

به نام خدا

# صرفه جویی انرژی در سیستم های تولید و توزیع بخار

افشین عابدی (هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلسی)

پاییز ۹۴

## مقدمه (خواص بخار)

### ■ فواید بخار:

- ✓ محتوای انرژی بسیار زیادی دارد و بنابراین سایز لوله های کمتری نیاز دارد.
- ✓ در دمای ثابت انتقال حرارت انجام می شود.
- ✓ تمیز، بدون رنگ و بدون بو است.
- ✓ استریل کننده است.
- ✓ برای انتقال نیاز به پمپاژ ندارد.
- ✓ کنترل آن به آسانی انجام می شود.

## مقدمه (خواص بخار)

### ■ مشکلات بخار:

✓ هزینه ی اولیه ی بالا به علت تجهیزات جانبی زیاد

✓ هزینه تعمیر و نگهداری بالا

- نشت بخار

- خرابی تجهیزات جانبی مخصوصا تله های بخار

- افت حرارت به علت فلاشینگ بخار و کندانس

- پرت انرژی به علت بلودان (زیرکشی بویلر)

## مقدمه (مقایسه خواص بخار با آب روغن داغ)

Table 1 Important features of different heating media

	<b>Steam</b>	<b>HTHW</b>	<b>Hot oil</b>
Heat content	High (approx. 2,100 kJ/kg)	Moderate (Specific heat = 4.2 kJ/kg °C)	Low (Specific heat = 1.6 - 3.0 kJ/kg °C)
Source cost	Cheap, but some water treatment	Cheap (only occasional dosing)	Expensive
Heat transfer coefficient	Good (Relative = 1)	Moderate (Relative = 0.6)	Relatively poor (Relative = 0.3)
Circulating pump required	No	Yes	Yes
Pipework size	Small	Large	Large
Pressure needed for high temperature	High	High	Low
Flash loss problems	Yes	No	No
Corrosion problems	Possible	Less likely	Unlikely

# سیستم‌های بخار

■ سیستم‌های بخار از چهار بخش تشکیل می شوند:

✓ بویلر و تجهیزات جانبی آن (سیستم تولید بخار)

✓ سیستم توزیع بخار

✓ مصرف کننده نهایی

✓ سیستم برگشت کندانس

# مهمترین خواص بخار

- ✓ فشار بخار
- ✓ دمای نقطه جوش در فشار متناظر
- ✓ مقدار حرارت محسوس آب گرم در فشار متناظر
- ✓ مقدار حرارت نهان تبخیر آب
- ✓ کل انرژی موجود در بخار
- ✓ حجم ویژه ی بخار (حجم واحد جرم بخار)

# مهمترین خواص بخار

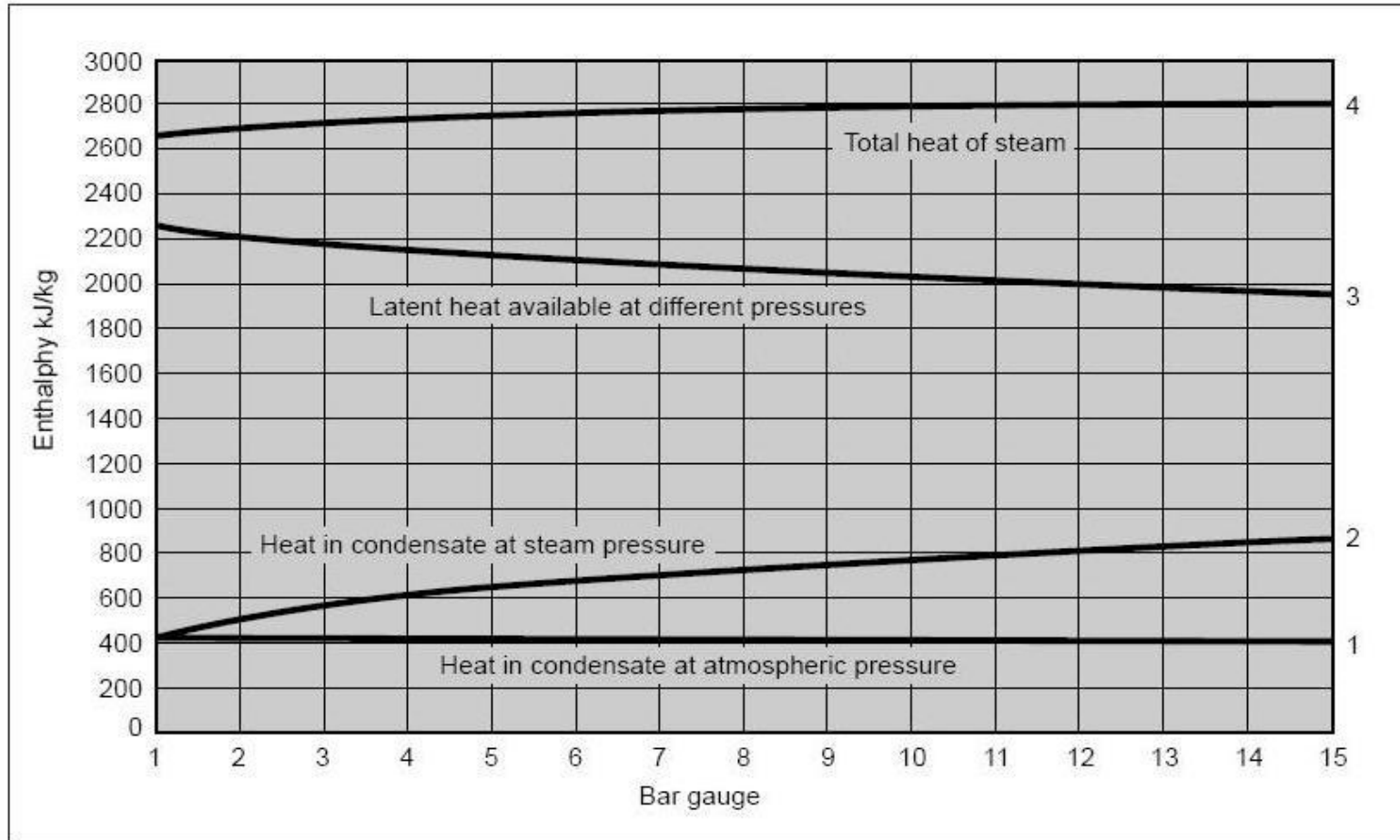


Fig 1 The properties of steam

# انواع بویلرهای بخار

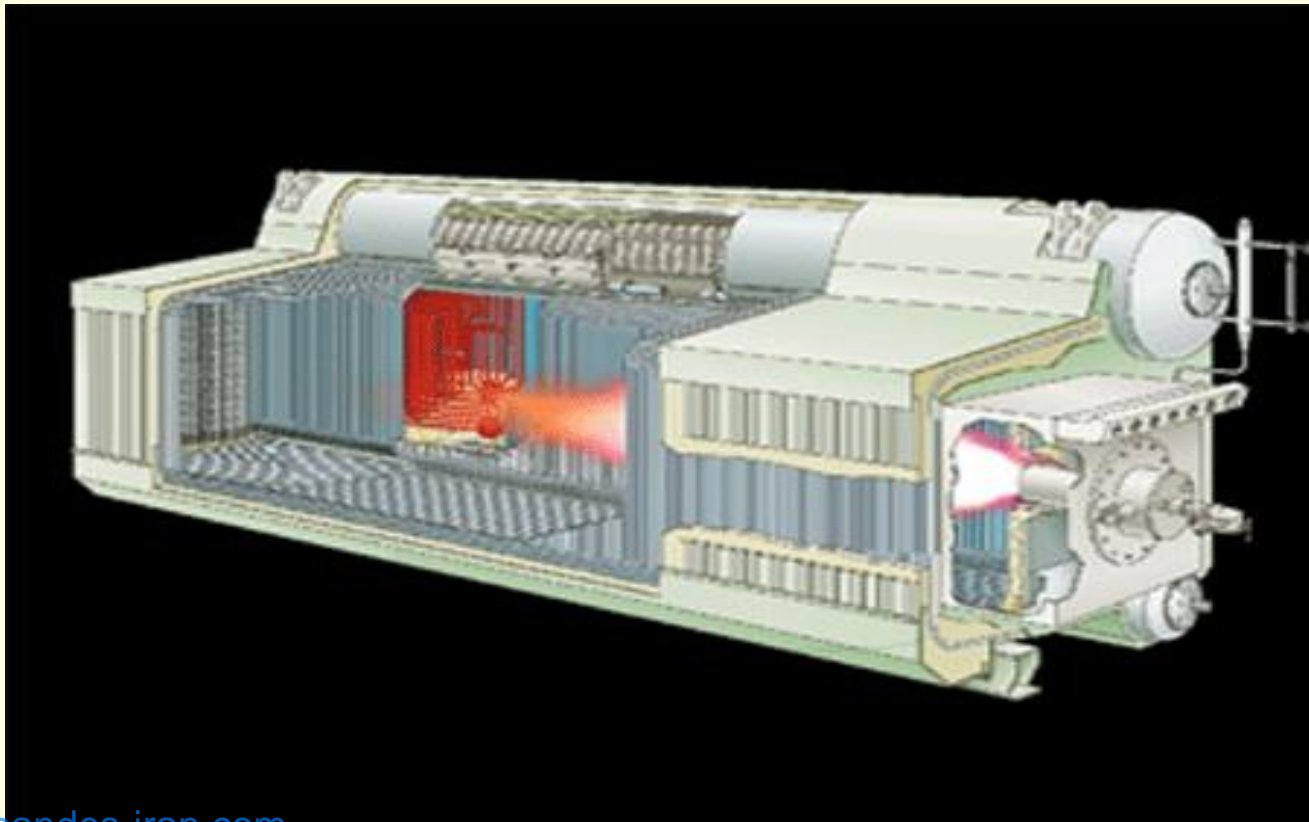
**بویلرهای فایر تیوب:** گازهای احتراق داخل لوله و آب در اطراف آن جریان دارد. قطر لوله ها بین ۲/۱ اینچ تا ۴ اینچ می باشد.





# انواع بویلرهای بخار

**بویلرهای واتر تیوب:** آب داخل لوله و گازهای احتراق در اطراف آن جریان دارد. قطر لوله ها آب بین ۵ اینچ تا ۶ اینچ می باشد. وقتی بخار تولیدی **بیش از ۱۰ تن در ساعت و فشار آن بیش از ۲۰ بار باشد** از این نوع بویلر استفاده می شود.



# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

الف- کنترل تلفات گازهای خروجی از دودکش:

۱- کنترل نسبت هوا به سوخت:

هوای اضافی بیش از حد مجاز = افزایش تلفات گازهای خروجی = افزایش هزینه  
هوای اضافی کمتر از حد مجاز = افزایش درصد سوخت محترق نشده = کاهش راندمان + دود

- میزان هوای اضافی برای بویلرهای کوچک با سوخت گازی یا مایع = ۱۵٪
- میزان هوای اضافی برای بویلرهای بزرگ با سوخت گازی یا مایع = ۱۰٪ - ۵٪
- میزان هوای اضافی برای سوخت جامد = ۵۰٪ - ۱۰٪

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

## ۱- کنترل نسبت هوا به سوخت:

مثال:

درصد هوای اضافی = ۴۰٪

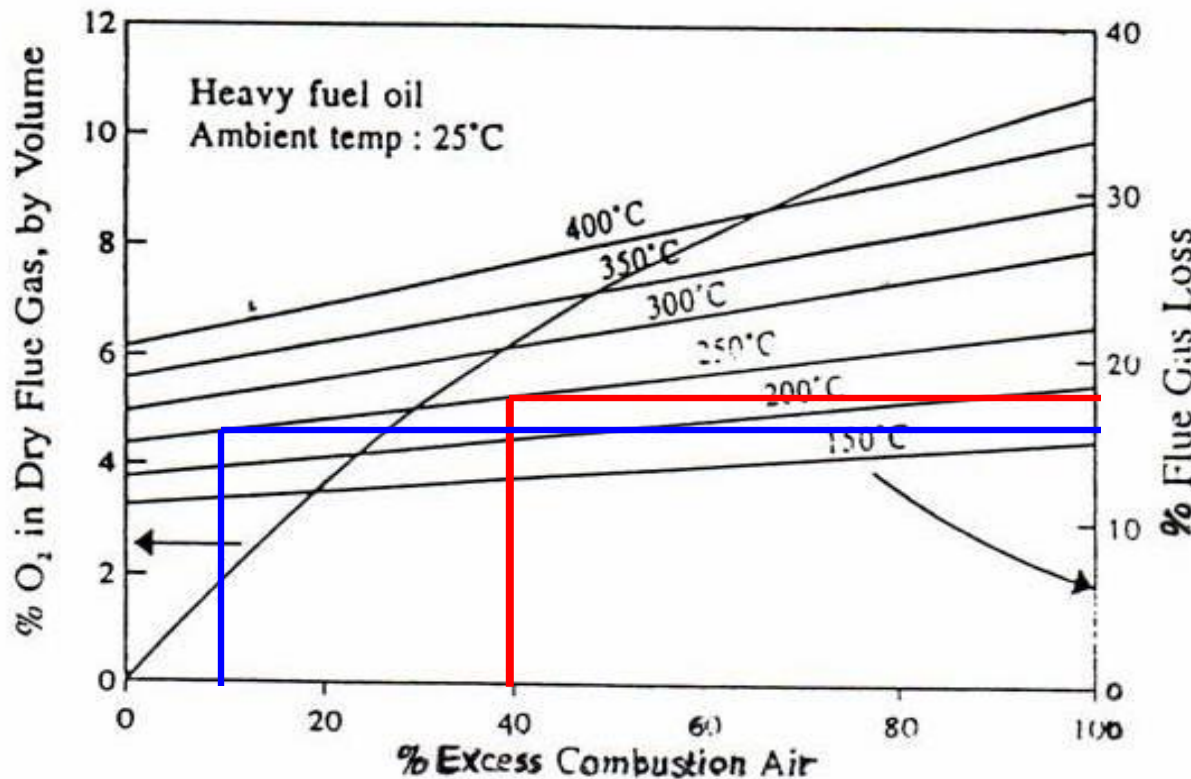
دمای دودکش = ۲۵۰

تلفات دودکش = ۱۸٪

درصد هوای اضافی = ۱۰٪

دمای دودکش = ۲۵۰

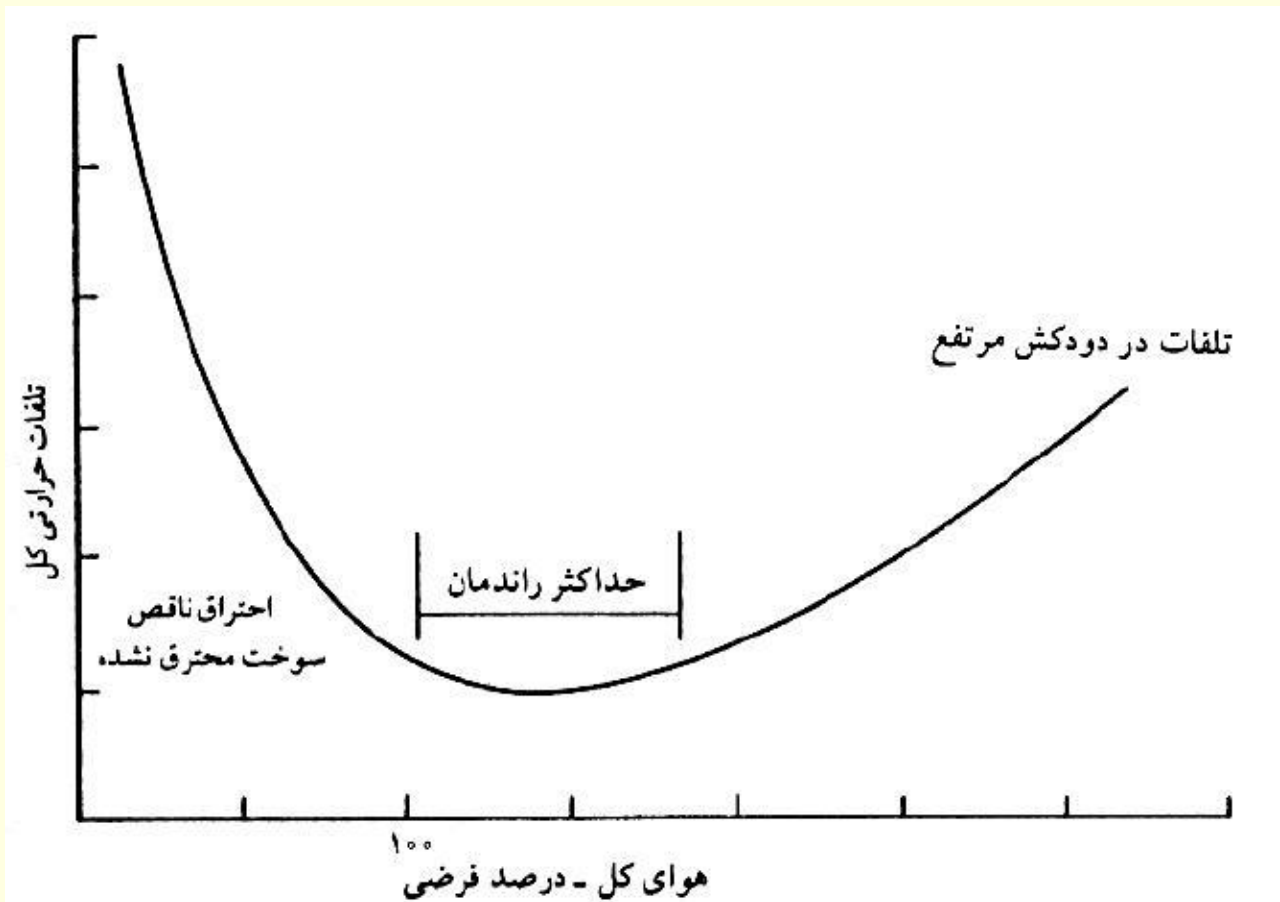
تلفات دودکش = ۱۶٪



نمودار ۱- تلفات گازهای خروجی بر اساس درصد هوای اضافی

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

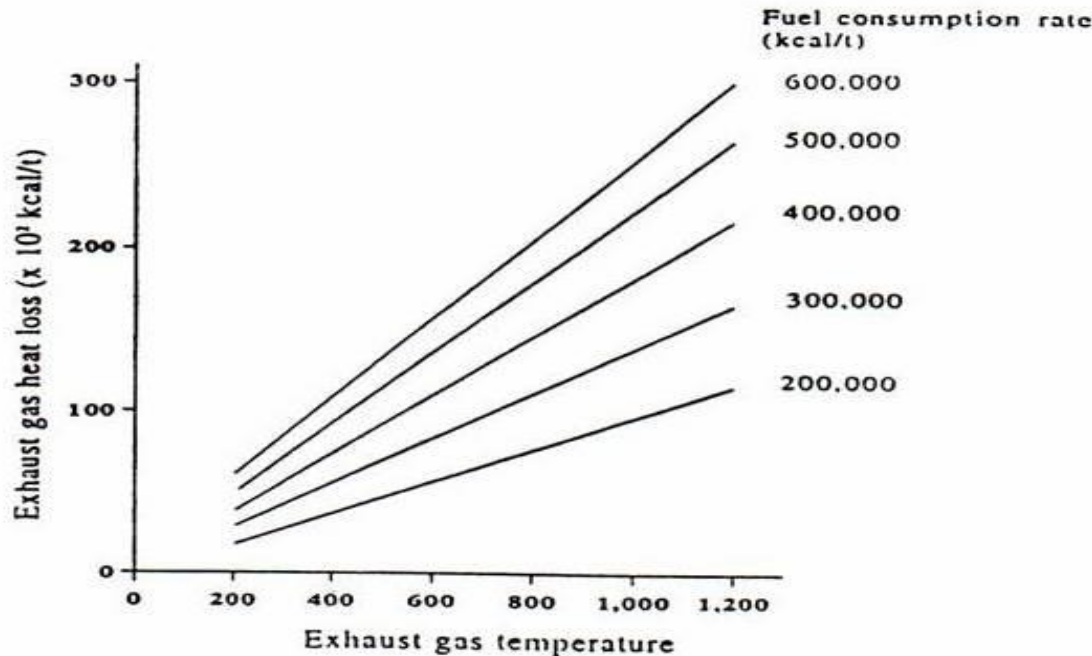
۱- کنترل نسبت هوا به سوخت:



# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

## ۲- کنترل دمای گازهای خروجی:

دمای نرمال گازهای خروجی = دمای نقطه شبنم + ۲۰ درجه سانتی گراد  
دمای نقطه شبنم = ۱۷۵ - ۱۳۰ درجه سانتی گراد



### تلفات دودکش در سوخت های مختلف

تلفات	سوخت
۱۰	زغال سنگ
۱۰/۲	نفت کوره
۱۳/۹	متان
۱۳/۴	گاز طبیعی

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

## ۲- کنترل دمای گازهای خروجی:

جدول زیر میزان تلفات دودکش را بر حسب درصد  $CO_2$  و دمای گازهای خروجی نشان می دهد.

دمای گازهای خروجی			درصد $CO_2$ در گازهای خشک
$300^{\circ}C$	$200^{\circ}C$	$100^{\circ}C$	
۱۴/۹	۹/۴	۴	%۱۰
۱۲/۶	۷/۹	۳/۳	%۱۲
۱۰/۹	۶/۸	۲/۹	%۱۴

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

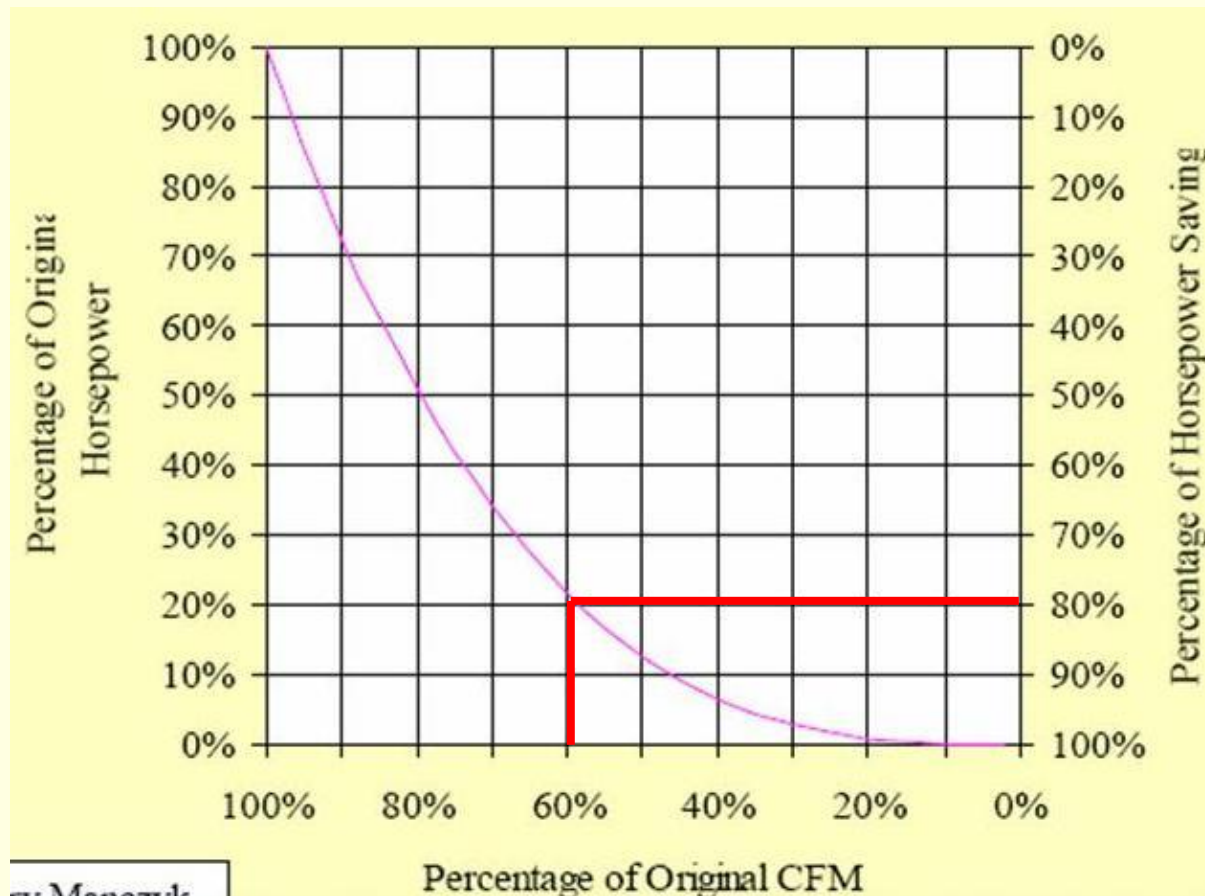
## ب- تلفات تابشی و جابجایی:

این تلفات برای بویلرهای مدرن بسیار پایین و حدود ۱-۲ درصد در ماکزیمم ظرفیت حرارتی می باشد ولی برای بویلرهای قدیمی تا ۱۰٪ هم می رسد.

