

**R&D Department**



شرکت مهندسی پتروپالامحور

محاسبات فنی لوله گذاری شبکه  
جمع آوری فاضلاب انسانی

**یک نمونه عملی از محاسبات فنی لوله گذاری**

# شبکه جمع آوری فاضلاب انسانی



شرکت مهندسی پتروپالامحور

تهیه کننده :

فرشاد سـرایـی

**پیشگفتار :**

در خصوص شناخت و محاسبات فنی سیستم های جمع آوری و تصفیه فاضلاب انسانی کتب و مقالات علمی مفید و متعددی توسط نویسندگان داخلی و خارجی به رشته تحریر در آمده که امروزه در اختیار مهندسين طراح و دانشجويان رشته مهندسی مکانیک قرار دارد. مطالب در این زمینه چنان گسترده و عمیق است که خود شاخه ای از تخصص های علم مکانیک را تشکیل داده و کسب تبحر و تجربه در آن مستلزم ممارست و مطالعه فراوان میباشد. لذا هدف از نگارش و انتشار این جزوه ، تکرار مطالب علمی مندرج در کتب مرجع نمیباشد بلکه ارائه یک پروژه نمونه عملی جهت آشنا نمودن دانشجويان و مهندسين جوان مکانیک با چگونگی استفاده بخشی از داده ها و فرمول های مندرج در این کتب است.

بطور کلی مباحث مربوط به جمع آوری فاضلاب انسانی به سه بخش عمده تقسیم میگردد که عبارتند از :

۱- جمع آوری فاضلاب در داخل ساختمان

۲- شبکه جمع آوری فاضلاب شهری

۳- سیستم های دفع و تصفیه فاضلاب

پیش از این سعی نمودم با انتشار کتاب الکترونیکی "طراحی سیستم جمع آوری و دفع فاضلاب و آب باران در ساختمانهای مسکونی" ( که از طریق این لینک قابل دسترس میباشد : [http://www.petropalamehvar.com/articles\\_fa.html](http://www.petropalamehvar.com/articles_fa.html) ) خوانندگان محترم را با اصول طراحی در بخش اول و تا حد اندکی در بخش سوم آشنا نمایم. کتاب مذکور بر اساس کد ملی طراحی فاضلاب کشور ایالات متحده آمریکا (National Plumbing Code) تدوین گشته و هدف آن ارائه روشهای عملی در استفاده از این مرجع معتبر جهت طراحی سیستم جمع آوری فاضلاب انسانی در پروژه های مختلف است. مطالب کتاب مذکور در بخش اول یعنی جمع آوری فاضلاب در داخل ساختمان ، تقریباً جامع و کامل میباشد لیکن در خصوص بخش سوم

یعنی دفع و تصفیه فاضلاب تنها به سیستم های ابتدائی مانند چاه جذبی ، انباره تعفن و مانند آن اشاره شده و از پرداختن به تصفیه خانه های صنعتی در مقیاس بزرگ به دلیل گستردگی موضوع اجتناب گشته است.

اما در خصوص هر سه بخش مطرح شده ، یکی از مراجع بسیار معتبر دانشگاهی که در پروژه های عملی نیز مورد استفاده مهندسین طراح قرار میگیرد ، کتاب "فاضلاب شهری" نوشته دکتر محمد تقی منزوی است که توسط انتشارات دانشگاه تهران به طبع رسیده و در دسترس میباشد. جلد اول این کتاب تحت عنوان "جمع آوری فاضلاب" و جلد دوم آن تحت عنوان "تصفیه فاضلاب" منتشر گشته است.

مطالب مطرح شده در این کتاب ، ضمن مبتنی بودن بر اصول علمی ، بسیار ملموس و قابل استفاده در پروژه های عملی میباشد و به همین واسطه یکی از مراجع معتبر در زمینه طراحی سیستم های جمع آوری و تصفیه فاضلاب محسوب میگردد.

پروژه ای که به پیوست مطالعه خواهید نمود یکی از نمونه های عملی استفاده از مطالب و فرمول های مندرج در ویرایش سال ۱۳۷۳ کتاب فوق الذکر میباشد. این پروژه طراحی سیستم جمع آوری ، دفع و تصفیه فاضلاب یک شهرک مسکونی واقع در حومه شهر تهران را شامل میگشت که مراحل طراحی آن در سال ۱۳۷۷ توسط اینجانب و تحت سرپرستی جناب آقای مهندس خسرو حمیدی نیا مهندس ارشد طراح تاسیسات مکانیکی به انجام رسید. پروژه فوق چندین بخش را شامل میشد از جمله طراحی و تهیه نقشه های اجرایی سیستم های لوله کشی داخل ساختمان ها ، محاسبات تعیین سائز و تهیه نقشه های اجرایی شبکه جمع آوری فاضلاب شهرک و در نهایت محاسبه و طراحی سیستم دفع و تصفیه فاضلاب شهرک.

