

## 1- Malzemeler

### 1.1- Tanım ve Özellikler

## 2- Saha Montajı

### 2.1- Depolama ve Taşıma

- 2.1.1- Depolama
- 2.1.2- Taşıma

### 2.2- Mesnetleme

- 2.2.1- Açıkta (havada) mesnetlenmiş döşeme
- 2.2.2- Toprağa gömerek döşeme
- 2.2.3- Su altında döşeme

### 2.3- Isıl Genleşme

### 2.4- Mekanik İşleme

### 2.5- Birleştirme İşlemleri

- 2.5.1- Soket kaynak
- 2.5.2- EF kaynak
- 2.5.3- Alın kaynak
- 2.5.4- Mekanik (dişli, flanşlı) bağlantılar
- 2.5.5- PE Boruların Onarılması

### 2.6- Basınç / Kaçak Testleri

- 2.6.1- Test Öncesi Notlar
- 2.6.2- Hidrostatik Kaçak Testi Aşamaları

## 3- Akış ve Hesaplamalar

- 3.1- Boru çapını belirleme
- 3.2- Koç Darbesi

### YASAL UYARI:

Bu katalogdaki yazılar, teknik bilgiler ve önerilerin güncel olarak doğru olduğuna inanılmaktadır. Gerçek uygulamalardaki şartlar ve burada belirtilen ürünlerin uygulamaları kontrolümüz dışında olduğundan; ayrıca, ürünlerin ve ürünlerin kullanıldığı sistemlerin montajı her ayrı duruma özel mühendislik bakışı ve bilgisi gerektirdiğinden, TEGA bu katalogdaki bilgiler kullanılarak yapılan bir uygulamada doğabilecek; doğrudan, dolaylı veya bir şeyin sonucunda meydana gelen hasar veya kayıplardan, TEGA hiçbir şartta sorumlu değildir. Açıkça belirtilmiş veya ima edilmiş dahi olsa; TEGA bu katalogta bulunabilecek tipografi veya basım hataları, bilginin bütünlüğü ve/veya uygunluğu konularındaki hatalardan olduğu öne sürülen zarar veya kayıplardan sorumlu tutulamaz.

Bu katalogdaki tüm kelimeler, veriler, şekiller ve tablolar dikkatle düzenlenmiş olup, sehven yapılan hatalar müstesnadır. Bu katalog, teknik bilgi ve becerisi bulunan kişilere ürün seçimi ve uygulamalar konularında rehber olması amacı ile düzenlenmiştir. Ürünlerin herhangi bir uygulamaya uygunluğu; veya uygulama yöntemleri konusunda proje veya yüklenici firma mühendisleri karar vermelidir.

TEGA; bu katalogdaki her türlü bilgiyi veya ürünlerine ait tasarım, yapım, malzeme, işlem veya diğer özelliklerini önceden haber vermeksizin değiştirmek; üretim ve satışını yaptığı malzemeleri miktar olarak azaltmak veya sonlandırmak haklarını saklı tutar.

## 1- Materials

### 1.1- Description and Properties

## 2- Field Applications

### 2.1- Storage and Handling

- 2.1.1- Storage
- 2.1.2- Handling

### 2.2- Supporting

- 2.2.1- Abovegrade Supporting
- 2.2.2- As Buried In Soil
- 2.2.3- Underwater Application

### 2.3- Thermal Expansion

### 2.4- Machining

### 2.5- Joining Procedures

- 2.5.1- Socket Welding
- 2.5.2- EF Welding
- 2.5.3- Butt Welding
- 2.5.4- Threaded and Flanged Connections
- 2.5.5- Repairing of PE Pipes

### 2.6- Pressure / Leak Testing

- 2.6.1- Pre-test Considerations
- 2.6.2- Hydrostatic Leak Testing Procedures

## 3- Flow and Calculations

- 3.1- Determining Pipe Sizes
- 3.2- Pressure Surge

### DISCLAIMER:

The statements, technical information and recommendations contained herein are believed to be accurate as of the date hereof. Since the actual conditions and methods of use of the product and of the information referred to herein are beyond our control; and correct usage of the products and their actual applications involve engineering judgements which cannot be properly made without full knowledge of all the conditions pertaining to each specific installation, TEGA expressly disclaims any and all liability as to any direct, indirect or consequential damages or losses arising from any use of the product or reliance on the information in this catalog. TEGA makes no warranties, either expressed or implied, concerning the typographical and printing accuracy, completeness, reliability, or suitability of the information and expressly disclaims liability for errors and omissions in the contents of this catalog.

All words, data, diagrams, and dimensional tables within this catalog have been carefully compiled and are intended to aid persons with technical knowledge and skill in product selection and application. The suitability of products usage, or methods for any particular application should be reviewed by the engineering personnel of the designer and/or contractor firm. TEGA reserves the right to change or update, without notice, any information contained in this catalog; to change, without notice, the design, construction, materials, processing, or specification of any products; and to discontinue or limit production or distribution of any products.

## 1- MALZEMELER / MATERIALS

### 1.1- Tanım ve özellikler

Poliyeten (PE), daha önceleri yoğunluğuna göre sınıflandırılırken, günümüzde mukavemet sınıflarına göre tanımlanmaktadır (PE 80, PE 100). PE 100, PE 80'e göre daha gelişmiş bir polimerizasyon işlemi görmüş olduğundan; yoğunluğu, sertliği ve mekanik dayanıklılığı daha yüksektir. Ayrıca, akma gerilimi ve çatlak ilerlemesi dayanımı da daha yüksektir.

Dolayısı ile, bu malzeme, PE 80'e göre aynı basınç sınıfına göre daha az et kalınlığı ile kullanılabilir. PE, diğer termoplastiklere göre daha üstün vasıflar göstermektedir. Bunlardan başlıcaları;

- \* Yağ, alkali ve zararlı hava şartlarına direnç
- \* Yüksek yırtılma dayanımı
- \* Yüksek basınç dayanımı
- \* Gerilim çatlamasına karşı çok iyi direnç
- \* Geniş kullanım sıcaklık aralığı ( -30 ila +60 oC )
- \* Korozyona karşı dayanım
- \* Çok iyi kaynaklanabilirlik, kolay ve güvenli montaj
- \* Metal borulara göre daha düşük sürtünme kayıpları
- \* Diğer malzemelere göre daha düşük akış gürültüsü
- \* PVC den daha düşük yoğunluk
- \* Yüksek aşınma ve yaşlanma direnci
- \* Tam elektriksel yalıtıklık ve çok iyi ısı yalıtım
- \* Fizyolojik olarak zehirsiz
- \* Radyoaktif atıklar için uygunluk- PE radyoaktivite kapmaz.

### 1.1- Description and Properties

*Polyethylene (PE) used to be classified by its density, however, now is classified by its strength classes; namely, PE 80, PE 100. The PE 100 type is a further development of the PE 80 material which results in a modified polymerization process an amended mol mass distribution. Therefore PE 100 types have mostly a higher density and by this, also improved mechanical properties such as increased stiffness and hardness. In addition creep pressure as well as resistance against crack propagation is improved.*

*Consequently, this material is suitable e.g. for the production of pressure pipes with larger diameters as in comparison to usual pressure pipes out of PE 80 the corresponding pressure rating will be achieved with less wall thickness. These materials show many superior properties to other thermoplastics. Some of the numerous advantages are;*

- \* Excellent resistance to oils, acids, alkalis and aggressive ambient air*
- \* High rupture strength*
- \* High pressure resistance*
- \* Very good resistance due to stress cracking*
- \* Wide usage temperature range ( -30 to +60oC )*
- \* Resistant to corrosion*
- \* Very good weldability, easy and safe installation*
- \* Lower frictional losses compared to metal pipes*
- \* Lower generated flow noise compared to other materials*
- \* Lower density than PVC*
- \* High abrasion and weathering resistance*
- \* No electrical conductivity and very good thermal insulation*
- \* Physiologically non-toxic*
- \* Suitable for drainage of radioactive sewage water, PE does not become radioactive.*

### PE 100 - ÖZELLİKLER

	ÖZELLİK	STANDART	BİRİM	DEĞER
	Yoğunluk	ISO 1183	gr/cm <sup>3</sup>	0,95
	Erime Akış Oranı (MFR) 190/5	T 003	gr/10 min.	0,2 – 0,4
	Erime Akış Oranı (MFR) 190/5	T 005	gr/10 min	0,4 – 0,7
	Erime Akış Oranı (MFR) 190/5	T 010	gr/10 min	0,7 – 1,3
Mekanik Özellikler	Çekme Gerilimi (akma)	ISO 527	Kg/cm <sup>2</sup>	255
	Uzama (sünme)	ISO 527	%	9
	Uzama (kopma)	ISO 527	%	> 600
	Elastisite Modülü	ISO 527	Kg/cm <sup>2</sup>	11216
Isıl Özellikler	Yumuşama Sıcaklığı	ISO 306	°C	77
	Şekil Değiştirme Sıcaklığı.	ISO 75	°C	75
	Isıl Genleşme Katsayısı	DIN 53732	1 / °C	0,00018
	Isıl İletkenlik (20 oC)	DIN 52612	W / m °C	0,4
Elektriksel Özellikler	Alevlenebilirlik	DIN 4102	--	B2
	Özgül Hacim Direnci	VDE 0303	Ohm.cm	> 1016
	Özgül Yüzey Direnci	VDE 0303	Ohm	> 1013
	Dielektrik Katsayısı	VDE 0303	kV / mm	70

### SPECIFIC PROPERTIES OF PE100

	PROPERTY	STANDARD	UNIT	VALUE
	Density	ISO 1183	gr/cm <sup>3</sup>	0,95
	Melt Flow Rate (MFR) 190/5	T 003	gr/10 min.	0,2 – 0,4
	Melt Flow Rate (MFR) 190/5	T 005	gr/10 min	0,4 – 0,7
	Melt Flow Rate (MFR) 190/5	T 010	gr/10 min	0,7 – 1,3
Mechanical Properties	Tensile Stress (yield)	ISO 527	Kg/cm <sup>2</sup>	255
	Elongation (yield)	ISO 527	%	9
	Elongation (break)	ISO 527	%	> 600
	Modulus of Elasticity	ISO 527	Kg/cm <sup>2</sup>	11216
Thermal Properties	Softening Point	ISO 306	°C	77
	Heat Deflection Temp.	ISO 75	°C	75
	Coeff. Of Thermal Expansion	DIN 53732	1 / °C	0,00018
	Thermal Conductivity (20 oC)	DIN 52612	W / m °C	0,4
Electrical Properties	Flammability	DIN 4102	--	B2
	Specific Volume Resistance	VDE 0303	Ohm.cm	> 1016
	Specific Surface Resistance	VDE 0303	Ohm	> 1013
	Dielectric Strength	VDE 0303	kV / mm	70

#### ULTRAVİOLE (GÜNEŞ IŞIĞI) DİRENCİ

Fiziksel ve kimyasal olarak korunma olmadığı takdirde; PE, ultraviyole (UV) ışını ile zayıflama gösterir. Malzemeye % 2 ila 3 arasında karbon siyahı eklenmesi durumunda, UV girişi kesilerek zayıflama engellenir. Dolayısıyla, siyah renkli PE açık havada kullanılabilir, ancak diğer tiplerin yer altında veya koruma kaplaması ile açıkta kullanılmaları gerekmektedir.

#### ULTRAVIOLET (SUNLIGHT) RESISTANCE

PE is degraded by UV light, if chemical or physical protection is not provided. Addition of 2 to 3% carbon black in PE blocks the UV penetration and thus prevents degrading. Black colored PE can be used in open air, but others are intended for protected use underground or as shielded in the open.

## ÇEŞİTLİ MADDELERE KARŞI KİMYASAL DİRENÇ

SEMBOL	ANLAMI
aq	Sulu
Sat	Oda sıcaklığında doymuş
+	Dayanıklı
/	Sınırlı Dayanıklı
-	Dayanısız

MATERIAL	%conc.	23°C	60°C
<b>A</b>			
Acetic acid	100	+	+
Acetic acid	50	+	+
Acetic acid	10	+	+
Acetic anhydride	100	+	
Acetone	100	+	+
Accumulator acid	38	+	+
Alum	Sat	+	+
Aluminum salt. aq.	Sat	+	+
Ammonia. aq.	Sat	+	+
Ammonium salts. aq.	Sat	+	+
Amyl alcohol	100	+	+
Aniline	100	+	+
Antifreeze glycol	50	+	+
Asphalt	100	+	/
<b>B</b>			
Barium salts, aq.	Sat	+	+
Benzaldehyde	100	+	+
Benzene	100	/	/
Benzine	100	+	/
Benzine, normal	100	+	/
Benzine, super	100	/	-
Benzoic acid, aq.	sat	+	+
12.5 % active chlorine	30	/	-
Bone oil	100	+	+
Borax, aq.	Sat	+	+
Boric acid, aq.	Sat	+	+
Brake fluid	100	+	+
Bromine	100	-	
Bromine water	Sat	-	-
Butane, liquid	100	+	
Butyl acetate	100	+	
Butyl alcohol	100	+	+
<b>C</b>			
Calcium salts, aq.	Sat	+	+
Carbon disulphide	100	/	
Carbon tetrachloride	100	/	-

## CHEMICAL RESISTANCE TO VARIOUS MATERIALS

SYMBOL	MEANING
aq	Aqueous
Sat	Saturated at room temp.
+	Resistant
/	Limited resistance
-	Not resistant

MALZEME	%conc.	23°C	60°C
<b>A</b>			
Acetic acid	100	+	+
Acetic acid	50	+	+
Acetic acid	10	+	+
Acetic anhydride	100	+	
Acetone	100	+	+
Accumulator acid	38	+	+
Alum	Sat	+	+
Aluminum salt. aq.	Sat	+	+
Ammonia. aq.	Sat	+	+
Ammonium salts. aq.	Sat	+	+
Amyl alcohol	100	+	+
Aniline	100	+	+
Antifreeze glycol	50	+	+
Asphalt	100	+	/
<b>B</b>			
Barium salts, aq.	Sat	+	+
Benzaldehyde	100	+	+
Benzene	100	/	/
Benzine	100	+	/
Benzine, normal	100	+	/
Benzine, super	100	/	-
Benzoic acid, aq.	sat	+	+
12.5 % active chlorine	30	/	-
Bone oil	100	+	+
Borax, aq.	Sat	+	+
Boric acid, aq.	Sat	+	+
Brake fluid	100	+	+
Bromine	100	-	
Bromine water	Sat	-	-
Butane, liquid	100	+	
Butyl acetate	100	+	
Butyl alcohol	100	+	+
<b>C</b>			
Calcium salts, aq.	Sat	+	+
Carbon disulphide	100	/	
Carbon tetrachloride	100	/	-

MATERIAL	%conc.	23°C	60°C
Carbonic acid, aq.	Sat	+	+
Caustic potash solution	50	+	+
Chlorobenzene	100	/	-
Chloride of lime		+	+
Chlorine water	Sat	/	-
Chlorine, liquid	100	-	-
Chloroform	100	/	-
Chlorosulfonic acid	100	-	-
Chromic acid	20	+	+
Chromic/sulphuric acid	Conc.	-	-
Chromium salts, aq.	Sat	+	+
Chromiumtrioxide, aq.	Sat	+	-
Copper (III)-salts, aq.	Sat	+	+
Cresol, aq.	Sat	+	/
Cumolhydroperoxide	70	+	
Cyclohexane	100	+	+
Cyclohexanole	100	+	+
Cyclohexanone	100	+	/
D			
Decahydronaphthalene	100	/	-
Detergents, aq.	10	+	+
Dibutylphthalate	100	+	/
Dibutylsebacate	100	+	/
Diesel oil	100	+	/
Diethylether	100	+	
Dihexylphthalate	100	+	+
Diisononyl Phthalate	100	+	+
Dimethylformamide	100	+	+
Dinonyladipate	100	+	
Dioctyladipate	100	+	
Dioctylphthalate	100	+	+
Dioxane, -1,4	100	+	+
Dixa solution	5	+	+
E			
Ethanol	96	+	+
Ethanol amine	100	+	+
Ethyl hexanol, -2	100	+	+
Ethyl-2-hexane acid	100	+	
Ethyl-2-hexane Acid chloride	100	+	
Ethyl-2-hexyl chloroformiat	100	+	
Ethylacetate	100	+	/
Ethylbenzene	100	/	-
Ethylchloride	100	/	
Ethylene chlorhydrin	100	+	+
Ethylene chloride	100	/	/
Ethylene diamine			
tetraacetic acid, aq.	Sat	+	+
Ethylglykolacetate	100	+	

MALZEME	%conc.	23°C	60°C
Carbonic acid, aq.	Sat	+	+
Caustic potash solution	50	+	+
Chlorobenzene	100	/	-
Chloride of lime		+	+
Chlorine water	Sat	/	-
Chlorine, liquid	100	-	-
Chloroform	100	/	-
Chlorosulfonic acid	100	-	-
Chromic acid	20	+	+
Chromic/sulphuric acid	Conc.	-	-
Chromium salts, aq.	Sat	+	+
Chromiumtrioxide, aq.	Sat	+	-
Copper (III)-salts, aq.	Sat	+	+
Cresol, aq.	Sat	+	/
Cumolhydroperoxide	70	+	
Cyclohexane	100	+	+
Cyclohexanole	100	+	+
Cyclohexanone	100	+	/
D			
Decahydronaphthalene	100	/	-
Detergents, aq.	10	+	+
Dibutylphthalate	100	+	/
Dibutylsebacate	100	+	/
Diesel oil	100	+	/
Diethylether	100	+	
Dihexylphthalate	100	+	+
Diisononyl Phthalate	100	+	+
Dimethylformamide	100	+	+
Dinonyladipate	100	+	
Dioctyladipate	100	+	
Dioctylphthalate	100	+	+
Dioxane, -1,4	100	+	+
Dixa solution	5	+	+
E			
Ethanol	96	+	+
Ethanol amine	100	+	+
Ethyl hexanol, -2	100	+	+
Ethyl-2-hexane acid	100	+	
Ethyl-2-hexane Acid chloride	100	+	
Ethyl-2-hexyl chloroformiat	100	+	
Ethylacetate	100	+	/
Ethylbenzene	100	/	-
Ethylchloride	100	/	
Ethylene chlorhydrin	100	+	+
Ethylene chloride	100	/	/
Ethylene diamine			
tetraacetic acid, aq.	Sat	+	+
Ethylglykolacetate	100	+	

MATERIAL	%conc.	23°C	60°C
<b>F</b>			
Fatty acids → C6	100	+	/
Ferrous salt, aq.	Sat	+	+
Fixing salt, aq.	10	+	+
Floor polish	100	+	/
Fluoride, aq.	Sat	+	
Fluosilicic acid	32	+	+
Formaldehyde, aq.	40	+	+
Formalin		+	+
Formic acid	98	+	+
Formic acid	50	+	+
Formic acid	10	+	+
Frigen 11	100	/	
Fuel oil	100	+	/
Furfuryl alcohol	100	+	/
<b>G</b>			
Glycerine	100	+	+
Glycerine, aq.	10	+	+
Glycol	100	+	+
Glycol acid	70	+	+
Glycol, aq.	50	+	+
<b>H</b>			
Heptane	100	+	/
Hexafluosilicic acid, aq.	Sat	+	+
Hexane	100	+	+
Humic acids, aq.	100	+	+
Hydrazine, aq.	1	+	+
Hydriodic acid, aq	Sat	+	
Hydrochinone, aq.	Sat	+	
Hydrochloric acid	38	+	+
Hydrochloric acid	10	+	+
Hydrofluoric acid	40	+	+
Hydrofluoric acid	70	+	/
Hydrogen peroxide	30	+	+
Hydrogen peroxide	3	+	+
Hydrogen sulphide	Low	+	+
Hydrosylammoniumsulphate	Sat	+	+
Hydroxyacetone	100	+	+
<b>I</b>			
Iodine tincture DAB 6			
Isononan acid	100	+	/
Isononan acid chloride	100	+	
Isooctane	100	+	/
Isopropanol	100	+	+
<b>L</b>			
Lactic acid, aq.	90	+	+
Lactic acid, aq.	10	+	+

MALZEME	%conc.	23°C	60°C
<b>F</b>			
Fatty acids → C6	100	+	/
Ferrous salt, aq.	Sat	+	+
Fixing salt, aq.	10	+	+
Floor polish	100	+	/
Fluoride, aq.	Sat	+	
Fluosilicic acid	32	+	+
Formaldehyde, aq.	40	+	+
Formalin		+	+
Formic acid	98	+	+
Formic acid	50	+	+
Formic acid	10	+	+
Frigen 11	100	/	
Fuel oil	100	+	/
Furfuryl alcohol	100	+	/
<b>G</b>			
Glycerine	100	+	+
Glycerine, aq.	10	+	+
Glycol	100	+	+
Glycol acid	70	+	+
Glycol, aq.	50	+	+
<b>H</b>			
Heptane	100	+	/
Hexafluosilicic acid, aq.	Sat	+	+
Hexane	100	+	+
Humic acids, aq.	100	+	+
Hydrazine, aq.	1	+	+
Hydriodic acid, aq	Sat	+	
Hydrochinone, aq.	Sat	+	
Hydrochloric acid	38	+	+
Hydrochloric acid	10	+	+
Hydrofluoric acid	40	+	+
Hydrofluoric acid	70	+	/
Hydrogen peroxide	30	+	+
Hydrogen peroxide	3	+	+
Hydrogen sulphide	Low	+	+
Hydrosylammoniumsulphate	Sat	+	+
Hydroxyacetone	100	+	+
<b>I</b>			
Iodine tincture DAB 6			
Isononan acid	100	+	/
Isononan acid chloride	100	+	
Isooctane	100	+	/
Isopropanol	100	+	+
<b>L</b>			
Lactic acid, aq.	90	+	+
Lactic acid, aq.	10	+	+

MATERIAL	%conc.	23°C	60°C
Lauric acid chloride	100	+	
Lithium salts	sat	+	+
Lysol		+	/
M			
Magnesium salts, aq.	Sat	+	+
Menthol	100	+	
Mercuric salts, aq.	Sat	+	+
Mercury	100	+	+
Methan sulphoic acid	50	+	
Methanol	100	+	+
Methoxyl butanol	100	+	/
Methoxyl butyl acetate	100	+	/
Methyl cyclohexane	100	+	/
Methyl ethyl ketone	100	+	+
Methyl glycol	100	+	+
Methyl isobutyl ketone	100	+	/
Methyl sulphuric acid	50	+	/
Methyl-4-pentanol-2	100	+	+
Methylacetate	100	+	+
Methylene chloride	100	/	
Mineral oil	100	+	/
Monochloroacetic			
acid ethyl ester	100	+	+
Monochloroacetic			
acid methyl ester	100	+	+
Morpholine	100	+	+
Motor oil	100	+	/
N			
Na-dodecyl benz. Sulphon.	100	+	+
Nail polish remover	100	+	/
Neodecane acid	100	+	
Neodecane acid chloride	100	+	
Nickel salts, aq.	Sat	+	+
Nitric acid	50	/	/
Nitric acid	25	+	+
Nitrobenzene	100	+	/
Nitrohydrochloric acid	3:1	+	-
Nitromethane	100	+	
O			
Oils, etherial		+	
Oils, vegetable	100	+	+
Oleic acid	100	+	/
Oleum	→100	-	-
Oxalic acid, aq.	Sat	+	+
P			
Paraffin oil	100	+	/
Paraldehyde	100	+	
PCB	100	/	
Pectin	Sat	+	+
Perchlorethylene	100	/	-
Perchloric acid	20	+	+

MALZEME	%conc.	23°C	60°C
Lauric acid chloride	100	+	
Lithium salts	sat	+	+
Lysol		+	/
M			
Magnesium salts, aq.	Sat	+	+
Menthol	100	+	
Mercuric salts, aq.	Sat	+	+
Mercury	100	+	+
Methan sulphoic acid	50	+	
Methanol	100	+	+
Methoxyl butanol	100	+	/
Methoxyl butyl acetate	100	+	/
Methyl cyclohexane	100	+	/
Methyl ethyl ketone	100	+	+
Methyl glycol	100	+	+
Methyl isobutyl ketone	100	+	/
Methyl sulphuric acid	50	+	/
Methyl-4-pentanol-2	100	+	+
Methylacetate	100	+	+
Methylene chloride	100	/	
Mineral oil	100	+	/
Monochloroacetic			
acid ethyl ester	100	+	+
Monochloroacetic			
acid methyl ester	100	+	+
Morpholine	100	+	+
Motor oil	100	+	/
N			
Na-dodecyl benz. Sulphon.	100	+	+
Nail polish remover	100	+	/
Neodecane acid	100	+	
Neodecane acid chloride	100	+	
Nickel salts, aq.	Sat	+	+
Nitric acid	50	/	/
Nitric acid	25	+	+
Nitrobenzene	100	+	/
Nitrohydrochloric acid	3:1	+	-
Nitromethane	100	+	
O			
Oils, etherial		+	
Oils, vegetable	100	+	+
Oleic acid	100	+	/
Oleum	→100	-	-
Oxalic acid, aq.	Sat	+	+
P			
Paraffin oil	100	+	/
Paraldehyde	100	+	
PCB	100	/	
Pectin	Sat	+	+
Perchlorethylene	100	/	-
Perchloric acid	20	+	+

MATERIAL	%conc.	23°C	60°C
Perchloric acid	50	+	/
Perchloric acid	70	+	-
Petroleum	100	+	/
Petroleum ether	100	+	/
Phenol, aq.	Sat	+	+
Phenylchloroform	100	/	
Phosphates, aq.	Sat	+	+
Phosphoric acid	85	+	/
Phosphoric acid	50	+	+
Photographic developers		+	+
Potassium permanganate, aq. Sat		+	+
Potassium persulphate aq. Sat		+	+
Potassium salt, aq.	Sat	+	+
Potassium soap	100	+	+
Propane, liquid	100	+	+
Pyridine	100	+	/
S			
Salad oil	100	+	+
Salted water	Sat	+	+
Sea water		+	+
Shoe polish	100	+	/
Silicone oil	100	+	+
Silver salts, aq.	Sat	+	+
Soap solution	Sat	+	+
Soap solution	10	+	+
Soda lye	60	+	+
Sodium chlorate, aq.	25	+	+
Sodium chlorite, aq.	5	+	+
Sodium hypochlorite, aq.	5	+	+
Sodium hypochlorite, aq.	30	/	/
Sodium hypochlorite, aq.	20	+	+
Sodium salts, aq.	Sat	+	+
Succinic acid, aq.	Sat	+	+
Sulphur dioxide, aq.	Low	+	+
Sulphuric acid	96	-	-
Sulphuric acid	50	+	+
Sulphuric acid	10	+	+
T			
Tannic acid	10	+	+
Tar	100	+	/
Tartaric acid, aq.	Sat	+	+
Test fuel, aliphatic	100	+	/
Tetrachlorethane	100	/	-
Tetrachlorethylene	100	/	-
Tetrahydro naphthalene	100	+	-
Tetrahydrofuran	100	/	-
Thiophene	100	/	/
Tin-II-chloride, aq.	Sat	+	+
Toluene	100	/	-

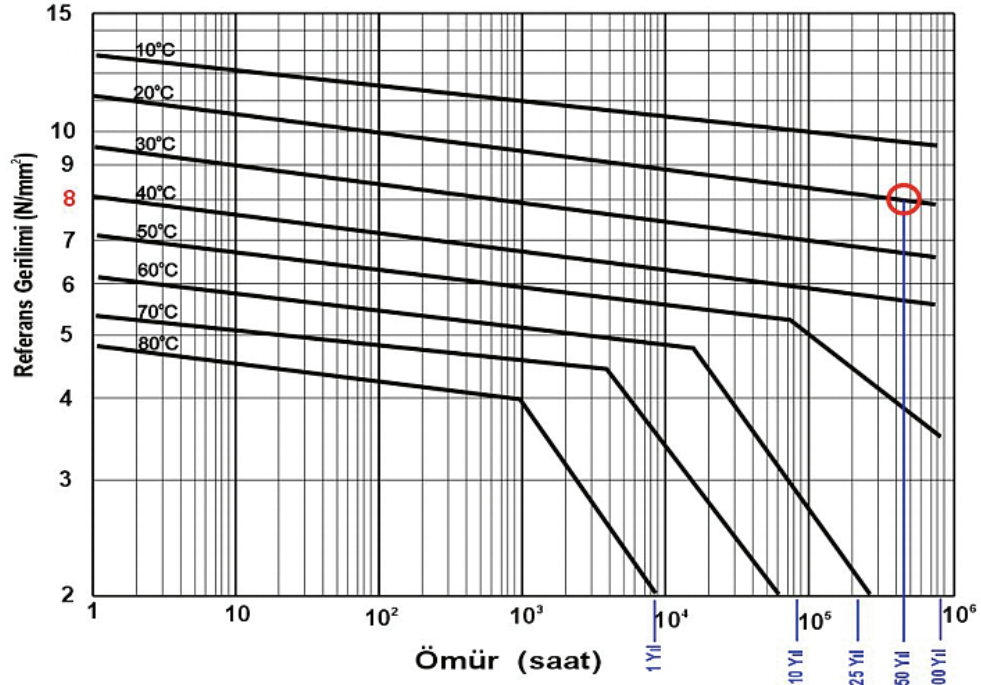
MALZEME	%conc.	23°C	60°C
Perchloric acid	50	+	/
Perchloric acid	70	+	-
Petroleum	100	+	/
Petroleum ether	100	+	/
Phenol, aq.	Sat	+	+
Phenylchloroform	100	/	
Phosphates, aq.	Sat	+	+
Phosphoric acid	85	+	/
Phosphoric acid	50	+	+
Photographic developers		+	+
Potassium permanganate, aq. Sat		+	+
Potassium persulphate aq. Sat		+	+
Potassium salt, aq.	Sat	+	+
Potassium soap	100	+	+
Propane, liquid	100	+	+
Pyridine	100	+	/
S			
Salad oil	100	+	+
Salted water	Sat	+	+
Sea water		+	+
Shoe polish	100	+	/
Silicone oil	100	+	+
Silver salts, aq.	Sat	+	+
Soap solution	Sat	+	+
Soap solution	10	+	+
Soda lye	60	+	+
Sodium chlorate, aq.	25	+	+
Sodium chlorite, aq.	5	+	+
Sodium hypochlorite, aq.	5	+	+
Sodium hypochlorite, aq.	30	/	/
Sodium hypochlorite, aq.	20	+	+
Sodium salts, aq.	Sat	+	+
Succinic acid, aq.	Sat	+	+
Sulphur dioxide, aq.	Low	+	+
Sulphuric acid	96	-	-
Sulphuric acid	50	+	+
Sulphuric acid	10	+	+
T			
Tannic acid	10	+	+
Tar	100	+	/
Tartaric acid, aq.	Sat	+	+
Test fuel, aliphatic	100	+	/
Tetrachlorethane	100	/	-
Tetrachlorethylene	100	/	-
Tetrahydro naphthalene	100	+	-
Tetrahydrofuran	100	/	-
Thiophene	100	/	/
Tin-II-chloride, aq.	Sat	+	+
Toluene	100	/	-