که محاسبه این تلفات و اندازه گیری آن بسیار مشکل می باشد و معمولاً به طریق انرژی بالانس بدست می آید و در بار کامل مقدار این تلفات کاهش می یابد.

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

پ- استفاده از سیستم کنترل دور متغیر برای فن های بویلر:





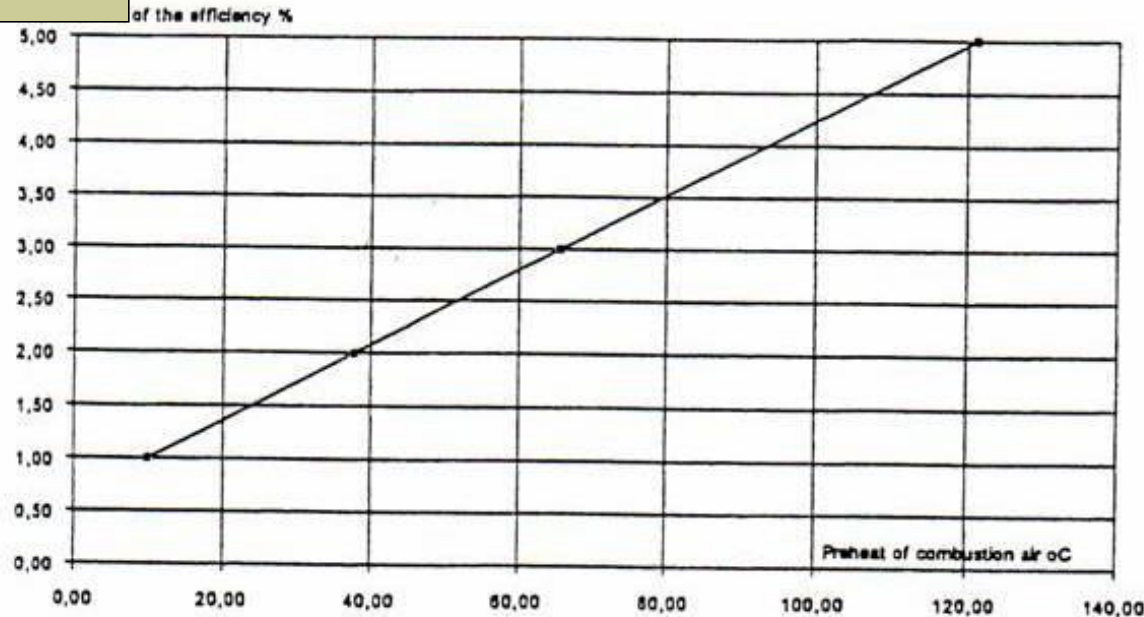
# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ت- پیش گرمایش هوای احتراق:

به ازای هر ۲۵ درجه سانتی گراد افزایش دمای هوای احتراق، راندمان بویلر حدود

۱٪ افزایش می یابد.

درصد بهبود راندمان

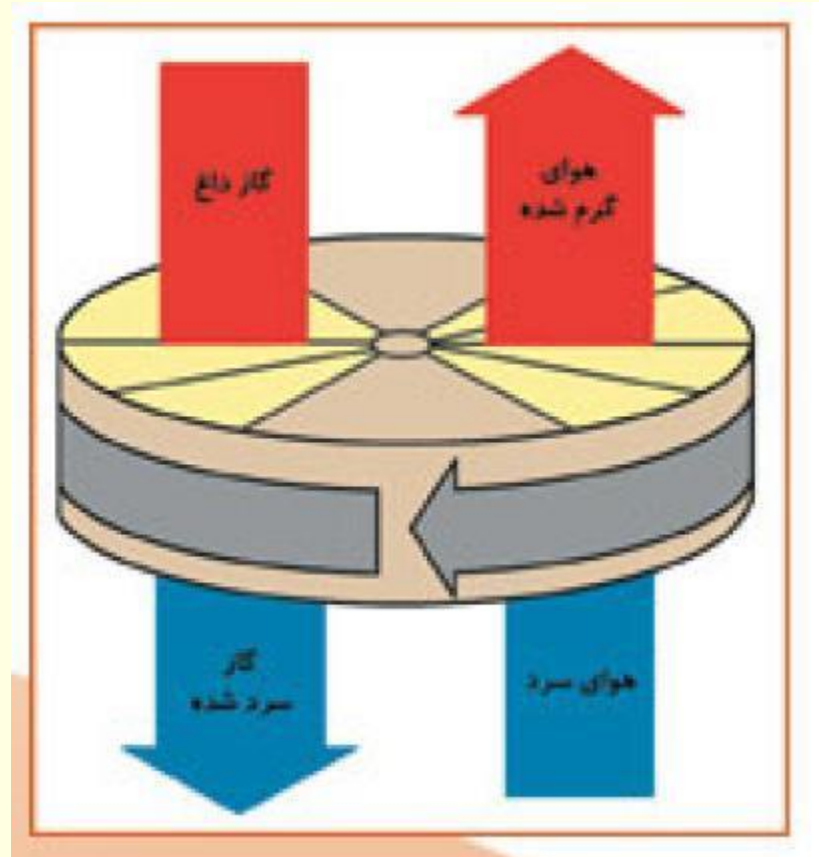
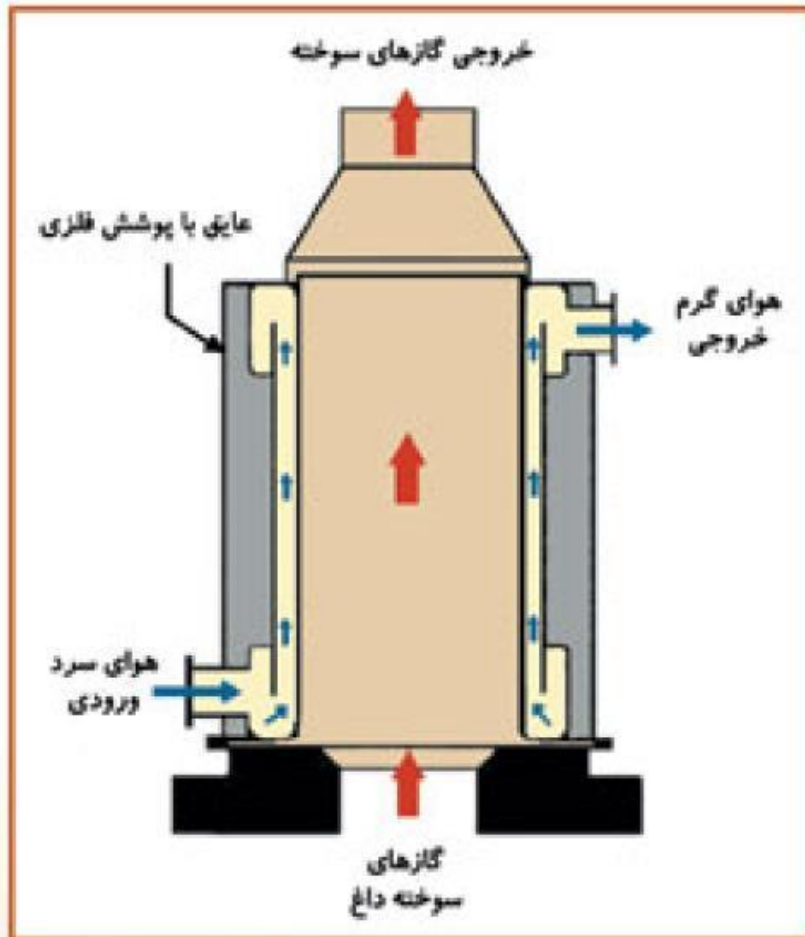


Energy saving air preheater

دمای پیش گرمایش هوا

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ت- پیش گرمایش هوای احتراق:



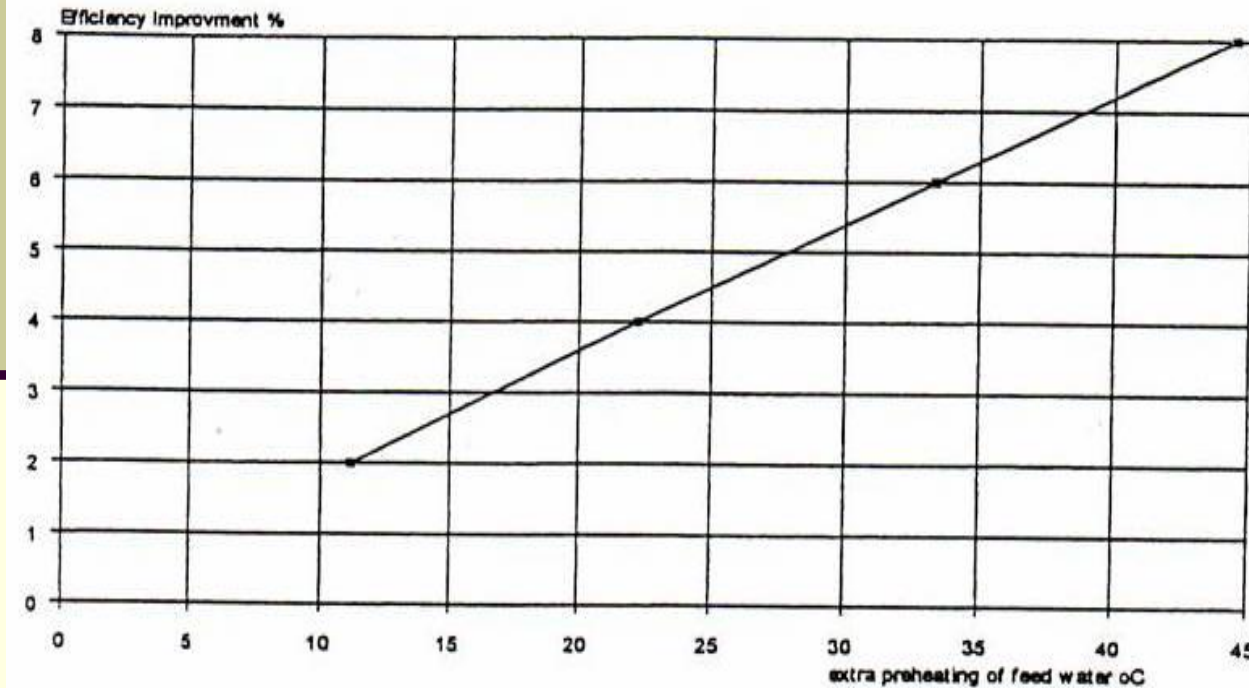
# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ث- پیش گرمایش آب تغذیه با اکونومایزر:

به ازای هر ۶ درجه سانتی گراد افزایش دمای آب تغذیه، مصرف سوخت بویلر حدود

درصد بهبود راندمان

۱٪ کاهش می یابد.

