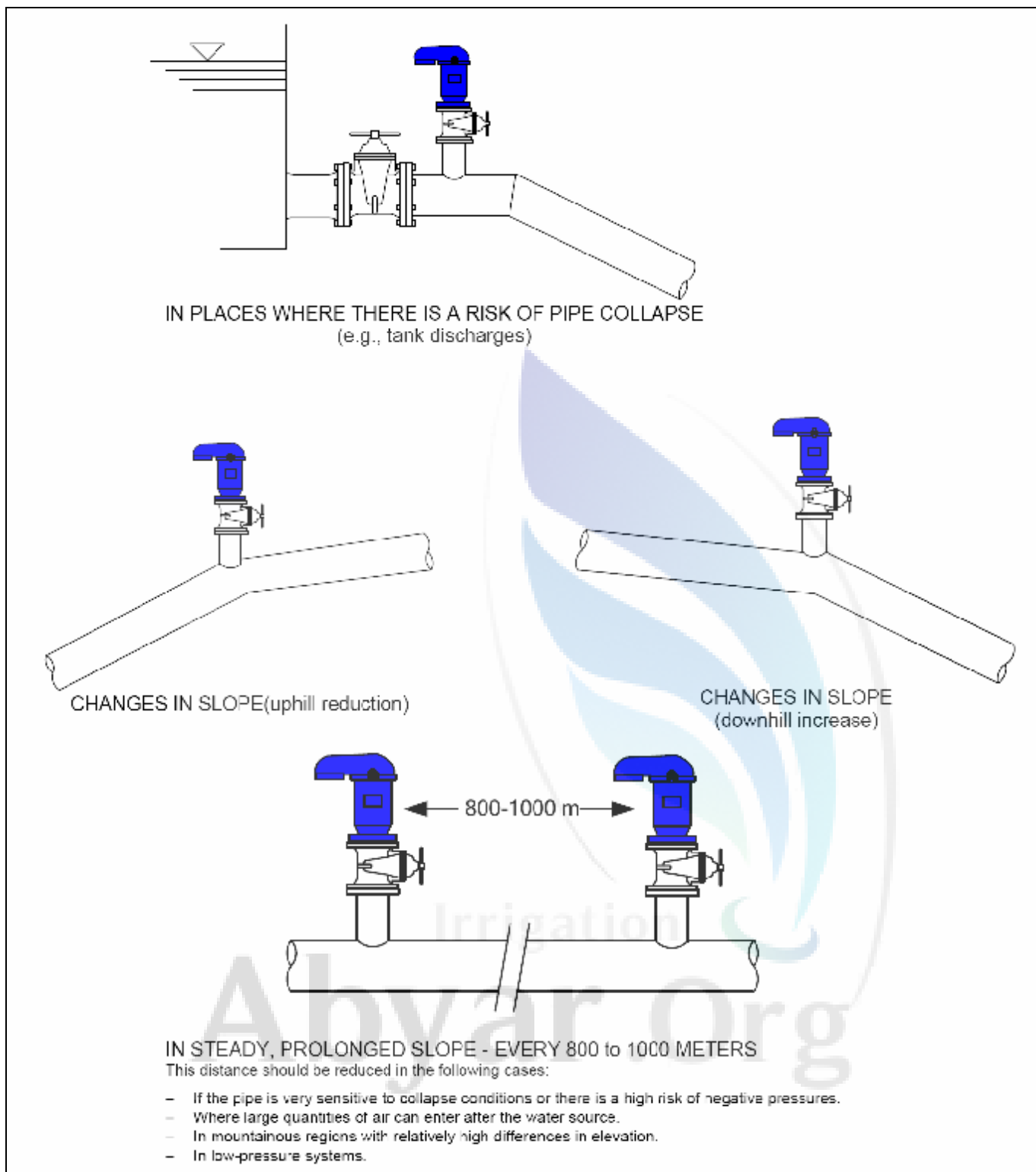
Drip Irrigation Systems



شکل 36 - موقعیت های مناسب برای نصب شیرهای هوا در سیستم آبیاری قطره ای



شکل 37 - موقعیت های مناسب برای نصب شیرهای هوا در شبکه های لوله گذاری



ادامه شکل 37 - موقعیت های مناسب برای نصب شیرهای هوا در شبکه های لوله گذاری

Troubleshooting

PROBLEM	CAUSE	SOLUTION
An air vent, usually at the pump station, keeps spitting water.	If an air vent is installed in a very turbulent area, like at the outlet of the pump, direct onto the pipe, the float keeps moving up and down.	By installing a 6-12" riser on the pipe line the problem is solved.
PVC line breaks occur in the same area.	It is very likely that air accumulates and cannot escape, causing local surges and water hammer. The pipes fatigue and eventually break.	Analyze the system and place the correct air vent in the proper location. Also, check if thrusts blocks were installed.

شکل 38 - برخی از مسائل موجود در سیستم های آبیاری و علل مربوطه و ارائه راه حل های مناسب

منابع مورد استفاده :

۱- " Irrigation Systems Air Vent Selection and Placement Guide ", **NETAFIM USA**

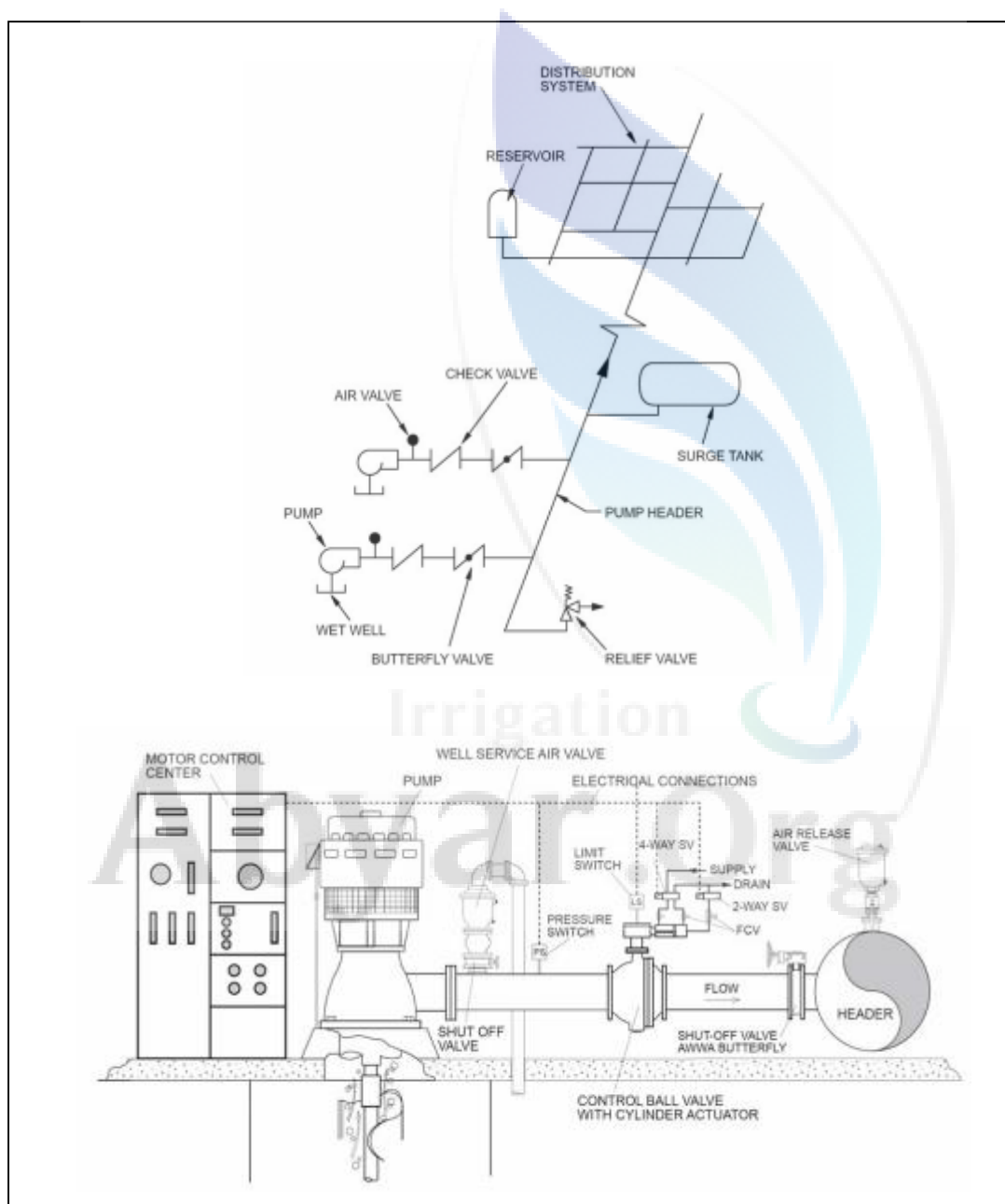
۲- " Air in Pipelines, Sources, System Impact and Removal ", **VA-MATIC VALVE MANUFACTURING GROUP**

۳- " AIR AND AIR VALVES IN PIPING ", **DOROT control valves**



فصل دوم :

بررسی و کنترل امواج فشاری در شبکه های لوله گذاری و سیستم های پمپاژ



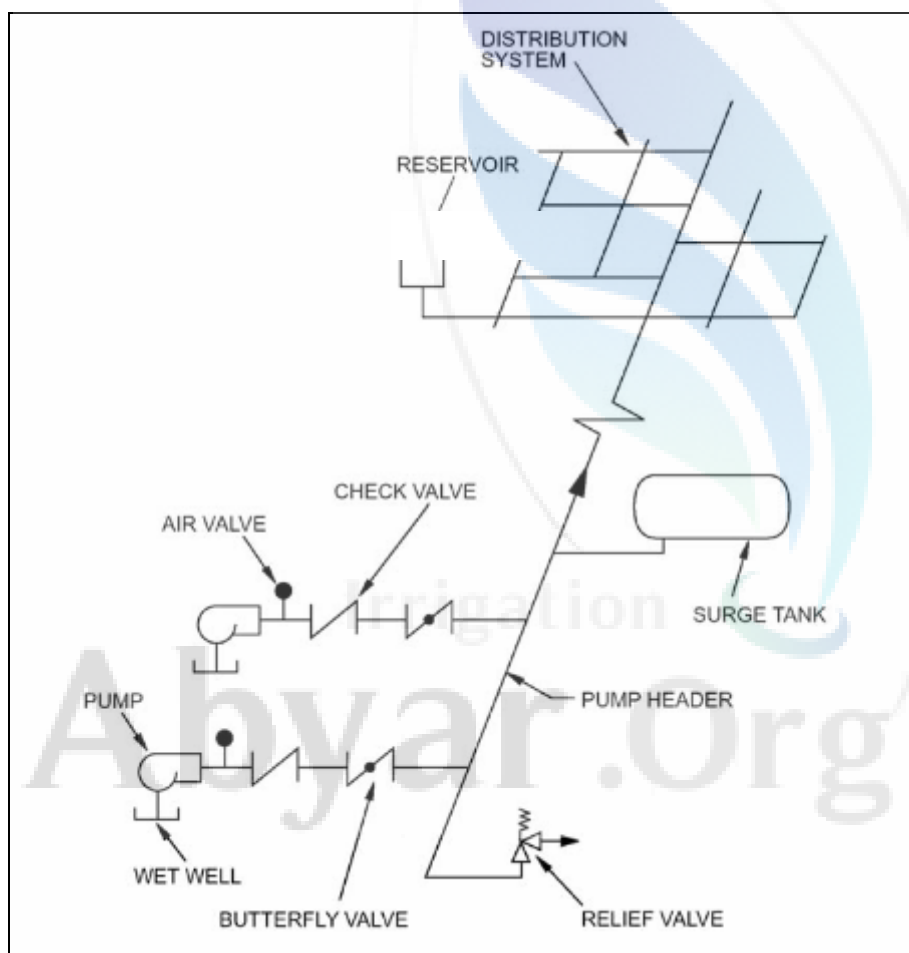
فهرست مطالب

35.....	1 - اهمیت موضوع :
35.....	2 - بررسی علل ایجاد امواج فشاری و اثرات آن :
36.....	3 - معادله موج فشاری :
37.....	4 - ایستگاه پمپاژ:
38.....	5 - پمپ های قائم و شیرهای هوای سرویس چاه:
40.....	6 - شیرهای کنترل (Check Valves):
41.....	7 - شیرهای کنترل با قابلیت بسته شدن سریع (Fast-Closing Check Valves):
44.....	8 - شیرهای کنترل پمپ (Pump Control Valves):
49.....	9 - عملکرد شیرهای کنترل پمپ (Pump Control Valve Operation):
50.....	10 - تجهیزات تخلیه موج فشار (Surge Relief Equipment):
50.....	10-1 - لوله های قائم و مخازن ضربه گیر (StandPipes and Surge Tanks):
52.....	10-2 - شیرهای کنترل موج فشار (Surge Relief Valves):
52.....	10-3 - شیرهای هوای متوقف کننده موج فشار (Surge Suppression Air Valves):
53.....	10-4 - شیرهای خلأ شکن (Vaccum Breaker Valves):
55.....	منابع اصلی مورد استفاده :

1 - اهمیت موضوع :

شبکه های لوله گذاری و سیستم های پمپاژ همواره با پدیده امواج فشاری روبرو بوده و این امواج در صورت عدم کنترل می توانند باعث بروز خساراتی به تجهیزات سیستم شوند. امواج فشاری در اثر تغییرات ناگهانی سرعت جریان ایجاد شده که این تغییرات ممکن است با مقدار کمی حدود چند پوند بر اینچ مربع تا مقادیر زیادی در حدود 5 برابر فشار استاتیکی در لوله روی دهد. عوامل تولید امواج و اثرات آن با طراحی مناسب تجهیزات می تواند کنترل گردیده و انرژی های مخرب مربوطه مستهلک گردد.

شکل (1)، یک سیستم پمپاژ و شبکه توزیع را که شامل دو پمپ موازی و شیرهای کنترل و پروانه ای است، نشان می دهد. یک مخزن موج گیر و یک شیر تخلیه موج فشاری نیز در مسیر خط اصلی مشاهده می شود که جهت حفاظت شبکه در مقابل اثرات مخرب امواج فشاری احتمالی استفاده شده است.



شکل 1 - سیستم پمپاژ و شبکه توزیع

2 - بررسی علل ایجاد امواج فشاری و اثرات آن :

امواج فشاری در اثر تغییرات ناگهانی سرعت جریان به عللی همچون بستن سریع شیر، روشن و خاموش شدن پمپ و عمل پر کردن نامناسب لوله ایجاد می شود. اولین تجربه موج فشاری در هنگام پر شدن لوله می باشد که هوا توسط جریان آب و با سرعت زیاد از یک شیر هوای دستی و یا شیر گلودار (Throttled Valve) خارج می شود. با توجه به اینکه آب دارای چگالی بسیار بیشتری نسبت به هواست، در هنگام دنبال کردن هوای موجود در مسیر لوله با سرعت زیاد تا خروج آن از روزنه

های خروجی در شبکه، ناگهان جریان سریع آب در برخی نقاط متوقف شده و ایجاد یک موج فشاری می کند. لذا ضروری است که در زمان پر شدن لوله، شدت جریان آب و اندازه روزنه شیر هوای خود کار به گونه ای باشد که سرعت جریان آب کمتر از 2 فوت بر ثانیه باشد. شیرهای کنترل جریان نیز باید به آرامی باز و بسته شوند تا از تغییرات زیاد در سرعت جریان آب جلوگیری شود. یکی از علل شایع و بسیار مهم در تولید امواج فشاری قوی در شبکه جریان، قطع برق و خاموش شدن ناگهانی پمپ می باشد.

چنانچه سیستم پمپاژ در مقابل این امواج حفاظت نشود، وارد آمدن خسارت به تجهیزات و خود شبکه لوله جدی خواهد بود. اثرات امواج فشاری مذکور از کم مانند شل کردن اتصالات لوله تا شدید مانند خسارت به پمپ ها و شیرها و ساختمان های بتنی خواهد بود. خسارت به اتصالات لوله و شرایط خلأ می تواند باعث آلودگی سیستم در اثر جریان های برگشتی گردد. حتی گاهی این خسارت ها بسیار فاجعه آمیز خواهد بود. شکستن یک خط لوله و یا جابجا شدن آن می تواند باعث خسارت به تکیه گاه ها و پل های بتنی و ... شود. با توجه به خسارت های زیاد یاد شده لازم است که ماهیت امواج فشاری به خوبی درک شده و تجهیزات مناسب جهت کنترل آن ها طراحی و بکار گرفته شود.

3 - معادله موج فشاری:

معادله زیر بیان کننده فشار موج با توجه به توقف ناگهانی جریان می باشد:

$$H = a v / g$$

where:

H = surge pressure, ft water column

a = speed of pressure wave, ft/sec

v = change in flow velocity, ft/sec

g = gravity, ۳۲.۲ ft/sec^۲

سرعت موج فشاری با توجه به نوع سیال، اندازه لوله و جنس لوله تغییر می کند. برای یک خط لوله فولادی با اندازه متوسط، سرعت موج فشاری در حدود 3500 فوت بر ثانیه می باشد. در لوله های PVC این سرعت بطور قابل ملاحظه ای کمتر می باشد. برای یک لوله فولادی با قطر 12 اینچ که سرعت جریان آب 6 فوت بر ثانیه می باشد، موج فشاری ایجاد شده در اثر توقف ناگهانی جریان بصورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$H = (3500 \text{ ft/sec})(6 \text{ ft/sec}) / (32 \text{ ft/sec}^2)$$

$$H = 656 \text{ ft water column}$$

این فشار موج به فشار استاتیکی موجود در خط لوله افزوده شده و نرخ فشار در سیستم تغییر خواهد کرد. اثرات این فشار موج چند ثانیه در سیستم باقی مانده و اثر آن از یک انتهای خط لوله به انتهای دیگر منتقل شده و باعث افزایش فشار در اتصالات و آب بندی های خط لوله خواهد شد. سپس این موج فشاری در برگشت یک مکش و فشار منفی ایجاد می کند که می تواند باعث مکش آب زیرمینی آلوده به داخل شبکه و اتصالات و آب بندها گردد.

حتی در شبکه های لوله گذاری طولانی ممکن است سرعت های جریان بیشتر از سرعت جریان پمپاژ نیز ایجاد شود، مخصوصاً وقتی که تغییرات شیب خط لوله زیاد باشد. در این شرایط چنانچه پمپ به علت قطع برق خاموش شود، انرژی

جنبشی آب در ترکیب با اینرسی کم پمپ باعث جدایی ستون آب در پمپ یا نقاط مرتفع شبکه لوله خواهد شد. وقتی که ستون آب با یک فشار استاتیک برگشت می کند، این سرعت ممکن است از سرعت نرمال پمپاژ نیز بیشتر شود. بنابراین فشار موج تولید شده می تواند از فشار موجی که قبل از این محاسبه شد (656 فوت آب) نیز بیشتر باشد. برنامه های کامپیوتری جهت تحلیل جریان ناماندگار وجود دارد که برای محاسبه سرعت های واقعی جریان برگشتی و سرعت امواج فشاری در این شرایط بکار می رود. برنامه های دیگری نیز وجود دارد که با آنها می توان این شرایط را با تجهیزات کنترل کننده امواج فشاری و جدایی ستون آب مانند مخازن موج گیر (Surge Tanks) و خلأ شکن ها (Vaccum Breakers) و شیرهای هوای تخفیف دهنده فشار موج (Surge suppression air valves) مدل نمود. این گزینه ها با جزئیات بیشتر تشریح خواهد شد.

چنانکه بیان شد برای تولید موج فشار باید سرعت بصورت ناگهانی تغییر کند. اکنون این سؤال مطرح می شود که این تغییر سرعت در چه مدت زمانی باید انجام شود تا موج فشاری تشکیل شود؟ پاسخ این است که اگر تغییر سرعت در مدت زمان لازم برای رفت و برگشت موج فشاری در طول خط لوله روی دهد، تغییر سرعت جریان یک تغییر سرعت ناگهانی تلقی شده و معادله فشار موج همان معادله یاد شده خواهد بود. این دوره زمانی غالباً زمان بحرانی (Critical Period) نامیده شده و از معادله زیر محاسبه می گردد:

$$t = 2L / a$$

where:

t = critical period, sec

L = length of the pipe, ft

a = speed of the pressure wave, ft/sec

برای مثال قبلی این زمان برای یک خط لوله بطول 4 مایل، بصورت زیر محاسبه می شود:

$$t = 2(21,120 \text{ ft}) / (3500 \text{ ft/sec})$$

$$t = 12 \text{ sec}$$

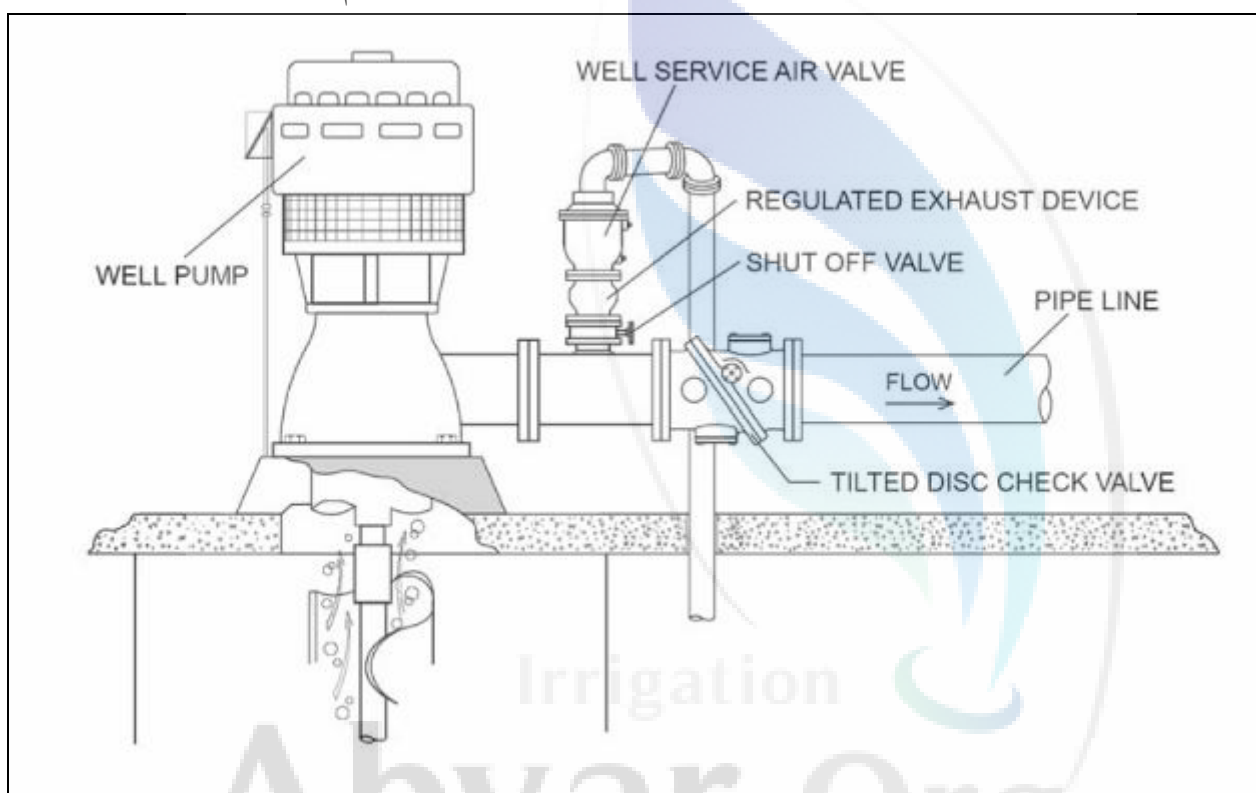
بنابراین برای ایجاد امواج فشاری لازم نیست که حتماً پمپ بصورت ناگهانی خاموش شود و یا شیر بصورت کاملاً آبی بسته شود. حتی یک توقف جریان بصورت نرمال در مدت زمان 5 یا 10 ثانیه ممکن است باعث تولید یک موج فشار حداکثر در سیستم های پمپاژ طولانی شود. این امر نشان می دهد که برنامه کنترل امواج فشار در تمام خط لوله باید مد نظر قرار گیرد.

4 - ایستگاه پمپاژ:

با نگاهی دوباره به شکل (1) می توان گفت که یک روش مناسب جهت کنترل امواج فشاری در سیستم پمپاژ، جلوگیری از افزایش و یا کاهش زیاد سرعت جریان در سیستم است. اندازه پمپ ها باید متناسب با شرایط جریان باشد. برای تأمین آب با مقادیر نیاز مختلف می توان از چندین پمپ کوچکتر به جای یک پمپ بزرگ استفاده نمود. پمپ های بزرگتر از اندازه مناسب باعث خرابی سیستم خواهند شد. سیستم های راه انداز پمپ ویژه ای وجود دارد که از طریق مدار الکتریکی تعداد پمپ های فعال را هوشمندانه کنترل می کند. این سیستم ها در شرایط نرمال بهره برداری جهت کنترل امواج فشاری مناسب خواهد بود. اما در شرایطی که برق قطع شود این سیستم جوابگو نبوده و تقریباً در تمام سیستم های پمپاژ نیاز به تجهیزات دیگری جهت کنترل امواج فشاری در زمان قطع برق می باشد.

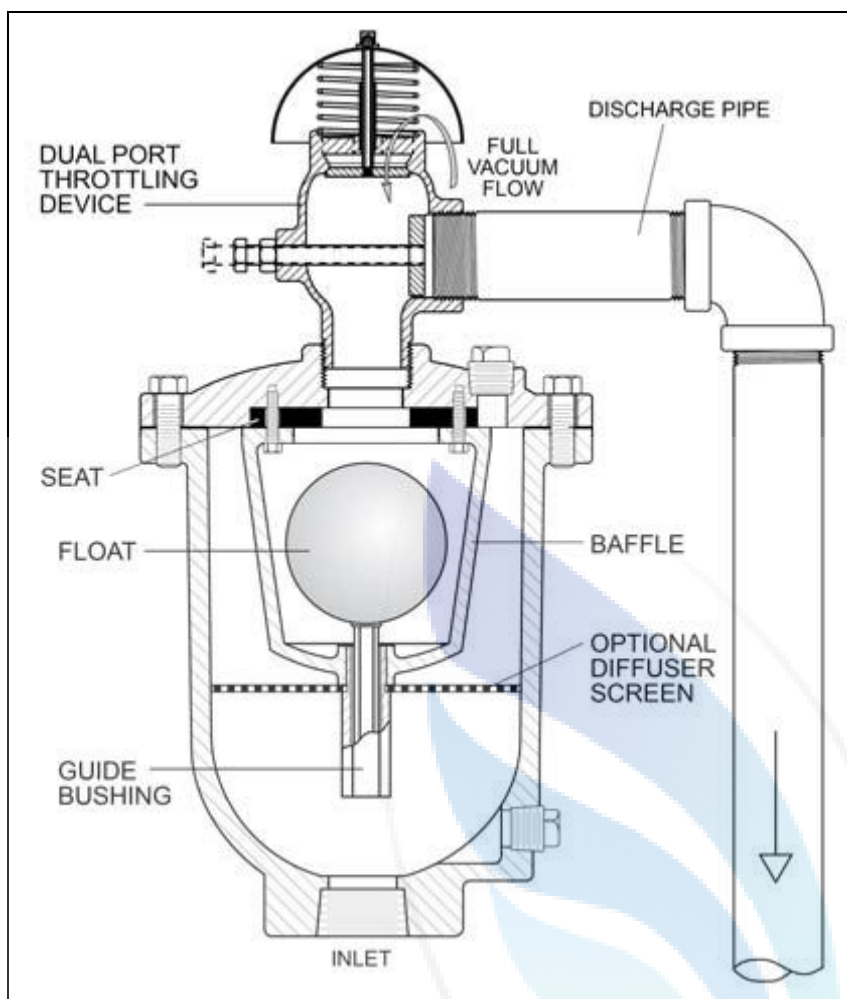
5- پمپ های قائم و شیرهای هوای سرویس چاه:

در شکل (2) یک پمپ قائم که آب را از یک چاه به درون خط لوله پمپاژ می کند، مشاهده می شود. در زمان خاموش شدن پمپ، مکش ایجاد شده در زیر پمپ، آب داخل خط لوله را تخلیه می کند. بعد از هر توقف پمپاژ، هوا جایگزین آب خواهد شد. شیرهای هوا نقش مهمی را در تخلیه خودکار ستون هوا و کنترل امواج فشاری در ستون پمپاژ بر عهده دارد. اگر یک پمپ توربینی قائم بدون شیر هوا راه اندازی شود، هوای موجود در ستون پمپاژ تحت فشار قرار گرفته و به درون خط لوله رانده شده و مسائل مربوط به هوا درون خطوط لوله را ایجاد می کند. شیرهای هوای مخصوص سرویس چاه (Well Service Air Valves) مانند شیرهای هوا - خلا بوده اما با یک لوله گلوبی یا یک وسیله تنظیم کننده شدت عبور هوا تجهیز شده است. این شیر هوا در زمان خاموش و روشن شدن پمپ، هوای سیستم را تخلیه و کنترل می کند.



شکل 2 - پمپ قائم و شیر هوای سرویس چاه

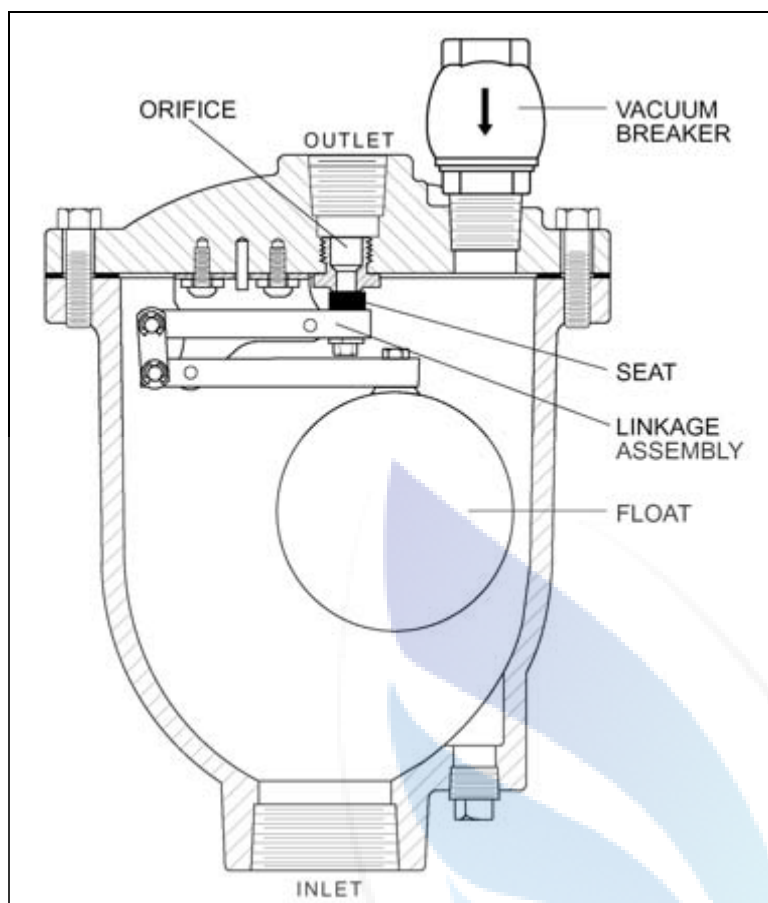
همچنانکه در شکل (3) مشاهده می شود شیر هوای سرویس چاه در حالت عادی باز بوده و دارای یک شناور خودکار می باشد که هوای ستون پمپاژ را به سرعت تخلیه می کند. هنگامی که آب وارد شیر شناور می شود شناور شیر به صورت خودکار بالا آمده و روزنه عبور هوا را بسته و از خروج آب جلوگیری می کند.