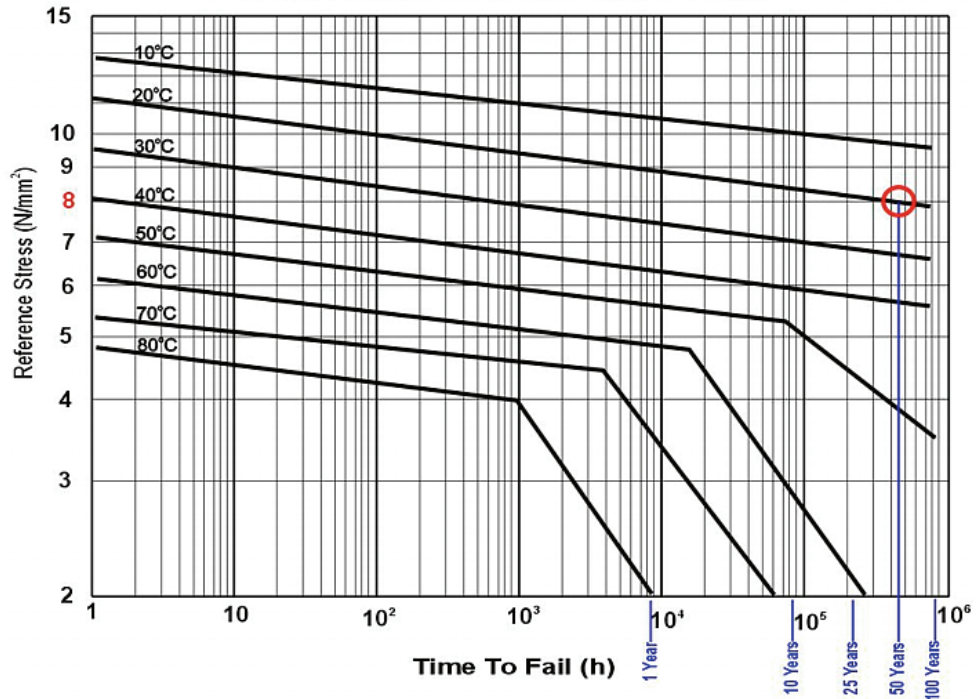
MATERIAL	%conc.	23°C	60°C
Transformer oil	100	+	/
Trichlorethylene	100	/	-
Tricresyl phosphate	100	+	+
Trioctyl phosphate	100	+	/
Two-stroke oil	100	+	/
U			
Urea, aq.	Sat	+	+
Uric acid	Sat	+	+
Urine		+	+
W			
Washing-up liquid, fluid	5	+	+
Water glass	100	+	+
Wetting agent	100	+	/
X			
Xylene	100	/	-
Z			
Zinc salts, aq.	Sat	+	+

MALZEME	%conc.	23°C	60°C
Transformer oil	100	+	/
Trichlorethylene	100	/	-
Tricresyl phosphate	100	+	+
Trioctyl phosphate	100	+	/
Two-stroke oil	100	+	/
U			
Urea, aq.	Sat	+	+
Uric acid	Sat	+	+
Urine		+	+
W			
Washing-up liquid, fluid	5	+	+
Water glass	100	+	+
Wetting agent	100	+	/
X			
Xylene	100	/	-
Z			
Zinc salts, aq.	Sat	+	+

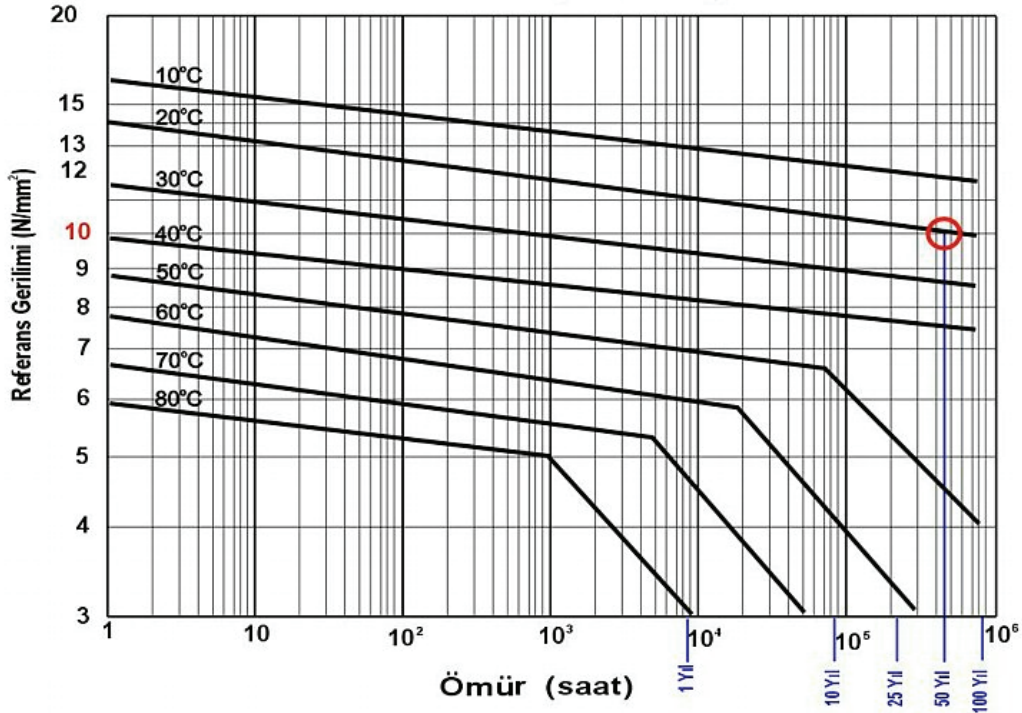
### PE-80 Borular İçin Ömür Eğrileri



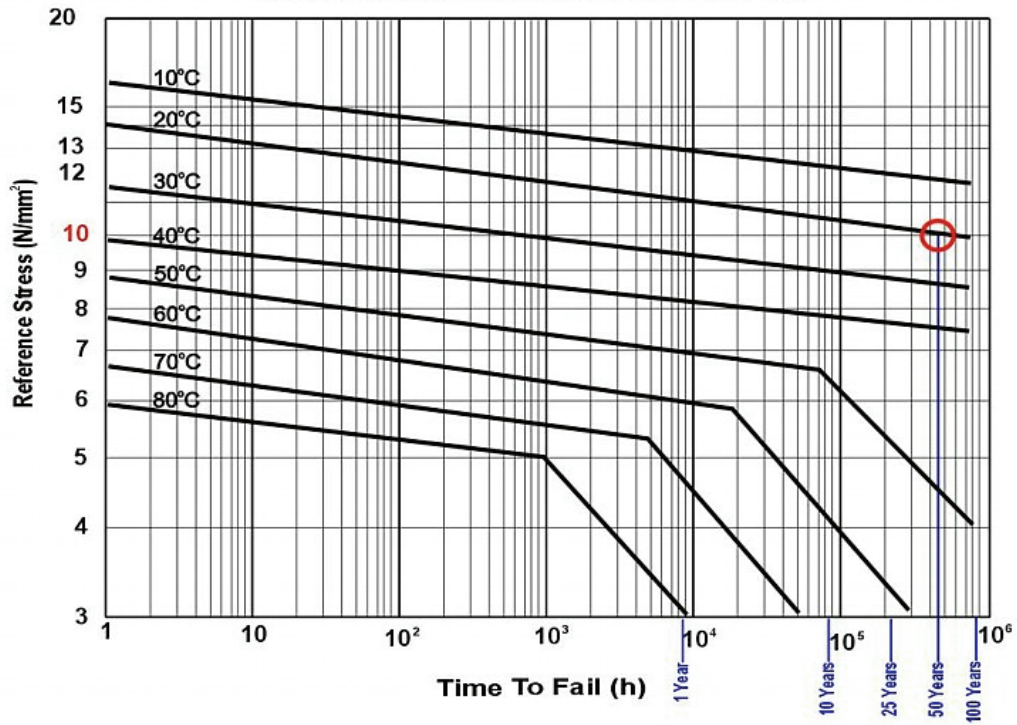
### Internal Pressure Creep Curves for PE-80 Pipes



### PE-100 Borular İçin Ömür Eğrileri



### Internal Pressure Creep Curves for PE-100 Pipes



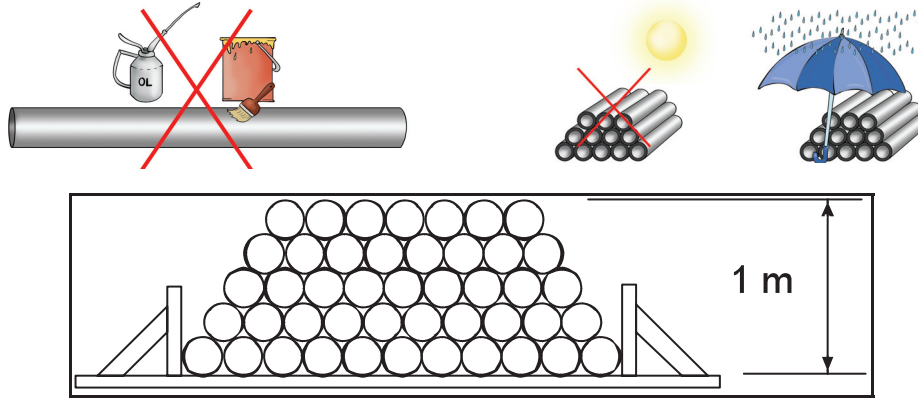
## 2- Saha Montajı

### 2.1- Depolama ve Taşıma

#### 2.1.1- Depolama

PE ürünleri depolarken bazı önlemler alınmak zorundadır.

- \* Önerilen en fazla yükseklik 1 m olup, yığılmış borular için dağılmaya karşı önlem alınmalıdır.
- \* Kangal borular en iyi silo olarak depolanabilirler. Kangallar bu silolardan birer birer, dengeyi bozmadan alınabilir.
- \* Düz borular sıralar halinde üst üste depolanabilirler. Borular birbirleriyle aç yapmamalı, alt sıra ise yanıl harekete karşı sabitlenmelidir. Yan dikme destekler, boruların ucundan 600 mm kadar sonra başlamalı, en az 100 mm eninde olmalı ve 1.5 m den fazla aralıklı olmamalıdır.



#### Boruların üstüste depolanması

- \* Borular yatay bir düzlemde depolanmalı ve keskin objelerle temas etmemelidir.
- \* PE fittingler kapalı bir alanda, naylon ambalajlar içinde depolanmalıdır.
- \* Boru ve fittinglerin toprak, pislik, atık su veya solventler ile teması önlenmelidir.

#### 2.1.2- Taşıma

- \* Donma noktası civarı ve daha düşük sıcaklıklarda, PE sertleşerek darbe ve gerilimlere karşı daha dirençsiz olur. Bundan dolayı, borular yere düşürülmemelidir, alet veya diğer malzemelerle darbe görmemelidir, yüksek hızda yerde sürüklenmemelidir.
- \* El testeresi ile keserken, boru iki tarafından da desteklenmelidir. Düşük sıcaklıklarda keserken gerilime maruz kaldığı takdirde borular kırılabilir.
- \* PE boruların bükme yarıçapı (Rmin), boru çapına ve ortam sıcaklığına göre farklılık gösterir.

Sıcaklık	20oC	10oC	5oC
Boru ekseninde Minimum Bükme Yarıçapı (Do= dış çap)	20xDo	35xDo	50xDo

Temperature	20oC	10oC	5oC
Minimum Bending Radius at Pipe Axis (Do= outer diameter)	20xDo	35xDo	50xDo

## 2- Field Applications

### 2.1- Storage and Handling

#### 2.1.1- Storage

Some precautions have to be taken when storing PE products.

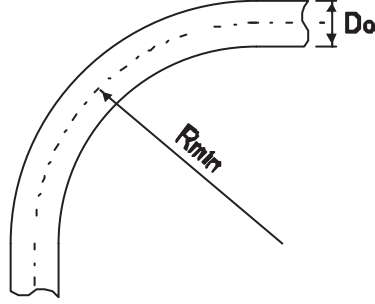
- \* Maximum recommended storage height is 1 m, and the pipes should be secured to prevent bundles splitting open.
- \* Coiled pipes are best stored in silo packs. Individual coils can be taken from the silo pack without disturbing the stability.
- \* Straight pipes can be stacked in rows, laid straight and not crossed or entangled with another. The base row must be secured by blocking any possibility for sideways movement. The side support blocks must begin at about 600 mm from each end, be at least 100 mm wide and be spaced no more than 1.5 meters.

#### Stacking of pipes

- \* The pipes must be stored on a level floor and not be in contact with sharp objects.
- \* PE fittings must be stored in a closed place and within nylon bags on site.
- \* Precautions against contamination of pipes and fittings, by soil, dirt, waste water or solvents should be taken.

#### 2.1.2- Handling

- \* At temperatures near and below freezing point, PE becomes stiffer and more vulnerable to impacts and stresses. So, care should be taken not to drop pipe, make impacts on it with tools or other objects, or not to drag at speeds where bouncing can harm the pipe.
- \* Pipes should be supported at both sides when cutting with a handsaw. At low temperatures, the pipes may fracture if bending stress is present while cutting.
- \* Bending radius of PE pipes (Rmin) vary with their diameter and ambient temperature.



\* Boruların taşınacağı vasıtaların kasaları, tam boyu alacak kadar uzun olmalıdır.

\* Vasıta üzerinden borular alınırken, geniş kayışlarla vinç veya forklift kullanılmalıdır. Birim alana daha fazla yük bineceğinden dolayı kaldırmak için halat veya zincir kullanılmamalıdır. Hiçbir şekilde, borular ve fittingler vasıta üstünden yere atılmamalıdır.

\* Vehicles for transportation should have beds that are long enough to support the whole length of pipes.

\* When unloading the vehicle on site, silo packs and palletized items should be taken off the vehicle by wide web slings or by a forklift. Wire ropes and chains should not be used as they can damage the pipes. In no cases should the pipes and fittings be rolled or pushed off the vehicle to the ground.

## 2.2- Mesnetleme

### 2.2.1- Açıkta (havada) mesnetlenmiş döşeme

Mesnetleme aralıkları, borunun ebadına, özelliklerine, akışkan yoğunluğuna, ortam sıcaklığına ve serim hattına bağlıdır.

Genellikle aralıklı mesnetler kullanılmasına rağmen, küçük çaplar için (ör. 20-40 mm) kesintisiz mesnetler gerekebilir.

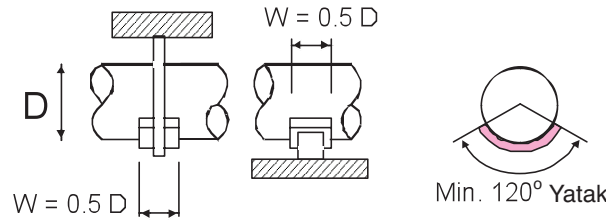
Mesnet semerleri, borunun alt yüzeyinde en az 120 derece yataklama yapmalı ve en az boru çapının yarısı kadar geniş olmalıdır. Mesnet kenarları boruyu korumak için keskin kenarlı olmamalıdır. Bu kriterler ışığında, örneğin, U-cıvatalar PE boru tespiti için uygun değildir.

## 2.2- Supporting

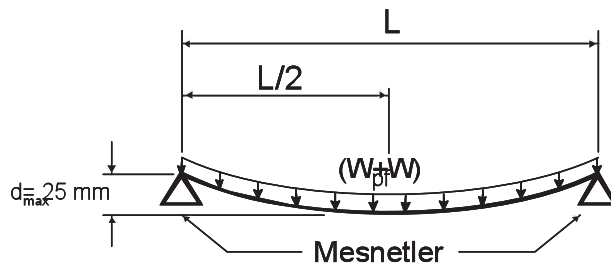
### 2.2.1- Above Grade Supporting

The support distances depend on the physical properties of laid pipe, the pipe size, the density of the flow media, operating temperature and piping layout. Applications usually involve non-continuous supports, but for small diameters (e.g. 20-40 mm) continuous supports may be necessary.

Supports for pipes must cradle at least 120 degrees of the lower part of the pipes, and have a width of minimum 0.5 pipe diameter. The support edges must be rounded, free of sharp edges to prevent cutting into pipes. In the light of these criteria, for example, U-bolts are not suitable for PE pipe supporting.



PE borunun mesnetlenmesi / Supporting of PE pipes



Mesnet aralığı için şekil / Figure for support spacing

Mesnet aralıkları, mesnetler arası izin verilen çökmeye, boru malzemesine ve boyutlarına, içerideki akışkana ve sıcaklığa bağlıdır. Mesnet aralıkları aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$L = [(3840 \times E \times I \times d) / (5(W_p + W_f))]^{1/4} / 100$$

Açıklamalar;

L: Mesnet aralığı (m)

E: Elastisite modülü (MPa)

I: Borunun atalet momenti (cm<sup>4</sup>)

d: izin verilen çökme (cm)

W<sub>p</sub>: Borunun birim ağırlığı (kg/cm)

W<sub>f</sub>: Akışkanın birim ağırlığı (kg/cm)

Mesnet aralıkları, mesnetler arası izin verilen çökmeye, boru malzemesine ve boyutlarına, içerideki akışkana ve sıcaklığa bağlıdır. Mesnet aralıkları aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$L = [(3840 \times E \times I \times d) / (5(W_p + W_f))]^{1/4} / 100$$

Açıklamalar;

L: Mesnet aralığı (m)

E: Elastisite modülü (MPa)

I: Borunun atalet momenti (cm<sup>4</sup>)

d: izin verilen çökme (cm)

W<sub>p</sub>: Borunun birim ağırlığı (kg/cm)

W<sub>f</sub>: Akışkanın birim ağırlığı (kg/cm)

Uzun süreli kullanımlar için, PE100 boruların tipik E değerleri tablosu:

For long-term usage, typical E values for PE100 pipes are shown in the table below:

Sıcaklık/Temp. (°C)	-29	-18	4	16	23	38	49	60
E (Mpa)	476	413	270	206	194	159	103	79

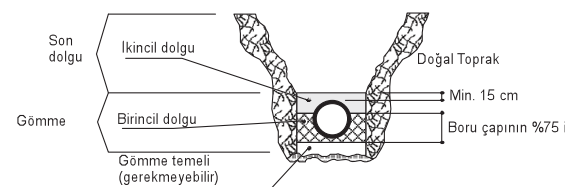


### 2.2.2- Toprağa gömerek döşeme

Toprağa boru döşemek; kaz, boru döse, üstünü kapat türü bir yaklaşımdan çok daha ciddi ve zor bir iştir. Bu işlem ciddi mühendislik yaklaşımları gerektirir. Burada detayına inmeğe çalışmak çok anlamsız olacaktır; ancak, temel kavramlardan söz edilecektir. Burada söz edilen konular temel bir rehber niteliğinde olup, gerçek işlemler uzman mühendisler tarafından, her işin gerektirdiği farklı uygulama yöntemlerine karar verilerek yapılmalıdır.

#### Boru Gömmeye Dair Malzeme ve İşlem Terminolojisi

Terminolojide, malzemelerin bulunduğu yere veya işlevlerine göre terimler yer almaktadır.



Boru Gömme Terminolojisine Dair Şekil

### 2.2.2- As Buried in Soil

Burying pipes in soil is in no ways simple as it looks – dig, lay the pipes, then cover with soil. Serious engineering concepts are involved with the process. It will be meaningless here, to introduce these concepts with detail; however, basics in considerations will be given. Please remember that these topics given here are for guide purposes only; and burying pipes in soil should be carried out by professional engineers.

#### Terminology of Pipe Embedment Materials

The materials enveloping a buried pipe are generally identified, as shown by their function or location (see Figure below).

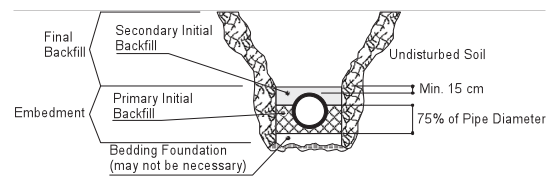


Figure for Terminology of Pipe Embedment Materials

**Gömme Temeli** – Kazılan hendek dibi yeterli sağlamlıkta bir zemin oluşturmuyor ise gereklidir.

**Birincil ve İkincil Dolgular** – Hendek dibinden itibaren, borunun en az 15 cm üstüne çıkacak şekilde yapılan toprak dolgudur. Borunun yüklere dayanımı ve oynamaya karşı direncini bu dolgunun kalitesi belirler.

**Yataklama** – Hendek zeminini istenen düz seviyede yapma işlemidir.

**Birincil Dolgu** – Borunun alt bölümünü çevreleyen ve boru çapının %75'ine kadar yükselen dolgudur. Bu malzemenin kalitesi ve uygulama tekniği, dolgulama işleminin en önemli aşamasıdır.

**İkincil Dolgu** – Bu dolgunun temel amacı, üstten gelen yüklerin dağıtılması ve son dolguda olabilecek oynamalara karşı boruyu korumasıdır. Yeraltı sularının boru seviyesinin üstüne çıkabileceği durumlarda, ikincil dolgu birincil dolgunun evsaf olarak devamı olmak durumundadır. Minimum hendek genişliği, çalışma bölgesi şartları ve gömme malzemelerinin evsafına bağlıdır.

**Son Dolgu** – Son dolgu işlev itibarı ile bir gömme malzemesi olmadığından, yapısı ve basılmasının boruya olan etkisi fazla değildir. Ancak, sert bir son dolgu da boruya binecek olan üst yükleri azaltacaktır. Boruya gelebilecek hasarları önlemek açısından, son dolgu malzemesinde iri kayalar, organik malzemeler ve molozlar bulunmamalıdır. Son dolgunun malzeme ve sıkıştırma işlemleri yol, kaldırım, vb. yapım kurallarına uyumlu olmalıdır.

#### PE Boru İçin Montaj Yönergeleri

İlgili mühendis, çalışma yeri ve yüzey altı şartlarını ve uygulama hedeflerini gözönünde bulundurarak borunun ihtiyacı olan takviye derecesini saptamak durumundadır. Uygulama derinliğinin fazla olması, toprağın tutuculuğunun yetersiz olması, yüzey veya yol yüklerinin fazla olması, boru et kalınlığının ince olması gibi durumlarda özel montaj yönergelerinin hazırlanması gereklidir. Aslında çoğu zaman aşağıda belirtilen genel uygulama yöntemlerinin de yeterli olduğu bir gerçektir. Bu uygulamalar, tipik olarak, fazla derine döşenmediğinden üstünde aşırı toprak yükü olmayan, yeterince dayanıklı basınçlı boruların olduğu hallerdedir. Bu uygulamaların yol kestiği bazı kısımlarında özel mühendislik dikkati isteyen durumlar olabilmektedir.

#### Basınçlı Borular İçin Basitleştirilmiş Uygulama Yöntemleri

(Küçük çaplı borular çoğu zaman yüzeye yakın döşenip yeterli dayanıklılıkta olduklarından, özel bir çökme incelemesi gerektirmemektedirler).  
Çoğu zaman, aşağıda belirtilen basit adımlar başarılı bir uygulama için yeterlidir. Bu adımlar, şu şartların sağlanması halinde geçerlidir:

**Foundation** - A foundation is required only when the native trench bottom does not provide a firm working platform for placement of the pipe bedding material.

**Initial Backfill** - This is the critical zone of embedment soil surrounding the pipe from the foundation to at least 15 cm over the pipe. The pipe's ability to support loads and resist deflection is determined by the quality of the embedment material and the quality of its placement. The bedding, haunching, primary, and secondary zones are within the initial backfill zone.

**Bedding** - In addition to bringing trench bottom to required level, the bedding levels out any irregularities and ensures uniform support along the length of the pipe.

**Haunching** - The backfill under the lower half of the pipe distributes the combined loadings. The nature of the haunching material and its placement are the most important factors in limiting the deformation of PE pipe.

**Primary Initial Backfill** - This zone of backfill provides the support against lateral pipe deformation. To ensure such support is available, this zone should extend from trench level up to at least 75 percent of the pipe diameter. Under some conditions, such as when the pipe will be permanently below the ground water table, the primary initial backfill should extend to at least 15 cm over the pipe.

**Secondary Initial Backfill** - The basic function of the material in this zone is to distribute overhead loads and to protect the pipe from any adverse effects of the placement of the final backfill. When groundwater levels are expected to reach above the pipe, the secondary initial backfill should be a continuation of the primary initial backfill in order to provide optimum pipe support. Minimum trench width will depend on site conditions and embedment materials.

**Final Backfill** - As the final backfill is not an embedment material, its nature and quality of compaction has a less effect on the flexible pipe. However, arching and thus a load reduction on the pipe is promoted by a stiff backfill. To preclude the possibility of impact or concentrated loadings on the pipe, both during and after backfilling, the final backfill should be free of large rocks, organic material, and debris. The material and compaction requirements for the final backfill should reflect good construction applications and satisfy local ordinances and sidewalk, road building, or other applicable regulations.

#### Installation Guidelines for PE Pipe

The engineer must evaluate the site conditions, the subsurface conditions, and the application objectives to determine the extent of support the pipe may need from the surrounding soil. Where the pipe burial depth is relatively deep, where subsurface soil conditions are not supportive of pipe, or where surface loads or live loads are present, or where the pipe DR is high, it is of importance that the engineer prepares a specific installation specification. On the other hand, there are many applications that meet the criterion below for using Simplified Installation Guidelines. Typically these

1. Boru çapı 600 mm veya daha az
2. SDR (Standard Dimension Ratio - Dış çapın et kalınlığına oranı) 26 veya daha az
3. Dolgu yüksekliği 0.75 m ve 5 m arasında
4. Yeraltı suyu yüksekliği her zaman yüzeyden 60 cm den daha aşağıda
5. Boru döşenmesi oynamayan toprakta.

Oynamayan topraktan kasıt, toprağın dik veya dike yakın derecede kesilmesi halinde toprağın akmadan durabilmesi halidir. Toprağın yüksek taşıma dayanımına da sahip olması gereklidir.

Aşağıdaki uygulamalar, genel anlamda olup işin erbabı bir mühendisin yaptığı uygulamaları kontrol amacı ile kullanılmamalıdır.

#### Basitleştirilmiş Montaj Aşamaları Hendek Kazma

Hendek çökmelerinin her toprakta olabilme ve çalışanların sağlık veya hayatına tehlike oluşturma durumu vardır. Takviyelendirilmemiş kazılarda, hendek kenarları güvenli bir açıda tutulmalı ve yerel iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır. Tüm desteklemeler boru seviyesinin üstünde yer almalıdır. Kazılan hendek bölümlerinin uzunlukları hesaplanırken, boru aşağı sarkıtılırken önerilen asgari bükme yarıçapından daha keskin bükümler olmayacak boyda kazılmasına dikkat edilmelidir. Hendek genişliği 600 mm çaptan daha küçük borular için boru çapı + 300 mm; daha büyük çaplar için boru çapı + 600 mm kadar olmalıdır.

Boru çapı ve döşeme derinliğine göre önerilen hendek boyları arkadaki tabloda verilmektedir:

*lines contain pressure pipes installed at shallow depths which are sufficiently stiff to resist the minimal earth load. In some cases a pipeline may contain sections that require specific engineering such as a section that crosses a road.*

#### Simplified Installation Guidelines for Pressure Pipe

*(Small diameter pressure pipes usually have adequate stiffness and are usually installed in such shallow depths that it is unnecessary to make an internal inspection of the pipe for deflection.)*

*A quality job can be achieved for most installations following the simple steps that are listed below. These guidelines apply where the following conditions are met:*

1. Pipe Diameter of 600 mm or less
2. SDR (Std. Dimension Ratio) equal to or less than 26
3. Depth of Cover between 0.75 m and 5 m.
4. Groundwater elevation never higher than 60 cm below the surface
5. The route of the pipeline is through stable soil

*Stable soil is an arbitrary definition referring to soil that can be cut vertically or nearly vertically without significant sloughing, or soil that is granular but dry (or de-watered) that can stand vertical to at least the height of the pipe. These soils must also possess good bearing strength. Examples of soils that normally do not possess adequate stability for this method are mucky, organic, or loose and wet soils.*

*Where the above conditions are met, installation specifications from the following steps can be written. It should be made sure that all state and local safety regulations are met.*

*The following are general guidelines for the installation of PE pipe. Other satisfactory methods or specifications may be available. The information below should not be substituted for the judgment of a professional engineer in achieving specific requirements.*

#### Simplified Step-by-Step Installation Trenching

*Trench collapses can occur in any soil and are dangerous for worker health, or lives. In unsupported excavations, proper attention should be paid to sloping the trench wall to a safe angle; local codes should be consulted. All trench shoring and bracing must be kept above the pipe. (If this is not possible, consult the more detailed installation recommendations.) The length of open trench required for fused pipe sections should be such that bending and lowering the pipe into the ditch does not exceed the manufacturer's minimum recommended bend radius. The trench width at pipe grade should be equal to the pipe outer diameter (OD) plus 300 mm for pipes with OD 600 mm or less; and OD plus 600 mm for pipes with OD greater than 600 mm.*

*Table for suggested trench lengths with regard to Pipe OD and trench depth:*



Hendek Derinliği (m) / Depth of Trench (m)

Asgari Hendek Boyu (m) / Min. Length of Trench (m)	Boru Çapı (mm) Nom. Pipe Size (mm)					
	1	1.5	2.1	2.8	3.4	4
15 - 80	4.6	6.1	7.6	9.1	10.7	12.2
100 - 200	7.6	9.1	10.7	12.2	13.7	15.2
250 - 350	10.7	12.2	13.7	15.2	16.8	18.3
400 - 550	13.7	15.2	16.8	18.3	19.8	21.3
600 - 1050	0	18.3	19.8	21.3	22.9	24.4
1200	0	0	24.4	27.4	30.5	33.5

### Sudan korumak

Güvenli ve uygun yapım için, hendekteki suyun borunun ağız altı seviyesinden daha aşağıda tutulması ve boruya su girmemesi gereklidir. Bu, suyun toplanacağı derin kuyular kazmak veya pompa ile suyu devamlı boşaltmak şeklinde olabilir.