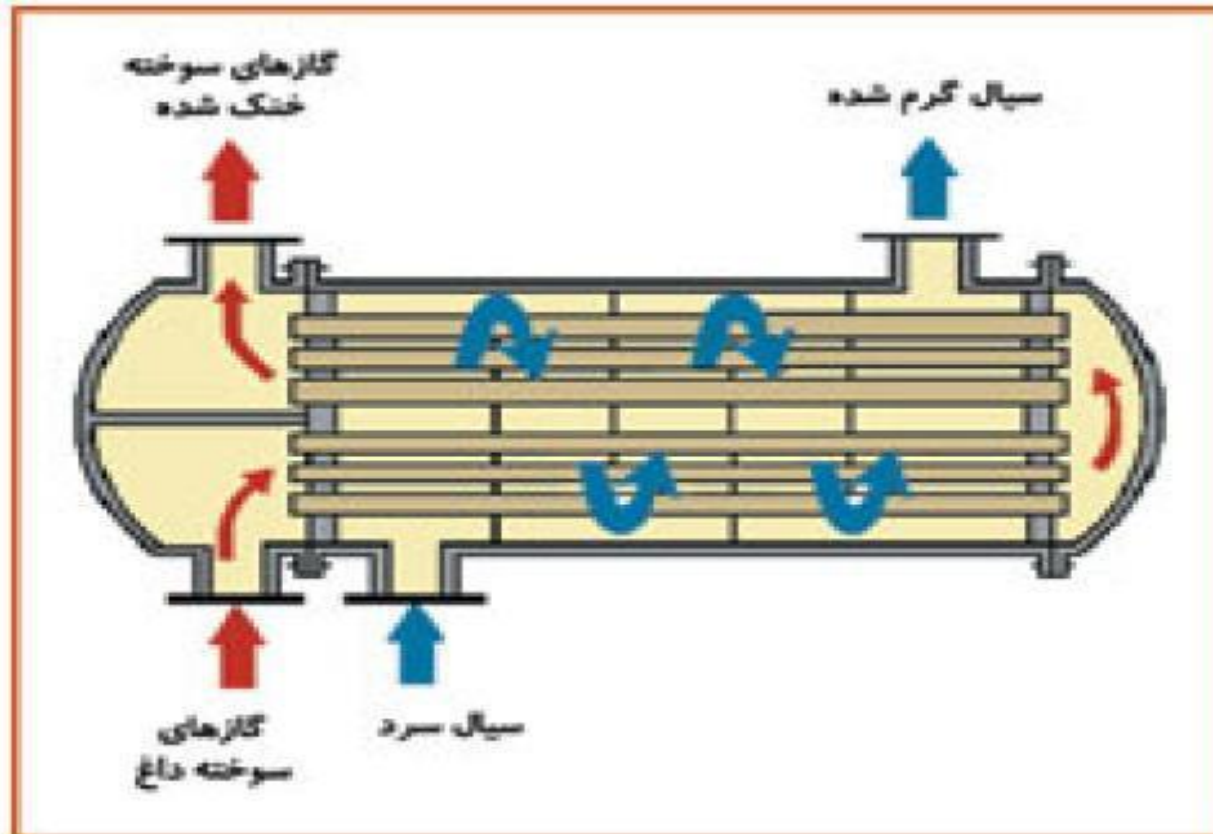


دمای پیش گرمایش آب

Energy saving with feed water preheat

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ث- پیش گرمایش آب تغذیه با اکونومایزر:



# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ج- نیاز به کنترل ذرات نامحلول در آب و بلودان:

افزایش سختی آب = رسوب در سطوح انتقال حرارت = کاهش انتقال حرارت =

کاهش راندمان

اندازه گیری TDS:

- استفاده از چگالی آب
- استفاده از ضریب هدایت حرارتی آب

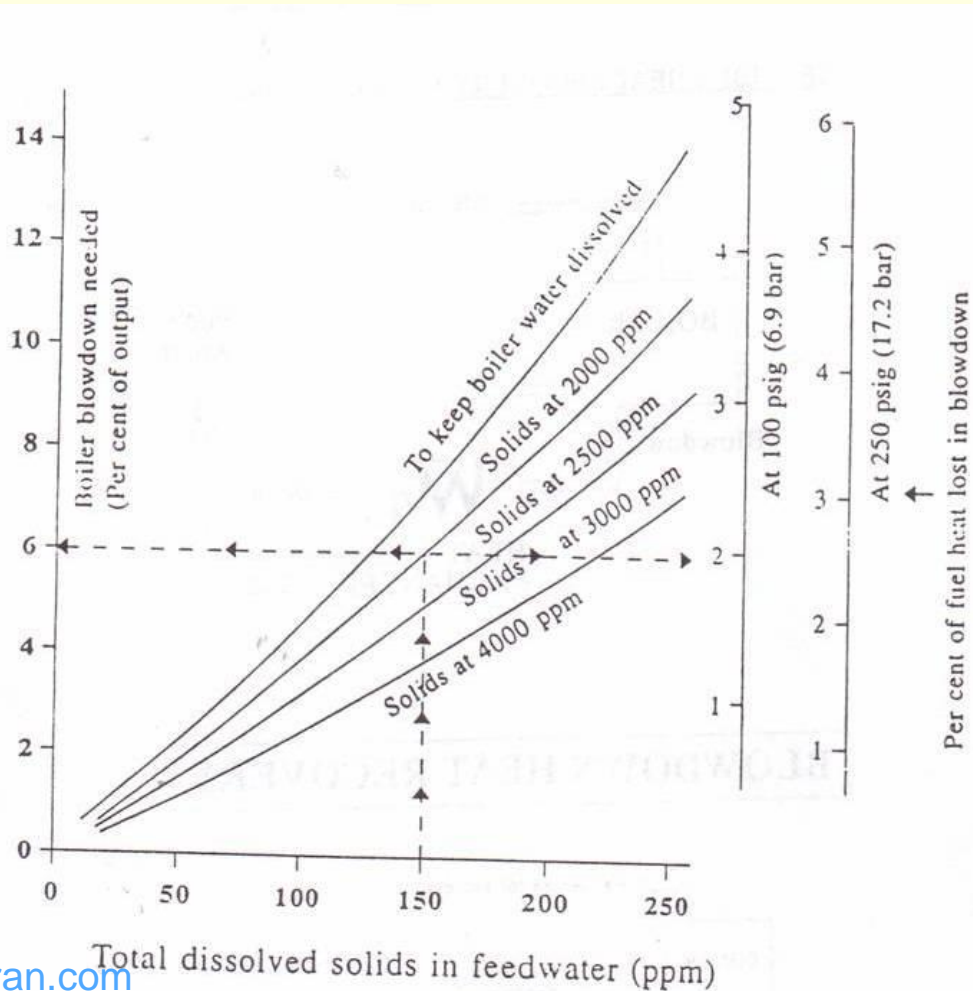
# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ج- نیاز به کنترل ذرات نامحلول در آب و بلودان:

فشار کاری دیگ (bar g)	میزان صرفه جوئی در مصرف سوخت برای کاهش Blowdown بمیزان یک درصد
7	0.19%
10	0.21%
17	0.25%
25	0.28%

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ج- نیاز به کنترل ذرات نامحلول در آب و بلودان:

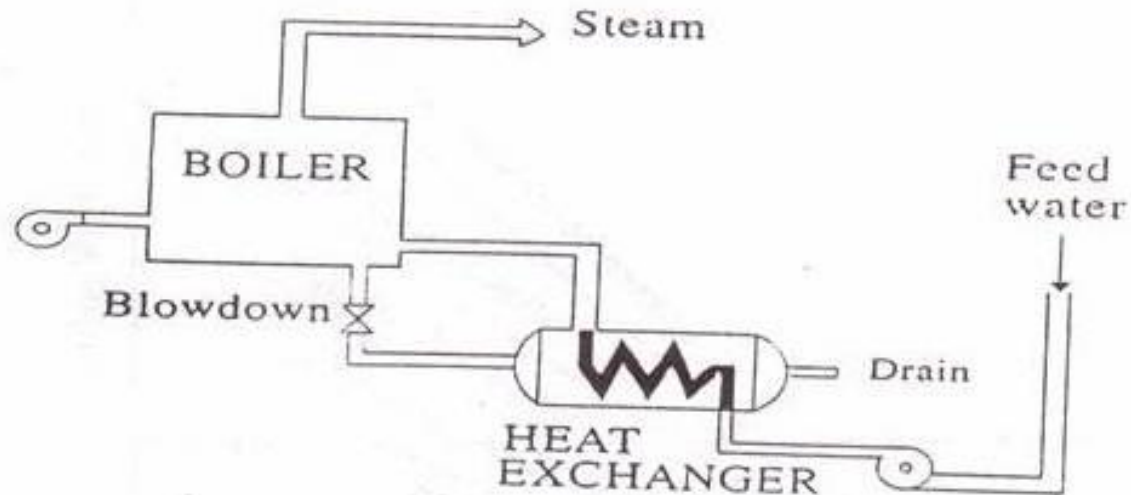


# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ج- نیاز به کنترل ذرات نامحلول در آب و بلودان:

## BLOWDOWN HEAT RECOVERY

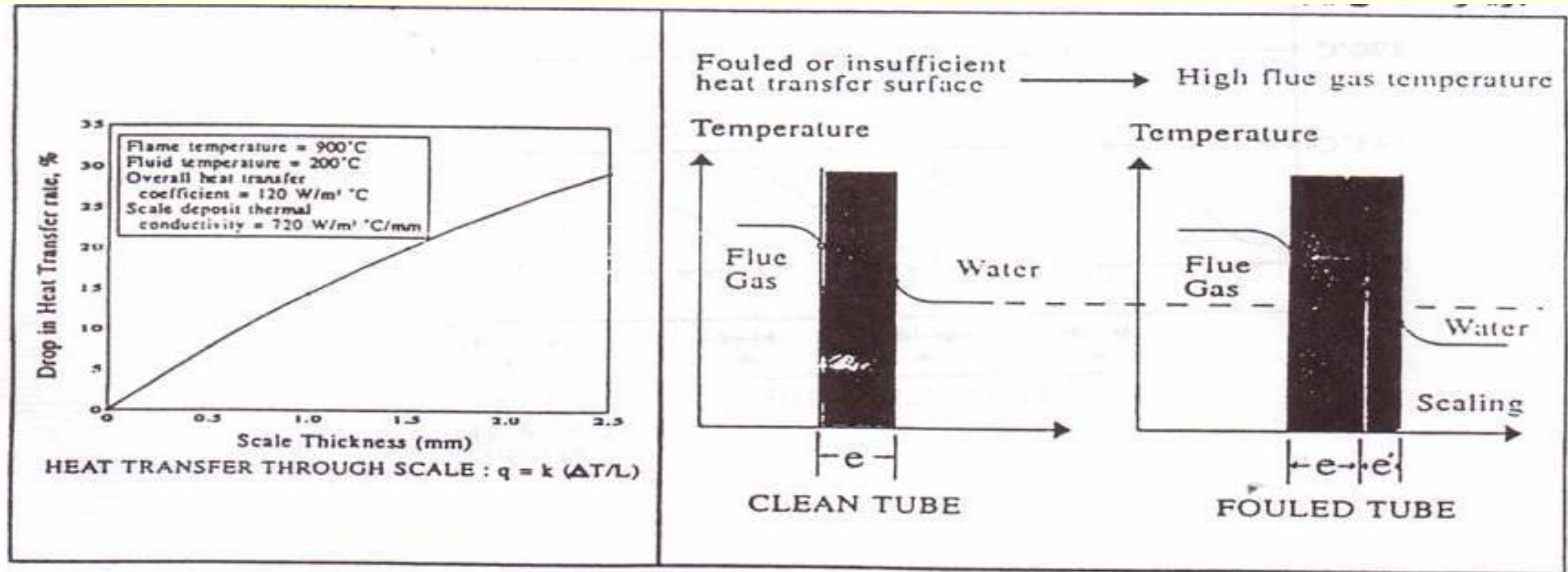
SENSIBLE HEAT RECOVERY: Simple and cheap





# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

چ- دوده زدایی:



نمودار ۷- درصد کاهش انتقال حرارت بر حسب ضخامت جرم داخل لوله‌ها

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

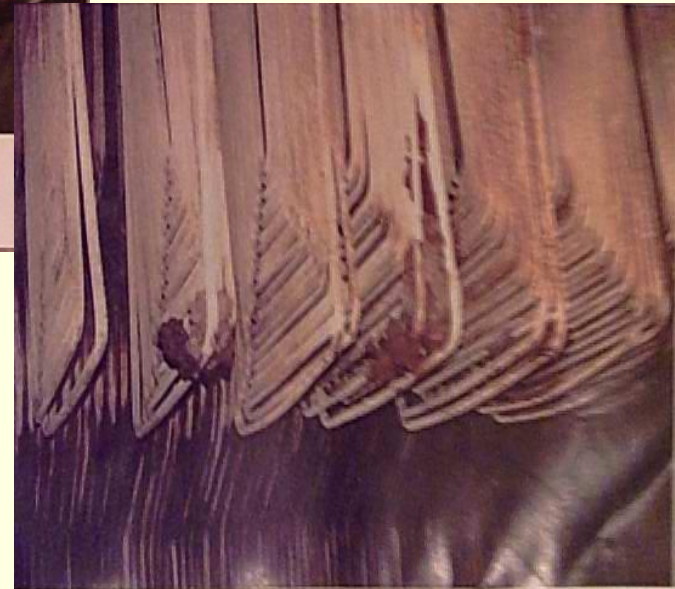
چ- دوده زدایی:



Before



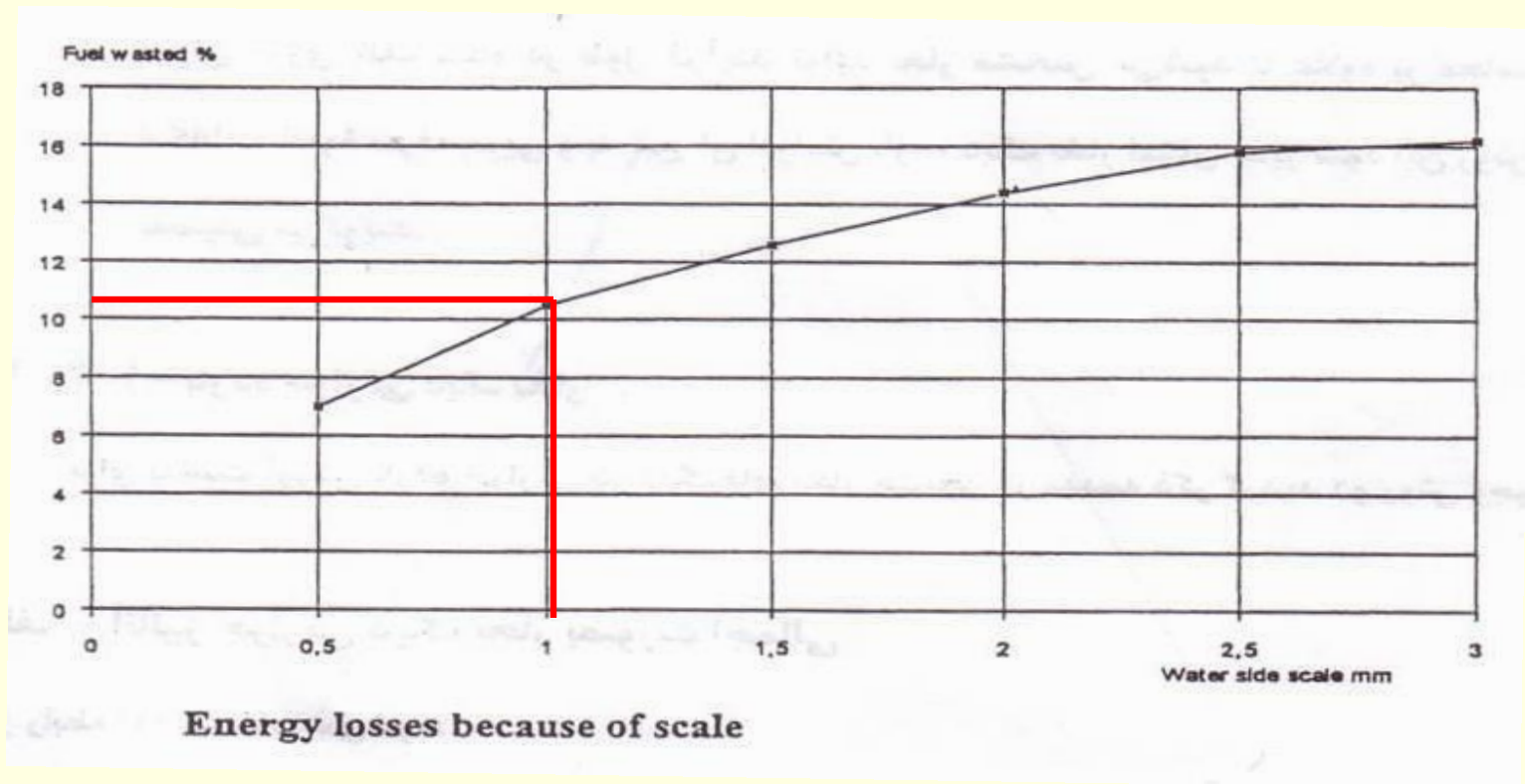
During



After

# راه های افزایش راندمان بویلرهای بخار

ح- تصفیه آب:



## وظیفه و نقش تله بخار

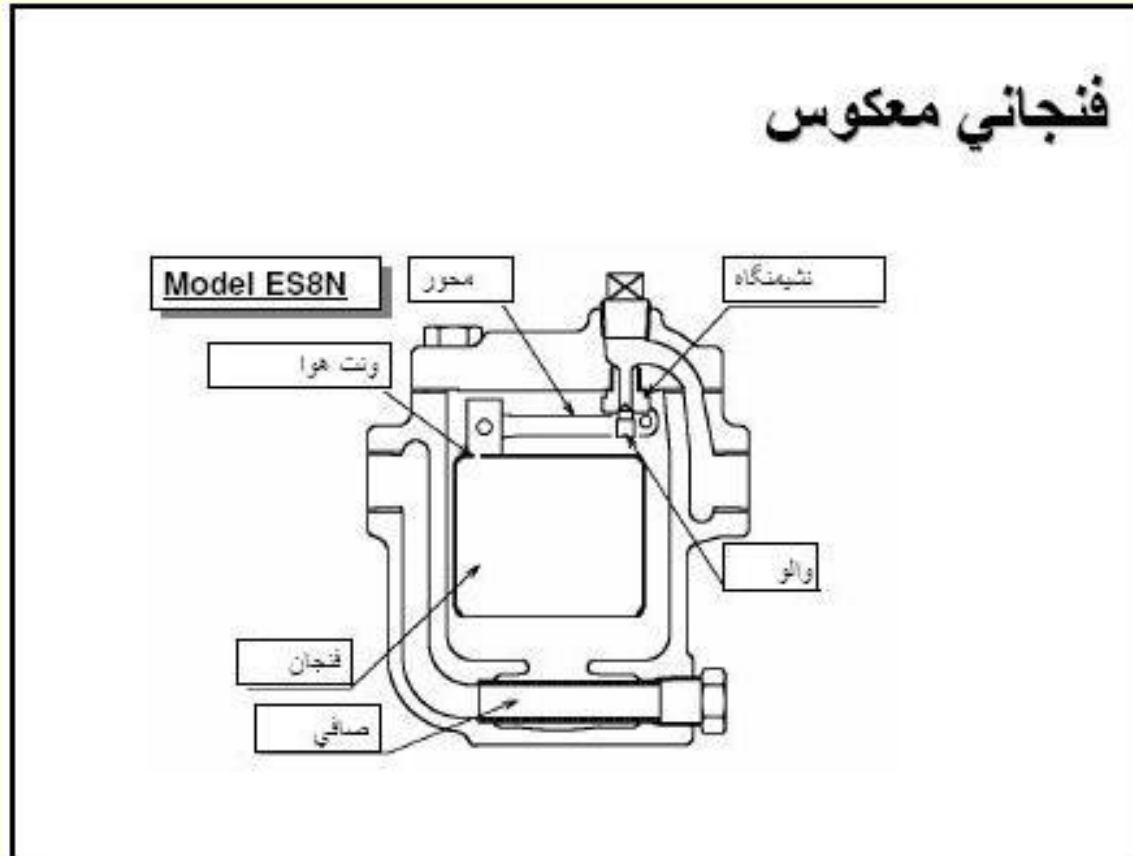


**تله بخار چیست؟** تله بخار شیر اتوماتیکی است که با رسیدن تقطیرات به آن، مسیر را باز نموده و با عبور بخار بسته می شود نقش آن در صرفه جویی انرژی بالاتر از آن چیزی است که فقط در انتهای خطوط لوله بخار نصب شود.

## تقسیم بندی تله های بخار

گروه	اصول کار	مدل نمونه
مکانیکی	تغایز بین اختلاف دانسیته بخار و تقطیرات	نوع فنجان‌ی یا سطحی
مکانیکی ترموستاتیکی	اختلاف دانسیته بین تقطیرات و بخار و درجه حرارت آنها	نوع با تویی شناور
ترموستاتیکی	اختلاف دما بین بخار و تقطیرات	نوع بی مثال
ترمو دینامیکی	اختلاف بین خواص ترمودینامیکی هیدرو دینامیکی تقطیرات و بخار	نوع دیسکی

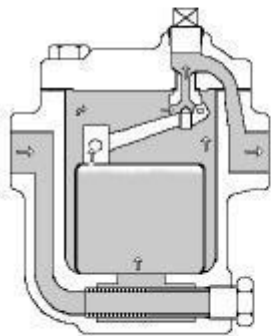
# تله های بخار



# تله های بخار

## اصول کار تله بخار از نوع فنجان معکوس (۱)

راه اندازی



تخلیه هوا و تقطیرات دما پایین

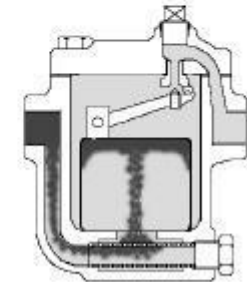
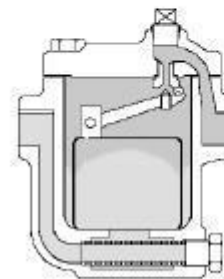
در راه اندازی هوا تحت فشار تقطیرات دما پایین از طریق والو تخلیه می‌شود.

## اصول کار تله بخار از نوع فنجان معکوس (۲)

سبب تقطیرات دما بالای داخل اطراف فنجان یا سطل از طریق والو تخلیه می‌شود

جریان تقطیرات دما بالا

جریان بخار

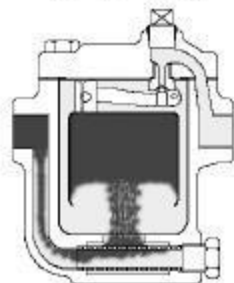


# تله های بخار

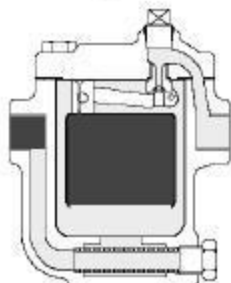
## اصول کار تله بخار از نوع فنجان معکوس (۳)

موقعی که به دنبال تقطیرات داغ بخار به داخل تله وارد می شود فنجان به بالا حرکت کرده و والو را می بندد و تا زمانی که بخار موجود باشد والو همچنان بسته می ماند.

فنجان به بالا حرکت می کند



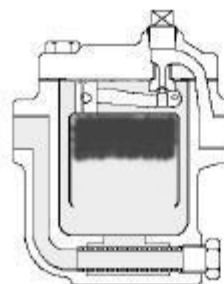
تیر بسته می ماند



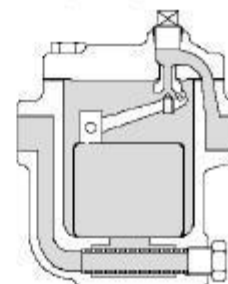
## اصول کار تله بخار از نوع فنجان معکوس (۴)

اگر کندانسیت دوباره به تله وارد شود فنجان به خاطر کاهش نیروی شناوری غوطه ور خواهد شد و تله تخلیه بیوسته کندانسیت را با توجه به میزان تقطیرات تولید شده تکرار خواهد کرد.