اینجانب بنا به دو دلیل عمده تنها قسمت مربوط به محاسبات فنی اجرا و لوله گذاری شبکه جمع آوری فاضلاب این پروژه را به عنوان یک نمونه عملی انتخاب نمودم که به پیوست تقدیم خوانندگان محترم میگردد. اول اینکه با توجه به تعداد زیاد مدارک محاسباتی و نقشه ها ، ارائه آن از حوصله این بحث خارج میباشد و دلیل دوم اینکه اغلب مهندسین طراح تاسیسات مکانیکی با طراحی و محاسبه سائز سیستم های لوله کشی داخل ساختمان و شبکه و همچنین تجهیزات تصفیه فاضلاب آشنا میباشد و لذا پرداختن به آن تکرار مکررات است. لیکن طبق تجربه شخصی بنده ، مهندسین طراح

**R&D Department**



محاسبات فنی لوله گذاری شبکه  
جمع آوری فاضلاب انسانی

تاسیسات مکانیکی بواسطه ارتباط کمتر با فاز اجرائی پروژه ها ، معمولا با محاسبات فنی مربوط به این قسمت از پروژه کمتر آشنا میباشند و لذا مطالعه این جزوه میتواند در آشنا نمودن ایشان با نحوه به کارگیری فرمول ها و محاسبات مربوط به اجرای خطوط جمع آوری شبکه فاضلاب در یک پروژه واقعی و عملی ، موثر و مفید واقع گردد.

امیدوارم همکاران و خوانندگان محترم با ارسال نظرات اصلاحی ، پیشنهادات و انتقادات خود از طریق وب سایت شرکت مهندسی پتروپالامحور ( به آدرس : [www.petropalamehvar.com](http://www.petropalamehvar.com) ) ، مدیریت شرکت را در بهبود کیفیت و ارتقای سطح علمی مقالات و کتب منتشر شده یاری فرمایند.

فرشاد سرایی / بهمن ۱۳۸۹

**R&D Department**



شرکت مهندسی پتروپالامحور

محاسبات فنی لوله گذاری شبکه  
جمع آوری فاضلاب انسانی

## **بخش اول : محاسبات فنی لوله گذاری سیستم فاضلاب**

## نخش اولک : محاسبات نفخ لوله گذارے سیستم فاضلاب

### ۱- تعریف اولیه :

با توجه به نقشه اجرائی طرح که توسط مهندس مشاور پروژه تهیه شده عوق متوسط لوله گذارے جهت محاسبات نفخ ۱ معادل  $2.00m$  منظور میکنیم. همچنین نوع خاک محل پروژه از جنس شری و ماسه همراه با مواد آهک و مارنیت با وزن مخصوص  $1950$  کیلوگرم بر متر مکعب میباشد.

### ۲- مقطع فاضلاب و :

طبق محاسبات مهندس مشاور طرح بیشترین قطر مورد نیاز  $10"$  ( $25\text{ cm}$ ) میباشد و بیشترین قسمت مسیر با لوله  $8"$  ( $20\text{ cm}$ ) اجرا میگردد. لذا با عنایت به کوچک بودن قطر ها مقطع دایره ای مناسب ترین حالت میباشد.

### ۳- جنس فاضلاب و :

جنس پیشنهادی جهت لوله های فاضلاب (پلو اتیلن) میباشد. این لوله ها از مواد پتروشیمی ساخته شده و دارای دیواره ای صاف میباشد و مقاومت آن در برابر فاضلاب های خانگی و خوردگی ناشی از گاز های تعفن فاضلاب بسیار

خوب است. این لوله‌ها در چهار کلاس برای فشارهای درونی 2.5 ، 4 ، 6 و 10 اتمسفر تولید می‌گردد که رده‌های 2.5 و 4 اتمسفری آن برای خطوط انتقال فاضلاب ثقلی مناسب است.

<i>High Density Polyethylene pipe</i> (DIN 8074)				
<i>Diameter</i>	<i>2.5 At. Pressure</i>		<i>4 At. Pressure</i>	
<i>outer Diameter (mm)</i>	<i>Thickness (mm)</i>	<i>Weight Per meter (Kg)</i>	<i>Thickness (mm)</i>	<i>Weight Per meter (Kg)</i>
200	4.9	3.05	7.7	4.69
250	6.1	4.76	9.7	7.37

\* استخراج از کاتالوگ شرکت نفز آب گستر تهران

۴- دهانه‌های بازدید (Man Holes) :

دهانه‌های بازدید ساختارهایی هستند که جهت دسترسی به خط فاضلاب و همچنین جهت تهویه خط فاضلاب در محل‌های پیش‌بینی شده در نقشه - اجزای مشاور تعبیه می‌گردد. در این پروژه با توجه به اینکه منholes تقریباً کوچک می‌باشد جهت ساخت آن قطعات پیش ساخته بتنی مورد استفاده -

قرار میگیرد و منهول ها از نوع ( مخروطی ) ساخته میشود. این قطعات پیش ساخته به شکل استوانه و نیم مخروط به ارتفاع  $50\text{ cm}$  با دوسر نو ماده میباشد. قطر این قطعات با توجه به قطر لوله ها  $1\text{ m}$  مناسب است.

طبق استاندارد آلمان ضخامت این استوانه ها  $15 - 10\text{ cm}$  و عیار بتن آن - 400 کیلوگرم سیان در متر مکعب بتن و جنس سیان مصرفی ضد سولفات میباشد.