### Yataklama

Hendek zemini problemsiz olarak açılıp düzleştirilebiliyorsa, basınçlı borular doğrudan hendek zeminine yerleştirilebilir. Hendek zemini hafif dalgalı olabilir; ancak, boru zemine tam oturmalı, boşluk veya tümsek üstünde kalmamalıdır. Toprağın kayasız veya kazı sırasında güzelce ufalandığı durumlarda, kazı toprağı zeminde yataklamak için de kullanılabilir. Hendek dibi kayalıklısa, taban üstüne 10-15 cm kadar dolgu yapılabilir. Dolgu malzemesi serbestçe akabilen çakıl, kum, çamurlu veya killi kum olabilir. Ancak, bu malzemelerin içindeki taşlar 1 cm den daha küçük olmalıdır.

Bu malzemelerden 15 cm kadar yükseklikte sıkıştırılmış zemin, boruya güzel bir yatak oluşturur.

### Boruyu Hendeğe Yerleştirmek

200 mm çapa ve kabaca 9 kg/m ağırlığa kadar olan borular, hendeğe el ile dönebilir. Daha büyük borular için mutlaka uygun taşıma ve kaldırıp indirme ekipmanına gerek vardır. Borular hiçbir şekilde hendeğe yuvarlanmamalı, itilmemeli ve atılmamalıdır. Hendek çevresinde insanlar olduğu zaman mutlaka gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Güneşte ısınıp genleşmiş bir boru hendeğe koyulduğunda soğuyup büzülecektir. Bu soğuma çekmesi, boruların mekanik birleşme bağlantılarından çıkmasına sebep olabilir. Bundan dolayı, borular hendeğe indirildikten sonra soğuması için beklenmeli, sonra mekanik bağlantılar yapılmalıdır.

### Boruyu Kavisli Dösemek

Flanş ve fittingli bağlantılar borudan daha sert olduğu için, kavis içinde böyle bir bağlantı varsa, bu bağlantının hem öncesi hem sonrasında 5 boru çapına kadar olan mesafede asgari büküm yarıçapı boru çapının 100 katı olmalıdır.

Boruyu kavisli hendek içine yerleştirirken ve birincil dolgu yapılırken, boru kavisini korumak için geçici destekler kullanılması gerekebilir. Son dolgudan önce bu destekler kaldırılmalı, oluşan boşluklara yine birincil dolgu malzemesinden dolgu yapılmalıdır.

### De-watering

For safe and proper construction the groundwater level in the trench should be kept below the pipe invert. This can be done by deep wells, well points or sump pumps placed in the trench.

### Bedding

Pressure pipes may be installed directly on the prepared trench bottom if the trench bottom soil can be cut and graded without difficulty. For pressure pipe, the trench bottom may undulate, but must support the pipe smoothly and be free of ridges, hollows, and lumps. In other situations, bedding may be prepared from the excavated material if it is rock free and well broken up during excavation. The trench bottom should be relatively smooth and free of rock. When rocks or large stones are met which may cause point loading on the pipe, they should be removed and the trench bottom padded with 10-15 cm of bedding material. Bedding should consist of free-flowing material such as gravel, sand, silty sand, or clayey sand that is free of stones or hard particles larger than 1 cm.

A mat of at least 15 cm of compacted embedment material will provide satisfactory bedding.

### Placing Pipe in Trench

PE pressure pipe up to about 200 mm diameter and weighing roughly 9 kg/m or less can usually be hand-placed in the trench. Heavier, larger diameter pipe will require equipment to lift, move, and lower the pipe into the trench. Pipe must not be dumped, dropped, pushed, or rolled into the trench. Proper safety precautions must be taken whenever people are in or near the trench.

Placing pipe that has been in direct sunlight in a cooler trench will result in thermal contraction of the pipe's length. This contraction can generate forces which could result in pull-out of couplings. Pipe should be allowed to cool before making connections to an anchored joint, flange, or a fitting that requires protection against excessive pull-out forces.

### Installation of Pipe in Curves

Since fittings and flange connections are rigid compared to the pipe; when a fitting or flange connection is present in the bend, the minimum bend radius should be 100 times the pipe's outside diameter (OD). The bend radius should be limited to 100 x OD for a distance of about 5 times the pipe diameter on either side of the fitting location.

Field bending involves excavating the trench to the desired bend radius, then sweeping or pulling the pipe string into the required bend and placing it in the trench. Temporary restraints may be required to bend the pipe, and to maintain the bend while placing the pipe in the trench and placing initial backfill. Temporary blocks or restraints must be removed before installing final backfill, and any voids must be filled with compacted initial backfill material. Caution: Considerable force may be required to field bend the pipe, and the pipe may spring back forcibly if the restraints slip or are inadvertently released while bending. Related safety precautions should be applied during field bending.

Dikkat: Boruyu kavislendirmek için yüksek güç gerekebilir, geçici desteklerden borunun kurtulması halinde tehlikeli geri yaylanma olabilir. Böyle durumlarda mutlaka ilgili güvenlik önlemleri alınmalıdır.

#### Birincil Dolgu

Birincil dolgu malzemesi, döşenmiş boruyu yerinden oynatmayacak şekilde yerine konmalı ve sıkıştırılmalıdır. Bu sırada, malzemenin borunun altına tamamen girdiği ve borunun alt kısmını güzelce sarmaladığı kontrol edilmelidir. Bu işlem için titreşimli kompaktörler, darbeli kompaktörlerden daha uygundur.

#### PE Borudan Farklı Malzemeden Boru Veya Fitinge Contalı Geçiş

PE boru kaynakla birleştirildiği zaman pratikte eksiz bir boru niteliğinde olmaktadır. Boru basınçlandırıldığında, iki farklı iç kuvvet altında kalır.

1- Büküm veya boru sonlarındaki itme kuvveti boruya eksenel çekme gerilimi olarak yansır,  
2- İç basınçtan dolayı çevresel gerilim oluşur.

Eksenel gerilim, borunun boyunu uzatmaya, çevresel gerilim de çapı genişletmeye, genişletirken de Poisson Oranı'na göre boyu kısaltmaya çalışır. Tamamen PE olan bir sistemde bu etkenler birbirlerini hemen hemen yok ederler. Sonuç olarak, gömülmüş bir PE sistem kendi kendini tutar ve itmeye karşı önlem almak gerekmez.

Ancak; PE boru, başka bir malzemeye, sabitlenmemiş contalı elemanlarla bağlandığı zaman farklı bir durum oluşur. Eksenel kuvvet oluşmayabilir. Bu durumda, geniş çap boydan kısaltmaya yol açabilir ve boru ek yerinden kurtulabilir.

Genellikle, böyle bir geçiş olduğu hallerde PE borunun uçlarını sabitlemek gerekir. Şayet contalı eleman sabitlenmişse, boruyu ayrıca sabitlemeye gerek yoktur.

#### PE Fitinglerin Gömülmesi

Kaynaklanmış PE boru ve fittings, tek parça olma özelliğindedir. Dolayısı ile basınç itmesine karşı ayrıca sabitlemek gerekmez. Muflu bağlantılarda ise ek yeri mutlaka ayrılmaya karşı sabitlenmelidir.

Elastik şekil değişimi, ısı genleşme/büzülmeler vs. dolayı olan hareketler PE boruya zararlı değildir; ancak, vana veya benzeri armatürlerin eklenmesinden dolayı olacak hareketler boruya aşırı yükler getirebilir. Çoğu zaman, uygun dolgulama aşırı yükleri engeller.

Genel fittings, dirsek ve Te ayrımlar için boru ile aynı dolgu malzemesi yeterlidir. Servis bağlantıları da PE malzemeden yapılırsa özel sıkıştırma gerekmez. Servis bağlantıları taşıyıcı yolu altında yapılmışsa, buralarda %95 Standart Proctor yoğunluğunda sıkıştırma gereklidir.

Su ve yangından koruma sistemlerinde, ana hattan vana ve hidrantlara ayrımlarda reduksiyonlu Te bağlantılar sıkça kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekilde, böyle uygulamalar için çeşitli sabitleme yöntemleri gösterilmektedir. Te ve dirseklerde çevresel sıkıştırma yapmak yerine çimentolu kum ile sağlamlaştırmak çok daha kolaydır.

#### Haunching

Haunching material must be carefully placed and compacted so as not to disturb the pipe from its line and grade while ensuring that it is in firm and intimate contact with the entire bottom surface of the pipe. Usually a vibratory compactor has less tendency to disturb the pipe than an impact tamper.

#### Transition from PE Pressure Pipe to Gasket Jointed Pipe

The heat fusion joint used for PE pipe creates an essentially continuous length of pipe. When the pipe is pressurized two significant internal forces are present in the pipe.

1- End thrust from bends or end caps is transmitted through the pipe as a longitudinal force.

2- Circumferential stress occurs due to the internal pressure.

The longitudinal force tends to grow the pipe length while the circumferential thrust expands the diameter and tends to contract the pipe's length in proportion to Poisson's Ratio. In an all PE pipe system, the length effects from these two forces tend to cancel each other out. As a result, buried PE pipes are self-restrained and require no blocking against thrust.

However, a different situation occurs when PE pipe transitions to a different type of pipe material that is joined by non-restrained gasket joints. The longitudinal force may no longer be present. The result is that circumferential expansion is now unbalanced and will cause contraction of the PE pipe. This contraction can result in pulling apart of gasket joints in line with the PE pipe.

Generally, it is necessary to anchor the ends of a PE pipeline that makes a transition into an unrestrained gasket jointed pipe system. If the gasket joints are restrained, anchoring is unnecessary.

#### Proper Burial of Fabricated PE Fittings

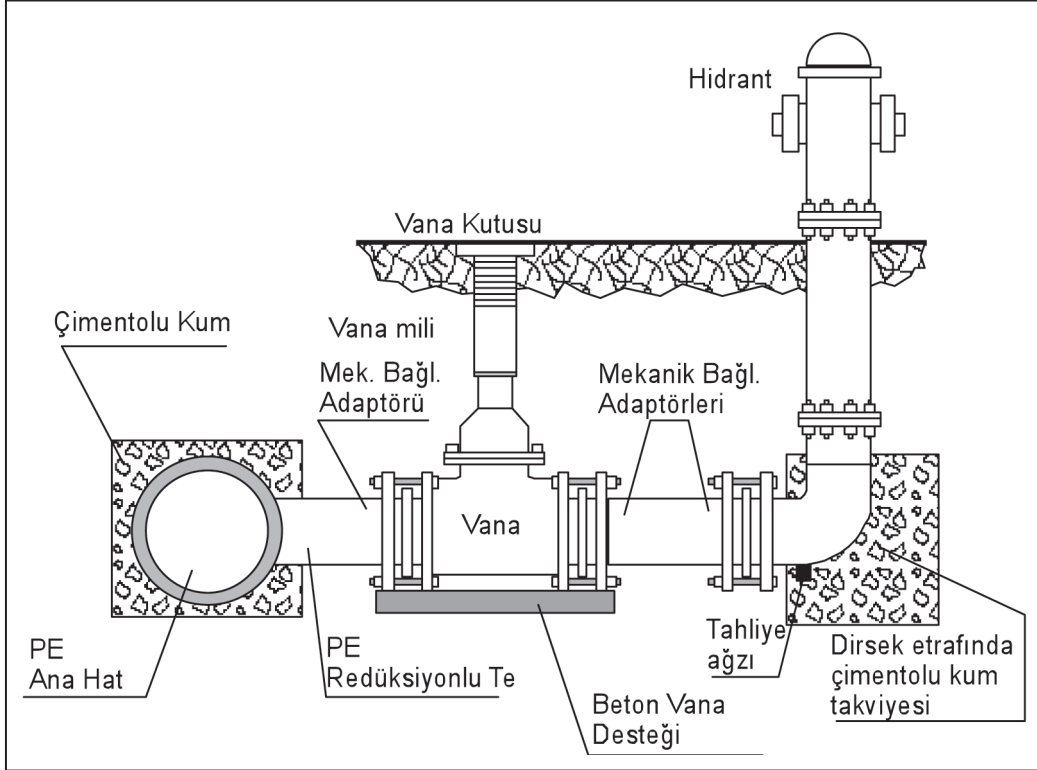
Heat fused PE pipe and fittings are monolithic structures, which do not require thrust blocks to restrain the longitudinal loads resulting from pipe pressurization.

Since fittings are part of the monolithic structure no thrust blocks are needed to keep the fittings from separating from the PE pipe. However; bell and spigot piping systems must have thrust blocks or restrained joints to prevent separation of pipe from fittings when there is a change of direction.

Pipe movement due to elastic deformation, thermal expansion/contraction, etc. is not harmful to PE pipe, but pipe movement or the addition of valves or other elements used with PE pipe systems can cause excessive loads. In most cases, proper backfill prevents excessive loads.

Common fittings, elbows and equal tees normally require the same backfill as the pipe. When service connections are made from PE water mains, no special compaction is required. When service connections are made under an active roadway, 95% Standard Proctor density is normally required around the pipe and the service connection.

In water systems and fire protection piping systems, reducing tees are frequently used to connect from the main to valves and hydrants. Figure below shows the use of concrete support pads, thrust blocks on hydrants, self restrained PE mechanical joint adapters and sand stabilized with cement around the bend and reducing tee. While no true thrust blocks are on the PE pipe or fittings in this arrangement, the sand stabilized with cement provides proper support for the reducing tee. Stabilizing sand with cement or flowable filling material is easier than trying to compact around the fittings.



PE fittinglerin gömülmesine dair çeşitli örnekler

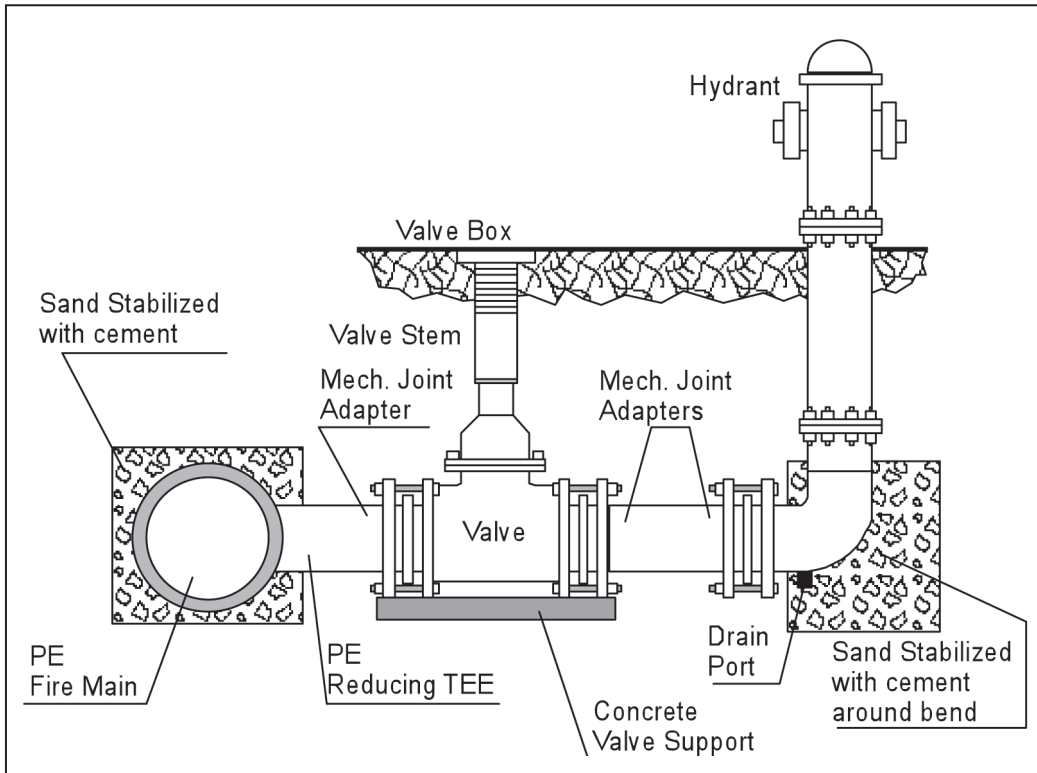


Figure for samples of PE fittings burial

### Boru Gömme

Gömme malzemesi çakıl, kum, veya kaba parçacıklar içeren çamurlu / killi kum olabilir. Parça büyüklüğü 50-100 mm borular için 10 mm, 150-200 mm borular için 20 mm, daha büyükler için 25 mm den küçük olmalıdır. Gömme malzemesi 15 cm den az katlar halinde yapılmalı, mekanik bir sıkıştırıcı ile sıkıştırıldıktan sonra bir üst kata geçilmelidir.

### Kaçak Testi

Kaçak testleri gerekiyorsa, Bölüm 2.6 da açıklanan şekilde gerçekleştirilmelidir.

### Hendek Son Dolgusu

Son dolguda kazıdan çıkan malzeme kullanılabilir, ama uygun olmayan malzemelerin ayıklanması gereklidir (iri kil parçaları, organik malzemeler, 20 cm den büyük kayalar gibi).

Borunun taşıyıcı yolu altından geçtiği hallerde, son dolgu da kademeli olarak, her kademe %95 Standart Proctor yoğunluğunda sıkıştırılarak yapılmalıdır.

Son dolgu boru montajı bittikten hemen sonra yapılmalıdır. Böylece boru, olası darbelerden, su basması sebebi ile borunun yerinden oynamasından veya soğuk havalarda dolgu malzemesinin donmasından korunmuş olacaktır.

### 2.2.3- Su altında döşeme

Su altı uygulamaları için PE boru son derece uygun bir malzemedir. Ana sebebi korozyona karşı dayanıklılık olsa bile, aşağıda sayılan diğer avantajları da çok önemlidir:

- \* PE Hafiftir – Belli bir çap ve performans şartlarında, kullanılacak olan PE boru beton borudan %10, çelik borudan %50 daha hafif olduğundan taşıma ve montajda kolaylık sağlar.
- \* PE Yüzer – PE yoğunluğu tatlı suyun %96'sı, deniz suyunun ise %94'ü kadar olduğundan, içi su dolu olsa bile su üstünde kalmaktadır. Uzun boylar kıyıda birleştirilip hedefe kadar su üstünde yüzdürülerek taşınabilir, yerinde ağırlık eklenerek dibe indirilebilir.
- \* Kaynaklı Birleşimler – Alın kaynağı metodu ile mekanik bağlantılara gerek kalmadan PE boruları boy boy birbirine eklenebilir. Kaynatılan yerler borunun kendisi kadar sağlamdır ve mekanik bağlantılarda olan sızdırma riski bulunmamaktadır.
- \* PE Esnektir – PE boruyu suya yavaş yavaş indirerek taban yüzeyine uyum göstererek oturması mümkündür.
- \* PE Yumuşaktır – Yüksek şekil değiştirme özelliğinden dolayı, su altı dalga ve akıntılarının yarattığı değişken yüklere başarı ile karşı koyar, aynı sebeplerden dolayı olan dip yüzey değişikliklerine borunun uyumlu olmasını sağlar.

PE borular su dolu olduğu halde yüzdüklerinden, karada veya bir yüzer platform üzerinde iken ağırlıklar eklenmelidir. Boru hattı yüzdürülerek gerekli yere çekilir ve batırılır. Tipik ağırlık tasarımında, boru hava ile doluyken (uçları kapatılmış) ağırlıklarla yüzebilmesi, su doldurulunca da batabilmesidir. Ağırlıkların fazla yapılması gerektiği hallerde, yüzdürmek için geçici

### Pipe Embedment

The embedment material should be a coarse grained soil, such as gravel or sand, or a coarse grained soil containing fines, such as a silty sand or clayey sand. The particle size should not exceed 10 mm for 50-100 mm pipe, 20 mm for 150-200 mm pipe and 25 mm for all other sizes. Where the embedment is angular, crushed stone may be placed around the pipe by dumping and slicing with a shovel.

Where the embedment is naturally occurring gravels, sands and mixtures with fines, the embedment should be placed in lifts, less than 15 cm in thickness, and then tamped. Tamping should be accomplished by using a mechanical tamper (600 kN-m/m<sup>3</sup>).

### Leak Testing

If a leak test is required, it should be conducted in accordance with the procedure in Section 2.6 after the embedment material is placed.

### Trench Backfill

The final backfill may consist of the excavated material, but it must be free from unsuitable matter such as large lumps of clay, organic material or Stones larger than 20 cm, or construction debris. Where the pipe is located beneath a road, the final backfill should be done in lifts and be compacted to 95 percent Standard Proctor Density.

Backfilling should be done as soon as possible after pipe placement and assembly. This prevents the pipe from being dislocated by cave-ins, protects the pipe from external damage, eliminates pipe lifting due to flooding of open trench and in very cold weather, reduces the possibility of backfill material becoming frozen.

In most cases, compaction will be required for all material placed in the trench from 15 cm below the pipe to at least 15 cm above it.

### 2.2.3- Underwater Application

Polyethylene (PE) piping is very beneficial to be used for various underwater applications. Immunity to corrosion is the major reason for choosing PE. However, other beneficial features, listed below, also contribute to the usage of PE in underwater applications:

- \* PE Has Low weight – For a given pipe diameter and equivalent performance requirements, the weight of PE pipe is around 10% of the weight of concrete pipe and less than 50% of iron. So handling is easier.
- \* PE is buoyant – Because PE's density is about 96% of fresh water, and about 94% of that for sea water, PE pipe floats even if it is filled with water. Long lengths can be assembled on shore and then be floated to its target location, and then ballasted to keep it anchored at its final submerged location.
- \* Welded joints – Using butt fusion method, continuous lengths of PE pipe can be welded without using mechanical joining elements. The welded joints are as strong as the pipe, and they eliminate the risk of leakages from mechanical joints.
- \* PE is Flexible – It is possible to sink the PE pipe gradually and to adapt to the natural contours of underwater surfaces. This means that the flexible pipeline can normally be placed directly on the natural bottom without any trenching or other form of preparation of continuous level support.
- \* PE is Ductile – Because of its high deformation capacity, PE piping can safely compensate for variable external forces due to waves and currents. PE piping can also safely shift or bend to adjust itself to altered bedding that can result by the strong waves and currents.

Since the PE pipes will float even when filled with water, ballast weights must be installed, either on shore or on barges over water. The pipeline is then floated into location and sunk into

bağlanmış varillerden faydalanılabilir.

Kıyıda iken, ağırlıkların boruya bağlandığı yer bir rampa ile suya kavuşabilir. Bu sayede, ağırlıklı borular suya kaydırılabilir. Su üstünde de, yüzer platform vinçleri ağırlıklı boruyu nakletme ve yerleştirmede kullanılabilirler.

Boru hattı bir tekne ile veya halatlarla çekilerek yerine götürülür. Batırma sırasında pozisyonu bozulmasını diye geçici olarak sabitlemek mümkündür. Kıyı tarafından boruya su verilip diğer tarafındaki uçundan hava kontrollü bir şekilde tahliye edilerek borunun yavaşça suya batması sağlanır. Bu işlem sırasında her iki ucun da su seviyesinden yüksekte tutulması gereklidir. Hava tahliye hızı, suyun boruya dolma hızını kontrol eder.

Suyun dolma hızının kontrolü, borunun aniden dolarak kırılmaya yol açacak bir büküme uğramasına engel olmak açısından çok önemlidir.

Şayet boru su altında da toprağa gömülecekse, tüm hendek açma işlemi batırma işinden önce yapılmalıdır. Sualtı dolgusu küçük boyuta ufalanmış kayalardan oluşmalı, ek koruma gerekiyorsa bu dolgunun üstüne kaya veya beton parçaları yerleştirilmelidir.

Sualtı Uygulamaları İçin Temel Dizayn ve Montaj Aşamaları:

Hemen tüm sualtı uygulamalarında, aşağıda belirtilen aşamalar geçerlidir:

1. Uygun boru çapı belirlenmesi  
Akışkan cinsi, debi ve boru hattının uzunluğu esas alınarak hidrolik hesaplar yapılmalı ve asgari boru iç çapı belirlenmelidir.

2. Montaj ve çalışma şartları gözönünde bulundurularak uygun Boyut Oranı (DR-Dimension Ratio) hesaplanması  
Bu işlem, borunun öngörülen sıcaklık ve basınç şartlarında güvenli hizmet vermesi açısından önemli ve gereklidir. Bu konuda bilgi Bölüm 3.1 de verilmiştir. Aynı bir "emniyet katsayısı" olarak, çalışma sıcaklığını borunun iç veya dış ortamından hangisi yüksekse o değeri almak önerilir.

Seçilen borunun basınç değerinin, çalışmada olabilecek koç darbelerini de karşıladığı kontrol edilmelidir. Koç darbeleri pompaya yol verme veya durdurma sırasında olabilmektedir. Bu konudan da Bölüm 3.2 de bahsedilmiştir.

3. Boruyu batırmak için gerekli ağırlık ve montaj aralıklarının hesaplanması

3.1. Boruyu hedefe "ne yüzerek, ne batarak" durumda taşımak için gerekli ağırlık belirlenir. Suyun içindeki bir borudaki kaldırma kuvveti, boru ve içindekinin ağırlığı ile borunun taşıdığı suyun ağırlığı arasındaki fark kadardır. Bu bağlantı şu şekilde ifade edilebilir:

$$F = [W_{\text{boru}} + W_{\text{madde}}] - W_{\text{taşma}}$$

F = birim metredeki kaldırma kuvveti, kg/m boru  
W<sub>boru</sub> = borunun birim ağırlığı, kg/m boru  
W<sub>madde</sub> = boru içindeki maddenin birim ağırlığı, kg/m boru  
W<sub>taşma</sub> = borunun taşıdığı suyun birim ağırlığı, kg/m boru

its position. Typical ballast weight design allows an air-filled pipeline to float with ballast weights attached, if both ends of the pipeline are capped. Temporary floats such as barrels attached to the pipeline may be required to control sinking; if the line is designed with heavy ballast weights.

On shore, ballast weight installation can be eased with a sliding ramp to slide ballasted pipe into the water. Over water, barge mounted cranes may be used to handle pipe with ballast weights.

Once ballasted, the pipeline is moved into position with marine craft or pulled into position with cables. Temporary anchoring may be necessary to maintain position during sinking. Water is introduced from the shore end, and air is vented slowly from the other end. Water must not be allowed to run the full length of the pipe. The shore end should be raised slightly to create a u-bend of water that moves down the line as the line sinks. The floating air bleed end should also be above the water level to prevent water entry. Bleeding rate of air from the floating end controls the water entry rate.

It is essential that sinking rate must be under control, so the pipe does not bend too tightly and kink.

If the pipeline is to be buried inside the water bedding, all trench work must be done before sinking. Underwater backfill should be coarse soil such as crushed rock. If additional erosion protection is necessary, large stones or broken concrete may be placed over the initial backfill.

Basic Design and Installation Steps for Underwater Applications:

In almost all underwater applications, the design and installation of PE piping requires the following basic steps:

1. Selection of proper pipe diameter  
Pipe minimum inside diameter should be calculated by employing hydraulic calculations, dependant on the required flow rate and the pipe length.

2. Determination of proper pipe DR (Dimension Ratio - proper wall thickness) considering the installation and operating conditions

This is necessary for the pipe to operate safely at the maximum design net internal pressure at the maximum proposed operating temperature. Information for determining the appropriate pipe DR is presented in Section 3.1. As an extra "safety factor", it is of good practice to pressure rate the pipe for the maximum anticipated operating temperature of either the internal or external environment, whichever is higher.

A check should also be made to make sure that the selected pipe pressure rating is also sufficient to resist any momentary pressure surges above normal operating pressure. Pressure surges can occur during pump start-ups or shut-downs. Guidance for selecting a PE pipe with sufficient surge pressure strength is also presented in Section 3.2.

3. Designing the weight and pitch of the ballast weights' spacing that will be used to sink and then hold the pipe in position

3.1. The necessary weighting that is required to "neither sink nor float" condition [for transporting to the intended place before sinking] is determined. The buoyant force on a submerged PE pipe is equal to the sum of the weight of the pipe and its contents minus the weight of the water that the pipe displaces. This relationship can be expressed as:

$$F = [W_{\text{pipe}} + W_{\text{cont}}] - W_{\text{displ}}$$

F = buoyant force, kg/m of pipe  
W<sub>pipe</sub> = weight of pipe, kg/m of pipe  
W<sub>cont</sub> = weight of pipe contents, kg/m of pipe  
W<sub>displ</sub> = weight of water displaced by pipe, kg/m of pipe

3.2. Batırılmış borunun tam tespiti için gerekli ağırlık hesaplanır.

Çoğu durumda, (boru dipte su ile dolu halde iken) taşıdığı su ağırlığının %25 ila %50 si arasında bir ağırlık eklenmesi, borunun dipte tam tespiti için yeterlidir. Bu yüzdelerin düşük değerleri göl gibi sakin sularda yeterli iken akıntılı yerlerdeki haller için yüksek değerlere geçilmektedir.

