

TEOLLISUUDEN PUTKISTOT JA LAITTEET. PAINESÄILIÖIDEN JA VARASTOSÄILIÖIDEN YHDEKUORMAT

Piping and equipment in industry. Allowable nozzle loads of pressure vessels and storage tanks

Ristiriitatapauksissa pätee suomenkielinen teksti.**Sisällys**

- 1 Soveltamisala
- 2 Viittaukset
- 3 Käsitteet ja määritelmät
- 4 Laskentaperusteet
 - 4.1 Kaavat
 - 4.2 Lämpötila
 - 4.3 Materiaalit
- 5 Yhdekuormat
 - 5.1 Paine
 - 5.2 Vaipan halkaisija
 - 5.3 Yhteen koko
 - 5.4 Kuormituskerroin K
 - 5.5 Taulukkoarvojen laskentamenetelmä
 - 5.6 Yhdekuormataulukot
- 6 Yhdekuormat laitesuunnittelussa
- 7 Yhdekuormien esittäminen hankintadokumenteissa

Opastavia tietoja

- O.1 Standardin normaaleista olosuhteista poikkeaminen
- O.2 Suunnitteluperusteita
- O.3 Painesäiliön yhdekuormien laskentamenetelmä
- O.4 Varastosäiliön yhdekuormien laskentaperusteet
- O.5 Muutokset standardin edelliseen painokseen

1 SOVELTAMISALA

Standardi määrittelee teräksisten paine- tai varastosäiliöiden lieriö- ja kartiokuorissa sekä kuperien päätyjen kalottiosalla sijaitsevien kohtisuorien lieriömäisten yhteiden suunnittelukuormat.

Tämä standardi on tarkoitettu käytettäväksi laitehankinnoissa ja tietojen vaihdossa putkisto- ja laitesuunnittelun kesken.

Standardia voidaan käyttää myös muille laitteille ja vinoille yhteille, mutta se ei ole suoraan tarkoitettu siihen käyttöön.

Tässä standardissa ei käsitellä väsyttäviä kuormituksia eikä yhdevoimien aiheuttamaa lommahdusvaaran lisääntymistä.

In the case of a conflict the Finnish text shall prevail.**Contents**

- 1 Scope
- 2 References
- 3 Terms and definitions
- 4 Calculation basis
 - 4.1 Equations
 - 4.2 Temperature
 - 4.3 Materials
- 5 Nozzle loads
 - 5.1 Pressure
 - 5.2 Diameter of shell
 - 5.3 Nozzle size
 - 5.4 Loading coefficient K
 - 5.5 Calculation method of table values
 - 5.6 Nozzle load tables
- 6 Nozzle loads in equipment design
- 7 Presentation of nozzle loads in procurement documents

Information for guidance

- O.1 Deviation from normal conditions of the standard
- O.2 Design principles
- O.3 Calculation method for nozzle loads in pressure vessels
- O.4 Calculation basis for nozzle loads in storage tanks
- O.5 Changes to the previous edition of the standard

1 SCOPE

The standard specifies the design loads for perpendicular cylindrical nozzles in cylindrical and conical shells and spherical parts of dished ends of pressure vessels or tanks made of steel.

This standard is meant to be used in equipment procurement and information exchange between the piping and equipment design.

Standard can also be used in other equipment and oblique nozzles, even if not directly intended for the purpose.

This standard does not address fatigue loads or the increased risk of buckling caused by nozzle loads.

2 VIITTAUKSET

SFS-EN 13445-3:2021+A1:2026, Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 3: Suunnittelu. 2021

3 KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

Aksiaalivoima

on yhteen akselilla sijaitseva kuoren normaalivoima. Kuvassa 1 aksiaalivoima on F_z