پله های چدنی باید در ارتفاع  $33\text{ cm}$  از یکدیگر ( سه عدد در یک متر ) و بصورت چپ و راست در ضمن بتن ریزی قطعات در آنها کار گذاشته شود. زیر جبرای فاضلاب باید به ضخامت  $30\text{ cm}$  بتن پی با عیار  $250$  کیلوگرم سیان ضد سولفات در متر مکعب بتن قرار گیرد.

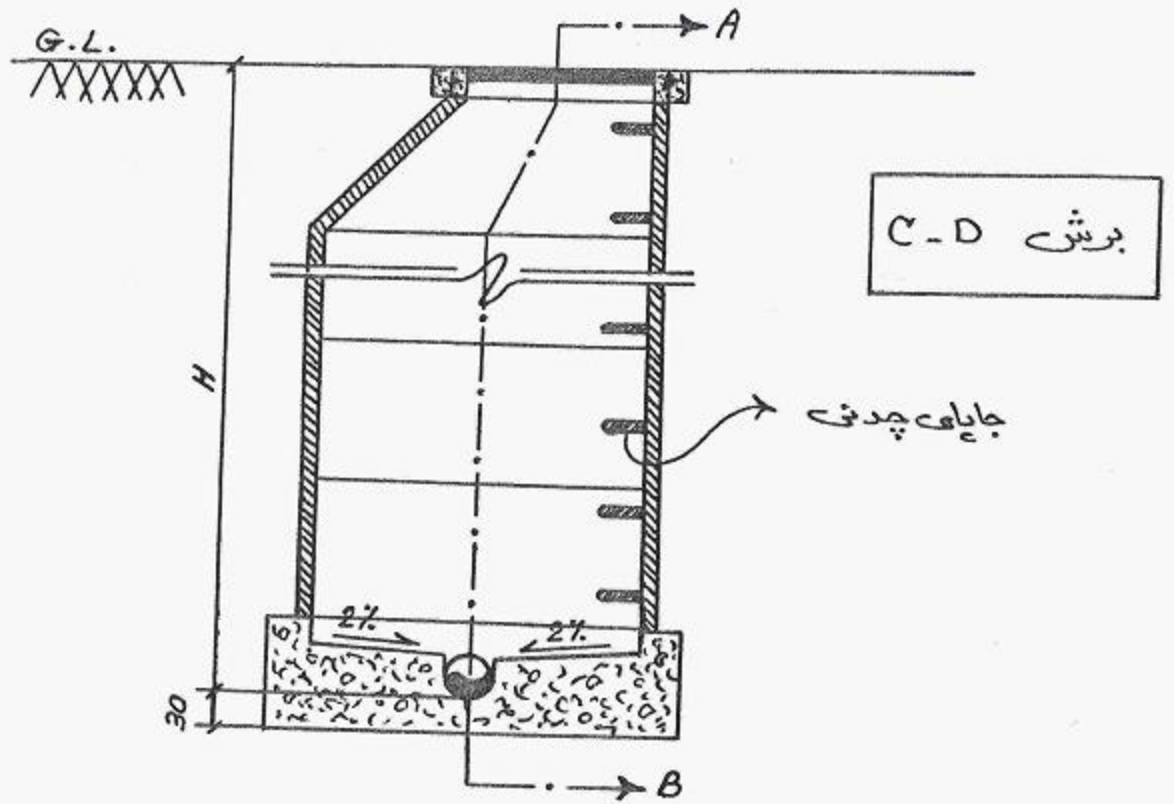
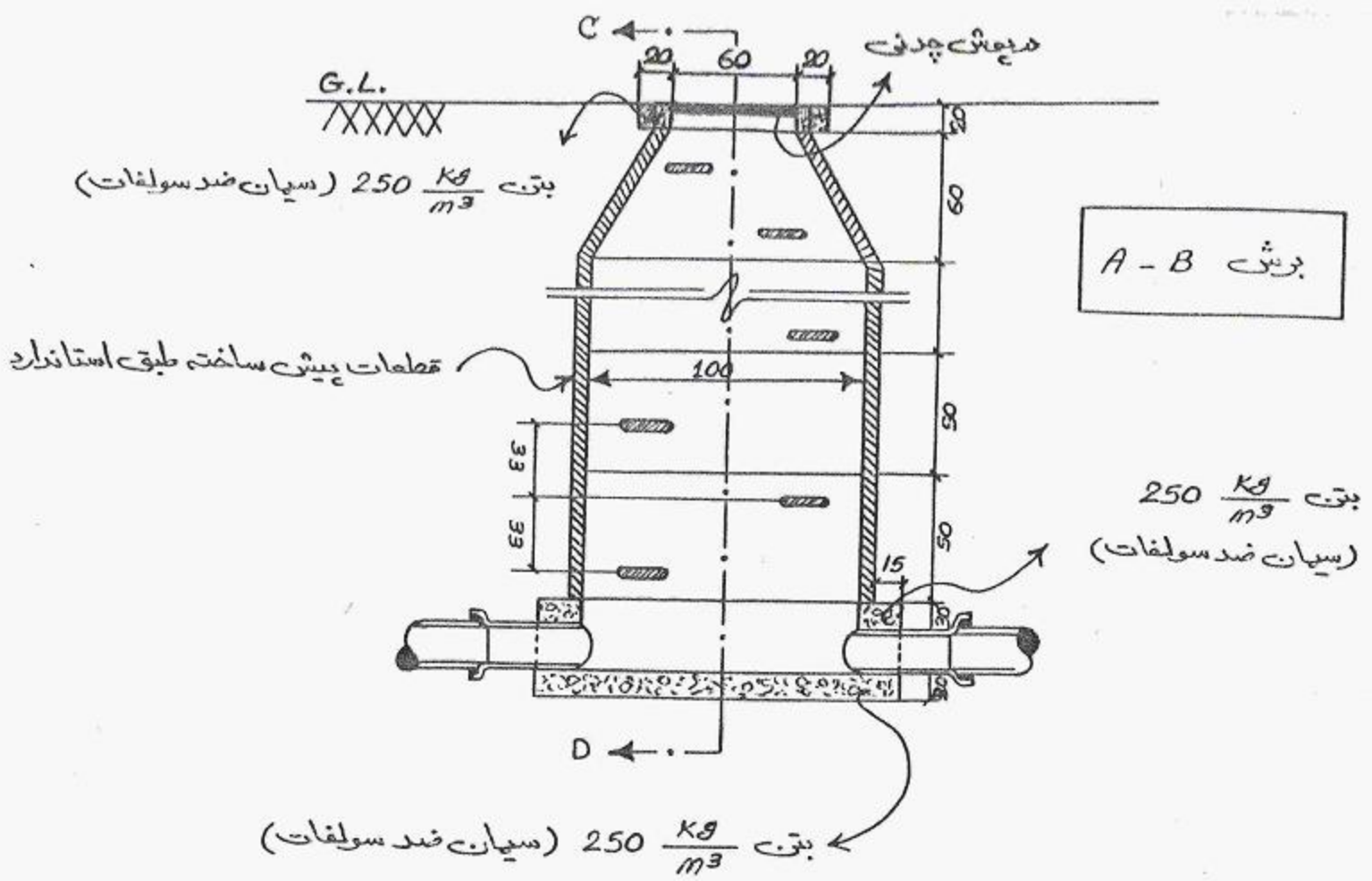
در دو طرف جبرای فاضلاب جا پائیک به پهنای حداقل  $35\text{ cm}$  و با شیب  $2\%$  به سمت جبرای فاضلاب ساخته میشود که بلندی آن برابر قطر لوله فاضلاب میباشد.