شکل 3 - اجزاء اصلی یک شیر هوای سرویس چاه

تجهیزات گلوبی (ساسات) یاد شده با خروجی های با اندازه 3 اینچ و کوچکتر ساخته شده اند تا میزان عبور هوا را کنترل نمایند، بویژه زمانی که پمپ روشن می شود این مکانیزم باعث برقراری یک جریان نرم و آهسته در سیستم پمپاژ خواهد شد. گلوبی با یک پیچ خارجی تنظیم کننده نیز تجهیز شده است تا یک صعود آرام آب را در ستون پمپاژ فراهم سازد. در زمان خاموش شدن پمپ نیز قسمت دوم این گلوبی که در بخش بالایی قرار گرفته است وارد عمل شده و با ورود هوا، خلأ ایجاد شده در اثر برگشت جریان آب را جبران می نماید.

وقتی که یک شیر کنترل برقی پمپ مورد استفاده قرار می گیرد، می توان مانند شکل (4) از یک شیر تخلیه هوا که دارای یک خلأ شکن (Vacuum Breaker) نیز می باشد، به این منظور بهره جست. در این حالت هنگامی که پمپ روشن می شود، شیر کنترل جریان با ایجاد یک تأخیر چند ثانیه ای در عبور جریان آب، باعث خواهد شد که شیر تخلیه هوا، هوای موجود در سیستم را به آرامی از میان روزنه کوچک خود عبور دهد. در طی این فرآیند، ستون پمپاژ تحت فشار قرار گرفته و باعث خروج هوا تحت فشار زیاد می گردد. لحظه به لحظه هوای تحت فشار با ایجاد یک بالشتک نرم، صعود آب از ستون پمپاژ را کنترل می کند. اندازه روزنه شیر به گونه ای است که سرعت جریان آب در حد مناسب و معمولاً 2 فوت بر ثانیه باشد.



شکل 4 - اجزاء اصلی یک شیر هوای تخلیه و دارای خلأ شکن

6 - شیرهای کنترل (Check Valves):

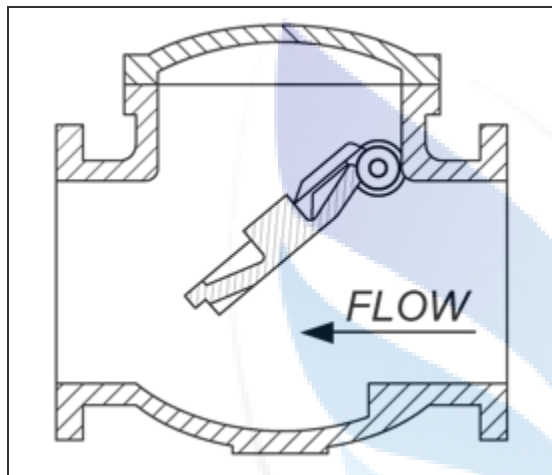
یکی دیگر از نکات مهم در سیستم پمپاژ، انتخاب و بهره برداری مناسب از شیرهای کنترل می باشد. هر طراح ایستگاه پمپاژ با ضربه های سنگین ناشی از جریان برگشتی به یک شیر کنترل در حالت بسته (Slamming) آشناست. برای پیشگیری از این مشکل شیر کنترل یا باید خیلی سریع و یا خیلی به آرامی بسته شود. هر حالتی بین این دو حد باعث نگرانی خواهد بود. بطور کلی شیر کنترل باید سیستم پمپاژ و لوله گذاری را در مقابل تغییر ناگهانی سرعت جریان حفاظت کند. همچنین ضمن قابل اطمینان بودن، افت انرژی کمی ایجاد نماید.

در اینجا دو دسته از شیرهای کنترل با جزئیات مربوطه تشریح می شود. دسته اول شیرهای کنترلی هستند که در کمتر از یک ثانیه بصورت خودکار عمل نموده (Fast-Closing Check Valves) و نیازی به هیچ نیروی خارجی و یا محرکی از سوی سیستم پمپاژ ندارند. دسته دیگر شامل شیرهای کنترلی هستند که عمل بسته شدن را بسیار تدریجی انجام می دهند (به عنوان مثال در مدت زمانی بین 60 تا 300 ثانیه) و با دقت تغییرات سرعت جریان در لوله را کنترل می نمایند.

7 - شیرهای کنترل با قابلیت بسته شدن سریع (Fast-Closing Check Valves):

شیرهای کنترل با توان بسته شدن سریع، خودکار و دارای ساختمان سریع بوده و مقرون به صرفه می باشند اما با مسئله ضربه و در نتیجه ایجاد موج فشار در سیستم روبرو هستند. تحقیقات زیادی در مورد درک مشخصه های دینامیکی جریان در هنگام بسته شدن انواع شیرهای کنترل جریان مانند شیرهای کنترل توپی (Ball)، پاندولی (Swing)، دیسک کج (Tilted)

(Disc)، دیسک فنری (Resilient Disc)، دو دیسکی (Dual Disc) و آرام (Silent) انجام شده است. اگر در تحلیل جریان ناماندگار سیستم پمپاژ، فاکتور شتاب منفی جریان برگشتی تخمین زده شود، می توان پتانسیل ایجاد ضربه را در شیرهای کنترل مختلف پیش بینی نمود. بنابراین می توان چندین گزینه شیر کنترل بدون ضربه را با مشخصه های عملکرد و هزینه های مربوطه ارائه کرد تا در شرایط و موقعیت های مختلف یکی از آن ها را به عنوان گزینه مناسب انتخاب نمود. مرسوم ترین نوع شیر کنترل، نوع پاندولی آن است که در شکل (5) مشاهده می شود. این شیرها به منظور بستن سریع جریان و به منظور جلوگیری از چرخش معکوس پمپ در اثر جریان برگشتی آب طراحی شده اند.



شکل 5 - شیر کنترل پاندولی

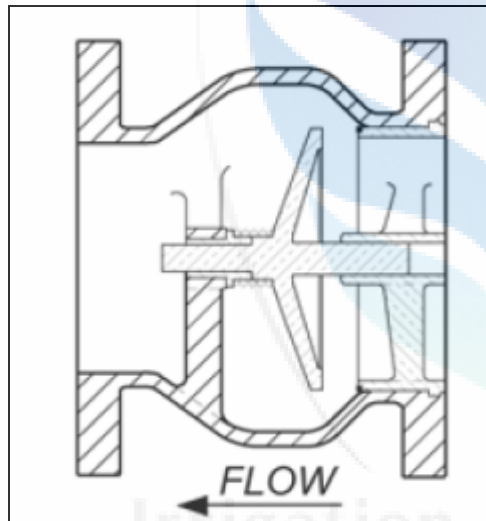
این نوع شیرهای کنترل به علت داشتن کورس حرکتی 90 درجه و طولانی در معرض ضربه (Slamming) قرار دارند. بنابراین باید با سایر تجهیزات کمکی تجهیز شوند. دو عامل تأثیر گذار می تواند وزن دیسک و بازوی آن باشد. در حالیکه این امر باعث بسته شدن سریع تر شیر می شود اما در حالت برقراری جریان بطور قابل ملاحظه ای افت انرژی را افزایش می دهد. همچنین سرعت بسته شدن شیر می تواند در اثر اینرسی ناشی از وزن و نیز اصطکاک بازو، کم شود.

در برخی شرایط بحرانی تر از یک بالشتک هوا جهت تخفیف ضربات ناشی از بسته شدن شیر استفاده می شود. اثر این بالشتک هوا را در جلوگیری از ضربات بسته شدن درب عایق هوای توفانی دیده ایم. اما شرایط جریان در لوله بسیار متفاوت است. وقتی که درب یاد شده کوبیده می شود، گشتاور آن به نرمی توسط سیلندر هوا جذب می شود زیرا همچنانکه حرکت درب آهسته تر می شود، نیروی ناشی از فنر بسته شدن درب و عامل باد خارجی نیز بتدریج کم می شود. برعکس وقتی که یک شیر کنترل بسته می شود، جریان برگشتی با نرخ فاحشی تسریع گردیده بطوری که در هر کسری از ثانیه تأخیر در بسته شدن شیر، نیروهای وارد بر دیسک بطور نمایی افزایش چشمگیری خواهد داشت. ممکن است چنین پنداشت که بالشتک هوا از ضربه زدن دیسک به نشیمنگاه جلوگیری می کند، اما در واقع فقط با ایجاد تأخیر در بسته شدن شیر، باعث افزایش قابل ملاحظه نیروی ناشی از جریان برگشتی بر دیسک گردیده و حتی ضربه دیسک بر تکیه گاه را تشدید می نماید. چرا که در این مکانیزم چون هوا تراکم پذیر است، هیچ مقاومت چندانی در مقابل بسته شدن دیسک نکرده و نمی تواند نیروی قابل ملاحظه ناشی از جریان برگشتی بر دیسک را خنثی نماید.

یک مکانیزم مؤثرتر در این مورد استفاده از بالشتک روغن می باشد که به خفه کن روغن (Oil Dashpot) نیز موسوم است. چون روغن تراکم ناپذیر است، بالشتک روغن بخوبی می تواند در مقابل نیروی زیاد ناشی از جریان برگشتی مقاومت

کرده و بسته شدن شیر را در 10 درصد انتهایی بخوبی کنترل نماید. در این شرایط پمپ باید قابلیت پذیرش مقداری از جریان برگشتی را داشته باشد، زیرا خفه کن روغن مقداری از جریان برگشتی را از شیر کنترل و به سمت پمپ عبور می دهد. با توجه به اینکه نیروی وارد از سوی جریان برگشتی به دیسک شیر کنترل بسیار زیاد است، فشار روغن بسیار زیاد (در حدود 2000 پوند بر اینچ مربع) و در نتیجه تجهیزات مربوطه گران خواهد شد. از سوی دیگر چون پمپ ها تا مقداری از عبور جریان برگشتی را تحمل می کنند، زمان عملکرد خفه کن روغن به 1 تا 5 ثانیه محدود می گردد. و اگر خط لوله آشغال و مواد زائدی داشته باشد در هنگام برگشت جریان شیر کنترل و خفه کن روغن مانند یک صافی عمل نموده و سریعاً مسیر جریان گرفته خواهد شد.

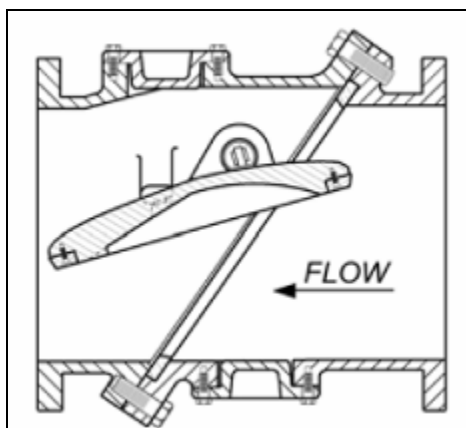
حتی یک روش بهتر انتخاب یک شیر کنترل است که قبل از توسعه و شکل گیری جریان برگشتی بصورت کامل، بسته شده و در نتیجه از ایجاد ضربه جلوگیری نماید. شیر کنترل آرام (Silent Check Valve) که دارای یک فنر بارگذاری شده می باشد از این نوع است (شکل 6)).



شکل 6 - شیر کنترل آرام

چنین شیر کنترلی تقریباً ضد ضربه می باشد زیرا طول کورس بسته شدن شیر کوتاه بوده (یک چهارم قطر لوله) و موقعیت دیسک در راستای جریان قرار داشته و با یک فنر متراکم شده نیز تجهیز گردیده است. اما انتخاب چنین شیری دارای مشکلاتی از قبیل افت زیاد انرژی و محدودیت کیفیت آب می باشد.

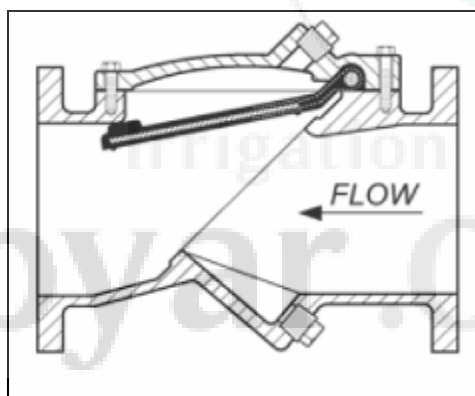
شیر کنترل دیسکی کج (Tilted Disc Check Valves) که در شکل (7) مشاهده می شود کمترین افت انرژی را ایجاد می کند زیرا سطح آن 140 درصد اندازه لوله بوده و مانند یک شیر پروانه ای آب را از دو طرف خود عبور می دهد.



شکل 7 - شیر کنترل دیسکی کج

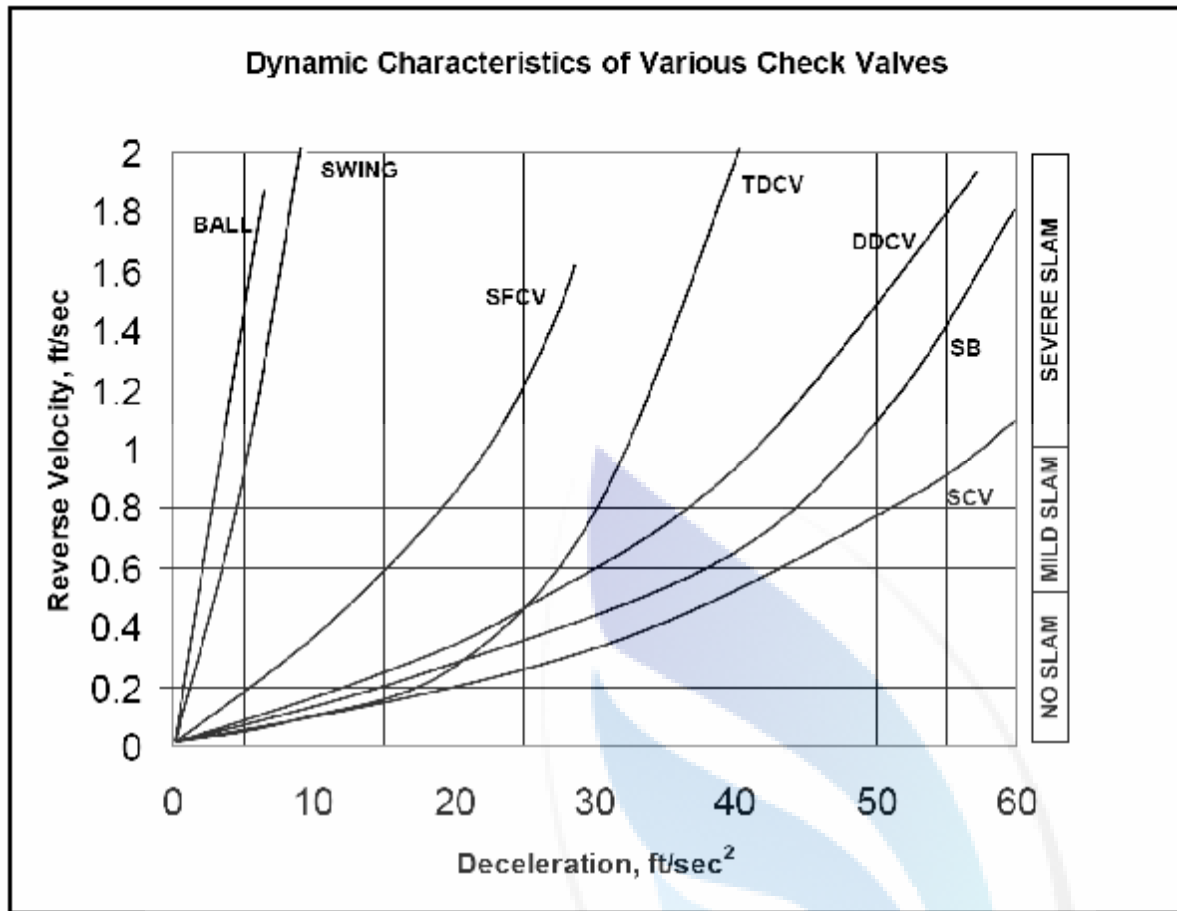
این شیر نشیمنگاه فلزی قابل اطمینانی داشته و می توان آن را از بالا و یا پایین با یک خفه کن روغن نیز تجهیز نمود تا از ایجاد موج فشاری در اثر بسته شدن شیر جلوگیری نماید. چنین شیری نیاز به نیروی محرکه خارجی و یا اتصال الکتریکی به پمپ ندارد.

جدیدترین شیر کنترلی که کاربرد گسترده ای در شبکه های آب و فاضلاب دارد شیر کنترل با دیسک فنری (Resilient Disc Check Valve) بوده و تحت عنوان (Swing-Flex Check Valve) مورد استفاده قرار می گیرد. این شیر نیاز به نگهداری خاصی ندارد زیرا فقط دارای یک دیسک متحرک انعطاف پذیر است. این شیر دارای یک دریچه با زاویه مایل 45 درجه بوده که باعث بسته شدن سریع شیر و افت انرژی کم خواهد شد (شکل 8)). نوع خاصی از این شیر که دارای سرعت عمل بسته شدن بالاتری می باشد تحت عنوان Surgebuster شناخته می شود و دارای یک دیسک شتاب دهنده با مکانیزم بسته شدن شبیه شیرهای کنترل آرام می باشد.



شکل 8 - شیر کنترل Swing-Flex

مشخصه های بسته شدن انواع شیرهای کنترل برای شتاب های منفی مختلف سیستم در شکل (9) ارائه شده است. شیرهای کنترلی که دارای دورترین فاصله از حالت قائم هستند از نظر مشخصه ضد ضربه بودن مناسبتر هستند.



شکل 9 - مقایسه مشخصه های دینامیکی انواع شیرهای کنترل

8 - شیرهای کنترل پمپ (Pump Control Valves):

اگر چه شیرهای کنترل با قابلیت بسته شدن سریع از ایجاد ضربات سنگین جلوگیری می کنند، اما ممکن است در دوره های طولانی تغییرات سرعت در زمان روشن و یا خاموش شدن پمپ نتوانند از سیستم پمپاژ محافظت نمایند. برای حفاظت سیستم های پمپاژ دارای پریردهای بحرانی طولانی، اغلب از شیرهای کنترل پمپ استفاده می شود. یک شیر کنترل پمپ با یک مدار الکتریکی به پمپ متصل می شود تا زمان های مناسب بسته و باز شدن شیر در دوره های طولانی بحرانی را تنظیم نماید. در شیرهای کنترل پمپ، عضو متحرک بستن جریان (مثلاً دیسک شیرهای پروانه ای) بصورت هیدرولیکی عمل می کند تا تحت تأثیر جریان یا فشار خط لوله نباشد. علاوه بر این پمپ های جدید دارای اینرسی دورانی کمی هستند و در زمانی کمتر از 5 ثانیه متوقف می شوند. شیر کنترل پمپ به گونه ای است که در زمان قطع برق و یا خاموشی ناگهانی پمپ، بسیار سریع بسته شده و از پمپ محافظت می کند. اما وقتی که شیر با سرعت زیادی بسته می شود یک موج فشاری ایجاد می گردد لذا باید تجهیزات کنترل موج فشار نیز به همراه آن مورد استفاده قرار گیرد که در این مورد نیز مطالبی ارائه خواهد شد. در ابتدا معیارهای انتخاب شیرهای کنترل پمپ ارائه می گردد.

شیرهای کنترل پمپی که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرند شامل نوع پروانه ای (Butterfly)، سماوری (Plug)، توپی (Ball) و کروی (Globe-Pattern) می باشند. معیارهای انتخاب شیرهای کنترل پمپ عبارتند از:

- بهای شیر کنترل و هزینه های نصب آن
- هزینه های پمپاژ

- مناسب بودن نشیمنگاه

- قابلیت اطمینان

- مشخصه های جریان

هزینه ها شامل هزینه خرید شیر، هزینه ساخت اتصالات فلنج، اتصالات کابلی جهت کنترل موتور پمپ و هزینه ساخت پایه های بتنی شیرهای سنگینی مانند شیرهای توپی و شیرهای کروی خواهد بود.

اگرچه هزینه های نصب شیرهای کنترل اهمیت زیادی دارد، هزینه های مرتبط با میزان افت انرژی جریان عبوری از شیرهای کنترل نیز از همان اهمیت برخوردار می باشد. هزینه های برق مصرفی اضافی ناشی از افت انرژی شیر کنترل با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$A = (1.75 Q \Delta H S_g C U) / E$$

Where:

A = annual energy cost, dollars per year

Q = flow rate, gpm

ΔH = head loss, ft. of water

S_g = specific gravity, dimensionless (water = 1.0)

C = cost of electricity, \$/kW·hr

U = usage, percent x 100 (1.0 equals 24 hrs per day)

E = efficiency of pump and motor set (0.80 typical)

به عنوان مثال برای شیر کنترل پروانه ای 12 اینچ با ضریب افت انرژی 0/43 و شیر کروی 12 اینچ با ضریب افت انرژی 0/57 به ازای دبی 4500 گالن بر دقیقه (سرعت جریان 12/7 فوت بر ثانیه) میزان اختلاف افت انرژی دو شیر کنترل عبارت است از:

$$\Delta H = K v^2 / 2g$$

where:

ΔH = headloss, ft. water column

K = flow resistance coefficient, dimensionless

v = velocity, ft/sec

g = gravity, 32.2 ft/sec²

substituting:

$$\Delta H = (0.7 - 0.43) (12.7)^2 / 2 \cdot 32.2 = 13.2 \text{ ft. wc}$$

با فرض هزینه واحد برق مصرفی معادل 0/05 دلار در هر کیلووات ساعت و 50 درصد استفاده از پمپ، اختلاف هزینه برق سالانه مربوط به این اختلاف افت انرژی عبارت است از:

$$A = (1.75 \times 4500 \times 13.2 \times 1.0 \times 0.05 \times 0.5) / (0.8) = \$3062$$

چنانکه مشاهده می شود اگر به جای شیر کنترل کروی 12 اینچ از شیر کنترل پروانه ای 12 اینچ استفاده شود، سالانه به میزان 3062 دلار صرفه جویی در هزینه برق مصرفی خواهد شد. اگر یک ایستگاه پمپاژ شامل 4 عدد از این شیر کنترل پروانه ای باشد، میزان صرفه جویی برای 40 سال عمر مفید ایستگاه پمپاژ برابر 490000 دلار خواهد بود. این مثال نشان می دهد حتی هزینه های عملیات پمپاژ می تواند مهم تر از هزینه های نصب تجهیزات مربوطه باشد. جدول (1) میزان افت انرژی جریان را برای شیرهای کنترل مختلف نشان می دهد.

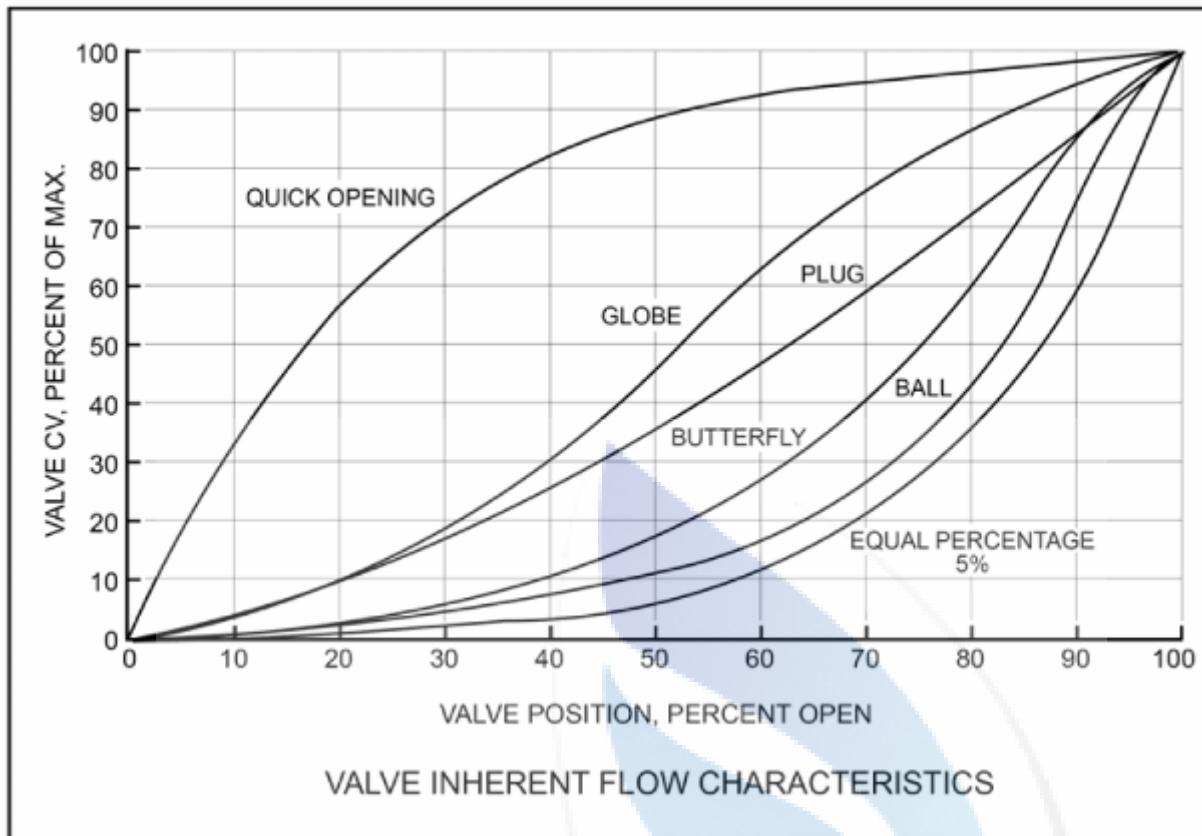
جدول 1 - مقایسه افت انرژی جریان در انواع شیرهای کنترل با قطر 12 اینچ

12 in. Valve Flow Data			
TYPE OF VALVE	PORT SIZE	C _v	K
Globe-Pattern Control Valve	100%	1800	5.70
Silent Check Valve	100%	2500	2.95
Dual Disc Check Valve	80%	4000	1.15
Swing Check Valve*	100%	4200	1.05
Eccentric Plug Valve	80%	4750	0.81
Swing Flex Check Valve	100%	4800	0.80
Tilted Disc Check Valve	140%	5400	0.63
Butterfly Valve	90%	6550	0.43
Ball Valve	100%	22,800	0.035

*The headloss will be higher when weights and springs are added to prevent slamming.

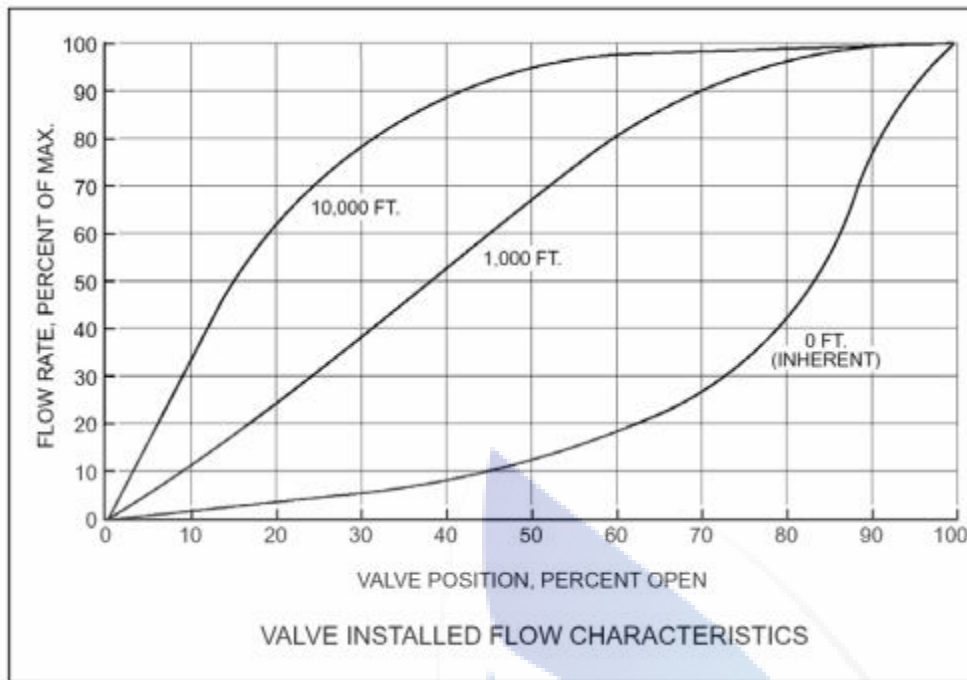
در این جدول مشاهده می شود که شیر کنترل توپی دارای کمترین میزان افت انرژی است. کیفیت مناسب نشیمنگاه شیر کنترل نیز از این نظر اهمیت دارد که باعث می شود پمپ به گونه ای بهره برداری شود که هیچ گونه جریان برگشتی به سمت پمپ و از میان شیر کنترل عبور نکند. یک نشیمنگاه فنری همراه با جنس مناسب و مقاوم در مقابل خوردگی می تواند باعث اطمینان بالا از عدم نشت جریان برگشتی از درون شیر گردد. شیرهای کنترل دارای نشیمنگاه فنری (Resilient Seated) از این نظر دارای هزینه های ننگه داری کمتری نسبت به شیرهای کنترل دارای نشیمنگاه فلزی (Metal Seated) هستند.