جریان تقطیرات

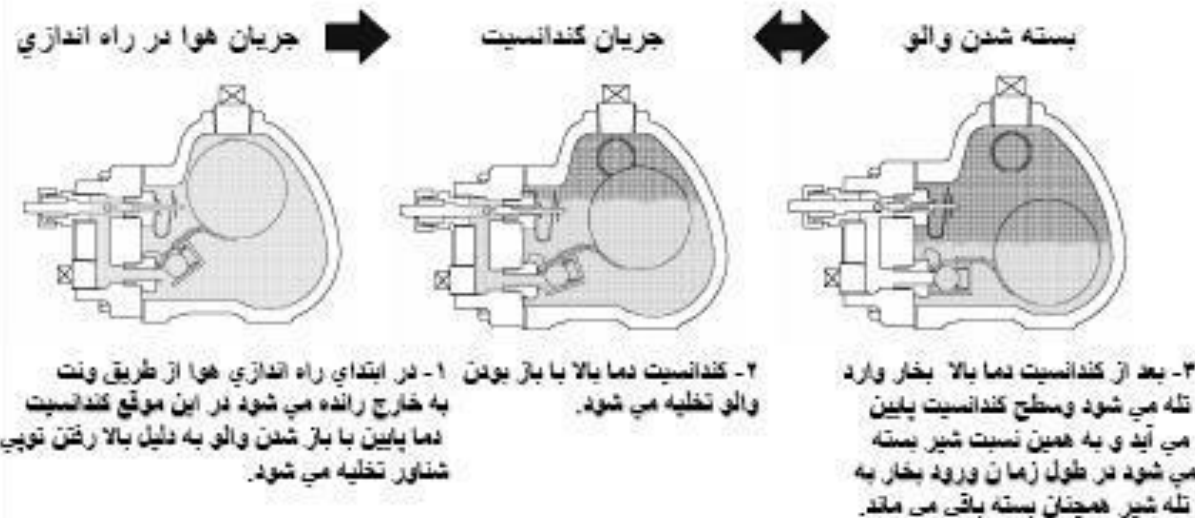


کاهش نیروی شناوری





## طرز کار تله بخار مکانیکی با تویی شناور

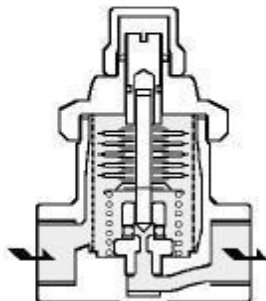
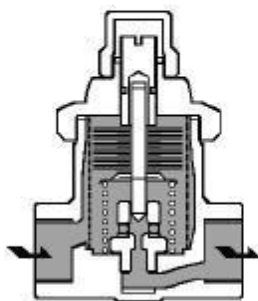


# تله های بخار

## طرز کار تله بخار ترموستاتیکی کنترل دما (۱)

جریان هوا در راه اندازی

جریان گنداسیت دما بالا

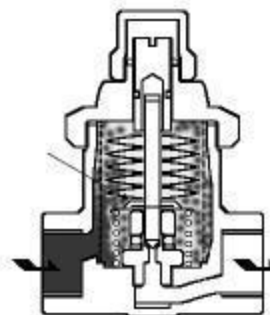


تخلیه هوا و گنداسیت دما پایین

بی متال در اثر دمای گنداسیت خم می شود

## طرز کار تله بخار ترموستاتیکی (۲)

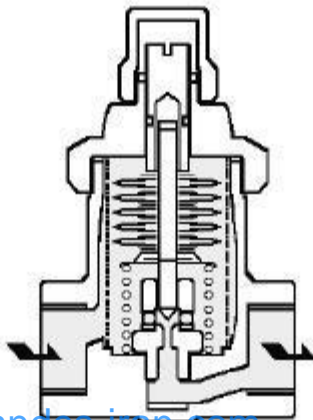
والو بسته می شود



بی متال خم می شود و شیر را می بندد

## طرز کار تله بخار ترموستاتیکی (۳)

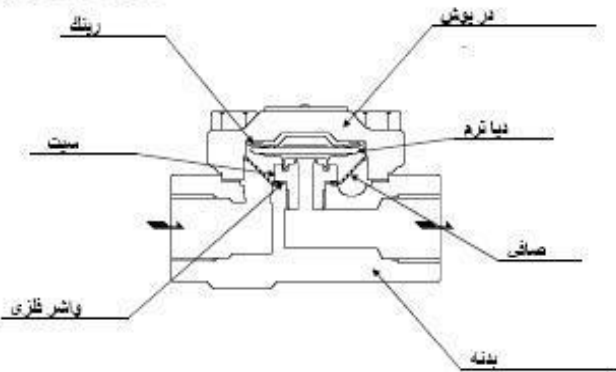
تخلیه گنداسیت



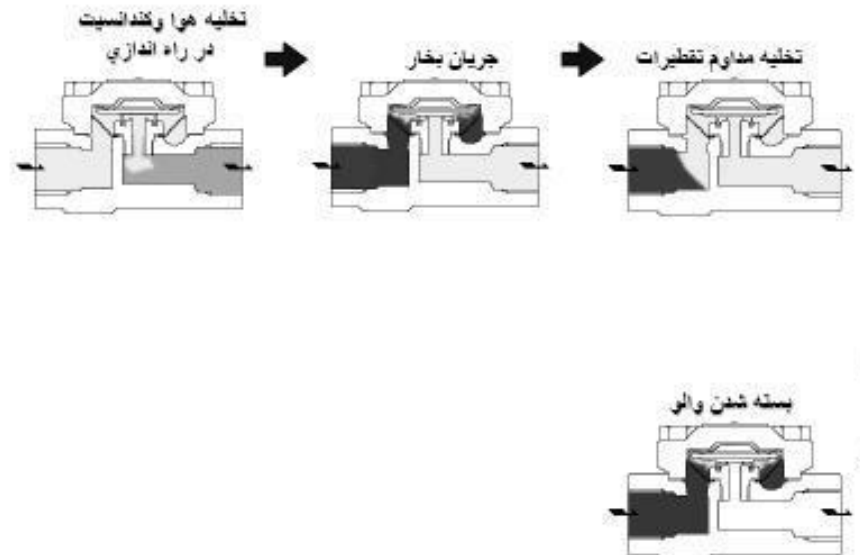
# تله بخار ترموستاتیکی نوع دیافراگمی

# تله های بخار

## Feature of Parts

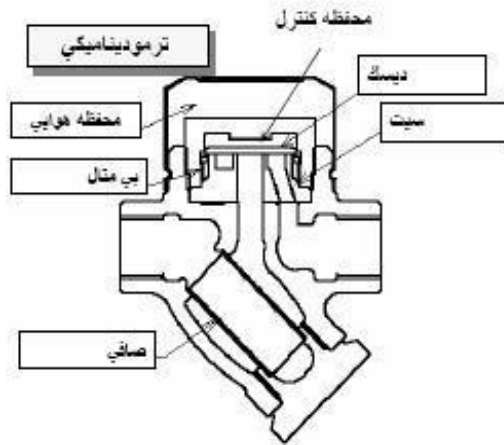


## طرز کار تله بخار ترموستاتیکی نوع دیافراگمی

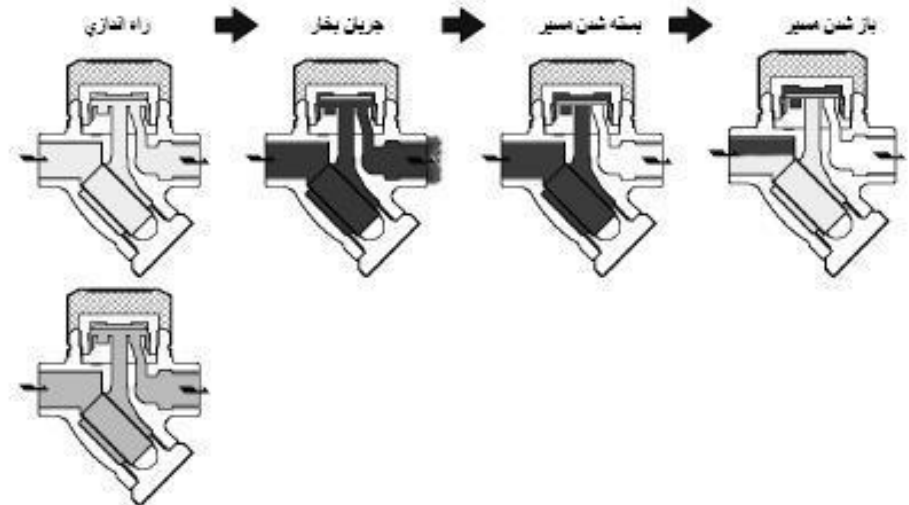


# تله های بخار

## تله بخار دیسکی



## اصول کار تله بخار دیسکی



# تله های بخار

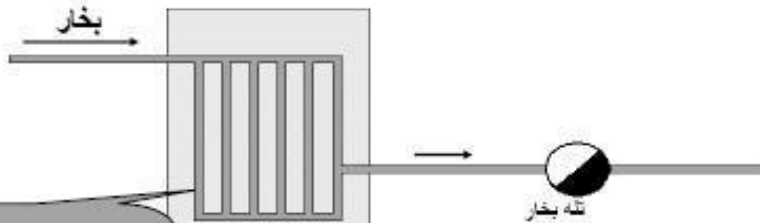
## خلاصه

	دیسک	شعانی	شاور	دیافراگمی	بی متال/کنترل دما
فشار	کم متوسط ~	کم زیاد ~	کم زیاد ~	کم متوسط ~	خیلی کم زیاد
ظرفیت	متوسط ~ کم	زیاد ~ کم	خیلی کم زیاد	متوسط ~ کم	کم متوسط ~
ترین	منقطع	منقطع	پیوسته	پیوسته	پیوسته
قیمت	1	1.2	1.2	1	1.5
صرفه جویی انرژی	ضعیف	خوب	خوب	خوب	خیلی خوب

# تله های بخار

## نکاتی که در نصب باید ملاحظه گردد:

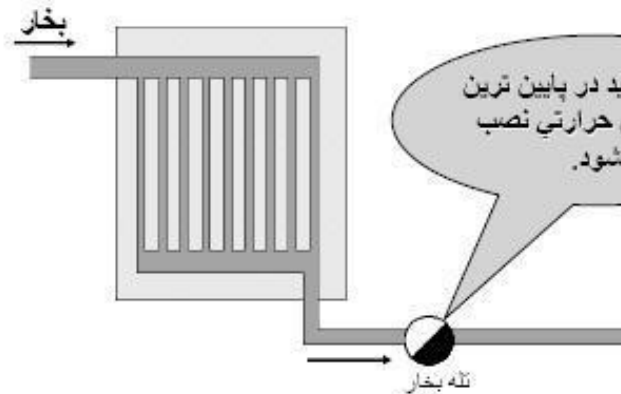
در صورتیکه لوله تخلیه کندانسیت در محل مناسبی نصب نشود کندانسیت می تواند در مبدل حرارتی باقی بماند.