Dalga hareketinin en etkin olduğu kıyıya yakın yerlerde, boruyu gömmek sıkça yapılan bir uygulamadır. Hatırlanması gereken bir nokta; su altında yapılan bir dolgu ince parçacıklı kum veya toprak olduğu takdirde, dalga hareketlerinin dolguyu gevşek ve akışkan hale getirmesinden dolayı borunun yerinden çıkabileceğidir. Boruyu taşıdığı su ağırlığının en az %40 l kadar bir ağırlıkla desteklemek, bu duruma engel olabilir.

Borular aşağıdaki farklı şekillerde batırılabilir:

Gerekli ağırlıklar iki aşamada bağlanabilir: Batırılacağı yere kadar yüzmesine yetecek kadar ağırlık bağlanır, batırıldıktan sonra yerinde ek ağırlıklar eklenir.

İkinci bir metod, tam ağırlıklar konulup batırılacağı yere kadar geçici dubalara bağlanarak yüzdürülür ve yerinde duba bağlantıları çözülerek boru batırılır.

Üçüncü bir metod da, ağırlıkların boruya su üstündeki bir yüzen platformda bağlanarak (aşırı bükülmeden olabilecek kırılmalara dikkat ederek) suya bırakılması ve ilerlerken bu işlemin devam etmesidir.

3.3. İstenmeyen yüzme etkisi yaratmaması için boruda hava cebi kalmadığından emin olunmalıdır.

3.4. Boruya bağlanacak ağırlık miktarları ve bağlama aralıkları belirlenir.

Ağırlıklar arası mesafenin hesabındaki kriterler, boruyu havada mesnetleme ile hemen hemen aynıdır. Her iki durumda da boru, yayılmış yük altındadır; su içinde buna ek olarak akıntı ve dalga etkilerine maruzdur. Esas amaç, borunun bu bileşik kuvvetler altında maruz kalacağı bükme gerilimleri ve şekil değiştirmenin güvenli sınırlar içinde kalmasıdır.

Aşağıdaki tabloda, genelde uygulanan ağırlık aralıkları gösterilmektedir. Hava cebi kalması riskine karşı önlem olarak, havada mesnetlenme aralıklarından daha az aralıklarla ağırlıklar konulmaktadır.

3.2. Minimum weighting for the anchoring of a submerged pipe in its final position is determined.

In most cases a weighting of 25 to 50% of the pipe displacement is enough to maintain a properly anchored submerged PE pipe after it has been filled with water. The lower values of weight have been found satisfactory in cases (like in lake crossings), where current and wave action are relatively mild, while the larger values of weight are used in sea installations where sea actions are stronger.

Closer to the shore, where wave action is at its strongest, it is a common practice to protect the pipe by trenching. It should be noted that, when a trench is refilled with fine-grained soil, the buried pipe can sometimes float from the trench, resulting from the fluidization of the fill by strong wave action. This situation can be avoided by weighting the pipe to at least 40% of its displacement.

Pipes can be submerged in different ways, such as; The attachment of the required ballast weights can be done in two steps: primary weighting is conducted so as to still allow the pipe to be floated into position, and then the additional required weights are added where required after the completion of the submerging of the pipe.

Another way is to temporarily increase the pipe's buoyancy by employing empty tanks, or large blocks of rigid plastic foamed material that are then released, as the pipe is being submerged.

A third method is to attach the required ballast weights onto the pipe from a barge from which the pipe is slid to the bottom by means of a sled that is designed to ensure that the bending of the pipe is below the buckling limit.

3.3. It should be made sure that no air is trapped in the pipes to facilitate unwanted buoyancy. A surge basin can be used in the system design, at a point before the pipe enters the water. Care should be taken that no high points are present in the pipe layout, where air pockets can occur.

3.4. Weights and spacings of the ballasts that are attached to the pipe is determined.

The principles for determining the spacing between ballasts are almost the same as those for the support spacing criteria for above-ground suspended pipelines. In both cases the pipes are subject to a distributed loading – in the case of submerged pipelines, by the combined effect of current, lift and wave actions. The objective of the design is to limit resultant pipe deflection so that the maximum bending stresses and strains are within safe limits.

Listed in Table below, are commonly used ballast spacings. To satisfy the aim for preventing air entrapment, the spans in this table are somewhat shorter than for pipes that are suspended above ground.

Nominal Boru Çapı (mm) Nominal Pipe Diameter (mm)	Takribi Aralık (m) Approximate Spacing (m)
< 300	1.5 – 3.0
>300 - <600	2.2 – 4.5
>600 - 1600	3.0 – 6.0

3.5. Ağırıkların tasarım ve yapımı; ağırıklar tipik olarak betonarme olarak yapılır. Farklı şekillerde olabilirler, ancak, batırma sırasında burulmaya yol açmaması açısından daire, kare, altıgen gibi simetrik kesitler tercih edilir. Batırılmış boru belirgin akıntılar içinde kalacaksa, burulma hareketine önlem olarak tabanı düz olan ağırıklık şekilleri tercih edilir.

Ağırıklar üst ve alt parçalardan oluşmalı ve birbirine tam bağlandığı zaman boru ile arasında ufak bir açıklık kalmalıdır. Bu açıklık, yumuşak boru ve sert ağırıklık arasında boru güvenliği açısından araya konacak tampon malzemesi içindir. Tampon malzemesinin diğer bir işlevi de, sürtünme tabakası oluşturarak ağırıklığın (özellikle batırma sırasında) boru üstünde kaymasını önlemektir. Tampon malzemeleri üstüste sarılmış 3 mm kalınlıkta lastik veya 6 mm kalınlıkta neopren levha gibi malzemeler olabilir.

Tecrübeler göstermiştir ki, gelgit veya akıntıların çok olduğu deniz uygulamalarında, alt kısmı üst kısımdan daha ağır olan ağırıklık blokları daha avantajlı olmaktadır. Bu blokların üst ve alt kısımlarında korozyona dayanıklı (ör. paslanmaz çelik) kaldırma kulakları, civata-somun bulunmalıdır.

Ağırıklık bloklarının tipik ağırıklıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

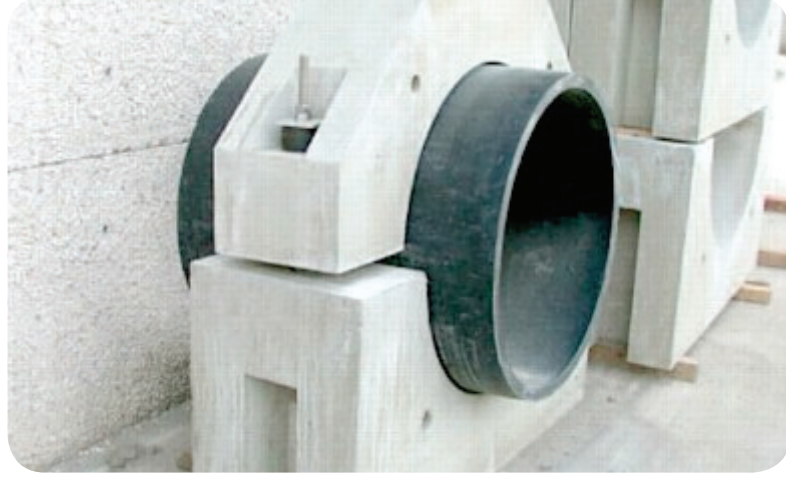
3.5. Design and construction of ballast weights; ballasts are typically made of reinforced concrete. Ballasts can be made in different shapes, although a symmetrical design such as round, square, or hexagonal is preferred to avoid twisting during submersion. Flat-bottomed ballasts are preferred if the submerged piping will be subjected to significant currents, tides or wave forces; because they help prevent torsional movement of the pipe.

The ballasts should have a top and bottom section that; when mated, the resultant inside diameter is slightly larger than the outside diameter of the pipe. This slightly larger inside diameter is to allow the placement of a cushioning material to protect the softer PE pipe from being damaged by the hard ballast material. Another function of the cushioning is to provide frictional resistance that will help prevent the ballasts from sliding along the pipe during the submersion process. Some suggested cushioning materials can be several wraps of approximately 3 mm thick rubber sheet or approximately 6 mm thick neoprene sponge sheet.

Additionally, experience has shown that in certain marine applications where tidal or current activities may be significant, an asymmetric ballast design in which the bottom portion of the ballast is heavier than the upper portion of the ballast is recommended. Suitable lifting lugs should be included in the top and bottom sections of the ballasts. The lugs and the tightening elements should be corrosion resistant (e.g. stainless steel).

Typical properties of ballast weights are shown in the table below:

Boru Dış Çapı (mm) Outside Diameter of Pipe (mm)	Borudaki % Hava Miktarına Karşı Koymak Üzere Ağırıklık Bloklarının Aralıkları Spacing of Ballast Weights To Overcome % Air (m)			Betonarme Blokların Takribi Ağırıklıkları (kg) Approximate Weight of Concrete Block (kg)	
	10%	15%	20%	Havada In Air	Tatlı Suda In Fresh Water
90	3	2	1,5	6	4
110	3	2	1,5	9	5
140	3	2	1,5	14	8
160	3	2	1,5	16	9
180	3	2	1,5	21	12
225	3	2	1,5	25	15
280	3	2	1,5	43	25
315	3	2	1,5	57	33
355	4,5	3	2	102	59
400	4,5	3	2	114	66
450	4,5	3	2	165	96
500	4,5	3	2	182	106
560	4,5	3	2	245	142
630	4,5	4	2	280	162
710	6	4	3	410	238
800	6	4	3	520	302
900	6	4	3	650	377
1000	6	4	3	810	470
1200	6	4	3	1135	658
1400	6	4	3	1540	893
1600	6	4	3	2020	1172



Borunun ağırlık içindeki durumunu gösteren örnek resim  
Sample picture showing pipe in ballast weight

4. Boruları birleştirmek ve suya indirmek için uygun bir yer seçilmelidir.

Bu yerin borunun daldırılacağı suyun kenarında olması ve kara taşıtlarıyla ulaşılabilmesi ilk istenen şeydir. Borunun suya doğru çekileceği zemin boruya hasar vermeyecek yapıda, kayalık ve molozlardan arınmış olmalıdır. Ağırlıklar bağlı olarak borunun suya çekilebilmesi için kıyıda uygun bir rampa yapılmalıdır.

5. Karadan suya geçiş bölgesini ve gerekiyorsa sualtı yataklamasını hazırlamak

Daldırma işlemi başlamadan önce, kıyıda suya geçiş bölgesinde, borunun su içinde ek koruma olmadan durabileceği yere kadar bir hendek kazmak gerekebilir.

Bu hendek, boruyu gelgit ve dalga hareketlerinden, akıntılardan, sürüklenen buz parçalarından ve tekne trafiğinden koruyacak kadar derinlik ve uzunlukta olmalıdır. Bu bölgedeki gömme, denizin hırçınlaştığı zamanlarda dahi bozulmadan durabilecek yapıda olmalıdır.

Boru koruma ve sabitleme, dolgu üstüne kaya parçaları 30-60 cm yükseklikte döşenerek de takviye edilebilir.

Genel olarak, boruyu yerleştirmek için dip taramasına gerek yoktur, zira ağırlık blokları boruyu zeminden biraz yüksekte tutmaktadır. Yine de, borunun altına değebilecek irilikteki taşlar var ise bunların borunun her tarafından 3 çap uzaklığa kadar temizlenmesi gereklidir.

6. Parça boruların kaynatılarak tek parça boru yapılması

Borular kaynatılarak peşpeşe eklendikçe, boru ön tarafından çekilerek suya daha çok sokulur. Ağırlıklar, boru suya değmeden bağlanmalıdır. Eğer şartlar daha uygun oluyorsa, ağırlıklar suda yüzen bir platformda da bağlanıp boru ondan sonra suya indirilebilir.

7. Ağırlık bloklarının bağlanması

Ağırlık bloklarının depolanma alanından boruya montaj yerine getirilmesi, borunun kaldırılarak blok alt parçasının borunun altına sürülmesi, blok üst parçasının üste konularak sıkıştırılması işlemleri için yeterli ve uygun

4. Choosing a suitable place for staging, joining and launching the pipe

The site for staging, joining and launching the pipe should preferably be on land adjacent to the water in which the pipeline is to be submerged. The site should be accessible by land vehicles.

The ground or other surface, over which the pipe will be moved to the water should be relatively smooth and free of rocks, debris or other material that may damage the pipe or interfere with its proper launching. When launching a pipe with ballast weights already attached, provision should be made for a ramp or a rail skidway arrangement to allow the ballasts to move easily into the water.

5. Preparing the land-to-water transition zone and, if necessary, the underwater bedding

At some point in time before the start of the submersion procedure, usually before the pipe is launched, a trench needs to be prepared in which to place the pipe between the point where it leaves the shore and the first underwater location beyond which the pipe is completely submerged without the need for external protection.

The trench needs to be deep and long enough to protect the pipe from wave action, tidal scour, drifting ice and boat traffic. Special care should be employed in the design and construction of the land-to-water transition in ocean outfalls where occasional rough seas can result in very strong waves and in the scouring of the material below and around the pipe.

Unless weighted to a relatively high extent, say to at least 40% of the pipe displacement, a pipe lying in a land-to-water transition trench that has been filled with fine silt or sand could float up when that zone is subjected to strong wave action. Protection and stabilization of the pipe installation may be further enhanced by the placement of a 30 to 60 cm cover of blast rock over the completed installation.

With regard to the preparation of the underwater support generally, no dredging of filling needs to be carried out



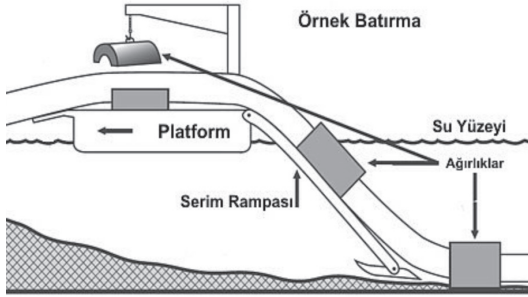
sayıda kaldırma ve taşıma ekipmanı gerekmektedir. Bu ekipman boruları kaldırıp suya çekmekte de kullanılabilir. Ağırlık bağlanmış boruyu suya indirmek için uygun ve en az sürüklenme direnci yaratacak olan bir rampanın da yapılması gereklidir.

Ağırlıklar suyun üzerine bağlanmak istenirse, kaldırma ekipmanını da taşıyabilecek bir yüzer platformun kullanılması gereklidir. Bu yöntemde, platform yüzen borunun yanına getirilir, boru sudan kaldırılarak ağırlıklar bağlanır ve boru suya indirilerek platform bir sonraki ağırlık bağlama noktasına ilerletilir. Her durumda, boruyu en az miktarda kaldırmak için platformun yüzeyi suya mümkün olduğunca yakın olmalıdır.

8. Eklenmiş borunun suya indirilmesi (bu aşama bir önceki aşama ile aynı anda yapılabilir)

Ağırlık eklenmiş boru, bir rampa aracılığı ile suya kolay indirme için kullanılabilir. Rampa, suyun içine doğru o şekilde uzatılmalıdır ki, boru suya indiği zaman ağırlığı tamamen tutabilsin. Boruyu kaldırmak için enli bantlar kullanılmalı, nokta teması yapabilecek halat, zincir gibi malzemelerden kaçınılmalıdır.

Nehir geçişlerinde karşı kıyıya bağlanacak yönlendirme halatları ile boru çekilirken akıntıya karşı koyulabilir.



9. Belirlenen noktaya borunun batırılması

Boruyu batırmaya hazırlamak için, öncelikle boru belirlenen hattın üstüne çekilir. Batırma işlemi, basit olarak karadan boru içine su verilirken diğer ucundan havayı kontrollü olarak boşaltma şeklinde yapılır. Batırma işlemi borunun kara tarafında suya dalması ile başlayıp ileri doğru devam etmelidir. Bunu sağlamak için, borunun kara tarafında bir hava cebi olacak şekilde boru yukarı kaldırılır.

Batırma sırasında borunun aşırı bükülerek katlanma riski olmadan işlem yapılmalıdır.

Su, boruya kontrollü bir şekilde verildiği zaman, borunun uygun şekilde dibe oturması sağlanabilir. Tecrübeler göstermiştir ki, saatte 250 ila 450 m boru batırma hızı çoğu uygulamalar için yeterli olmaktadır.

Batırma sırasında bir problem olursa, havanın boşaltıldığı vandan geriye basınçlı hava basılıp su borunun gerisinden dışarı atılarak boru tekrar yüzdürülebilir. Ancak, basınçlı havanın içerdiği tehlike potansiyelinden dolayı borunun su için olan basınç değerinin %50 sinden fazla basınçta hava kullanılmamalıdır.

10. Karadan suya geçişin tamamlanması

because the ballasts act to keep the pipe above the bottom material. The main idea is that the pipe should not rest or come in contact with large stones. To this end, larger stones that project above the bottom and that could come in contact with the pipe should be removed, as well as those that lie within about 3 pipe diameters on either side of the pipe.

6. Assembling the individual lengths of pipe to form a continuous length of pipe

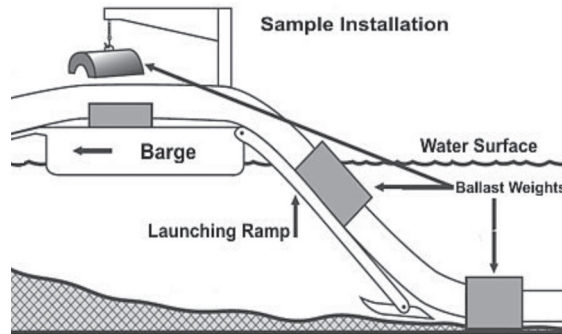
Upon the completion of the heat fusing of an added length to the pipeline, the resultant longer pipe string is further moved into the water. Ballast weights can be mounted before the pipe string reaches the water. If circumstances make it more practical, the ballasts can also be attached on the floating pipe from a floating barge.

7. Fixing the ballast weights

Enough number of lift equipment needs to be on hand to move the ballasts from the stockpile to the pipe location and to lift the pipe to allow the ballasts to be positioned under it. This equipment can also be used to lift and pull the pipe into the water. A suitable ramp or skidway should be provided to move weighted pipe into the water with a minimum of drag. For mounting ballasts on the floating pipe it is necessary to have low-profile equipment such as a barge or raft that is of sufficient size to accommodate the required lifting equipment and to carry sufficient ballasts. In this method the barge is brought alongside the floating pipe, the pipe is lifted to install one or more ballasts, and after their installation the pipe is returned to the water and a new section is moved onto the barge or the barge is advanced along the floating string of pipe. In either case, the working surface or platform of the barge should be as close as possible to the water to reduce the need for a high lifting of the weighted pipe.

8. Launching the joined pipe into the water (the previous step may be done simultaneously with this step)

Pipe with attached ballast weights should be moved into the water by means of a ramp arrangement that allows the ballasts to move easily into the water. The ramp must extend sufficiently into the water ensuring that when the pipe leaves the ramp, the ballast weight is fully supported by the floating pipe. The pipe should be moved using suitable equipment and it should only be lifted using wide-band nylon slings, or any other means that prevents a concentrated point loading. In the case of river crossings, a system of guide cables that are anchored on the opposite shore can serve to control the position of the pipeline, particularly when the pipeline is subject to strong river flow.



9. Submersion of the pipeline into the specified location

To prepare the pipe for submersion, it is first accurately positioned over its intended location.

#### 10. Karadan suya geçişin tamamlanması

Borunun batırılma işi bittikten sonra, karadan suya olan geçişte yapılmış olan hendek doldurularak üstten gereken koruma önlemleri alınmalıdır.

Montaj bitiminde, tüm hattın uzman dalgıçlar tarafından aşağıdaki maddeler açısından kontrol edilmesinde fayda vardır:

- Boru belirlenen hatta doğru olarak yerleşmiştir.
- Ağırlık blokları tabana güzel olarak oturmaktadır.
- Boru, hasara yol açabilecek sivri kaya, moloz veya diğer malzemelere temas etmemektedir.
- Tüm geçici olarak konulan elemanlar (hortum, halat, duba, vs) sökülmüştür
- Gereken yerlerde uygun şekilde dolgu yapılmıştır.
- Şayet varsa, projeci tarafından öngörülen özel uygulama şekilleri uygulanmıştır.

#### 2.3- Isıl Genleşme

PE boruyu metal borudan ayıran önemli bir özellik de genleşme katsayısının metale göre 10 kat civarında büyük olmasıdır. Bu, tespit edilmemiş bir PE boruda daha fazla genleşme ve büzülme demektir. Diğer tarafta, başka bir özellik de çok daha düşük elastisite modülü değeridir. Bağlanmış bir boru durumunda, bu özellik çok daha düşük eksenel gerilim anlamına gelir, bu da boru sabitleme işleminin gerektirdiklerini kolaylaştırır.

Basıncı borularda, uzun süreli kullanımı limitleyen faktör sıcaklıktır, bu da genellikle 60°C tir. Çeşitli sıcaklıklar için kullanım basıncı kapasite çarpanları aşağıdaki tabloda verilmektedir. Daha yüksek sıcaklıklar söz konusu ise, mutlaka imalatçı ile görüşülmelidir.

*The sinking operation basically consists of the controlled addition of water from the on-shore end of the pipe and the release of the entrapped air from the opposite end. The sinking is conducted so that it starts at the shore where the pipe enters the body of water and then gradually progresses into deeper waters. To achieve this, an air pocket is induced by lifting the floating pipe close to the shore.*

*It is very important that during submersion the bending of the pipeline be limited to an extent that will not risk the formation of a localized kink.*

*The water must be introduced into the pipe at a controlled rate. This allows the pipe to settle properly on the bottom. Experience has shown that submerging the pipe at a rate in the range of about 250 to 450 meters per hour has been found to be adequate for most cases.*

*As water is being added at the shore-end of the pipe, air must be allowed to escape from the opposite end, in a controlled manner.*

*If a problem is encountered during the sinking, the availability of a valved outlet on the outboard end of the pipeline allows the sinking procedure to be reversed. Compressed air can be pumped into the submerged line to push the water out and thus allow the line to be raised. Because compressed air packs a lot of potential energy, the rule of thumb is to limit air pressure to max. 50 % of the pipe's pressure rating for water.*

#### 10. Completion of the land-to-water transition

*After the pipeline has been submerged, the portion of the pipeline that has been lowered into a land-to-water transition trench should be backfilled with specified material and to the required depth of cover.*

*Upon completion of the installation of a submerged pipeline, it is advisable to have the complete line surveyed by a specialist diver to ensure that:*

- *The pipeline is located within the prescribed path*
- *The ballasts holding the pipeline are all properly sitting on the bottom contour and that the line is not bridging any changes in elevation*
- *The pipe is not resting on any rocks, debris or material that could cause damage*
- *Any auxiliary lines, such as hoses, ropes, buoyancy blocks or any other equipment used during the installation has been removed*
- *Where required, the pipe has been backfilled and the backfilling was done properly*
- *If present, all other installation requirements established by the designer for the subject application have been complied with.*

#### 2.3- Thermal Expansion

*A property that differs PE pipe from metallic pipe is its coefficient of thermal expansion is about 10 times larger. This means a larger thermal expansion/contraction in the case of unconstrained pipe. However, another distinguishing feature is a much lower modulus of elasticity. In the case of constrained pipe this leads to a much lower value of thermally induced longitudinal stresses, which greatly simplifies requirements for supporting and anchoring.*

*In the case of pressure pipe the highest operating temperature is limited by the practical consideration of retaining sufficient long-term strength or maintaining the pressure rating that is sufficient for the intended application. That maximum temperature is generally 60°C. De-rating factors for up to 60°C are presented in the Table below. If higher temperatures are being considered, the pipe supplier should be consulted for additional information.*

Max. Daimi Sıcaklık. (oC) Max. Sustained Temp. (oC)	Çarpım Faktörü Multiplication Factor	Max. Daimi Sıcaklık. (oC) Max. Sustained Temp. (oC)	Çarpım Faktörü Multiplication Factor	Max. Daimi Sıcaklık. (oC) Max. Sustained Temp. (oC)	Çarpım Faktörü Multiplication Factor
-29	2.54	4	1.49	38	0.73
-23	2.36	10	1.32	43	0.64
-18	2.18	16	1.18	49	0.58
-12	2.00	23	1.00	54	0.50
-7	1.81	27	0.93	60	0.43
-1	1.65	32	0.82		

Basıncsız ve gömülmüş durumdaki borularda, boruya topraktan destek geldiğinden dolayı çalışma sıcaklığı 82°C ye kadar çıkabilmektedir.

PE borunun faydalı bir özelliği de düşük sıcaklıklarda bile dayanıklılığını koruyabilmesidir. Donma derecesinin altında bile güvenle kullanılabilir. Boru içinde buz oluşması akışı engelleyip durdurabilir, ama boru patlamadan sağlam olarak kalır. Donma derecesi altlarında PE boru kendi içinde daha kırılğan olsa bile, diğer malzemelere göre yırtılma açısından daha sağlamdır.

#### Isıl Genleşme / Büzülme Etkileri

Boru ve kaynaklı ek yerleri, sıcaklık değişiminden dolayı olan gerilmeleri rahatça karşılayabilir. Genellikle, tamamen PE olan bir sistemde genleşme sınırlama veya kompensatör kullanmak için gerek olmaz. Ancak, PE borunun diğer bir malzemeye geçiş yerlerinde, veya muflu bağlantılarda, hareket sınırlayıcı önlemlere gerek vardır.

PE genleşme katsayısı diğer malzemelere göre yüksek olduğundan, aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmak gereklidir:

- Sıcak iken montajı yapılan borular soğuyunca büzülüp çekme gerilimi oluştururlar. Bundan dolayı borular çalışma sıcaklığına yakın sıcaklıklara indikten sonra montajlanmalıdır.
- Mekanik bir bağlantıdaki boru, bağlantıdan kurtulacak kadar çekme yapabilir. Bu sebeple, böyle bağlantı olan yerler oynamaya karşı bağlanmalıdır. Bu konuda Bölüm 2.5 te açıklamalar bulunmaktadır.
- Belirgin sıcaklık değişimlerine maruz kalan boru, genişleşip büzülecek, yana doğru yılanlaşma hareketi yapacak veya sabitleme noktalarına basma veya çekme gerilmeleri uygulayacaktır.

Hafifletici olarak, PE malzemenin düşük elastisite modülü genleşme / büzülmeden dolayı olan gerilmelerin yarattığı kuvvetin önemli ölçüde azalmasını sağlar. Bu gerilmelerin kaynaklanmış yerlerde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

Sabittlenmemiş bir borudaki uzama veya kısalma şu denklem ile hesaplanır:  $\Delta L = \alpha (T2 - T1) L$

*In the case of buried applications of non-pressure pipe, in which the embedment material provides a significant support against pipe deformation, the highest operating temperature can be sometimes as high as 82°C.*

*A beneficial feature of PE pipe is that it retains much of its toughness even at low temperatures. It can be safely handled, installed and operated even in sub-freezing conditions. The formation of ice in the pipe will restrict or stop flow but not cause pipe breakage. Although under sub-freezing conditions PE pipe is somewhat less tough it is still much tougher than most other pipe materials.*

#### Thermal Expansion/Contraction Effects

*The PE pipe and the fused joints can easily accommodate the stress induced by changes in temperature. In general thrust restraints and mechanical expansion joints are not required in a fully fused PE piping system. However, thrust restraint may be necessary where PE pipe is connection to other 'bell and spigot' end pipe.*

*Since the coefficient of thermal expansion for PE is significantly larger than that of non-plastics, considerations relating to the potential effects of thermal expansion/contraction may include:*

- *Piping that is installed when it is warm may cool after installation to generate significant tensile forces. Therefore, it is advised that the final connection be made after the pipe has settled to its operating temperature.*
- *Unrestrained pipe may shrink enough so that it pulls out from a mechanical joint that does not provide sufficient pull-out resistance. Methods used to connect PE pipe should provide restraint against pull-out that is either inherent to the joint design or additional mechanical restraint. More about this topic is in Section 2.5.*
- *Unrestrained pipe that is exposed to significant temperature changes will expand and contract, deflect laterally, or apply compressive or tensile loads to constraints or supports.*

*A mitigating factor is PE's relatively low modulus of elasticity, which greatly reduces the thrust that is generated by a restrained expansion/contraction. This thrust imposes no problem on thermal fusion connections.*

*The expansion or contraction for an unrestrained PE pipe can be calculated by using the equation:  $\Delta L = \alpha (T2 - T1) L$*

*Where*

*$\Delta L$  = Theoretical length change (m.)*

*$\Delta L > 0$  is expansion*

*$\Delta L < 0$  is contraction*

*$\alpha$  = Coefficient of linear expansion,  $1.8 \times 10^{-4}$  m/m.°C for PE 100*

Açıklama;

$\Delta L$  = Teorik boy değişimi (m.)

$\Delta L > 0$  uzama

$\Delta L < 0$  kısalma

$\alpha$  = Sıcaklık genleşme katsayısı, PE 100 için  $1.8 \times 10^{-4}$  m/m.°C

T1 = İlk sıcaklık (°C)

T2 = Son sıcaklık (°C)

L = Borunun ilk sıcaklıktaki (T1) boyu (m.)