برای اطمینان از عملکرد شیرهای کنترل پمپ، شیرهای یاد شده باید استانداردهای قابل قبول را دارا باشد. در نهایت مشخصه های جریان شیرهای کنترل پمپ میزان اثر بخشی آن ها را در مورد کنترل امواج فشاری تعیین می کند. مهمترین مشخصه جریان شیرهای کنترل، یکنواختی تغییرات نرخ جریان پس از نصب آنها می باشد. یکی از اطلاعاتی که سازندگان شیرهای کنترل ارائه می کنند، مشخصه های ذاتی جریان است که غالباً بصورت فاکتور ضریب جریان (C_v) در موقعیت های مختلف باز شدگی شیر کنترل می باشد. در شکل (10) نمونه ای از این اطلاعات برای شیرهای کنترل مختلف مشاهده می شود. این نمودارها با فرض یکسان بودن افت انرژی در درصدهای مختلف باز شدگی شیر کنترل تهیه شده است. در سمت چپ شکل یاد شده نمودار تغییرات ضریب جریان شیرهای کنترل با باز شدگی سریع (مانند شیر دریچه ای (Gate Valve) و شیر کنترل پاندولی (Swing Check Valve)) قرار دارد که در آن ها با باز شدن شیر، شدت جریان به سرعت افزایش می یابد. در انتها الیه سمت راست نیز نمودار شیرهای با درصد همگن (مانند شیرهای توپی) مشاهده می شود که نرخ جریان بصورت یکنواخت افزایش می یابد. لازم به ذکر است که منحنی های ارائه شده در این شکل بدون در نظر گرفتن افت انرژی شیر و نیز افت انرژی کل سیستم تهیه گردیده است و این امر ممکن است طراح را در انتخاب شیر کنترل مناسب در خطوط لوله طولانی، دچار اشتباه نماید.



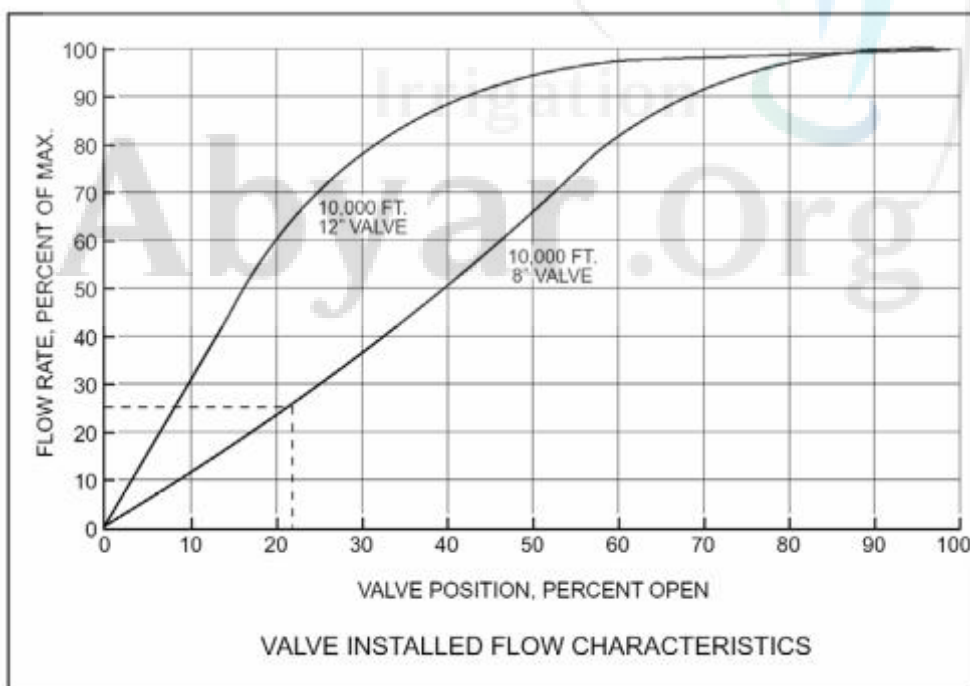
شکل 10 - مقایسه مشخصه های ذاتی جریان (CV) در انواع شیرهای کنترل در درصدهای مختلف بازشدگی

بنابراین منحنی های مذکور برای شبکه ها و خطوط لوله مختلف، با در نظر گرفتن افت های انرژی اصلاح شود. در شکل (11) مشاهده می شود که موقعیت منحنی ضریب جریان برای شیر کنترل پروانه ای نصب شده روی خط لوله به ازای طول های مختلف لوله، تغییر می کند. با افزایش طول خط لوله منحنی مربوطه به سمت چپ منتقل می شود و رفتاری شبیه یک شیر کنترل با باز شدگی سریع را از خود نشان می دهد. یک شیر کنترل با باز شدگی سریع در هنگام بسته شدن، باعث ایجاد موج فشاری خواهد شد زیرا مقدار جریان را بطور قابل ملاحظه ای در نیمی از دامنه حرکتی خود کاهش می دهد. بنابراین با توجه به شکل (10) برای خطوط لوله طولانی مناسبترین شیرهای کنترل برای نصب، شیرهای پروانه ای و توپی می باشد.



شکل 11 - مقایسه مشخصه های ذاتی جریان (CV) در شیر کنترل پروانه ای در طول های مختلف خط لوله

علاوه بر نوع شیر، سایز آن نیز بر منحنی مشخصه جریان شیر نصب شده در خط لوله مؤثر می باشد. به عنوان مثال در شکل (12) مشاهده می شود اگر یک شیر کنترل 8 اینچ، بر روی یک خط لوله 12 اینچ نصب شود، منحنی مشخصه جریان به سمت راست جابجا می شود. این امر منطقی است زیرا بستن یک شیر 8 اینچ، جریان را با سرعت بیشتری نسبت به یک شیر 12 اینچ در یک سیستم مشابه کاهش می دهد.



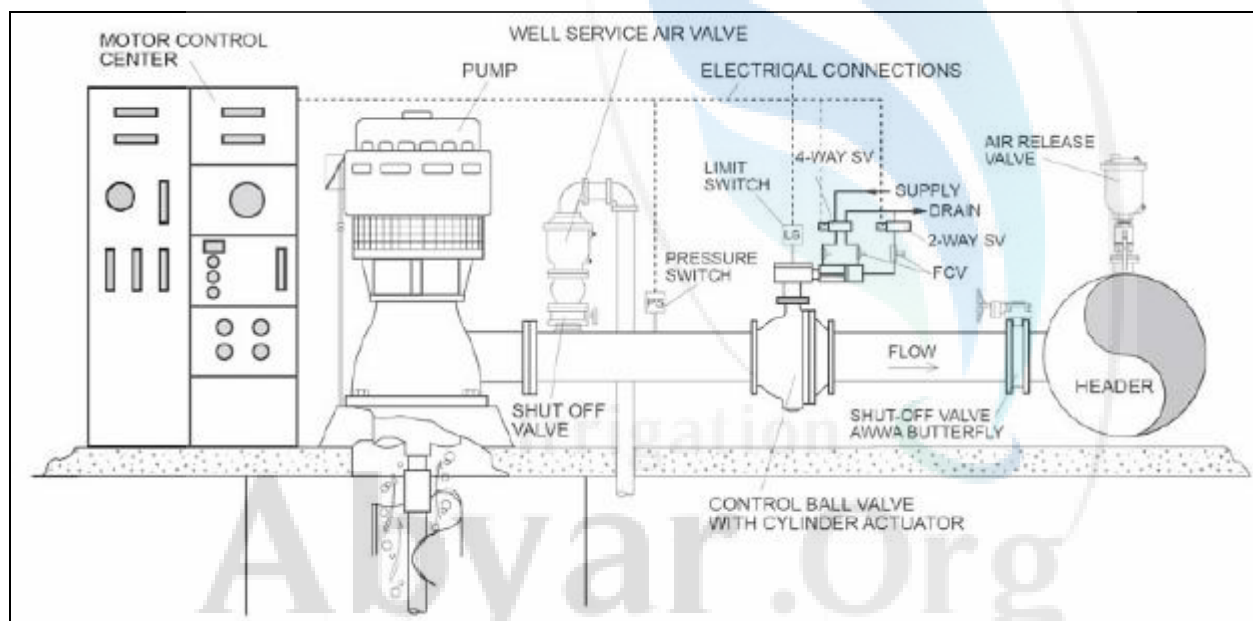
شکل 12 - مقایسه مشخصه های ذاتی جریان (CV) در دو شیر کنترل با سایزهای مختلف

بنابراین اندازه شیر کنترل نیز به همان اندازه نوع شیر، اهمیت دارد. شیرهای توپی معمولاً به منظور ایجاد افت کمتر و کاربرد در سرعت های زیاد تا 35 فوت بر ثانیه، کوچکتر از خط لوله می باشد. اگرچه استفاده از یک شیر کوچکتر از سایز همراه با تبدیل کاهنده در لوله میزان افت انرژی و به تبع آن هزینه های پمپاژ را افزایش می دهد.

بطور کلی باید به تمام معیارهای یاد شده در انتخاب شیر کنترل پمپ توجه داشت و مزایای قابل انتظار از شیر را در مقابل هزینه های آن در رابطه با پدیده موج فشار بالانس نمود.

9 - عملکرد شیرهای کنترل پمپ (Pump Control Valve Operation):

در اینجا نحوه عملکرد یک شیر کنترل توپی بررسی می شود. یک شیر توپی با چرخش 90 درجه ای یک محور توسط یک راه انداز (عملگر) استوانه ای هیدرولیکی عمل می کند. این استوانه می تواند توسط فشار خط لوله و یا یک سیستم محرکه روغنی جداگانه عمل نماید. با توجه به آنچه بیان شد در برخی شرایط می تواند یک موج فشاری منفی در مدت چند ثانیه تشکیل شود که این امر می تواند برای راه اندازی شیر کنترل پمپ مورد استفاده قرار بگیرد. شکل (13) یک روش نصب مرسوم شیر کنترل توپی را نشان می دهد.



شکل 13 - روش مرسوم نصب شیر کنترل توپی پمپ

اجزاء بالایی شیر کنترل یاد شده، کنترل کننده های هیدرولیکی هستند که از طریق یک مدار الکتریکی به پمپ متصل می باشند. شیرهای سلونوئید چهارسویه و دوسویه راه اندازی استوانه هیدرولیکی را جهت چرخش شیر کنترل پمپ، هدایت می کنند. سرعت باز و بسته شدن را نیز بصورت مستقل، شیرهای کنترل جریان (FCV) برعهده دارند. این شیرها، شیرهای سوزنی (Needle Valves) مخصوصی هستند که دارای ساختمانی عکس شیرهای کنترل (Check Valves) بوده که ورود جریان را بصورت آزاد به سیلندر برقرار کرده ولی مقدار جریان خروجی را کنترل می نماید.

زمانی که پمپ روشن می شود و فشار در لوله شکل می گیرد، سوئیچ فشار (Pressure Switch) با فرستادن یک سیگنال الکتریکی باعث می شود که شیر پروانه ای باز شود. در زمان خاموش شدن پمپ نیز سوئیچ فشار با فرستادن یک سیگنال باعث

بسته شدن شیر پروانه ای می شود (در حالیکه پمپ هنوز به چرخش خود ادامه می دهد). وقتی که شیر پروانه ای به موقعیت بسته شدن کامل نزدیک می شود، کلید قطع (Limit Switch) موجود روی شیر پروانه ای، پمپ را متوقف می کند. یکی از وظایف دیگر شیرهای کنترل پمپ که اهمیت زیادی نیز دارد این است که از چرخش معکوس آن در اثر برگشت جریان ناشی از قطع برق و یا چرخش آن در زیر بارهای اضافی جلوگیری نماید. پمپ های جدید مانند پمپ های دیزلی و قدیمی به سیستم چرخ لنگر (Flywheels) مجهز نبوده لذا دارای ممان اینرسی کمی بوده و در مدت چند ثانیه متوقف می گردند. بنابراین باید تمهیداتی اندیشیده شود تا در زمان قطع برق، شیر کنترل پمپ با سرعت بسته شود تا از چرخش معکوس پمپ جلوگیری شود. کنترل کننده های هیدرولیکی که بوسیله یک لوله کنار گذر تجهیز شده و به شیر سلونوئید دو سوپه (SV) مجهزند، جریان کنترل شده ای را نزدیک به جریان نرمال شیر کنترل، از طریق شیر کنترل جریان (FCV) عبور داده و شیر کنترل پمپ را پس از 5 تا 10 ثانیه از قطع برق، بصورت خودکار می بندد. مخصوصاً وقتی که یک مخزن موج گیر تحت فشار پنوماتیک (Hydro-Pneumatic Surge Tank) مورد استفاده قرار می گیرد استفاده از چنین تجهیزاتی برای جلوگیری از برگشت جریان به داخل پمپ ضروری است. یک راه حل دیگر که در مسیر جریان کنار گذر قابل استفاده است، نصب یک شیر کنترل با قابلیت بسته شدن سریع در بالادست شیر کنترل پمپ می باشد. این شیر نه تنها از جریان برگشتی به سمت پمپ جلوگیری می نماید، بلکه به عنوان یک محافظ اضافی و پشتیبان در زمان خرابی شیر کنترل پمپ نیز عمل می کند.

در هر صورت بسته شدن سریع شیر کنترل پمپ یا شیر اضافی و پشتیبان یاد شده در خطوط لوله طولانی باعث ایجاد موج فشار و خساراتی خواهد شد. بنابراین برای کنترل این موج فشار باید تمهیدات اضافی دیگری نیز اندیشیده شود.

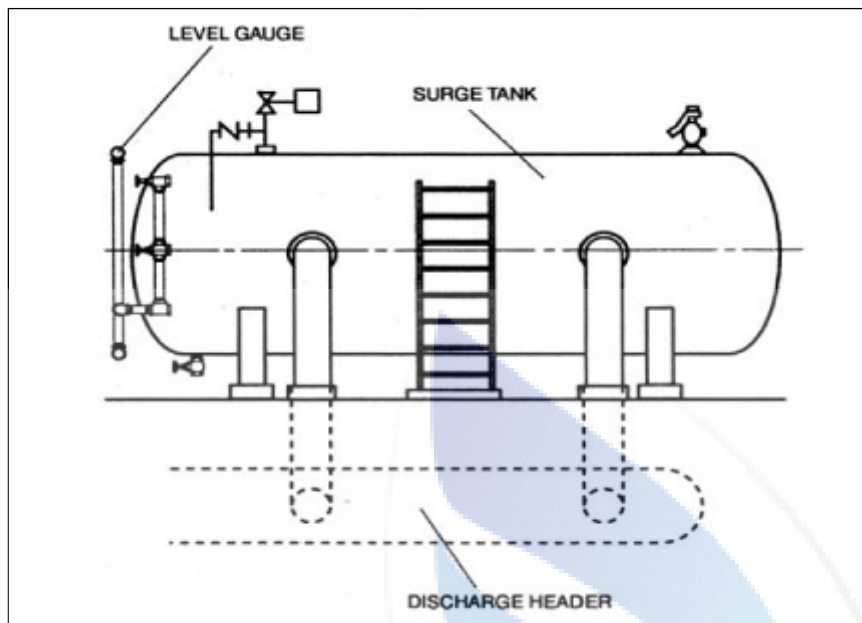
10 - تجهیزات تخلیه موج فشار (Surge Relief Equipment):

چون لوله های مورد استفاده در شبکه ها توانایی تحمل فشارهای بالای ناشی از امواج فشاری را نداشته و همیشه امکان کنترل سرعت جریان در حد ایمن و مناسب میسر نمی باشد، تجهیزات تخلیه موج فشار جهت کنترل امواج فشاری ناشی از تغییرات ناگهانی سرعت جریان، ضروری است. این تجهیزات به منظور حفاظت سیستم در مقابل مسائلی مانند بد عمل کردن شیرهای جریان و پر شدن نامناسب لوله و ... نیز بکار می رود.

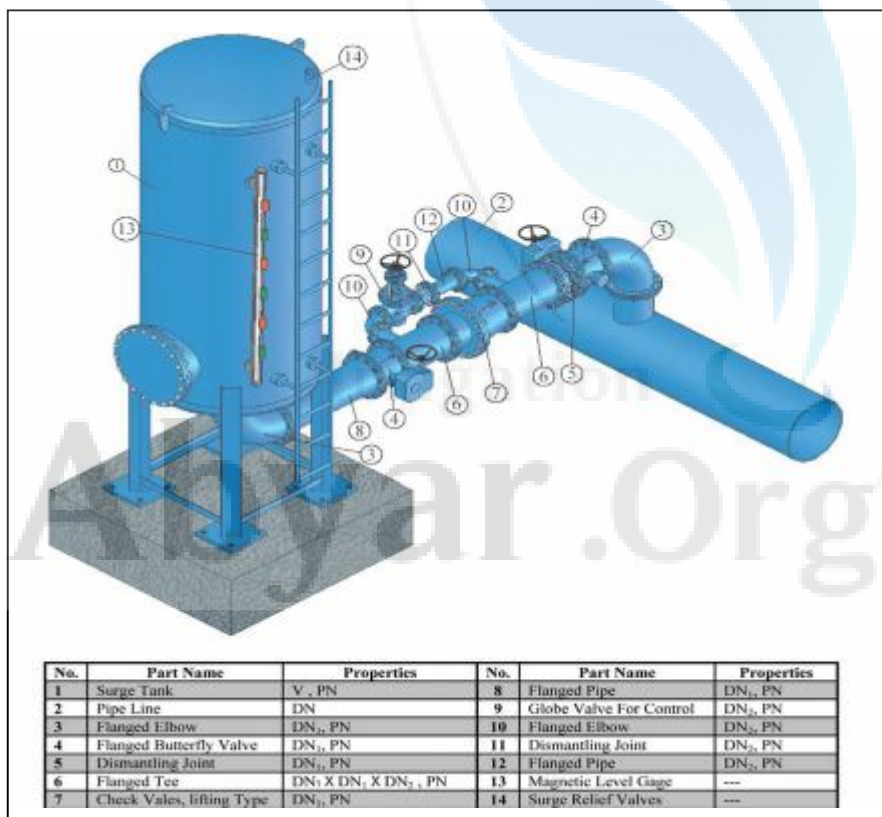
10-1 - لوله های قائم و مخازن ضربه گیر (Stand Pipes and Surge Tanks):

انواع مختلفی از تخلیه کننده های موج فشاری برای حفاظت سیستم پمپاژ بکار می رود. برای سیستم های با فشار کم یک لوله قائم روباز برای تخلیه فشار مازاد ناشی از موج، فوری عمل نموده و از طریق خروج آب از دهانه خود، فشار اضافی را خنثی می نماید. برای شرایطی که فشار شبکه زیاد است، چون ارتفاع لوله قائم بسیار زیاد خواهد شد، از یک مخزن ضربه گیر تحت فشار هوا (Hydro-Pneumatic Surge Tank) برای تخلیه فشار مازاد و یا برای جبران فشارهای منفی ناشی از موج و جلوگیری از جدایی ستون آب، استفاده می شود (شکل 14)). البته در سیستم های پمپاژ معمولی استفاده از این روش باعث افزایش هزینه خواهد شد زیرا باید یک سیستم تأمین هوای فشرده نیز همراه آن بکار رود. علاوه بر این باید یک شیر با قابلیت بسته شدن سریع نیز استفاده شود تا از برگشت آب مخزن ضربه گیر به سمت پمپ جلوگیری شود. علاوه بر این این مخازن نرخ های شتاب منفی بسیار زیادی ایجاد نموده (25 فوت بر مجذور ثانیه) بطوری که شیرهای کنترل با قابلیت بسته

شدن سریع باید به فنرها و یا بالشتک های روغنی (خفه کن روغن) مجهز باشند تا از ایجاد ضربات سنگین در هنگام بسته شدن شیر کنترل جلوگیری شود.



شکل 14 - مخزن ضربه گیر پنوماتیک به منظور کنترل امواج فشاری مثبت و منفی

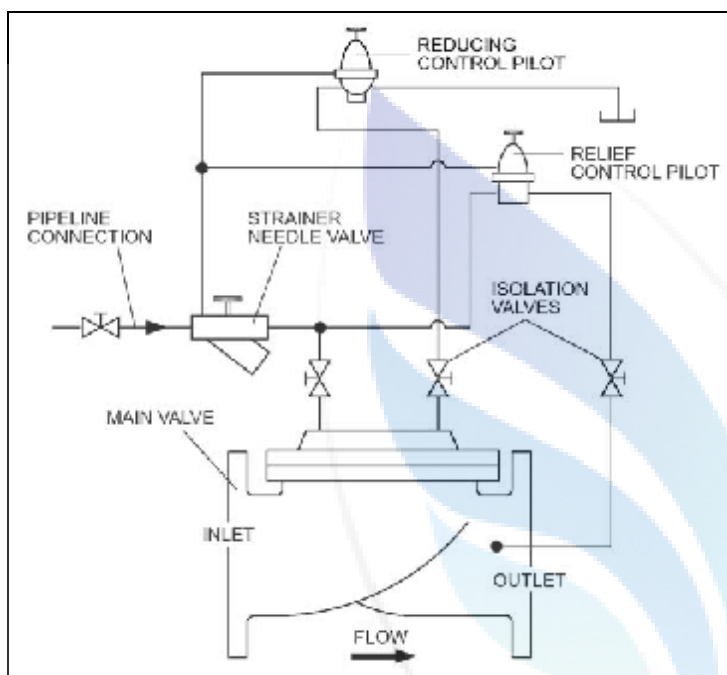


شکل 15 - مخزن ضربه گیر پنوماتیک ساخت شرکت مکانیک آب

10-2- شیرهای کنترل موج فشار (Surge Relief Valves):

استفاده از شیرهای کنترل موج فشار در شبکه ها مرسوم تر است. در این شیرها، موج فشاری باعث عکس العمل دیسک شیر گردیده و آب با سرعت زیاد به اتمسفر و یا به چاه تخلیه می شود. این شیرها دارای این محدودیت هستند که در زمان وقوع

جدایی ستون آب، نمی تواند به سرعت باز شده و بطور کامل موج فشار را مستهلک نمایند. در چنین حالاتی که یک مدل کامپیوتری جریان ناماندگار، در برخی نقاط احتمال وقوع جدایی ستون آب را پیش بینی می کند، باید شیر مذکور به یک سیستم کنترلی پیش بینی کننده مجهز شود تا در زمان مناسب با باز کردن سریع شیر، موج فشار را مستهلک نماید. در شکل (16) یک شیر کنترل کروی یا توپی موج فشار که به سیستم مذکور نیز مجهز است، مشاهده می شود که به فشارهای بسیار کم و یا بسیار زیاد حساس بوده و خیلی سریع باز می شود.

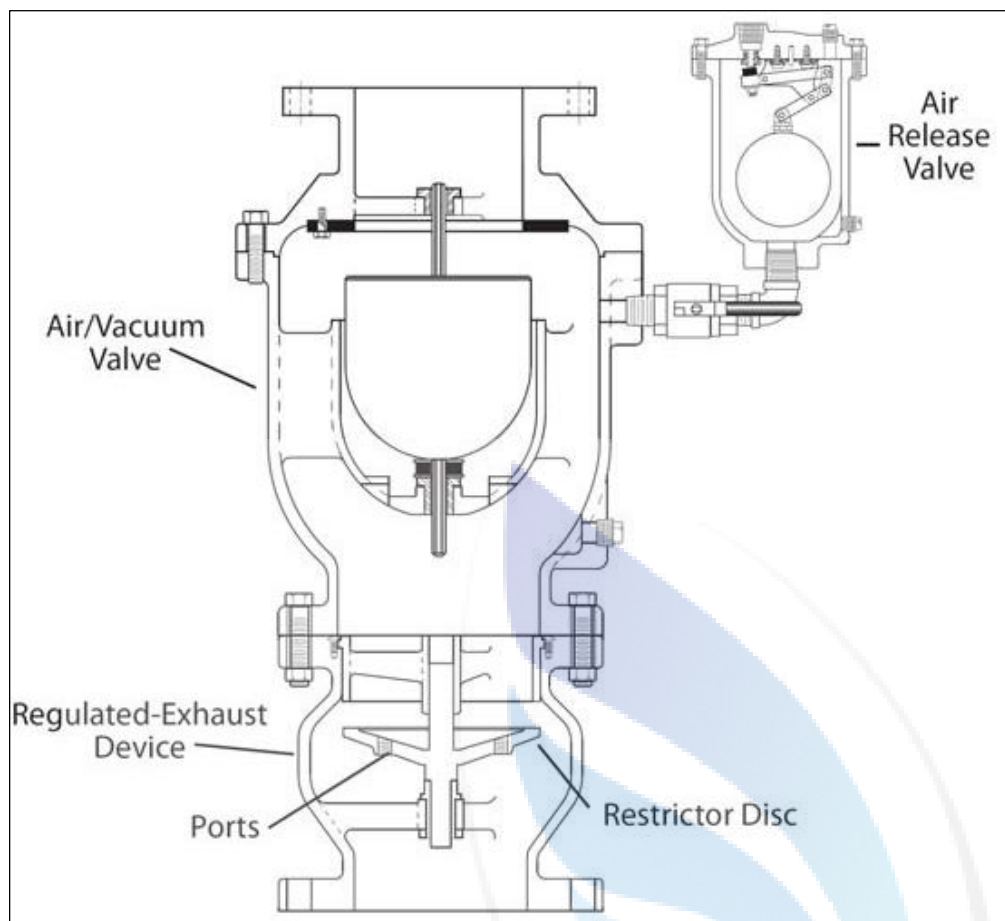


شکل 16 - شیر کنترل موج فشار مجهز به سیستم کنترلی پیش بینی کننده (Surge Relief and Anticipator Valve)

10-3- شیرهای هوای متوقف کننده موج فشار (Surge Suppression Air Valves):

شیرهای هوای متوقف کننده موج فشار، با جلوگیری از تشکیل بسته های هوای محبوس، احتمال ایجاد امواج فشاری را کاهش می دهند. بسته های هوای محبوس با حرکت در مسیر خطوط لوله باعث تغییرات ناگهانی سرعت گردیده و همچنین به تجهیزات اندازه گیری جریان آسیب وارد می کنند. این شیرها همچنین به گونه ای طراحی می شوند تا در زمان مناسب جهت جلوگیری از ایجاد فشار منفی و پدیده جدایی ستون آب، باز شده و هوای وارد خط لوله نمایند. برخی از نرم افزارهای تحلیل جریان ناماندگار به گونه ای طراحی شده اند که می توانند با انتخاب سائزهای مختلف شیر هوا، اثرات آن را بر کاهش موج فشار تجزیه و تحلیل نمایند.

وقتی که احتمال بروز پدیده جدایی ستون آب در محل شیر هوا وجود دارد باید شیر هوا به یک وسیله تنظیم کننده میزان خروج هوا تجهیز شود تا در هنگام اتصال مجدد ستون های آب جدا شده، این کار به نرمی انجام شود (شکل (17)).



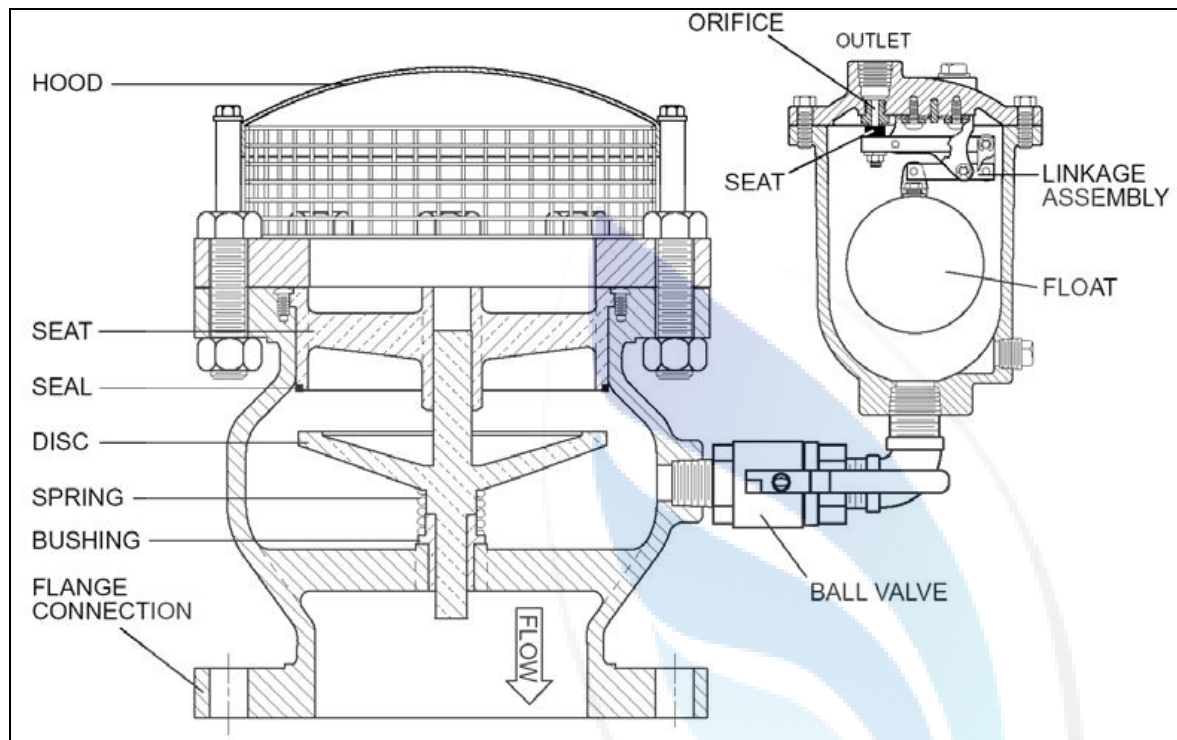
شکل 17 - شیر هوای متوقف کننده موج فشار

شیر هوا - خلأ (Air/Vacuum Valve) و وسیله تنظیم کننده میزان خروج هوا (Regulated-Exhaust Device) در زمان شروع جدایی ستون آب، اجازه می دهند که هوا بدون هیچ محدودیتی و به مقدار مورد نیاز وارد خط لوله شود. اما در زمان برگشت مجدد ستون های آب جدا شده جهت اتصال به یکدیگر، دیسک محدود کننده خروج هوا، هوا را به آرامی و با شدتی معادل 5 درصد حالت باز شدگی کامل خارج می کند تا با ایجاد یک خفگی، از برخورد شدید دو ستون آب در لوله و ایجاد ضربه و موج فشار جلوگیری نماید. زمانی که هوا بطور کامل خارج شد، شناور شیر هوا - خلأ بالا آمده تا از خروج آب جلوگیری نماید. از این پس هر گونه هوای باقیمانده و یا وارد شده به سیستم از طریق شیر هوای تخلیه پیوسته (Air Release Valve) خارج خواهد شد.

10-4- شیرهای خلأ شکن (Vacuum Breaker Valves):

نوع دیگری از شیر هوا موسوم به شیر خلأ شکن (VB) وجود دارد که در نقاط بحرانی خطوط لوله بزرگ تحت فشار در شرایطی که احتمال بروز پدیده جدایی ستون آب وجود دارد، مورد استفاده قرار می گیرد (شکل 18)). اجزاء این شیر خیلی شبیه به شیر متوقف کننده موج فشار است با این تفاوت که در این شیر (VB)، دیسک با یک فنر در حالت بسته نگهداشته شده اما در شیر دارای تنظیم کننده خروج هوا، دیسک مربوطه در حالت عادی باز است. بنابراین خلأ شکن نمی تواند هوا را خارج کند و فقط قادر است با وارد کردن هوا به داخل خط لوله از ایجاد بسته های خلأ جلوگیری نماید. این امر باعث می شود که خط لوله همواره تحت فشار مثبت قرار داشته و از ایجاد موج فشار مربوط به جدایی ستون آب جلوگیری شود. در واقع پس از خاموشی و توقف پمپ، حجم زیادی از هوا وارد خط لوله شده و در آن محبوس می شود. پس از برقراری

جریان و در هنگام اتصال مجدد ستون های آب جدا شده، این هوا به آرامی و از طریق یک شیر تخلیه هوای پیوسته ملحق شده به شیر خلأ شکن، در مدت زمانی حدود چند دقیقه خارج خواهد شد. برای طراحی و انتخاب شیر خلأ شکن مناسب در این شرایط باید یک آنالیز جریان ناماندگار توسط مدل های نرم افزاری موجود انجام شود.