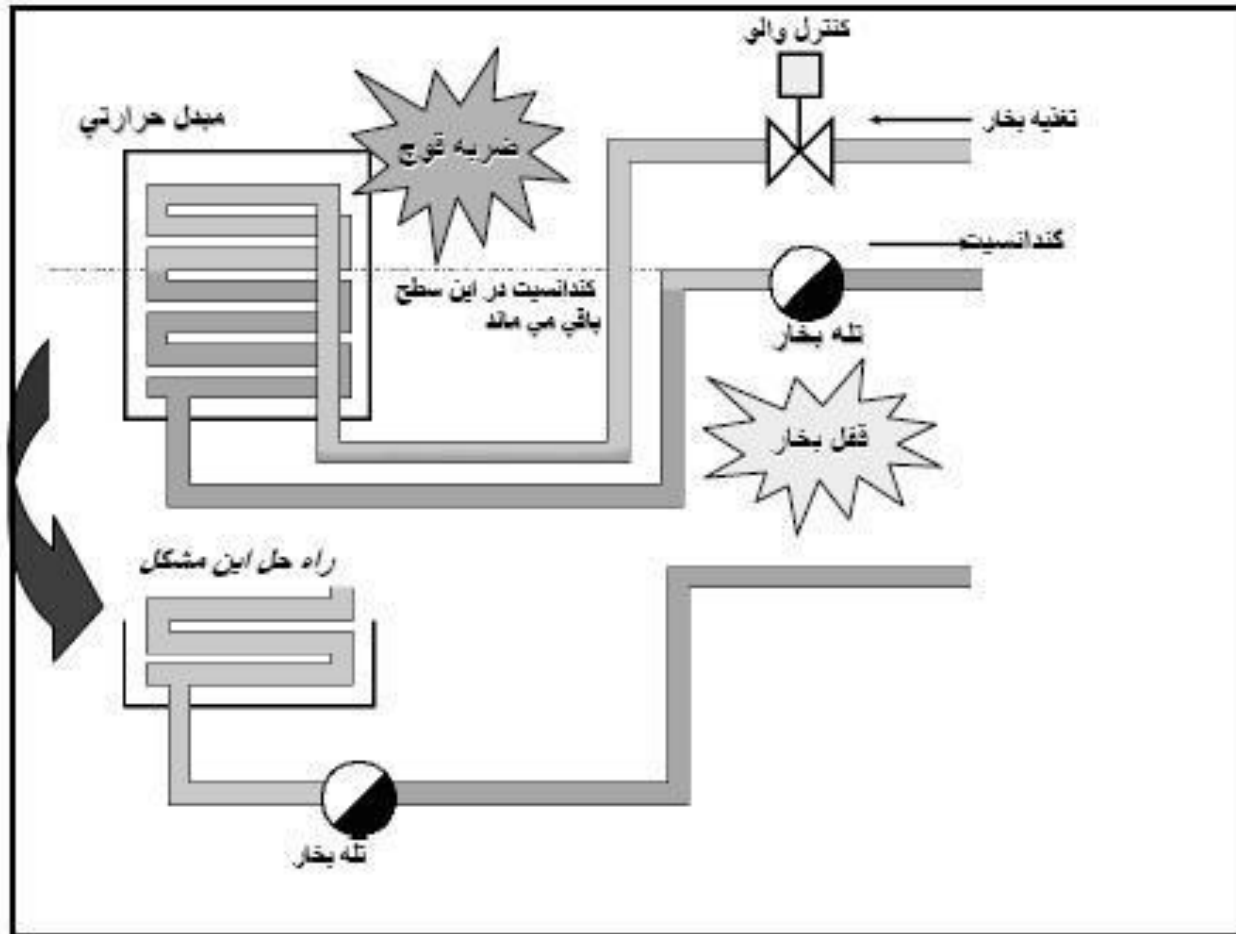
کندانسیت باقی مانده آثار نامطلوبی مانند کاهش رانندگی حرارتی دارد

## محل صحیح نصب تله بخار

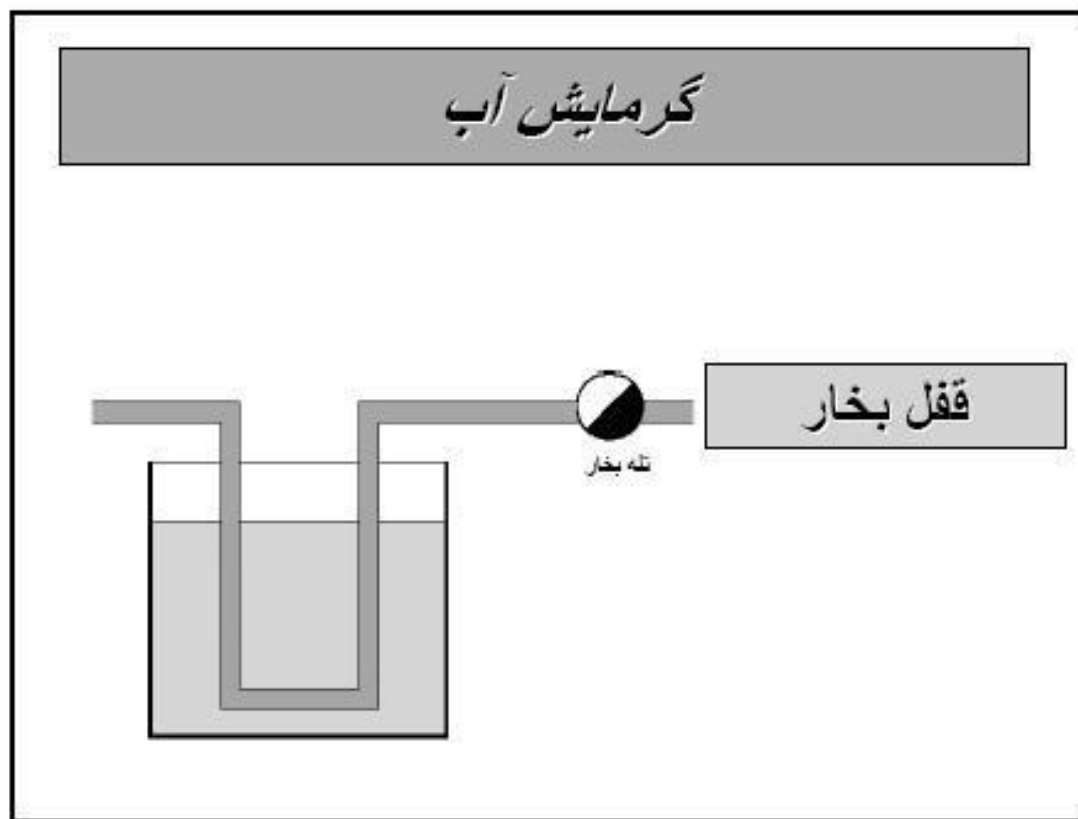
لوله تخلیه کندانسیت باید در پایین ترین نقطه سیستم لوله کشی شیب آن به طرف تله بخار باشد.



# تله های بخار



# تله های بخار

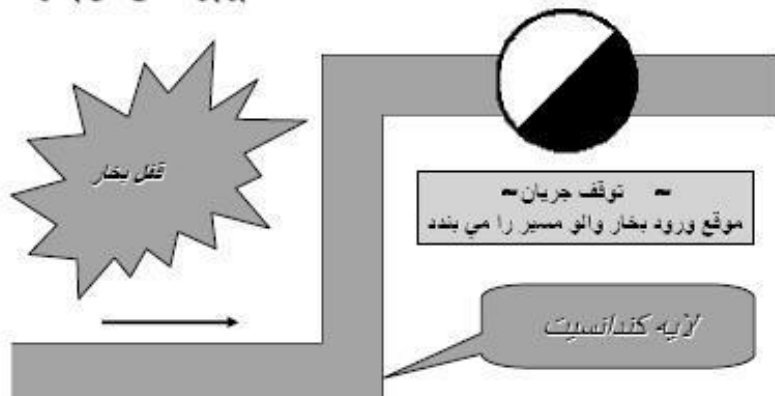




# تله های بخار

## شرایط داخل لوله

بوجود آمدن قفل بخار



## روش تخلیه سریع کندانسیت

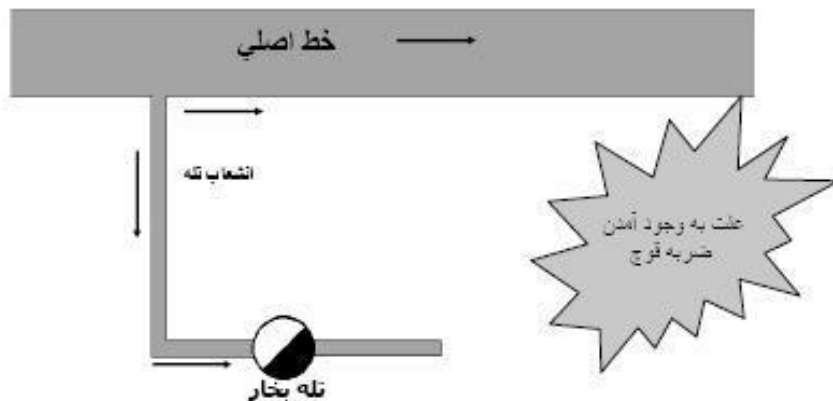
کندانسیت باقیمانده با این روش به سرعت تخلیه می شود.



# تله های بخار

## خط اصلي بخار (۱)

کندانسیت از خط اصلي مي رود و به تله وارد نمي شود.