قطر آدم رو در ارتفاعی بیش از  $1.8\text{ m}$  از نوعی جا پا توسط قطعات بتن پیش ساخته مخروطی شکل گاسته شده بطوریکه قطر دهانه بیرون قطعات نامبرده به  $63$  سانتیمتر برسد.

در پوشش چدنی نوع منهول باید از جنس چدن و به ضخامت حداقل  $3\text{ cm}$  باشد و تحمل بار چرخ تا حد  $10\text{ TON}$  داشته باشد. وجود سوراخ به تعداد کافی در سطح درجه فوق جهت تهویه خط فاضلاب ضروری میباشد.

دیتیل اجرائی درجه های آدم رو میباشد به شکل زیر اجرا گردد :

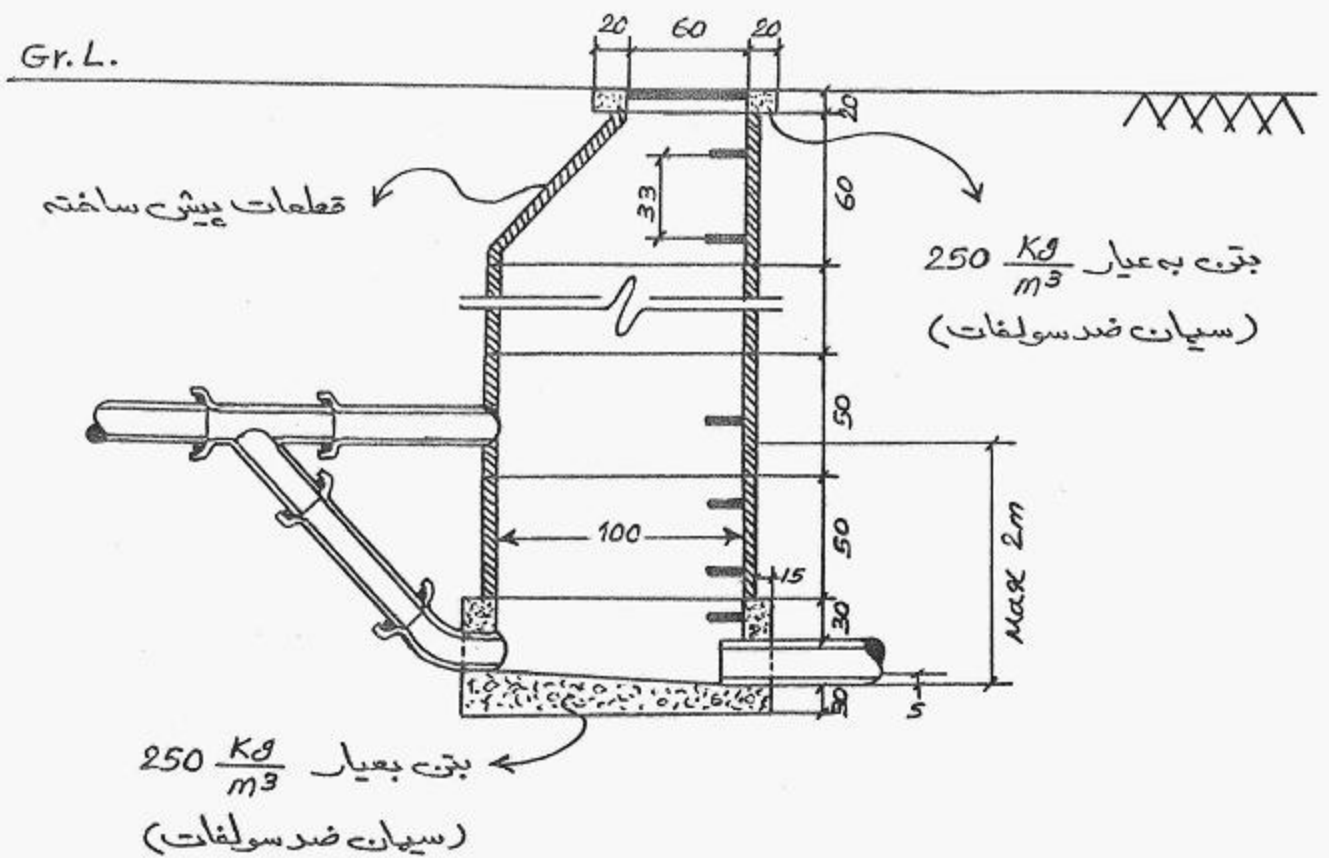




دیتیل ساخت منولهای منوط

۵- دهانه های ریزش (Drop Manhole) :

در مواقعی که شیب زمین بیشتر از شیب مجاز لوله فاضلاب باشد در نقاطی باید اختلاف عمق بین لوله های آورنده و برنده فاضلاب در نظر گرفت که این اختلاف عمق در دهانه های و برزخی بنام دهانه های ریزش انجام میگیرد. همچنین در نقاط تقاطع چنانچه اختلاف ارتفاع دو لوله آورنده فاضلاب بیشتر از 30cm باشد وجود دهانه ریزش ضروریست. دهانه های ریزش در این پروژه میبایست مطابق درجیل زیر اجرا شود :



7- نوع کارگذاری لوله ها :

با توجه به کم بودن عمق لوله ها جهت کارگذاری لوله ها از روش گود بر خاکی استفاده میکنیم. در انجام عملیات باید دقت شود که تسطیح نهایی کف تراشیده یا برداشته خاک انجام شود نه با خاکریزی تا احتمال نشست کاهش یابد.

۷- محاسبه پهنای تراخسه :

$$4At \rightarrow T = 9.7 \text{ mm} \quad - \text{ لوله های به قطر } 25 \text{ cm}$$

