

OBEN SEIN

experience the difference

КРОС³
за професионалисти

MEFA

Решения за укрепване на тръбни трасета с аксиални (линзови, силфонни) компенсатори

Защо трябва да бъде взето предвид топлинното разширение?

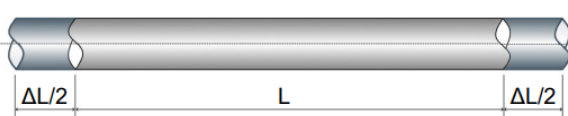
- Всички материали за тръбопроводи се **разширяват или свиват**, когато са изложени на температури, по-високи или по-ниски от температурата на монтаж.
- В най-общия случай, тръбите пренасят **флуиди**, чиято температура е **над** или **под** температурата на околната среда.
- Тръбите се влияят от **температурните разлики** и съответно се разширяват или свиват.

Ако разширяването или свиването на тръбопровода не бъде взето предвид по време на проектирането на тръбопроводната система, това може да доведе до повреда на компонентите или на опорите.

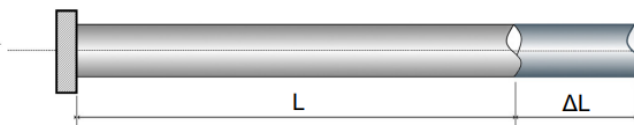
Типични прояви: всички видове сгради и индустриални проекти

- ВиК инсталации (водоснабдяване и канализация)
- Технологични тръбопроводни системи
 - Отоплителни тръбопроводи
 - Хладилни тръбопроводи
 - Тръбопроводи за топла вода и рециркулация
 - Паропроводи
 - Тръбопроводи за други топли или студени флуиди

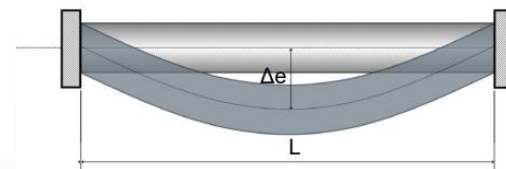
Поведение на тръбопроводите при температурни промени и условия на опората



Равномерна удължаване (ΔL) в двете посоки



Равномерно удължаване (ΔL) към свободния край



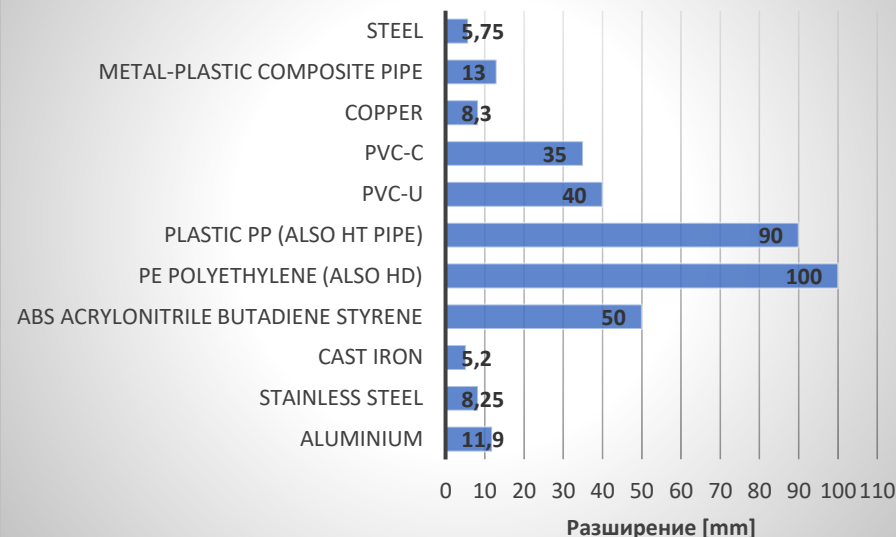
Твърдото закрепване може да доведе до високи реактивни сили в опорите, което увеличава риска от изкълчване на тръбопровода (Δe).

