

LOGSTOR	Sieć ciepłownicza DN400 we Włocławku		
	Obliczenia statyczne	Str. I	Stron 23

Obliczenia statyczne spięcia pierścieniowego sieci ciepłowniczej pomiędzy osiedlami Śródmieście i Południe we Włocławku, między komorą ciepłowniczą S19 DN600 znajdującą się w ulicy Pułaskiego na wysokości Hotelu Kujawy a siecią ciepłą w ul. Długiej. Obliczenia dla odcinka B-C

Obliczenia wykonano zgodnie z normą PN EN 13941:2010
„Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu
preizolowanych rur zespolonych”

Obliczenia wyk.
maj 2013
mgr.inż.Ireneusz
Iwko

LOGSTtR	Sieć ciepłownicza DN400 we Włocławku		
	Obliczenia statyczne	Str. 2	Stron 23

Spis zawartości opracowania:

1. Opis wykonanych obliczeń
2. Zestawienie wyników obliczeń naprężeń i przemieszczeń
3. Analiza obliczeń i zalecenia dodatkowe
4. Podsumowanie
5. Wydruki obliczeń - schemat obliczeniowy sieci
6. Wydruk obliczeń - wyniki numeryczne

LOG S T* R	Sieć ciepłownicza DN400 we Włocławku		
	Obliczenia statyczne	Str. 3	Stron 23

Opis wykonanych obliczeń

Obliczenia statyczne sieci ciepłowniczej DN400 we Włocławku

Dla sieci cieplnej preizolowanej 0406,4/560 o przebiegu zgodnym z projektem „Spięcie pierścieniowe sieci ciepłowniczej pomiędzy osiedlami Śródmieście i Południe we Włocławku, między komorą ciepłowniczą S19 DN600 znajdującą się w ulicy Pułaskiego na wysokości Hotelu Kujawy a komorą ciepłowniczą przy budynku ul. Długa 34 DN400 – odcinek B-C autorstwa mgr inż. Agnieszka Otko i mgr inż. Dariusz Czyżniewski wykonał sprawdzające obliczenia wytrzymałościowe dla technologii Logstor zgodne z normą PN-EN 13941:2010 „Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych” stanowiącej podstawę do obliczeń i projektowania oraz montażu podziemnych preizolowanych sieci ciepłych. Obliczenia wykonano za pomocą programu opartego na metodzie elementów skończonych - SiS KMR 2010 przeznaczonego do obliczeń statycznych sieci ciepłowniczych.

Opis przebiegu sieci cieplnej

Sieć cieplna 0406,4/560 mm, o przebiegu zgodnym jak projekt wyżej wymieniony, łączy ze sobą istniejące odcinki sieci cieplnej preizolowanej DN400. Nowoprojektowane odcinki:

1. od punktu C do połączenia w studni przed przejściem w rurach ochronnych pod torami.
2. od połączenia w studni za przejściem w rurach ochronnych pod torami do punktu B.

Do obliczeń przyjęto następujące parametry obliczeniowe:

- ciśnienie projektowe 16 bar
- temperatura robocza 130°C (zasilanie)
- temperatura minimalna 10°C (temp gruntu)
- rura stalowa DN400 0406,4 mm, t=6,3 mm
- łuki stalowe DN400 0406,4 mm, t=6,3 mm, R=610 mm (1,5D)
- płaszcz osłonowy 0500 mm
- przykrycie rurociągu gruntem zgodnie projektem CALOR.

Dla sieci podziemnej zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 13941:2010 przyjęto dla sieci DN350 - klasę projektową C o współczynniku bezpieczeństwa $f_{at} = 10$, wartość maksymalnie dopuszczalnych naprężeń przyjęto:

- 889 MPa naprężenia wynikowe dla łuków kompensacyjnych,
- 0,24 MPa dla pianki PUR na kolanach kompensacyjnych.

LOG S T* R	Sieć ciepłownicza DN400 we Włocławku		
	Obliczenia statyczne	Str 4	Stron 23

Zestawienie naprężeń, przemieszczeń i sił dla T=130°C, p=16 bar.

Lp	Oznaczenie elementu na wydruku	Rodzaj elementu	przemieszczenia		napręż zredukowane			uwagi
			osiowe	poprzeczne	dopuszczalne	obliczone	% napr dopuszcz	
			mm	mm		MPa	%	
1	C	połączenie z istn. siecią	19,9	0,0	889,0	79,2	8,9	
2	Z6	kolano 90°	43,0	7,4	889,0	515,4	58,0	rozkład mat: L=2m, t=80mm; L=1m, t=40mm; w stronę Z6-1
3	Z6-1	kolano 90°	26,1	7,2	889,0	507,2	57,1	
4	Z-6-2	kolano 90°	27,1	5,3	889,0	249,8	28,1	rozkład mat: L=2m, t=40mm; w stronę Z6-3
5	Z6-3	kolano 90°	7,3	3,7	889,0	243,9	27,4	bez mat kompensacyjnych
6	Z-6-4	kolano 90°	7,1	3,8	889,0	198,1	22,3	bez mat kompensacyjnych
7	27	kolano 90°	15,1	4,3	889,0	286,4	32,2	bez mat kompensacyjnych
8	28	kolano 45°	10,4	3,8	889,0	442,0	49,7	bez mat kompensacyjnych
9	Z12-1	kolano 90°	55,3	6,0	889,0	407,6	45,8	rozkład mat: L=3m, t=80mm; L=1m, t=40mm w stronę rury ochronnej; L=3m, t=80mm w stronę Z12-2
10	Z12-2	kolano 30°	52,2	22,6	889,0	565,1	63,6	rozkład mat: L=1m, t=80mm; L=1m, t=40mm w stronę Z13
11	Z13-1	kolano 10°	6,8	1,1	889,0	880,1	99,0	bez mat kompensacyjnych
12	Z13-2	kolano 10°	27,4	1,4	889,0	442,5	49,8	bez mat kompensacyjnych
13	Z13-3	kolano 20°	47,9	5,0	889,0	685,1	77,1	bez mat kompensacyjnych
14	Z14	kolano 60°	50,4	23,7	889,0	292,7	32,9	Z14: L=1m, t=80mm; L=1m, t=40mm w stronę Z13-3(20st) maty t=80mm na całej długości od Z14 do Z15
15	Z15	kolano 90°	56,5	5,9	889,0	132,9 f	14,9	
16	B	połączenie z istn. siecią	8,5	0,0	889,0	56,7	6,4	

Analiza obliczeń i zalecenia dodatkowe

1. Załamania kompensacyjne:

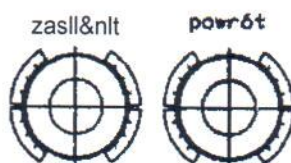
Poziom naprężenie w żadnym z kolan nie przekracza wartości dopuszczalnych przyjętych wg PN-EN 13941:2010 dla sieci magistralnych w klasie projektowej C.