شکل 18 - شیر هوای خلأ شکن مجهز به شیر هوای تخلیه پیوسته

منابع اصلی مورد استفاده :

۱- " Surge Control in Pumping Systems ", Copyright © ۲۰۰۹ Val-Matic Valve and Manufacturing Corp

2- راهنمای محصولات و شیرآلات صنعت آب تولید شرکت مکانیک آب، طراحی و ساخت تجهیزات مقابله با ضربه قوچ

سایر منابع مرتبط :

۱. American Water Works Association, Steel Water Pipe: a Guide for Design and Installation M11, "Water Hammer and Pressure Surge", ۴th ed. ۲۰۰۴, pp. ۵۱-۵۶.
۲. Ballun, John V., (۲۰۰۷). A Methodology for Predicting Check Valve Slam, *Journal AWWA*, March ۲۰۰۷, ۶۰-۶۵.
۳. Bosserman, Bayard E. "Control of Hydraulic Transients", Pumping Station Design, Butterworth-Heinemann, ۲nd ed., ۱۹۹۸, Sanks, Robert L. ed. , pp. ۱۵۳-۱۷۱.
۴. Hutchinson, J.W., ISA Handbook of Control Valves, ۲nd ed., Instrument Society of America, ۱۹۷۶, pp. ۱۶۵-۱۷۹.
۵. Kroon, Joseph R., et. al., "Water Hammer: Causes and Effects", *AWWA Journal*, November, ۱۹۸۴, pp. ۳۹-۴۵.
۶. Rahmeyer, William, ۱۹۹۸. "Reverse Flow Testing of Eight-Inch Val-Matic Check Valves", Utah State University Lab Report No. USU-۶۰۹, Val-Matic Valve Test Report No. ۱۱۷, Elmhurst, IL, [Confidential].
۷. Tullis, J. Paul, Hydraulics of Pipelines, ۱۹۸۴ Draft Copy, Utah State University, pp. ۲۴۹-۳۲۲.

فصل سوم :

بررسی های لازم در مورد فیلتراسیون، تصفیه، بهره برداری و نگهداری تجهیزات مربوطه در سیستم های آبیاری میکرو

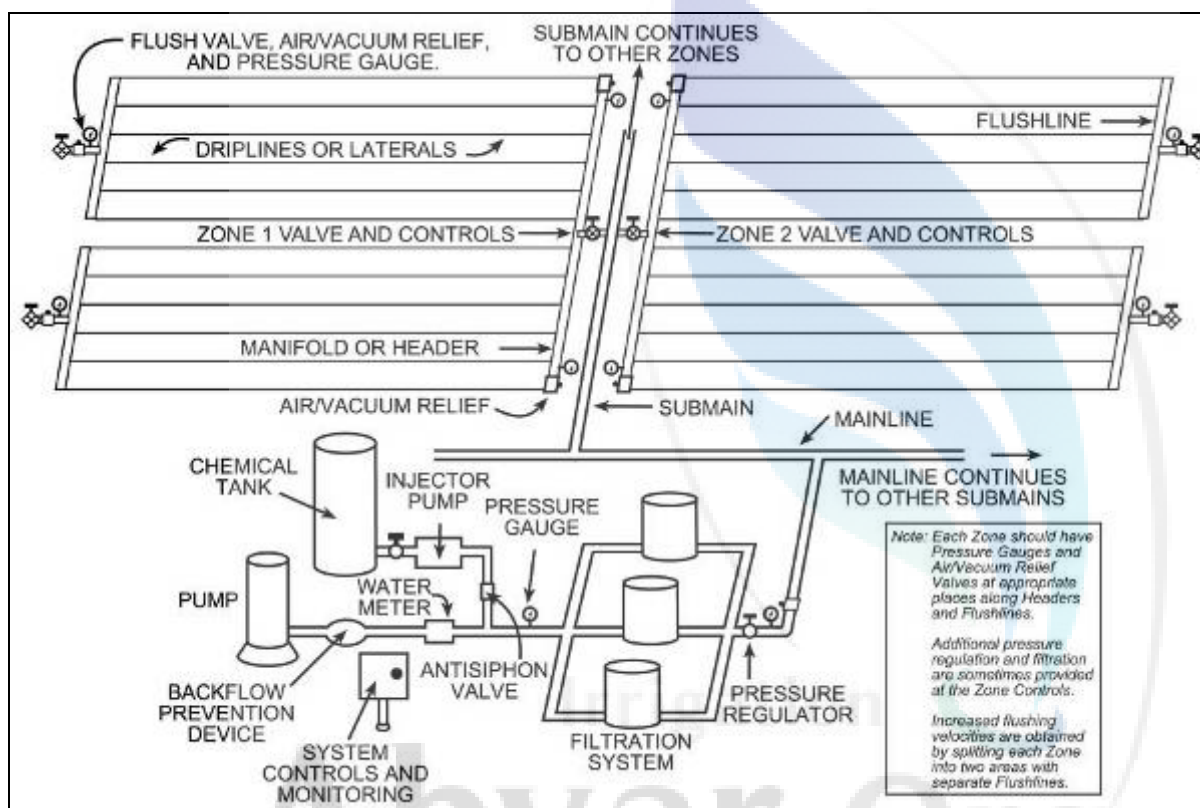


فهرست مطالب

58.....	1 - اهمیت موضوع :
58.....	2 - بررسی علل گرفتگی گسیلنده ها و روش های جلوگیری از آن :
59.....	1-2 - تجزیه و تحلیل کیفیت آب :
60.....	2-2 - مشکلات گرفتگی فیزیکی :
60.....	2-2-1 - انواع فیلترها جهت فیلتراسیون فیزیکی :
60.....	2-2-1-1 - فیلترهای توری (Screen Filters) :
62.....	2-2-1-2 - جداکننده های ماسه (Sand Separators) :
62.....	2-3 - مشکلات گرفتگی بیولوژیکی :
63.....	2-3-1 - فیلترهای لایه ای ماسه ای (Sand Media Filters) :
67.....	2-3-2 - فیلترهای دیسکی (Disc Filters) :
68.....	2-3-3 - تصفیه آب برای جلوگیری از انسداد بیولوژیکی :
69.....	2-4 - مشکلات گرفتگی شیمیایی :
69.....	2-4-1 - رسوبات کربنات کلسیم :
70.....	2-4-2 - رسوبات آهن :
72.....	3 - شستشوی سیستم آبیاری :
72.....	4 - مکانیزم تزریق کود و یا مواد شیمیایی به داخل سیستم آبیاری میکرو :
74.....	پیوست :
74.....	روش گندزدایی (Disinfection) با ازن
74.....	در سیستم های آبیاری
75.....	1 - چکیده :
75.....	2 - پیش زمینه طرح :
75.....	2 -1 - دامنه کاربرد :
75.....	2 -2 - توصیف مکانیزم مورد استفاده :
76.....	3- توصیف مختصر روش گندزدایی با ازن :
79.....	منابع مورد استفاده :

1 - اهمیت موضوع :

سیستم های آبیاری میکرو می توانند آب و ریزمغذی ها را به مقدار دقیق و با شدت جریان های کنترل شده به ناحیه ریشه گیاهان برسانند. یک سیستم آبیاری میکرو شامل شبکه گسترده ای از لوله ها است که آب را به سوی گسیلنده ها هدایت نموده که در نهایت آب بصورت قطره یا جریان های ریز و یا پاشش های کوچک تحویل گیاه می گردد. اصلی ترین عامل شکست یک پروژه آبیاری میکرو گرفتگی گسیلنده ها است. این گرفتگی ها شدیداً عملکرد و یکنواختی توزیع آب را در سیستم آبیاری میکرو، مختل می نماید. با توجه به اینکه گسیلنده ها کوچک بوده و براحتی مسدود می گردد، درک شایسته ای از سیستم های فیلتراسیون و روش نگهداری و بهره برداری از آن ها جهت جلوگیری از انسداد آن ها، بسیار اهمیت دارد. اجزا اصلی یک سیستم آبیاری در شکل (1) مشاهده می شود.



شکل (1): اجزاء اصلی یک شبکه آبیاری میکرو

2 - بررسی علل گرفتگی گسیلنده ها و روش های جلوگیری از آن :

گرفتگی گسیلنده ها ناشی از سه عامل اصلی می باشد که عبارتند از :

- عامل فیزیکی (رسوبات)
- عامل بیولوژیکی یا آلی (باکتری ها و قارچ ها)
- عامل شیمیایی (رسوبات شیمیایی)

غالباً ترکیب هر سه عامل باعث گرفتگی گسیلنده ها می شود. بنابراین نوع گرفتگی گسیلنده ها بستگی به کیفیت آب آبیاری دارد. منابع آب خود به دو گروه آب سطحی و آب زیرزمینی تقسیم می شود. هر کدام از این منابع آب احتمالاً گرفتگی های خاصی را ایجاد خواهد کرد.

2-1 - تجزیه و تحلیل کیفیت آب :

کیفیت آب آبیاری در مورد انتخاب نوع سیستم تصفیه و فیلتراسیون مورد نیاز جهت پیشگیری از گرفتگی گسیلنده ها و نیز حفظ کارکرد مناسب سیستم آبیاری، تعیین کننده است. البته خصوصیات گسیلنده ها بویژه اندازه روزنه های آن ها نیز در این مورد نقش دارد.

وقتی که آب برای مصرف در سیستم آبیاری میکرو، آزمایش و تجزیه و تحلیل می شود باید شامل موارد ذکر شده در جدول (1) باشد.

جدول (1): تأثیر مقدار و غلظت فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک در گرفتگی گسیلنده ها

Plugging hazard based on concentration			
Factor	Slight	Moderate	Severe
Physical			
Suspended solids (filterable) ^a	< 50	50 - 100	> 100
Chemical			
pH	< 7.0	7.0 - 7.5	> 7.5
Dissolved solids ^a	< 500	500 - 2,000	> 2,000
Manganese ^a	< 0.1	0.1 - 1.5	> 1.5
Iron ^a	< 0.1	0.1 - 1.5	> 1.5
Hydrogen sulfide ^a	< 0.2	0.2 - 2.0	> 2.0
Hardness ^b	< 150	150 - 300	> 300
Biological			
Bacteria population ^c	< 10,000	10,000 - 50,000	> 50,000

^amaximum measured concentration from a representative sample (ppm),
^bhardness as ppm CaCO₃,
^ccolony forming units per 100 ml

اگر منبع آب، یک چاه عمیق با عمق بیشتر از 100 فوت (30 متر) باشد، نیازی به اندازه گیری فاکتور باکتریایی نمی باشد. از سوی دیگر در آب های سطحی معمولاً سولفید هیدروژن حضور نداشته و نیازی به تعیین فاکتور مربوطه نمی باشد. در واقع جدول (1) ارزیابی پتانسیل گرفتگی گسیلنده ها را با توجه به کیفیت آب آبیاری ارائه می کند.

از بین فاکتورهای یاد شده ممکن است دو فاکتور با واحدهای دیگری اندازه گیری و بیان شوند. یکی از این فاکتورها غلظت مواد محلول می باشد (Dissolved Solids) که ممکن است با اندازه گیری هدایت الکتریکی (EC) آب بیان شود. یک گزارش تحلیل کیفیت آب معمولاً شامل فاکتور هدایت الکتریکی با واحد میکروموس بر سانتی متر ($\mu\text{mho/cm}$) می باشد. برای تخمین مقدار مواد محلول بر اساس (mg/L) یا (ppm)، باید مقدار هدایت الکتریکی (EC) با واحد ($\mu\text{mho/cm}$) را در عدد 0/64 ضرب نمود.

سختی آب نیز یکی از شاخص های تعیین پتانسیل گرفتگی گسیلنده ها بوده و بر اساس غلظت کلسیم و منیزیم محلول در آب تعیین می شود. چنانچه مقدار کلسیم و منیزیم محلول در آب با واحد (mg/L) یا (ppm) بیان شود، سختی آب بر اساس (mg/L) برابر است با:

$$\text{Hardness} = (2/5 \text{ Ca}) + (4/1 \text{ Mg})$$

اگر در گزارشات تجزیه و تحلیل کیفیت آب، مقدار سختی با واحد ریزدانه ها در گالن (grains per gallon) بیان شود، هر ریزدانه در گالن سختی آب برابر 17/1 (ppm) یا (mg/L) خواهد بود.

2-2 - مشکلات گرفتگی فیزیکی:

علل گرفتگی فیزیکی گسیلنده ها، ماسه و دیگر ذرات معلق هستند که با توجه به بزرگی آن ها قادر به عبور از روزنه گسیلنده ها نمی باشند. همانطور که قبلاً نیز بیان شد مشخصات گسیلنده ها، مخصوصاً اندازه روزنه ها نقش مهمی در انتخاب سیستم فیلتراسیون دارد. ماسه ها که یکی از عوامل اصلی گرفتگی آن ها هستند، اغلب از طریق آب پمپ شده از چاه وارد شبکه توزیع آب می گردد. آب دارای مقداری ذرات معلق با اندازه های سیلت و رس نیز می باشد و چنانچه این ذرات قابلیت به هم چسبیدن (Flocculation) و ایجاد ذرات بزرگتر را نداشته باشند، آب مذکور می تواند مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات نشان داده است اگر غلظت ذرات معلق آب در حدود 500 (ppm) باشد تا وقتی که ذرات بزرگ تر موجود در آب فیلتر می شود، مشکل خاصی از نظر گرفتگی ایجاد نخواهد شد. چنانچه منبع آب حاوی مقادیر زیادی سیلت باشد ممکن است اجرای یک حوضچه ته نشینی لازم باشد. در این حوضچه سرعت آب آن قدر کم می شود که بسیاری از این ذرات ریز ته نشین خواهد شد.

2-2-1 - انواع فیلترها جهت فیلتراسیون فیزیکی:

2-2-1-1 - فیلترهای توری (Screen Filters):

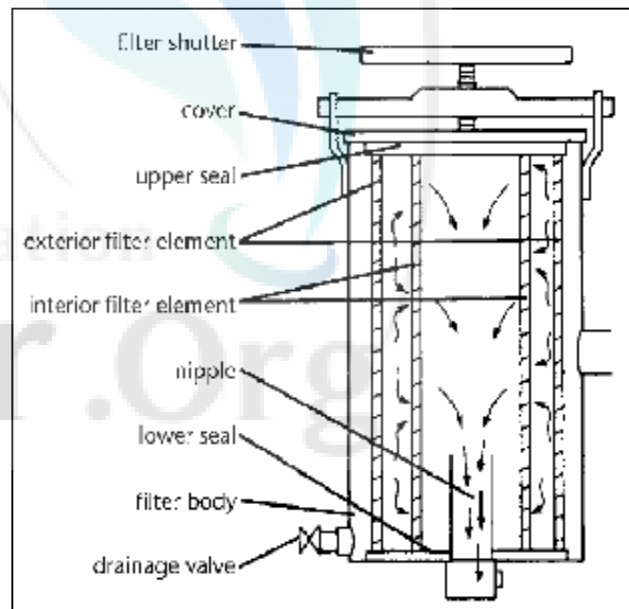
ذرات معلق و ماسه را اغلب می توان با فیلترهای توری از آب جدا نمود. اندازه فیلترهای توری بر اساس حداکثر اندازه مجاز ذرات قابل عبور از گسیلنده ها، کیفیت آب، حجم آب مورد تصفیه و افت فشار مجاز درون فیلتر، تعیین خواهد شد. سازندگان گسیلنده ها باید حداکثر اندازه مجاز ذرات قابل عبور از آن ها را ارائه نمایند. اگر چنین اطلاعاتی در اختیار نباشد یک قانون و روش محافظه کارانه این است که هر ذره ای که بزرگتر از یک دهم قطر کوچکترین روزنه گسیلنده باشد، باید از آب جدا شود. اگر ذرات مساوی و بزرگتر از یک دهم قطر کوچکترین روزنه گسیلنده فیلتر شود، پدیده ایجاد پل (Bridging) روی نمی دهد. در پدیده ایجاد پل، ذرات کوچک با اتصال به یکدیگر در مسیر عبور آب از گسیلنده ها، گرفتگی و انسداد ایجاد می کنند. در جدول (2) تعداد روزنه های لازم برای فیلتر توری به منظور فیلتراسیون ذرات با اندازه های مختلف، ارائه شده است. به عنوان مثال یک فیلتر توری با تعداد مش 200 قادر است که اندازه ذرات در حد ماسه ریزدانه و بزرگتر از آن را که معمولاً در آب های زیرزمینی پمپاژ شده جهت سیستم آبیاری میکرو، وجود دارد، فیلتر نماید.

جدول (2): تعداد روزنه های لازم برای فیلتر توری به منظور فیلتراسیون ذرات با اندازه های مختلف

Soil Classification	Particle size			Screen mesh number
	mm	microns	in.	
Very coarse sand	1.00 – 2.00	1000 – 2000	0.0393 – 0.0786	18 – 10
Course sand	0.50 – 1.00	500 – 1000	0.0197 – 0.0393	35 – 18
Medium sand	0.25 – 0.50	250 – 500	0.0098 – 0.0197	60 – 35
Fine sand	0.10 – 0.25	100 – 250	0.0039 – 0.0098	160 – 60
Very fine sand	0.05 – 0.10	50 – 100	0.0020 – 0.0039	270 – 160
Silt	0.002 – 0.05	2 – 50	0.00008 – 0.0020	400 – 270 ²
Clay ³	<0.002	<2	<0.00008	–

¹From Keller and Bliester
²400 mesh screen has the smallest opening, approx. 0.03 mm.
³Not visible to the eye. Individual bacteria and viruses are smaller than clay particles.

شدت جریان عبوری از فیلترهای توری نباید از مقدار 200 گالن در دقیقه در فوت مربع (gpm/ft^2) سطح مؤثر عبور جریان در فیلتر بیشتر باشد. سطح مؤثر فیلتر مجموع سطح روزنه های عبور جریان از فیلتر می باشد. سازندگان فیلتر مقدار این پارامتر را می توانند در مشخصات فنی محصول ارائه نمایند. چنانچه مقدار اختلاف فشار دو طرف فیلترهای توری به مقدار 3 تا 5 پوند بر اینچ مربع و یا به مقداری که توسط سازنده فیلتر ارائه می شود، افزایش یابد، باید عمل شستشوی معکوس فیلتر (BackFlush) انجام شود. در برخی از سیستم های فیلتر توری این کار بصورت خودکار انجام می شود. برای تمیز کردن فیلترهای توری بصورت دستی باید توری های این فیلترها را از محفظه خارج کرده و با آب تمیز شستشو داد. شکل (2) یک فیلتر توری را نشان می دهد.

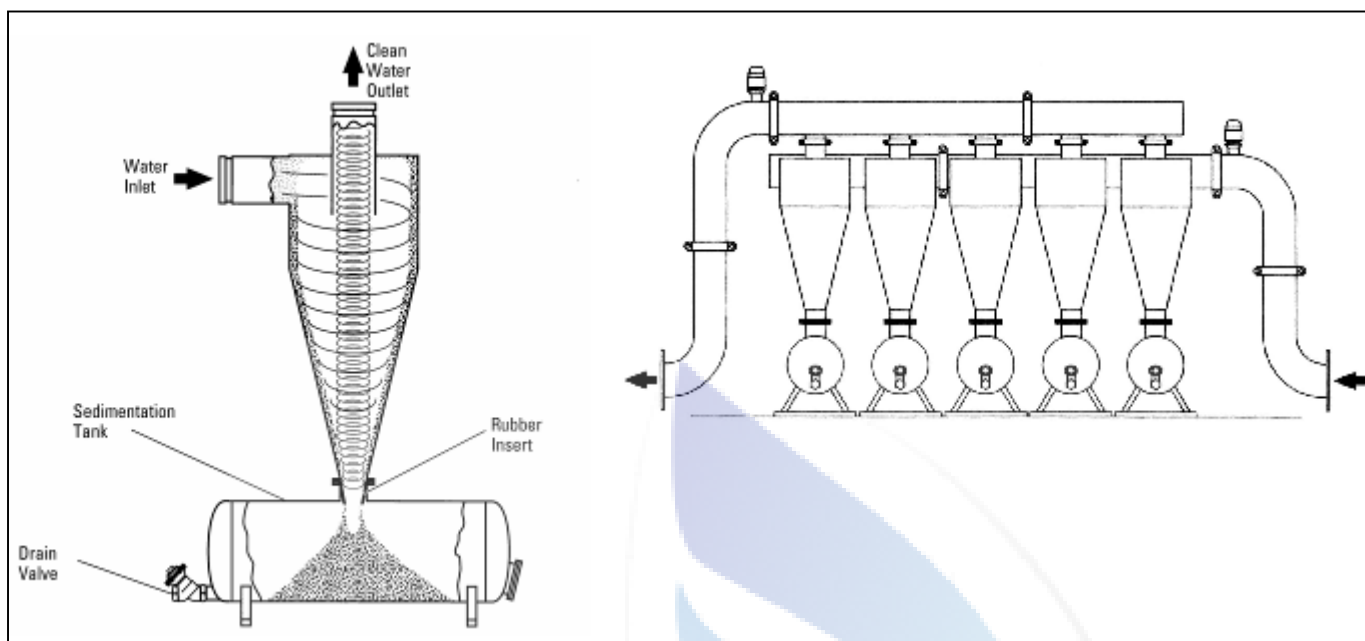


شکل (2): فیلتر توری قابل شستشو و اجزاء آن

2-1-2-2- جداکننده های ماسه (Sand Separators):

در مواردی که آب مورد استفاده دارای مقدار زیادی ماسه باشد، استفاده از یک جداکننده ماسه (شکل (3)) ضروری به نظر می رسد. این وسیله با ایجاد یک جریان مارپیچی و چرخشی ماسه را از آب جدا می کند. در یک کارکرد مناسب این وسیله قادر خواهد بود 70 تا 95 درصد ذرات ماسه بزرگتر از 0/003 اینچ را از آب جدا کند.

لازم به ذکر است که جداکننده های ماسه حتماً باید در بالادست واحدهای فیلتراسیون دیگر نصب شوند.



شکل (3): جداکننده های ماسه

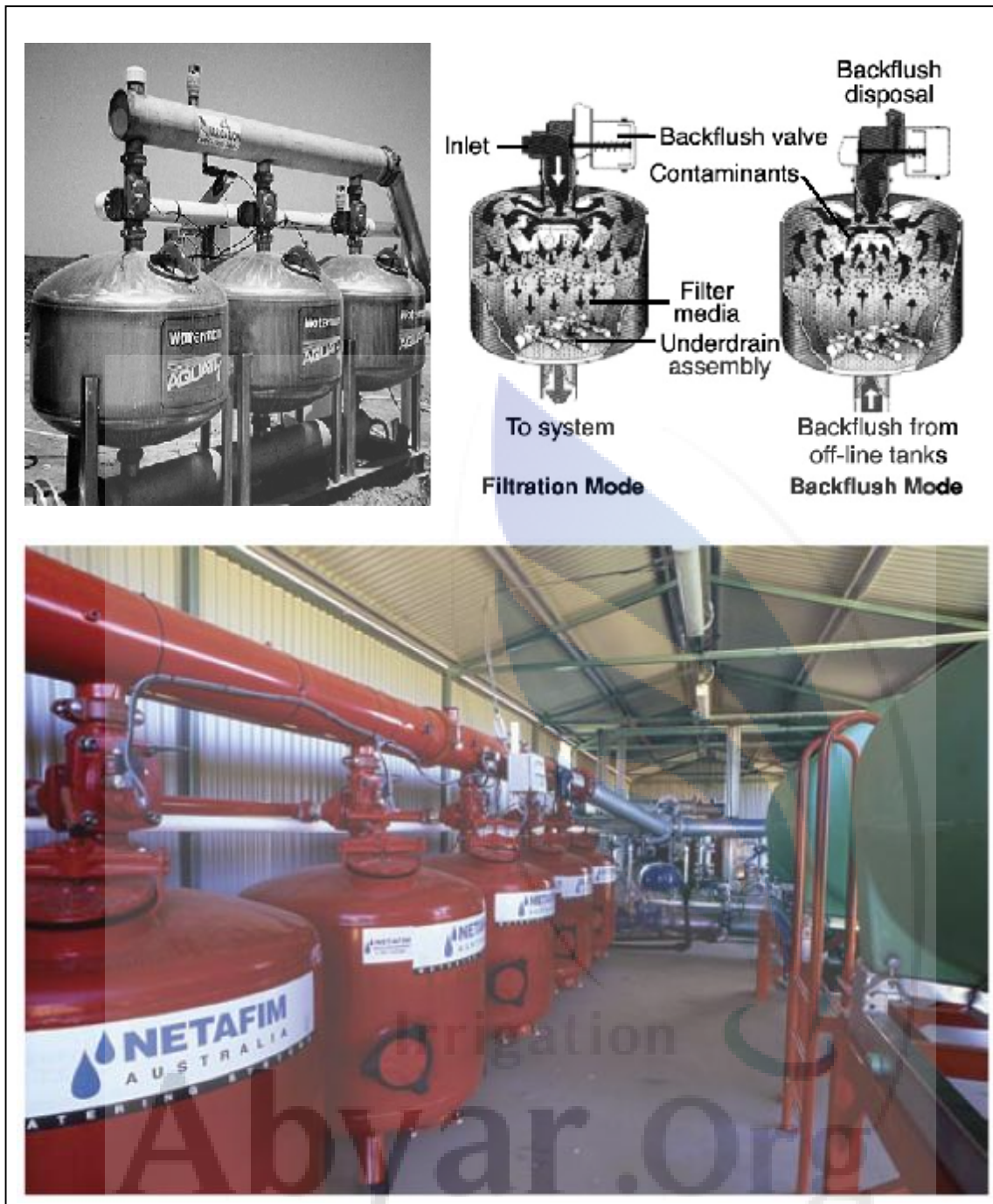
2-3- مشکلات گرفتگی بیولوژیکی:

سلول های باکتریایی و قارچی و بقایای ارگانیک آنها به تنهایی آن قدر کوچکند که از درون فیلترهای فیزیکی سیستم آبیاری عبور می نمایند و پس از تجمع، باعث گرفتگی و انسداد گسیلنده ها خواهند شد. علاوه بر این یک سیستم آبیاری میکرو می تواند محیط مناسبی برای رشد باکتری ها باشد. بقایای قارچی و باکتریایی می تواند در لوله ها و گسیلنده ها جمع شده و زمینه رشد و توسعه باکتری هایی به شکل چسبناک و لجنی را فراهم آورده و در نتیجه باعث گرفتگی گسیلنده ها گردد.

علاوه بر قارچ ها و باکتری ها، آب سطحی نیز می تواند حاوی مواد آلی بزرگتر مانند خزه ها، حلزون ها و بقایای گیاهی باشد که باید بخوبی فیلتر شود تا باعث گرفتگی و انسداد جریان در سیستم نشود. به منظور حذف مواد بزرگتر، توری های با چشمه های درشت در دهانه ورودی لوله مکش پمپ استفاده می شود. اغلب وقتی که آب سطحی برای آبیاری استفاده می شود یک سیستم فیلتراسیون کامل تر مانند فیلترهای چند لایه (Media Filters) و فیلترهای دیسکی (Disc Filters) استفاده می شود که به شرح آن ها می پردازیم.

2-3-1- فیلترهای لایه ای ماسه ای (Sand Media Filters):

فیلترهای ماسه ای (شکل (4)) جهت حذف لجن های باکتریایی و قارچی بسیار مناسب هستند. عمق فیلترهای لایه ای یک مکانیزم فیلتراسیون سه بعدی را فراهم می کند که نسبت به فیلترهای توری از قابلیت و ظرفیت فیلتراسیون بالاتری برخوردار است.



شکل (4): سیستم فیلتراسیون ماسه ای و عملکرد آن در حالت فیلتراسیون و شستشو

در جدول (3) مقایسه ای بین اندازه فیلتر ماسه ای و اندازه فیلتر توری معادل آن ارائه شده است.

جدول (3): اندازه فیلتر ماسه ای و اندازه فیلتر توری معادل آن

Media No.	Material	Mean effective media size		Screen mesh size
		mm	in.	
8	crushed granite	1.50	0.059	100 – 140
11	crushed granite	0.78	0.031	140 – 200
16	crushed silica	0.66	0.026	140 – 200
20	crushed silica	0.46	0.018	200 – 230
30	crushed silica	0.34	0.013	230 – 400

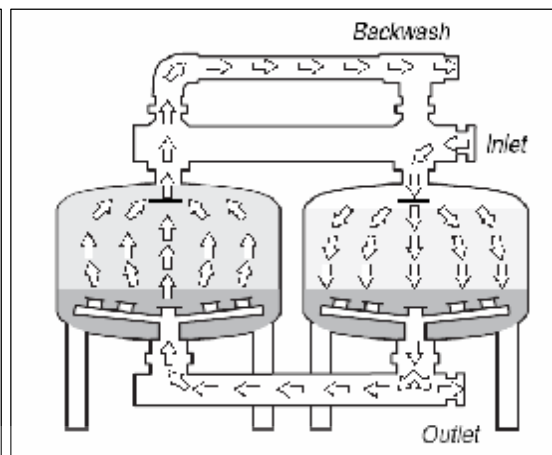
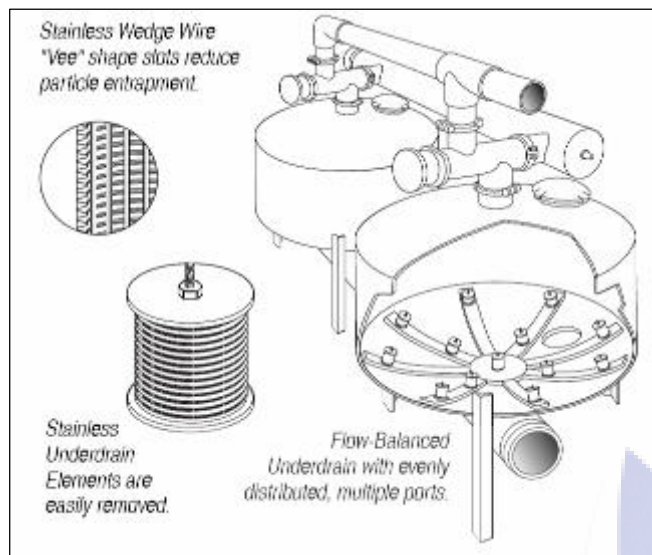
اندازه مؤثر متوسط لایه شاخصی برای اندازه ذرات فیلتر شده توسط لایه مذکور می باشد. با کاهش مقدار این پارامتر کیفیت فیلتراسیون افزایش می یابد.

