

اصول پایپینگ: برای مهندسان تازه کار

سیستم پایپینگ: معنی آن

بسط مفهوم آن

اقلام پایپینگ و الزامات دسترسی به آنها

الزامات طول مستقیم

جهت (سمت) قرارگیری سوراخ‌ها، اقلام و ...

درین‌ها و ونت‌ها در پایپینگ

عایق‌بندی

جنس و اندازه لوله‌ها

ملاحظات سیستم‌های پایپینگ بحرانی

تحلیل تنش در لوله

تکیه‌گاه‌های لوله

اصول پایپینگ: برای مهندسان تازه کار

نخست می‌خواهیم در این باره صحبت کنیم که **لوله چیست؟**

قطعه‌ای است استوانه‌ای شکل و توخالی که از فلز، پلاستیک، شیشه و ... ساخته شده و برای انتقال مایع، گاز یا هر ماده قابل جریان دیگری به کار می‌رود.

جزئی است بسیار مهم از هر واحد فرایندی و طراحی آن نقش اصلی را در طراحی هر واحد صنعتی بازی می‌کند.

در صفحات بعد خواهیم کوشید تا شما را با لوله و اجزای تشکیل دهنده آن آشنا کنیم.

در واحدهای فرایندی سیال‌ها از یک سر لوله به سر دیگر آن جریان دارند

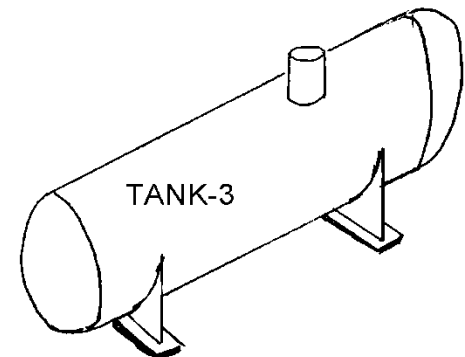
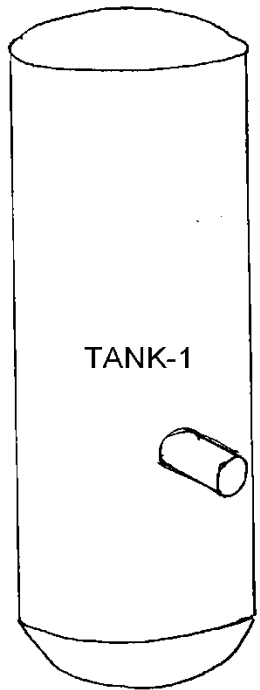
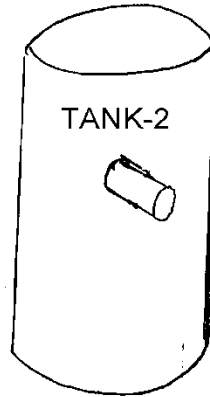
حال می‌خواهیم با کارخانه‌ای شروع کنیم که مطابق شکل سه مخزن در آن قرار دارند.

مخزن ۱، مخزن ۲ و مخزن ۳

می‌خواهیم سیال درون مخزن شماره ۱ را به دو مخزن دیگر بفرستیم.

برای انتقال سیال از مخزن ۱ به مخازن ۲ و ۳ می‌باید آنها را با لوله به هم متصل کنیم.

لوله‌ها را می‌کشیم.



S. Kordan
31st Aug. 2002

لوله‌ها را کشیده‌ایم، اما حالا باید مسایل دیگری را حل کنیم.

لوله‌ها همگی قطعاتی مستقیم‌اند.

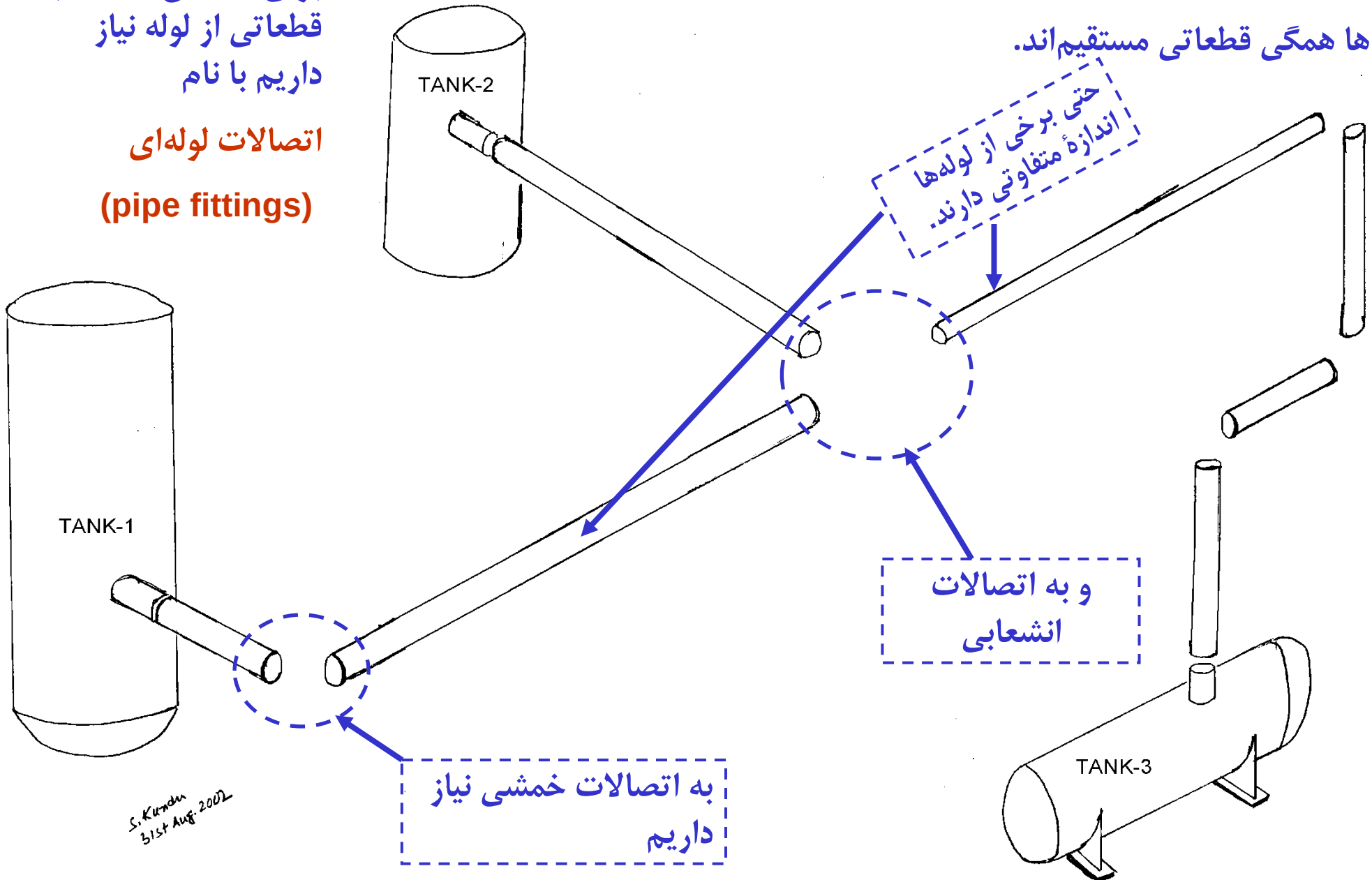
حتی برخی از لوله‌ها اندازه متفاوتی دارند.

و به اتصالات انشعابی

به اتصالات خمشی نیاز داریم

برای حل این مسایل قطعاتی از لوله نیاز داریم با نام

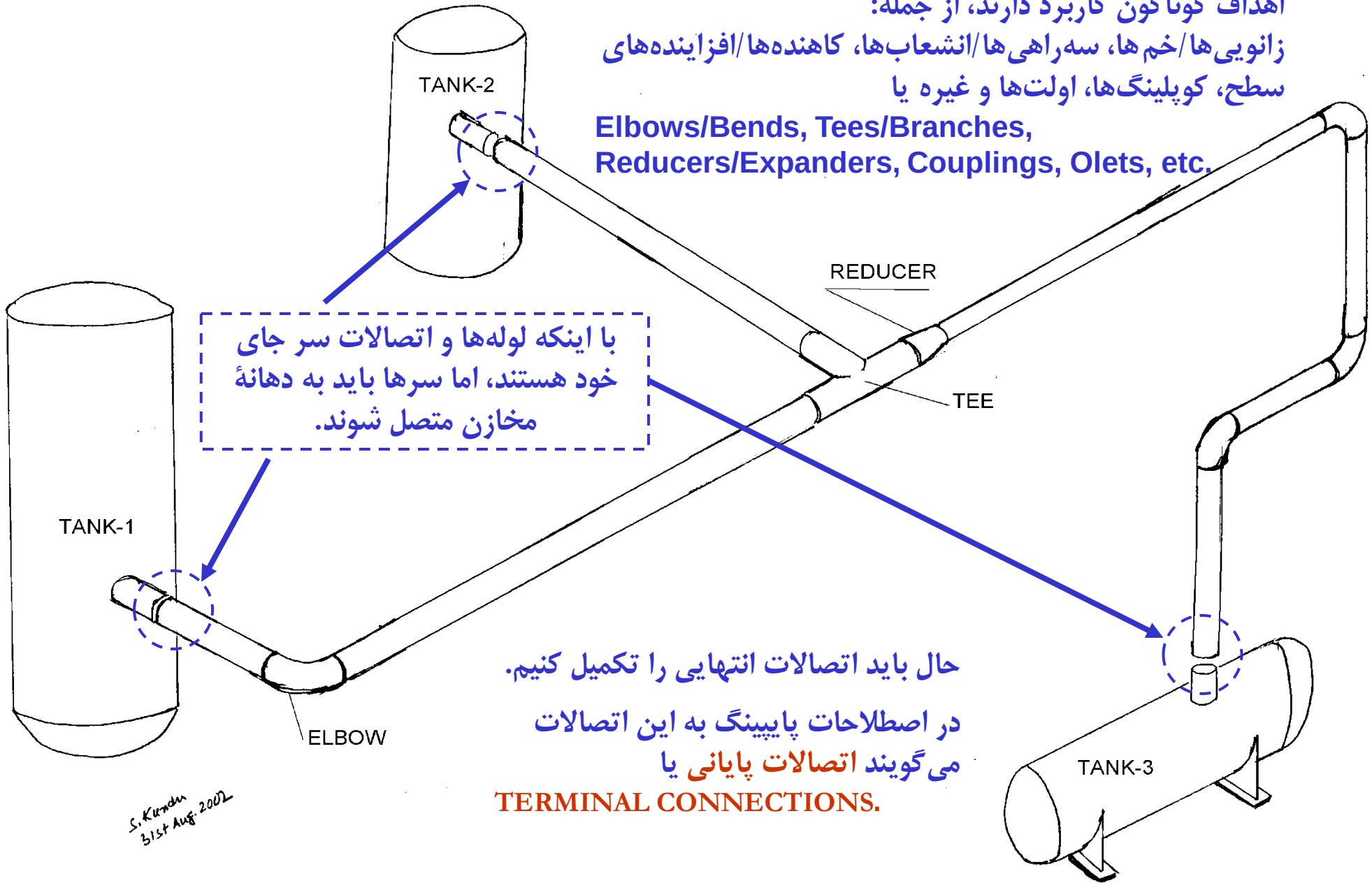
اتصالات لوله‌ای
(pipe fittings)



S. K. Khandu
31st Aug. 2002

اینها اتصالات لوله‌ای اند.
انواع متفاوتی از فیتینگ‌ها (اتصالات) وجود دارد که برای
اهداف گوناگون کاربرد دارند، از جمله:
زانویی‌ها/خم‌ها، سه‌راهی‌ها/انشعاب‌ها، کاهنده‌ها/افزاینده‌های
سطح، کوپلینگ‌ها، اولت‌ها و غیره یا

Elbows/Bends, Tees/Branches,
Reducers/Expanders, Couplings, Olets, etc.