2. Maty (poduszki) kompensacyjne:

Na kolaniach Z6, Z6-1, Z6-2, Z12-1, Z12-2, Z14 i Z15 należy zastosować maty kompensacyjne z pianki **polietylenowej** zabezpieczające rurociąg od wydłużeń długiego prostego odcinka. Rozkład mat jak podano w tabeli wyżej

LOG S T* R	Sieć ciepłownicza DN400 we Włocławku		
	Obliczenia statyczne	Str. 5	Stron 23

Maty należy układać po obu stronach płaszcza rury.



Na pozostałych kolanach z uwagi na niski stan naprężeń ściskających w piance PUR nie ma konieczności stosowania mat piankowych na załamaniach.

3. Połączenia z istniejącymi odcinkami sieci:

Nowoprojektowane odcinki w przypadku zastosowania mat kompensacyjnych jak podano nie mają negatywnego wpływu na istniejące odcinki rurociągu DN400.

Podsumowanie:

Nowoprojektowane odcinki sieci ciepłej DN400 projektu „Spięcie pierścieniowe sieci ciepłowniczej pomiędzy osiedlami Śródmieście i Południe we Włocławku, między komorą ciepłowniczą S19 DN600 znajdującą się w ulicy Pułaskiego na wysokości Hotelu Kujawy a siecią ciepłą w ul. Długiej(odcinek B-C)” autorstwa Agnieszka Otko i mgr inż. Dariusz Czyżniewski spełniają wymagania normy PN-EN 13941:2010 dla sieci magistralnych w klasie projektowej C.

LOG S T* R	Sieć ciepłownicza DN400 we Włocławku		
	Obliczenia statyczne	Str. 6	Stron 23

Wydruki obliczeń część graficzna:

14 stron

Wydruk obliczeń - wyniki numeryczne

3 strony

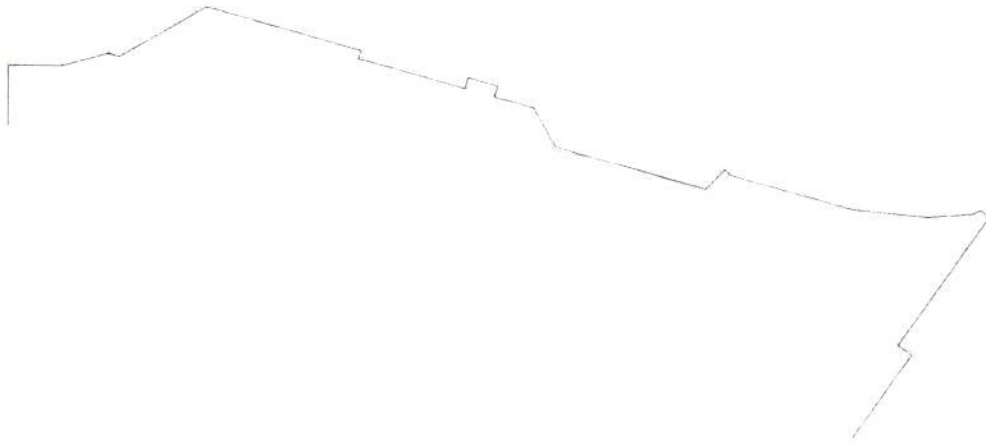


z

50 m

Distortion factor: 20,0

GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN 14.05.2013
Customer: CSALOR Torun Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013 Loading case 3: cold Reference loading case 2: hot		
1		



50 m

x

Distortion factor: 20.0

GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013 WLOCLAWEK DN
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	14.05.2013
Customer: CSALOR Torun Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013 Loading case 3: cold Reference loading case 2: hot		
2		

USP1 65 70°58'03.590 Z2
D
100
105
110
115

120
125
130
132
135 Z3
140
145
150
155

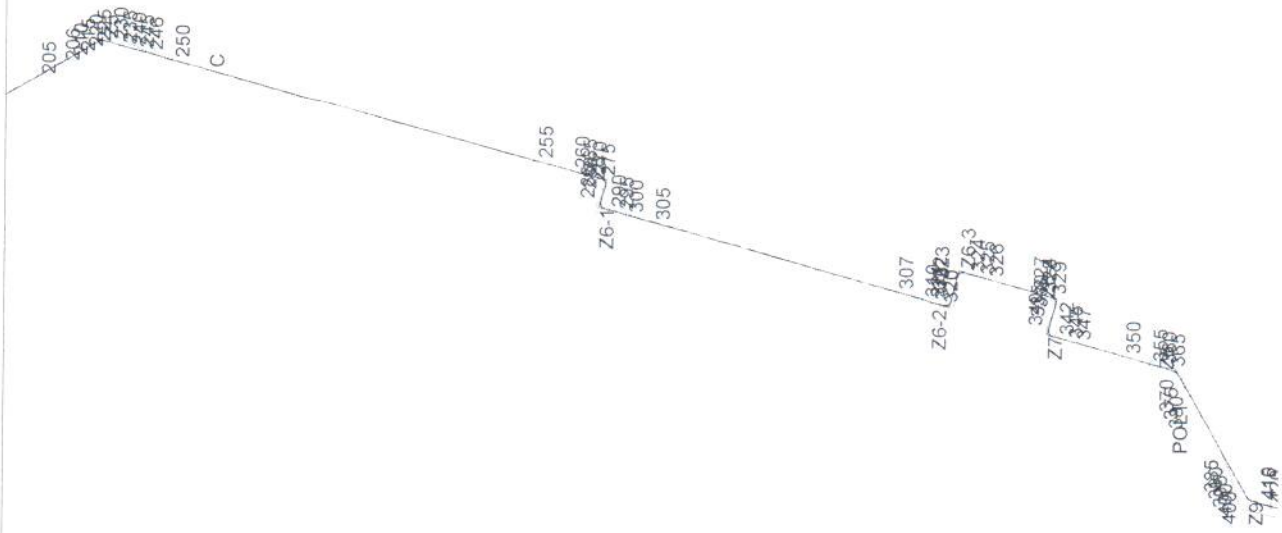
160
165
170
175
180
185
190 Z4-1
191
192
193
194