Esnek PE boru baskı kuvvetini tam olarak iletmez. Sıcaklık artarken, boru da mesnetlerine tam kuvvet vermeden önce genellikle yana doğru yitankavi bir hareket yapar. Yanal yer değiştirme şu denklem ile yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$Y = L^2 \left( \frac{\alpha \Delta T}{2} \right)$$

Açıklama;

Y = yanal yer değiştirme, m

L = mesnetler arası mesafe, m

$\alpha$  = Sıcaklık genleşme katsayısı, PE 100 için  $1.8 \times 10^{-4}$  m/m.°C

$\Delta T$  = Sıcaklık değişimi, °C

Mesnet yüklerini en aza indirmek veya genişleme hareketi borunun belli bir tarafına vermek için montajda bir tarafa doğru hafif bir esneme yapılabilir. Bu aynı zamanda borunun büzülme zamanı düz bir hatta gerilemesini de engeller. Ayrıca, daha önceden yitankavi hareket verilmiş olan bir boru, genişleme sırasında mesnetlere daha az yük bindirecektir. Montaj sırasında, mevcut sıcaklık ve öngörülen en az sıcaklık arasındaki değer ile mesnetler arası uzaklık göz önünde bulundurularak yanal esneme miktarı hesaplanmalıdır. Bulunan değere, projeci tarafından öngörülen asgari yanal öteleme değeri de eklenerek boru bulunan toplam değer kadar yanal öteleme ile montajlanmalıdır.

Borunun öngörülen asgari sıcaklığa düştüğü zaman kısalarak aşırı gerilimde kalmaması için, montaj sırasındaki sıcaklıkta mesnetlerin boru üzerinde denk geleceği noktalar şu şekilde hesaplanmalıdır:

Mevcut ile asgari sıcaklık arasındaki oluşacak boy farkı  $\Delta L$  bulunur, buna %10 emniyet katsayısı eklenir, bu da mesnetler arası uzunluğa (L) eklenir.

$$L_p = L + 1.1 \Delta L$$

Açıklama;

$L_p$  = genişmiş boru boyu, m.

Yani, L aralığında yerleştirilmiş mesnetler, boru üzerinde  $L_p$  aralığına denk gelen noktalarda sıkılacak şekilde boru yana doğru esnetilerek bağlanmalıdır.

T1 = Initial temperature (°C)

T2 = Final temperature (°C)

L = Length of pipe (m.) at initial temperature, T1

Flexible polyethylene pipe does not transmit compressive force very well. During temperature increase, the pipe usually will deflect laterally (snake sideways) before developing significant compressive force on structural restraints. Lateral deflection may be approximated by  $Y = L^2 \left( \frac{\alpha \Delta T}{2} \right)$

Where,

Y = lateral deflection, m

L = distance between end points, m

$\alpha$  = thermal expansion coefficient, m/m.°C

$\Delta T$  = temperature change, °C

To minimize thrust loads on restraints or to control which side of the centerline the pipe snakes, an initial deflection can be provided so the pipe does not contract to a straight line at minimum expected temperature. Likewise, during thermal expansion, pipe that is pre-snaked requires less force than predicted to continue snaking. At the time of installation, the anticipated temperature change from installation temperature to minimum temperature should be determined. Using this temperature change and the distance between points, lateral deflection should be determined, and the pipe be installed with this lateral deflection plus the minimum lateral deflection specified by the designer.

Additional pipe length should be provided so contraction at low temperature will not completely straighten out the pipe.

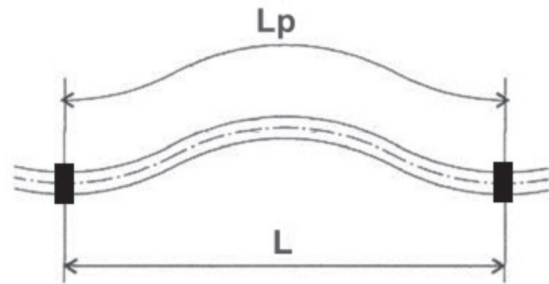
Determine the length change,  $\Delta L$ , for the change from ambient temperature at the time of installation, to the minimum expected temperature, add approximately 10% as a safety factor; then add this length to the anchor point distance, L.

The length of the expanded pipe may be determined from:

$$L_p = L + 1.1 \Delta L$$

Where

$L_p$  = expanded pipe length, m.



Genişmiş borunun mesnetler arasındaki yanal ötelenmesi  
Lateral deflection of elongated pipe between supports

Genleşme halinde Bölüm 2.1.2 deki tabloda belirtilenden daha dar kavislerin oluşmayacağından emin olunmalıdır.

Örnek Çözüm:

T1 = 20°C

T2 = 50°C

L = 10m.

$\Delta L = 1.8 \times 10^{-4} (50-20) 10 = 0,054$  m bulunur.

Yanal öteleme verilmek istenirse;

$L_p = 10 + 1.1 \times 0,054 = 10,06$  m

Yani, 10m aralığında yerleştirilmiş mesnetler, boru üzerinde 10,06m uzunluğa denk gelen noktalarda sıkılacak şekilde boru yana doğru esnetilerek bağlanmalıdır.

Genleşme Bağlantıları (Kompansatörler)

Genel olarak, PE hatlarda, özellikle basınçlı sistemlerde, kompansatörlerin kullanımına gerek olmaz. Şayet kullanmak gerekirse, kompansatörlerin PE için özel olarak yapılmış, çok düşük kuvvetlerde esneyebilen tipte olması ve geniş hareketlere izin vermesi gereklidir. Yine de, farklı nedenlerden dolayı kompansatörlerin PE hatlarda kullanımı önerilmemektedir. Örneğin;

- (1) Genleşme zonu PE için yetersizdir.
- (2) Kompansatörü hareket ettirmek için gereken kuvvet, PE borunun bükülme direncinden fazla olabilir.
- (3) Kompansatörlerde, esnedikleri zaman PE boruya uç yükü uygulayacak elemanlar bulunabilir. PE boru ise kompansatörü esnetmek yerine, yana doğru ötelenme eğiliminde olacaktır. Uygulama yapmadan önce kompansatör imalatçısına mutlaka danışılmalıdır.

Genleşme telafisi için Omega bükümler

Care should be taken to ensure that thermal expansion deflection does not result in tight bends. Thermal expansion deflection bending should not result in a bend that is tighter than the minimum long-term cold field-bending radius tabulated in section 2.1.2.

Sample Problem:

T1 = 20°C

T2 = 50°C

L = 10m.

$\Delta L = 1.8 \times 10^{-4} (50-20) 10 = 0.054$  m

If some lateral deflection is to be given to the pipe;

$L_p = 10 + 1.1 \times 0.054 = 10.06$  m

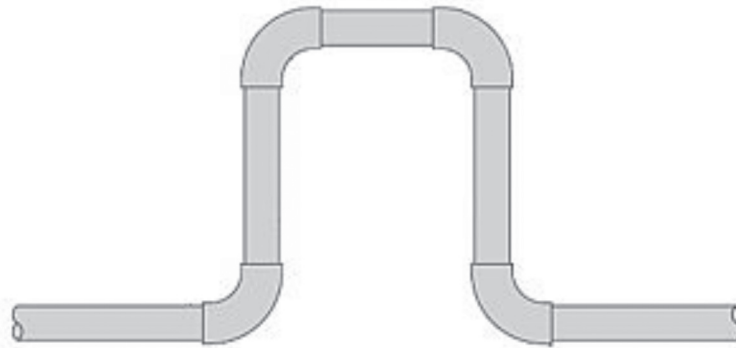
This means, with supports spaced at 10m distance, a length of 10.06m marked on the pipe will be installed between the 10m apart supports, the supports being coincident with the markings on the pipe, thus a lateral deflection be given.

Expansion Joints

In general, expansion joints are not recommended for use with PE pipe, especially in pressure service. If used, expansion joints must be specifically intended for use with PE pipe to activate at very low longitudinal forces and permit large movements. Expansion joints intended for use with other piping materials are not recommended for several reasons; such as:

- (1) Expansion allowance is frequently insufficient for PE.
- (2) The force required to activate the joint may exceed the column buckling strength of the PE pipe.
- (3) Expansion joints for pressure service may include internal components that when pressurized, will place an end load on the pipe. PE pipe has low resistance to end loads, and likely will deflect sideways rather than compress the expansion joint. The expansion joint manufacturer should be contacted before application.

Omega bends for compensation



Tipik omega bükümü  
Typical omega bend

Omega bağlantısı yaparken asgari düz boyda sabitlenerek öngerilimli olarak yapılması önerilir, çünkü genişlediği zaman görsel etkisi azalacaktır. Öngerilimli yapmaktan kasıt, genişleceği öngörülen boyun yarısı kadar ( $\Delta L/2$ ) ters tarafa kasıntılı olarak montaj yapılmalıdır. Böylece, boru genişlediği zaman omeganın uçları arasında öngörülenin yarısı kadar kapanma olacak ve gözü normalde yapacağı kadar rahatsız etmeyecektir. Asgari düz boyun hesabı şu formülle yapılabilir:

$$L_s = 26V(D_o \cdot \Delta L/2)$$

Açıklama;

$L_s$  : Asgari düz boy, mm

$D_o$  : Boru dış çapı, mm

$\Delta L$  : Hesaplanan uzama miktarı, mm

It is advisable to make prestressed connection so that minimum straight length can be reduced and visual effect of expansion is hardly visible.

The value of minimum straight length can be found by the formula:

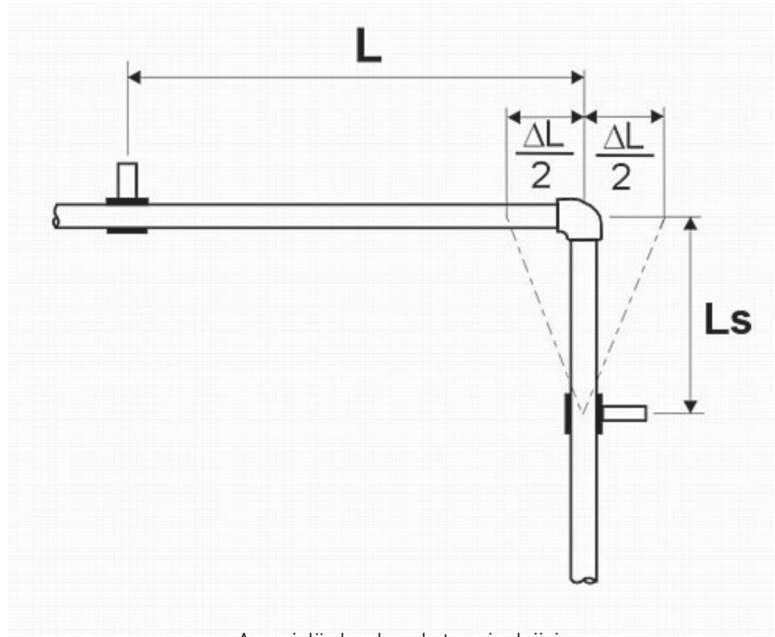
$$L_s = 26V(D_o \cdot \Delta L/2)$$

Where

$L_s$  : Min. Straight length, mm

$D_o$  : Outer diameter of pipe, mm

$\Delta L$  : Calculated change in length, mm



Asgari düz boy hesabı terminolojisi  
Terminology for minimum straight length

Örnek Çözüm:

$D_o$ : 63 mm

$T_1$  = 20°C

$T_2$  = 50°C

$L$  = 2m.

$\Delta L = 1.8 \times 10^{-4} (50-20) 2 = 0,011 \text{ m} = 11 \text{ mm}$  bulunur.

$L_s = 26V(63 \times 11/2) = 484 \text{ mm}$  olarak hesaplanır.

#### 2.4- Mekanik İşleme

Kesme, frezeleme ve delme işlemleri PE malzemede problemsiz olarak yapılabilir.

Sample Problem:

$D_o$ : 63 mm

$T_1$  = 20°C

$T_2$  = 50°C

$L$  = 2m.

$\Delta L = 1.8 \times 10^{-4} (50-20) 2 = 0.011 \text{ m} = 11 \text{ mm}$

$L_s = 26V(63 \times 11/2) = 484 \text{ mm}$

#### 2.4- Machining

Cutting, turning, milling and drilling operations can easily be performed with PE.

	KESME		TORNALAMA	FREZE	DELME
	Şerit Testere	Daire Testere			
Boşluk açısı $\alpha$ (o)	30-40	10-15	5-15	5-15	12-16
Üst eğim açısı $\gamma$ (o)	0-5	0-15	0-15	< 10	3-5
Adım P (mm)	3-5	3-5	----	----	----
Kesme hızı (m/min)	< 3000	< 3000	200-500	< 1000	50-100
Kalem açısı $\lambda$ (o)	----	----	45-60	----	----
İlerleme (mm/devir)	----	----	0.1-0.5	0.2-0.5	0.1-0.3
Kesme derinliği (mm)	----	----	< 8	----	----
Uç açısı $\varphi$ (o)	----	----	----	----	100

	CUTTING		TURNING	MILLING	DRILLING
	Band-Saw	Circular Saw			
Clearance angle $\alpha$ (o)	30-40	10-15	5-15	5-15	12-16
Rake angle $\gamma$ (o)	0-5	0-15	0-15	< 10	3-5
Pitch P (mm)	3-5	3-5	----	----	----
Cutting Speed (m/min)	< 3000	< 3000	200-500	< 1000	50-100
Tool Angle $\lambda$ (o)	----	----	45-60	----	----
Feed (mm/rot)	----	----	0.1-0.5	0.2-0.5	0.1-0.3
Cutting Depth (mm)	----	----	< 8	----	----
Tool Tip Angle $\varphi$ (o)	----	----	----	----	100

## 2.5- Birleştirme İşlemleri

PE boru ve/veya fittingler birbirlerine eriterek kaynatma (füzyon) veya mekanik fittingler ile bağlanırlar. PE borular, diğer malzemelerden olan borulara dıştan sıkımalı fittingler, flanşlar veya amaca uygun yapılmış diğer geçiş adaptörleri ile bağlanabilirler. Bağlantı fittingleri çok geniş bir yelpazede üretilirler; herbirinin kullanılacak yere göre kolaylıkları ve sınırları vardır.

Halen füzyon yolu ile kaynak için üç metod kullanılmaktadır: Soket, Elektrofüzyon (EF) ve Alın kaynağı.

Füzyonun temelinde, iki yüzeyi belirli bir sıcaklığa gelene kadar ısıtmak ve sonrasında bu parçaları birbirine bastırarak malzemeleri birbirine yedirmek işlemi yatar. Üretici talimatı doğrultusunda bu işlem yapıldığında ek yapılan bölge malzemenin kendisi kadar sağlam ve sızdırmaz olur. Ek yeri ortam sıcaklığına soğuduğu zaman, kullanılabilir haldedir. Aşağıdaki bölümlerde bu üç farklı metod için genel uygulama yöntemleri işlenecektir.

### 2.5.1- Soket Kaynak

Bu teknikte, boru dış yüzeyi ile fittingin iç yüzeyi füzyon sıcaklığına gelene kadar ısıtılır. Boru fittinge sokularak soğuyana kadar yerinde kımıldatmadan tutulur.

63 mm den büyük çaplar için, parçaları gerekli baskı kuvveti ile yerinde tutabilmek açısından mekanik ekipmana gerek vardır.

## 2.5- Joining Procedures

PE pipe and/or fittings are joined by heat fusion or with mechanical fittings. PE pipe may be joined to other pipe materials by means of compression fittings, flanges, or other suitable types of manufactured transition fittings. There are many types and styles of fittings; offering their particular advantages and limitations for various joining cases.

There are three types of conventional heat fusion joints currently used in the industry; Socket, Electrofusion (EF) and Butt welding.

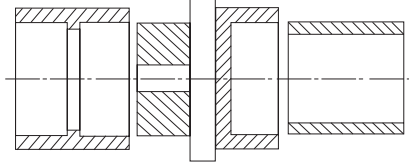
The principle of heat fusion is to heat two surfaces to a designated temperature, then fuse them together by application of a sufficient force. This force causes the melted materials to flow and mix, thereby resulting in fusion. When fused according to the pipe and/or fitting manufacturers' procedures, the joint area becomes as strong as the pipe itself in both tensile and pressure properties and properly fused joints are absolutely leak proof. As soon as the joint cools close to ambient temperature, it is ready for handling. The following sections provide a general procedural guideline for each of these heat fusion methods.

### 2.5.1- Socket Welding

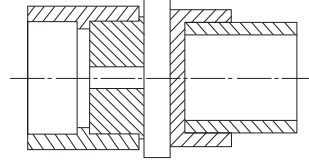
This technique consists of simultaneously heating both the external surface of the pipe end and the internal surface of the socket fitting until the material reaches the recommended fusion temperature, inspecting the melt pattern, inserting the pipe end into the socket, and holding it in place until the joint cools.

Mechanical equipment is required to hold both the pipe and the fitting for sizes larger than 63 mm to help attain the required force and to provide good alignment. It is a good practice to follow pipe manufacturers' application procedures.

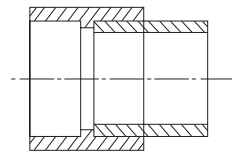
Soket Kaynak için Şematik resim  
Schematic Sketch For Socket Welding



KAYNAĞA HAZIRLIK  
RESOURCES PREPAREDNESS



AYARLAMA VE ISITMA  
SETTING AND HEATING



BİRLEŞTİRME VE SOĞUTMA  
JOINING AND COOLING

Soket kaynağı yapmak için aşağıdaki adımlar uygulanmalıdır:

1. Boru ucu dik olarak kesilmelidir.
2. Ucu ve fittingin kaynatılacak bölümü iyice temizlenmelidir.
3. Parçalar ısıtılmalıdır.
4. Parçalar birleştirilmelidir.
5. Soğumaya bırakılmalıdır.

#### 1, 2. Boru ucunun dik olarak kesilerek kaynayacak parçaların uç temizliklerinin yapılması

Boru ucu eksene dik olarak kesilmeli, 40 mm ve daha büyük çaptaki boruların ağızlarında pah kırılmalıdır. Ekleneyecek yüzeylerdeki talaş, traşlama artıkları, yağ, pislik vb tamamen temizlenmelidir.

#### 3. Isıtma

Isıtıcı sıcaklığı kontrol edilmelidir (250-270oC). Isıtıcının yüzeyleri, boru ve fittingin kaynatılacak yüzeylerine geçirilmeli ve imalatçının önerileri doğrultusunda ısıtılmalıdır. Genel olarak uygulanan değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Boru dış çapı (mm) Pipe Outside Diameter (mm)	Ön ısıtma süresi (sn) Pre-heating Time (sec)		Ayarlama süresi (sn) Adjusting Time (sec)	Soğutma süresi Cooling Time	
	SDR 17.6	SDR>11		Sabit (sn) Fixed (sec)	Toplam (dk) Overall (min)
20	*	5	4	6	2
25	*	7	4	10	2
32	*	8	6	10	4
40	*	12	6	20	4
50	*	18	6	20	4
63	*	24	8	30	6
75	15	30	8	30	6
90	22	40	8	40	6
110	30	50	10	50	8

\* Düşük et kalınlığından dolayı önerilmez. *Not recommended due to low thickness*

#### 4. Birleştirme

Boru, ütünün erkek tarafına ve fitting ise dişi tarafında durana kadar (veya işaretli kısımlar tamamen girecek şekilde) hızlı bir şekilde itilmelidir.

Yukarıdaki tablodaki değerlere göre ön ısıtma işlemi yapılmalıdır. Ön ısıtma bittikten sonra fitting ve boru ütünden çıkarılmalı ve hızlı bir şekilde dudakları birleşene kadar çevirmeden birbirlerine geçirilmelidir. Kaynak yerinin soğumasını beklenmeli, daha sonra kelepçe çıkarılmalıdır.

Follow these general steps when performing socket fusion:

1. Square and prepare the pipe end
2. Thoroughly clean the end of the pipe and the matching inside surface of the fitting
3. Heat the parts
4. Join the parts
5. Allow to cool

#### 1, 2. Square and Prepare Pipe and clean the pipe and fitting

The pipe ends have to be cut square, and the end be chamfered for sizes 40 mm outer diameter and larger. Scraps, burrs, shavings, oil, and/or dirt have to be removed from the surfaces to be joined.

#### 3. Heating

The heater temperature should be checked (250-270oC). The proper surface temperature should be verified periodically, using a pyrometer or other surface temperature measuring device. The hot clean tool faces should be brought into contact with the outside surface of the end of the pipe and with the inside surface of the socket fitting, in accordance with pipe and fitting manufacturers' instructions.

#### 4. Joining

The fitting and pipe should be pushed in axial direction onto the heating spigot or into the heating socket until the end stop (or marking); and preheated according to table (above) values.

After the pre-heating time, fitting and pipe should be quickly pulled off the heating element and immediately be fitted into each other without twisting them until both welding beads meet.

The joint should be let to cool down, and then clamps be removed.



### 5. Soğutma

Boru soğurken oynamayacak bir şekilde sabit tutulup soğuması beklenir. Önerilen tipik soğuma süreleri yukarıdaki tabloda verilmiştir.

Basınç testi yapılmadan önce tüm kaynak yerleri soğutulmalıdır. Basınç testi geçerli standart kurallarına göre (ör, DVS 2210 Kısım-1, DVGW - W 210) yapılmalıdır.

Maksimum test basıncı 1,5xPN dir. (max. PN+5). Boru hattı hava sıcaklığındaki değişimlere karşı korunmalıdır (UV-radyasyon).

#### 2.5.2- EF (Elektrofüzyon) Kaynak

### 5. Cooling

Hold or block the pipe in place so that the pipe cannot come out of the joint while the mating surfaces are cooling. These cooling times are listed in the table above. Before performing the pressure test, all welding joints have to be completely cooled down. The pressure test has to be performed according to the relevant standard regulations (e.g. DVS 2210 Part 1, DVGW working sheet W210).

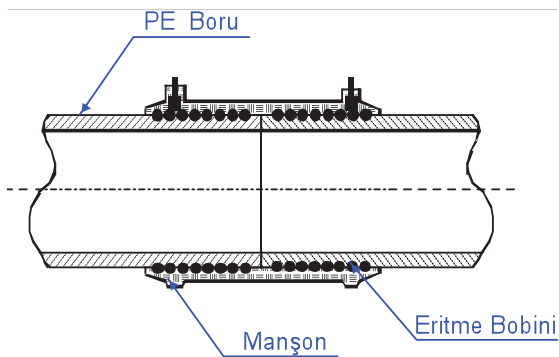
The maximum test pressure is 1,5xPN (max. PN+5). The piping system has to be protected against changes in ambient temperature (UV-radiation).

#### 2.5.2- EF (Electrofusion) Welding

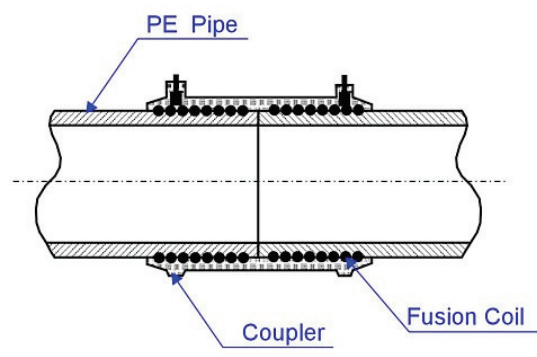


Bu füzyon tekniği, Bölüm 2.5.1 de belirtilen teknikten farklılıklar gösterir. İkisi arasındaki temel fark, ısının uygulanma metodundadır. Konvansiyonel füzyonda, boru ve fitting yüzeylerini ısıtmak için bir ısıtıcı ekipman kullanılmaktadır. Elektrofüzyon (EF) tekniğinde ise, fittingin içine yerleştirilmiş bir dirence elektrik verilerek ısınması ve malzemeyi eriterek birbirlerine kaynatması sağlanmaktadır. Alttaki resim tipik bir EF bağlantısını göstermektedir. PE boruları birbirine kaynatmak için EF manşonlar kullanılmalıdır.

This technique of heat fusion joining is different from the conventional fusion joining (socket welding) described in 2.5.1. The main difference between conventional heat fusion and electrofusion is the method by which the heat is applied. In conventional heat fusion joining, a heating tool is used to heat the pipe and fitting surfaces. The electrofusion joint is heated internally, by a conductor at the interface of the joint. Heat is created as an electric current is applied to the conductive material in the fitting. Figure below illustrates a typical electrofusion joint. PE pipe to pipe connections made using the electrofusion process require the use of electrofusion couplings.



Tipik bir EF kaynak bağlantısı



Typical EF pipe joint

**Bağlantı Şekillerinin Uygunluk Karşılaştırması**

	Bağlantı Çeşidi		Boyutlar [mm]	
	20/63	75/90	110/225	250/1000
Elektrofüzyon Kaynak	X	X	X	X
Alın Kaynağı			X	X
Soket Kaynak	X*	X*		
Flanşlı Bağlantı	X*	X*	X*	X*

\* : Gaz taşıyan hatlar için önerilmez.

**Application Suitabilities For Various Jointings**

	Joint Type		Dimensions [mm]	
	20/63	75/90	110/225	250/1000
Electrofusion-welding	X	X	X	X
Butt welding			X	X
Socket welding	X*	X*		
Flanged connections	X*	X*	X*	X*

\* : Not recommended for gas systems

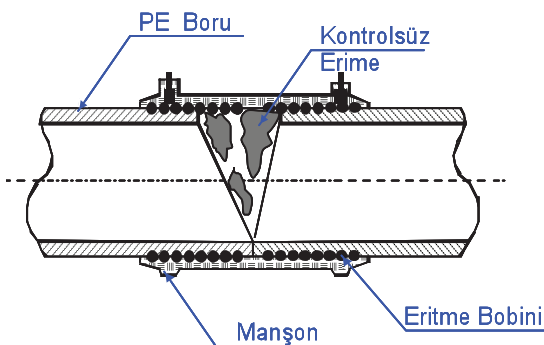
EF bağlantı yapılırken izlenmesi gereken aşamalar:

1. Borunun kazınıp temizlenerek hazırlanması
2. Borunun işaretlenmesi
3. Boru ve fittingin birbirine geçirilip ayarlanarak sabitlenmesi
4. Elektrik uygulanması
5. Soğutulma ve sabitlemelerin sökülmesi
6. İşlemin dökümanlanması

**2.5.2.1 Manşon Kaynağı**
**Boru Hazırlığı (Temizlik ve sıyırma)**

Boru uçları eksene dik olarak kesilmelidir. Kaynatılacak alanlar her türlü kir ve yağdan arınmış olmalıdır. Temizlik için trikloroetan veya %90 isopropil alkol kullanılabilir. Borunun manşona girecek olan ucu da çepeçevre traşlanarak temiz malzeme açığa çıkartılmalı, sonra üstünde kalan talaş vb temizlenerek kaynağa hazır hale getirilmelidir. Traşlama için özel yapım el aletleri kullanılmalıdır.

Borunun düzgün bir şekilde kesilmemesi, fittingdeki metal sargıların belli bölgelerde boruya temas etmemesine neden olur. Bu ise aşırı ısınmaya ve erimiş malzemenin kontrolsüz bir şekilde akmasına yol açabilir. (aşağıdaki şekilde gösterilmiştir)



Düğüen kesilmeyen boru uçlarının kaynağa olumsuz etkisi

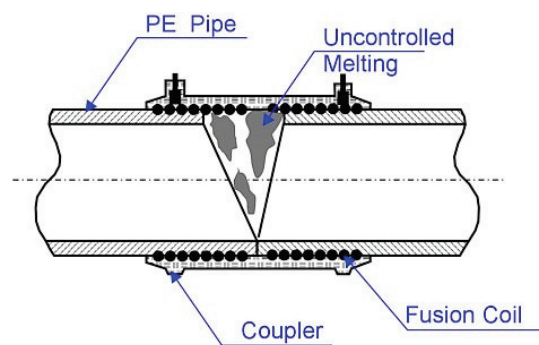
General steps to be followed when performing electrofusion joining are:

1. Prepare the pipe (scrape, clean)
2. Mark the pipe
3. Align and restrain pipe and fitting per manufacturer's recommendations
4. Apply the electric current
5. Cool and remove the clamps
6. Document the fusion process

**2.5.2.1 Welding Couplers**
**Prepare the Pipe (Clean and Scrape)**

The pipe ends are cut square when joining using electrofusion couplings. The fusion area must be clean from dirt or contaminants. This may require the use of trichloroethane or 90% isopropyl alcohol. Next, the pipe surface in the fusion must be scraped, that is material must be removed to expose clean material. This may be achieved by various special purpose tools available from the fitting manufacturer.

If the pipe is not cut at right angles, this results in contact between heating coils and the pipe, which causes uncontrolled flow of molten due to overheating. (illustrated in Figure below)



Unwanted result of welding improperly cut pipe ends

### Borunun İşaretlenmesi

Kaynak alanı, borunun fitting içine gireceği derinlik olarak tanımlanabilir (fittingin ucundan orta noktasına kadar olan mesafe). Kaynak alanı petrol türevi olmayan bir kalem ile boru üzerinde işaretlenir.

Orta kısmında stoper bulunan TEGA Manşonlarının kaynak alanını boru üzerinde işaretlemek oldukça kolaydır.

### Boru ve Fitingin Üreticinin Önerilerine Göre Ayarlanıp Tespit Edilmesi

Boruyu fittingin içine sokarken fittingin kontak terminallerinin üstte kalmasına dikkat edilmelidir. Boru fitting içerisine yerleştirildikten sonra rahatlıkla döndürülebilmelidir. Borular eğilme gerilimine maruz kalmamalı ve fitting içerisinde kendi ağırlıklarını rahatlıkla taşıyabilmelidir. Borunun serbest uçlarına destek konulabilir.

Boru, fittingin içine geçirildikten sonra eksenel doğruluk ayarı kontrol edilerek sabitlenir. Büyük çaplı boruların kaynak öncesinde ovalliğinin giderilmesi gerekebilir. İzin verilen ovallik dış çapın %1.5 i kadardır. Ovallik giderilmesi için boru kelepçesi kullanılabilir.