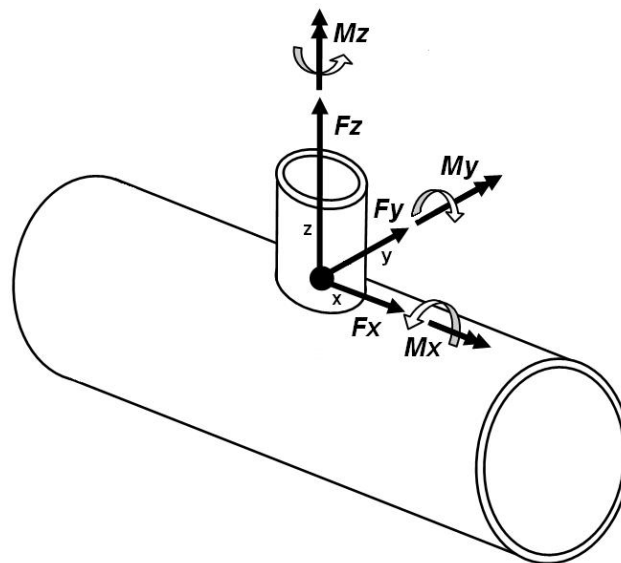
2 REFERENCES

SFS-EN 13445-3:2021+A1:2026:en, Unfired pressure vessels. Part 3: Design. 2021

3 TERMS AND DEFINITIONS

Axial force

is a force acting perpendicular to shell surface in the direction of the nozzle axis. In figure 1 axial force is F_z .



Kuva 1 Kuormien suunnat

Figure 1 Load directions

Pallokuoressa olevan yhteen aksiaalisuunta on z-akseli sekä x- ja y-akselit ovat siihen nähden kohtisuorassa.

For a nozzle in a spherical shell the axial direction is the z-axis and x and y axes are perpendicular to that.

Kupera pääty on kaareva, yleensä lieriöön hitsattava päätykappale. Tyypillisiä kuperan päädyn muotoja ovat Korbboogen, Klöpfer ja elliptinen.

Dished end is a curved end piece, usually welded to a cylinder. Typical dished end types are Korbboogen, Klöpfer and ellipsoidal.

Leikkausvoima

on kuoren pinnalla yhteen akselia vastaan kohtisuora voima, kuvassa 1 F_x ja F_y

Shear Force

is the force acting on the shell surface perpendicular to nozzle axis, in figure 1 F_x and F_y

Taivutusmomentti

on kuoren pinnan tasossa yhdettä taivuttava momentti (lieriössä kehänsuuntainen ja lieriön akselin suuntainen), kuvassa 1 M_x ja M_y

Bending moment

is a moment acting on a shell surface and bending the nozzle (for a cylinder the circumferential and axial direction of a shell), in figure 1 M_x and M_y

Varastosäiliö on nesteiden varastointiin tarkoitettu, yleensä tasapohjainen, säiliö, jossa hydrostaattisen paineen lisäksi on vain vähäinen ylipaine nestepinnan yläpuolella.

Storage tank is a container, usually with a flat bottom, intended for storing liquids. In addition to hydrostatic pressure, there is only a slight pressure above the liquid surface.

Vääntömomentti

on yhteen pituusakselin ympäri kiertävä momentti, kuvassa 1 M_z

Torsional moment

is the moment that turns around the longitudinal axis of the nozzle, in figure 1 M_z

Laskentapaine

on se ylipaine, jota käytetään yhdekuormien määrittämiseen kaavojen (1) ja (2) tai (5) ja (6) mukaan. Laskentapaine on vähintään laitteen suunnittelu-paine lisättyä sisällön hydrostaattisella paineella.

Yhdekuorma

on kuormien vaikutuspisteessä sijaitseva kuormakomponentti (6 kpl)

Kuormien vaikutuspiste

on vaipan ulkopinnassa yhteen akselilla.

Käyttöaste

on vallitsevan kuormituksen suhde sallittuun kuormitukseen.

4 LASKENTAPERUSTEET

Laskenta perustuu standardin SFS-EN 13445-3 kohdan 16 määrittelyyn, jonka mukaan yhteen käyttöaste lasketaan huomioimalla painekuorman ja ulkoisten kuormien yhteisvaikutus.