200



Distortion factor: 20.0

GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun		14.05.2013
Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013		
Loading case 3: cold		
Reference loading case 2: hot		



GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun		14.05.2013
Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013		
Loading case 3: cold		
Reference loading case 2: hot		

355
360
370
385
POL

408
418
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540
545
550
555
560
565
570
575
580
585
590
595
600
605
610
615
620
625
630

Z9

Z11

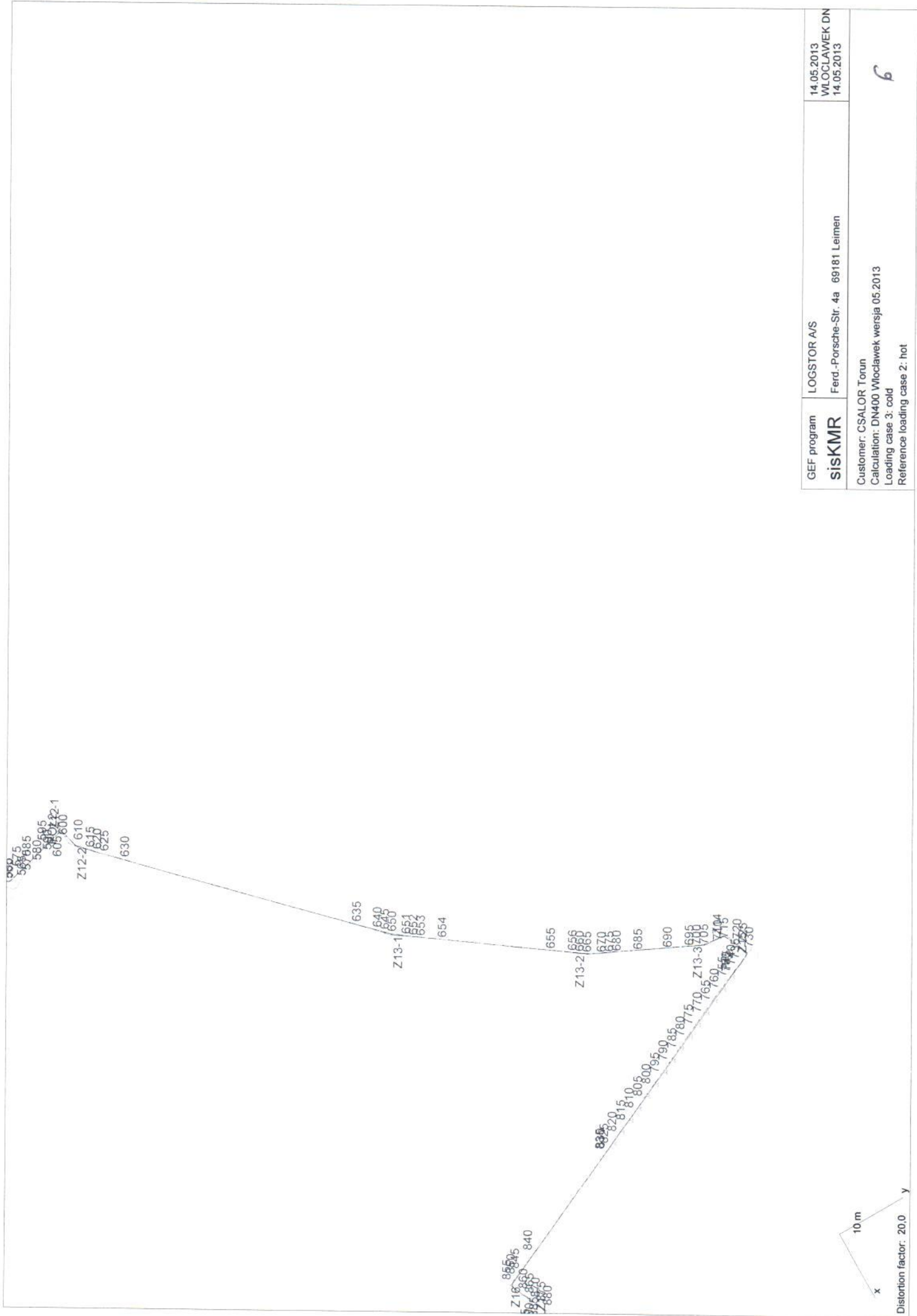
POL2

Z12-2

10 m

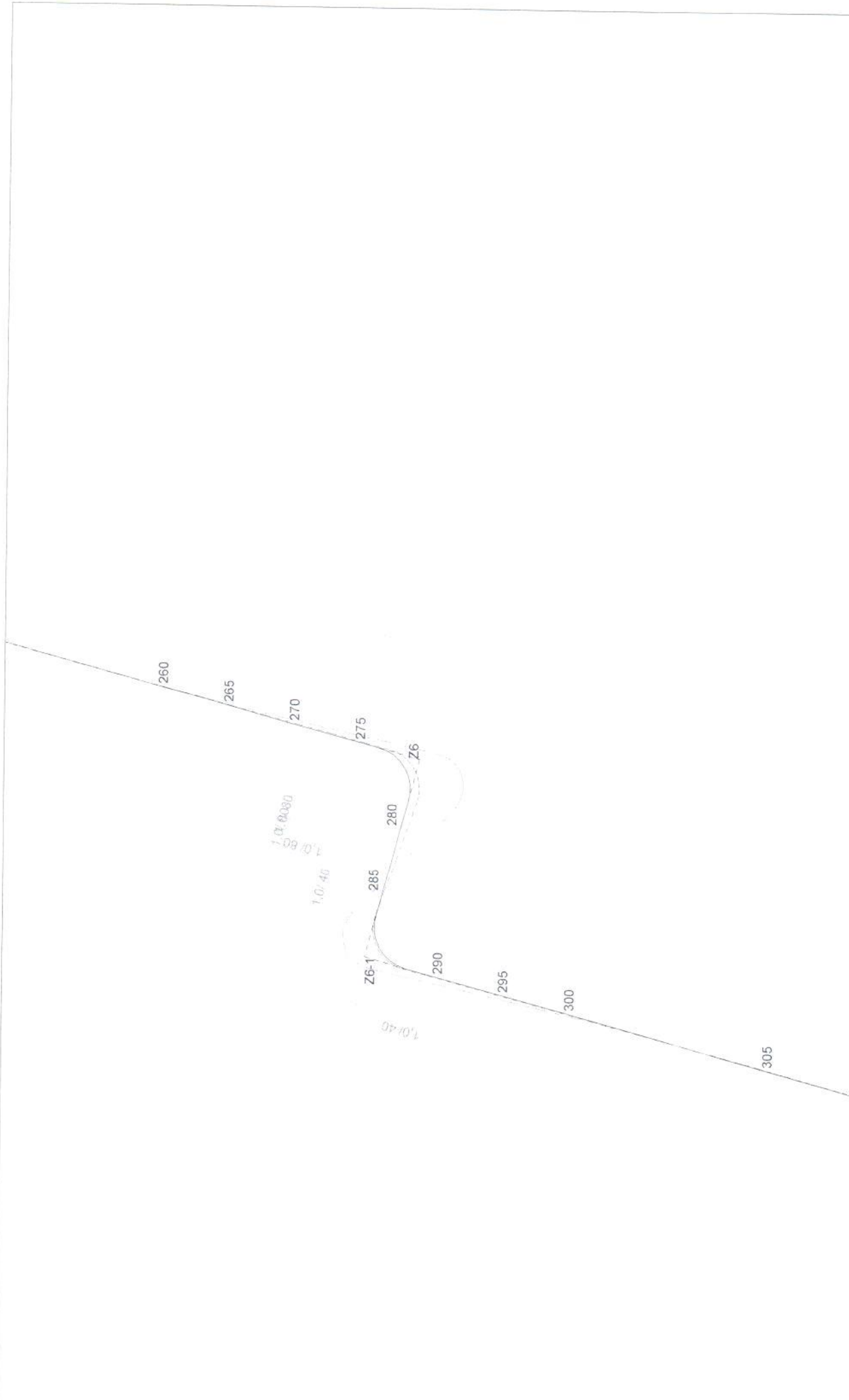
Distortion factor: 20.0

GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun		14.05.2013
Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013		
Loading case 3: cold		
Reference loading case 2: hot		

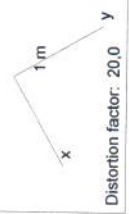


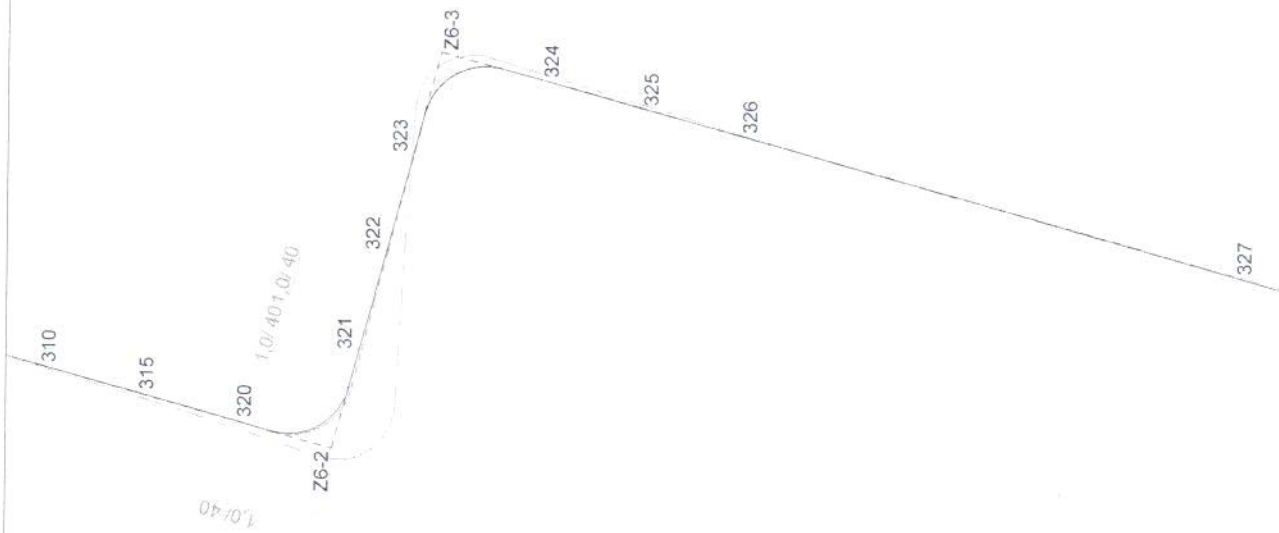
GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun		14.05.2013
Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013		
Loading case 3: cold		
Reference loading case 2: hot		

6



GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013 WLOCLAWEK DN
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	14.05.2013
Customer: CSALOR Torun Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013 Loading case 3: cold Reference loading case 2: hot		
7		