### Elektrik Akımı Verilerek Kaynağın Yapılması

Montaj talimatları adım adım izlenmiş ve herhangi bir problem yok ise kaynak işlemi universal bir EF kaynak makinesi kullanılarak yapılabilir. Bunun için, kaynak bilgilerinin manuel olarak veya bir barkod okuyucu yardımıyla kaynak makinesine girilmesi gerekmektedir. Şayet veri girmede bir problem olursa, enerji verme ve soğutma süreleri gerekli tablolardan bakılarak el ile uygulanabilir.

Elektrofüzyon manşonların üzerinde kaynak indikatörleri (meme) bulunmaktadır. Kaynak işlemi başladıktan sonra dışarı çıkan bu memeler kaynak işleminin tamamlandığını gösterir.

Kaynak işlemi esnasında herhangi bir hata oluşur ise eriyen PE malzeme etrafa sıçrayabilir. Bu nedenle güvenlik açısından, kaynak işlemi esnasında en az 1 m uzakta durmaya dikkat edilmelidir.

Kaynak işlemi herhangi bir nedenle (enerji kesintisi, vb.) kesintiye uğrar ise kaynaklı parçanın soğuması için yeteri kadar beklendikten sonra kaynak işlemine devam edilebilir. TEGA Fitinglerinin soğuma süreleri barkod etiketleri üzerinde verilmiştir.

### Soğutma ve Kelepçelerin Sökülmesi

Yapılan kaynak, öngörülen süre kadar beklenip soğuması sağlanmalıdır. Şayet kelepçe ile bağlanmışsa, tam soğumadan kelepçenin sökülmesi ve ek yerinin oynaması kaynağın performansını olumsuz olarak etkiler.

### Kaynağın Dökümanlanması

Kaynak makinesi, kaynatma için gerilim uygulamanın yanısıra, zaman, sıcaklık, basınç gibi parametreleri de kontrol etmektedir. Yapılan her kaynak makinenin hafızasında depolanır, gerektiği hallerde bilgisayara aktarılabilir.

### Mark the Pipe

*The pipe is marked for stab depth of couplings or the proper fusion location of saddles. Caution should be taken to assure that a non-petroleum marker is used. TEGA couplers have their own stoppers at the center so that the insertion depth can be determined easily.*

### Align and Restrain Pipe or Fitting According to the Manufacturer's Recommendations

*The fitting is aligned and restrained to pipe according to the manufacturer's recommendations. The pipe(s) and fitting are placed in the clamping fixture to prevent movement of the pipe(s) or fitting. Special attention has to be paid for proper positioning of the fitting on the prepared pipe surfaces. Large pipe diameters may need re-rounding prior to the electrofusion process. The allowable ovality is 1.5% of outer diameter.*

### Welding by Applying Electric Current

*The contact terminals of the coupler must be easily accessible. The electrofusion control box is connected to the fitting and to the power source. Electric current is applied to the fitting as specified in the manufacturer's instructions. Read the barcode which is supplied with the electrofusion fitting. If the control does not do so automatically, turn off the current when the proper time has elapsed to heat the joint properly.*

*During Fusion operation, fusion indicators which show the completion of process must be observed. There may be less or more melt in the indicators. This is because of the gap formed between the coupler and pipe end or spigot end. As a safety precaution, it is advised that people stay at least 1 m away from the fusion area.*

*If the fusion process is interrupted for any reason (e.g. due to power failure) the fusion process can be repeated after the joint cooled adequately. The cooling times can be found on TEGA Couplers' barcode labels.*

### Cool Joint and Remove Clamps

*Allow the joint to cool for the recommended time. If using clamps, premature removal from the clamps and any strain on a joint that has not fully cooled can be detrimental to joint performance.*

### Documenting fusion

*The Electrofusion control box that applies current to the fitting also controls and monitors the critical parameters of fusion, (time, temperature, & pressure). The control box is a micro-processor capable of storing the specific fusion data for each joint. This information can be downloaded to a computer for documentation and inspection of the days work.*

### 2.5.2.2 Welding Tapping Fittings (Branch TEE)

#### Prepare the Pipe

*Different from the couplers, in Tapping Fittings, Fusion*

### 2.5.2.2 TE- Servis Te Kaynatılması Borunun hazırlanması

Maşonlardan farklı olarak, Te-branşmanlardaki füzyon alanı, Te'nin üst kısmında tel sargının bulunduğu bölgedir. Traşlamaya başlamadan önce, füzyon bölgesi işaretlenmelidir (alttaki resim).

*Zone is the area where the resistance wire exists and which is located to the upper side of the fitting. Before scraping, fusion zone must be marked with a marker on the pipe. (Fig below)*



Füzyon bölgesi işaretlenmesi/ Marking of the fusion zone

### Borunun Traşlanması

Oksitli tabakanın özel işlem bıçağı ile traşlanması gereklidir (alttaki resim). Oksitli tabaka parçalarının tam temizlenememesi halinde, kaynak yerinden sızıntılar olabilir. Hazırlanan yüzey hemen kaynak yapılacak olsa bile, kötü hava şartlarına ve tekrar kirlenmeye karşı korunmalıdır. Kaynak işlemine başlamadan önce, fittingin iç, borunun dış yüzeyi trikloroetan veya alkol kullanılarak temizlenmelidir. (Alkol içeriği hacimce % 96'dan az olmamalıdır). Temizleme maddesi beyaz ve emici özelliğe sahip bir kağıt veya parçacık bırakmayan bir bez üzerine dökülerek kullanılmalıdır.

### Scrape the Pipe

*In order to remove the oxide layer, scrape carefully the whole circumference of the fusion zone using a hand scraper (Fig. below). This scraping operation must be carried out just before jointing. The prepared surface must be protected against unfavorable weather. The prepared pipe and internal face of fitting must be degreased with trichloroethane or alcohol (alcohol content must be at least 96% by volume), with a white absorbent and nonfibrous paper.*



Oksitli tabakanın traşlanması/ Scraping the oxide layer

**Boru ve fittingin ayarlanması ve kaynak öncesi sıkılması**  
Boru üzerinde doğru konumlama yapıldıktan sonra, Te-branşman parçası civataları anahtarla sıkılarak boru üzerinde sıkılır (alttaki resim)

### Align and Restrain Pipe or Fitting According to the Manufacturer's Recommendations

*After correct positioning is done on the prepared pipe, fitting is closed and fully tightened with both two bolts uniformly by using a suitable wrench (Fig. below).*



Te-branşmanın kaynak öncesi boru üstünde sıkılması/  
Tightening of Tee-branch on the pipe

#### Elektrik Akımı Verilerek Kaynağın Yapılması

Montaj talimatları adım adım izlenmiş ve herhangi bir problem yok ise kaynak işlemi universal bir EF kaynak makinesi kullanılarak yapılabilir. Bunun için, kaynak bilgilerinin manuel olarak veya bir barkod okuyucu yardımıyla kaynak makinesine girilmesi gerekmektedir. Şayet veri girmede bir problem olursa, enerji verme ve soğutma süreleri gerekli tablolardan bakılarak el ile uygulanabilir.

Kaynak işlemi esnasında herhangi bir hata oluşur ise eriyen PE malzeme etrafa sıçrayabilir. Bu nedenle güvenlik açısından, kaynak işlemi esnasında en az 1 m uzakta durmaya dikkat edilmelidir.

Kaynak işlemi herhangi bir nedente (enerji kesintisi, vb.) kesintiye uğrar ise kaynaklı parçanın soğuması için yeteri kadar beklendikten sonra kaynak işlemine devam edilebilir. TEGA Fitinglerinin soğuma süreleri barkod etiketleri üzerinde verilmiştir.

#### Soğutma ve Kelepçelerin Sökülmesi

Yapılan kaynak, öngörülen süre kadar beklenip soğuması sağlanmalıdır. Tam soğumadan kelepçenin sökülmesi ve ek yerinin oynaması kaynağın performansını olumsuz olarak etkiler.

#### Kaynağın Dökümanlanması

Kaynak makinesi, kaynatma için gerilim uygulamanın yanı sıra, zaman, sıcaklık, basınç gibi parametreleri de kontrol etmektedir. Yapılan her kaynak makinesinin hafızasında depolanır, gerektiği hallerde bilgisayara aktarılabilir.

#### Branşmanın Delinmesi

Kaynak işlemi tamamlandıktan ve soğuma süresi beklendikten sonra branşman kapağı çıkartılır ve dikkatli bir şekilde kirlenmeyecek bir yere koyulur. Daha sonra alyan anahtarı yardımıyla branşman içindeki delici çevrilerek delik delinir. Delme işlemi tamamlandıktan sonra delici yukarı çekilerek ilk pozisyonuna getirilir, sonra da kapağı sıkıca kapatılır (alttaki resim)

#### Welding by Applying Electric Current

The contact terminals of the coupler must be easily accessible. The electrofusion control box is connected to the fitting and to the power source. Electric current is applied to the fitting as specified in the manufacturer's instructions. Read the barcode which is supplied with the electrofusion fitting. If the control does not do so automatically, turn off the current when the proper time has elapsed to heat the joint properly.

As a safety precaution, it is advised that people stay at least 1 m away from the fusion area.

If the fusion process is interrupted for any reason (e.g. due to power failure) the fusion process can be repeated after the joint cooled adequately. The cooling times can be found on TEGA fittings' barcode labels.

#### Cool Joint and Remove Clamps

Allow the joint to cool for the recommended time.

#### Documenting fusion

The Electrofusion control box that applies current to the fitting also controls and monitors the critical parameters of fusion, (time, temperature, & pressure). The control box is a micro-processor capable of storing the specific fusion data for each joint. This information can be downloaded to a computer for documentation and inspection of the days work.

#### Carrying out the tapping operation:

The cap on the tapping fitting is first unscrewed and put somewhere it cannot become soiled. After that, by means of a suitable hexagon wrench, the integral cutter is screwed down. After drilling is finished, the cutter is removed and the Tee is re-capped.(Fig. below).



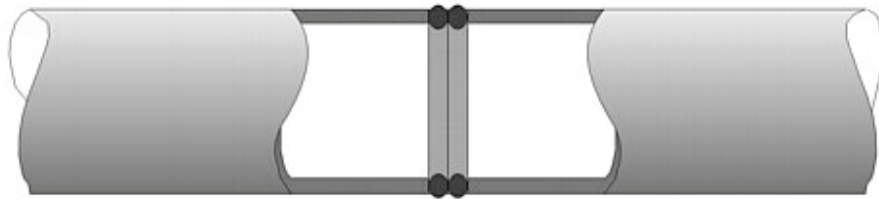
Branşmanın delinmesi/  
Tapping process

### 2.5.3- Alın Kaynak

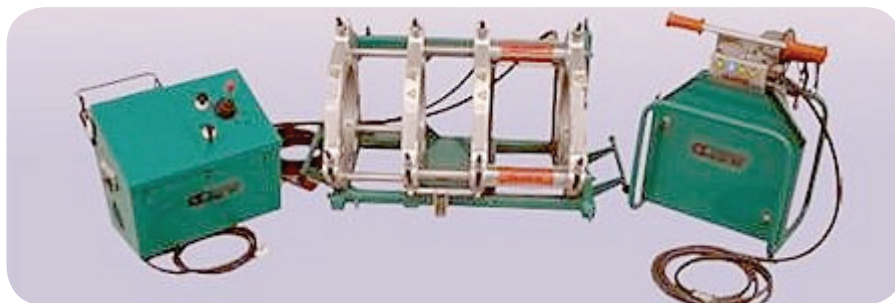
PE boruları peşpeşe bağlamak için kullanılan, boruların birbirine eklenecek alın kesitleri eritilerek birleştirme şeklinde uygulanan en yaygın yöntemdir (alttaki şekil)

### 2.5.3- Butt Welding

The most widely used method for joining individual lengths of PE pipe and pipe to PE fittings is by heat fusion of the pipe butt ends as in the figure below.



Tipik bir alın kaynak kesitii/ Typical butt-welding sectional view



Alın Kaynak Makinası/ Butt-welding Machine

Bu yöntem, sabit, ekonomik ve akışa engel olmayan bir bağlantı oluşturur. Alın kaynak makinası şu özellikleri sağlayabilmelidir:

- Boru uçlarını ayarlama
- Boruları sabitleme
- Alın kesitlerini birbirine paralel ve eksene dik olarak konumlandırabilme
- Boru uçlarını ısıtma
- Gerekli füzyon baskı kuvvetini uygulayabilme

This technique produces a permanent, economical and flow-efficient connection. The butt fusion machine should be capable of:

- Aligning the pipe ends
- Clamping the pipes
- Facing the pipe ends parallel and square to the centerline
- Heating the pipe ends
- Applying the proper fusion force

Alın kaynağı yaparken uygulanacak 6 aşama vardır:

1. Boru uçlarının temizlenmesi ve ayarlanması
2. Boru uçlarının birbirine paralel ve eksene dik olarak

The six steps involved in making a butt fused joint are:  
1. Cleaning, clamping and aligning the pipe ends to be joined

konumlandırılması

3. Boru uçlarının ayarlanması
4. Boru uçlarının eritilmesi
5. Uygun baskı kuvveti altında boru uçlarındaki erimmiş malzemenin birbirine yedirilerek kaynağın oluşturulması
6. Soğuyana kadar basınç altında tutulması.

Bazı boru sistemlerinde, kaynakta oluşan iç ve/veya dış dudakların yok edilmesi istenebilir. Dış dudaklar çevresel traşlayıcılar kullanılarak yok edilebilir, ancak bu yapılırken çentik oluşturmamaya dikkat edilmelidir. Elektrikli makinalar da kullanılabilir, ama boru dış çapından daha içeri girmemeye çok dikkat edilmelidir. İç dudakları traşlamak gereksiz bir işlemdir, çünkü akışa olumsuz bir etkileri olmayıp gereksizce fazla işlem zamanı harcanır.

2. Facing the pipe ends to establish clean, parallel surfaces, perpendicular to the center line
3. Aligning the pipe ends
4. Melting the pipe interfaces
5. Joining the two pipe ends together by applying the proper fusion force
6. Holding under pressure until the joint cools down.

*In some pipe systems, it may be requested to remove the inner or outer bead of the joint. External beads are removed with run-around planing tools, which are forced into the bead, then drawn around the pipe. Power planers may also be used, but care must be taken not to cut into the pipe's outside surface.*

*It is practically unnecessary to remove internal beads, as they have little or almost no effect on flow, and removal is time-consuming. Internal beads may be removed from pipes after each fusion with a cutter fitted to a long stem. Since the fused joint must be completely cooled before bead removal, assembly time is slightly increased.*

#### Kaynatma Parametreleri *Welding Parameters*

Et Kalınlığı <i>Wall Thickness</i> mm	Dudak Yüksekliği <i>Bead Height</i> mm	Ön Isıtma Süresi <i>Preheating Time</i> sn	Ayar Süresi <i>Adjusting Time</i> sn	Birleştirme Basıncı <i>Join Pressure</i> sn	Soğutma Süresi <i>Cooling Time</i> dak
	P= 0.15 N/mm <sup>2</sup>	P= 0.20 N/mm <sup>2</sup>		P= 0.15 N/mm <sup>2</sup>	
2 - 4.5	0.5	45	5	5	6
4.5 - 7	1	45 - 70	5 - 6	5 - 6	6 - 10
12	1.5	70 - 120	6 - 8	6 - 8	10 - 16
19 - 26	2	120 - 190	8 - 10	8 - 11	16 - 24
26 - 37	2.5	190 - 260	10 - 12	11 - 14	24 - 32
37 - 50	3	260 - 370	12 - 16	14 - 19	32 - 45
50 - 70	4	500 - 700	20 - 25	25 - 35	60 - 80

#### 2.5.3.1- Alın Kaynağı Yapım Aşamaları:

**Kaynak Yerinin Hazırlanması**

Kaynak alet ve makinaları hazırlanmalı, çalışmaları kontrol edilmelidir. İş arazide ise kaynak çadırı veya benzeri bir koruma hazırlanmalıdır.

**Kaynatılacak Kısımların Hazırlanması**

Kaynatılacak uçlar birbirine paralel ve eksene dik olarak konumlandırılıp tespit edilmelidir.

Kaynak bölgesindeki uçların dış ve iç yüzeyleri PE-temizleyici ile temizlenmeli, kaynak yapılacak her iki parçanın uçları kazınmalıdır. Kaynak alanındaki talaş parçaları fırça, kağıt, vb ile temizlenmelidir.

Hava akımından dolayı borunun iç kısmında sıcaklığın düşmesini önlemek için, borunun diğer ucunu kapatmak gereklidir. Her bir kaynak işleminden önce kaynak sıcaklığı kontrol edilmelidir (kaynak işlemine, ütü uygun sıcaklığa geldikten 5 dakika sonra başlanmalıdır).

Gerekli kaynak parametreleri belirlenip ayarlanmalıdır.

Kaynak yapılacak parçaların hareket ettirme basıncı (Pw) ölçülmeli ve bu değer, eşitleme ve birleşme basıncına eklenmelidir. Pw basıncı parçaların yavaşça hareket ettirilmesi sırasında ölçülür fakat hizalama (alignment) basıncını geçmemelidir.

#### 2.5.3.1- Steps in making a butt-weld:

**Preparation of welding place**

Assemble welding equipment (prepare tools and machinery), control welding devices. Install welding tent or similar.

**Preparation of welding seam**

Pipes or fittings should be clamped and adjusted - the surfaces to be welded should be square to each other. Parts to be welded should be secured by taking appropriate measures (e.g, adjustable dollies).

Both ends of the pipes to be welded should be machined (planing) and shavings from the welding area be removed (with brush, paper, etc.).

Outside and inside surfaces (near welding seams) of the parts to be welded should be cleaned with PE-cleaner (or similar). In order to avoid cooling down of the pipe inside temperature by strong currents of air, it is necessary to seal the pipe end being opposite to the pipe end being welded. Welding temperature should be controlled before each welding process (welding process be started 5 min. after the heating element has reached proper temperature at the earliest).

Kirlenme veya oluşabilecek hasarları önlemek için ütü her bir kaynak işleminden önce ve sonra koruyucu bir alet içerisinde tutmak gereklidir. Kaynak işlemine başlamadan önce, ütü temiz, parça bırakmayan bir kağıt ile temizlenmelidir.

### 2.5.3.2- Kaynak İşleminin Yapılması

Ütü yerleştirildikten sonra gerekli olan hizalama basıncını elde edilmelidir. Birleşecek yüzler ütü üzerinde tam olarak aynı hizaya gelene kadar hizalama basıncını vermeye devam edilmeli, bu arada kaynak yapılacak her iki parçanın tüm çevresini kaplayan dudak oluşturulmalıdır (bkz. Kaynatma Parametreleri Tablosu). Ayar basıncı  $p = 0,01 \text{ N/mm}^2$  değerine düşürülerek Kaynatma Parametreleri Tablosundaki ön-ısıtma süresi beklenmelidir. Ütü kaldırılarak kaynak yapılacak yüzeyler (ayar süresi olabildiğince kısa olarak) birleştirilmelidir.

Birleşme işlemi boyunca istenen değere ulaşana kadar ayar basıncını sürekli artırılarak, oluşan dudaklar soğuyana kadar ayar basıncı sabit tutulmalıdır. Soğutucu maddeler kullanarak ani soğutma yapılmamalıdır. Gerekli soğuma süresi beklendikten sonra kelepçeler çıkarılmalıdır.

### 2.5.4- Mekanik (dişli, flanşlı) bağlantılar

Mekanik bağlantılar, PE parçaları birbirlerine veya diğer malzemelerden olan parçalara bağlamak için kullanılırlar.

#### 2.5.4.1 – Dişli Bağlantılar

Mekanik veya flanşlı bağlantılarda kullanılmak üzere, ucuna metalden diş açılmış, erkek veya dişi adaptör parça PE boruya kaynatılır; adaptörün dişli ucu da karşı parçaya bağlanır.

Aşağıdaki resimlerde dişi ve erkek adaptörler görülmektedir.

Determine and adjust the required welding parameters. The workpiece movement pressure  $P_w$  should be measured at the welding area and added to the equalizing pressure and the joining pressure. The workpiece movement pressure is measured during slow displacement of the parts to be welded. It must, however, not exceed the alignment pressure.

To prevent contamination or damage, it is necessary to keep the heating element in a protective device before and after each welding process. Before starting each welding process, heating element should be cleaned with clean, fluffless paper.

#### 2.5.3.2- Performing the welding process

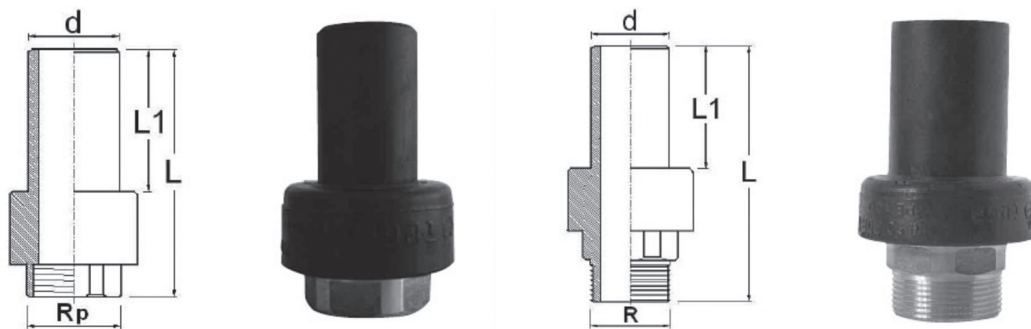
Insert heating element between the ends and apply required alignment pressure. The alignment pressure is maintained until the joining faces completely align onto the heating element. By this moment, a bead must be created (see Welding Parameters table above) surrounding the whole circumference of both parts to be welded. Adjusting pressure should be reduced to  $p = 0,01 \text{ N/mm}^2$  for the preheating time according to Welding Parameters table above. The heating element should then be removed and the surfaces to be welded be joined; taking care that adjusting time is as short as possible. Adjusting pressure should be increased during the joining process until the required value is reached. Adjusting pressure should be maintained until the welding seam has cooled down (sudden cooling with the help of cooling agents is not permitted). Then clamps should be removed after the required cooling time.

#### 2.5.4- Threaded and Flanged Connections

Mechanical connections are used to connect PE components to themselves or to other pipe materials or components.

##### 2.5.4.1 – Threaded Connections

For mechanical joint and flanged connections, a male or female threaded adapter is welded to PE pipe; then the adapter is connected to the mating component. Figure below shows female and male threaded adapters. Other mechanical connectors connect directly to plain-end PE pipe. Compression couplings work on the general principle of compressing an elastomeric gasket around each pipe end to be joined, to form a seal.



Dişi ve erkek adaptör resimleri/ Pictures for female and male threaded adapters



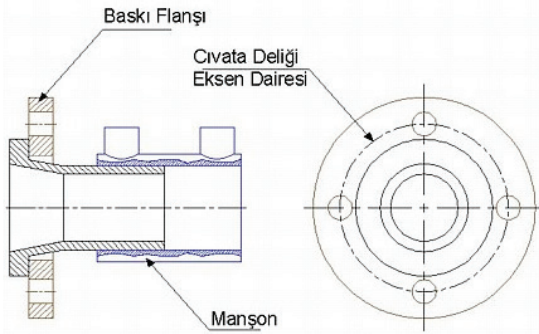
Diğer mekanik bağlantılar doğruca PE borunun üstünden bağlanırlar. Boru üstünden sıkma rakorlu bağlantılar, elastomerik bir contayı kendi gövde içi ve boru dışı arasında sıkıştırarak sızdırmazlığı sağlama prensibi ile çalışırlar. Bu tür bağlantılar, çekerek yerinden kurtulma riskine karşı boru içine konulan metal bir takviye bileziğine gerek duyarlar.

#### 2.5.4.2 – Flanşlı Bağlantılar

Flanşlı bağlantılar, boruya kaynatılmış bir adaptör kullanırlar. PE malzemeden olan esas flanş, arka taraftan mutlaka bir baskı flanşı ile beslenmelidir. Aksi takdirde, PE flanş cıvataların arasından sızdırma yapacaktır. PE flanşın her tarafından eşit kuvvet uygulanmalıdır.

Baskı flanşları demir, çelik, astarlanmış çelik, plastik kaplanmış çelik veya paslanmaz çelikten olabilir. Yeraltı uygulamalarında, kaplama ve katodik koruma gerekebilir.

Flanş cıvataları cıvata deliğinden kabaca 3 mm daha düşük çaptadır. Somun ve baskı flanşı arasında mutlaka yassı pul kullanılmalıdır. Flanş cıvataları, cıvata dişleri somundan en az 2-3 diş dışarıda kalacak uzunlukta olmalıdır.



Tipik flanş bağlantı detayı

#### Flanş Montajı

Sıkıştırmadan önce, karşılıklı flanşlar tam eksen ve yüzeyleri paralel olmalıdır. Ayarsız flanşları sıkıkmak, kaçaklara sebep olabilir.

Montaja başlamadan önce cıvata, somun ve pulların gres yağı ile yağlanması fayda vardır. Conta ve flanş yüzeyleri temiz ve çentiksiz olmalıdır.

Flanşlar önce gevşek olarak birbirine bağlanmalıdır. Sonra el ile sıkılarak denklik ayarı kontrol edilmeli ve gerekirse düzeltilmelidir.

Cıvatalar, 4-lü indeksleme sırasında, öngörülen tork değerinde, somun döndürülerek sıkılmalıdır.

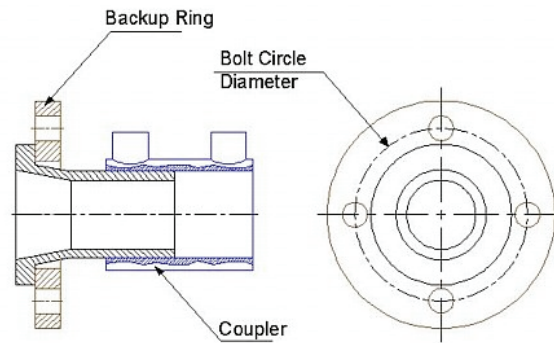
The gasket, when compressed against the outside of the pipe by tightening the bolts, produces a pressure seal. These couplings require a stiffener in the pipe ID for pullout resistance. Examples to such couplings are;

#### Mechanical Compression Couplings for Small Diameter Pipes Mechanical Bolt Type Couplings

##### 2.5.4.2 - Flanged Connections

Flanged joints are made using an adapter that is welded to pipe. A back-up ring is fitted behind the flange adapter sealing surface flange and bolted to the mating flange. An all-PE flange without a back-up ring is not recommended because PE flanges require uniform pressure over the entire sealing surface. Without a back-up ring, a PE flange will leak between the bolts.

Back-up rings are made of ductile iron, steel, primer-coated steel; epoxy coated steel, or stainless steel. In underground service, coatings and cathodic protection may be needed to protect metal back-up rings from corrosion. One edge of the back-up ring bore must be radiused or chamfered. This edge fits against the back of the sealing surface flange. Flange bolts are sized about 3 mm smaller than the bolthole diameter. Flat washers should be used between the nut and the back-up ring. Flange bolts must be long enough to span the entire width of the flange joint, and provide sufficient thread length to fully engage the nut.



Typical flanged connection detail

#### Flange Assembly

Before tightening, mating flanges must be centered to each other and sealing surfaces must be vertically and horizontally parallel. Tightening misaligned flanges can cause leakage or flange failure.

Before fitting, flange bolt threads, washers, and nuts should be lubricated with a lubricant grease. Gasket and flange sealing surfaces must be clean and free of significant cuts or scrapings. The flange components should first be fitted together loosely.

All bolts must be tightened by hand and alignment be rechecked, and readjusted if necessary.

#### 4-lü İndeksleme Sıkma Sırası:

- 1) Üst konumda bir cıvata seçilip sıkılır;
- 2) Bunun 180° karşısındaki cıvata sıkılır;
- 3) İkinci sıkılan cıvatanın 90° saat yönündeki bir sonraki cıvata sıkılır;
- 4) Üçüncü cıvatanın 180° karşısındaki son cıvata da sıkılır.
- 5) İlk başlanılan cıvata dan saat yönüne doğru bir sonraki cıvata sıkılır ve yukarıdaki göreceli sıkma sırası ikinci grup cıvata için de uygulanır.
- 6) Tüm cıvatalar gerekli ilk tork değerinde sıkılana kadar işlem devam eder.
- 7) Sıkma tork değeri son değere çıkarılarak tüm cıvatalar aynı şablon uyarınca sıkılır.
- 8) PE ve conta, sıkışarak bir miktar plastik deformasyona uğrayacağından dolayı bir saat kadar sonra tüm cıvatalar tekrar son tork değerinde sıkılmalıdır. Sıkma işlemi için tork anahtar kullanılmaktadır.

#### 2.5.5 PE Boruların Onarılması

Hasarlı PE boruların onarılma metodu, hasarın derecesine bağlıdır. Küçük hasarlar, hasarlı bölgenin üstüne bir semeri EF yöntemi ile kaynatarak veya kelepçe ile sıkarak onarılabilir. Böyle bir yöntem, boruda gaz veya yanıcı madde varken uygun olmayabilir. Yakın zamanlarda, hasarlı bölgeyi bir kapsül içine alma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu konu için boru üreticilerine başvurulmalıdır.

Daha büyük hasarlar, hasarlı boru parçasının çıkarılarak araya yeni bir parçanın konması şeklinde onarılabilir. Bu işlem genelde basit bir uygulamadır. Borunun hasarlı bölümü sıkma aparatlarıyla izole edilir, hasarlı kısım kesilir ve aynı evsafıta yeni parça EF metodu ile araya konulabilir.