$$d\alpha = 0.25 + 0.0097 \approx 0.259$$

$$b = d\alpha + (2 \times 0.2) \quad [m]$$

$$b = 0.259 + 0.4 = 0.659 \text{ m}$$

با توجه به اینکه در مورد عمق های بیش از  $1.75 \text{ m}$  لاگر نخج تواند پام خود را در طرف گود قرار دهد حداقل پهنای تراخسه  $80 \text{ cm}$  باید باشد. لذا با عنایت به اینکه ساین ساین لوله ها کمتر از  $25 \text{ cm}$  است در سرتاسر مسیر خواهیم داشت:

$$b = 80 \text{ cm} \quad \text{پهنای تراخسه}$$

۸- محاسبه پهنای بخارت تراخسه :

$$1-1- \text{ لوله های به قطر } 25 \text{ cm} \text{ در عمق متوسط } 2 \text{ m} :$$

چنانچه فرض شود کف تراخسه  $10 \text{ cm}$  ماسه ریخته شده و لوله رعد آن قرار داده میشود و با فرض اینکه لوله  $5 \text{ cm}$  در ماسه فرو رود نسبت روآمدگی لوله یا به عبارت  $(\alpha)$  عبارت است از :

$$\alpha = \frac{0.209}{0.259} = 0.8$$

با توجه به نوع خاک پروژه نسبت نشست (rSd) معادل 0.5 فرض میکنیم  
لذا خواهیم داشت :

$$rSd \times \alpha = 0.5 \times 0.8 = 0.4$$

$$\frac{h}{d\alpha} = \frac{2 - 0.25 - 0.0097}{0.259} = 6.72$$

سپس از منحنی (5-17) کتاب جمع آوری و فاضلاب دکتر منفری خواهیم داشت :

$$\frac{bc}{d\alpha} = 2.4 \rightarrow bc = 2.4 \times 0.259 = 0.622 \text{ m}$$

با توجه به اینکه  $(b > bc)$  میباشد لذا اثر نیروها بر لوله مشابه حالت خاکریز میباشد.