شدت جریان های عبوری از این نوع فیلترها نباید از مقدار 25 گالن بر دقیقه در فوت مربع سطح فیلتر بیشتر باشد. سطح فیلتر مجموع سطوح لایه های فیلتر در محفظه می باشد. اغلب به منظور امکان شستشوی معکوس سیستم فیلتراسیون در هنگامی که سیستم آبیاری همچنان فعال است، چند واحد جداگانه از این نوع فیلتر در کنار یکدیگر نصب می شود. اگر تعداد واحد ها کمتر باشد می توان شدت جریان عبوری از فیلتر را در زمان شستشوی معکوس افزایش داد. حتی اگر عمل شستشوی معکوس خارج از زمان آبیاری انجام می شود باید حداقل دو واحد فیلتراسیون نصب شود تا عمل شستشوی هر یک از واحدها با آب تمیز و فیلتر شده توسط واحد دیگر انجام شود.

شستشوی معکوس فیلترهای ماسه ای در زمانی صورت می گیرد که اختلاف فشار بالادست و پایین دست فیلتر به حدود 10 پوند بر اینچ مربع و یا مقداری که توسط سازنده ارائه شده است، افزایش یابد. در شرایطی که منبع آب مورد استفاده حاوی مقدار زیادی ذرات معلق می باشد، به منظور کاهش تعداد شستشوی لازم فیلترهای یاد شده، در زمان آبیاری باید شدت جریان های کمتری را از فیلترها عبور داد.

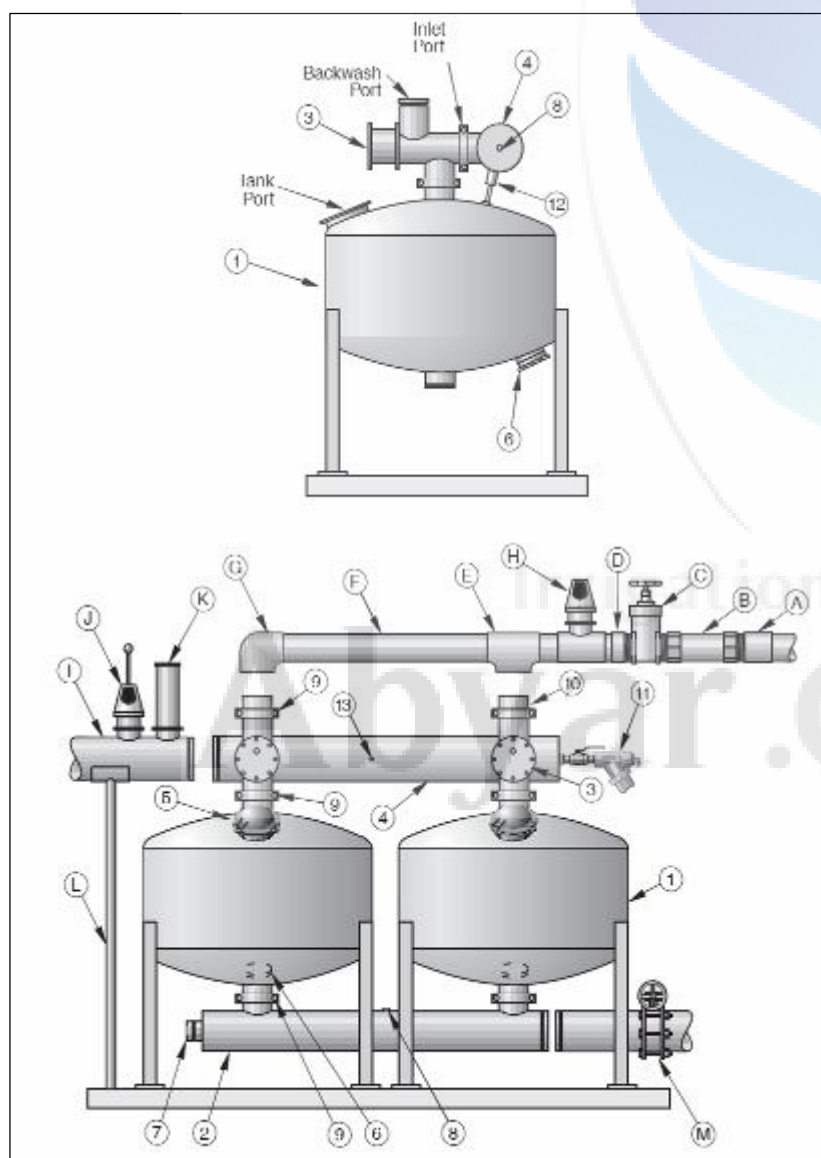
مقدار شدت جریان های عبوری جهت شستشوی معکوس بستگی به اندازه ذرات لایه فیلتر دارد. برای دانه بندی های ریزتر لایه ها باید شدت جریان های کمتری را جهت شستشوی معکوس بکاربرد تا ذرات یاد شده در هنگام شستشوی از فیلتر خارج نشود. برخی از سیستم های فیلتراسیون ماسه ای، به سیستم خودکار شستشوی معکوس مجهز هستند. بسیاری از سازندگان فیلتر توصیه می کنند در پایین دست فیلتر ماسه ای از یک فیلتر توری نیز استفاده شود تا از خروج ذرات دانه بندی فیلتر لایه ای که باعث انسداد گسیلنده ها خواهند شد، جلوگیری شود.

در شکل های (5) تا (8) اجزاء و مکانیزم عملکرد فیلترهای یاد شده با جزئیات کامل تری نشان داده شده است.



شکل (6): مکانیزم شستشوی سیستم فیلتراسیون ماسه ای

شکل (5): پرسپکتیو یک سیستم فیلتراسیون ماسه ای



Components

1. Media Tank
2. Outlet Manifold
3. Backwash Valve
4. Inlet Manifold
5. Manway (Fill port)
6. Drain Port
7. Clean Water Access Port
8. 1/2" Access Port
9. Groove Coupling
10. PVC Groove Adapter
11. Hydraulic Charging Assembly
12. Manifold Support (48" models only)
13. 1/4" Access Port

Accessories

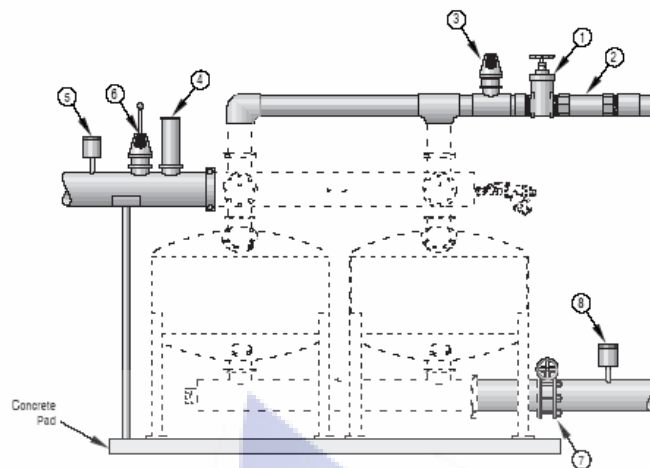
- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| A. PVC Female Adapter | H. Air & Vacuum Vent |
| B. View Tube | I. Supply System Piping |
| C. Backwash Throttle Valve | J. Continuous Acting Air Vent |
| D. PVC Male Adapter | K. Pressure Relief Valve |
| E. PVC Tee | L. Support |
| F. PVC Piping (SCD, 40) | M. On / Off Valve |
| G. PVC 90° Elbow | |

شکل (7): معرفی اجزاء سیستم فیلتراسیون ماسه ای

Accessories

1. Backwash Throttle Valve:

To assure correct backwash flow from the media tanks, it is necessary to install a gate valve to throttle flow on the backwash manifold outlet.

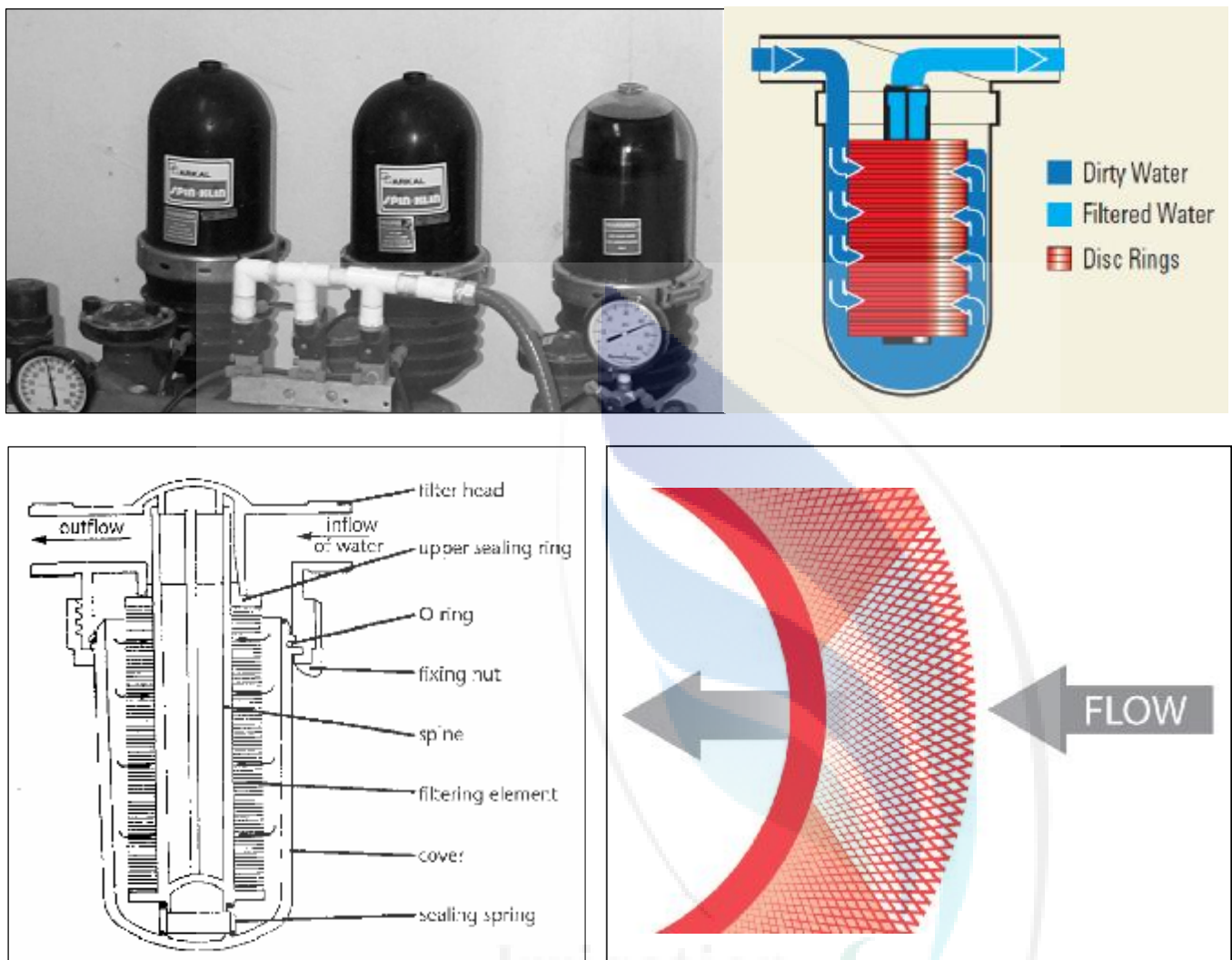


2. **View Tube:** Enables visual inspection of the backwash water.
3. **Backwash Manifold Air Vent:** Facilitates draining and prevents vacuum from developing in the backwash piping.
4. **Pressure Relief Valve:** Installed in the supply system pipe within 3' of the inlet manifold connection to protect the filters from over-pressurization.
5. **Pressure Shut Down Switch:** Preset to shut down system in case of over pressurization.
6. **Continuous Acting Air Vent:** Evacuates air during initial system charging and during operation.
7. **Field Throttle Valve:** Installed at the discharge of the outlet manifold for two (2) reasons. First, the valve facilitates backwash of the media upon initial start-up. Second, it permits throttling of the outlet flow to increase backwash and allow occasional deep cleaning cycles.
8. **Flow Meter:** A flow meter is helpful in determining the quantity of irrigation water applied and in monitoring pump performance. A flow meter may also be used to more precisely determine the proper duration of the backwash cycle.

شکل (8): تشریح اتصالات و نقش آن‌ها در سیستم فیلتراسیون ماسه ای

2-3-2- فیلترهای دیسکی (Disc Filters):

در بسیاری از موارد برای حذف مواد بیولوژیکی از آب آبیاری از فیلترهای دیسکی استفاده می شود (شکل (9)).



شکل (9): سیستم فیلتراسیون دیسکی و اجزاء آن

در مواردی که آب حاوی مقدار زیادی ماسه می باشد نباید از این نوع فیلتر استفاده نمود. زیرا در زمان شستشوی معکوس وقتی که دیسک ها از یکدیگر جدا می شوند ممکن است این ذرات بین دیسک ها گیر کرده و در نهایت منجر به کاهش اندازه مؤثر فیلتر (mesh) و کاهش کیفیت فیلتراسیون گردد. در چنین حالتی می توان به جای فیلتر دیسکی از فیلتر ماسه ای استفاده نمود. چنانچه از فیلتر دیسکی استفاده می شود باید قبل از آن حتماً یک جداکننده ماسه نیز نصب شود.

در جدول (5) خلاصه ای از موارد کاربرد، مزایا و معایب سیستم های فیلتراسیون یاد شده ارائه گردیده است.

جدول (4): موارد کاربرد و مزایا و معایب انواع فیلترها در مقایسه با یکدیگر

Filter type	Application	Advantages	Disadvantages
Sand Separator	Use if well pumps sand or water source is fast moving stream.	No moving parts. Removes 70 to 95% of particles larger than medium sand.	Will not remove particles smaller than fine sand.
Screen	Use when primary plugging hazard is physical (suspended solids).	Relatively inexpensive. Well suited to systems using ground water	Less expensive designs require manual cleaning.
Media	Used to filter both physical and biological material.	3-dimensional filtering. Larger capacity than screen filter.	Not well suited to low flow systems (< 25 to 50 gpm). Most applications require multiple media tanks.
Disc	Used to filter both physical and biological material.	Batteries of parallel filters will accommodate high flow systems.	High pressure needed during automated backflushing. Booster pump may be required. Not suited to applications where sand is significant plugging hazard.

2-3-3- تصفیه آب برای جلوگیری از انسداد بیولوژیکی:

معمولاً در سیستم های آبیاری میکرو گاز کلر به سیستم تزریق می شود تا هر گونه مواد بیولوژیک فیلتر نشده را حذف نماید. اگر شدت آلودگی بیولوژیکی آب زیاد باشد (جدول (1)) یک غلظت کم گاز کلر (1 تا 2 ppm) باید بصورت پیوسته به سیستم تزریق شود. اگر شدت آلودگی بیولوژیکی در حد کم تا متوسط باشد، چون احتمال انسداد کمتر است، تزریق کلر را می توان بصورت دوره ای و با شدت بیشتر (حدود 10 تا 30 ppm) انجام داد. مایع شوینده هیپوکلریت سدیم (NaOCl) که براحتی از گاز کلر قابل تهیه است نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد. اما این ماده را نمی توان قبل از مصرف به مدت طولانی نگهداری کرد زیرا کیفیت خواص آن کاهش می یابد.

مایع شوینده حدود 5 درصد کلر دارد. بنابراین برای یک تصفیه با کلر به شدت تزریق 20 ppm برای یک سیستم آبیاری با ظرفیت 500 گالن بر دقیقه تقریباً باید 11 گالن در ساعت گاز کلر یا در حدود یک پنجم گالن بر دقیقه مایع شوینده (NaOCl) به شبکه تزریق شود. برای سیستم های آبیاری که از آب زیرزمینی جهت آبیاری استفاده می شود، احتمالاً یک تصفیه در هر نیمسال به این روش به منظور جلوگیری از انسداد بیولوژیکی، کافی خواهد بود. در هر صورت باید همیشه کارکرد سیستم ارزیابی و کنترل شده و در مواقع مقتضی تصفیه لازم از این طریق صورت گیرد.

در شرایطی که PH آب بالا باشد باید دو مکانیزم همزمان اسیدی کردن (Asidification) و کلرزنی (Chlorination) انجام شود. در شرایطی که PH آب بیشتر از 7/5 باشد کلرزنی جهت کنترل باکتریایی، تقریباً بی اثر بوده و ممکن است برای پایین آوردن PH و اثر بخشی کلرزنی جهت کنترل باکتری ها، نیاز به افزودن اسید به آب باشد. تزریق اسید و کلر باید بصورت جدا و با فاصله 2 تا 3 فوت از یکدیگر انجام شود و هرگز نباید این دو ماده را در یک مخزن ترکیب نمود زیرا گاز بسیار خطرناکی از آن آزاد می گردد.

وقتی کلرزنی انجام شد برای ارزیابی کافی بودن مقدار کلر تزریق شده، یک آزمایش انجام می شود. معمولاً یک آزمایش کلر تحت عنوان (D.P.D) یا (N,N-Diethyl-p-Phenylenediamine) که اندازه کلر آزاد باقیمانده (free residual Chlorine) را اندازه گیری می کند، انجام می شود. برای اطمینان از کفایت کلرزنی باید غلظت گاز کلر در دورترین خروجی از پمپ تزریق کلر در حد غلظت مناسب برای تصفیه باشد.

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، بیشترین مشکل گرفتگی بیولوژیک در سیستم های آبیاری با آب های سطحی روی می دهد، اگر چه غلظت های کمی از آهن در آب های زیرزمینی (0/1 تا 0/3 ppm) نیز می تواند باعث گرفتگی های بیولوژیک گردد. در این شرایط باکتری خاصی آهن موجود در آب را به عنوان یک منبع انرژی و تغذیه استفاده کرده و با رشد و توسعه خود توده های لجنی به نام خاک سرخ یا گل اخری (Ochre) بوجود آورده که با ترکیب با سایر مواد می تواند باعث گرفتگی گسیلنده ها شود. در این حالت نیز با استفاده از کلر زنی می توان باکتری های یاد شده را از بین برده و بقایای آن ها را با شستشو از سیستم خارج نمود.

در حالی که روش کلر زنی برای حذف انسداد بیولوژیکی مؤثر است این روش در مقابل انباشته های شیمیایی ناتوان است و باید روش های مقابله شیمیایی دیگری را مورد استفاده قرار داد تا رسوبات مذکور را حل نمود.

2-4 - مشکلات گرفتگی شیمیایی:

معمولاً در آب های سطحی مشکل رسوبات شیمیایی وجود ندارد. اما در آب های زیرزمینی با توجه به غلظت بالای مواد محلول این پتانسیل وجود دارد.

دو عامل مهم گرفتگی شیمیایی در آبیاری میکرو، رسوبات کربنات کلسیم (CaCO_3) که آهک (Lime) یا طبله (Scale) نیز نامیده می شود و همچنین رسوبات آهن می باشد.

2-4-1 - رسوبات کربنات کلسیم:

رسوبات کربنات کلسیم به دو روش زیر تشکیل می شود:

- تبخیر آب و برجای ماندن نمک

- تغییر حلالیت پذیری به علت تغییر مشخصات حلال که مهمترین آنها دما یا PH می باشد.

یک افزایش در PH و یا دمای آب، حلالیت پذیری کلسیم را در آب کاهش داده و باعث ترسیب آن بصورت کربنات کلسیم خواهد شد. در بسیاری از مواقع ممکن است بی کربنات کلسیم (HCO_3) در آب آبیاری حضور داشته باشد که در این حالت انباشته های مذکور بصورت طبله خواهد بود.

اغلب در این شرایط تزریق پیوسته اسید انجام می شود تا PH آب را در حد کمتر از 7 نگاه داشته و احتمال تشکیل رسوبات آهکی کمتر شود (شکل 10)). به این منظور در اکثر مواقع از اسید سولفوریک، اسید هیدروکلریک و اسید فسفریک استفاده می شود. در مواردی که باید شدت تزریق اسید به گونه ای باشد که طبله های تشکیل شده داخل مجاری را در خود حل نماید، میزان PH آب تا حد 2 پایین آورده می شود. در این شرایط باید میزان رها سازی این آب با اسیدیته بالا در خاک به حداقل برسد، چرا که ریشه های گیاه از بین می رود. لذا پس از تزریق اسید با یک مقدار مشخص به داخل سیستم آبیاری، باید چند ساعتی محلول موجود قبل از آنکه سیستم مجدداً با آب آبیاری شسته شود، در سیستم باقی بماند. اگرچه این محلول با اسیدیته بالا بر لوله های پلی اتیلن و یا PVC بی تأثیر است اما در لوله های فولادی و آلومینیومی باعث خوردگی خواهد شد.



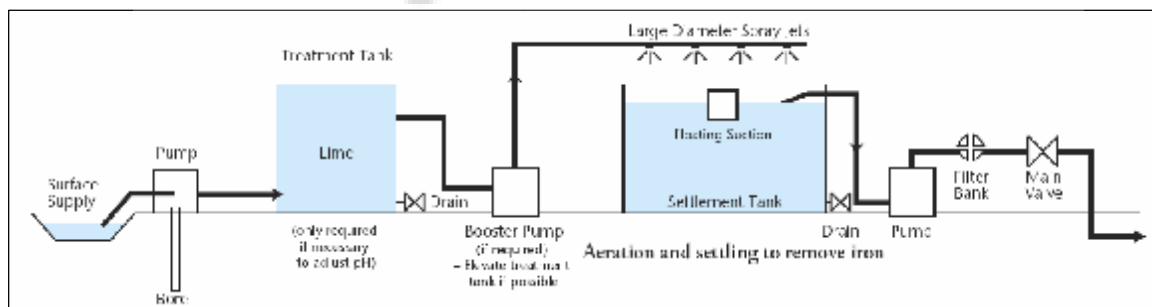
Lime build-up in pipes and equipment affects their performance.

شکل (10): مشکل رسوب کربنات کلسیم در اثر افزایش PH و سیستم تزریق خودکار اسید جهت اصلاح PH

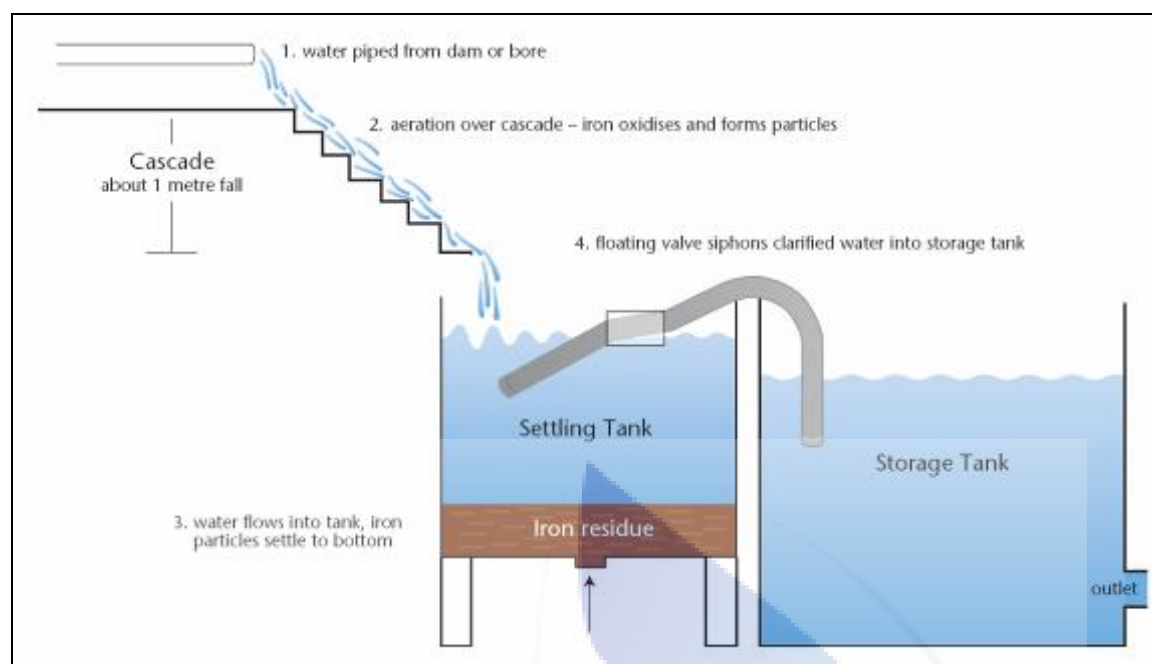
2-4-2- رسوبات آهن:

علاوه بر اکسیداسیون بیولوژیکی آهن که باعث گرفتگی های بیولوژیکی می شود و قبلاً بیان شد، آهن می تواند بصورت شیمیایی نیز اکسیده شود که همان زنگ زدگی می باشد. این نوع اکسیداسیون آهن نیز می تواند بصورت رسوبات باعث گرفتگی گسیلنده ها گردد. در چنین شرایطی برای تصفیه دو روش زیر را می توان بکار برد:

- آب قبل از این که به داخل سیستم آبیاری پمپاژ شود به درون حوضچه ای وارد شود که به خوبی هوادهی در آن صورت می گیرد. در این حالت آهن موجود در آب اکسیده شده و در کف حوضچه رسوب می کند.
- یک عامل اکسیداسیون قوی به داخل آب و در بالادست فیلترها تزریق شود تا رسوبات مربوطه به درون سیستم آبیاری وارد نشود. گاز کلر برای این منظور مناسب می باشد.



شکل (11): سیستم تصفیه رسوبات کربنات کلسیم (آهک) و رسوبات آهن



شکل (12): سیستم تصفیه رسوبات آهن بوسیله هوادهی

Using a floating suction will reduce iron problems.



شکل

شکل (13): سیستم استخر طبیعی تصفیه رسوبات آهن همراه با هوادهی و لوله مکش شناور

3 - شستشوی سیستم آبیاری :

برای به حداقل رساندن تشکیل رسوبات و بقایای ارگانیکی (آلی)، یک برنامه شستشوی منظم سیستم آبیاری میکرو توصیه می شود. لذا سیستم آبیاری باید به گونه ای طراحی شود که اندازه خطوط اصلی و فرعی و نیز شیرآلات مربوطه شرایط یک سرعت جریان مناسب (بزرگتر از 1 فوت بر ثانیه) به منظور شستشوی سیستم آبیاری را فراهم آورد. شیرهای شستشو باید در انتهای خطوط اصلی (درجه 1) و زیر اصلی (درجه 2) و یا خطوط مخصوص شستشو (در صورت وجود) منظور شود. چنانچه خطوط شستشوی اختصاصی که در پایین دست انتهای خطوط فرعی (لترالها) متصل شده و عمل شستشو را انجام می دهند، وجود نداشته باشد، باید تمهیداتی برای شستشوی هر یک از لترالها فراهم شود. عمل شستشو باید از خطوط اصلی شروع شده و به تدریج تا شستشوی خطوط فرعی (لترالها) پیش رفته و تکمیل گردد. عملیات شستشو باید تا زمانی که از خطوط شستشو

شده آب تمیز به مدت 2 دقیقه خارج شود، ادامه یابد. بدیهی است که یک برنامه مدون و منظم نگهداری و شستشو از گرفتگی گسیلنده های آبیاری جلوگیری خواهد نمود.

4 - مکانیزم تزریق کود و یا مواد شیمیایی به داخل سیستم آبیاری میکرو:

هنگامی که کودها و مواد شیمیایی به داخل سیستم آبیاری تزریق می شود باید از برگشت جریان محتوی مواد شیمیایی به داخل منبع تأمین آب سیستم جلوگیری شود. لذا تأسیسات زیر باید نصب و اجرا شود:

- یک شیر یک طرفه (Check Valve) در بالادست نقطه تزریق برای جلوگیری از برگشت جریان مخلوط شده آب و مواد شیمیایی در جهت مخالف

- یک شیر جبرانی خلاء به منظور اطمینان از عدم ایجاد و توسعه مکش به عقب

- یک شیر یک طرفه روی خط تزریق ماده شیمیایی برای جلوگیری از ورود جریان آب به داخل مخزن ماده شیمیایی (تانک کود)

اگر یک پمپ با نیروی محرکه مستقلی برای تزریق مواد شیمیایی استفاده می شود باید با یک مدار الکتریکی به پمپ آبیاری مرتبط باشد تا وقتی که پمپ آبیاری فعال می شود، پمپ مذکور نیز هماهنگ با آن عملیات تزریق مواد شیمیایی را انجام دهد. یک مدار الکتریکی دیگر نیز باید برقرار شود تا وقتی که عملیات تزریق مواد شیمیایی متوقف شد به تبع آن پمپ آبیاری نیز متوقف شود.

قبل از اختلاط و یا تزریق هر گون مواد شیمیایی باید آزمایش ظرف را بصورت زیر انجام داد تا بتوان پتانسیل ایجاد گرفتگی شیمیایی را ارزیابی نمود:

چند قطره ای از مواد شیمیایی مربوطه با همان غلظت مورد استفاده در سیستم آبیاری به درون ظرف نمونه آب افزوده شود.

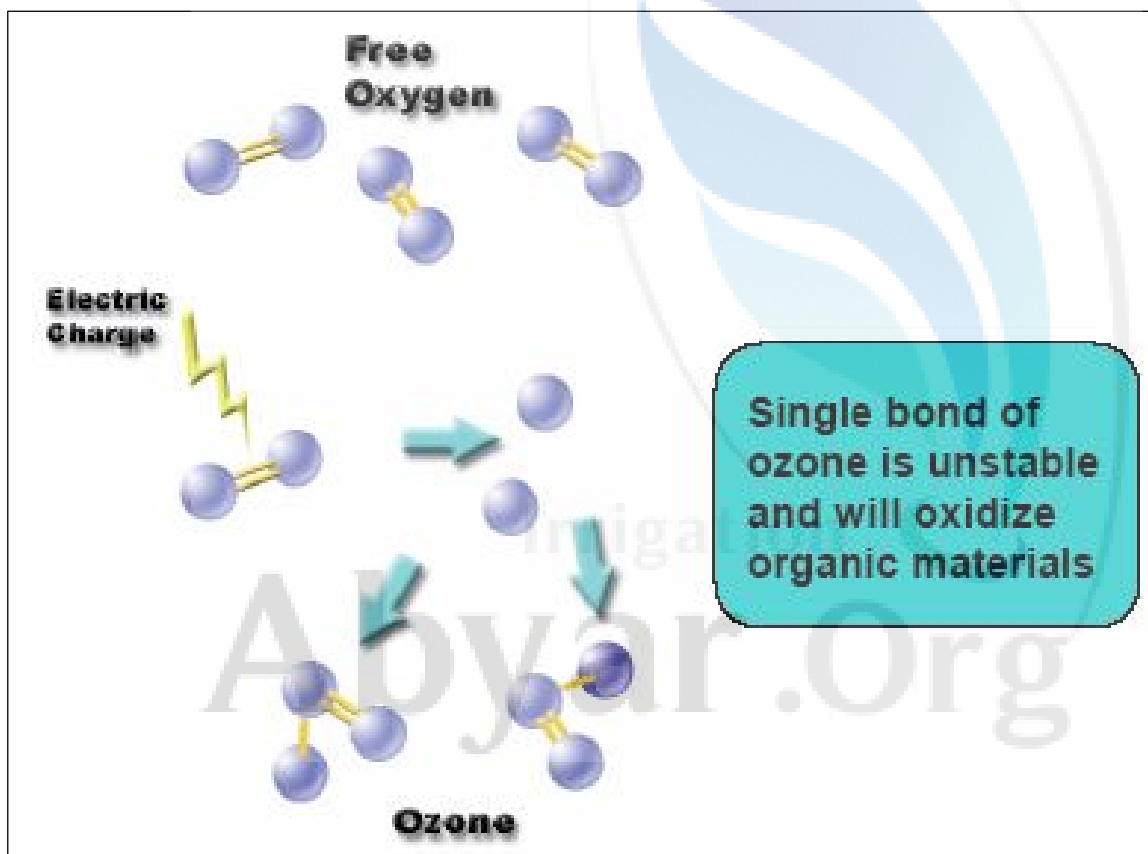
روی ظرف پوشیده شده و در یک محیط سرد و تاریک به مدت 12 ساعت قرار داده شود.