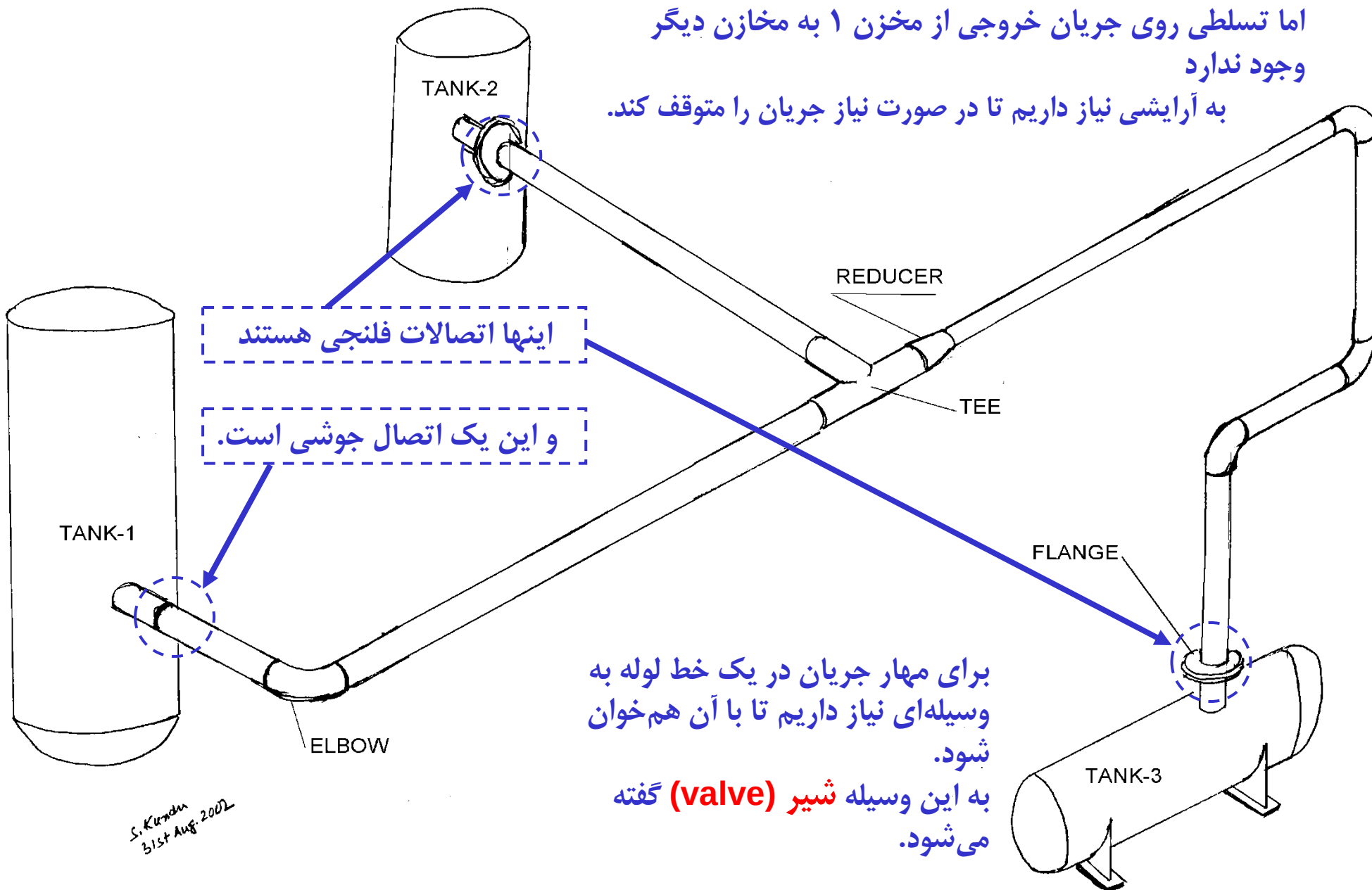


حال باید اتصالات انتهایی را تکمیل کنیم.
در اصطلاحات پایپینگ به این اتصالات
می‌گویند **اتصالات پایانی** یا
TERMINAL CONNECTIONS.

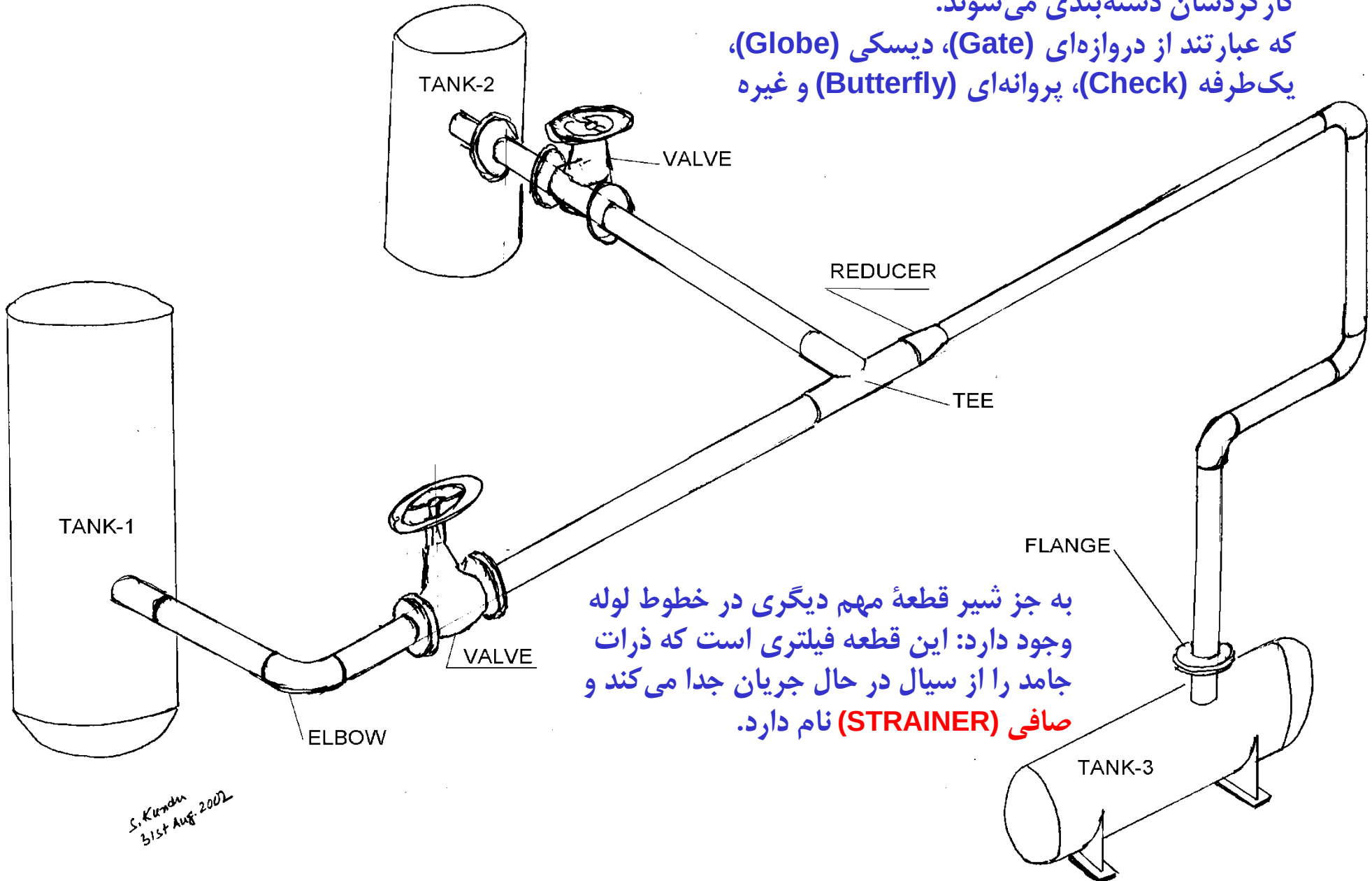
ترکیب خوبی است

اما تسلطی روی جریان خروجی از مخزن ۱ به مخازن دیگر وجود ندارد

به آرایشی نیاز داریم تا در صورت نیاز جریان را متوقف کند.



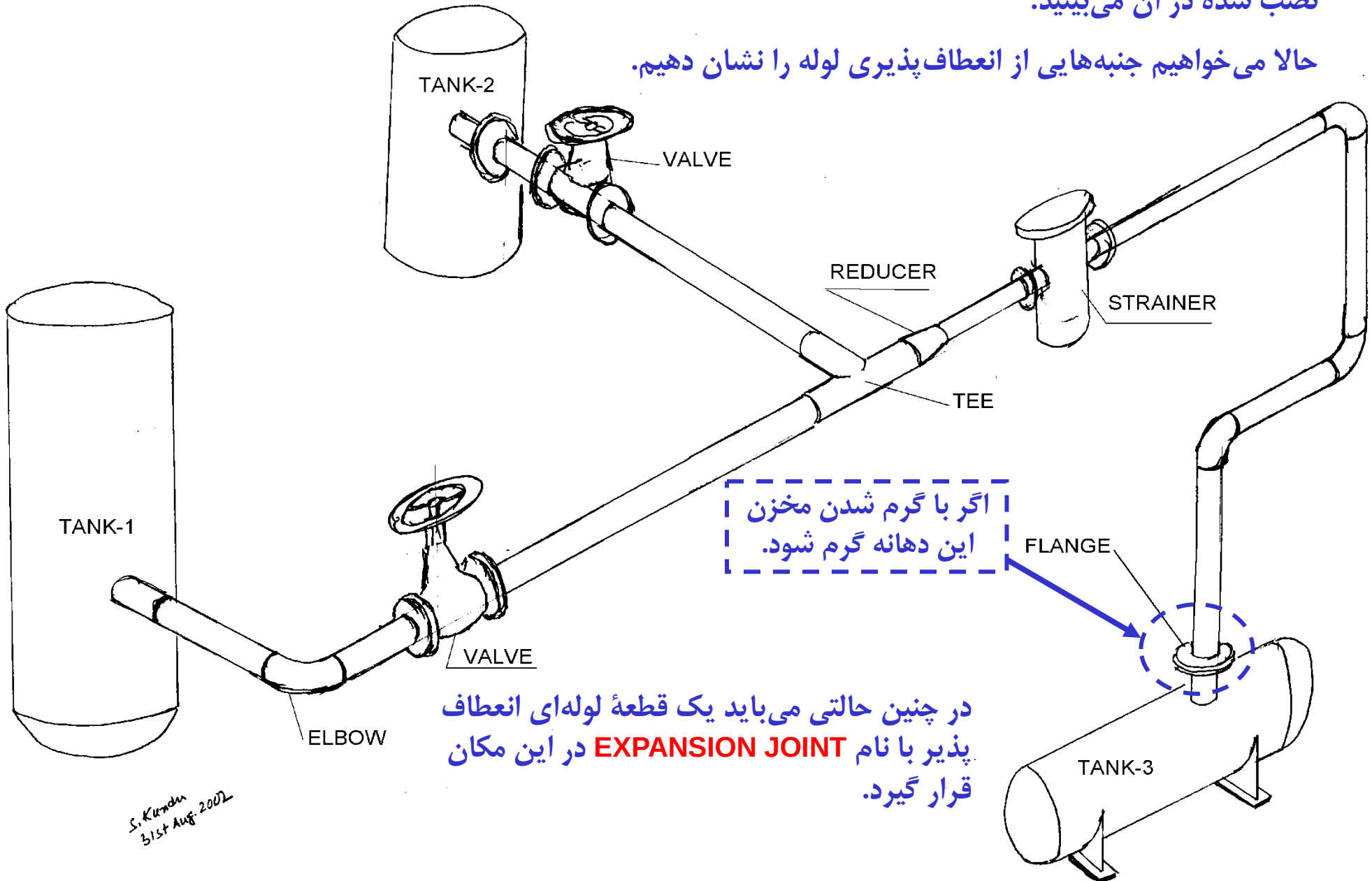
انواع گوناگونی از شیرها وجود دارد که بر اساس ساختمان و کارکردشان دسته‌بندی می‌شوند.
که عبارتند از دروازه‌ای (Gate)، دیسکی (Globe)، یک‌طرفه (Check)، پروانه‌ای (Butterfly) و غیره