Aşağıda, tipik bir onarım için aşamaları gösteren şekiller ve sonrasında açıklamalar bulunmaktadır:

*Flange bolts are tightened uniformly in a 4-bolt index pattern to the appropriate torque value by turning the nut.*

#### 4-Bolt Index Pattern Tightening Sequence:

- 1) Select and tighten a top bolt;
- 2) tighten the bolt 180° opposite the first bolt;
- 3) tighten the bolt 90° clockwise from the second bolt;
- 4) tighten the bolt 180° opposite the third bolt.
- 5) Index the pattern one bolt clockwise and repeat the 4-bolt pattern.
- 6) Continue tightening in a 4-bolt index pattern until all bolts are tightened to the specified torque level.
- 7) Increase the tightening torque to the next level and repeat the entire 4-bolt index pattern for all flange bolts.
- 8) PE and the gasket will undergo some compression set. Therefore, retightening is recommended about an hour or so, after torquing to the final torque value the first time. A torque wrench is recommended for tightening.

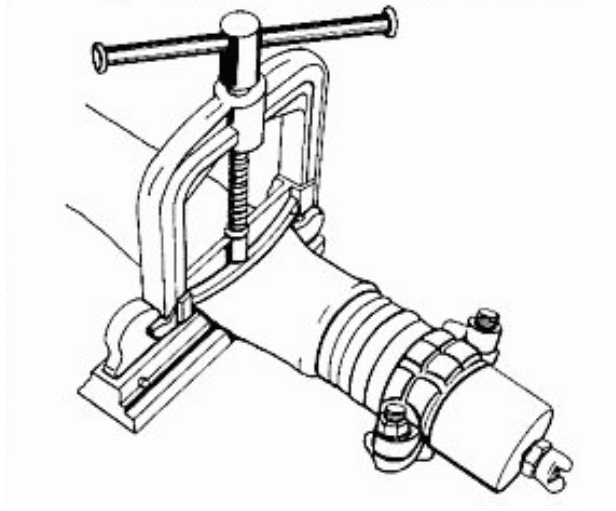
#### 2.5.5 Repairing of PE Pipes

*The method of repairing damaged PE pipe depends upon the degree of damage sustained. Localised damage may be repaired by use of an electrofusion saddle or clamp fixed around the damaged area. Such a repair may not be suitable where gas or other flammable fluid is present in the pipe, due to the heat generated in the fusion process. PE encapsulation techniques have recently been developed and may be suitable for localised repairs. Information on these techniques can be obtained from the pipe manufacturers.*

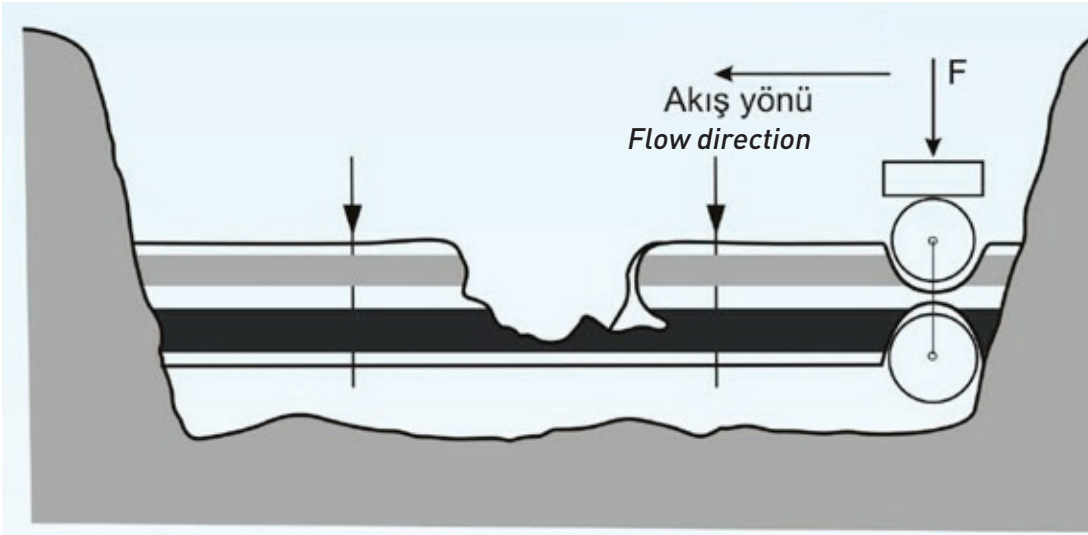
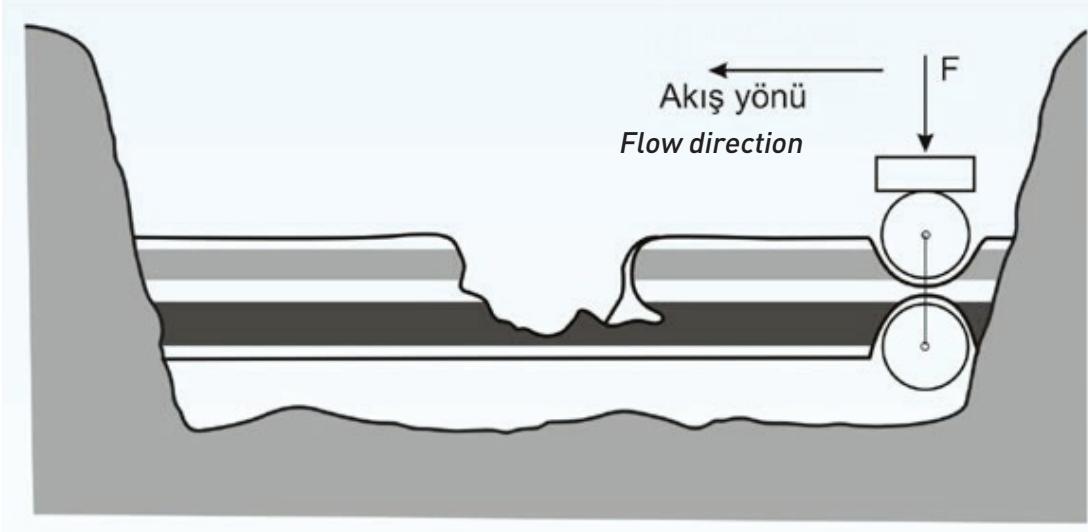
*More extensive damage will require the section of pipe to be cut out and replaced. This is a relatively simple process, firstly isolating the damaged section by the use of squeeze-off tools, cutting out the section and replacing with new pipe using electrofusion couplers to tie-in the sections. It is important that the replacement section is of suitable diameter and pressure rating to maintain the integrity of the pipeline.*

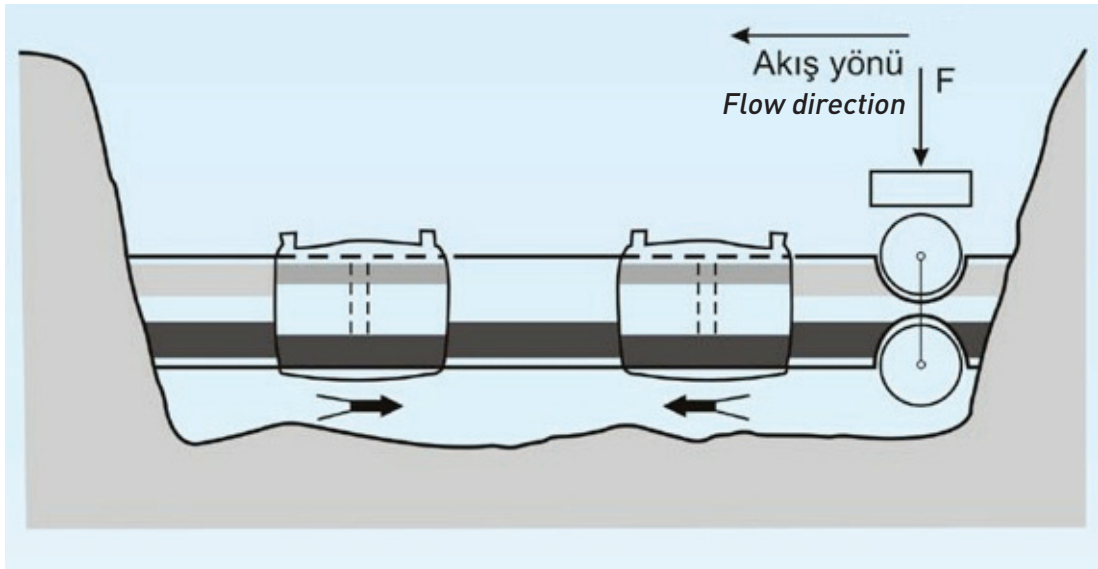
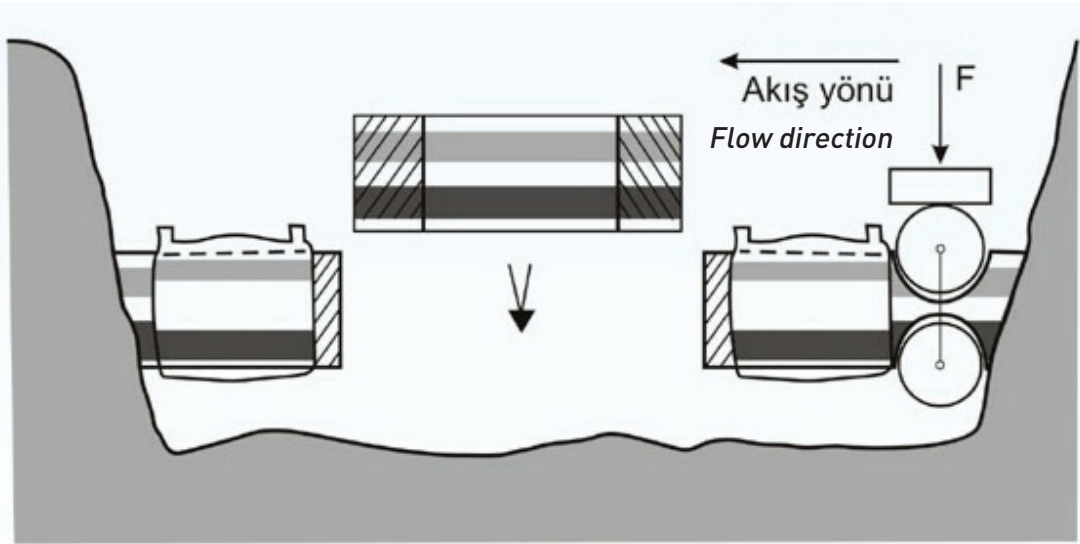
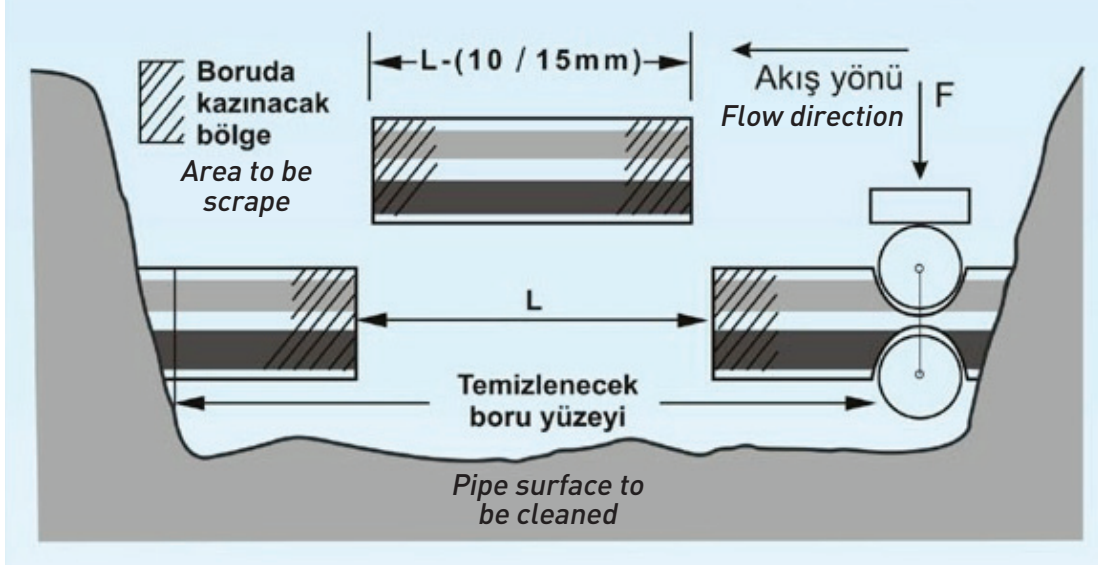
*In all cases reference should be made to local or national codes of practice and all health and safety procedures should be closely followed.*

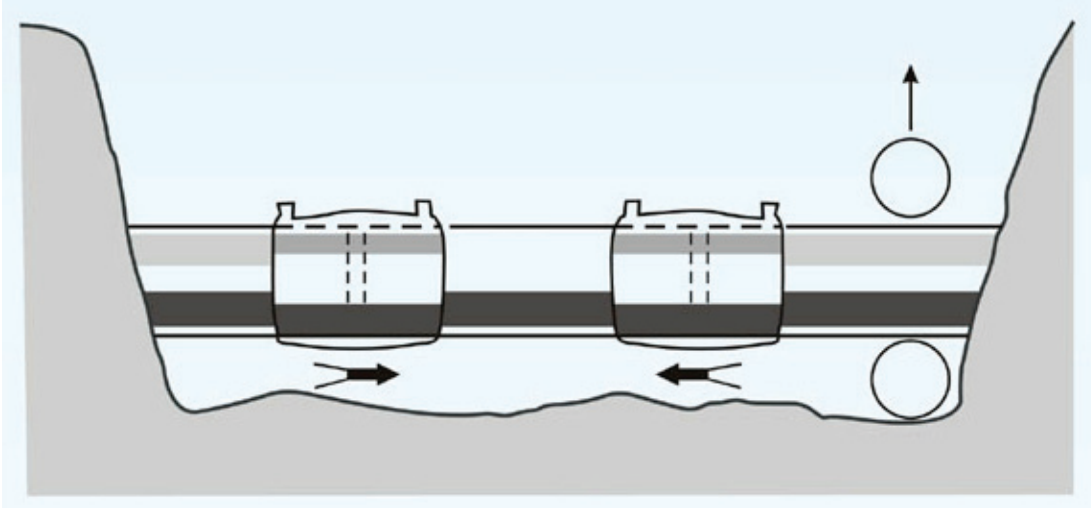
*Below are figures for a typical sequence of repair steps, and explainings follow after:*



PE boruyu sıkarak büzme/ Squeezing PE pipe with a clamping device







1. Hasarlı bölüm öncesinde boru bir sıkıştırma aparatı ile tamamen büzülür. Aparatın hasarlı bölgeden uygun bir mesafede olması lazımdır.
2. Borunun hasarlı bölgesi kesilir. Kesimin boru eksenine tam dik açıda olması lazımdır.
3. Kesilen parçanın yerinde kalan boşluk ölçülür, bundan 10-15 mm daha kısa bir yeni boru parçası hazırlanır..
4. Boru uçları kazınarak oksit tabakası temizlenir.
5. EF manşonun içindeki stoperler kopartılır. Bunun için manşon boru üstüne geçirilip stoperlere dayanır, sonra manşonu diğer tarafından sertçe darbe uygulanarak stoperler kopartılır.
6. Borunun EF manşon içinde kalacak alanı bir kalemle işaretlenir.
7. Kaynayacak bölümlerin temiz ve kuru olması sağlanır.
8. EF manşonlar ana boru uçlarına geçirilerek dışa doğru itilir, araya yeni boru getirilir.
9. Yeni boru yerine hizalandıktan sonra manşonlar içe doğru sürülerek yeni borunun da manşonlar içinde kalması sağlanır.
10. Durum sabitlendikten sonra EF kaynak işlemi uygulanır.
11. Soğuduktan sonra sıkıştırma aparatı sökülür ve boru hattı tekrar hizmete alınır.

## 2.6- Basınç / Kaçak Testleri

### 2.6.1 – Test Öncesi Notlar:

Kaçak testleri yeni yapılmış veya onarımı tamamlanmış bir hatta kaçak olup olmadığını görmek için yapılır. Kaçak testleri, borunun basınç sınıfını veya uzun süreli kullanım performansını onaylamak için bir kriter değildir. Bu özellikleri belirleyen kriterler, sistem tasarımı ve kullanılan malzemelerin basınç sınıflarıdır. Basıncı boru tesisatının kaçak testleri, sistemi sıvı ile (genellikle su) doldurup statik basınç uygulamak şeklindedir. Hava ile testler tavsiye olunmaz.

### Güvenlik

Güvenlik, her işin başı, en önemli unsurdur. Kaçak testleri ek yerlerine yüksek basınç uygulamaktadır.

1. Put a clamping device before the damaged part of the pipe. Clamping device must be suitable distance from damaged point.
2. Cut the damaged part of the piping line. Cutting angle must be square with the pipe axis.
3. Measure the cut length (L) of the damaged pipe and prepare a new pipe with a length 10-15 mm less than the length of the damaged pipe.
4. Scrape the pipe ends.
5. Break the stoppers in the EF coupling part using a piece of pipe. To accomplish this, inserting the pipe in the coupler, then hit the free part of the coupler to the hard face of the pipe.
6. Mark on the pipe the inserting part of EF coupler with a pencil.
7. Pay attention for welding regions (e.g. pipe ends, inside of the coupler) to be clean and dry.
8. Insert EF coupler to the ends of PE pipes and move the couplers on the pipe so that it is possible to place the new pipe between the cut pipe ends.
9. After placing the new pipe in the space, pull the coupler over the new pipe as shown in the figure.
10. After finishing the positioning, EF welding process can be started.
11. After finishing welding process and cooling time elapsed, the clamping device can be removed and water or gas could be supplied to the pipe line.

## 2.6- Pressure / Leak Testing

### 2.6.1 – Pre-Test Considerations

Leak testing may be used to find leaks in a newly constructed or newly modified piping system, or in an established system where an apparent loss of integrity has been experienced. Leak testing does not verify pressure rating or potential long-term performance. The system design and the pressure ratings of the installed components are the determining parameters of system pressure rating and long-term performance.

Leak testing of pressure piping systems is done by filling with a liquid and applying a pressure. Pneumatic [air] testing of pressure piping systems is not recommended.

Testler sırasında oluşacak bir hasar, parçaların aniden sağa-sola savrulması ve çevreye de hasar vermesine yol açabilir.

Ciddi yaralanma ve ölüm riski olduğundan, basınç testleri sırasında güvenli bir uzaklıkta durulmalıdır.

Test edilen kısımlar, tüm test süresince denetim altında olmalıdır.

Tam olarak bağlanmamış bir tesisatta basınç testleri uygulanmamalıdır. Bir yırtılma olması durumunda boruların veya parçaların etrafa savrulmaması açısından sistemin sağlam olarak tespit edilmesi gereklidir. Bir yardeki kaçak o bölgenin ani yırtılmasına yol açabilir. Sistem basınç altında iken hiç bir surette görülen bir kaçak onarılmaya çalışılmamalıdır. Onarımdan önce mutlaka basınç sıfırlanmalıdır.

- \* Test öncesi tüm kaynaklar tam olarak soğumuş olmalıdır.
- \* Tüm mekanik bağlantılar bağlanmış ve talimata göre sıkılmış olmalıdır
- \* Dolgu içinde kalan ek yerleri gözlemlene için açıkta kalmalıdır.
- \* Kullanılan tüm tapa vs kapatma elemanları uygulanacak basınca uygun sınıfta olmalıdır
- \* Sisteme bağlı ama daha düşük basınçta kalan kısımlar varsa, buraların bağlantısı test sırasında kesilmeli, test basıncı uygulanmamalıdır.

#### Test Bölümü

Testler tüm sitemde aynı anda veya bölümler halinde yapılabilir. Test bölümünün uzunluğu, test ekipmanının kapasitesi ile sınırlıdır. Düşük kapasiteli doldurma ve basınçlandırma ekipmanı, testi öngörülen sürede bitiremeyebilir. Böyle bir durumda ya bölümler halinde testler yapılmalı, ya da daha yüksek kapasiteli test ekipmanı kullanılmalıdır.

Test basıncı uygulamadan önce, test bölümü ve test akışkanının ortak bir sıcaklığa gelmeleri beklenmeli, sonra teste başlanmalıdır.

#### Test Basıncı

PE boru ve fittinglerden oluşan basınçlı sistemlerde:

- \* Azami test basıncı, test yapılan bölümün en düşük kotundan ölçülmelidir.
- \* Azami test basıncı, sistemde kullanılan elemanların en düşük basınç sınıfı kadar olabilir.

PE borunun kaçak testleri için; azami test basıncı sistemdeki çalışma basıncının 1.5 katıdır. Ancak, PE boruların basınç dayanımı artan sıcaklık ile azaldığından, test ortamındaki sıcaklığa göre uygulanacak basıncı düşürmek gerekebilir. Böyle bir durumda, uygulanması gereken test basıncı aşağıdaki tablodaki katsayılarla çarpılarak çıkan basınç uygulanmalıdır.

#### Safety

*Safety is of utmost importance. Leak tests can apply high stress to joints and parts in the system. Failure can occur by leaking or by catastrophic rupture that can cause sudden, violent movement. In some cases, leakage may immediately precede catastrophic rupture.*

*Death or serious injury and property damage can result from failure at a joint or connection during pressure leak testing. All persons must be at a safe distance away during testing.*

*The test section is to be supervised throughout the test.*

*Ensure that all piping is restrained against possible movement from catastrophic failure at a joint or connection. When pressurized, faulty joints or connections may separate suddenly; causing violent and dangerous movement of piping or parts. Leakage at a joint or connection may immediately precede catastrophic failure. Never approach or attempt to repair or stop leaks while the test section is pressurized. Always depressurize the test section before making repairs.*

*Before applying pressure, all piping and all components in the test section must be restrained. This means that if piping or parts move or separate during the test, it will not result in damage or injury. Never conduct leak tests on unrestrained piping.*

*\* Heat fusion joints must be properly cooled before testing.*

*\* Mechanical connections must be completely installed and tightened per manufacturer's instructions.*

*\* If backfill provides restraint, it must be properly placed and compacted. Joints and connections may be exposed for inspection.*

*\* End closures must be suitable for pressure service and pressure-rated for the test pressure.*

*\* Ensure that all connections to test equipment are secure. Disconnect or isolate all low pressure filling lines and all other parts that are not to be subjected to test pressure. Restrain, isolate or remove expansion joints before leak testing.*

#### Test Section

*Testing may be conducted on the full system or in sections. Test section length is determined by the capacity of the testing equipment. Lower capacity pressurizing or filling equipment may not be capable of completing the test within permissible time limits. If so, either a higher capacity test equipment should be used or a shorter test section be selected.*

*Before applying test pressure, time should be allowed for the test fluid and the test section to equalize to a common temperature.*

#### Test Pressure

*For pressure piping systems that include polyethylene pipe or fittings:*

*\* The maximum permissible test pressure is measured at the lowest elevation in the test section.*

*\* The maximum permissible test pressure is the lowest pressure rated component in the test section.*

*For leak testing purposes, the maximum allowable test pressure in polyethylene pipe is 150% of the pipe's design pressure rating for the application and the application service temperature.*

*All PE pipes have reduced strength at increased temperatures. Test pressure must be reduced when the test section is at a higher temperature either from service conditions or from environmental conditions such as being warmed by the sun. Multiply the test pressure by the multiplier (Table below), to determine the allowable higher temperature test pressure.*

### Sıcaklıklara Göre Test Basıncı Katsayıları *Higher Temperature Multiplying Factors*

Test Bölümü Sıcaklığı (°C) <i>Test Section Temp. (°C)</i>	≤ 27	≤ 32	≤ 38	≤ 43	≤ 49	≤ 54	≤ 60
Katsayı <i>Factor</i>	1,00	0,90	0,80	0,75	0,65	0,60	0,50

#### Test Süresi

Bir sistemi dizayn basıncının 1.5 katında test ederken, test süresi 8 saat ile sınırlanmıştır. Bu süreye basınçlandırma süresi, genleşme için geçen süre, bekleme süresi ve basınç düşürülme süresi dahildir. Şayet bir kaçak veya başka bir sebeple test tamamlanamazsa, sistemin basıncı sıfırlanmalı, tekrar basınçlandırmak için en az 8 saat beklenmelidir.

Testin yapılma zamanı, tüm test boyunca devamlı denetlenebilecek saatlerde olmalıdır.

#### Test Akışkanı

##### Hidrostatik Test

Test akışkanının çevreye ve test ekipmanına zarar vermeyen, problemsiz olarak atık hattına verilebilecek bir akışkan olması gereklidir. Testler için önerilen akışkan sudur.

##### Pnömatik Test

Hidrostatik teste göre kaçak ve patlaklarda çok daha tehlikeli olduğundan, basınçlı hava ile test yapılmamalıdır.

#### 2.6.2 – Hidrostatik Kaçak Testi Aşamaları

Test aşamaları doldurma, genleşme fazı, test fazı ve boşaltma aşamalarından oluşur.

Test fazı için 2 seçenek vardır.

##### 2.6.2.1- Test Fazı – 1. Seçenek

Test bölümü tamamen doldurulmalı, içeride hiç hava kalmadığından emin olunmalıdır. Aksi takdirde bir patlama ile hayati tehlike bile oluşabilir. Sistemin yüksek noktalarına konulacak pürjörler ile hava dışarı atılmalıdır. Genleşme fazından hemen sonra, test basıncı 0.7 bar kadar düşürülür ve su eklemeye son verilir. Şayet test basıncı 1 saat boyunca hedef basıncın %5 inden daha az sapma gösterirse kaçak olmadığına hükmedilir.

##### 2.6.2.2- Test Fazı – 2. Seçenek

Test bölümü yavaş yavaş basınçlandırılmalı ve 3 saat basınç altında tutulmalıdır. Genleşme fazında, PE boru bir miktar genleşecek ve su eklemek gerekecektir. Genleşme fazında eklenen su miktarını ölçmeye gerek yoktur.

Bu seçenek, test basıncı işletme basıncının 1.5 katı olduğu hallerde geçerlidir. Genleşme fazından hemen sonra, test basıncını sıra ile 1, 2 ve 3 saat boyunca sabit tutmak için gereken takviye su miktarı ölçülür. Şayet eklene su miktarları aşağıdaki tablonun ilgili bölümündeki değerden fazla değilse kaçak olmadığına hükmedilir.

#### Test Duration

When testing at pressures above system design pressure up to 150% of the system design pressure, the maximum test duration is eight (8) hours including time to pressurize, time for initial expansion, time at test pressure, and time to depressurize the test section. If the test is not completed due to leakage, equipment failure, or for any other reason, depressurize the test section completely, and allow it to relax for at least eight (8) hours before re-pressurizing the test section.

When testing at system design pressure or less, test duration including time to pressurize, time for initial expansion, time at test pressure and time to depressurize should be limited to a practical time period given that the test section is not to be left unsupervised at any time during leak testing.

#### Test Fluid

##### Hydrostatic Testing

The test liquid should meet appropriate industry standards for safety and quality so that the environment, system, test equipment and disposal (if necessary) are not adversely affected. The recommended test liquid is water.

##### Pneumatic Testing

Compared to hydrostatic testing, pneumatic testing can be more dangerous because failure during pneumatic testing releases more energy. For safety reasons, pneumatic testing is not recommended.

#### 2.6.2 – Hydrostatic Leak Testing Procedures

This hydrostatic leak test procedure consists of filling, an initial expansion phase, a test phase, and depressurizing. There are two alternatives for the test phase.

##### 2.6.2.1- Test Phase – Alternate 1

Fill the restrained test section completely with test liquid. Ensure that there is no air trapped in the test section. Failure with entrapped air can result in explosive release and result in death or serious bodily injury. Use equipment vents at high points to remove air.

Immediately following the initial expansion phase, reduce test pressure by 0.7 bar, and stop adding test liquid. If test pressure remains steady (within 5% of the target value) for one hour, no leakage is indicated.

##### 2.6.2.2- Test Phase – Alternate 2

Gradually pressurize the test section to test pressure, and maintain test pressure for three hours. During the initial expansion phase, polyethylene pipe will expand slightly. Additional test liquid will be required to maintain pressure. It is not necessary to monitor the amount of water added during the initial expansion phase.

This alternative is applicable when the test pressure is 150% of the system design pressure.

Immediately following the initial expansion phase, monitor the amount of make-up water required to maintain test pressure for one, two or three hours. If the amount of make-up water needed to maintain test pressure does not exceed the amount in Table below, no leakage is indicated.

İzin verilen takviye su miktarları tablosu *Table for permitted amounts of make-up water*

Takviye Edilen Su, Lt/100m boru Make-up Water Allowance, Lt/100m of Pipe				Takviye Edilen Su, Lt/100m boru Make-up Water Allowance, Lt/100m of Pipe			
Boru Dış Çapı (mm) Pipe O.D. (mm)	1-saat test 1-hr test	2- saat test 2-hr test	3- saat test 3-hr test	Boru Dış Çapı (mm) Pipe O.D. (mm)	1-saat test 1-hr test	2- saat test 2-hr test	3- saat test 3-hr test
32	0,7	1,2	2,0	315	13,6	28,5	42,2
40	0,9	1,2	2,1	355	17,4	34,7	52,1
50	0,9	1,4	2,4	400	21,1	40,9	62,0
63	1,1	1,7	2,7	450	24,8	53,3	80,6
75	1,2	1,9	3,1	500	34,7	68,2	99,2
90	1,6	3,1	5,0	560	43,4	86,8	130,2
110	2,4	4,7	7,2	630	55,8	110,4	164,9
125	2,6	5,1	7,7	710	68,2	137,7	208,3
140	3,7	7,4	11,2	800	86,8	177,3	266,6
180	5,0	8,7	12,4	900	111,6	223,2	334,8
200	6,2	12,4	18,6	1000	148,8	286,5	437,8
250	10,0	16,1	26,0	1200	186,0	334,8	533,3

### 3- Akış ve Hesaplamalar

#### 3.1- Boru çapını belirleme

##### SDR – Standart Boyut Oranı (Standard Dimension Ratio)

Bir borulama sisteminin tasarımı SDR değeri üzerinden yapılır. Bu değer, dış çapın et kalınlığına olan oranıdır.

$$SDR = D_o / t$$

##### Çalışma Basıncı Hesabı

Emniyet faktörü ve izin verilebilir çalışma basıncını hesaplayabilmek için, malzemenin uzun vadedeki çatlama gerilimini bilmek gerekir. Aşağıda PE için verilen ömür eğrileri, buna ilişkin bir grafikdir. Bu grafik, hedeflenen çalışma basıncı ve sıcaklığında uzun dönem çatlama gerilimini (K) göstermektedir.