9- محاسبه بارهای مرده یا نیروهای ناشی از وزن زمین :

با توجه به انعطاف پذیری لوله  $rSd = -0.4$  فرض شده و داریم :

$$\alpha' = \frac{2 - 0.25 - 0.0097}{0.8} = \frac{t}{b} \rightarrow \alpha' = 2.17$$

چون سطح خاکریز معادل سطح زمین طبیعی محل فرض میشود لذا :

$$h = t \rightarrow \frac{h}{b} = \alpha' = 2.17$$

$$C_n = 1.8$$

از منحنی (5-21) خواهیم داشت :

$$P_e = C_n \cdot \gamma \cdot b^2$$

$$P_e = 1.8 \times 1950 \times (0.8)^2 \rightarrow$$

$$P_e = 2246.4 \frac{Kg}{m}$$

۱۰ - محاسبه بارهای زنده یا نیروهای ناشی از عبور وسایل نقلیه :

طبق مشخصات وزارت راه و ترابری ایران وزن هر جفت چرخ سنگین ترین -  
کامیونها در ایران برابر 9 TON میباشد (هر محور برابر 18 TON). با فرض -  
نوع روسازی قلوه سنگی و شیب مقدار  $C_v = 2$  خواهد بود.

$$h = 2 - 0.25 - 0.0097 = 1.7403 \text{ m}$$

حالت از ۲ باک شکل (۵-۲۳) از منحنی ردیف 60 خواهیم داشت :

$$P_v = 2.8 \text{ TON/m}$$

الکتون ماگزیم نیروی وارد بر لوله را طبق رابطه بوزینسک محاسبه میکنیم :

$$P_v = C_v \cdot P_v \cdot da$$

$$P_v = 2 \times 2.8 \times 0.259 = 1.45 \text{ TON} \rightarrow$$

$$P_v = 1450 \frac{Kg}{m}$$

۱۱- محاسبه کل بار وارد بر هر متر لوله با قطر (25 cm) :

$$P = P_e + P_v = 2246 + 1450 \longrightarrow$$

$$P = 3696 \frac{kg}{m}$$

۱۲- محاسبه ضریب بستری سازی :

با احتساب ضریب اطمینان 1.5 خواهیم داشت :

$$L_f = \frac{P \cdot \mu}{F_s}$$

$P$  - بار وارد بر لوله ( $\frac{kg}{m}$ )

$\mu$  - ضریب اطمینان

$F_s$  - مقاومت شکستگی لوله ( $\frac{kg}{m}$ )

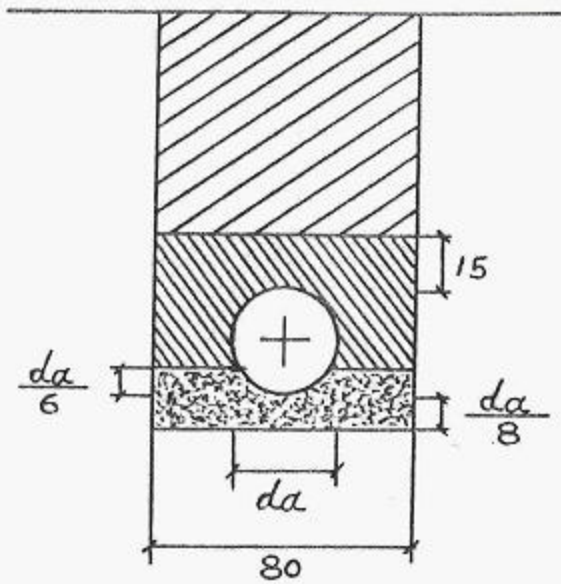
$L_f$  - ضریب بستری سازی

$$L_f = \frac{3696 \times 1.5}{5000} = 1.10$$

۱۳- انتخاب نوع بستری سازی :

با توجه به ضریب بستری سازی 1.10 و آسانتر بودن روش اجرا نوع بستری سازی

به شکل زیر جهت این پروژه مناسب میباشد :



- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| شرح و پایه سرد شده و متراکم |  |
| خاک سرد شده و کاملاً متراکم |  |
| خاک نامتراکم                |  |

۱۴- قرار دادن لوله های فاضلاب در ترانشه :

پس از اطمینان از پایداری دیواره های ترانشه کارهای مربوط به کارگذاری لوله های فاضلاب به شرح زیر انجام میگردد :

۱-۱۴- تراز یابی کف ترانشه -

پس از اتمام تسطیح کف گود باید کف تمام شده تراز یابی شده و با شیبهای داده شده در نقشه اجرایی تطبیق داده شود .

۲-۱۴- بستری سازی -

بستری سازی باید مطابق نقشه بند ۱۳ بر اساس قطر لوله ها انجام شود .

۱۴-۳ - نصب لوله ها -

لوله های فاضلاب باید قطعه به قطعه بروی بستر قرار گرفته و توسط الیپ لوله کشی به هم متصل گردد.

۱۴-۴ - جهت یابی مور لوله ها -

برای جهت یابی باید بیخ در تخته افقی واقع بر در و منهول متوالی ریسمانی محکم کشیده شود سپس با کمک دوربین مور لوله با ریسمان تطبیق داده شود.

۱۴-۵ - تراز یابی -

پس از کار گذاردن هر دو تاسه قطعه لوله باید تراز یابی کف لوله تکرار و کنترل شود.