Материали за тръбопроводи и коефициенти на топлинно разширение

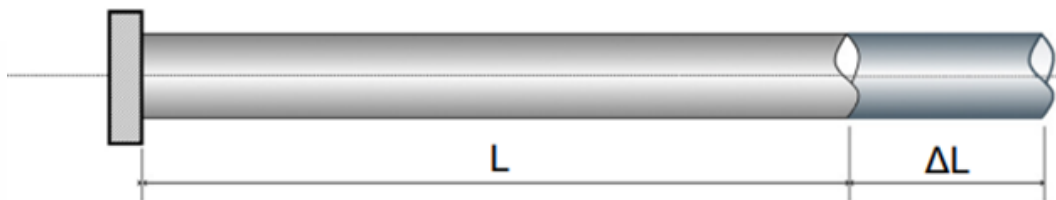
Коефициент на специфично линейно термично разширение α	
Материал	mm / m * K
Алуминий	0,0238
Неръждаема стомана	0,0165
Чугун	0,0104
ABS	0,1
PE (PEHD)	0,2
PP-P (също HT)	0,18
PVC-U	0,08
PVC-C	0,07
Медни тръби	0,0166
Композитни метално-пластмасови тръби	0,026
Стомана	0,0115

Топлинно разширение

$\Delta\theta=50K$ and $L=10m$



Определяне на термичното разширение или свиване



$$\Delta L = L \cdot \alpha_T \cdot \Delta T$$

където:

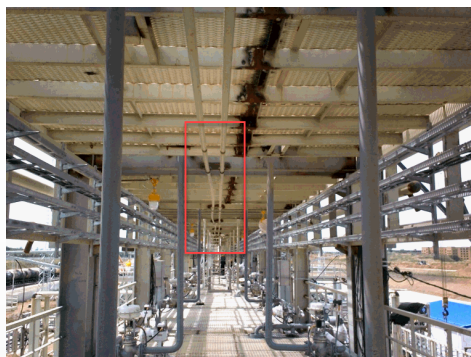
ΔL = промяна на дължината вследствие на промяна на температурата (mm)

L = дължина на тръбата (m)

α_T = Коефициент на специфично температурно разширение (mm/mK)

ΔT = Температурна разлика ($T_{\text{експл.}} - T_{\text{инстал.}}$)

«Поведение/Повреди» вследствие на термичното разширение

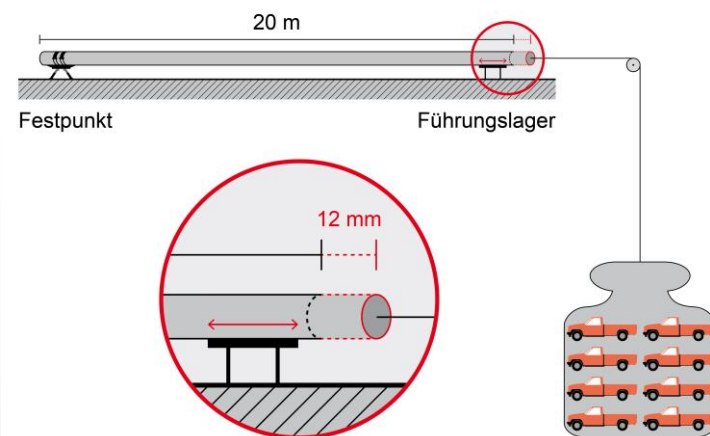


Определяне на силите, възникващи в резултат от термичното разширение или свиване

Пример: тръбопровод с дължина 20 m за подаване на отоплителна вода, с температурни колебания в диапазона от 15 до 65 °C, т.е. температурна разлика от около 50 K.

За **стоманена** тръба тези стойности водят до промяна на дължината с **12 mm**, съгласно формулата за термично разширение.

За примера е избрана стоманена тръба с номинален диаметър DN100 (Ø114.3 mm)





За да бъде компенсирано това удължение, възниква обратна реакция (сила), която може да се изчисли по следната формула:

$$F = E \cdot \varepsilon \cdot A$$

където:

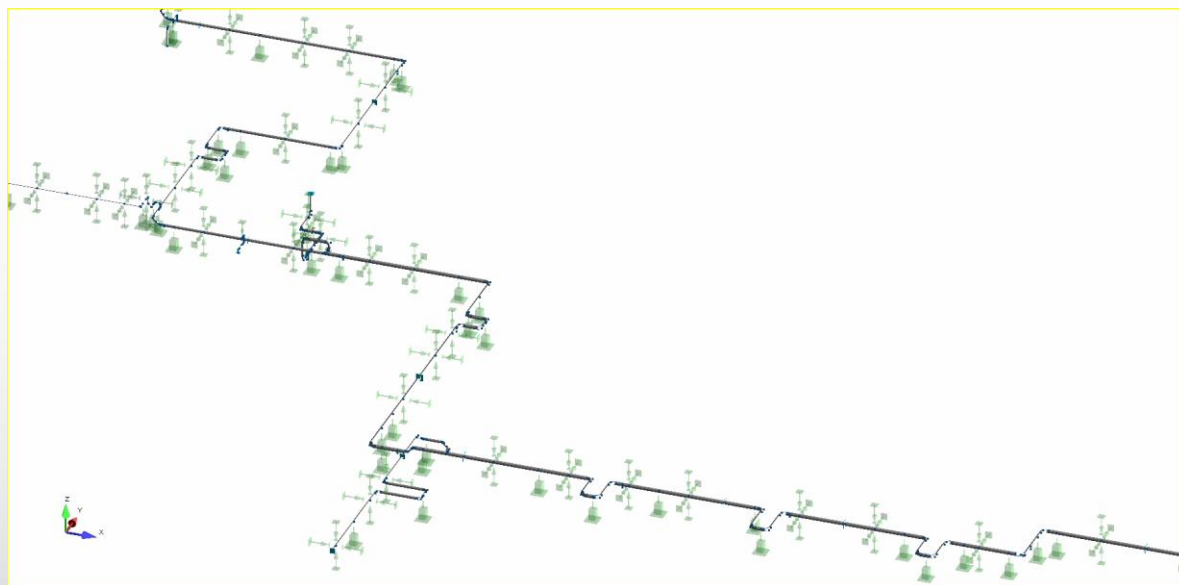
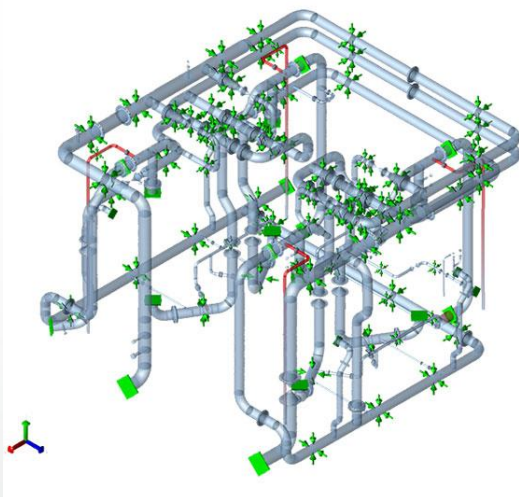
- **F** – сила на натиск (N);
- **E** – модул на еластичност, който за **стоманата** е 210 000 N/mm²;
- **ε** – относително удължение, изчислено като $\Delta L/L$;
- **A** – площ на напречното сечение на тръбата (mm²).

При тези параметри се получава сила от приблизително **157 kN**.