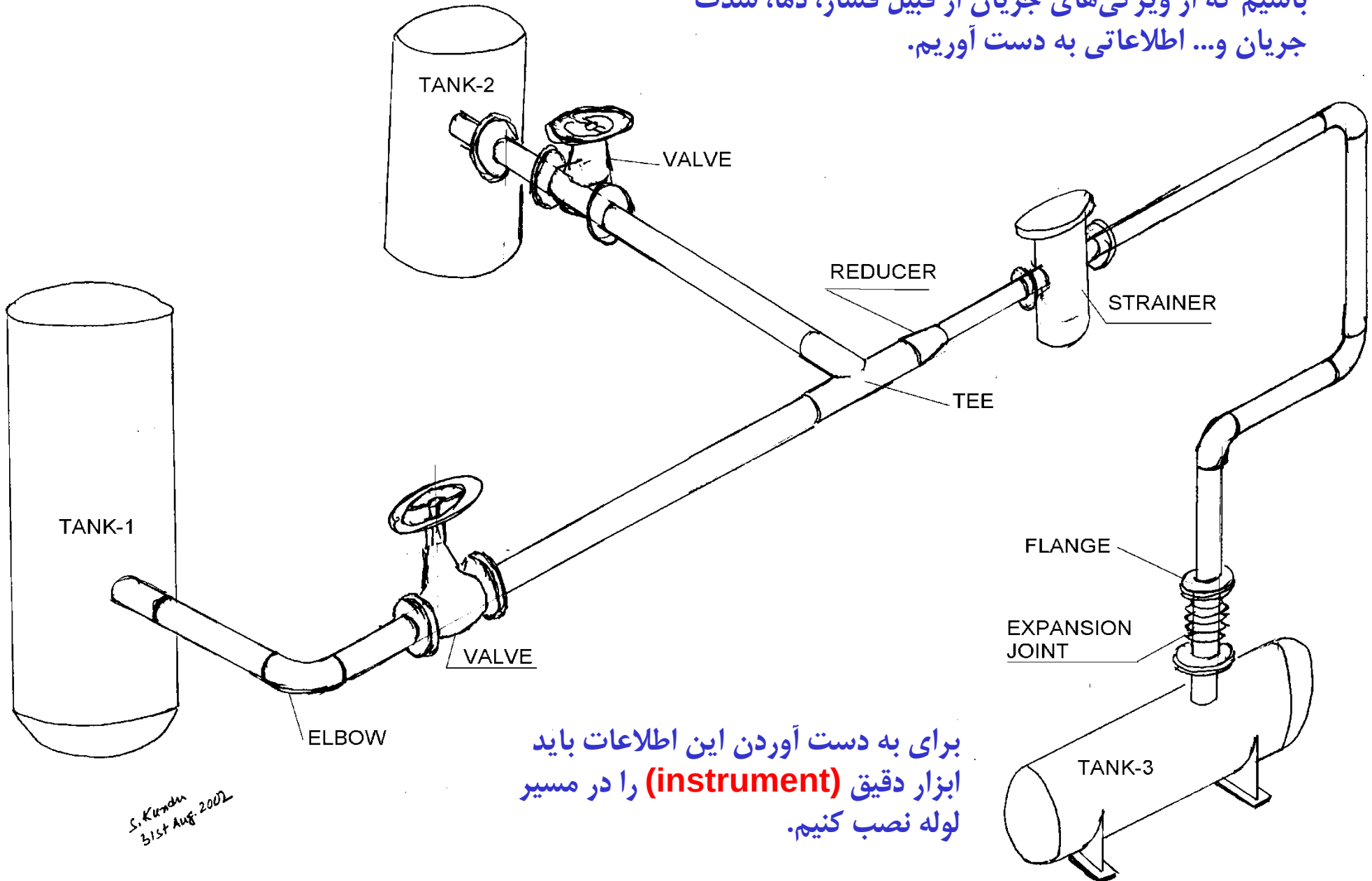
به جز شیر قطعه مهم دیگری در خطوط لوله وجود دارد: این قطعه فیلتری است که ذرات جامد را از سیال در حال جریان جدا می‌کند و صافی (STRAINER) نام دارد.

در اینجا یک سیستم پایپینگ کمابیش عملی را با یک صافی
نصب شده در آن می بینید.

حالا می خواهیم جنبه هایی از انعطاف پذیری لوله را نشان دهیم.



هنگام جریان یک سیال در یک لوله، ممکن است علاقه‌مند باشیم که از ویژگی‌های جریان از قبیل فشار، دما، شدت جریان و... اطلاعاتی به دست آوریم.

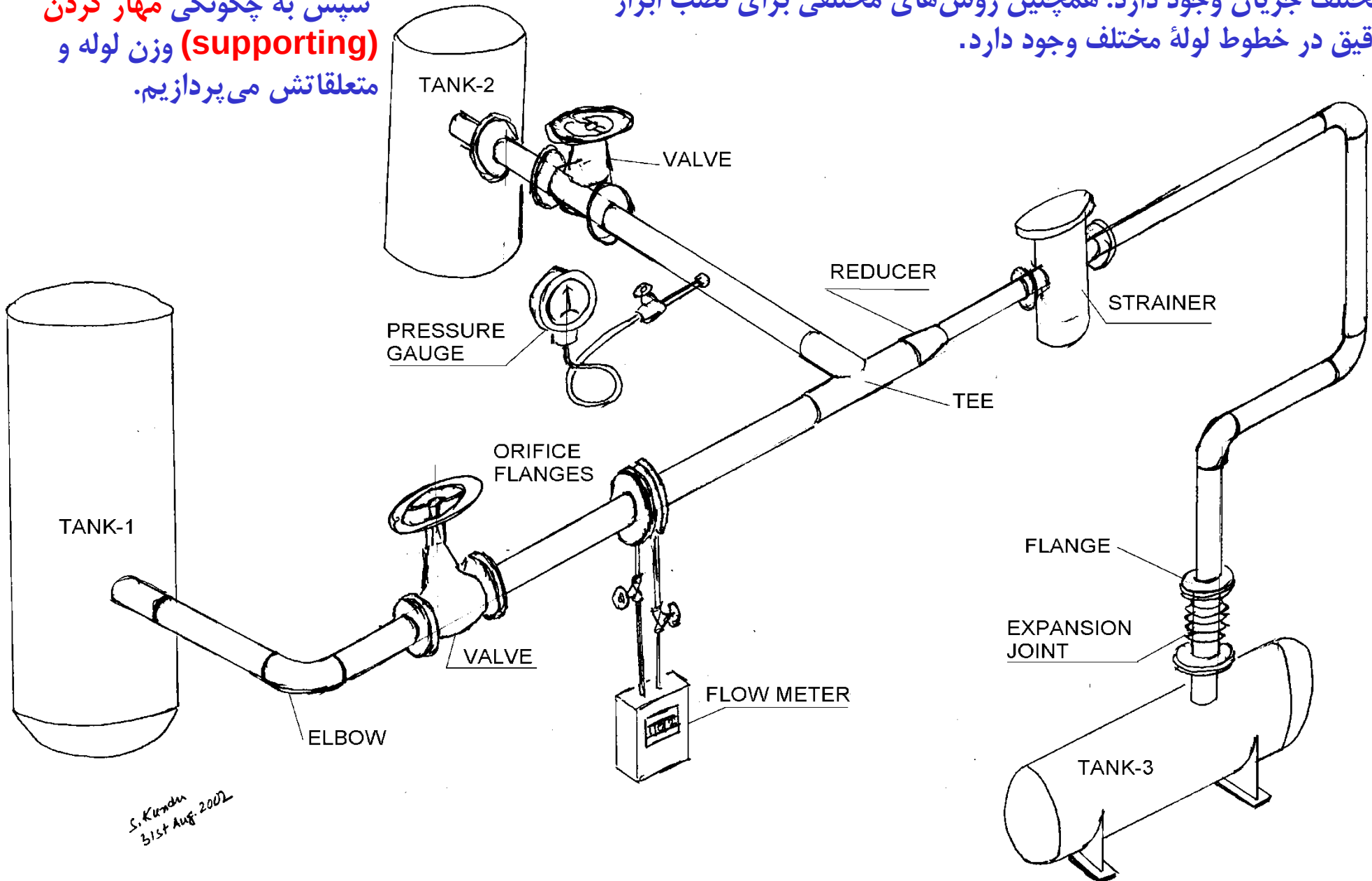


برای به دست آوردن این اطلاعات باید ابزار دقیق (instrument) را در مسیر لوله نصب کنیم.