## خط اصلي (۲)

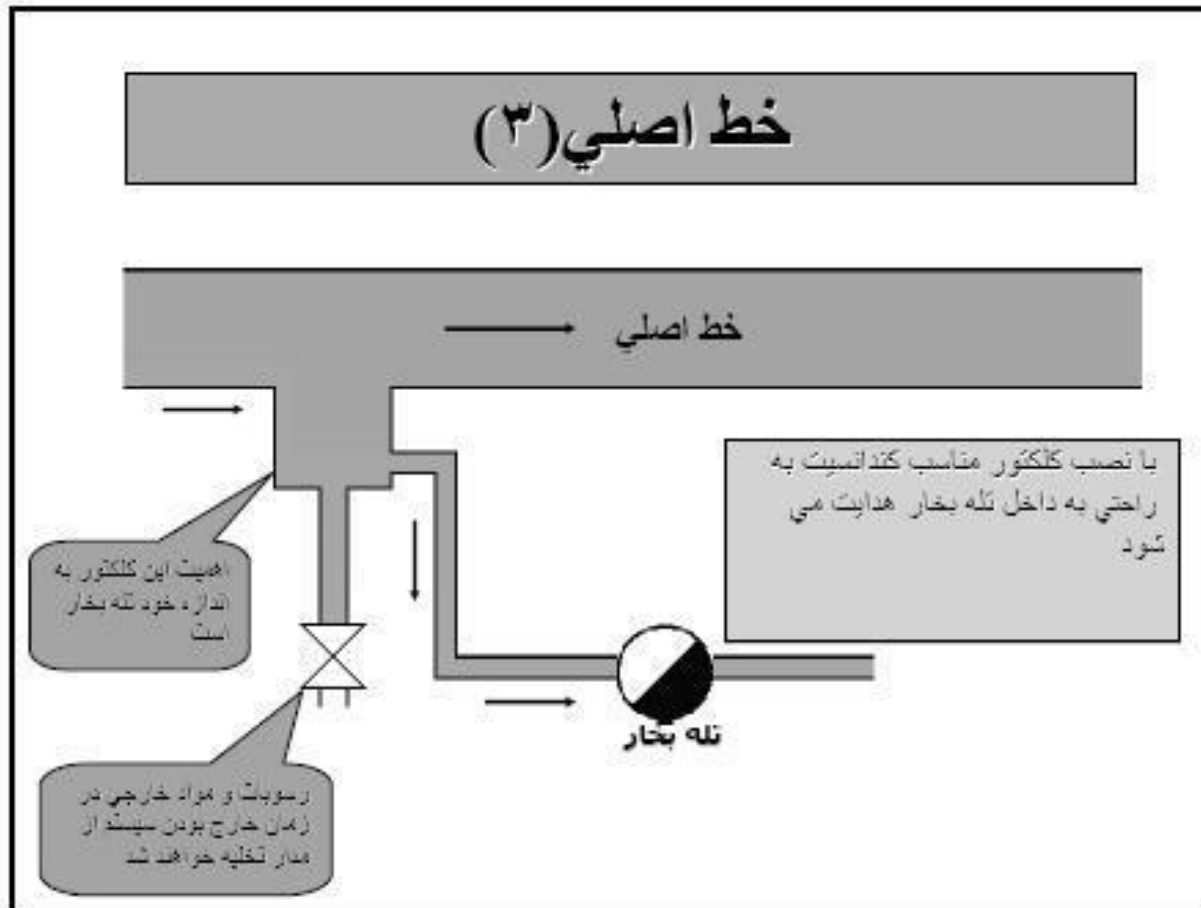
بوجود آمدن ضربه قوچ



جریان با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه یا بیشتر

نیروی فوق العاده

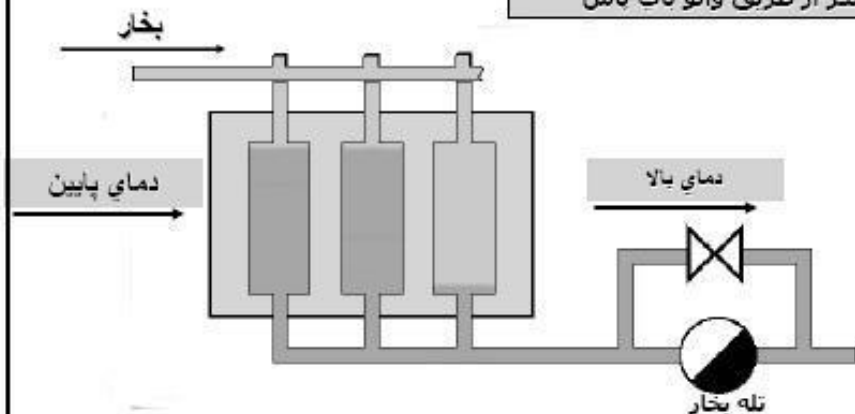
# تله های بخار



# تله های بخار

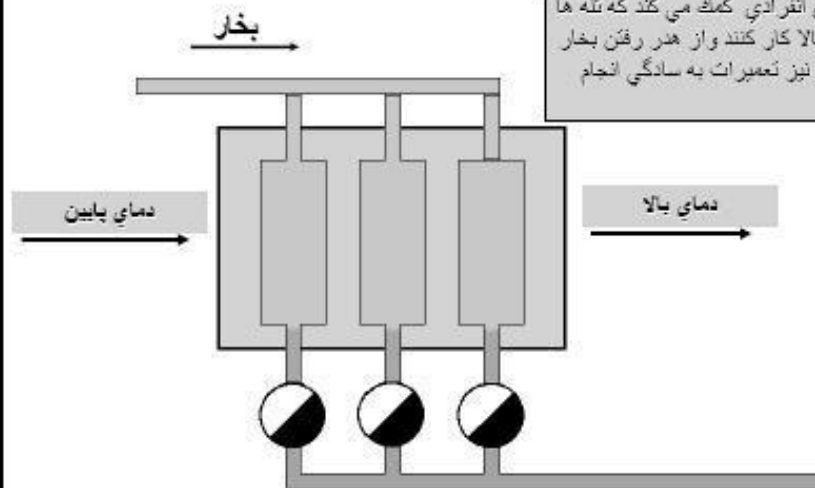
## تله گذاری گروهی

موقعی که بخار به تله می رسد  
تله مسیر را می بندد و تخلیه  
کندانسیت امکان پذیر نیست  
مگر از طریق والو بای پاس



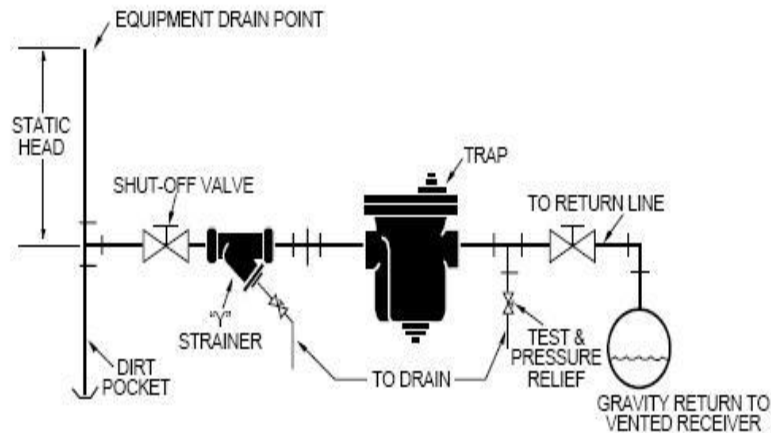
## تله گذاری انفرادی

تله گذاری انفرادی کمک می کند که تله ها  
با ظر فیت بالا کار کنند و از هنر رفتن بخار  
ممانعت شده نیز تعمیرات به سادگی انجام  
پذیرد

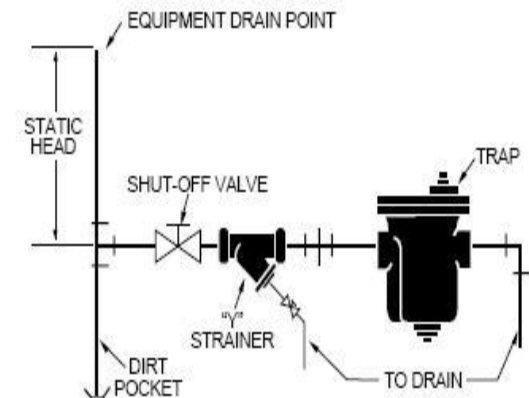


# تله های بخار

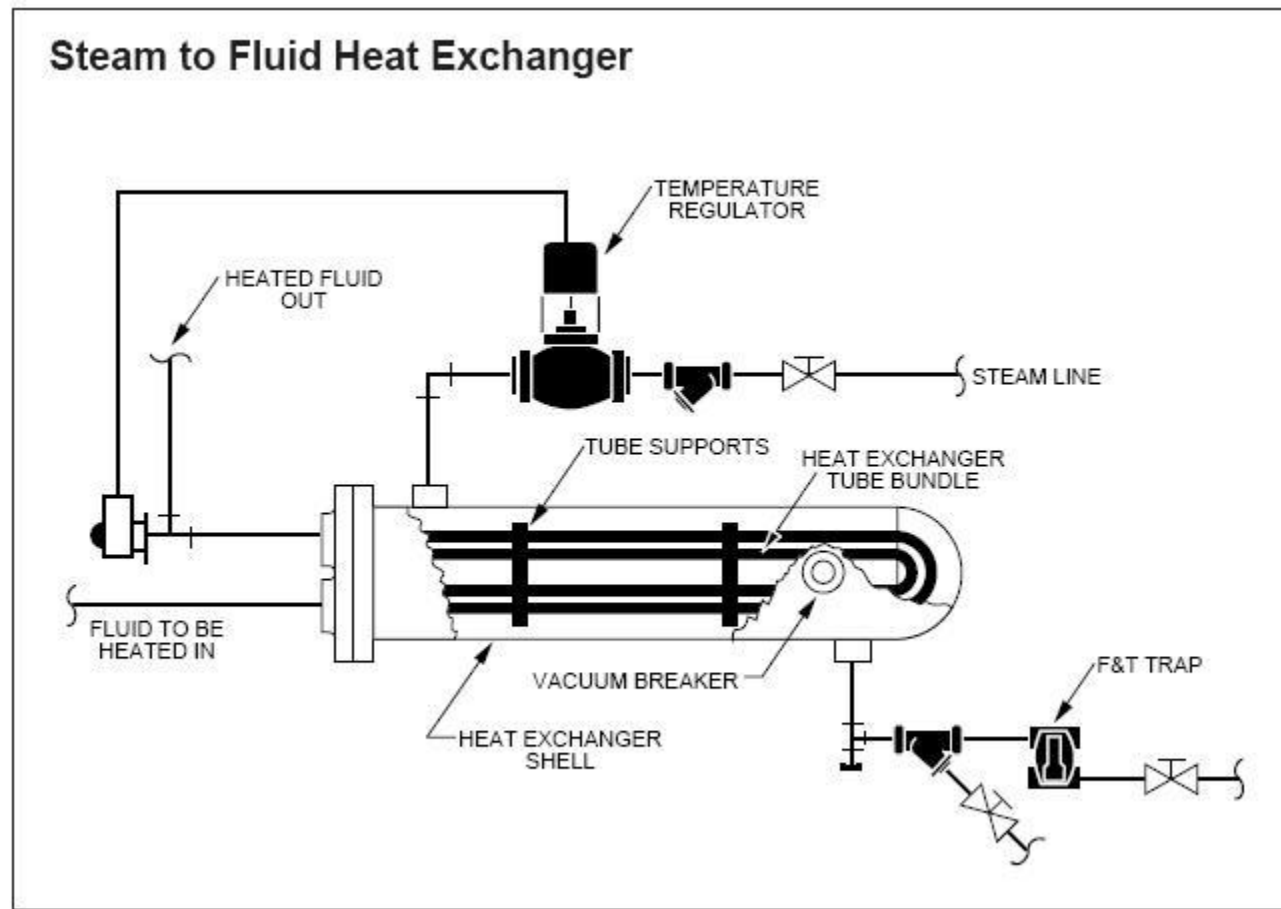
## Trap Installation Trap draining to gravity return line



## Trap Installation Trap draining to open drain

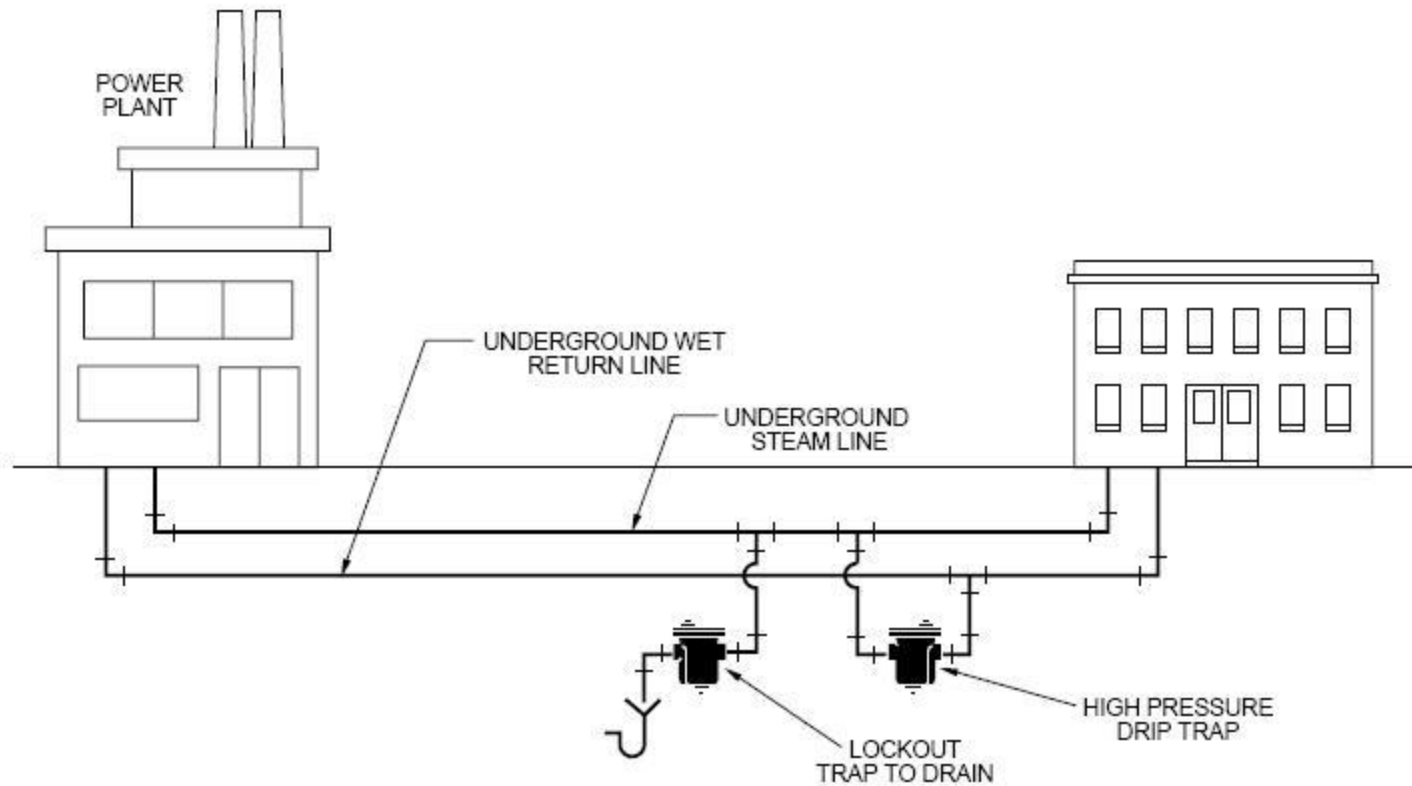


# تله های بخار



# تله های بخار

Lock-out trap used to drain underground steam main



# مشکلات تله های بخار

---

✓ نشستی بخار

✓ تعیین اندازه نامناسب

✓ آلودگی

✓ ایجاد صدا

✓ هواگرفتگی

✓ انسداد توسط بخار

✓ ضربه قوچ