### 3- Flow and Calculations

#### 3.1- Determining Pipe Sizes

##### Standard Dimension Ratio

The design of a piping system is based on the SDR value (Standard Dimension Ratio). It is the ratio of the pipes (or fittings) outside diameter to its minimum wall thickness.

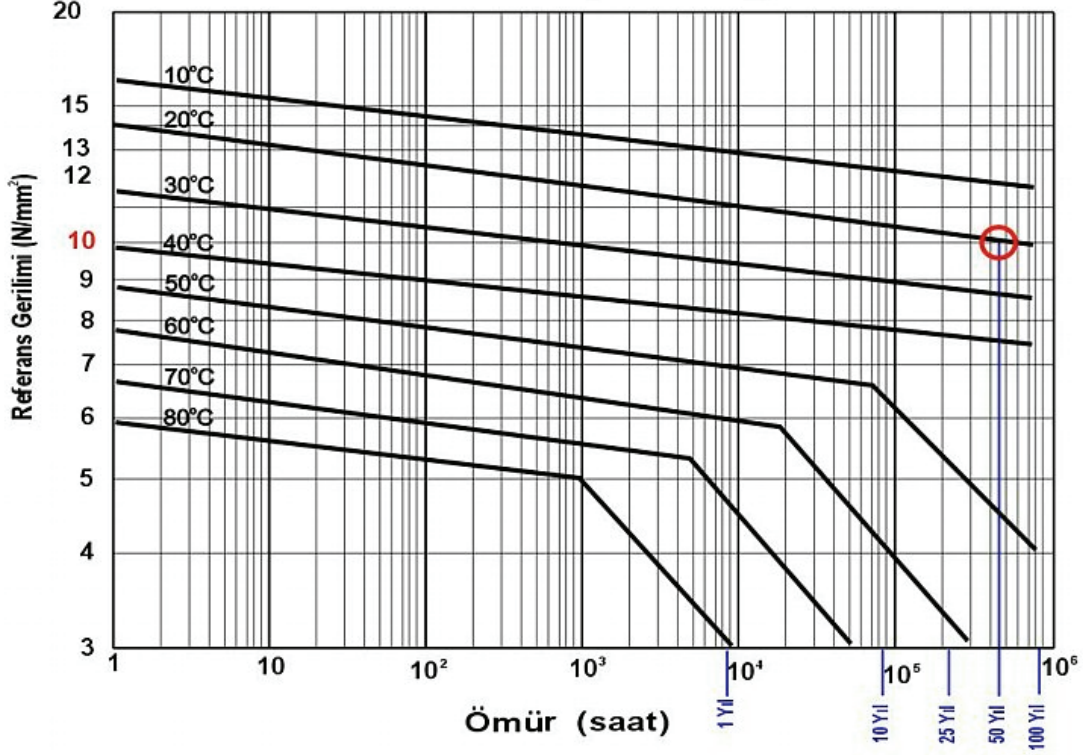
$$SDR = D_o / t$$

##### Working Pressure Calculation

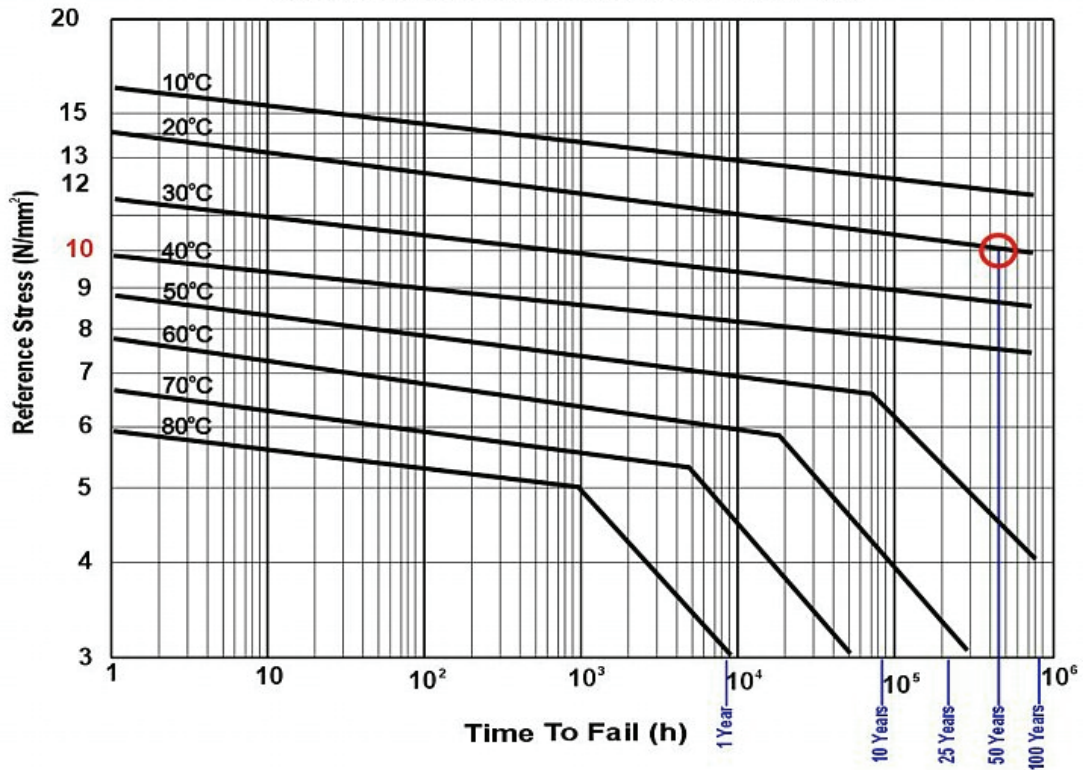
To calculate the safety factor and permissible operating pressure it is necessary to know the long term rupture stress of a material. Creep Curve below, is such diagram for PE. This diagram allows the long term rupture stress K to be read depending on the desired operating life and working temperature.



### PE-100 Borular İçin Ömür Eğrileri



### Internal Pressure Creep Curves for PE-100 Pipes



Efektif emniyet faktörü şu formül ile bulunur:

$$C = 20 \cdot (K \cdot t) / P \cdot (Do - t)$$

Açıklama,

K = uzun dönem çatlama gerilimi (N/mm<sup>2</sup>) (K yukarıdaki grafikten okunacaktır)

t = boru et kalınlığı (mm)

Do = boru dış çapı (mm)

P = çalışma basıncı (bar)

#### PE borular için asgari emniyet faktörü (C):

1.25 (su için)

1.60 (gaz için)

#### PE borunun azami çalışma basıncı şu formülle hesaplanır:

$$P_{max} = (20 \cdot K) / (C \cdot (SDR - 1)) \quad (\text{bar})$$

#### Özet olarak; çalışma hesapları için 2 seçenek vardır:

##### 1- Boru özellikleri bilinirse;

$$P_{max} = (20 \cdot MRS) / (C \cdot (SDR-1)) \quad (\text{bar})$$

##### 2- Çalışma şartları bilinirse;

$$SDR = 1 + ((20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max}))$$

Açıklama; (MRS : Minimum Required Strength – Asgari Gerekli Dayanım),

MRS = 8 Mpa PE80 için

MRS = 10 Mpa PE100 için

Elemanların izin verilebilen çalışma basınçları

Aşağıdaki tabloda (ISO 4065 and DIN 8074 ile uyumlu), boruların farklı işletme koşullarında (sıcaklık ve zaman) izin verilebilen çalışma basınçları gösterilmektedir. (C = 1,25)

#### PE-100 için (C = 1,25) izin verilen çalışma basınçları (bar)/ Permissible operating pressure for PE-100 (C = 1,25) (bar)

Boru içindeki Akışkan Sıcaklığı Temperature of fluid in pipe	Çalışma Süresi Operating Period	SDR	SDR	SDR
[°C]	[yıl] / [year]	17	11	7,4
10	5	12,6	20,2	31,5
	10	12,4	19,8	31,0
	25	12,1	19,3	30,2
	50	11,9	19,0	29,7
	100	11,6	18,7	29,2
20	5	10,6	16,9	26,5
	10	10,4	16,6	26,0
	25	10,1	16,2	25,4
	50	10,0	16,0	25,0
	100	9,8	15,7	24,5
30	5	9,0	14,4	22,5
	10	8,8	14,1	22,1
	25	8,6	13,8	21,6
	50	8,4	13,5	21,2
	100	8,2	13,2	20,8
40	5	7,7	12,3	19,3
	10	7,6	12,1	19,0
	25	7,4	11,8	18,5
	50	7,2	11,6	18,2
	100	7,0	11,4	18,0
50	5	6,7	10,7	16,7
	10	6,5	10,4	16,2
	15	5,9	9,5	14,8
60	5	4,8	7,7	12,1
	2	3,9	6,2	9,8

The effective safety factor is given by the following formula :

$$C = 20 \cdot (K \cdot t) / P \cdot (Do - t)$$

Where,

K = long term reference stress (N/mm<sup>2</sup>) (K should be looked from the creep curve depending on the operating temperature and expected service life)

t = wall thickness of pipe (mm)

Do = outside diameter of pipe (mm)

P = operating pressure (bar)

#### The minimum safety factor (C) to be taken for PE pipes:

1.25 (for water)

1.60 (for gas)

#### The maximum operating pressure of a PE pipe can be calculated by the formula

$$P_{max} = (20 \cdot K) / (C \cdot (SDR - 1)) \quad (\text{bar})$$

#### As a summary; two alternatives for operational calculations are:

##### 1- When the pipe geometry is known;

$$P_{max} = (20 \cdot MRS) / (C \cdot (SDR-1)) \quad (\text{bar})$$

##### 2- When the operating conditions are known;

$$SDR = 1 + ((20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max}))$$

Where (MRS : Minimum Required Strength),

MRS = 8 Mpa for PE80

MRS = 10 Mpa for PE100

Permissible operating pressures of components

The table below (in compliance with ISO 4065 and DIN 8074) may help to evaluate the respective permissible operating pressures of components under different operating conditions (temperature and time).

Gaz uygulamaları için, su ve gaz emniyet katsayıları arasındaki orandan gaz çalışma basınçları için de hesap yapılabilir ancak öncelikle yerel ve ulusal güvenlik normlarına uyulması gereklidir.

Boru üzerinde diğer çevresel faktörlerin de etkin olabileceği durumlarda (ör. Toprak yükleri, askıda olmaktan dolayı eğim gerilmeleri vs) ikinci bir emniyet faktörü de alınması önerilir.

Alın kaynak yöntemi için kullanılan uzun süreli kaynak faktörüne ( $f_s=0,8$ ) eşit bir azaltma faktörü kullanılması tavsiye edilir.

#### Örnek Çözümler:

a- Boru özelliklerinin belirli olması durumu:

PE-100 boru, MRS=10

$D_o = 63 \text{ mm}$

SDR=17;  $t = 3,7 \text{ mm}$

Akışkan: Su,  $C=1,25$

$P_{max} = [20 \cdot MRS] / [C \cdot (SDR-1)] = [20 \times 10] / [1,25 \times (17-1)] = 10 \text{ bar}$

Alın kaynak emniyet faktörü de hesaba katılırsa,  $P_{max} = 10 \times 0,8 = 8 \text{ bar}$  olur.

#### b- Çalışma şartlarının bilinmesi durumu:

PE-100 boru, MRS=10

Akışkan: Su,  $C=1,25$

$P_{max} = 12 \text{ bar}$

$SDR = 1 + [(20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max})] = 1 + [(20 \times 10) / (1,25 \times 12)] = 14,33$

yani SDR=11 olan bir boru seçilmelidir.

Alın kaynak emniyet faktörü de hesaba katılırsa,  $SDR = 14,33 \times 0,8 = 11,46$  bulunur, bu durumda da SDR=11 olan bir boru uygundur.

#### Boru çapının hesaplanması:

Akış izlemelerinin hesaplanması kütlelerin eşitliği denkleminde yararlanılarak yapılır. Sabit hacimli akışkanlar için denklem aşağıdaki gibidir:

$$Q = 0.0036 \cdot A \cdot V$$

Q ... debi (m<sup>3</sup>/h)

A ... boru net kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

V ... akış hızı (m/s)

Gaz ve buharlar için, malzeme akışı sürekli sabittir.

Bu sebeple denklem aşağıdaki gibidir:

$$m = 0.0036 \cdot A \cdot v \cdot \rho$$

m ... kütle akışı (kg/h)

$\rho$  ... akışkanın basınç ve sıcaklığa bağlı yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

Kısaca, aşağıdaki formüllerle gerekli akış kesit alanı hesaplanabilir.

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{m}^3/\text{h})$$

$$D_i = 35,7 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{lt}/\text{s})$$

Açıklama,

$D_i$  ... boru iç çapı (mm)

Q ... debi (m<sup>3</sup>/h),(lt/s)

V ... akış hızı (m/s)

For gas applications the given system operating pressures may be converted in accordance with the respective safety factor for gas. However, regional and national guidelines have to be adhered to.

Considering an overall piping system, where not only internal pressure loads, but also additional loads become effective (e.g. soil loads, bending stresses at above-ground piping systems. etc.) there is still another safety factor that has to be taken into account.

It is recommended to apply a reduction factor, equivalent to the long-term welding factor for heating element butt welds ( $f_s=0,8$ ).

#### Sample Problems:

a- If pipe geometry is known:

PE-100 pipe, MRS=10

$D_o = 63 \text{ mm}$

SDR=17;  $t = 3.7 \text{ mm}$

Fluid: Water,  $C=1.25$

$P_{max} = [20 \cdot MRS] / [C \cdot (SDR-1)] = [20 \times 10] / [1.25 \times (17-1)] = 10 \text{ bar}$

Considering butt-welding safety factor,  $P_{max} = 10 \times 0,8 = 8 \text{ bar}$

#### b- If operating conditions are known:

PE-100 pipe, MRS=10

Fluid: Water,  $C=1.25$

$P_{max} = 12 \text{ bar}$

$SDR = 1 + [(20 \cdot MRS) / (C \cdot P_{max})] = 1 + [(20 \times 10) / (1.25 \times 12)] = 14.33$

So a pipe with SDR=11 should be chosen.

Considering butt-welding safety factor,  $SDR = 14.33 \times 0.8 = 11.46$  so a pipe with SDR=11 is still suitable.

#### Determination of the pipe cross section:

Flowing processes are calculated by means of the continuity equation. For fluids with constant volume flow, the equation is:

$$Q = 0.0036 \cdot A \cdot V$$

Q ... volume flow (m<sup>3</sup>/h)

A ... free pipe cross section (mm<sup>2</sup>)

V ... flow velocity (m/s)

For gases and vapors, the material flow remains constant.

Therefore following equation results:

$$m = 0.0036 \cdot A \cdot v \cdot \rho$$

m ... material flow (kg/h)

$\rho$  ... density of medium depending on pressure and temperature (kg/m<sup>3</sup>)

The formulas below are used in practice for the calculation of the required pipe cross section.

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{m}^3/\text{h})$$

$$D_i = 35,7 \cdot \sqrt{Q/V} \quad (Q \dots \text{lt}/\text{s})$$

Where,

$D_i$  ... internal diameter of pipe (mm)

Q ... volume flow rate (m<sup>3</sup>/h),(lt/s)

V ... flow velocity (m/s)

Akış hızının hesaplanmasında sıvılar için aşağıdaki değerler referans olarak kullanılabilir:  
 $V \sim 0,5 / 1,0$  m/s (emiş tarafı)  
 $V \sim 1,0 / 3,0$  m/s (basma tarafı)  
 Akış hızının hesaplanmasında gazlar için aşağıdaki değerler referans olarak kullanılabilir:  
 $V \sim 10 / 30$  m/s

Hidrolik basınç kayıplarının hesaplanması:  
 Boru içindeki akışkan basınç kayıplarının oluşmasına neden olur ve bu sebeple sistem içerisinde enerji kayıpları ortaya çıkar.

Basınç kayıpları için önemli parametreler:

- Boru tesisatının uzunluğu
- Borunun çapı
- Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğü
- Fiting ve birleşimlerin kalitesi
- Akışkanın viskozitesi ve yoğunluğu
- Akışın türü (laminer veya türbülanslı)

Toplam basınç kaybı, bağımsız kayıpların toplamıdır:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_f \quad (\text{bar})$$

Açıklama,

$\Delta P_p$  ..... Düz borulardaki basınç kaybı

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

- f .....boru sürtünme katsayısı (genellikle  $f = 0,02$ )  
 L.....boruların toplam düz boyu (m)  
 Di.....boru iç çapı (mm)  
 $\rho$  ... akışkan yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)  
 V ... akış hızı (m/s)

$\Delta P_f$  ..... Vana ve fittinglerdeki basınç kaybı

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

$L_{eff}$  ..... Fitinglerdeki basınç kaybını belirlemek için eşdeğer düz boru boyu;  
 $L_{eff} = R \cdot Di / 1000$

Açıklama,

- $L_{eff}$  ... efektif boru uzunluğu (m)  
 Di ..... boru iç çapı (mm)  
 R aşağıdaki tablodan alınır:

Eleman Cinsi	R	Eleman Cinsi	R
90° Döküm Dirsek	40	30° Parçalı Dirsek (2 veya fazlası parça)	8
45° Döküm Dirsek	21	30° Parçalı Dirsek (1 parça)	8
15° Döküm Dirsek	6	15° Parçalı Dirsek (1 parça)	6
90° Parçalı Dirsek (3 veya fazlası parça)	24	TE, Anahat/Ayrılma	60
90° Parçalı Dirsek (2 parça)	30	TE, Anahat/Anahat	20
90° Parçalı Dirsek (1 parça)	60	Glob Vana, Tam açık	340
60° Parçalı Dirsek (2 veya fazlası parça)	25	Köşe Vana, Tam açık	145
60° Parçalı Dirsek (1 parça)	16	Kelebek Vana, →200 mm, Tam açık	40
45° Parçalı Dirsek (2 veya fazlası parça)	15	Çek valf, çalparalı	135
45° Parçalı Dirsek (1 parça)	12		

Reference values for the calculation of flow velocities may be for fluids:

$V \sim 0,5 / 1,0$  m/s (suction side)

$V \sim 1,0 / 3,0$  m/s (pressure side)

Reference values for the calculation of flow velocities may be for gases.

$V \sim 10 / 30$  m/s

Determination of the hydraulic pressure losses:

Flowing media in pipes cause pressure losses and consequently energy losses within the conveying system.

Important parameters for pressure losses are:

- Length of the piping system
- Size of pipe
- Roughness of pipe inner surface
- Quality of fittings and joints
- Viscosity and density of the flowing medium.
- Type of flow (laminar or turbulent)

The total pressure loss is the sum of individual losses:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_f \quad (\text{bar})$$

Where,

$\Delta P_p$  ..... Pressure loss in straight pipes

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

f .....pipe frictional index (in most cases  $f = 0,02$ )

L.....length of piping system (m)

Di.....inside diameter of pipe (mm)

$\rho$  ... medium density (kg/m<sup>3</sup>)

V ... flow velocity (m/s)

$\Delta P_f$  ..... Pressure loss in valves and fittings

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (Di \cdot 2 \cdot 102) \quad (\text{bar})$$

$L_{eff}$  ..... The equivalent length of pipe to be used to estimate the friction loss due to fittings;

$L_{eff} = R \cdot Di / 1000$

Where,

$L_{eff}$  ... effective Pipeline length (m)

Di ..... pipe internal diameter (mm)

R is taken from Table below.

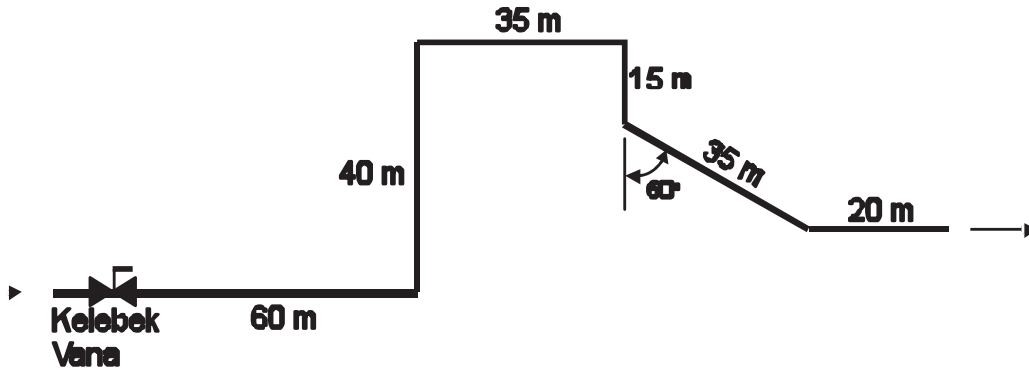
Piping Component	R	Piping Component	R
90° Molded Elbow	40	30° Fabricated Elbow (2 or more miters)	8
45° Molded elbow	21	30° Fabricated Elbow (1 miter)	8
15° Molded Elbow	6	15° Fabricated Elbow (1 miter)	6
90° Fabricated Elbow (3 or more miters)	24	Equal Outlet Tee, Run/Branch	60
90° Fabricated Elbow (2 miters)	30	Equal Outlet Tee, Run/Run	20
90° Fabricated Elbow (1 miter)	60	Globe Valve, Fully Open	340
60° Fabricated Elbow (2 or more miters)	25	Angle Valve, Fully Open	145
60° Fabricated Elbow (1 miter)	16	Butterfly Valve, >200mm, Fully Open	40
45° Fabricated Elbow (2 or more miters)	15	Check Valve, Conventional Swing	135
45° Fabricated Elbow (1 miter)	12		

### Örnek Problem:

Toplam 205 m uzunlukta bir PE-100 boru hattından 350 m<sup>3</sup>/h debide su pompalanacaktır. Borunun serim hattı aşağıdaki şemada görüldüğü gibidir. Borudaki su hızı 2,5 m/s civarında olacak şekilde uygun boru çapını ve boru kayıplarını hesaplayınız.

### Sample Problem:

350 m<sup>3</sup>/h water is to be pumped through a PE-100 pipe, 205 m of total length. The layout of piping is as shown in the figure below. It is required that the water velocity in the pipe is about 2.5 m/s. Calculate the suitable pipe size and the pipe total pressure loss.



Boru iç çapı hesabı:

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} = 18,8 \cdot \sqrt{350 / 2,5} = 222 \text{ mm}$$

SDR=17 ve Do=250 mm borunun Di = 220,6 mm gelir, bu boru uygundur.

Bu çapta borudaki su hızı 2,54 m/s bulunur.

Düz borulardaki basınç kaybı:

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\Delta P_p = (0,02 \times 205 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,6 \text{ bar}$$

Vana ve fittinglerdeki basınç kaybı:

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\text{Kelebek Vana } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ adet} = 0,12 \text{ bar}$$

$$90^\circ \text{ Döküm Dirsek } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 3 \text{ adet} = 0,36 \text{ bar}$$

$$60^\circ \text{ Parçalı Dirsek } \Delta P_p = (0,02 \times 25 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ adet} = 0,08 \text{ bar}$$

$$30^\circ \text{ Parçalı Dirsek } \Delta P_p = (0,02 \times 8 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ adet} = 0,02 \text{ bar}$$

Vana ve fittinglerdeki basınç kayıpları toplamı: 0,58 bar

Düz borular ile fittinglerin toplam kaybı: 0,6 + 0,58 = 1,18 bar olarak bulunur.

Calculation of pipe inside diameter:

$$D_i = 18,8 \cdot \sqrt{Q/V} = 18,8 \cdot \sqrt{350 / 2,5} = 222 \text{ mm}$$

For SDR=17 and Do=250 mm, Di = 220.6 mm, this pipe is suitable.

The water velocity in this pipe is calculated as 2.54 m/s.

Pressure loss in straight pipes:

$$\Delta P_p = (f \cdot L \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\Delta P_p = (0,02 \times 205 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,6 \text{ bar}$$

Pressure loss in valve and fittings:

$$\Delta P_f = (f \cdot L_{eff} \cdot \rho \cdot V^2) / (D_i \cdot 2 \cdot 102)$$

$$\text{Butterfly Valve } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ item} = 0,12 \text{ bar}$$

$$90^\circ \text{ Molded Elbow } \Delta P_p = (0,02 \times 40 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 3 \text{ items} = 0,36 \text{ bar}$$

$$60^\circ \text{ Fabr. Elbow } \Delta P_p = (0,02 \times 25 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ item} = 0,08 \text{ bar}$$

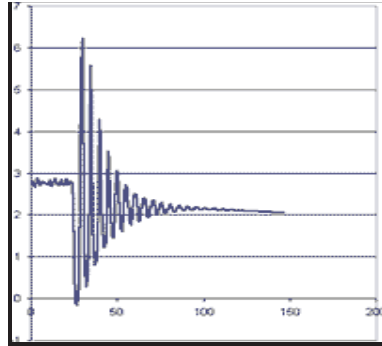
$$30^\circ \text{ Fabr. Elbow } \Delta P_p = (0,02 \times 8 \times 999 \times (2,54)^2) / (220,6 \times 2 \times 100) = 0,12 \text{ bar} \times 1 \text{ item} = 0,02 \text{ bar}$$

Total pressure loss in valve and fittings: 0,58 bar

Total pressure loss in straight pipes and valve and fittings: 0,6 + 0,58 = 1.18 bar.

### 3.2- Koç Darbesi

### 3.2- Pressure Surge



Koç darbesi basınç dalgalanması/ Shock waves in pressure surge

Boru hatlarında koç darbesi ve buna bağlı olarak yorulmalar normal çalışma şartlarında olagelen şeylerdir (ör. Pompaların çalışma ve durması, ani vana kapanması vb). Koç darbesi, sistem bsinccının kısa süreli olarak normal çalışma bsinccının üstüne çıkması demektir. Deneyler, PE100 boruların aşağıdaki koç darbesi basınçlarında emniyetle kullanılabilceğini göstermiştir:

Surge and fatigue occur in pipelines due to the normal operations of, for example, pumps shutting down or valves being operated quickly. Due to the incompressible nature of liquids the phenomenon is usually associated with water distribution mains and pumped sewer mains.

Surge can be described as short term pressure rises above the static operating pressure. This is generally as a result of water hammer where the sudden changes in fluid velocity within the pipeline, as pumps and valves are operated, are converted to increases in fluid pressure. As the velocity stabilises the fluid pressure reverts to its static operating pressure. Tests have shown that PE100 pipe can be used in the following surge conditions;

Asgari Emniyet Faktörü C	Uygulama	Normal çalışma basıncı (Pmax) üstüne gelebilecek koç darbesi basıncı
1.25	Su	50 %
1.60	Gaz	100 %

Min. Safety Factor C	Application	Surge pressure above Pmax
1.25	Water	50 %
1.60	Gas	100 %

Yorulma, uzun vadede tekrarlanan pompa-vana açip kapamalarının döngüsel değişen basınçlar haline gelmesi ile oluşur. Yorulmada kritik parametreler darbenin genliği ile sıklığıdır.

Ancak, yüksek dayanımlı PE100 için yorulma bir sorun oluşturmamaktadır. Pmax değerinin bir hayli üstündeki darbe basınçları hasarsız olarak karşılanabilmektedir.

Fatigue is associated with the repeated operation of the pumps and valves over a long period causing cyclic pressure variation. Critical parameters in fatigue are the frequency and the amplitude of the surge events. Under these conditions the theory of linear fatigue damage accumulation applies.

However, fatigue is not a concern with high toughness PE100, and surge pressure well in excess of Pmax can be sustained without damage.

Koç darbesinin oluşturduğu basınç aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

A "Water Hammer" in a piping system is a pressure surge due to a sudden change of velocity in a noncompressible fluid media. The change in velocity could be caused by a sudden opening or closing of a valve, starting and stopping of pumps, pump failure or other dynamic event.

$$P_s = 101 \cdot [(BM \cdot E) / (w/g) \cdot (E + BM \cdot SDR)]^{1/2} \cdot w \cdot V_c / (10210 \cdot g)$$

The magnitude of the pressure surge (Ps) can be calculated by the following equation:  $P_s = 101 \cdot [(BM \cdot E) / (w/g) \cdot (E + BM \cdot SDR)]^{1/2} \cdot w \cdot V_c / (10210 \cdot g)$

Açıklama;

BM.....	Sıvının Bulk Modülü	(su için 20684)
E.....	Elastisite Modülü	(PE - 6895) [bar]
SDR.....	Standart boyut oranı	(Do/t)
w.....	Sıvı yoğunluğu	(su için 999 kg/m <sup>3</sup> )
g.....	Yerçekimi ivmesi	(9.81m/s <sup>2</sup> )
Ps.....	Basıncıdaki değişim	[bar]
Vc.....	Sıvının hız değişimi	(m/s) (kapatmadan önceki akışkan hızına eşittir)

Where,

BM.....	Bulk Modulus of the liquid	20684 for water
E.....	Modulus of elasticity	(PE - 6895) [bar]
SDR.....	Standard dimension ratio	
w.....	Fluid weight	(999 kg/m <sup>3</sup> for water)
g.....	Acceleration due to gravity	(9.81m/s <sup>2</sup> )
Ps.....	Change in pressure	[bar]
Vc.....	Change in velocity of fluid	(m/s) (equals velocity of fluid before sudden shutdown)