S. Kunder
31st Aug. 2002

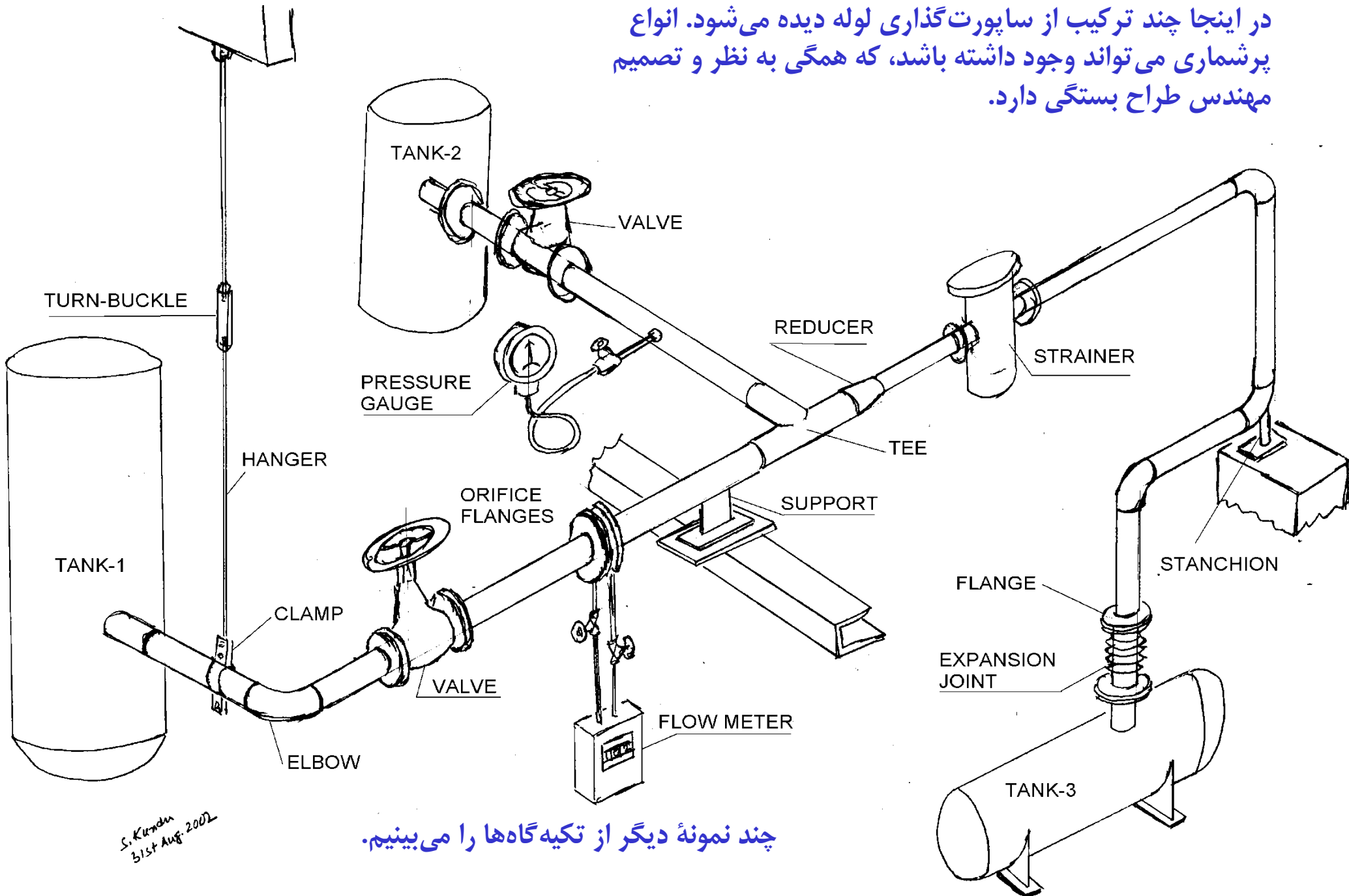
انواع گوناگونی از ابزار دقیق (instrument) برای اندازه گیری ویژگی های مختلف جریان وجود دارد. همچنین روش های مختلفی برای نصب ابزار دقیق در خطوط لوله مختلف وجود دارد.

سیس به چگونگی مهار کردن (supporting) وزن لوله و متعلقاتش می پردازیم.



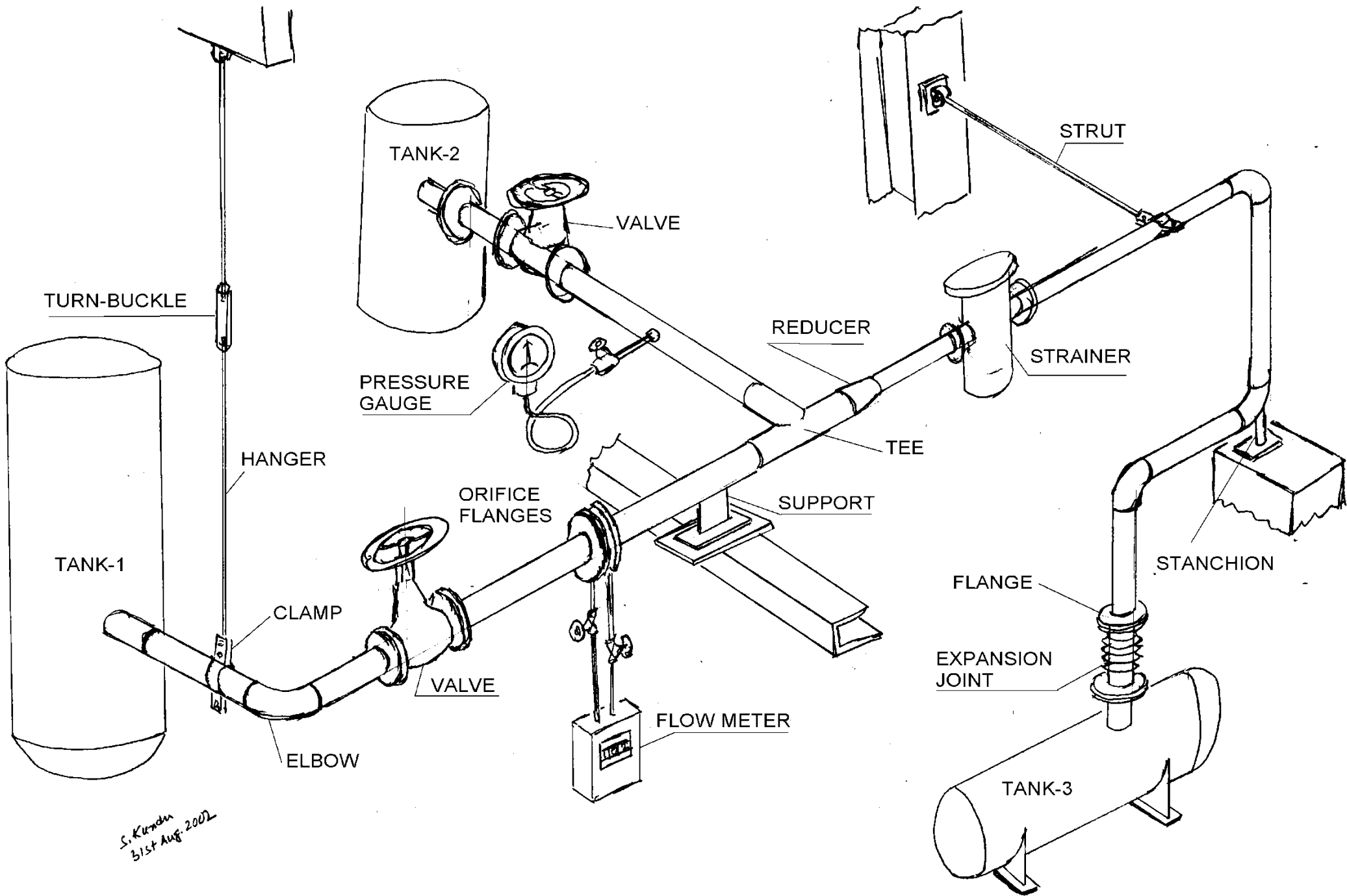
S. Kunder
31st Aug. 2002

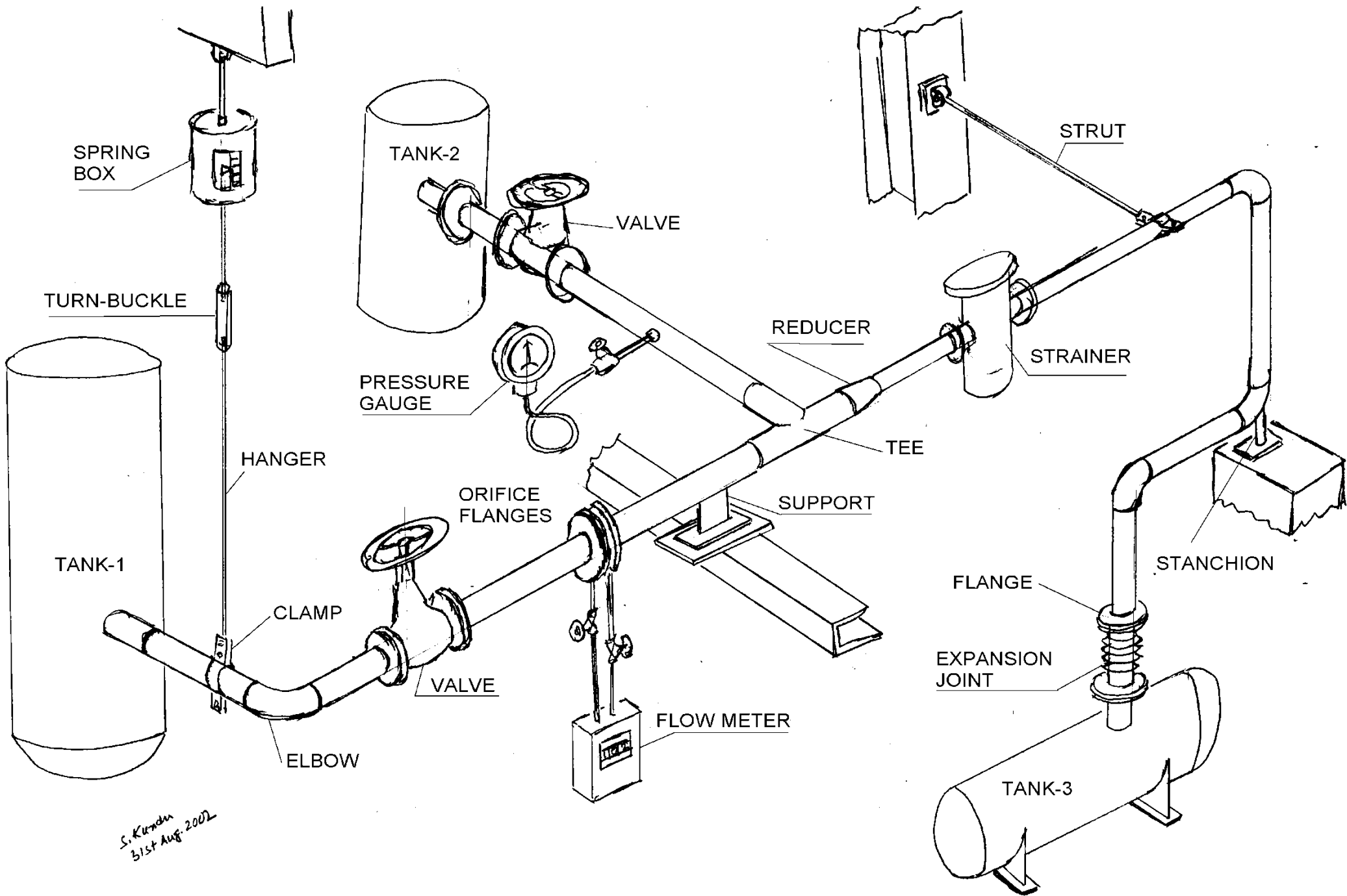
در اینجا چند ترکیب از ساپورت گذاری لوله دیده می شود. انواع پرشماری می تواند وجود داشته باشد، که همگی به نظر و تصمیم مهندس طراح بستگی دارد.