4.1 Kaavat

Painesäiliöiden yhdekuormat on laskettu alla olevilla kaavoilla:

$$F_z = \alpha(20 \cdot DN^{1,2} + 0,2 \cdot P \cdot DN^{1,2}) \quad (1)$$

$$M_x = M_y = \alpha[2(DN - 10)^{1,4} + 1 \cdot 10^{-5} P \cdot DN^{2,7}] \quad (2)$$

$$M_z = 2 \cdot M_x \quad (3)$$

$$F_x = F_y = 2 \cdot F_z \quad (4)$$

Varastosäiliöissä käytetään yhdekuormien määrittelyyn seuraavia laajoihin koelaskuihin perustuvia kaavoja, joissa laskentapaineen tulee olla alle 2,5 bar.

$$F_z = (20 \cdot (e/3)^2 * DN^{0,63}) \cdot \sqrt{1 - 0,4P} \quad (5)$$

$$M_x = M_y = [2 \cdot (e/3)^2 * (DN - 10)^{0,83}] \cdot \sqrt{1 - 0,4P} \quad (6)$$

Muut varastosäiliöiden kuormakomponentit määritellään kuten edellä painesäiliöille. Varastosäiliöiden yhdekuormia ei ole erikseen taulukoitu.

Calculation pressure

is the over pressure that is used for calculating the nozzle loads acc. to equations (1) and (2) or (5) and (6). The calculation pressure is at least the design pressure of the equipment plus the hydrostatic pressure of the contents.

Nozzle load

is the load component acting at the loading point (6 pcs)

Loading point

is at the centre of nozzle on the shell surface

Utilization ratio

is the ratio of active load divided by allowable load.

4 CALCULATION BASIS

The calculation is based on standard SFS-EN 13445-3 clause 16 definition, which states that the utilization ratio of a nozzle shall be calculated considering the combination of the pressure load and external loads.

4.1 Equations

The nozzle loads of pressure vessels have been calculated using the following equations:

The following formulas based on extensive test calculations are used to determine nozzle loads in storage tanks, where the calculation pressure shall be less than 2,5 bar.

Other load components for storage tanks are determined as above for pressure vessels. The nozzle loads of the storage tanks are not separately tabulated.

missä

DN on yhteen nimelliskoko
 P on laskentapaine, bar
 F_X on yhteen leikkausvoima, N
 F_Y on yhteen leikkausvoima, N
 F_Z on yhteen aksiaalivoima, N
 M_X on kehämomentti, Nm
 M_Y on pitkittäismomentti, Nm
 M_Z on vääntömomentti, Nm
 α on kerroin
 e on vaipan ja vahvistuslevyn yhteispaksuus, mm

Kertoimella α on huomioitu säiliön ja yhteen halkaisijoiden vaikutus sekä korjattu yhdekuormien suuruudet niin, että käyttöaste ei ylitä 100 %.

4.2 Lämpötila

Laskentalämpötilana on käytetty 20 °C.

Lämpötilan muutoksen vaikutus on vähäinen, koska säiliön vaipan vaadittu paksuus kasvaa vastaavasti lämpötilan noustessa. Lämpötilan muutoksella ei ole vaikutusta taulukoissa esitettyihin yhdekuormiin.

4.3 Materiaalit

Taulukoissa esitettyjen yhdekuormien laskennassa käytetty suunnittelujännitys f on 140 MPa. Materiaalin lujuus ei vaikuta merkittävästi laskennalliseenkestokykyyn, koska vaipan paksuus yleensä valitaan pienemmäksi, kun käytetään lujempia materiaaleja.

5 YHDEKUORMAT

Standardin taulukoissa 1–7 on esitetty painesäiliöiden yhdekuormat jaoteltuna säiliön halkaisijan ja paineluokan mukaan. Varastosäiliöille ei esitetä valmiiksi määriteltäviä yhdekuormia; ne voidaan laskea käyttäen kohdassa 4 esitettyjä kaavoja (5) ja (6).

Yhdekuormilla tarkoitetaan putkistosta aiheutuvia kuormia. Vaihteluvälillä tarkoitetaan maksimi- ja minimikuormien erotusta. Vaihteluväli voi suurimmillaan olla kaksi kertaa taulukoissa esitettyjen yhdekuormien suuruisen. Kuormien vaihteluväliä määrittäessä on yhdeksi kuormitustilanteeksi otettava kuormittamaton tila, jos se tuottaa suurimman vaihteluvälin.