یک میله سبک را وارد ظرف نموده و با تماس آن با کف ظرف وضعیت تشکیل رسوب را بررسی می کنیم. چنانچه رسوباتی در کف ظرف مشاهده نشد می توان ماده شیمیایی را برای تزریق استفاده نمود.

پس از پایان عملیات تزریق مواد شیمیایی توصیه می شود قبل از خاموش کردن پمپ آبیاری، تمام خطوط فرعی (ترالها) شستشو گردد.

پیوست :

روش گندزدایی (Disinfection) با ازن در سیستم های آبیاری



Ozonation of Irrigation Water

1 - چکیده :

طرح حاضر یک روش گندزدایی آب آبیاری است. در این روش آب آبیاری در معرض گاز ازن قرار داده شده تا گندزدایی شده و با فرآیند فولکوله کردن ذرات، آلودگی های باکتریایی را بطور مؤثری از آب جدا نماید. در این فرآیند یک یا دو دستگاه مولد گاز ازن، آن را در یک یا دو نقطه به جریان آب آبیاری تزریق می کند. ممکن است گاز ازن با شدت بالایی تغلیظ شده و اختلاط آب و گاز ازن به گونه ای بهینه سازی شده که حداکثر حجم آب را بتوان در معرض گاز ازن قرار داده تا به مقدار کافی در مدت تماس با آن ضد عفونی گردد. در نهایت آب ضد عفونی شده به سمت مزرعه منحرف می شود. در این روش پس از تصفیه هیچ گونه بقایای مضر در آب و خاک باقی نمی ماند.

2 - پیش زمینه طرح:

2 - 1 - دامنه کاربرد :

این طرح در زمینه آبیاری اراضی کشاورزی و بخصوص تصفیه آب آبیاری است.

2 - 2 - توصیف مکانیزم مورد استفاده :

آب مورد استفاده جهت آبیاری میوه ها، سبزیجات، سبزی برگ ها و دیگر محصولات طبیعی و فاسد شدنی بکار می رود. یک سیستم آبیاری مرسوم شامل منبع آب، پمپ، فیلتراسیون مناسب، لوله های انتقال آب به چند قطعه زراعی و سیستم آب پاش و یا قطره چکان می باشد. آب آبیاری از منابع مختلفی مانند چاه، مخازن پر شده از آب چاه، کانال های آبیاری، رودهای محلی و یا استخرهای آب آبیاری تأمین می شود.

آب تأمین شده از این منابع ممکن است قبل از مصرف فیلتر شود و یا فیلتر نشود. به عنوان مثال چنانچه آب چاه برای آبیاری بارانی مورد استفاده قرار گیرد، ممکن است نیازی به فیلتراسیون نداشته باشد، اما اگر همین آب برای آبیاری قطره ای مصرف شود، ممکن است لازم باشد ذرات جامد آن توسط فیلترهای ماسه ای و یا صافی های Y شکل (Y-Strainers) جدا شود.

اخیراً توجه زیادی به محصولات آلوده به بیماری های بیولوژیکی مانند E.Coli شده است که می تواند موجب بیماری و حتی مرگ انسان گردد. یک منشأ این آلودگی ها آب آبیاری مصرفی در مزارع است، مخصوصاً آبی که از مخازن روباز و کانال ها تأمین می شود. آلودگی ها ممکن است از فضولات حیوانی و پرندگان و یا رواناب های جاری شده از مراتع و ... باشد. آلودگی آب بوسیله عوامل بیولوژیک می تواند از راه های مختلفی انجام شود حتی اگر منبع آب تازه و دست نخورده به نظر برسد. این عوامل بیماری زا ممکن است وارد سیستم آبیاری و شبکه لوله گذاری شده و در مزارع پخش شود. این امر همچنین ممکن است باعث گرفتگی و انسداد و تشکیل لجن و ... در شبکه آبیاری گردد.

اگر آب آبیاری فیلتر نشود ممکن است مکرور گانسم های بیماریزا در مزارع پخش شده و نتایج جبران ناپذیری به بار آورد. فیلترهای ماسه ای ممکن است در فیلتراسیون ذرات محلول و غیر محلول در حدود اندازه 20 تا 30 میکرون از آب مؤثر باشند اما معمولاً در فیلتر کردن آلودگی های بیولوژیک که در حد 0/02 تا 2 میکرون می باشند، غیر مؤثرند. در نتیجه این آلودگی ها به درون بافت های میوه ها و سبزیجات نفوذ کرده و باعث بیماری و مرگ مصرف کنندگان آن خواهند شد.

اگرچه کلر زنی برای گندزدایی آب مرسوم است، اما چنانچه این روش بصورت پیوسته مورد استفاده قرار گیرد ممکن است بقایای کلرین مورد استفاده، در خاک و آب زیرمینی مشکلاتی به همراه داشته باشد. اخیراً توجه زیادی به آثار زیست محیطی بقایای کلرین مورد استفاده شده است.

بنابراین روش مرسوم گندزدایی با کلر نمی تواند در کنترل آلودگی های باکتریایی به خوبی مؤثر و کارآمد باشد.

3- توصیف مختصر روش گندزدایی با ازن :

شکل شماره (1) و (2) به ترتیب مکانیزم گندزدایی آب آبیاری با ازن و دستگاه مولد گاز ازن را نشان می دهد. اصطلاح گندزدایی در این روش ممکن است به یک گندزدایی کامل و یا غیر کامل که شامل پایین آوردن تعداد عوامل بیماریزای باکتریایی آب (CFU) باشد، اطلاق شود.

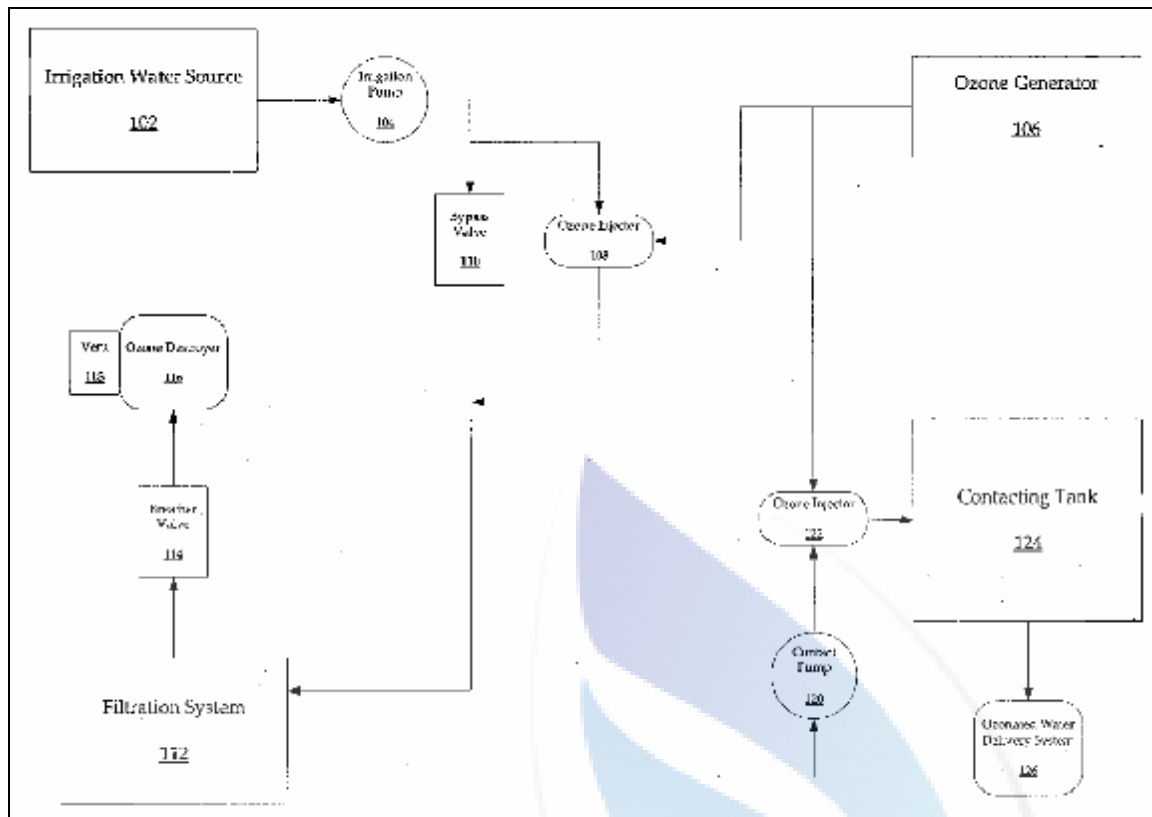
آب ازن داده شده (Ozonated Water) آبی است که توسط گاز ازن تصفیه شده است چه مقداری از ازن پس از تصفیه، در آب باقی بماند و یا نماند. ازن محلول در آب آبیاری می تواند به عنوان یک ضد عفونی کننده مؤثر قبل از مصرف آب برای آبیاری بکار رود. آب ازن داده شده همچنین می تواند برای تمیز کردن سیستم توزیع آب شامل لوله ها و مخازن و ... مورد استفاده قرار گیرد. این روش را می توان قبل و یا بعد از هر سیستم فیلتراسیون دیگری بکار برد. در این روش بر عکس روش های دیگر تصفیه مانند کلرزی یا اکسیداسیون، بقایای بجا مانده هیچ خطری را به همراه ندارد.

این روش در حالیکه بسیار مؤثرتر از روش کلرزی است (3000 برابر مؤثرتر از روش کلرزی)، عوامل بیماری زا را بصورت دفعی از بین نمی برد. مدت زمان T بر حسب دقیقه لازم است تا یک میکروارگانیسم در معرض یک آب ازن داده شده با غلظت C (بر حسب ppm) قرا گیرد تا از بین برود. با ضرب مقدار T در C مقداری به نام CT بدست می آید. هر مقدار CT مربوط به یک نرخ کشتن عوامل بیماریزا است که می تواند از مقدار 0/1 کاهش تعداد باکتری ها تا حذف کامل آن ها تغییر نماید. به عبارتی هر چه مقدار CT بیشتر باشد مقدار میکروارگانیسم بیشتری کشته شده و عمل گندزدایی کامل تر خواهد بود. معمولاً مقدار CT حداقل 0/1 مناسب است. برای گندزدایی کامل تر مقدار CT لازم ممکن است بیشتر از 1 باشد. تزریق ساده ازن به داخل جریان آب آبیاری نمی تواند مقدار CT لازم را تأمین نماید.

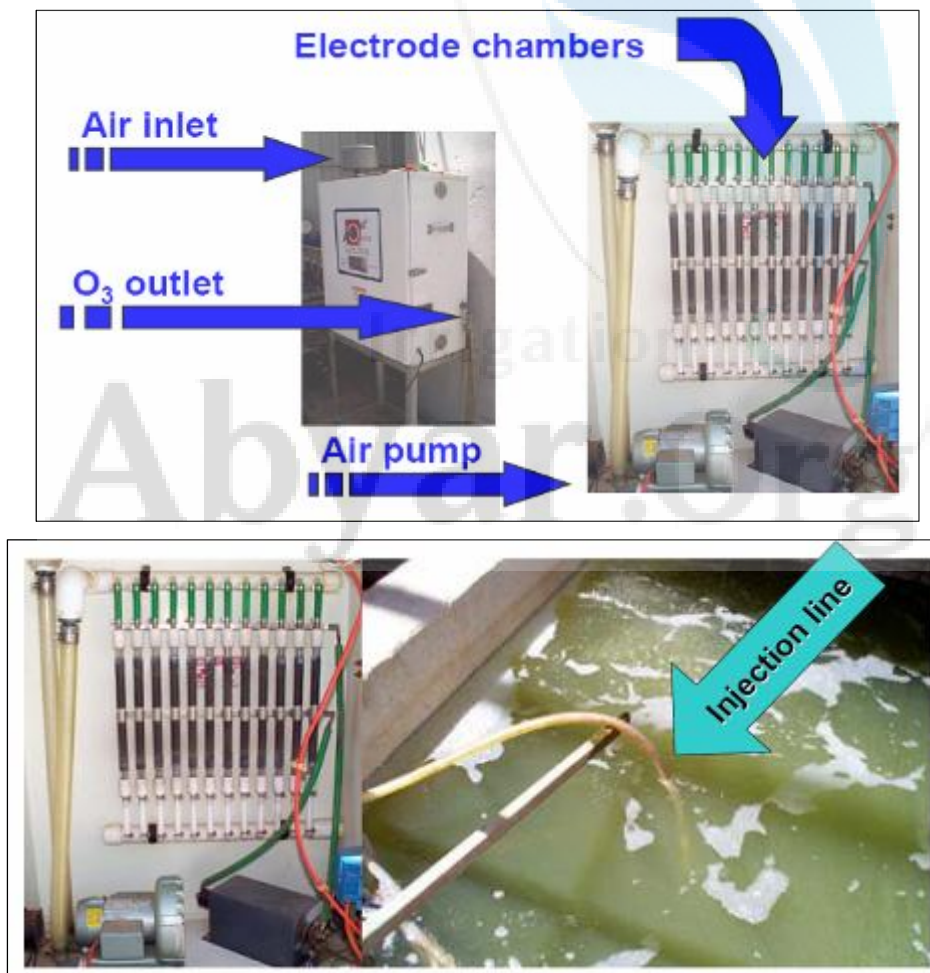
یک طرح نمونه و تضمین کننده برای این روش باید شامل تجهیزات زیر باشد:

- یک یا دو پمپ برای استخراج آب از منبع آب و تأمین فشار لازم برای ازن دهی به آب و آبرسانی
- تجهیزاتی برای ازن دهی آب و رسیدن به یک CT حداقل 0/1 تا 2
- تجهیزاتی برای توزیع آب تصفیه شده به قطعات زراعی
- تجهیزاتی برای پخش و رساندن آب در پای ریشه گیاهان زراعی

Abyar.Org



شکل (1): سیستم گندزدایی آب آبیاری با استفاده از ازن



شکل (2): دستگاه مولد ازن

به این منظور ممکن است از ترکیب های مختلفی شامل تجهیزات زیر استفاده شود:

- مخزن برای ذخیره سازی آب ازن دهی شده
- فیلتر
- مقسم جریان به یک جریان اصلی و یک جریان جانبی
- ترکیب کننده جریان جانبی ازن دهی شده با جریان اصلی آب
- تولید کننده ازن
- تغلیظ کننده ازن
- تزریق کننده ازن
- تزریق کننده آب ازن دهی شده
- مخلوط کننده گاز ازن با آب
- تجهیزاتی جهت رساندن مقدار CT به مقدار حداقل 0/1
- تجهیزاتی برای حذف ازن اضافی
- تجهیزاتی برای اندازه گیری غلظت ازن آب
- تجهیزاتی برای اندازه گیری شدت جریان آب
- تجهیزاتی برای کنترل میزان CT

تمام تجهیزات یاد شده همواره مورد نیاز نبوده و تجهیزات مورد نیاز در هر طرحی بستگی به شدت جریان سیستم آبیاری و میزان آلودگی آب آبیاری دارد.

منابع مورد استفاده :

Filtration, Treatment, and Maintenance Considerations for Micro-Irrigation Systems,
Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences,
Virginia Polytechnic Institute and State University, ۲۰۰۹

Farm water quality and treatment, NSW Department of Primary Industries

Agfact AC.۲, ۹th edition, April ۲۰۰۵

William Yiasoumi, Irrigation Officer, Hawkesbury

Lindsay Evans, Advisory Officer (Irrigated Soils), Deniliquin

Liz Rogers, Water Policy Officer, Orange

VERTICAL SAND MEDIA FILTERS INSTALLATION and OPERATION Manual

Flow-Guard Filtration Products

SYSTEM AND METHOD FOR THE DISINFECTION OF IRRIGATION WATER

Patent Application Publication, Dick et al. , US ۲۰۰۸/۰۱۱۶۱۴۹ A۱, May ۲۲, ۲۰۰۸

Alam, M., T.P. Trooien, F.R. Lamm and D.H. Rogers. ۱۹۹۹. Filtration and maintenance considerations for subsurface drip irrigation (SDI) systems, MF-۲۳۶). Kansas State University, Manhattan, KS.

ASAE. ۲۰۰۱. Safety devices for chemigation, EP۴۰۹.۱. ASAE Standards ۲۰۰۱, ۴th Edition. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph. MI.

Benham, B.L. and J.O. Payero. ۲۰۰۱. Filtration and maintenance: considerations for subsurface drip irrigation (SDI). Extension Circular EC۰۱-۷۹۷. Univ. of Nebraska - Coop. Extension.

Burt, C.M. and S.W. Styles. ۱۹۹۹. Drip and micro irrigation for trees, vines, and row crops. Irrigation and Training Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA.

Clark, G.A., D.Z. Haman, and F.S. Zazueta. ۱۹۹۹. Injection of chemicals into irrigation systems: rates, volumes, and injection periods, Bulletin ۲۵۰. University of Florida, Gainesville, FL.

Haman, D.Z., A.G. Smajstrla and F.S. Zazueta. ۱۹۹۴. Media filters for trickle irrigation in Florida, AE-۵۷. University of Florida, Gainesville, FL.

Haman, D.Z., A.G. Smajstrla and F.S. Zazueta. ۱۹۸۸. Screen filters for irrigation systems, AE-۶۱. University of Florida, Gainesville, FL.

Haman, D.Z., A.G. Smajstrla and F.S. Zazueta. ۱۹۸۷. Media filters for trickle irrigation, AE-۵۷. University of Florida, Gainesville, FL.

Keller, J. and R.D. Bliesner. ۲۰۰۰. Sprinkle and trickle irrigation. The Blackburn Press. Caldwell, NJ.

Nakayama. F.S. and D.A. Bucks. ۱۹۸۶. Trickle irrigation for crop production. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Netherlands.

Pitts, D.J., D.Z. Haman and A.G. Smajstrla. ۱۹۹۰. Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems, Bulletin ۲۵۸. University of Florida, Gainesville, FL.

Pitts, D.J., J.A. Ferguson and J.T. Gilmour. ۱۹۸۵. Plugging characteristics of drip-irrigation emitters using backwash from a water treatment plant. Bulletin ۸۸۰, Arkansas Agricultural Experiment Station, University of Arkansas, Fayetteville

فصل چهارم :

بررسی و شناخت اثرات زیان بار عوامل شیمیایی آب آبیاری
بر مؤلفه های خاک، گیاه و تأسیسات سیستم های آبیاری
و ارائه راه کارهای مناسب



فهرست مطالب

- 1 - اهمیت موضوع : 82
- 2 - ارزیابی و آنالیز کیفی آب آبیاری : 82
- 3 - پارامترهای شیمیایی آب آبیاری : 82
- 4 - بررسی اثرات و مشکلات ناشی از PH و ارائه راه کارهای مناسب : 82
- 5 - بررسی اثرات و مشکلات ناشی از عنصر آهن (Iron) و ارائه راه کارهای مناسب : 83
- 5 - 1- هوادهی و ته نشینی : 84
- 5 - 2- کلرزنی (Chlorination) : 86
- 5 - 3- پرمنگنات پتاسیم (Potassium permanganate) : 86
- 5 - 4- فیلتراسیون به منظور حذف ذرات اکسید : 86
- 6- سختی (Hardness) : 87
- 6-1- اثر سختی بر خاک : 87
- 6-2- اثر سختی آب بر لوله ها و تجهیزات آبیاری : 87
- 6-3- تصفیه و کاهش سختی آب : 88
- 6-3-1- کاهش سختی آب به روش تبادل یونی : 88
- 6-3-2- کاهش سختی آب با عامل های نرم کننده آب : 89
- 6-3-3- کاهش سختی با نمکزدایی آب : 89
- 6-3-4- کاهش سختی آب با آهک : 89
- 6-3-5- کاهش سختی با اصلاح مقدار PH آب : 89
- 6-3-6- کاهش سختی با کنترل دمای آب : 89
- 6- خوردگی (Corrosion) : 90
- 6-1- روش های پیش گیری از خوردگی : 91
- 6-2- روش های تصفیه آب : 92
- 6-2- شاخص کربنات کلسیم اشباع : 92
- 7- شوری (Salinity) : 93
- 7-1- شوری آب مصرفی خانگی و دام : 93
- 7-2- تأثیر شوری آب بر گیاهان : 94
- 7-3- شوری و آبیاری : 95
- 7-3-1- مقاومت گیاه زراعی به شوری : 95
- 7-4- انتخاب روش آبیاری بر اساس شوری آب : 98
- 7-5- تأثیرات نوع خاک بر شوری : 98

- 98.....: 6-7- محدودیت های شوری آب برای گیاهان مختلف:
- 99.....: 8- قلیائیت (Sodicity):
- 101.....: 1-8- رابطه بین شوری و قلیائیت در آب :
- 101.....: 1-1-8- خطر استفاده از آب شیرین پس از آب با SAR بالا :
- 102.....: 2-1-8- اثر بی کربنات ها و کربنات ها بر قلیائیت :
- 102.....: 3-1-8- اثر سدیم بر گیاهان :
- 102.....: 9- سایر عناصر:
- 102.....: 1-9- اثر کلراید :
- 104.....: 2-9- اثر برن :
- 104.....: 3-9- اثر سولفور :
- 104.....: 4-9- اثر نیترات ها، فسفرها و پتاسیم :
- 104.....: 10- کیفیت آب آبیاری برای کشت گیاهان در محیط های بدون خاک :
- 107.....: منابع مورد استفاده :
- 107.....: سایر منابع مرتبط :

1 - اهمیت موضوع :

آب آبیاری از منابع مختلفی تأمین می شود لذا دارای کیفیت های متفاوتی است. منابع آب شامل سدها، چشمه ها، چاه ها، رودخانه ها، آب شهری، کانال ها و آب های بازیافتی می باشد.

کیفیت آب ممکن است برای هدف تعیین شده مانند آبیاری، مصرف دام، مصارف خانگی و سایر فعالیت های زراعی مناسب نباشد.

بنابراین شناخت مسائل کیفیت آب آبیاری و روش های بهبود آن برای ارتقاء کمی و کیفی محصولات زراعی بسیار اهمیت دارد.

از بین عوامل و عناصر مؤثر بر کیفیت آب آبیاری، عوامل شیمیایی و باکتریایی از اهمیت خاصی برخوردار بوده و شناخت این عوامل و روش های بهبود کیفی آب از این نظر، تأثیر بسیار زیادی در پایداری اجزاء سیستم آبیاری و اجزاء خاک و گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد زراعی خواهد داشت.

2 - ارزیابی و آنالیز کیفی آب آبیاری :

چنانچه تردیدی در کیفیت آب مورد استفاده وجود دارد باید آن را با هماهنگی یک آزمایشگاه معتبر آنالیز و ارزیابی کیفی نمود. با شناخت کیفیت آب آبیاری می توان به درستی در مورد تصفیه آن برتامه ریزی کرد تا از ایجاد مشکلاتی مانند رشد ضعیف گیاه، گرفتگی و خوردگی اجزاء سیستم آبیاری و آبرسانی و سایر اثرات نامطلوب ناشی از کیفیت نامناسب آب پیش گیری نمود.

3 - پارامترهای شیمیایی آب آبیاری :

پارامترهای شیمیایی مؤثر در کیفیت آب آبیاری عبارتند از :

PH	-
آهن (Iron)	-
سختی (Hardness)	-
خوردگی (Corrosion)	-
شوری (Salinity)	-
قلیائیت (Sodicity)	-

اکنون در ادامه به تشریح هر کدام از این پارامترها و اثرات آن بر اجزاء آبیاری و زراعت پرداخته و روش های مناسب جهت رفع مسائل مرتبط ارائه می گردد.

4 - بررسی اثرات و مشکلات ناشی از PH و ارائه راه کارهای مناسب :

عامل PH آب آبیاری میزان اسیدی و یا قلیایی بودن آن را نشان می دهد. میزان اسیدی یا قلیایی بودن آب بر رشد گیاه، تجهیزات آبیاری، راندمان آفت کش ها و ... اثر گذار خواهد بود.

توازن بین یون های هیدروژن مثبت (H^+) و یون های منفی هیدروکسید (OH^-) مقدار PH آب را تعیین می کند. مقدار PH از صفر تا 14 متغیر بوده و اگر PH آب مساوی 7 باشد، آب خنثی نامیده می شود. اگر PH آب از 7 کوچکتر باشد، آب اسیدی و اگر بزرگتر از 7 باشد آب قلیایی خواهد بود. بیشتر آب های طبیعی دارای PH بین 5 تا 8 می باشند. بطور کلی PH قابل قبول برای آب آبیاری بین 5/5 تا 8/5 بوده اما در این محدوده، مسائلی را نیز به همراه دارد.

به عنوان مثال یک آب قلیایی با PH معادل 8 و بیشتر، ممکن است حاوی غلظت های بالایی از بی کربنات و با PH معادل 9 و بیشتر، حاوی غلظت های بالایی از کربنات باشد. غلظت های بالای کربنات و بی کربنات در آب آبیاری می تواند باعث ترسیب (Precipitation) کلسیم موجود در خاک شده و مقدار کلسیم قابل تبادل خاک را کاهش داده و خاصیت سدیمی بودن خاک را افزایش دهد. در این شرایط ممکن است مقداری از منیزیم خاک نیز از دسترس خارج شود. در حالات بحرانی، کاهش منیزیم و کلسیم قابل تبادل، اثرات بدی در رشد گیاه خواهد داشت. در این شرایط برخی عناصر ردیاب مانند مس و روی نیز از دسترس خارج خواهد شد.

علاوه بر این، ترسیب کربنات کلسیم در آب آبیاری مسائلی مانند گرفتگی تجهیزات آبیاری را نیز به همراه دارد.

اگر PH آب از 7/5 بیشتر باشد احتمالاً باعث کاهش تأثیر عملیات کلر زنی و گندزدایی آب خواهد شد.

یک آب اسیدی نیز اثرات زیان باری مخصوصاً از نقطه نظر تغذیه ای در رشد گیاه داشته و در حالات بسیار اسیدی که PH آب از 4 کمتر است این امر منجر به اسیدی شدن خاک می گردد. علاوه بر این آب دارای PH کمتر از 6 می تواند باعث خوردگی لوله های فلزی و اتصالات و برخی از سایر تجهیزات سیستم آبیاری گردد.

اگر مقدار PH آب از 6 کمتر و یا از 8/5 بیشتر باشد، میزان اثر بخشی آفت کش هایی را که بصورت مخلوط های پاششی تهیه می شوند، کاهش خواهد داد.

راه کار مناسب برای این امر کنترل PH در محدوده ای بین 5/5 تا 7 می باشد زیرا :

- توازن تغذیه گیاه را فراهم می سازد.
- از تشکیل رسوبات در تجهیزات آبیاری پیش گیری می کند
- اثر بخشی عملیات گندزدایی شیمیایی را تضمین می کند.

به منظور اصلاح PH آب آبیاری باید به آن ماده اسیدی و یا قلیایی اضافه نمود. این کار در سیستم های آبیاری خود کار با تزریق اسید و یا باز به داخل خط لوله، و در سایر سیستم های آبیاری با مخلوط کردن اسید و یا باز در یک تانک و مخزن آب آبیاری انجام می شود. استفاده از یک اسید مانند اسید سولفوریک باعث کاهش PH و استفاده از یک باز مانند آهک باعث افزایش PH آب آبیاری خواهد شد. البته از نظر انتخاب مقدار غلظت و نوع مناسب اسید و یا باز باید با صنایع شیمیایی مربوطه مشاوره نمود.

5 - بررسی اثرات و مشکلات ناشی از عنصر آهن (Iron) و اثره راه کارهای مناسب :

آهن محلول در آب و آهن باکتری دوست (Iron-Loving Bacteria) می تواند باعث گرفتگی و انسداد در لوله ها، قطره چکان ها و آب پاش ها گردیده و خساراتی را به تجهیزات آبیاری مانند فشارسنج ها (Pressure Gauges) وارد نمایند. اگر میزان آهن محلول موجود در آب آبیاری زیاد باشد و این آب بر روی گیاهان پاشیده شود، باعث تغییر رنگ برگ آن ها شده و راندمان تعریق (Transpiration) و فتوسنتز را کاهش می دهد. اکسید آهن حتی با غلظت های کم در حد 0/2 میلی گرم در لیتر، برخی از انباشته های لجنی هوازی را ایجاد می کند.

آهن محلول با غلظت بالا معمولاً در چاه های آب عمیق و یا سدها و در شرایطی که تأمین مقدار اکسیژن با محدودیت روبرو است، یافت می شود. آهن وقتی در آب بصورت محلول در می آید که مقدار اکسیژن بسیار کم باشد. لذا هوادهی آب می تواند آهن محلول را اکسید نموده و موجب ترسیب آن گردد.

آهن محلول موجود در آب زیرزمینی می تواند میزان رشد باکتری آهن دوست را توسعه دهد. از طرفی این باکتری باعث خارج کردن آهن از حالت محلول به حالت جامد و ایجاد لجن می گردد.

انباشته های زیاد آهن ممکن است باعث بد مزه شدن علف های مرتعی و کاهش اشتهای دام گردد و اگر خورده شوند باعث کاهش میزان شیردهی آنها شود. از سوی دیگر مقادیر زیاد آنها باعث کاهش کیفیت ظاهری سبزیجات، گیاهان زینتی و میوه ها گردیده و از نظر فروش مسائلی را به همراه خواهد داشت.

به عنوان یک راهنما، اگر غلظت آهن محلول در آب بین 0/3 تا 1/5 میلیگرم در لیتر باشد، باکتری آهن دوست در آب آبیاری توسعه یافته و غلظت های بیشتر از 1/5 میلیگرم در لیتر باعث توسعه انباشته ها و رسوبات آهن خواهد شد.