S. Kordan
31st Aug. 2002

چند نمونه دیگر از تکیه گاه ها را می بینیم.





طراحی یک خط لوله را انجام دادیم.

می‌خواهیم بررسی کنیم که این کار در عمل چگونه انجام می‌پذیرد.

ابتدا طرح کلی جریان کشیده می‌شود:

(۱) چه چیزی (۲) از چه نقطه‌ای (۳) تا کدام نقطه

اندازه لوله‌ها، جنس لوله‌ها و ضخامت دیواره آنها انتخاب می‌شود.

نوع شیرها طراحی می‌شود.

همچنین نوع ابزار دقیق مورد نیاز انتخاب می‌گردد.

همه موارد بالا را در نقشه‌ای به نام نمودار پایپینگ و ابزار دقیق **Piping and Instrumentation Drawing** که به طور خلاصه **P&ID** نامیده می‌شود نشان می‌دهند. برای تولید **P&ID** از نرم‌افزار **SPP&ID** بهره‌گیری می‌شود.

تا اینجا می‌دانیم که هنگام تهیه **P&ID** ها در **SPP&ID**، همه اطلاعات سامانه خطوط لوله وارد نقشه می‌شود.

پس نقشه **SPP&ID** نقشه‌ای است هوشمند که همه اطلاعات درباره یک لوله را همچون اندازه لوله، سیال در حال جریان و... در خود جای داده است.

یک نقشه **P&ID** تهیه شده با **SPP&ID** را ببینید.

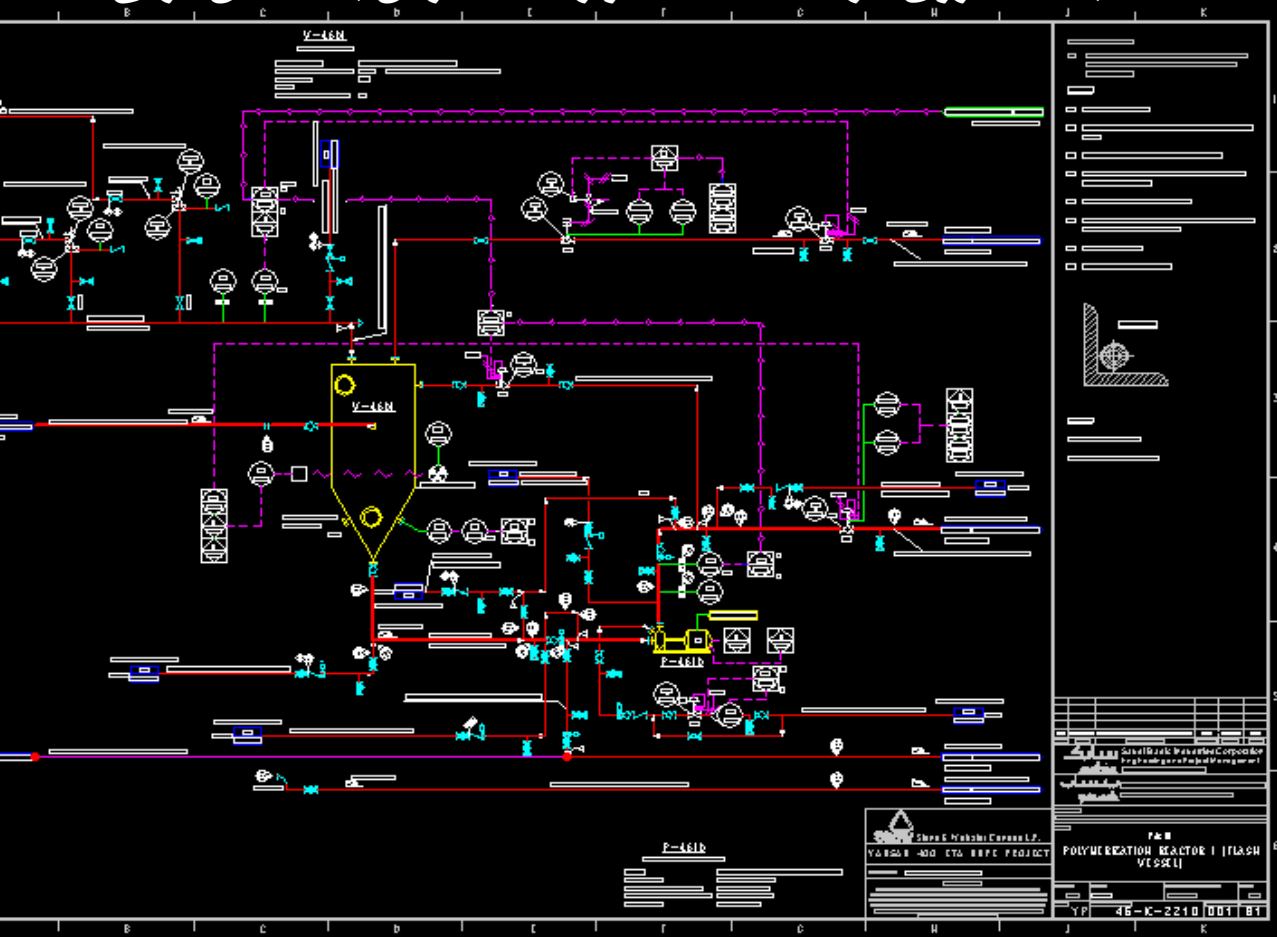




Rout...

این نمایی از P&ID در صفحه رایانه است که توسط نرم افزار SPP&ID تولید شده است.

با کلیک روی هر خط اطلاعات وارد شده در آن به نمایش درمی آید.



Catalog Explorer

- [-] Fittings
 - [-] Gaps
 - [-] Labels - Piping Component
 - [-] Labels - Piping Segments
 - [-] Macrocomponents
 - [-] Piping OPC's
 - [-] Relief Devices
- [-] Routing
 - [-] Process Lines
 - [-] Utility Lines
 - [-] Segment Breaks

- Process Lines
- Nozzles
- Labels - Piping Components
- Labels - Piping Segments
- Diameter Change
- Segment Breaks
- 2 Way Common
- Signal Line
- Labels - General Instrument
- D C S
- PL C
- Single Function
- Flanges and Unions
- Graphics
- Spectacle Blanks and Spacers
- Functions
- Labels
- Labels - Equipment
- Descriptions

Flow Direction

Heat Tracing Media

Insulation Req

JP Heat Tracing Media

Line Number

Properties

Pipe Run - 461110-PES



Identification	
Catalog Name	
Contract Package	
Description	
ERP Asset No	
Fluid Code	PES
Fluid System	Process
HydroTest Packa	
Inventory Tag	
Item Tag	461110-PES
Loop Tag	
Name	
Package Item Ta	
Part Number	
Pipe Run Class	Piping
Pipe Run Type	Piping, seco
Plant Group Name	46
Plant Group Type	Unit
Plant Item Type	Pipe Run
Requisition No	
SP ID	05BE71773E
Tag Seq No	1110
Tag Suffix	
Test Sys Item Tag	
Physical	
Cleaning Requir	
Coating Requirem	
Code Category H	
Corrosion Allowan	
Estimated Length	
Fabrication Categ	
Flow Direction	
Heat Trace Mediu	
Heat Trace Mediu	
Heat Trace Requi	
Insulation Density	
Insulation Nomina	
Insulation Purpose	IS
Insulation Spec	

پس از آماده شدن P&ID کار چیدمان را آغاز می کنیم.

در اینجا کار چیدمان و مسیریابی لوله ها را در یک محیط سه بعدی مجازی انجام می دهیم.

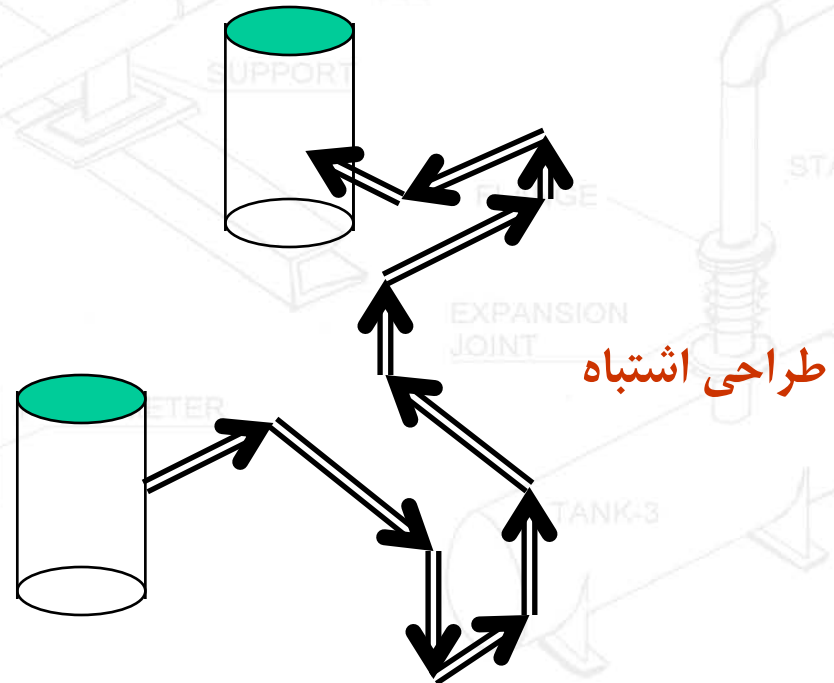
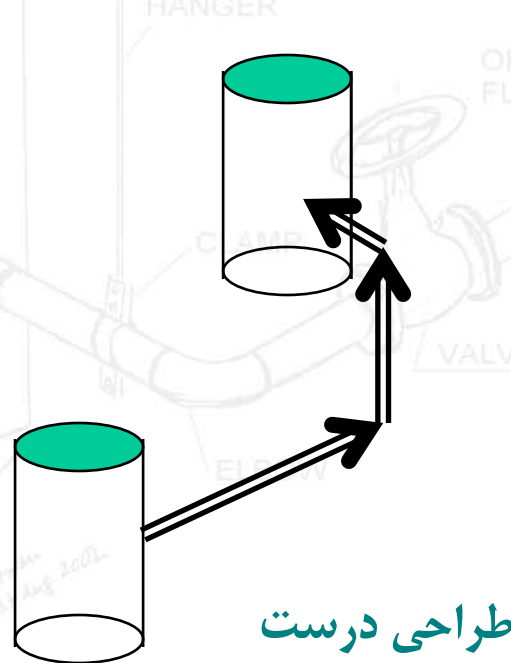
برای مسیریابی لوله ها در یک محیط سه بعدی از نرم افزارهای **PDS 3D** یا **PDMS** استفاده می شود.

به این کار مدل سازی پایپینگ یا طراحی فیزیکی می گویند.