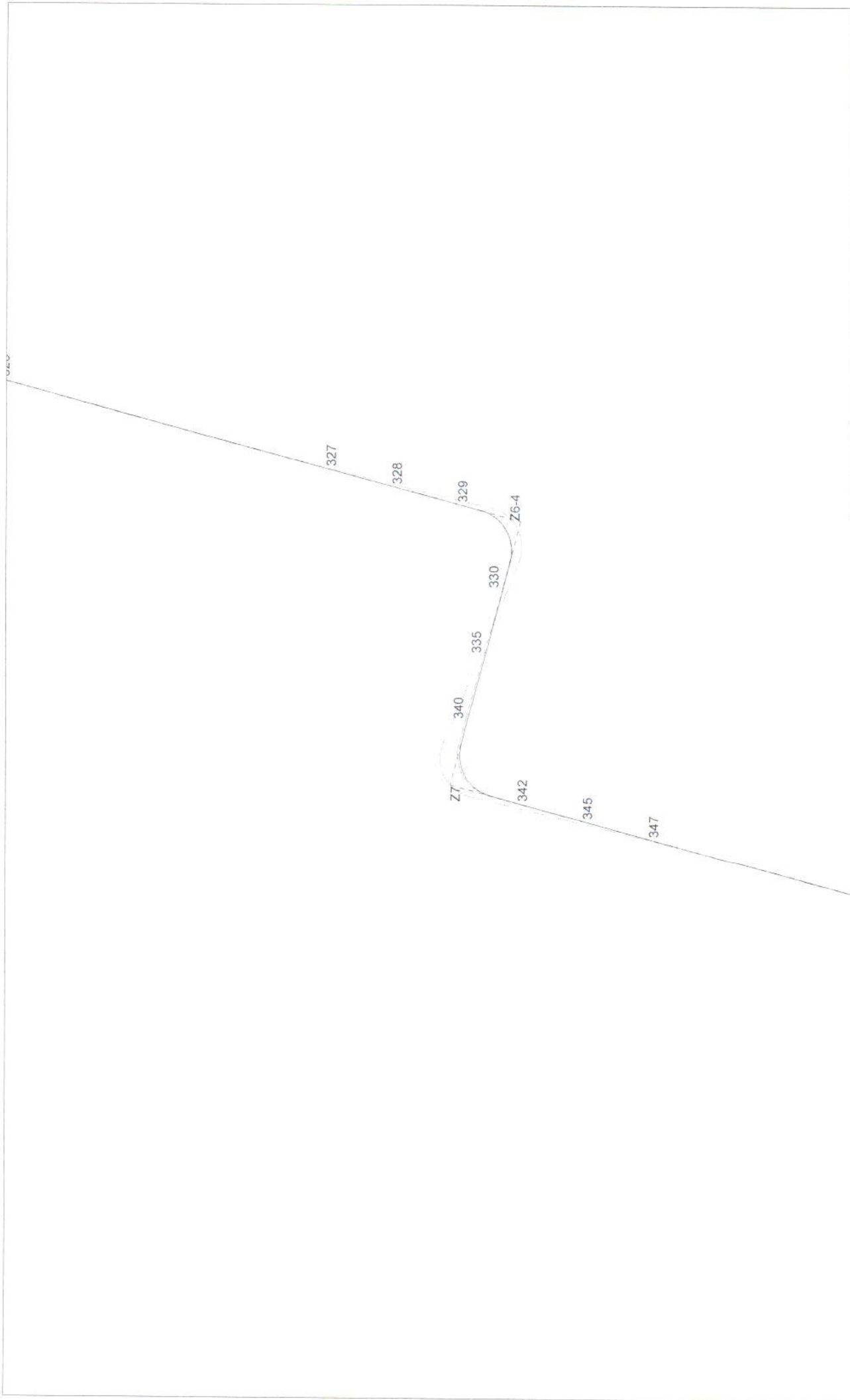


GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013 WLOCLAWIEK DN
siskMR	Ferd.-Porsche-Slr. 4a 69181 Leimen	14.05.2013
Customer: CSALOR Torun Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013 Loading case 3: cold Reference loading case 2: hot		