در سیستم های آبیاری که از کودهای مایع مصرف می شود نباید آب حاوی غلظت های بالای آهن محلول را استفاده نمود. تزریق نمک های کلسیم و فسفات های غیر کی لیت (Unchelated Phosphates) نیز باعث تسریع در رسوب آهن محلول گردیده و نباید از آنها در این آبها استفاده نمود.

آهن محلول موجود در آب راندمان واحدهای کاهنده سختی آب را نیز کاهش می دهند.

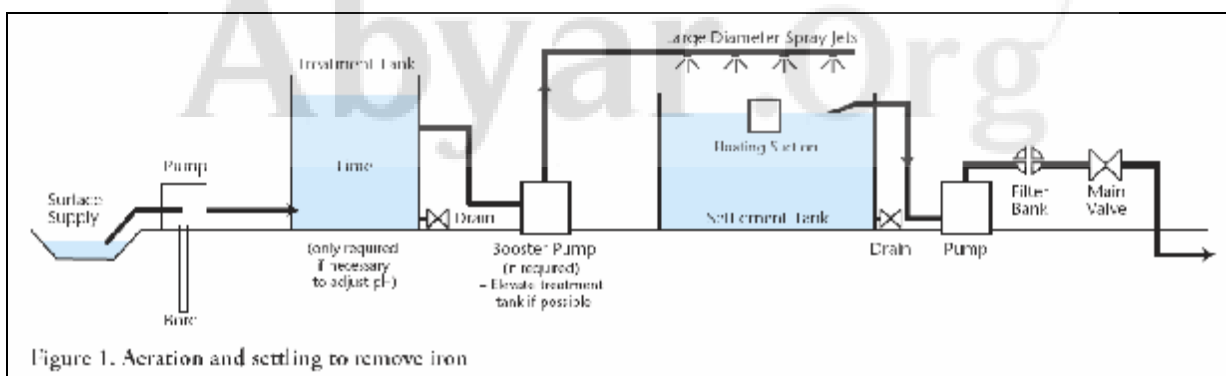
راه حل مناسب در این زمینه تصفیه آب است که شامل سه مرحله اکسیداسیون، ترسیب و فیلتراسیون می باشد.

روش های مورد استفاده در این مورد شامل هوادهی و ته نشینی، کلرزنی و استفاده از پرمنگنات پتاسیم است (شکل (1)).

5 - 1- هوادهی و ته نشینی :

هوادهی و ته نشینی روشی ارزان قیمت و تقریباً کارآمد به منظور حذف مشکل آهن محلول در آب است. روش های قابل استفاده جهت اختلاط هوا با آب عبارتند از:

- پاشش آب در هوا
- وارد کردن هوا در قسمت ورودی پمپ
- آشفته کردن جریان بوسیله پره و یا پارو
- ایجاد آبشار مصنوعی در مسیر جریان آب به سمت حوضچه ته نشینی

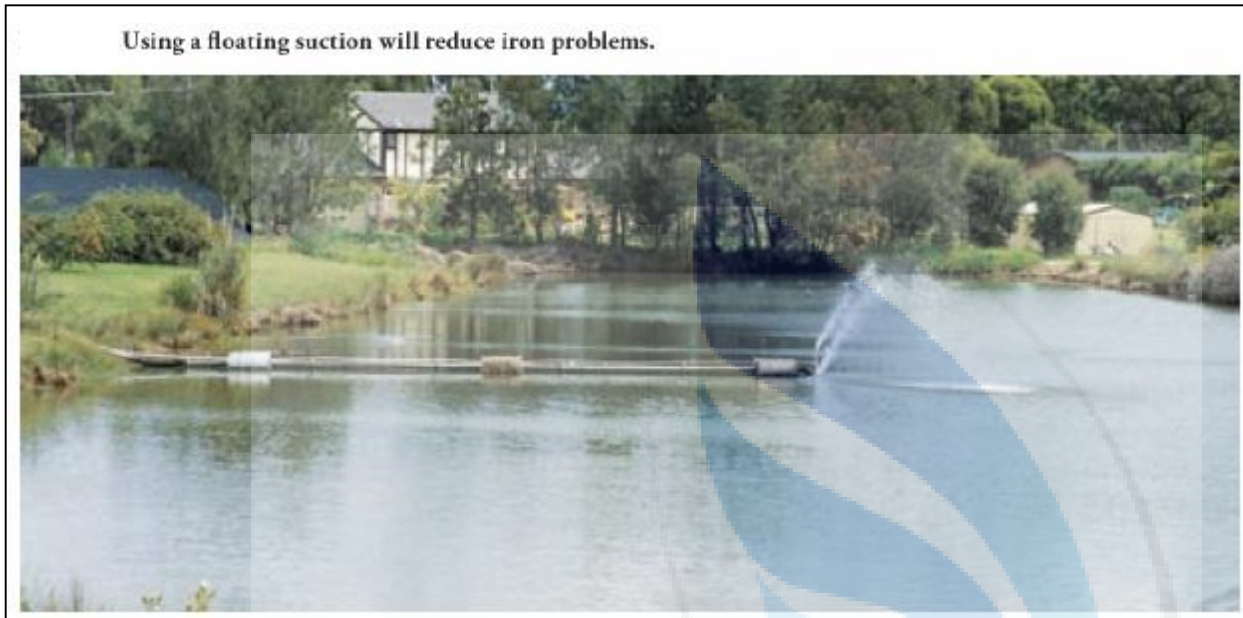


شکل (1): هوادهی و ته نشینی جهت حذف آهن محلول در آب

چون انحلال پذیری آهن در آب دارای PH کمتر، بیشتر است بهترین روش برای ترسیب آهن، نگه داشتن PH در حد 7/2 می باشد. برای این کار می توان از آهک هیدراته که هیدرواکسید کلسیم $Ca(OH)_2$ است استفاده نمود تا مقدار PH آب

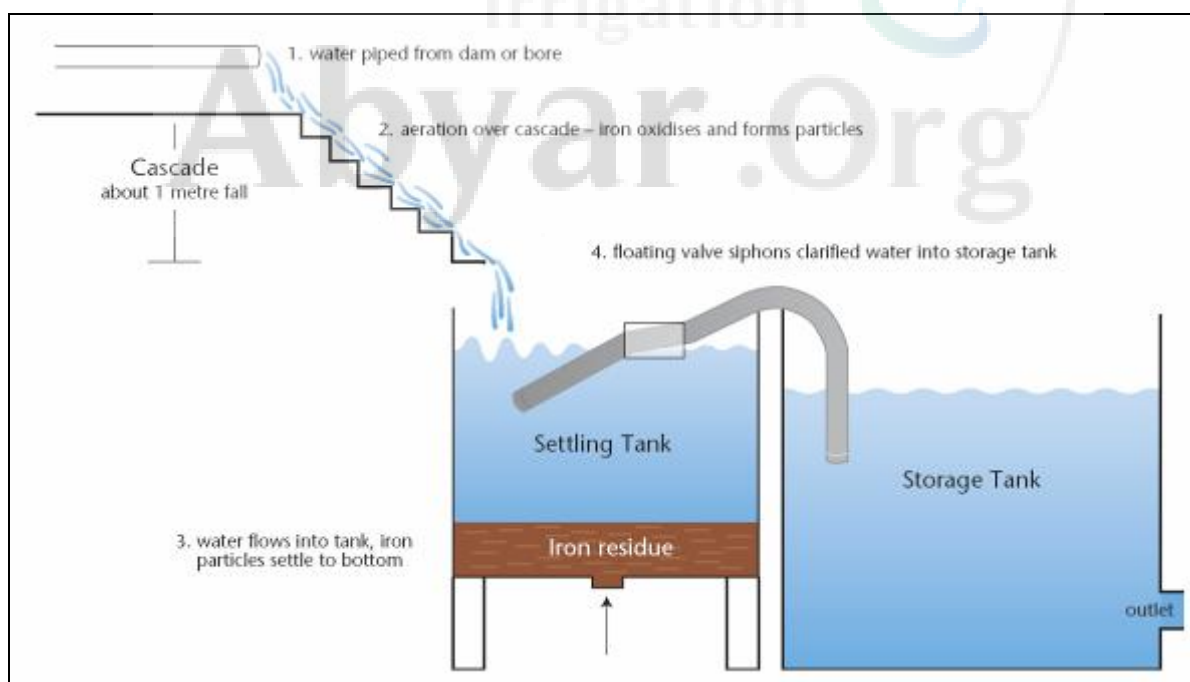
بالا رود. غلظت 30 گرم در 1000 لیتر آب به این منظور مناسب است و غلظت های خیلی زیاد آهک هیدراته باعث افزایش سختی آب (Hardness) خواهد شد.

در سدها اغلب می توان با اتصال لوله مکش پمپ به یک جسم شناور آن را در ارتفاع 20 تا 30 سانتی متری از کف مخزن نگاه داشته و مشکل آهن را تا حد قابل قبولی مرتفع نمود (شکل (2)).



شکل (2): سیستم تصفیه رسوبات آهن همراه با هوادهی و لوله مکش شناور

مرسوم ترین روش هوادهی، ایجاد آبشار مصنوعی است. این کار را می توان با عبور جریان از روی چند پله انجام داد. معمولاً برای هر یک متر ارتفاع 4 تا 5 پله کافی بوده و افزایش تعداد پله ها فرآیند هوادهی را بهتر می کند (شکل (3)).



شکل (3): سیستم تصفیه رسوبات آهن بوسیله هوادهی توسط آبشار مصنوعی

عمل هوادهی را می توان با پمپ هوادهی نیز انجام داد.

در برخی مواقع به منظور اکسیداسیون بهتر آهن، می توان از کلرزنی هم استفاده نمود.

5 - 2- کلرزنی (Chlorination) :

به منظور تکمیل فرآیند تصفیه آهن، اگر PH آب از 6/5 کمتر و غلظت آهن کمتر از 3/5 میلی گرم در لیتر است، می توان از کلرزنی بهره گرفت. اگر PH بیشتر از 6/5 باشد، باید غلظت آهن کمتر از 1/5 میلی گرم در لیتر باشد تا کلرزنی مؤثر واقع شود. کلرزنی باعث از بین رفتن باکتری آهن نیز خواهد شد.

5 - 3- پرمنگنات پتاسیم (Potassium permanganate) :

پرمنگنات پتاسیم باعث اکسیداسیون آهن محلول و تبدیل آن به آهن غیر محلول می شود. پرمنگنات پتاسیم اغلب با ماسه سبز مگنزا استفاده می شود که همانند یک فیلتر عمل نموده و اکسید آهن را از آب جدا می کند.

مزیت عمده پرمنگنات پتاسیم عمل اکسیداسیون سریع تر آن نسبت به روش کلرزنی است. این روش در محدوده PH بین 5 تا 9 به مقدار PH آب حساسیت ندارد.

مواد دیگری مانند زئولیت (سیلیکات آبدار) نیز بجای ماسه سبز و پرمنگنات پتاسیم می تواند برای بهبود فرآیند اکسیداسیون آهن بکار رود.

5 - 4- فیلتراسیون به منظور حذف ذرات اکسید :

فیلتراسیون ساده ذکر شده به تنهایی نمی تواند آهن را از آب جدا نماید زیرا فقط ذرات اکسید آهن را از آب جدا می کند. به همین علت می توان از فیلترهای لایه ای ماسه ای (Sand Media Filters) یا آنتراسیت (زغال سنگ خشک و خالص) برای بهبود فیلتراسیون اکسید فریک استفاده نمود. لازم به ذکر است که عمل هوادهی و اکسیداسیون آهن همواره باید قبل از سیستم فیلتراسیون انجام شود.

6- سختی (Hardness) :

آبی که حاوی مقادیر زیادی از نمک های کلسیم و منیزیم محلول باشد، آب سخت نامیده می شود. کاتیون های دیگری مانند آهن، مگنزا، آلومینیوم و روی نیز در سختی آب مؤثرند.

سختی آب با توجه به غلظت کربنات کلسیم (CaCO_3) که همان آهک است تعیین می شود. جدول (1) درجه سختی آب را با توجه به غلظت کربنات کلسیم (mg/litre) بیان می کند.

جدول (1): تقسیم بندی آب براساس سختی

Description of water	Hardness expressed as mg/L of CaCO_3
Soft	less than 50
Moderately soft	50-75
Slightly hard	75-150
Hard	150-300
Very hard	greater than 300

سختی آب بر مؤلفه های خاک، دام و تجهیزات آبیاری اثر گذار خواهد بود.

6-1- اثر سختی بر خاک :

سختی آب بصورت مستقیم بر گیاه اثری نداشته بلکه اثرات آن توسط عامل بی کربنات بر خاک، بطور غیرمستقیم به گیاه منتقل شده و رشد گیاه را مختل می نماید.

بی کربنات (HCO_3) یک ترکیب محلول است که غالباً در آب های شور - سدیک وجود دارد. این ترکیب باعث می شود که کلسیم و منیزیم آب و خاک بصورت کربنات های غیر محلول درآید. بنابراین حجم سدیم خاک که عامل اتصال ذرات رس به یکدیگر است، نسبت به حجم کل کاتیون های قابل تبادل خاک افزایش یافته و باعث قلیایی شدن خاک می گردد. احتمال وقوع چنین حالتی برای خاک، زمانی که غلظت بی کربنات آب کمتر از 90 میلی گرم در لیتر است، کم و زمانی که غلظت بی کربنات آب بیشتر از 335 میلی گرم در لیتر است، زیاد خواهد بود.

کلسیم به تنهایی انحلال پذیر بوده و منیزیم حتی از کلسیم نیز انحلال پذیرتر است. هیچکدام از آن دو در آب سمی نبوده و در خاک هم به مقدار کافی وجود دارند. آب دارای منیزیم زیاد همانند آب دارای سدیم زیاد، باعث قلیائیت خاک و پدیده تفرق ذرات خاک (Dispersion) می شود.

6-2- اثر سختی آب بر لوله ها و تجهیزات آبیاری :

غلظت بالای نمک های کلسیم موجود در آب، باعث ایجاد یک پوشش سخت آهکی (کربنات کلسیم) گردیده و گرفتگی و انسداد لوله ها و سایر اتصالات و اجزاء سیستم آبیاری را در بر خواهد داشت (شکل (4)).



Figure 4. Lime build-up in pipes and equipment affects their performance.

شکل (4): مشکل انسداد لوله با رسوب کربنات کلسیم

3-6-3- تصفیه و کاهش سختی آب :

کاهش سختی آب را نرم کردن (Softening) می نامند و به روش های زیر امکان پذیر خواهد بود :

- تبادل یونی
- عامل های نرم کننده آب
- روش های نمک زدایی مانند اسمز معکوس
- استفاده از آهک
- اصلاح PH
- کنترل دمای آب

در ادامه به تشریح هر کدام از این روش ها پرداخته می شود.

3-6-3-1- کاهش سختی آب به روش تبادل یونی :

مؤثرترین روش تصفیه آب سخت برای مصارف خانگی، نصب یک دستگاه نرم کننده (Softener) از نوع رزین متبادل کننده یون می باشد. بهترین شرایط برای کارکرد مناسب این دستگاه PH بین 7 تا 8 و دمای آب کمتر از 32 درجه سلسیوس است. وقتی که آب سخت از درون دستگاه عبور می کند، یون های کلسیم و منیزیم آن با یون های سدیم رزین دستگاه عوض می شود. البته این امر ممکن است برای سلامت افرادی که رژیم غذایی سدیم کم دارند، مناسب نباشد که در این مورد باید با پزشک مربوطه مشورت شود.

3-6-3-2- کاهش سختی آب با عامل های نرم کننده آب :

استفاده از عامل های نرم کننده مانند هگزامتافسفات که به شکل قرص، پودر و یا ژله از فروشگاه ها قابل تهیه است به همراه پودر صابون، می تواند تا حدودی از سختی آب بکاهد و حتی با تشکیل یک لایه حفاظتی بر روی دیواره داخلی لوله ها از ایجاد رسوبات آهکی جلوگیری نماید.

3-6-3-3- کاهش سختی با نمکزدایی آب :

زمانی که شوری آب از حد 2/5 dS/m (1500 mg/L) و کلراید آن از حد 600 mg/L بیشتر باشد، برای مصارف خانگی و باغات، باید از روش نمکزدایی برای کاهش سختی آب استفاده کرد. برای مصارف کوچک و کم، آب شور باید به گونه ای تصفیه شود که قسمت زیادی از نمک های آن جدا گردد. به این منظور از روش های مختلفی مانند اسمز معکوس (Reverse Osmosis)، کاهش یونیزاسیون (Deionization) و الکترودیالیز (Electrodialysis) استفاده می شود. به این روش ها می توان 90 درصد از نمک های محلول را از آب شور جدا نمود. چون حد متوسطی از شوری آب برای مصارف خانگی و باغات قابل تحمل است شاید اقتصادی تر این باشد که بجای نمک زدایی صرف از آب شور، مقداری از آب شور تصفیه شده را با آب شور معمولی مخلوط کرده و مصرف نمود.

3-6-3-4- کاهش سختی آب با آهک :

در این روش آهک هیدراته $Ca(OH)_2$ را به آب اضافه کرده تا کربنات کلسیم آب قبل از مصرف رسوب نماید. مقدار آهک لازم به درجه سختی آب بستگی دارد. این روش نیاز به مدت زمانی برای ته نشینی کربنات کلسیم داشته و اثربخشی آن به PH آب نیز بستگی دارد.

6-3-5- کاهش سختی با اصلاح مقدار PH آب :

این روش به معنی اسیدی کردن آب به منظور حفظ یون های کلسیم و منیزیم در حالت محلول است تا از ترسیب آنها جلوگیری شود. حتی گرفتگی های ناشی از رسوبات کلسیم و منیزیم با اسیدی کردن آب، شسته می شود. این کار با اضافه کردن یک اسید به مقدار مناسب به آب آبیاری امکان پذیر است (شکل 5)). معمولاً از اسید سولفوریک یا هیدروکلریک به این منظور استفاده می شود.

استفاده از اسید خطر ایجاد خوردگی لوله ها و تجهیزات فلزی را نیز به همراه دارد. در این شرایط بهتر است از اسید سولفامیک (اسید آمینوسولفوریک) استفاده شود تا از خوردگی لوله های فلزی جلوگیری شود.

6-3-6- کاهش سختی با کنترل دمای آب :

مقدار رسوبات ناشی از آب سخت با افزایش دمای آن افزایش می یابد. در سیستم های دارای آب گرم پایین آوردن درجه ترموستات به زیر دمای 70 درجه سلسیوس باعث کاهش رسوبات مذکور و هزینه های نگهداری تأسیسات مربوطه می شود. در مواردی که لوله های آب در سطح زمین و یا نزدیک به آن قرار دارند، ممکن است گرمای زیادی جذب نموده و باعث ترسیب کربنات ها و در نتیجه گرفتگی لوله و اتصالات شود.



شکل (5): دستگاه تزریق خودکار اسید به آب آبیاری جهت اصلاح PH

این مسئله بویژه در شرایطی که جریان آب در لوله غیر دائمی است بیشتر روی می دهد، زیرا ممکن است آب به مدت طولانی و بصورت ساکن در لوله باشد و در معرض تابش خورشید گرم شده و باعث ترسیب املاح آب گردد. در چنین شرایطی یکی از روش های مناسب این است که لوله را در عمق بیشتری و بصورت مدفون در خاک قرار داد و یا لوله را در زمان هایی که آب مصرف نمی شود، تخلیه نمود.

6- خوردگی (Corrosion) :

خوردگی فلزات یک عمل تدریجی عناصر هوا و آب در سایش و حل کردن فلزات می باشد. خوردگی فلزات ممکن است باعث نواقصی شود که منجر به مسائلی در نصب تجهیزات و اتصالات آبیاری گردد. یکی از بارزترین نتایج خوردگی آب، زنگ زدگی آهن و فولاد در تجهیزات آبیاری می باشد. در این فرآیند، ترکیب پیچیده‌ای بین عناصر اکسیژن، آب و آهن صورت گرفته و اکسید آهن تشکیل می شود.

فلزات دیگری مانند آلومینیوم و مس و آلیاژهای آنها (برنز و برنج) نیز می تواند مرود خوردگی و فرسایش قرار گیرد. مس محلول معمولاً به شکل زنگ زدگی های سبز رنگ می باشد.

فاکتورهای مؤثر در خوردگی آب آبیاری عبارتند از :

- اسیدیته
- سختی
- سختی خیلی کم
- تماس دو فلز
- غلظت بالای کلراید
- اکسیژن محلول
- عوامل بیولوژیک

در سیستم های آبیاری مزارع، رایج ترین فاکتورهای مؤثر در خوردگی، اسیدیته آب، سختی خیلی کم آب (آب نرم) و عوامل بیولوژیک می باشند. از این بین اسیدیته عامل مهمتری در خوردگی آب است.

علاوه بر این آب نرم خورنده تر از آب سخت می باشد. به عنوان مثال مقاومت به خوردگی یک تانک آهنی گالوانیزه حاوی آب با سختی 35 میلی گرم کلسیم در لیتر، 10 برابر بیشتر از تانکی خواهد بود که حاوی آب نرم با سختی 5 میلی گرم کلسیم است.

به منظور تشکیل یک لایه محافظ نازک از نمک کلسیم بر روی سطح فلز، آب باید دارای مقداری سختی باشد. به عبارتی باید درجه ای از قلیائیت بین 50 تا 100 میلی گرم در لیتر و مقادیر غلظت کلسیم بین 30 تا 50 میلی گرم در لیتر در دمای نرمال آب وجود داشته باشد تا با تشکیل یک لایه محافظ آن را در برابر خوردگی حفاظت نماید. مقدار این حفاظت بستگی به مقدار PH، دما و غلظت نمک های محلول در آب دارد (شاخص مورد استفاده برای پتانسیل خوردگی و ترسیب آب، کربنات کلسیم اشباع است).

خوردگی دو فلزی (Bimetallic) یا گالوانیکی (Galvanic) وقتی روی می دهد که دو فلز در تماس با یکدیگر باشند. این تماس نباید حتماً فیزیکی باشد و در حالتی که آب بین دو فلز قرار داشته باشد نیز ممکن است خوردگی ایجاد شود.

فلزات دارای پتانسیل های مختلفی در زمینه خوردگی هستند. هر چه اختلاف بین دو فلز در پتانسیل خوردگی بیشتر باشد، شدت خوردگی در حالت تماس دو فلز یاد شده بیشتر خواهد بود. به عنوان مثال آلومینیوم نباید در تماس با لوله و اتصالات مسی باشد، زیرا باعث خوردگی آلومینیوم خواهد شد.

6-1- روش های پیش گیری از خوردگی :

براحتی می توان از خوردگی پیشگیری نمود و چنانچه این کار انجام نشود باعث غیرقابل استفاده شدن لوله ها و مخازن فلزی و پمپ ها خواهد شد.

پوشش هایی حفاظتی که به منظور عدم خوردگی فلزات بکار می رود به دو روش زیر عمل می کنند :

- پوشش هایی که فلز را از آب خوردنده جدا می کند (Protective Coating). به عنوان مثال پوشش های داخل لوله های فلزی با قیر و یا سیمان.

- پوشش هایی که خود خورده می شوند تا فلز زیرین آن دچار خوردگی نشود (Sacrificial Coating). مثال روشن آن فولاد گالوانیزه است که با آلیاژ روی از خوردگی فولاد جلوگیری شود.

به منظور ایجاد یک پوشش محافظ کامل برای لوله فولادی می توان آن را با آلیاژ مسی گالوانیزه نمود. لوله ها و اتصالات پلی اتیلن و پمپ های مقاوم به خوردگی مثال های دیگری از پیشگیری نسبت به خوردگی می باشند.

6-2- روش های تصفیه آب :

تصفیه آب می تواند به عنوان یک فرآیند تکمیل کننده در جهت پیشگیری از خوردگی باشد اما نمی تواند جایگزین روش های ذکر شده قبلی شود.

کنترل شیمیایی آب به تنهایی نمی تواند در شرایط نامناسب جریان آب و یا طراحی ضعیف سیستم آبیاری و یا استفاده از پوشش های محافظ ناقص و کم کیفیت، مؤثر واقع شود.

افزودن آهک یا خاکستر سودا (Na_2CO_3) به آب، با افزایش میزان PH خوردگی آن را کاهش می دهد.

- برای تصفیه آب نرم که غلظت کلسیم آن کمتر از 30 میلی گرم در لیتر است، افزودن آهک بهترین روش خواهد بود. این کار باعث خنثی کردن اسیدیته آب شده و نمک های کلسیم را برای ایجاد یک پوشش نازک کربنات کلسیم محافظ روی لوله های فلزی و اتصالات مربوطه تأمین می کند.

- برای منابع آب اسیدی خانگی که دارای سختی بیش از 100 میلی گرم در لیتر می باشند، از خاکستر سودا می توان استفاده کرد. این کار باعث میچشود که PH آب بدون این که سختی آن زیاد شود، افزایش یابد.

لازم به ذکر است که از خاکستر سودا نباید در تصفیه اب آبیاری استفاده شود زیرا برای گیاهان سمی بوده و ساختمان خاک را نیز از بین می برد.

مقدار آهک یا خاکستر سودا بستگی به اسیدیته آب دارد. اگر از یک PH متر مانند شکل (6) استفاده شود، باید مقدار PH نهایی پس از تصفیه بین 7 تا 8 باشد. چنانچه این وسیله موجود نباشد، مقدار توصیه شده آهک یا خاکستر سودا برای تصفیه آب، بین 50 ت 100 گرم در 1000 لیتر آب می باشد.



شکل (6): دستگاه سنجش مقدار PH آب

6-2- شاخص کربنات کلسیم اشباع :

این شاخص ارتباط بین PH، شوری، قلیائیت و سختی را نشان می دهد و برای بیان پتانسیل ترسیب (ایجاد پوشش رسوبی سخت) و پتانسیل خوردگی آب بکار می رود. چنانچه مقدار این شاخص مثبت باشد پتانسیل ترسیب و اگر منفی باشد پتانسیل خوردگی وجود دارد.

سه دامنه برای این شاخص تعریف شده است که به شرح زیر می باشد :

- بین $-0/5$ تا $+0/5$: هیچ پتانسیل ترسیب و خوردگی وجود ندارد.
- کمتر از $-0/5$ یا بیشتر از $+0/5$: اگر مقدار شاخص بیشتر از $+0/5$ باشد خطر ترسیب نمک های کلسیم و منیزیم وجود دارد. در سیستم های آبیاری میکرو این امر ممکن است باعث گرفتگی و انسداد گسیلنده ها و قطره چکان ها شود. اگر مقدار شاخص کمتر از $-0/5$ باشد ممکن است آب کمی خورنده باشد.
- کمتر از $-1/5$ یا بیشتر از $+1/5$: اگر مقدار شاخص بیشتر از $+1/5$ باشد خطر ترسیب نمک های کلسیم و منیزیم بسیار زیاد بوده و آب را نباید بدون تصفیه اولیه مورد استفاده قرار داد. اگر این مقدار کمتر از $-1/5$ باشد آب بسیار خورنده بوده و باید لوله ها و اتصالات فلزی در مقابل آن مقاوم شوند.

7- شوری (Salinity) :

شوری، مجموع غلظت نمک های محلول در آب یا خاک است. در آب، شوری با اندازه گیری هدایت الکتریکی (EC) سنجیده می شود که نشان دهنده غلظت یون های موجود در آب است.

یون های دارای بار الکتریکی مثبت، کاتیون و یون های دارای بار الکتریکی منفی، آنیون نامیده می شوند.

تجهیزات اندازه گیری شوری، مقدار نمک محلول در آب را با سنجش مقاومت آن به جریان الکتریکی بین دو الکترود، اندازه گیری می کند. واحد بین المللی بیان شوری دسی زیمنس بر متر (dS/m) است اما واحدهای دیگری نیز برای بیان آن استفاده می شود. جدول (2) روش تبدیل واحدهای مختلف را به یکدیگر نشان می دهد.

جدول (2): تبدیل واحدهای مختلف سختی به یکدیگر

To convert EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) to decisiemens per metre (dS/m), divide by 1000.

To convert ppm (mg/L) to decisiemens per metre (dS/m), divide by 640.

To convert dSm to EC, multiply by 1000.

The conversion from parts per million to dS/m varies a little, above and below 640 ppm, depending mainly on the type and relative concentration of salts present in the water.

7-1- شوری آب مصرفی خانگی و دام :

آب آشامیدنی خانگی نباید حاوی بیش از 1000 میلی گرم در لیتر نمک های محلول باشد. برای تعیین مقدار شوری استاندارد برای آب آشامیدنی دام می توان از جدول (3) استفاده نمود. حدود پیشنهادی برای شوری در جدول مذکور براساس فاکتور کلرید سدیم می باشد. برخی از نمک ها مانند سولفات سدیم و سولفات منیزیم خاصیت مسهل کنندگی دارند که سلامت دام را به خطر می اندازد. در این شرایط غلظت های مناسب باید کمتر از مقادیر موجود در جدول یاد شده باشد.

جدول (3): درجه کیفیت آب بر اساس مقدار شوری آب برای دام های مختلف

Stock	Desirable maximum concentration for healthy growth	Maximum concentration at which good condition might be expected*	Maximum concentration that may be safe for limited periods*
Sheep	5000	5000 to 10,000	10,000 to 13,000
Beef cattle	4000	4000 to 5000	5000 to 10,000
Dairy cattle	2500	2500 to 4000	4000 to 7000
Horses	4000	4000 to 6000	6000 to 7000
Pigs	4000	4000 to 6000	6000 to 8000
Poultry	2000	2000 to 3000	3000 to 4000

* The level depends on the type of feed.
Adapted from *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality 2000.*

7-2- تأثیر شوری آب بر گیاهان :

مهمترین اثر شوری آب بر گیاهان، تأثیر اسمزی آن است که توانایی گیاه را در جذب آب مختل می نماید. فرآیند جذب آب در گیاهان (رشد گیاهان) از طریق ریشه انجام می شود و اصلی ترین عامل در این امر پدیده اسمزی است. مواد محلول درون ریشه گیاه مانند نمک ها و قندها عامل جذب و حرکت آب درون خاک از طریق غشاء ریشه می باشد و این فرآیند تا وقتی که غلظت مواد محلول درون ریشه بیشتر از غلظت مواد محلول درون آب خاک باشد، ادامه می یابد. حال چنانچه غلظت نمک های آب درون خاک بیشتر از غلظت مواد محلول در ریشه گیاه باشد، جذب آب توسط گیاه متوقف

شده و گیاه پژمرده و در نهایت از بین خواهد رفت. نقطه شروع چنین حالتی بستگی به نوع گیاه و غلظت و نوع نمک های محلول در آب خاک دارد.

به عنوان یک راهنمای کلی یون های سدیم و کلرید بیشترین صدمه را به گیاهان وارد می کنند. بنابراین آبیاری با چنین آبی باعث مختل شدن رشد گیاهان و کاهش عملکرد محصول و در نهایت نابود شدن آنها خواهد شد.