هنگام توسعه چیدمان پایپینگ باید به نکات زیر توجه شود.

❖ لوله کشی از منبع تا مقصد باید تا جای ممکن کوتاه و دارای کمترین تغییر جهت باشد.

❖ هیچ راه عبوری نباید سد شود و فضای تعمیر و نگهداری هیچ تجهیزاتی نباید اشغال گردد.



هنگام تعیین مسیر لوله به نکات زیر نیز باید توجه شود:

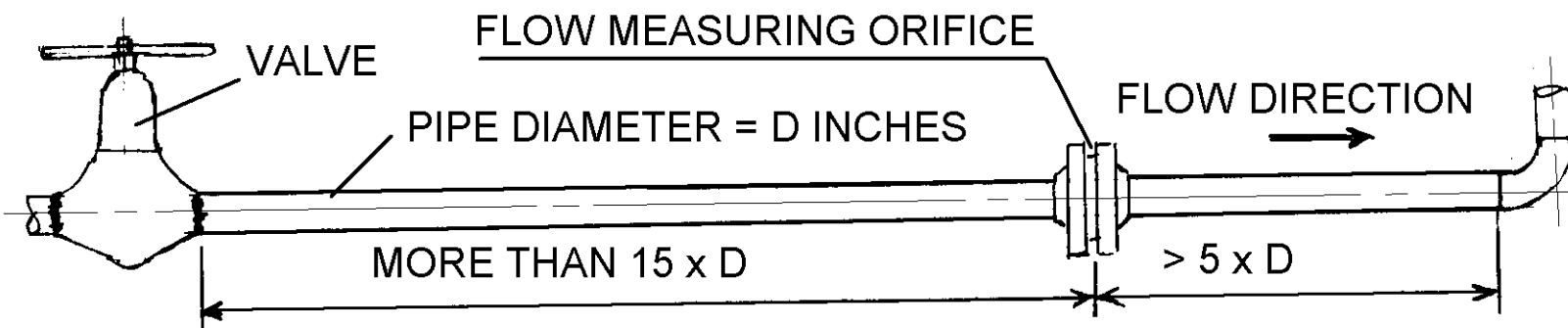
❖ شیرها، صافی‌ها و ابزار دقیق روی لوله باید به آسانی در دسترس باشند.

❖ در صورت لزوم، باید برای دسترسی به این اقلام، سکوهای دسترسی **ACCESS PLATFORMS** جداگانه‌ای در نظر گرفته شود.

❖ موقعیت و جهت خواسته شده برای شیرها، ابزار دقیق و دیگر اقلام مورد نیاز برای یک خط باید بررسی و در صورت نیاز اصلاح شود. به عنوان مثال برخی از شیرها تنها در راستای افقی باید نصب شوند.

❖ ملزومات ویژه برای نصب ابزار دقیق می‌باید مد نظر قرار گیرد، به عنوان مثال سنجۀ دما (temperature gauge) نمی‌تواند روی خطوطی با اندازه کمتر از 4" نصب شود.

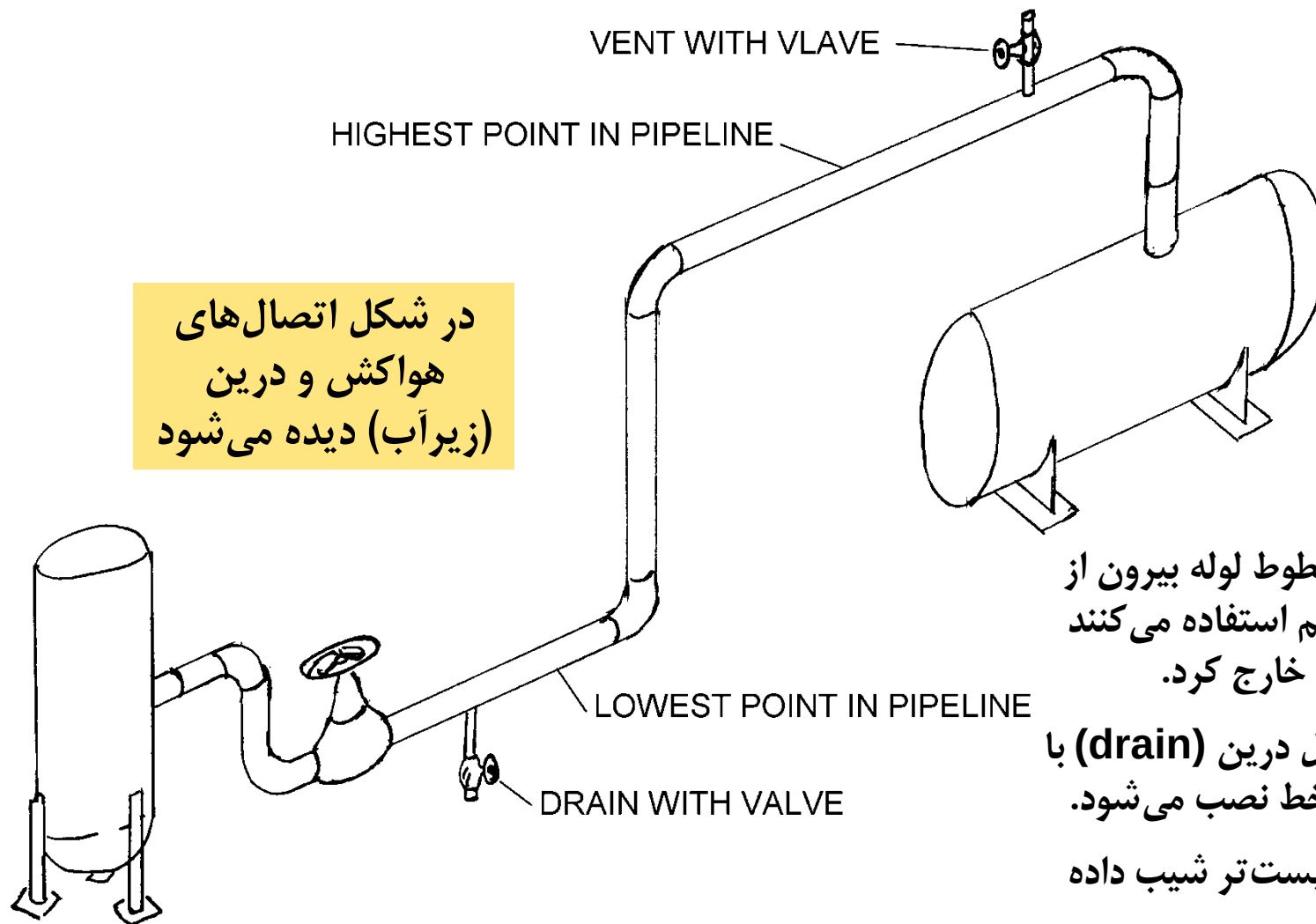
❖ ملزومات ویژه **طول مستقیم** لوله برای بعضی اقلام ابزار دقیق باید رعایت شود، مثلاً برای اریفیس جریانی باید طولی به اندازه ۱۵ برابر قطر لوله در بالادست و ۵ برابر قطر لوله در پایین دست مستقیم باشد.



مثالی از الزام طول مستقیم برای اریفیس جریانی

± برای خطوط منتقل کننده مایع باید مطمئن شویم که هنگام پر کردن خط با مایع، همه هوای موجود در خط می تواند از آن خارج شود.

± برای رسیدن به این هدف در بیشتر نقاط قله ای خط، یک اتصال خروج هوا (vent) با شیر در نظر گرفته می شود.



± چنین ترکیب هایی را در خطوط لوله بیرون از کارخانه (pipe lines) هم استفاده می کنند تا بتوان مایع درون آنها را خارج کرد.

± برای این منظور یک اتصال درین (drain) با شیر در پایین ترین نقطه خط نصب می شود.

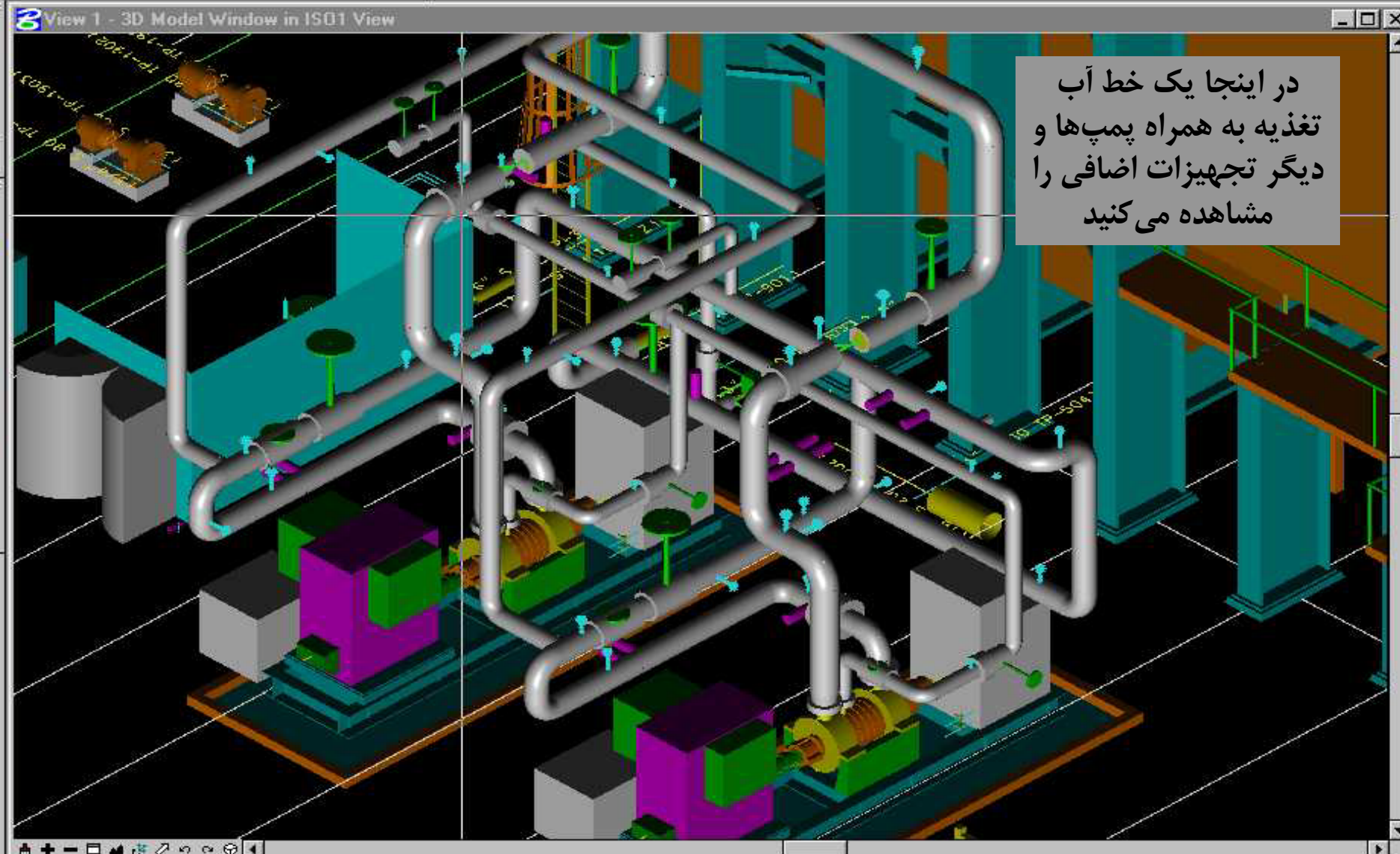
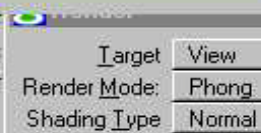
± لوله ها هم به سمت نقاط پست تر شیب داده می شوند.