8

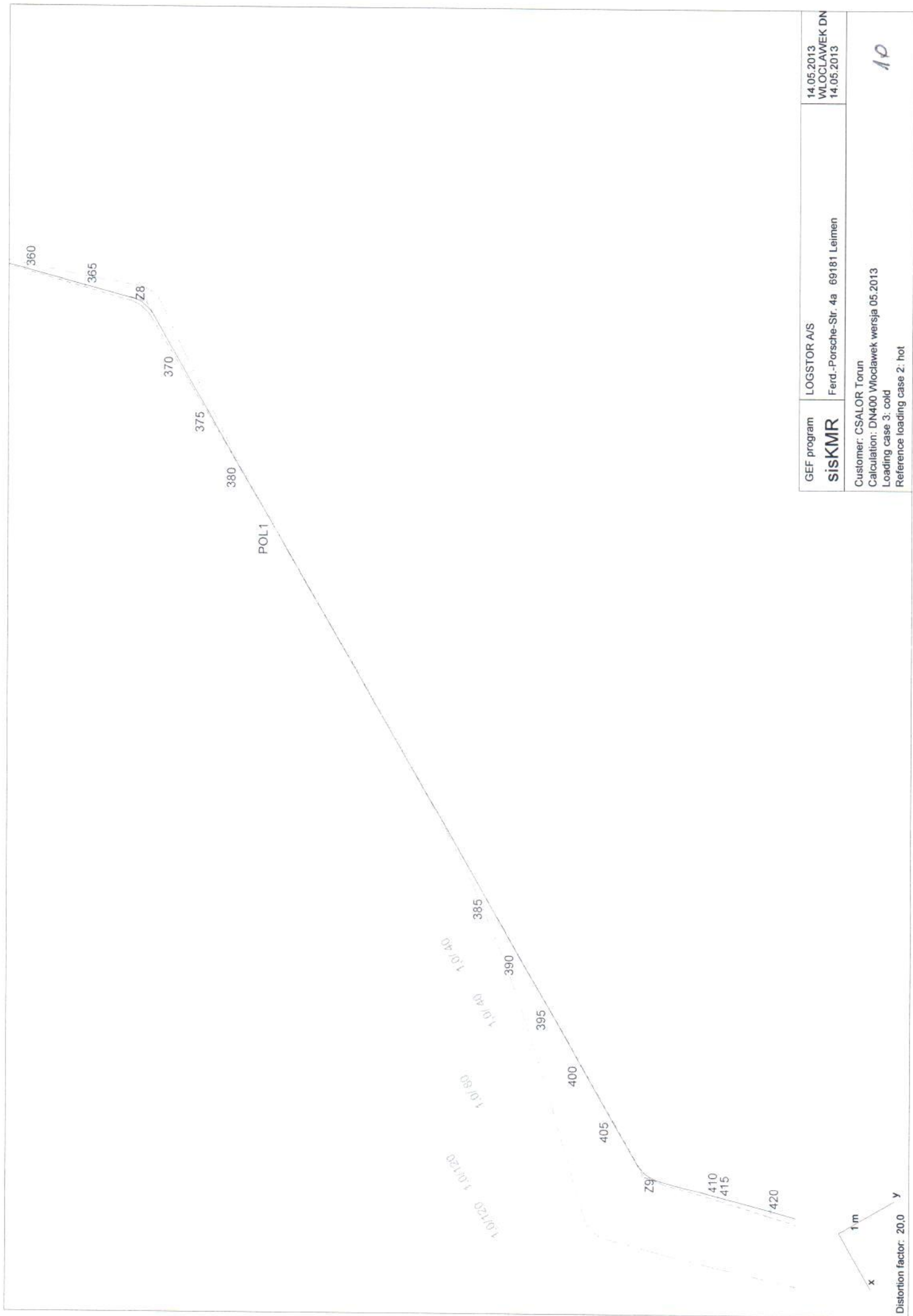


Distortion factor: 20.0



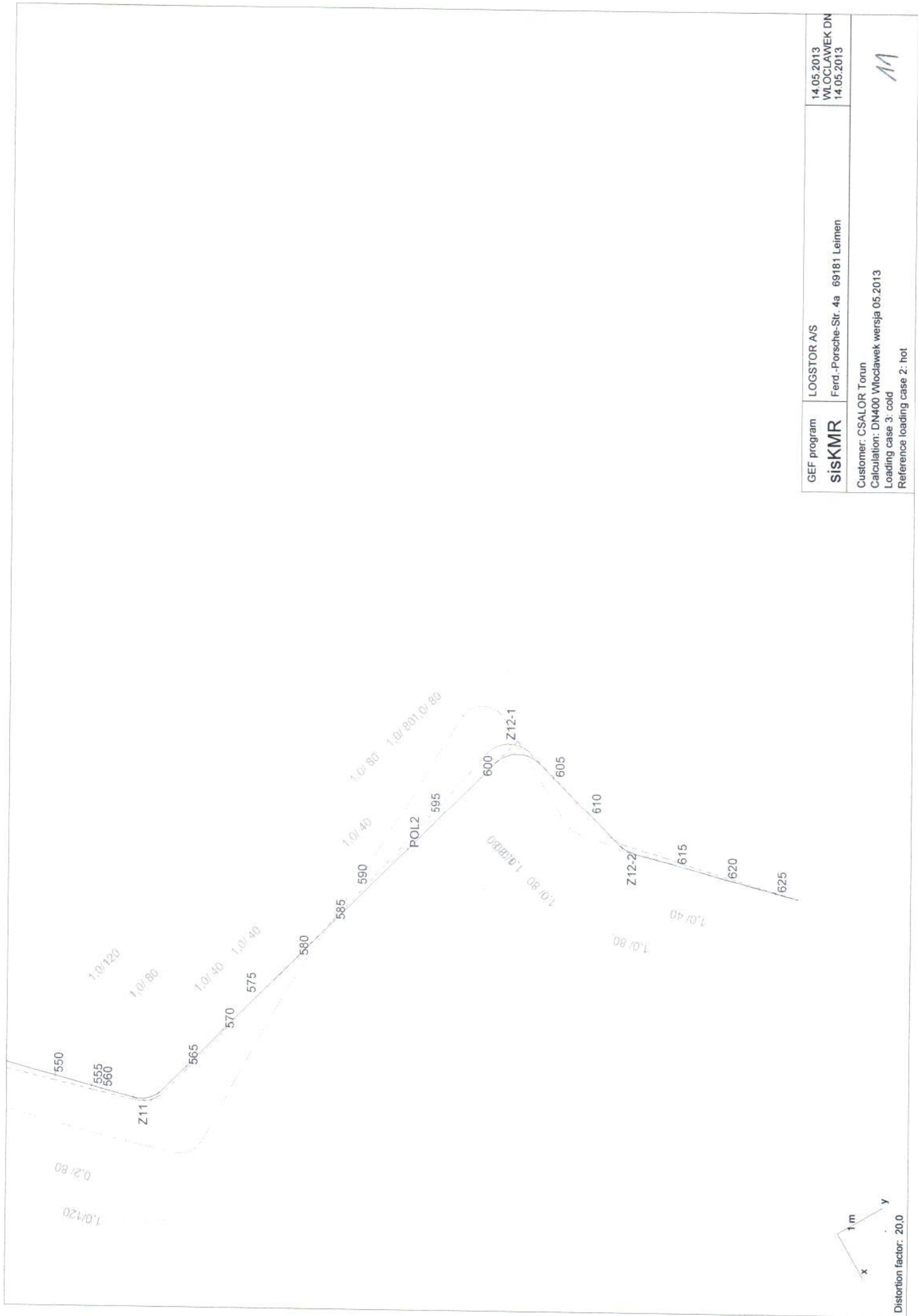
GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013 Loading case 3: cold Reference loading case 2: hot		14.05.2013





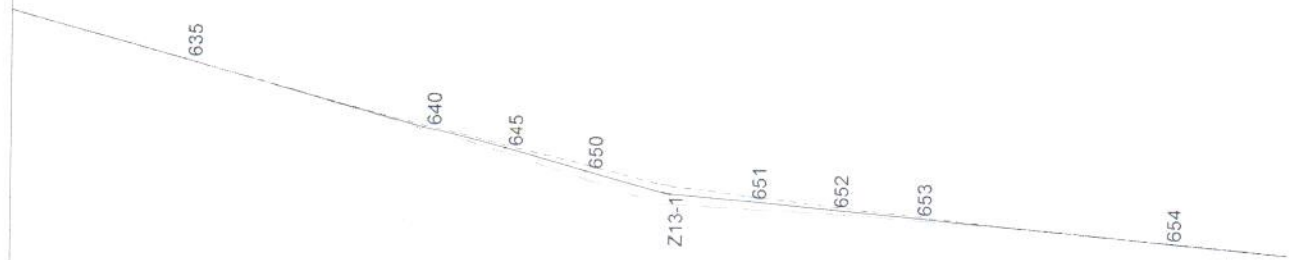
GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
sisKMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun		14.05.2013
Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013		
Loading case 3: cold		
Reference loading case 2: hot		