۱۵ - آزمایش لوله های فاضلاب -

شمار لقم برای آزمایش طبق استاندارد (DIN 4033) برای حالتی که -  
هنوز انشعاب قانها متصل نشده اند 5m ستون آب میباشند.



**R&D Department**



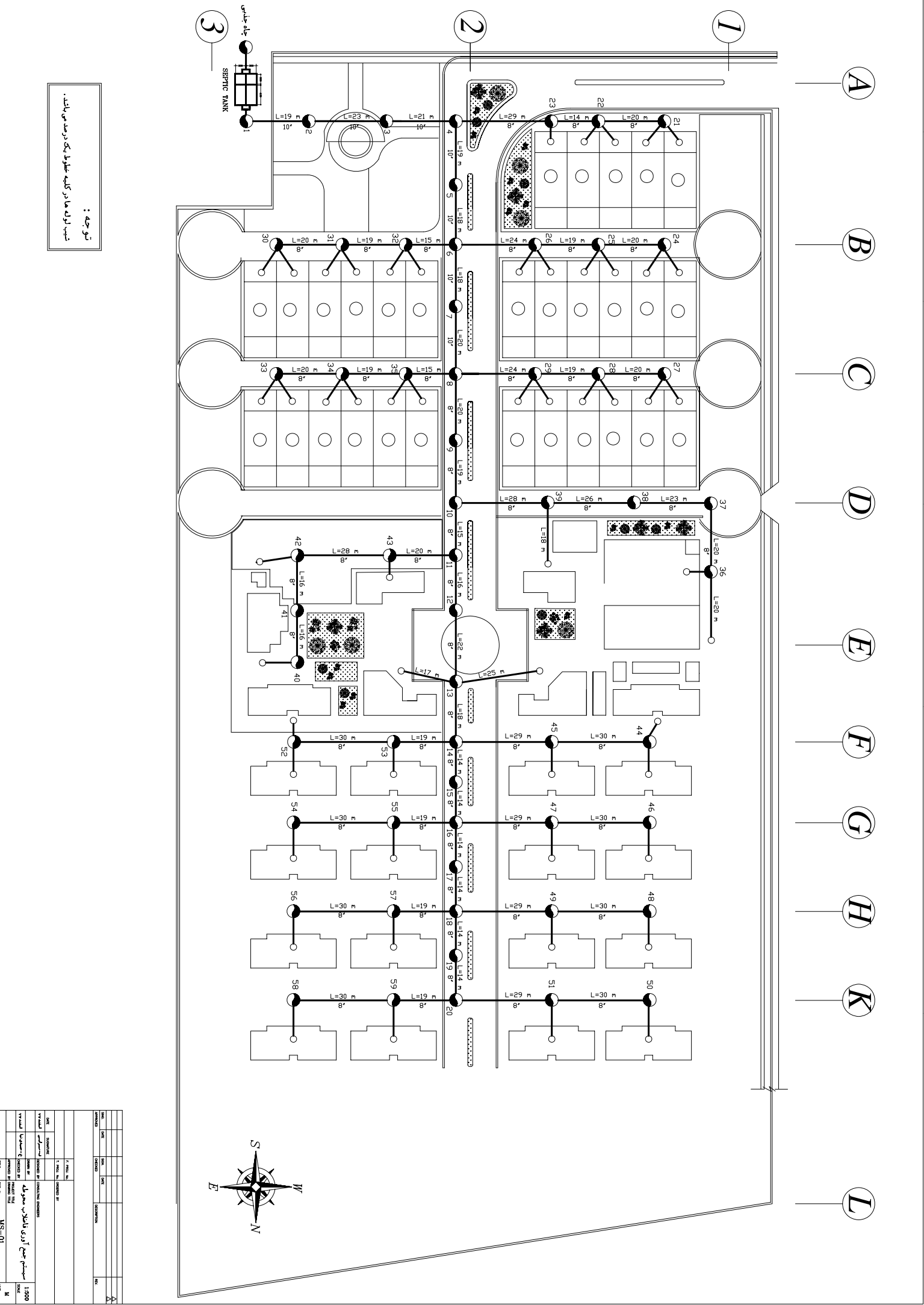
شرکت مهندسی پتروپالامحور

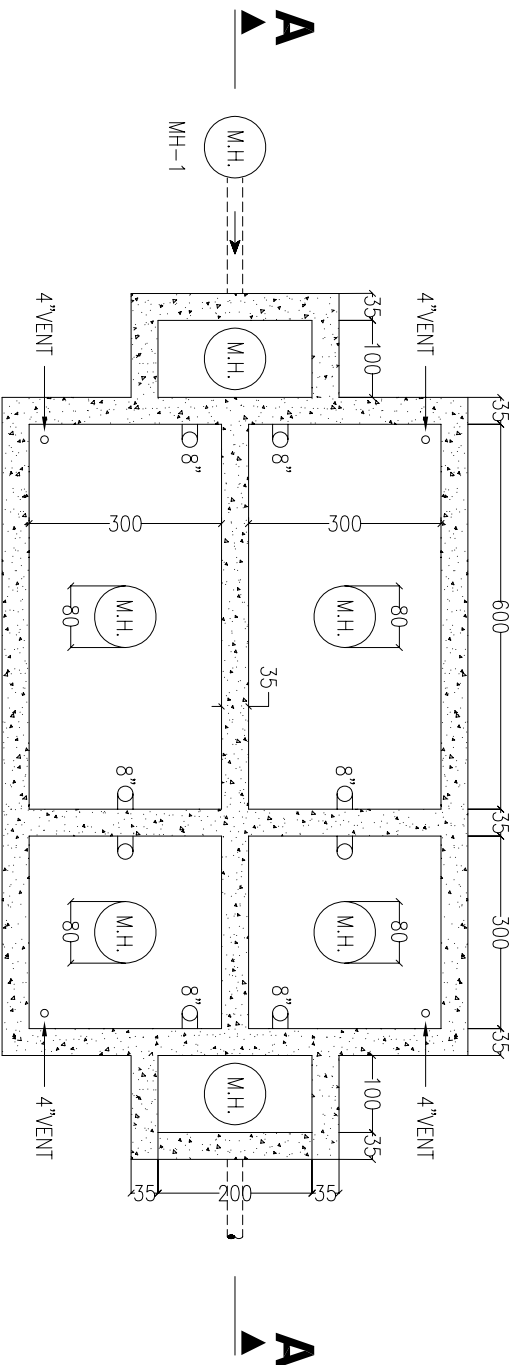
محاسبات فنی لوله گذاری شبکه  
جمع آوری فاضلاب انسانی

## **بخش دوم : نقشه های پیوست**

DATE	DESIGNER	CHECKER	APPROVED
DATE	DATE	DATE	DATE
PROJECT NO.	SCALE	SHEET NO.	TOTAL SHEETS
1500	1:500	MS-01	M