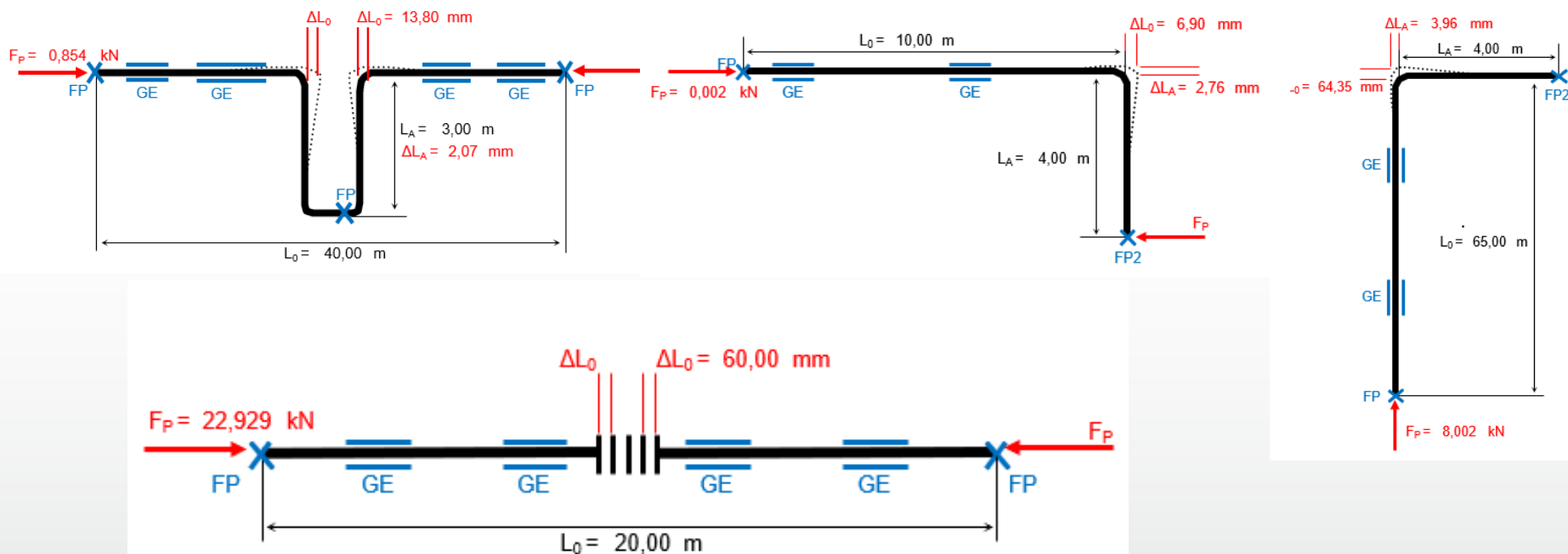
Така получената стойност е теоретична и служи за илюстриране на големината на силите, които могат да възникнат (възможността за изкълчване на тръбопровода не е взета предвид в това изчисление).

Заключение: Реактивната сила, която би възникнала за компенсиране на термичното разширение на тръбопровода при повишаване на температурата с **50 K** на стоманена тръба **DN 100** с дължина **20 m**, се равнява на **тегло от близо 16 тона**.

Разположение на неподвижни опорни точки, направляващи опори и компенсатори по тръбопроводите