Phong Shading

(1) pdwb >

GLOBLGT unloaded.

Select view



در اینجا یک خط آب
تغذیه به همراه پمپ‌ها و
دیگر تجهیزات اضافی را
مشاهده می‌کنید

عایق کاری: هنگامی که سیال داغ در یک خط جریان می یابد، معمولاً خط عایق می شود.

دو دلیل اولیه برای عایق کاری لوله های حامل سیال های داغ وجود دارد.

❖ جلوگیری از هدر رفتن گرمای سیال درون لوله. عایق کاری باعث حفظ گرما می شود. این کار را **عایق کاری گرم (hot insulation)** می نامند.

❖ ایمنی کارکنان، به طوری که از سوختگی افراد در اثر تماس با لوله جلوگیری شود. این کار را **عایق کاری برای حفاظت کارکنان (personal protection insulation)** می نامند.

خطوط سرد نیز عایق کاری می شوند

❖ لوله های حامل سیال های سرد یا خنک کننده برای جلوگیری از گرم شدن سیال سرد از بیرون عایق کاری می شوند. به این کار **عایق کاری سرد (cold insulation)** می گویند.

❖ در بعضی موارد خطوط سرد عایق می شوند تا از چگالش بخار آب موجود در هوا جلوگیری کند. این عایق را **عایق ضد عرق (anti-sweat insulation)** می نامند.

انواع دیگر عایق

❖ هنگامی که گازها با سرعت های بالا در لوله ها جریان می یابند، صدای زیادی تولید می کنند. در این حالت لوله ها برای کاهش سروصدا عایق می شوند. این نوع از عایق را **عایق صوتی (acoustic insulation)** می نامند.

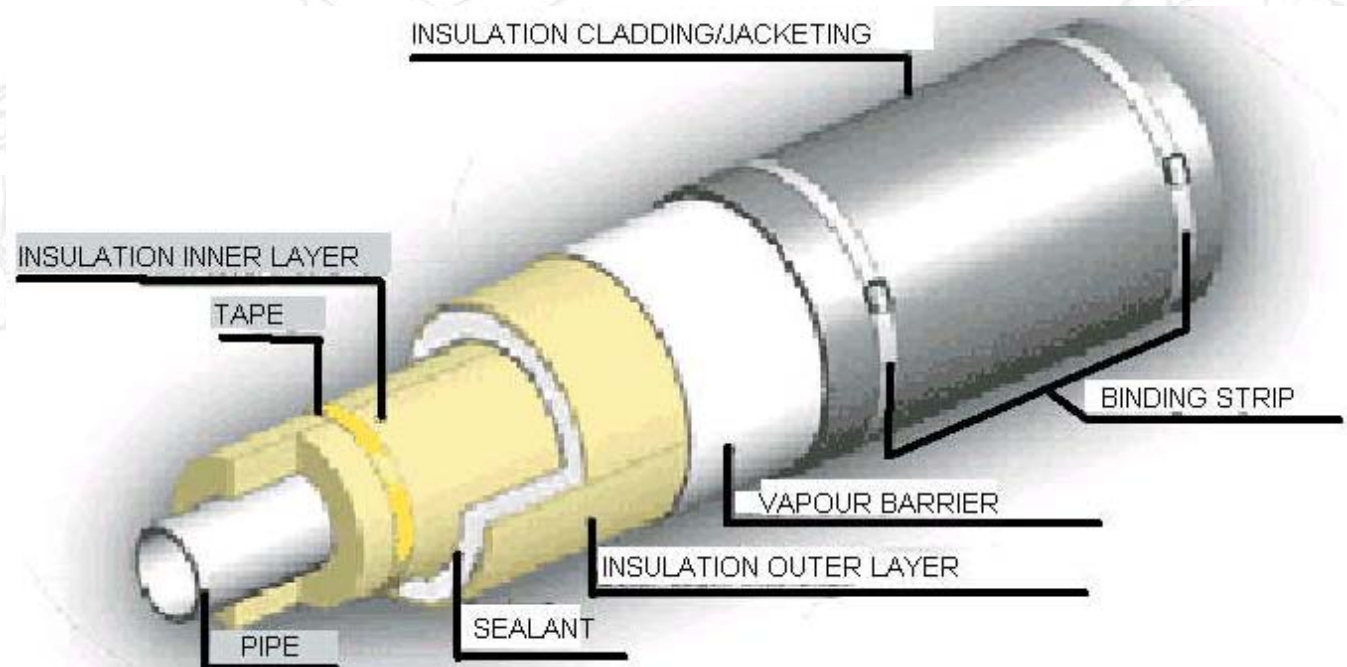
❖ در برخی موارد لوله ها برای گرم کردن محتویات شان از بیرون توسط **المنت های هیت تریسینگ (heat tracing elements)** گرم می شوند. در این موارد برای جلوگیری از هدر رفتن گرمای گرم کننده، لوله و تریسینگ همراه با هم عایق می شوند.

مواد عایق کاری مواد عایق کاری باید رساناهای ضعیفی برای گرما باشند.

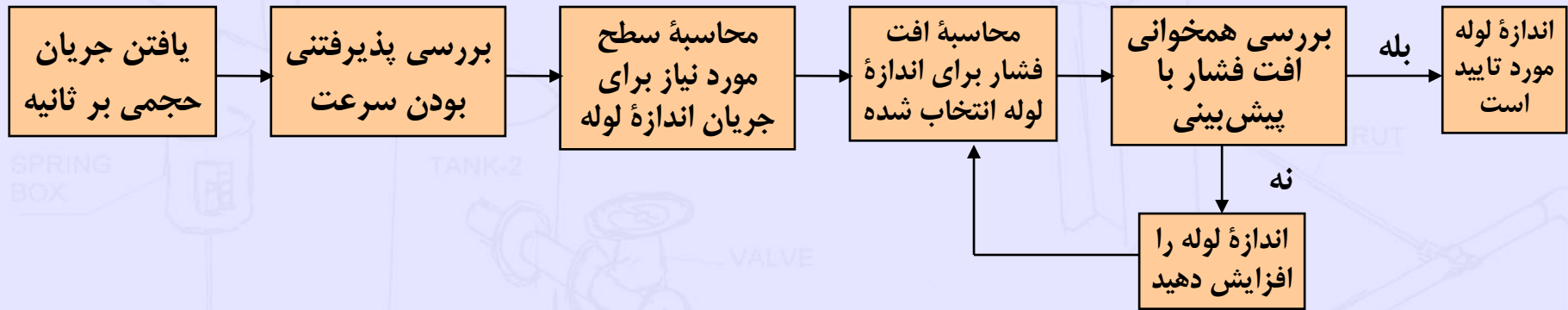
- (۱) **مواد رشته‌ای** که فضای خالی زیاد میان رشته‌های آن با هوا پر شده است. چوب پنبه، پشم شیشه، پشم سنگ و الیاف طبیعی مثال‌هایی از این مواد هستند. به یاد داشته باشید که هوای محبوس میان الیاف، رسانای ضعیفی است.
- (۲) **مواد متخلخل** که سوراخ‌های بسته درون آن با هوا پر شده است. کلسیم سیلیکات، شیشه‌ی حباب‌دار (کف شیشه‌ای)، کف پلی‌اورتان (poly urethane foam (PUF)، پلی استایرن (ترموکول) و ... نمونه‌هایی از این دست‌اند.

در برخی موارد مواد غالب‌گیری شده مثل گچ سیمان یا گچ پاریس هم به کار می‌روند. پوشش عایق مواد عایق عموماً نرم یا شکننده هستند. بنابراین سطح بیرونی عایق‌ها با پوشش صفحه‌ی آلومینیوم یا آهن گالوانیزه محافظت می‌شود.

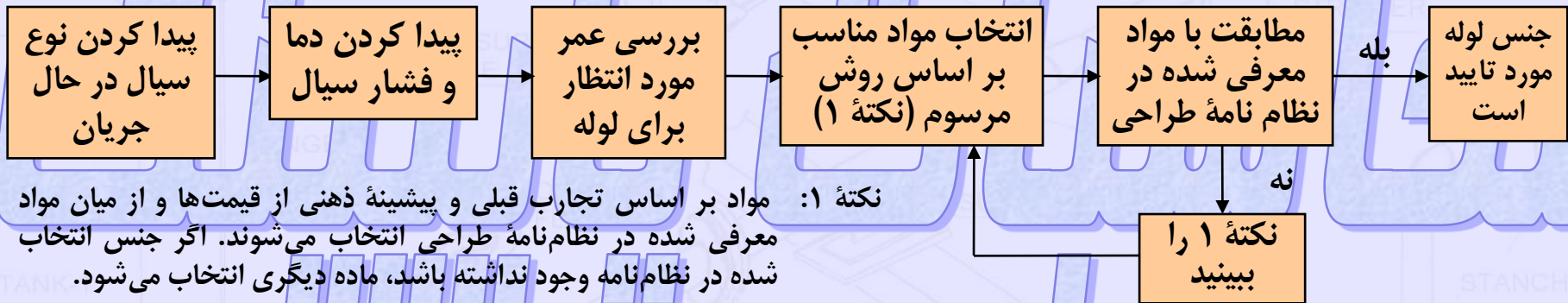
به چگونگی عایق کاری لوله‌ها و اقلام عمومی مواد عایق توجه کنید.



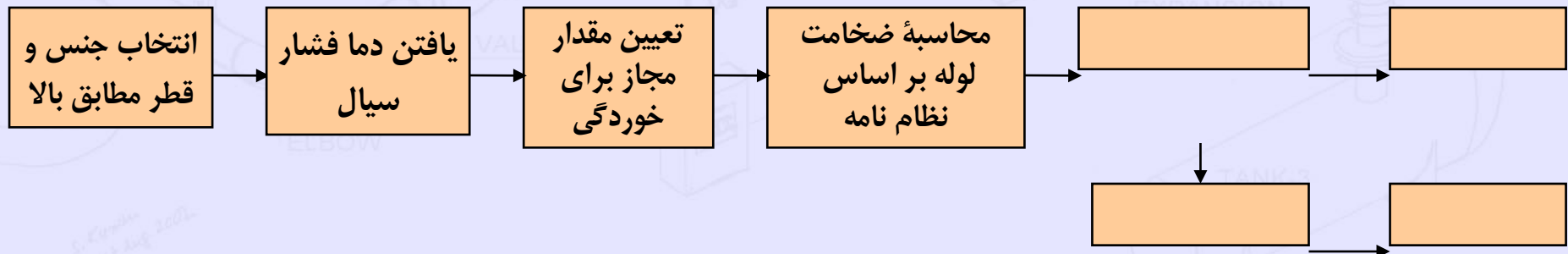
محاسبه اندازه لوله: برای انتخاب اندازه لوله مورد نیاز بر اساس سرعت و افت فشار



انتخاب مواد مصرفی: راهکار انتخاب مواد مصرفی بر پایه سیال در حال جریان



انتخاب ضخامت لوله: برای انتخاب ضخامت مناسب لوله بر اساس ویژگی‌های سیال در حال جریان



± در نیروگاهها خطوط لوله‌ای وجود دارد که بخار را در فشار و دمای بالا جابجا می‌کند. بعضی از خطوط هم آب را در فشار بالا منتقل می‌کنند. این لوله‌ها بخار و آب چرخشی اصلی را جابجا می‌کنند.