10

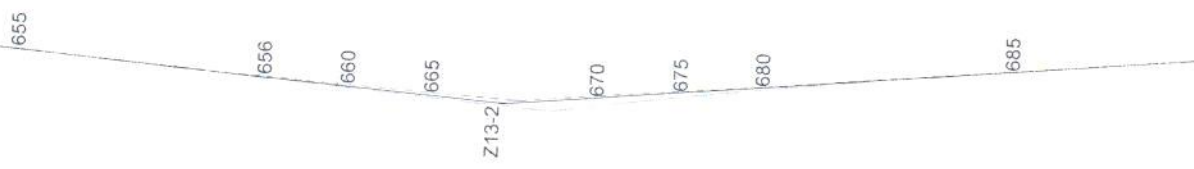


GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013 WLOCLAWEK DN 14.05.2013
sisKMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	
Customer: CSALOR Torun Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013 Loading case 3: cold Reference loading case 2: hot		

M

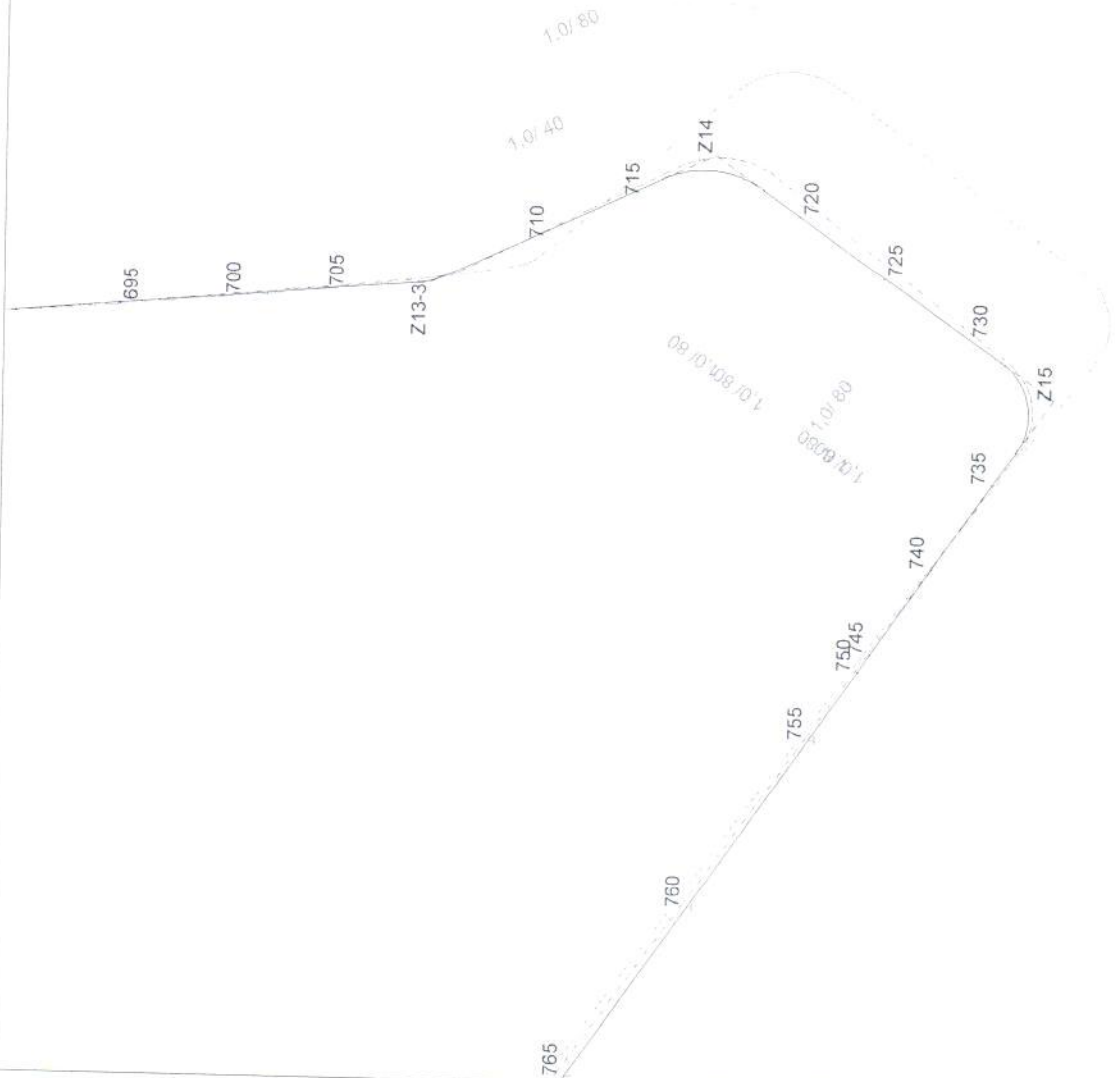


GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013 WLOCLAWEK DN 14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	
Customer: CSALOR Torun Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013 Loading case 3: cold Reference loading case 2: hot		
12		



Distortion factor: 20.0

GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
sisKMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun		14.05.2013
Calculation: DN400 Wloclawek wersja 05.2013		
Loading case 3: cold		
Reference loading case 2: hot		



GEF program	LOGSTOR A/S	14.05.2013
siskMR	Ferd.-Porsche-Str. 4a 69181 Leimen	WLOCLAWEK DN
Customer: CSALOR Torun		14.05.2013
Calculation: DN400 Włocławek wersja 05.2013		
Loading case 3: cold		
Reference loading case 2: hot		

Distortion factor: 20.0

sisKMR 19.2.0.0**sisKMR-Projekt: DN400 Wloclawek wersja 05.2013**

Static calculation of 3-dimensional pipe systems considering nonlinear bedding functions

- * FR' (wv,ww) - Raising the axial frictional force FRg'
- * Q' (wv,ww) - Additional lateral longitudinal force
- * MR' (pu) - Frictional moment

Calculation basis

- EN 13941: 2010-12 for underground pipes
- EN 13480 (08/2002) for pipes aboveground
- Reducing process with more intensive separation of the static unknowns (to guarantee numerical stability)
- Constant-force process for the iterative determination of the friction
- Dimensioning of wall thicknesses under internal pressure must always be performed in accordance with the special standards.