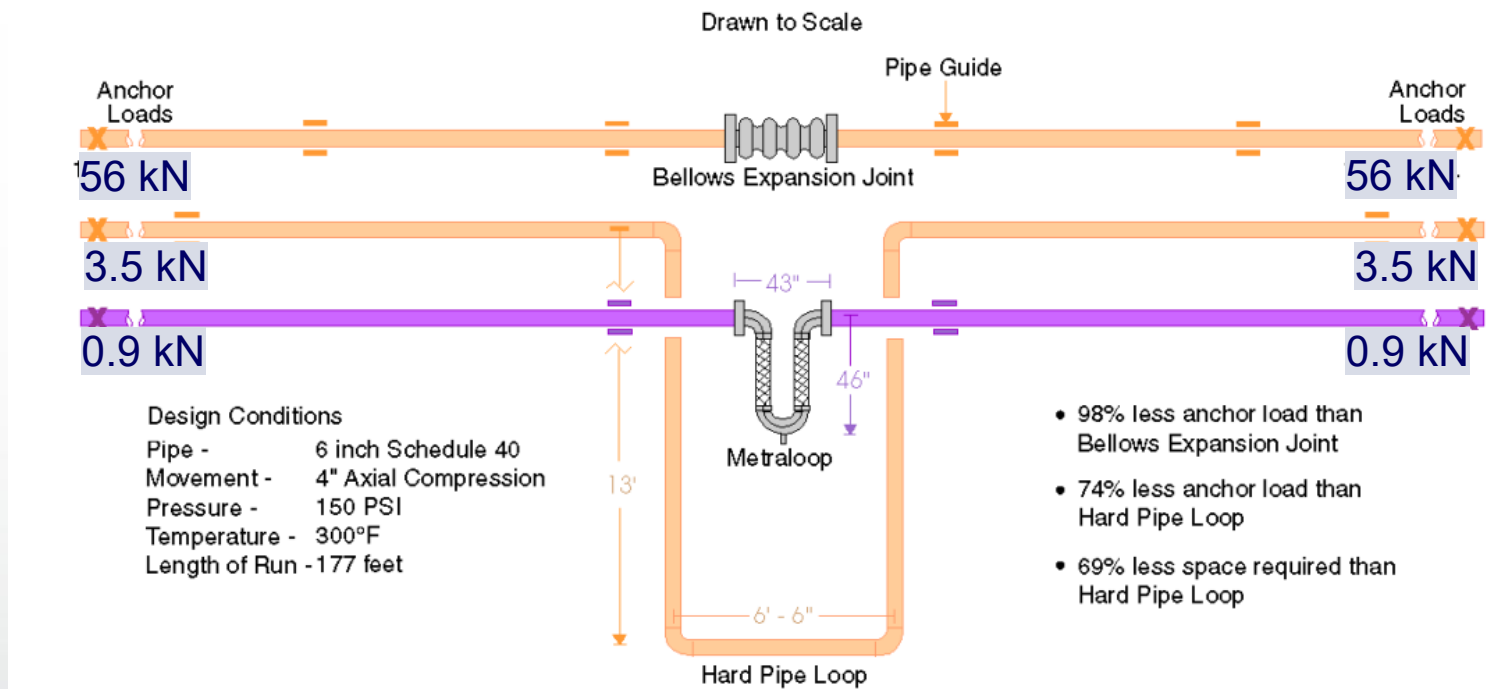
Видове компенсатори



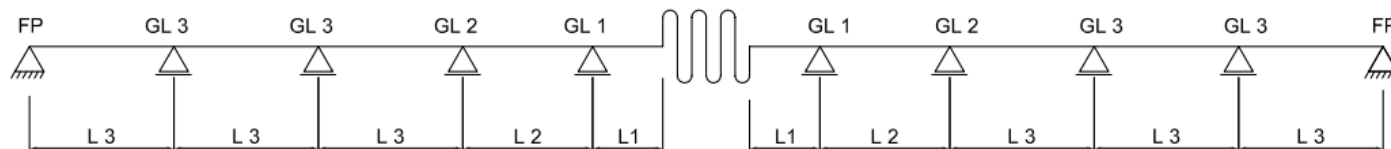
Видове компенсатори: примери от практиката



Сравнение между различните видове компенсатори: натоварване или пространство?



Разположение на неподвижните и направляващите опори за тръбопровод с аксиален компенсатор



FP= неподвижна (фиксирана) опора

GL= направляваща (плъзгаща) опора

L_1 = препоръчително разстояние преди и след компенсатора ($L_1 \leq 3 \times DN$)

L_2 = препоръчително разстояние между направляващи опори GL1 и GL2
 $\approx 0,5 - 0,7 \times L_3$

L_3 = препоръчително разстояние на укрепване съгласно материала и спецификацията на тръбата

Изчисляване на усилията в неподвижните опори при използване на аксиален компенсатор

Аксиалното натоварване в неподвижните опори е функция на:

- Натоварване F_A от тяговите сили в аксиалните компенсатори, които са функция на ефективното сечение на компенсатора и работното налягане на флуида
- Натоварване F_C от инертността на тръбата
- Натоварване F_R от фрикционното усилие в плъзгащите опори, което се определя от броя на плъзгащите опори между неподвижните такива и компенсатора

Сумарно натоварване на неподвижните опори се образува от сумата:

$$F_H = F_A + F_R + F_C$$

Софтуер за изчисляване на натоварване в неподвижни опори

Fixed point calculation - Compensator
Festpunktberechnung - Kompensator

MEFA

Pipe Rohr	Material	Manual input / Manuelle Eingabe	Material	Stainless Steel / Edelstahl
Type Typ		PE-HD DIN 19 535	Coefficient of linear expansion Längenausdehnungskoeffizient	$\alpha =$ mm/m*K
Outer diameter Außendurchmesser		200 mm	Modulus of elasticity Elastizitätsmodul	$E =$ N/mm ²
Length Länge	$L =$	56 m	Material density of pipe Materialdichte Rohr	$\rho =$ kg/m ³
Temperature difference Temperaturdifferenz	$\Delta T =$	100 Kelvin	Outer diameter Außendurchmesser	$d_a =$ 168.3 mm
Water filled Wassergefüllt		No / Nein	Wall thickness Wandstärke	$s =$ 3.9 mm
Compensator Kompensator	Maximum operating pressure Maximaler Arbeitsdruck	$p =$ 3 bar	Material density of insulation Materialdichte Isolierung	$\rho_i =$ 10 kg/m ³
	Effective cross section Effektiver Querschnitt	$A_{eff} =$ 172 cm ²	Insulation thickness Isolierstärke	70 mm
	Spring rate Feder Rate	$R =$ 170 N/mm		
Insulation Isolierung	Type of insulation Art der Isolierung	No insulation / Keine Isolierung		
	Insulation thickness Isolierstärke	20 mm		
Sliding element Gleitelement	Type Typ	Manual input / Manuelle Eingabe	Friction coefficient Reibwert	$\mu =$ 0,17
Calculation Berechnung	Length change total Längenänderung gesamt	$c =$ 92,40 mm		
	Length change Längenänderung	$\Delta L_e =$ 46,20 mm		
	Total pipe weight per m Gesamtröhrgewicht pro m	$G =$ 0,160 kN/m		
	Sliding friction force Gleitreibungskraft	$F_R =$ 1,524 kN		
	Spring force Federkraft	$F_F =$ 15,708 kN		
	Hydrostatic force Hydrostatische Kraft	$F_H =$ 5,160 kN		
	Total fixed point force Gesamtfestpunktkraft	$F_F =$ 22,392 kN		
Recommendation Empfehlung	Height to pipe axis Höhe bis Rohrachse	600 mm	Cold Pipe Kälteleitung	No / Nein
	Load Direction known Lastrichtung bekannt	Yes / Ja		

Type	Article Number	F_{max}	Permissible height	Relevant load direction	POC
Typ	Artikelnummer	[kN]	Zulässige Höhe	Lastrichtung relevant	
HV*	002004**	30	≤ 600 mm	No / Nein	

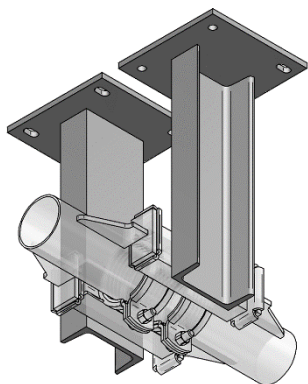
Повреди, вследствие на неправилно укрепени аксиални компенсатори



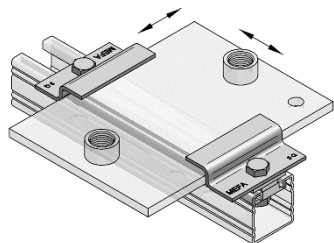
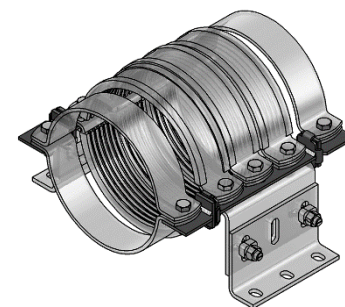
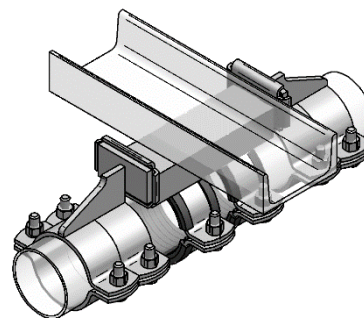
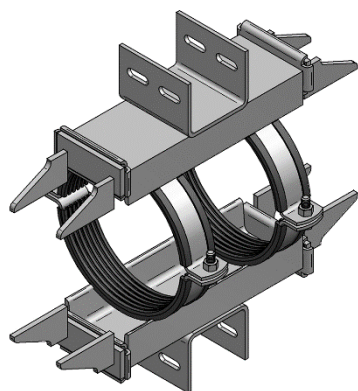
Какво не е наред тук?