Puolipallopäädyssä ja ohennetussa kuperan päädyn kalotissa sekä pallosäiliössä standardin kuormat saattavat vaatia lisäpaksuutta verrattuna paineen vaatimaan seinämän paksuuteen.

where

DN is the nominal size of a nozzle
 P is the calculation pressure, bar
 F_X is the shear force of a nozzle, N
 F_Y is the shear force of a nozzle, N
 F_Z is the axial force of a nozzle, N
 M_X is the circumferential moment, Nm
 M_Y is the longitudinal moment, Nm
 M_Z is the torsional moment, Nm
 α is a coefficient
 e is a combined thickness of the shell and reinforcement plate, mm

The coefficient α considers the effect of the shell and nozzle diameters and the corrected magnitude of nozzle loads so that the utilization factor does not exceed 100 %.

4.2 Temperature

The calculation temperature is 20 °C.

The effect of temperature variation is minimal as the required shell thickness increases respectively as temperature rises. The temperature change has no effect on the nozzle loads presented in the table.

4.3 Materials

The design stress used for calculating the nozzle loads is 140 MPa. The material strength does not significantly affect the calculated strength because the selected shell thickness is usually thinner when higher-strength materials are used.

5 NOZZLE LOADS

Tables 1–7 of the standard provide the nozzle loads for pressure vessels, categorized by vessel diameter and pressure class. There are no predefined nozzle loads for storage tanks; they can be calculated using formulas (5) and (6) presented in section 4.

Nozzle loads refer to load caused by the piping. Range refers to the difference between maximum and minimum loads. The range can be at most twice the size of the nozzle loads presented in tables. When defining the load range, unloaded condition shall be selected as a load condition, if it produces the maximal range.

In hemispherical ends and thinned spherical section of dished ends as well as spherical vessels, the standard loads may require additional wall thickness compared to the wall thickness required by the pressure.

Laitteen tai putkiston valmistajan tulee varmistaa ta-pauskohtaisesti, että rakenne täyttää vaatimukset esitetyillä kuormituksilla.

Mikäli yhdekuormia ei haluta määritellä, mutta halutaan varautua putkistosta aiheutuviin kuormituksiin, voidaan valmistaja velvoittaa käyttämään standardin SFS-EN 13445-3 liitteen V menettelyä. Jos yhdekuormat on määritetty, niiden hyväksyttävyyden on varmistettava.

5.1 Paine

Yhdekuormat on esitetty laskentapaineille 6, 10, 16, 25 ja 40 bar.

5.2 Vaipan halkaisija

Yhdekuormat on esitetty vaipan halkaisijoille 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 ja 5000 mm. Kartiossa halkaisija tarkoittaa halkaisijaa yhteen kohdalla jaettuna kärkikulman puolikkaan kosinilla.

5.3 Yhteen koko

Yhdekuormat on esitetty yhteille, joiden nimelliskoko on DN 32–600.

5.4 Kuormituskerroin K

Taulukoidut kuormat on esitetty kuormituskertoimen K arvolla 1,0.

Joustavilla ja kevyesti kuormitetuilla putkistoilla on mahdollista käyttää kuormituskerrointa $K < 1,0$ sekä vastaavasti jäykillä ja raskaasti kuormitetuilla putkistoilla $K > 1,0$.

Kuormituskerroin K on aina esitettävä yhdekuormien yhteydessä, ellei kuormituksia esitetä erikseen.

5.5 Taulukkoarvojen laskentamenetelmä

Taulukoissa 1–7 esitetyt yhdekuormat on saatu suorittamalla sarja mitoituslaskelmia, jotka on tehty sekä vahvistamattomille että vahvistuslevyllä vahvistetuille yhteille. Laskentamenetelmä on esitetty kohdassa O.3.

Levyvahvistetuille yhteille voidaan käyttää kaksinkertaisia kuormia. Laskelmissa on oletettu, että levyvahvistus on paksuudeltaan vaipan paksuuden suurin ja leveydeltään L kaavan (7) mukainen (SFS-EN 13445-3 kohta 16.5.4).

The manufacturer of the equipment or piping shall ensure on a case-by-case basis that the construction meets the requirements with the loads presented.

If the nozzle loads are not specified but loads generated by the piping should be considered, the manufacturer can be instructed to use the procedure in annex V of standard SFS-EN 13445-3. If nozzle loads have been defined, their acceptability shall be ensured.