EC به عنوان یک شاخص کلی غلظت نمک های محلول در آب را بیان می کند. اما نوع نمک های محلول و غلظت نسبی آنها را مشخص نمی کند. وقتی غلظت نمک های محلول در آب زیاد است، به منظور اصلاحاتی در عملیات آبیاری لازم است مقدار غلظت و نوع نمک های مختلف در آب را بدانیم.

برخی از نمک های محلول در آب مانند کلراید و سدیم و برن، اثرات سمی بر گیاه دارند و افزایش غلظت این یون ها در بافت گیاه، باعث اختلال در رشد آنها خواهد شد.

تشخیص اثراتی که بیان شد، اغلب مشکل است. برخی از اثرات و علائم هشدار دهنده در مورد شوری آب و یا خاک به شرح زیر خواهد بود:

- جوانه زنی و استقرار ضعیف گیاه
- کاهش توان گیاه و عدم رشد آن
- برگ های کوچکتر از حد نرمال و دارای رنگ سبز متمایل به آبی
- برگ های به رنگ زرد ملایم
- سوختگی های سطح برگ

این علائم به مرور زمان آشکارتر خواهد شد اما در آن زمان جبران این امر غیرممکن خواهد بود.

در حالت های حاد مسائل شوری، علائم زیر به خوبی مشهود است:

- نقاط باتلاقی و مرطوب در چراگاه ها
- تمام گیاهان زرد و برنزه می شوند.
- خشک شدن زودتر از موعد محصولات
- ریختن و از بین رفتن بقولات
- افزایش گیاهان مقاوم به شوری
- افزایش تعداد و اندازه نقاط لخت از محصول
- نقاط سیاه چرب و شوره زار در زمین
- مرگ درختان موجود در پایاب و در مسیر زهکش

گیاهان مقاومت های متفاوتی به شوری دارند. علاوه بر این هر گیاه در مراحل مختلف رشد مقاومت های متفاوتی به شوری دارد. به عنوان مثال در مرحله جوانه زنی و یا دانه دهی معمولاً گیاه مقاومت کمی به شوری دارد.

فاکتورهای دیگری مانند روش آبیاری و نوع خاک نیز در این مسئله (مقاومت به شوری) مؤثر می باشد.

7-3- شوری و آبیاری :

به منظور عملیات آبیاری موارد زیر نیز باید مورد بررسی قرار گیرد :

- مقاومت گیاه زراعی به شوری
- خصوصیات خاک زراعی
- شوری آب آبیاری
- روش آبیاری

7-3-1- مقاومت گیاه زراعی به شوری :

مقاومت گیاهان زراعی به شوری خاک با فاکتور EC_{se} بیان می شود.

در جدول (4) دو آستانه تحمل شور گیاهان زراعی مختلف که یکی باعث کاهش 10 درصدی عملکرد محصول و دیگری باعث کاهش 25 درصدی محصول خواهد شد، ارائه شده است. در جدول (5) تحمل شوری برای گیاهان زینتی ارائه شده است.

جدول (4): درجه مقاومت به شوری خاک ناحیه ریشه برخی از گیاهان زراعی و مرتعی

Plant type	Rootzone salinity (dS/m) for yield reduction of	
	up to 10%	25%
Rootzone soil salinity (EC_e) tolerances, crops and pasture plants commonly irrigated in NSW**		
Pasture legumes		
White clover	1.2	3.1
Sub clover	1.2	3.1
Strawberry clover	2.4	4.0
Lucerne (most varieties)	2.0	5.4
Lucerne (some varieties)	3.6	5.9
Berseem (Jemalong) clover	6.0	10.0
Rose clover	1.0	3.8
Red clover	1.5	3.6
Persian clover	3.0	na
Balansa clover	3.0	na
Barrel medic (Jem)	1.0	4.2
Stylo (Townsville)	2.4	3.6
Cowpea	1.3	3.0
Pasture grasses		
Perennial ryegrass	5.6	8.9
Phalaris	4.2	8.0
Cocksfoot	1.5	5.5
Fescue	3.9	8.6
Paspalum	4.0	6.6
Kikuyu	3.0	11.3
Buffel (Gayndah)	5.5	7.9
Green panic (Petri)	3.0	6.6
Rhodes (Pioneer)	7.0	14.8
Sudan grass	2.8	8.6
Couch	6.9	10.8
Tall wheatgrass	7.5	13.3
Puccinellia	1.6	2.2

Plant type	Rootzone salinity (dS/m) for yield reduction of	
	up to 10%	25%
Winter crops		
Wheat	6.0	9.5
Barley	8.0	13
Oats	5.0	6.3
Canola	6.5	11
Linseed	1.7	12
Safflower	6.5	na
Faba beans	1.8	4.0
Summer crops		
Cotton	2.5	(see text)
Rice	3.0	5.1
Maize	1.7	3.8
Grain sorghum	1.4	2.2
Sunflower	5.5	6.5
Soybean	2.0	6.3
Sugarcane	1.7	5.9
Millet	6.0	9.0

جدول (5): درجه مقاومت به شوری خاک ناحیه ریشه برخی از گیاهان زینتی

Plant type	Rootzone soil salinity ($EC_{e,d}$) tolerances of horticultural plants commonly irrigated in NSW**		
	Rootzone salinity (dS/m) for yield reduction of		
	0%	10%	25%
Almond	1.5	2.1	2.9
Apple	1.0	1.6	2.4
Apricot	1.6	2.0	2.7
Avocado	1.3	1.8	2.5
Bear	1.0	1.5	2.3
Bayberry	1.5	2.0	2.6
Broad bean	1.6	2.6	4.2
Broccoli	2.8	3.9	5.5
Cabbage	1.8	2.8	4.4
Capsicum (pepper)	1.5	2.2	3.3
Carrot	1.0	1.7	2.8
Celery	1.8	3.4	5.8
Cucumber	2.5	3.3	4.4
Date	4.0	6.9	11.4
Eggplant	1.1	2.5	4.7
Grape	1.5	2.6	4.1
Grapefruit	1.8	2.4	3.4
Lettuce	1.3	2.1	3.2
Olive	4.0	4.5	5.5
Onion	1.2	1.8	2.8
Orange	1.7	2.3	3.3
Peach	3.2	3.7	4.5
Plum	1.5	2.0	2.9
Potato	1.7	2.5	3.8
Radish	1.0	1.3	3.1
Rockmelon	2.2	3.6	5.6
Spinach	2.0	3.3	5.3
Strawberry	1.0	1.3	1.8
Sugar beet	7.0	8.7	11.2
Sweet corn	1.4	1.7	3.8
Sweet potato	1.5	2.4	3.8
Tomato	2.3	2.8	3.6
Turnip	0.9	2.0	3.7
Zucchini	4.7	5.8	7.4

7-4- انتخاب روش آبیاری بر اساس شوری آب :

آبیاری بارانی باعث تجمع نمک و کلراید بر روی برگ گیاهان شده و باعث سوختگی آنها می شود. در این حالت باید از آب با شوری کمتر استفاده شود. با عدم آبیاری در شرایط خیلی گرم و باد می توان اثرات سوختگی ناشی از کلراید را کاهش داد.

7-5- تأثیرات نوع خاک بر شوری :

شوری خاک می تواند فقط موقتی باشد. بسیاری از اوقات پس از بارش باران و یا آبیاری با آب با شوری کم، نمک های خاک شور می تواند به بخش عمیق تر از ناحیه ریشه گیاه نفوذ نماید.

اگر آب شور نتواند نمک های موجود در خاک ناحیه ریشه را زهکش نماید، مشکل حتی شدیدتر خواهد شد. وقتی نمک در خاک تشکیل می شود باید سریعاً شسته شود تا اثرات مضر که بر گیاه وارد می شود به حداقل برسد. مقدار آب اضافی که برای این امر استفاده می شود به نسبت آبشویی (Leaching Fraction) موسوم است.

نسبت آبشویی بستگی به خاصیت زهکشی خاکی دارد که گیاه در آن رشد می کند. در خاک های با بافت سبک مانند خاک های ماسه ای که زهکشی خوبی دارند این نسبت حدود 45% می باشد. در خاک های با بافت متوسط مقدار نسبت آبشویی حدود 30 درصد و در خاک های رسی سنگین این نسبت حدود 15 درصد می باشد.

نسبت آبشویی علاوه بر بافت خاک به پارامترهای دیگری نیز بستگی دارد :

- با افزایش شوری خاک نسبت آبشویی افزایش خواهد یافت، زیرا مقدار نفوذپذیری خاک بیشتر می شود.
- وجود سطح ایستابی در عمقی کمتر از 2 متر باعث کاهش نسبت آبشویی خواهد شد زیرا زهکشی آب را محدود می نماید.

استفاده از آب با شوری کم برای خاک های سنگین که حرکت و نفوذ آب در آنها به کندی انجام می شود، یک مزیت محسوب می شود. شوری آب در این خاک ها باعث فولکوله شدن ذرات خاک و توسعه ساختمان آن شده و در نتیجه نفوذپذیری آن را افزایش می دهد.

7-6- محدودیت های شوری آب برای گیاهان مختلف:

شوری آب با EC_w بیان می شود. به منظور تصمیم گیری در مورد این که چه گیاهی را می توان برای آب مشخصی، کشت نمود نه تنها دانستن شوری آب لازم است بلکه شوری خاک نیز باید بررسی شود. وقتی شوری آب 1dS/m باشد، شوری خاکی که در اثر استفاده از این آب ایجاد خواهد شد در خاک های مختلف، متفاوت است :

- برای خاک های با زهکشی خوب $EC_{se} = 1\text{ dS/m}$

- برای خاک های با زهکشی متوسط $EC_{se} = 1/5\text{ dS/m}$

- برای خاک های با زهکشی ضعیف $EC_{se} = 3\text{ dS/m}$

برعکس وقتی که یک گیاه زراعی دارای تحمل شوری خاک (EC_{se}) معادل 1 dS/m باشد، حد شوری آب آبیاری در خاک های مختلف به شرح زیر خواهد بود:

- برای خاک های با زهکشی خوب 1 dS/m

- برای خاک‌های با زهکشی متوسط 0/66 dS/m

- برای خاک‌های با زهکشی ضعیف 0/33 dS/m

رابطه بین آستانه‌های قابل تحمل شوری آب آبیاری و شوری خاک را می‌توان بصورت زیر بیان نمود :

$$EC_{se} = EC_w \div (LF \times 2/2)$$

بر این اساس آبیاری می‌تواند مقدار شوری قابل تحمل آب را برای گیاه مورد نظر را تعیین نماید.

برای خاک‌هایی که نسبت آبشویی آن‌ها (LF) مشخص نیست می‌توان مقدار آستانه شوری آب را دو سوم EC_{se} در نظر گرفت.

- چنانچه خاک دارای زهکشی خوبی باشد مقدار آستانه شوری آب می‌تواند تا مقدار EC_{se} نیز منظور شود.

- اگر خاک دارای زهکشی ضعیفی باشد، مقدار آستانه شوری آب را می‌توان یک سوم EC_{se} نیز منظور کرد.

جدول (6) راهنمای خوبی برای تعیین مقدار آستانه شوری آب قابل تحمل برای گیاهان مختلف در خاک‌های گوناگون می‌باشد.

8- قلیائیت (Sodicity):

قلیائیت مقدار کاتیون‌های سدیم قابل تبادل را در آب و یا خاک نشان می‌دهد. در آب قلیائیت بصورت نسبت جذب سدیم (SAR) بیان می‌شود که قلیائیت آب را براساس مقادیر یون‌های منیزیم و کلسیم در آب نشان می‌دهد.

مقدار SAR در آزمایشگاه تعیین می‌شود و این کار با تعیین مقادیر سدیم، کلسیم و منیزیم بر حسب میلی اکی والان در لیتر و در نهایت نسبت مقدار سدیم نسبت به دو عنصر دیگر مشخص می‌گردد.

اگر مقدار SAR بیشتر از 3 باشد، آب قلیایی بوده و برای خاک‌ها خطرناک و مضر خواهد بود.

اثرات شوری بر گیاه بصورت مستقیم است در صورتی که اثرات قلیائیت بصورت غیرمستقیم و توسط خاک به گیاه منتقل می‌شود. استفاده از آب قلیایی خاک غیر قلیا را قلیایی و قلیائیت خاک قلیایی را تشدید خواهد نمود.

در یک خاک قلیایی (سدیک)، درصد سدیم قابل تبادل (ESP) بیش از 6 می‌باشد. این نشان می‌دهد که بیش از 6 درصد کاتیون‌های قابل تبادل در خاک، سدیم است.

خاک‌های سدیک خیلی تمایل به پدیده تفرق ذرات داشته (Dispersion) که در این فرآیند پیوند ذرات رس شکسته شده و منافذ خالی خاک توسط ذرات رس، بیشتر اشغال شده و کاهش می‌یابد. این امر خود باعث کاهش خاصیت نفوذ پذیری و زهکشی خاک و سله بستن آن و مشکلاتی در جوانه‌زنی گیاه خواهد شد.

اگر این شرایط برای خاک زیرین روی دهد، خاک تقریباً نفوذناپذیر شده و برای کشت گیاه (جز برنج) نامناسب خواهد شد. به عنوان یک راه حل کوتاه مدت، استفاده از آب شور باعث کاهش شدت تفرق ذرات شده (زیرا باعث فولکوله شدن ذرات رس به هم می‌شود) اما اگر شدت آبشویی ناکافی باشد، خود این کار باعث افزایش تجمع سدیم در خاک و افزایش قلیائیت خاک خواهد شد.

برعکس شوری، قلیائیت در خاک‌ها یک پدیده دائمی بوده و تنها روش کاهش آن استفاده از گچ می‌باشد.

کاهش عملیات کشت و یا افزودن مواد آلی به خاک شدت تفرق ذرات خاک را در خاک‌های سدیک، کم می‌کند اما مقدار درصد سدیم قابل تبادل خاک (ESP) را تغییر نخواهد داد.

جدول (6): درجه مقاومت به شوری آب برخی از گیاهان زراعی و مرتعی در خاک های مختلف

Water salinity (EC_e) limits* for some crops and pastures commonly irrigated in NSW by soil type (in dS/m)
* This assumes surface irrigation.

	Well drained soils		Soil drainage characteristics			
			Moderate to slow draining soils		Very slow draining soils	
Average leaching fraction	0.45		0.3		1.15	
Yield reduction	less than 10%	25%	less than 10%	25%	less than 10%	25%
Pasture (legumes)						
White clover	1.7	3.1	0.8	2.0	--	--
Red clover	1.7	3.1	0.8	2.0	0.4	0
Subclover	3.4	4.0	1.8	2.6	0.8	1
Lucerne (non-revised)	2.0	5.1	1.2	3.5	--	--
Fescue/ryegrass	4.0	11	4.0	6.6	2.1	3.7
Pasture (grasses)						
Fescue	4.0	5.6	2.6	4.7	1.3	2.2
Trifolium	3.4	5.0	2.8	5.1	1.1	2.0
Fescue/ryegrass	3.8	5.9	3.3	5.6	1.8	2.9
Winter crops						
late beans	1.8	4.0	1.2	2.6	--	--
Lentils	3.2	5.8	3.3	4.2	1.7	2.1
Wheat	4.0	5.5	4.0	5.3	2.1	3.1
Lupin	4.5	--	4.5	7.1	2.7	3.6
Summer crops						
Maize/corn	1.4	2.7	0.5	1.4	0.5	0.7
Wheat	1.7	3.8	1.1	2.5	0.5	1.2
Sugarcane	1.7	5.0	1.1	3.0	0.5	0.9
Soybeans	2.0	2.6	1.2	1.7	0.5	0.8
Peanut	--	--	--	--	1.3	1.7
Sunflower	3.5	1.5	3.0	4.2	--	--
Wheat	4.0	5.0	4.1	5.0	2.1	3.0
Cotton	4.5	11	3	11	0.1	11

Salinity tolerances are based on Australian research data and field experience where available, or otherwise are from *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality 2000*.

8-1- رابطه بین شوری و قلیائیت در آب :

آب حاوی نمکی که دارای SAR بیش از 3 باشد، آب شور - قلیا (Saline-Sodic) نامیده می شود.

پارامتر SAR نسبت به شوری از اهمیت بیشتری در زمینه پایداری درازمدت خاک و نفوذپذیری برخوردار است. بطور کلی اگر آب کمی شور باشد ولی SAR آن بین متوسط تا زیاد باشد باعث کاهش نفوذپذیری و از بین رفتن ساختمان خاک می شود. ممکن است به نظر برسد که استفاده از یک آب با شوری متوسط تا زیاد، بدون توجه به مقدار SAR آن (کم یا زیاد)، کاهش در مقدار نفوذپذیری خاک ایجاد نخواهد کرد، در صورتی که خطر قلیائیت ممکن است همچنان باقی باشد.

جدول (7) رابطه بین شوری و قلیائیت آب و نیز احتمال قلیائی شدن خاک و یا تشدید آن را نشان می دهد. در این جدول مشاهده می شود که اگر میزان SAR به مقدار بالای 3 برسد، اگر همزمان شوری آب نیز زیاد شود، مشکلی در مورد قلیایی شدن خاک و کاهش نفوذپذیری و یا از بین رفتن ساختمان خاک وجود نخواهد داشت.

جدول (7): درجه مقاومت به شوری آب برخی از گیاهان زراعی و مرتعی در خاک های مختلف

Risk of increasing soil sodicity at varying water salinity and SAR levels						
Water salinity (dS/m) [^]	Water SAR threshold for soil type:					
	Well to moderate draining soils (soils with a leaching fraction of 30% or more)			Slow-draining soils (Assumed leaching fraction is 15%. Lower SAR figures should be used for highly sodic heavy clay soils, which usually have leaching fractions from 2% to 10%)		
	Low risk	Medium risk	Severe risk	Low risk	Medium risk	Severe risk
1	less than 3	3 to 10	greater than 10	less than 3	3 to 8	greater than 8
1.5	less than 4	4 to 13	greater than 13	less than 3	3 to 11	greater than 11
2	less than 7	7 to 16	greater than 16	less than 6	6 to 14	greater than 14
2.5	less than 10	10 to 18	greater than 18	less than 9	9 to 16	greater than 16
3	less than 12	12 to 20	greater than 20	less than 11	11 to 18	greater than 18
3.5	less than 14	14 to 22	greater than 22	less than 13	13 to 20	greater than 20
4 [^]	less than 16	15 to 24	greater than 24	less than 14	14 to 22	greater than 22

[^] Upper limit of water salinity is 4 dS/m; few crops or pastures can cope with water more saline than this.

8-1-1- خطر استفاده از آب شیرین پس از آب با SAR بالا :

یک خطر مهم در استفاده از آب شیرین تر در آبیاری سطحی پس از استفاده از یک آب با SAR بالا، از بین رفتن قابل ملاحظه ساختمان خاک است.

- اگر آب با SAR بالا و شوری متوسط تا زیاد برای آبیاری استفاده شود باعث قلیایی شدن خاک می شود ولی ساختمان آن از بین نمی رود زیرا اثر الکترولیتی شوری آب باعث حفظ فولکولاسیون ذرات رس خواهد شد.
- اگر پس از آبیاری با SAR بالا بارندگی رخ دهد و یا از آب شیرین تر استفاده شود، چون اثر الکترولیتی دیگر وجود ندارد، یک تفرق کامل ذرات رس روی خواهد داد. این کار باعث مسدود شدن فضای باقیمانده بین ذرات شده و خاک نفوذناپذیر خواهد شد. برای رفع این مشکل مقادیر زیادی گچ باید مورد استفاده قرار گیرد.

8-1-2- اثر بی کربنات ها و کربنات ها بر قلیائیت :

مقادیر زیاد بی کربنات ها (HCO_3) و کربنات های (CO_3) موجود در آب آبیاری که غالباً در آب های زیرمینی عمیق وجود دارد، باعث افزایش قلیائیت خاک می شود. حلالیت بی کربنات ها از کربنات ها بیشتر بوده و مشکلات بیشتری ایجاد می نمایند. بی کربنات ها باعث افزایش سختی آب شده و در نهایت موجب می شود که کلسیم و منیزیم موجود در آب و خاک ترسیب شود و بصورت نامحلول درآید. بدنال آن سدیم نیز رسوب نموده و خاک قلیایی تر می شود. اگر غلظت بی کربنات ها در آب کمتر از 90 میلی گرم در لیتر باشد این خطر کمتر بوده و زمانی که غلظت آن بیش از 335 میلی گرم در لیتر باشد این خطر بیشتر است.

کربنات ها مشکل کمتری ایجاد کرده و معمولاً در آب دارای PH کمتر از 8/3، وجود ندارد.

8-1-3- اثر سدیم بر گیاهان :

زمانی که غلظت سدیم در آب بیش از 300 میلی گرم در لیتر باشد و یا SAR آب بیش از 6 باشد، باعث کند شدن رشد اکثر گیاهان زراعی و مرتعی خواهد شد.

9- سایر عناصر:

مقادیر بیش از حد برخی از عناصر نیز غیر از موارد ذکر شده، باعث کندی رشد گیاهان و کاهش کیفیت آب مصرفی خانگی و دام خواهد شد.

آزمایشات استاندارد کیفیت آب آشامیدنی، معمولاً پارامترهای زیر را اندازه گیری می کند:

- PH
- شوری بر حسب هدایت الکتریکی
- قلیائیت
- سختی
- کلراید
- برن
- سولفور
- نترات، فسفر و پتاسیم

9-1- اثر کلراید:

مقادیر زیاد کلراید در آب آبیاری باعث کندی رشد گیاهان و یا مرگ برخی از گیاهان حساس خواهد شد بویژه زمانی که آب بر روی برگ ها پاشیده شود.

در جدول (8) مقادیر غلظت هایی از کلراید که به برگ گیاهان خسارت (سوختگی و زرد شدن برگ ها) وارد می نماید، ارائه شده است.

جدول (8): مقادیر غلظت کلراید آب که باعث صدمه دیدن برگ گیاهان می شود

Chloride concentrations causing foliar damage	
less than 175 mg/L	175–350 mg/L
almond	pepper
apricot	potato
citrus	tomato
plum	
grape	
many ornamentals	
350–700 mg/L	greater than 700 mg/L
barley	cauliflower
maize	cotton
cucumber	sugar beet
lucerne	sunflower
safflower	
sorghum	

Adapted: Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality 2000.

البته در آبیاری سطحی و یا قطره ای که آب مستقیماً با گیاه تماس ندارد، ظرفیت تحمل گیاه نسبت به کلراید افزایش می یابد اما در هر صورت هنوز حد تحمل غلظت کلراید برای اکثر گیاهان زراعی و مرتعی 360 تا 720 میلی گرم در لیتر خواهد بود. روش های اصلاحی در این شرایط، شبیه روش های اصلاحی در شرایط آب شور بوده که شامل ترقیق آب با آب دارای کیفیت خوب، توسعه زهکشی خاک، مدیریت آبیاری و در مورد مصارف خانگی، نمکزدایی خواهد بود.

9-2- اثر برن :

زمانی که غلظت برن در آب آبیاری کمتر از 0/5 میلی گرم در لیتر و یا بیش تر از 3 میلی گرم در لیتر باشد، خساراتی به برخی از گیاهان وارد خواهد شد. خوشبختانه برن به آسانی شسته خواهد شد و مقادیر بالای آن فقط بصورت موقت مشکل ایجاد می کند.

9-3- اثر سولفور :

سولفور موجود در آب برای گیاهان مشکلی ایجاد نمی کند اما برای دام و انسان مشکلاتی به همراه دارد.

- سولفات منیزیم آب را بد مزه کرده و مقدار PH آب با افزایش سولفور کاهش می یابد.
- مقادیر بالای سولفور در آب ممکن است باعث اسهال حیوانات و انسان شود. گاهی از اوقات ممکن است بوی ناشی از آن نیز مشکلاتی را به همراه داشته باشد.
- هوادهی و اکسیداسیون منبع آب می تواند مشکلات ناشی از سولفور را کاهش دهد.
- 9-4- اثر نیتрат ها، فسفرها و پتاسیم :
- معمولاً آب های سطحی دارای مقادیر کمی از این عناصر هستند. آب های زیرزمینی و یا پساب های آب آبیاری دارای مقادیر بالایی از عناصر یاد شده (مخصوصاً نیترات) می باشد.
- مقادیر کم این عناصر زینانی برای رشد گیاهان ندارد. ممکن است مقادیر غلظت بیشتر از 25 میلی گرم در لیتر در کاهش عملکرد برخی از گیاهان زراعی مؤثر باشد.
- نیترات ها و فسفات ها می تواند باعث افزایش رشد برخی از قارچ ها و گیاهان آبی شود.
- برای مصارف شرب انسان و دام، محدودیت هایی برای نیترات های موجود در آب وجود دارد که در استانداردهای آب شرب ارائه شده است.
- 10- کیفیت آب آبیاری برای کشت گیاهان در محیط های بدون خاک :
- برخی از گیاهان زینتی و یا صیفی جات و میوه ها در شرایط بدون خاک کشت می شود. در این شرایط می توان از جداول (9) و (10) استفاده نمود.

جدول (9): پارامترهای کیفی آب در شرایط کشت بدون بدون خاک

Table 11. Irrigation water analysis checklist for ornamentals, vegetables and fruit grown in soil-less media

Test/analysis/parameter	Suitability range	
pH	suitable for all plants	5.5 to 7.0
	possible phytotoxicity	< 5.0
	possible precipitation of salts, or consequent blockages in irrigation system; problems with effective fertilisation	> 7.5
EC (dS/m) (see Table 12)	sensitive crops	0 to 0.7
	low tolerance	0.7 to 1.3
	medium tolerance	1.3 to 3.0
	high tolerance	3.0 to 5.0
Alkalinity (mg/L CaCO ₃)	suitable for most plants	< 40
	increasing problems	40 to 120
	generally not suitable	> 125
Chloride (mg/L)	suitable for most plants	< 70
	tip burn on sensitive crops	< 200
	not suitable	> 400

Test/analysis/parameter	Suitability range	
Hardness (mg/L CaCO ₃)	soft water	< 75
	hard water	75 to 300
	very hard water	> 300
Nitrates (mg/L) (for plant growth)	suitable for most plants	< 10
	possible precipitation of salts and consequent blockages in irrigation system	> 25
Sodium (mg/L)	suitable for most crops	< 60
	unsuitable for many crops	> 120
Bicarbonate (mg/L)	suitable for most plants	< 90
	increasing problems with plant growth, staining and blockages in irrigation equipment	90 to 120
	unsuitable	> 500
Iron (mg/L)	no problems	< 0.2
	iron bacteria may develop	0.3 to 1.5
	staining and blockages in irrigation equipment	1.5 to 4.0
	very difficult to treat	> 4.0
Copper (mg/L)	suitable for most plants	< 0.02
	becoming excessive for indoor irrigation systems	> 0.05
	not recommended	> 0.2
Fluoride (mg/L)	maximum concentration for most plants	< 1.0
Zinc (mg/L)	suitable for most plants	> 0.2
	not recommended	< 2.0
Manganese (mg/L)	maximum concentration for irrigation	0.5
	will clog irrigation equipment	1.5
Boron (mg/L)	suitable for most plants	< 0.5
	not suitable for most plants	> 2.0
Aluminium (mg/L)	maximum concentration for most plants	5
Phosphorus (mg/L)	limit for phosphorus-sensitive plants	1
	limit for plants already supplied with phosphorus	15

Adapted from *Water quality and nursery crop nutrition* (K Bodman 2002, issue 2002/11 of The Nursery Papers series, Nursery and Garden Industry Australia).

جدول (10): مقاومت به شوری گیاهان مختلف به شوری آب آبیاری در شرایط کشت بدون بدون خاک

Note: The values and comments in these tables are indicative only. Seek advice for your specific situation.

Table 12. Tolerance of ornamental, vegetable and fruit plants (grown in soil-less media) to salinity in irrigation water EC_w

Irrigation water EC_w

Sensitive crops (less than 0.7 dS/m)

Ornamentals: african violet, azalea, begonia, camellia, dahlia, fuchsia, gardenia, hydrangea, magnolia, primula, violet

Vegetables: bean

Fruit: strawberry

Low tolerance crops (0.7 to 1.3 dS/m)

Ornamentals: *Acacia longifolia*, aster, bauhinia, geranium, gladiolus, lily, poinsettia, rose, strelitzia, tea tree, zinnia

Vegetables: capsicum (pepper), lettuce

Medium tolerance crops (1.3 to 3.0 dS/m)

Ornamentals: bottlebrush, carnation, chrysanthemum, heavenly bamboo, hibiscus, stock

Vegetables: cucumber, eggplant, rockmelon, tomato

High tolerance crops (3.0 to 5.0 dS/m)

Ornamentals: bougainvillea, New Zealand Christmas bush, oleander

Vegetables: zucchini

Very high tolerance (5.0 to 8.0 dS/m)

Ornamentals: banksia, coprosma, Norfolk Island pine, salt bush, she-oak

منابع مورد استفاده :

Farm water quality and treatment, NSW Department of Primary Industries

Agfact AC.۲, ۹th edition, April ۲۰۰۰

William Yiasoumi, Irrigation Officer, Hawkesbury

Lindsay Evans, Advisory Officer (Irrigated Soils), Deniliquin

Liz Rogers, Water Policy Officer, Orange

سایر منابع مرتبط :

ANZECC and ARMCANZ ۲۰۰۰, Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality, vol. ۱, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, paper no. ۴ in the National Water Quality Management Strategy, October.

DLWC ۱۹۹۶, Warning – blue-green algae, what you need to know, Department of Land and Water Conservation, Sydney (now available through the Department of Infrastructure, Planning, and Natural Resources).

Gillett, J ۱۹۹۸, Managing blue-green algae in farm dams, Agfact AC.۲۰, NSW Agriculture, Orange. [see www.dpi.nsw.gov.au]

Handreck, K and Black, N ۲۰۰۲, Growing Media for Ornamental Plants and Turf, ۳rd edn, UNSW Press, Sydney.

Mitrovic S ۱۹۹۷, What scum is that? algal blooms and other prolific plant growth, Department of Land and Water Conservation, Sydney (now available through the Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources).

Riverwise Advisory Notes for Rural Landholders ۱۹۹۴, Blue-Green Algae – Emergency Farm Water Supplies, Department of Water Resources (now available through the Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources).

Rolfe, C, Yiasoumi, W and Keskula, E ۲۰۰۰, Managing Water in Plant Nurseries, ۲nd edn, NSW Agriculture, Orange.

Stephens, R (ed.) ۲۰۰۲, Water quality and nursery crop nutrition, issue no ۲۰۰۲/۱۱, The Nursery Papers, Nursery and Garden Industry Australia. [internet http://www.ngia.com.au/publication_resources/NP_Pdf/NP_۲۰۰۲-۱۱.pdf]

Trounce B ۱۹۹۸, Aquatic weed control in small dams and waterways, Agfact P۷.۲.۱, NSW Agriculture, Orange.