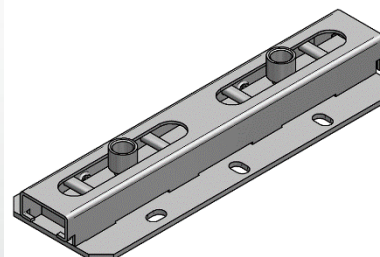
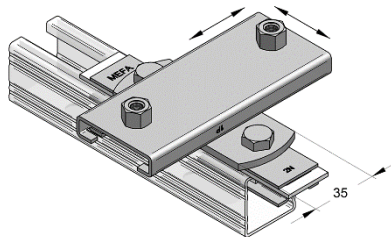
Неподвижни точки и плъзгащи елементи произвеждани от MEFA



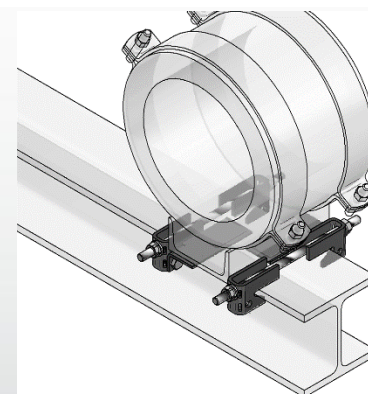
60 kN



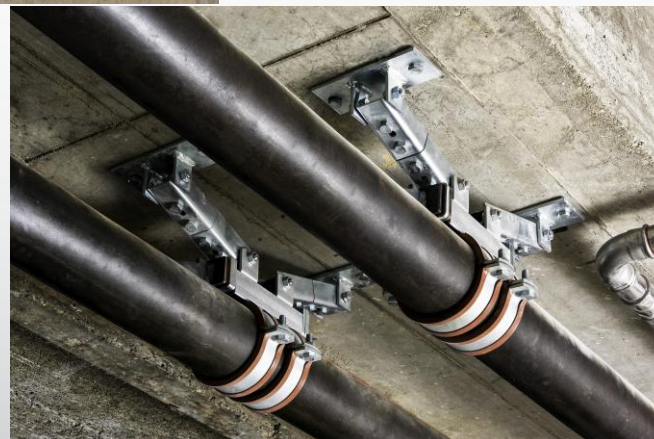
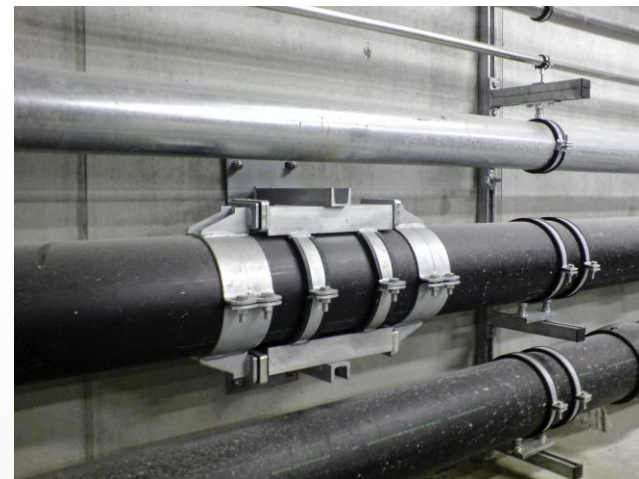
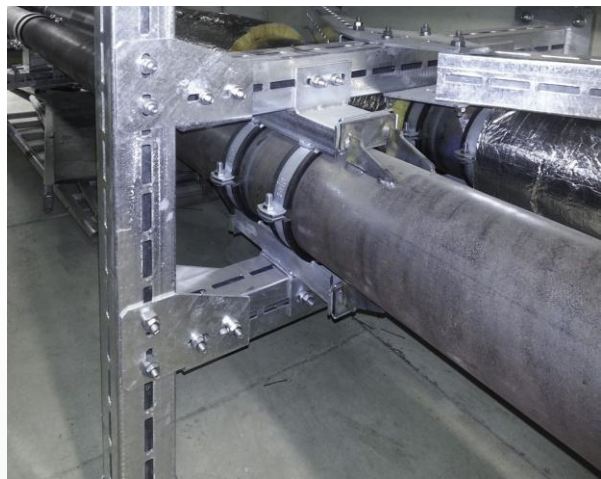
10 kN



8 kN



Неподвижни опори MEFA, инсталационни примери от изпълнени проекти



Направляващи (плъзгащи) опори MEFA, инсталационни примери от изпълнени проекти



**Благодарим Ви за
вниманието!**