± این خطوط لوله، **خطوط بحرانی (critical piping)** نامیده می‌شوند.

± برای طراحی این خطوط توجه فراوانی باید صورت گیرد.

± نخست اینکه در گزینش جنس این لوله‌ها باید دقت شود، چرا که می‌باید در برابر فشارهای بالا و احتمالاً دماهای بالا مقاومت کنند.

± از آنجا که این خطوط سیال اصلی نیروگاه را جابجا می‌کنند، مسیر درستی باید برایشان انتخاب شود و انتخاب مسیر آنها در آغاز چیدمان اجزای نیروگاه صورت می‌گیرد.

± خطوط بخار در دمای بسیار بالایی کار می‌کنند و لوله‌های داغ منبسط می‌شوند، پس ناگزیریم که خطوط لوله را طوری بسازیم که در دماهای بالا انعطاف‌پذیری خود را حفظ کند و نیروی انبساط را درون خود مستهلک نماید.

± همچنین برای جلوگیری از انتقال نیروهای انبساط به نازل‌های پمپ‌ها و کمپرسورها، انعطاف‌پذیری کافی باید در این خطوط وجود داشته باشد.

± نظام‌نامه‌های بین‌المللی تایید شده بسیاری وجود دارد که راهنمایی‌ها و الزامات قانونی مربوط این خطوط را بیان می‌کند.

± مهم‌ترین نظام‌نامه مورد استفاده برای مهندسان پایپینگ نیروگاهها عبارتست از

± **ASME ANSI B31.1- Power Piping Code**

تحلیل تنش لوله

- ± پیشتر دیدیم که برخی از لوله‌ها تحت فشار و دمای بالایی قرار دارند. لوله‌ها بار سیال در حال جریان را نیز تحمل می‌کنند.
- ± لازم است بررسی و تایید کنیم که این لوله‌ها تحت بارهای یاد شده از هم گسیخته نمی‌شوند.
- ± فرایندی را که تنش گسترش یافته در لوله را در اثر بارهای مختلف بررسی می‌کند، **تحلیل تنش لوله (pipe stress analysis)** یا **تحلیل انعطاف‌پذیری (flexibility analysis)** می‌نامند.
- ± طی تحلیل تنش بارهای ثابت شده گوناگونی به لوله وارد می‌شود و تنش لوله مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.
- ± سپس این تنش‌ها را با نظام‌نامه‌های حاکم مقایسه می‌کنیم که آیا پذیرفتنی هستند یا نه.
- ± بارگذاری تکیه‌گاه‌ها و جابجایی آنها تحت شرایط بارگذاری گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- ± همچنین بارگذاری نقاط پایانی نیز که توسط سیستم پایپینگ به تجهیز متصل به آن وارد می‌شود مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این نیروها باید در محدوده‌های مورد پذیرش که از سوی فروشندگان این تجهیزات پیشنهاد شده قرار داشته باشد.
- ± همچنین تغییر طول لوله به دنبال تغییرات دمایی به دست می‌آید و لازم است که این جابجایی‌های لوله در محدوده قابل پذیرش قرار گیرد.
- ± **تحلیل تنش لوله یک فرایند برهم‌کنشی و تکراری است.** هر گام باید بررسی شود.
- ± اگر یک بررسی به نتیجه نادرستی منجر شد، باید به عقب برگردیم، طرح را بهبود دهیم و تحلیل را از سر بگیریم.

تحلیل تنش لوله

ابزارهای کاربردی

- ± ComPIPSYS، CAESAR که یک نرم افزار یکپارچه برای تحلیل تنش لوله های PLADES 2000 است.
- ± commercial Piping analysis software
- ± نرم افزارهای تجاری دیگری نیز در بازار موجود است.

خروجی ها

- ± تنش لوله در شرایط بارگذاری های مختلف
- ± بارگذاری در قیدوبندها و تکیه گاههای گوناگون
- ± جابجایی لوله در محل تکیه گاهها
- ± بارگذاری لوله در نقاط پایانی

نظام نامه ها و استانداردها

- ± در پایپینگ نیروگاههای معمولی باید شروط ASME ANSI B31.1 برآورده شود.

ورودی ها

- ± طرح هندسی لوله
- ± پیکربندی تکیه گاههای لوله
- ± قطر و ضخامت لوله
- ± فشار درون لوله
- ± دماهای سرد و گرم لوله
- ± وزن لوله و عایق
- ± وزن سیال جابجا شده
- ± ویژگی جنس لوله (مدول یانگ، ضریب انبساط گرمایی)
- ± بار وارد شده به لوله از سوی باد
- ± بار وارد شده به لوله توسط زمین لرزه
- ± بار وزنی برف بر لوله
- ± همه بارهای گذرا همچون ضربه قوچ بخار
- ± هر باری که به لوله وارد شود

انواع تکیه گاههای لوله

در آغاز این بحث درباره گونه‌های مختلف تکیه گاههای لوله صحبت کردیم. اکنون به جزئیات بیشتری می‌پردازیم.

± سه دسته معمولی از تکیه گاهها وجود دارد

± بدون انعطاف‌پذیری در جهت مهار

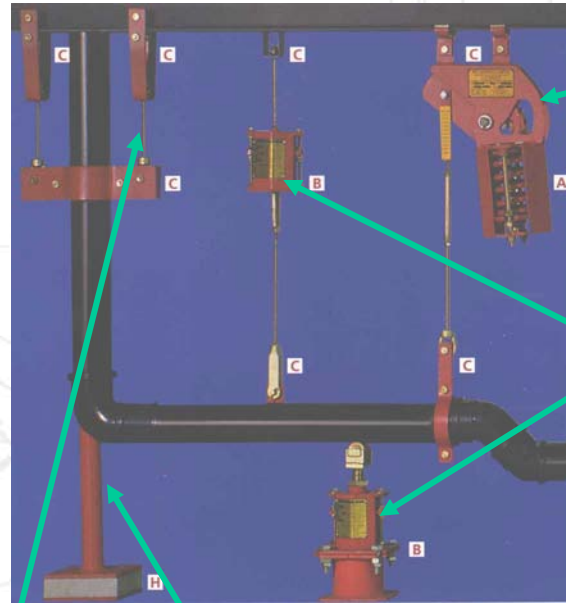
± نوع فنری (به لوله اجازه حرکت در جهت بارگذاری را می‌دهد)

± تکیه گاه دینامیکی (درجه مهار به شتاب بارگذاری بستگی دارد)

± دو نوع از تکیه گاههای فنری وجود دارد.

± نوع بار متغیر: در این نوع، بار تکیه گاه با جابجایی لوله تغییر می‌کند.

± نوع بار ثابت: در این نوع از تکیه گاه، در محدوده‌ای از جابجایی لوله، بار تکیه گاه تغییری نمی‌کند.



فنر بار ثابت
(Constant Load Spring)

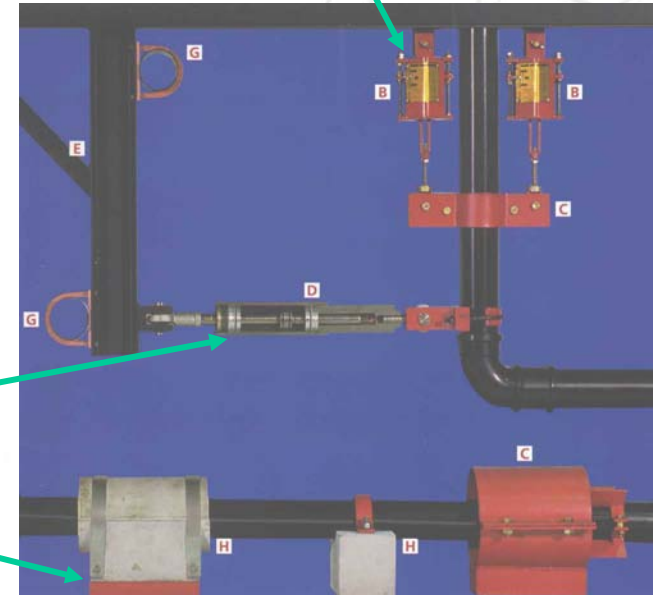
فنر متغیر
(Variable Spring)

آویز صلب
(Rigid Hanger)

تکیه گاه صلب
(Rigid Support)

تکیه گاه دینامیکی،
ضربه گیر
(Dynamic Support, Snubber)

تکیه گاه صلب
(Rigid Support)



برخی ملاحظات خاص در مورد پاپینگ

هنگام طراحی لوله‌های **زیرسطحی** (مدفون) نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

± کوچکترین اندازه لوله‌های زیرسطحی نباید کمتر از ۱ اینچ باشد.

± از به کار بردن اتصالات فلنجی در لوله‌های زیرسطحی باید خودداری شود.

± به یاد داشته باشید که اگر لوله‌های زیرسطحی نشستی داشته باشند تشخیص آن دشوار است، پس می‌باید برای سیال‌های سمی از لوله‌کشی زیرسطحی خودداری شود.

± در جاهایی که دمای هوا به پایین‌تر از دمای یخبندان می‌رسد، لوله باید از عمقی بیشتر از عمق یخبندان عبور داده شود.

± لوله‌های مدفون زیرسطحی باید به طور مناسب در برابر خوردگی محافظت شوند.

± برای جلوگیری از خوردگی، لوله باید به طور کامل نوارپیچ یا با یک لایه پلاستیک پوشیده شود.

± یا آنکه با استفاده از محافظت کاتدی در برابر خوردگی محافظت شود.

محافظت لوله‌های در معرض هوای آزاد در برابر **ریخ زدگی**

± در مناطقی که دما به کمتر از دمای یخبندان افت می‌کند، این امکان وجود دارد که در هنگام خاموشی کارخانه محتویات لوله‌ها ریخ بزنند.

± در حالتی مشابه برای نگاه داشتن دمای محتویات لوله بالاتر از دمای انجماد (حدود ۴ درجه) حتی هنگامی که دما کمتر از دمای انجماد است، لوله توسط المنت‌های هیت‌تریسنگ (heat tracing) پوشیده می‌شود.

± هیت‌تریسینگ برقی با پیچاندن کلاف الکتریکی به دور لوله اجرا می‌شود و با پایین رفتن دما روشن می‌شود. لوله برای پوشاندن کلاف‌های هیت‌تریسینگ عایق می‌شود.

± هیت‌تریسینگ را می‌توان با پیچاندن لوله‌های باریک بخار به دور لوله اصلی اجرا نمود.