5.1 Pressure

The nozzle loads have been presented for calculation pressures 6, 10, 16, 25 and 40 bar.

5.2 Diameter of shell

The nozzle loads have been presented for diameters 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 and 5000 mm. The diameter of a cone means the diameter at the nozzle divided by the cosine of half the vertex angle.

5.3 Nozzle size

The nozzle loads have been presented for nozzles with a nominal size of DN 32 to 600.

5.4 Loading coefficient K

The tabled loads have been presented with a loading coefficient value K of 1,0.

With flexible and lightly loaded piping it is possible to use a loading coefficient $K < 1,0$ and with stiff and heavy loaded piping $K > 1,0$.

The loading coefficient K shall always be presented in connection with nozzle loads unless they are presented separately.

5.5 Calculation method of table values

The nozzle loads presented in tables 1 to 7 were achieved by performing a series of design calculations for both unreinforced nozzles and nozzles reinforced using reinforcement plates. The calculation method is presented in section O.3.

Double loads can be used for plate-reinforced nozzles. The calculations assume that the plate reinforcement is the same thickness as the shell and has a width L according to equation (7) (SFS-EN 13445-3, section 16.5.4).

$$L = \sqrt{D \cdot (e_a + e_2)} \quad (7)$$

missä

D on vaipan keskihalkaisija yhteen kohdalla, mm
 e_a on vaipan analyysipaksuus, mm
 e_2 on vahvistuslevyn paksuus, mm

Suurilla levynpaksuuksilla (suuri paine, suuri halkaisija) levyvahvistuksen käyttö ei aina ole käytännöllistä. Esim. lämpötiloissa yli 250 °C standardi SFS-EN 13445-3 luku 8 ei suosittele levyvahvistuksen käyttöä.

5.6 Yhdekuormataulukot

Taulukoissa 1–7 esitetyt voimat ja momentit ovat painesäiliön laiteyhteen samanaikaisia yksittäisiä kuormituksia. Kuormituksen vaihdellessa, sallittu kuormitusten vaihteluväli saa kuitenkin olla 2 kertaa taulukoissa esitetty arvo.

Sallitut kuormitukset taulukoissa voidaan kertoa kahdella, jos yhde vahvistetaan saman paksuisella vahvistuslevyllä kuin on säiliön vaippa. Vahvistuslevyn leveyden on kuitenkin oltava vähintään kaavan (7) mukainen.

Esitetyt kuormitukset koskevat myös säiliön kuperan päädyn (klöpper-, korbogen- ja elliptinen pääty) kallottialueella olevia yhteitä, kun kuperan päädyn paksuus vastaa liittyvän lieriön paksuutta. Pallon ja pallopäädyn paksuutta voidaan joutua kasvattamaan esitetyillä yhdekuormilla.

where

D is the mean diameter of the shell at the nozzle, mm
 e_a is the analysis thickness of the shell, mm
 e_2 is the thickness of the reinforcement plate, mm

With large plate thicknesses (high pressure, large diameter), the use of plate reinforcement is not always practical. For example, at temperatures above 250 °C, standard SFS-EN 13445-3 clause 8 does not recommend the use of plate reinforcement.

5.6 Nozzle load tables

The forces and moments listed in tables 1-7 represent individual simultaneous loads on the piping nozzle of a pressure vessel. However, when the load varies, the allowable range of load variation can be up to 2 times the values indicated in the tables.

The allowable loads in the tables can be multiplied by two if the nozzle is reinforced with a reinforcing plate of the same thickness as the vessel shell. However, the width of the reinforcing plate shall be at least in accordance with equation (7).

The loads shown also apply to the nozzles in the dished end of the vessel (klöpper, korbogen and elliptical end), when the thickness of the dished end corresponds to the thickness of the connected cylinder. The thickness of the sphere and spherical end may have to be increased with the nozzle loads presented.