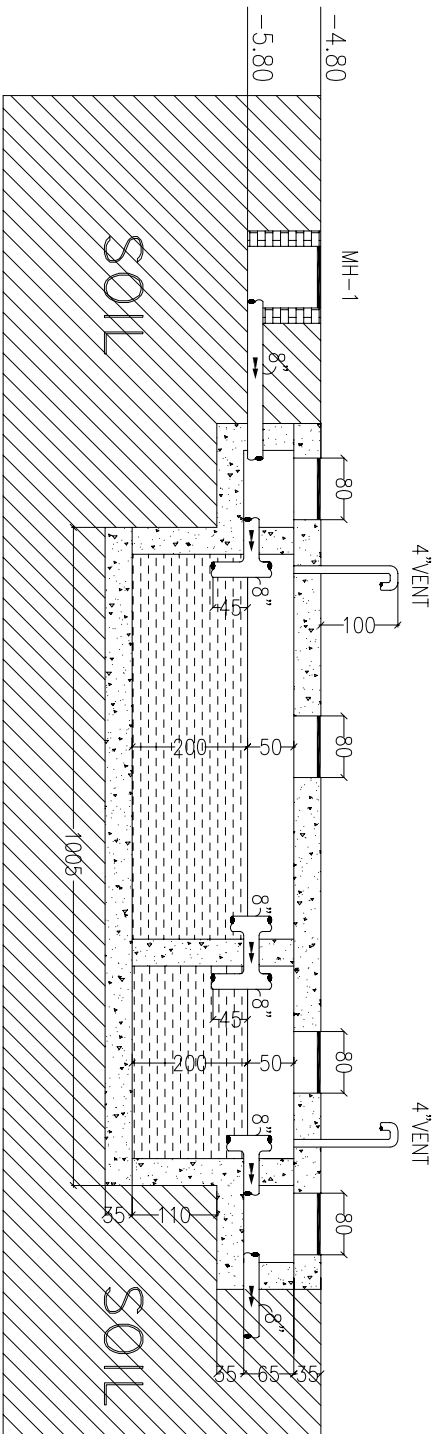
توجه: شیب از راه مادر کانیه خطوط یک در صد می باشد.





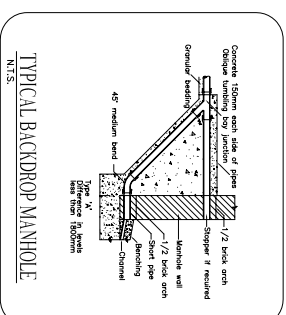
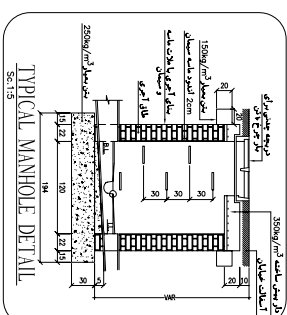
**SEPTIC TANK**

SC. 1:5



**SECTION A-A**

SC. 1:5



REV.	DESCRIPTION	DATE	SIGN.	DATE	APPROVED
1					
2					
3					
4					

DATE	DESIGNED BY	CONSULTING ENGINEERS
DATE	DRAWN BY	
DATE	CHECKED BY	
DATE	APPROVED BY	

DATE	DESIGNED BY	CONSULTING ENGINEERS	SCALE
DATE	DRAWN BY		1:500
DATE	CHECKED BY		M
DATE	APPROVED BY		M

MS-02

DATE