Note: at least one component exceeds a stress limit

Input data

Commisson -No.: 14.05.2013
Customer: CSALOR Torun
Zasilanie T=130 stC, p=16bar

Minimum operating temperature	10,00 ° C
Reducing factors for friction force	1,00 1,00 1,00

Line: 1 / Section: 1

Section - starting point	USP1 , Point type: FP
Project class	C with 100 load cycles
Outer diameter	406,40 mm
Wall thickness	6,30 mm
Diameter casing	560,00 mm
Medium pipe material	P235GH
E-Modulus	206,57 kN/mm ₂
Coefficient of expansion	1,24 E-05 1/K
Yield strength	191,40 N/mm ₂
Tensile strength	360,00 N/mm ₂
Section mass	192,99 kg/m
Maximum operating temperature	130,00 ° C
Installation temperature	10,00 ° C
Internal overpressure	16,00 bar
Allowable PUR compressive stress	0,24 N/mm ₂
Cover at section end point	1,20 m
Friction angle of soil	32,50 °
Specicfic weight of soil	19,00 kN/m ³
Horizontal length component	11,50 m
Local pre-stressing	0,00 mm
Division	2
Bedding type	Soil without lateral displacement

5. Bend table

- wua,wva - Displacements at bend start in mm
 wvmax,wwmax - Maximum displacements in bend in mm
 wue,wve - Displacements at bend end in mm
 dSIGV - Reference stress range in N/mm² (or MPa)

STR	PKT	LF	wua	wva	wvmax	wwmax	wue	wve	dSIGV
1	Z2	2	29,1	-30,2	-44,2	0,0	-31,0	-28,7	322,0
		3	1,7	-4,0	-4,6	0,0	-4,4	-1,8	
1	Z3	2	-4,8	-5,3	-5,3	0,0	-5,8	-3,9	440,2
		3	-3,1	2,2	2,9	0,0	-2,4	2,9	
1	Z4	2	16,8	-10,2	-15,2	0,0	10,3	-15,2	974,6
		3	-0,8	1,9	2,3	0,0	0,3	2,2	
1	Z4-1	2	14,8	-46,3	-50,7	0,0	-23,0	-44,4	937,0
		3	0,3	-2,1	-2,1	0,0	-1,2	-1,7	
1	Z5	2	23,8	-66,6	-72,0	0,0	-30,3	-63,8	868,5
		3	1,2	0,4	-0,5	0,0	1,1	-0,5	
1	Z6	2	43,0	-7,4	-36,9	0,0	-1,1	-33,4	515,4
		3	8,1	-0,8	-6,9	0,0	0,1	-6,6	
1	Z6-1	2	0,9	-16,6	-22,0	0,0	-26,1	-7,2	507,2
		3	0,0	-0,3	-1,4	0,0	-1,7	-0,8	
1	Z6-2	2	27,1	-5,3	-25,5	0,0	-2,6	-24,0	249,8
		3	1,8	-0,1	-1,6	0,0	0,0	-1,6	
1	Z6-3	2	1,4	-5,0	-7,6	0,0	-7,3	-3,7	243,9
		3	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,0	
1	Z6-4	2	7,1	-3,8	-8,1	0,0	-2,3	-6,2	198,1
		3	0,2	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,1	
1	Z7	2	1,8	-12,8	-14,2	0,0	-15,1	-4,3	286,4
		3	0,0	-1,4	-1,5	0,0	-1,6	-0,1	
1	Z8	2	3,8	-10,4	-11,6	0,0	-4,3	-10,2	442,0
		3	-0,8	2,6	2,8	0,0	1,4	2,4	
1	Z9	2	16,7	-57,1	-61,4	2,2	-29,4	-55,1	499,4
		3	2,4	0,6	-1,6	0,0	2,0	-1,6	
1	Z11	2	53,4	-40,8	-63,4	0,0	-5,6	-61,7	435,8
		3	2,9	-1,9	-2,9	0,0	0,2	-2,9	

STR	PKT	LF	wua	wva	wvmax	wwmax	wue	wve	dSIGV
1	Z12-1	2	7,0	-54,1	-55,6	0,0	-55,3	-6,0	407,6
		3	0,3	-12,2	-12,4	0,0	-13,4	-0,9	
1	Z12-2	2	-52,2	-22,6	-22,6	0,0	-56,8	4,0	565,1
		3	-13,4	-0,7	5,6	0,0	-12,1	5,6	
1	Z13-1	2	-1,1	-6,8	-6,8	0,0	-2,1	-6,5	880,1
		3	-1,7	4,5	4,7	0,0	-0,8	4,7	
1	Z13-2	2	27,4	-1,4	-6,0	0,0	26,9	-6,0	442,5
		3	7,2	2,6	2,6	0,0	7,6	1,3	
1	Z13-3	2	47,9	5,0	-9,8	0,0	47,3	-9,8	685,1
		3	9,0	1,9	1,9	0,0	9,2	-1,0	
1	Z14	2	50,4	-23,7	-60,6	0,0	1,7	-60,6	292,7
		3	9,2	-2,3	-8,6	0,0	2,5	-8,6	
1	Z15	2	5,9	-57,8	-58,0	0,0	-56,5	-5,9	132,9
		3	2,5	-2,0	-2,3	0,0	-0,7	-1,4	
1	Z16	2	23,9	-5,8	-23,9	0,0	-4,2	-22,1	272,6
		3	2,1	-0,4	-1,9	0,0	-0,3	-1,7	
1	Z17	2	2,6	-41,2	-42,9	0,0	-46,8	-6,8	390,3
		3	-0,3	-4,5	-4,5	0,0	-5,0	0,0	