Taulukko 1 Painesäiliö D = 500 mm vahvistamattomalla yhteellä, K = 1

Table 1 Pressure vessel D = 500 mm with unreinforced nozzle, K = 1

Laskentapaine Calculation pressure P (bar)	Yhteen koko Nozzle size DN	Leikkaus- voima Shear force Fx (N)	Leikkaus- voima Shear force Fy (N)	Aksiaali- voima Axial force Fz (N)	Taivutus- momentti Bending moment Mx (Nm)	Taivutus- momentti Bending moment My (Nm)	Vääntö- momentti Torsional mo- ment Mz (Nm)
6	32	550	550	275	25	25	50
	50	800	800	400	50	50	100
	80	1150	1150	575	100	100	200
	100	1400	1400	700	125	125	250
	150	2000	2000	1000	250	250	500
	200	2700	2700	1350	350	350	700
	250	3450	3450	1725	500	500	1000
	300	4200	4200	2100	600	600	1200
400	5500	5500	2750	900	900	1800	
10	32	550	550	275	25	25	50
	50	800	800	400	50	50	100
	80	1150	1150	575	100	100	200
	100	1400	1400	700	125	125	250
	150	2050	2050	1025	250	250	500
	200	2700	2700	1350	350	350	700
	250	3450	3450	1725	500	500	1000
	300	4100	4100	2050	600	600	1200
400	5500	5500	2750	900	900	1800	
16	32	550	550	275	25	25	50
	50	800	800	400	50	50	100
	80	1150	1150	575	100	100	200
	100	1400	1400	700	125	125	250
	150	2050	2050	1025	250	250	500
	200	2700	2700	1350	350	350	700
	250	3400	3400	1700	500	500	1000
	300	4050	4050	2025	600	600	1200
400	5350	5350	2675	900	900	1800	
25	32	1000	1000	500	50	50	100
	50	1600	1600	800	100	100	200
	80	2300	2300	1150	175	175	350
	100	2750	2750	1375	250	250	500
	150	4000	4000	2000	450	450	900
	200	5250	5250	2625	625	625	1250
	250	6000	6000	3000	900	900	1800
	300	7500	7500	3750	1100	1100	2200
400	9500	9500	4875	1600	1600	3200	
40	32	1650	1650	825	75	75	150
	50	2750	2750	1375	150	150	300
	80	4000	4000	2000	300	300	600
	100	4850	4850	2425	400	400	800
	150	7000	7000	3500	750	750	1500
	200	9500	9500	4750	1100	1100	2200
	250	11500	11500	5750	1550	1550	3100
	300	13500	13500	6750	2050	2050	4100
400	17500	17500	8750	3000	3000	6000	

Taulukko 2 Painesäiliö D = 1000 mm vahvistamattomalla yhteellä, K = 1

Table 2 Pressure vessel D = 1000 mm with unreinforced nozzle, K = 1

Laskentapaine Calculation pressure P (bar)	Yhteen koko Nozzle size	Leikkaus- voima Shear force	Leikkaus- voima Shear force	Aksiaali- voima Axial force	Taivutus- momentti Bending moment Mx (Nm)	Taivutus- momentti Bending moment My (Nm)	Vääntö- momentti Torsional moment Mz (Nm)
	DN	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)			
6	32	500	500	250	25	25	50
	50	750	750	375	50	50	100
	80	1050	1050	525	100	100	200
	100	1200	1200	600	125	125	250
	150	2300	2300	1150	275	275	550
	200	3350	3350	1675	425	425	850
	250	3650	3650	1825	500	500	1000
	300	3900	3900	1950	550	550	1100
	400	4500	4500	2250	725	725	1450
	500	5750	5750	2875	1050	1050	2100
600	7250	7250	3625	1350	1350	2700	
10	32	700	700	350	25	25	50
	50	1100	1100	550	75	75	150
	80	1500	1500	750	125	125	250
	100	1750	1750	875	175	175	350
	150	2050	2050	1025	225	225	450
	200	2350	2350	1175	300	300	600
	250	3350	3350	1675	475	475	950
	300	4350	4350	2175	650	650	1300
	400	6250	6250	3125	1000	1000	2000
	500	8000	8000	4000	1450	1450	2900
600	9750	9750	4875	1900	1900	3800	
16	32	1100	1100	550	50	50	100
	50	1750	1750	875	100	100	200
	80	2450	2450	1225	200	200	400
	100	2950	2950	1475	275	275	550
	150	4250	4250	2125	475	475	950
	200	5500	5500	2750	700	700	1400
	250	6750	6750	3375	950	950	1900
	300	8000	8000	4000	1200	1200	2400
	400	10250	10250	5125	1700	1700	3400
	500	13000	13000	6500	2450	2450	4900
600	15750	15750	7875	3150	3150	6300	
25	32	1650	1650	825	75	75	150
	50	2700	2700	1350	175	175	350
	80	4200	4200	2100	350	350	700
	100	5000	5000	2500	475	475	950
	150	7500	7500	3750	825	825	1650
	200	10000	10000	5000	1200	1200	2400
	250	12000	12000	6000	1700	1700	3400
	300	14250	14250	7125	2150	2150	4300
	400	18750	18750	9125	3150	3150	6300
	500	23500	23500	11750	4500	4500	9000
600	28000	28000	14000	6000	6000	12000	
40	32	2100	2100	1050	75	75	150
	50	3550	3550	1775	200	200	400
	80	5750	5750	2875	450	450	900
	100	7250	7250	3625	625	625	1250
	150	11250	11250	6125	1175	1175	2350
	200	15000	15000	7500	1725	1725	3450
	250	18500	18500	9250	2575	2575	5150
	300	22250	22250	11125	3425	3425	6850
	400	29750	29750	14875	5000	5000	10000
	500	37000	37000	18500	7500	7500	15000
600	44500	44500	22250	10250	10250	20500	

Taulukko 3 Painesäiliö D = 1500 mm vahvistamattomalla yhteellä, K = 1

Table 3 Pressure vessel D = 1500 mm with unreinforced nozzle, K = 1

Laskentapaine Calculation pressure P (bar)	Yhteen koko Nozzle size	Leikkausvoima Shear force	Leikkausvoima Shear force	Aksiaali-voima Axial force	Taivutusmomentti Bending moment Mx (Nm)	Taivutusmomentti Bending moment My (Nm)	Vääntömomentti Torsional moment Mz (Nm)
	DN	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)			
6	32	450	450	225	25	25	50
	50	700	700	350	50	50	100
	80	950	950	475	75	75	150
	100	1100	1100	550	100	100	200
	150	1600	1600	800	175	175	350
	200	2100	2100	1050	275	275	550
	250	2550	2550	1275	350	350	700
	300	3050	3050	1525	450	450	900
	400	4000	4000	2000	650	650	1300
	500	5000	5000	2500	900	900	1800
600	6250	6250	3125	1175	1175	2350	
10	32	1050	1050	525	50	50	100
	50	1650	1650	825	100	100	200
	80	2350	2350	1175	200	200	400
	100	2850	2850	1425	275	275	550
	150	3950	3950	1975	475	475	950
	200	5000	5000	2500	650	650	1300
	250	6250	6250	3125	875	875	1750
	300	7250	7250	3625	1100	1100	2200
	400	9500	9500	4750	1550	1550	3100
	500	12000	12000	6000	2200	2200	4400
600	14500	14500	7250	2800	2800	5600	
16	32	1400	1400	700	75	75	150
	50	2500	2500	1250	175	175	350
	80	4950	4950	2475	450	450	900
	100	6500	6500	3250	625	625	1250
	150	7750	7750	3875	875	875	1750
	200	9000	9000	4500	1150	1150	2300
	250	11250	11250	5625	1575	1575	3150
	300	13250	13250	6625	2000	2000	4000
	400	17250	17250	8625	2875	2875	5750
	500	21750	21750	10875	4075	4075	8150
600	26000	26000	13000	5250	5250	10500	
25	32	1800	1800	900	75	75	150
	50	3100	3100	1550	200	200	400
	80	5000	5000	2500	425	425	850
	100	6500	6500	3250	575	575	1150
	150	9750	9750	4875	1075	1075	2150
	200	13000	13000	6500	1550	1550	3100
	250	16000	16000	8000	2250	2250	4500
	300	19250	19250	9625	2925	2925	5850
	400	25500	25500	12750	4300	4300	8600
	500	32000	32000	16000	6250	6250	12500
600	38500	38500	19250	8250	8250	16500	
40	32	2050	2050	1025	75	75	150
	50	3550	3550	1775	200	200	400
	80	6250	6250	3125	500	500	1000
	100	8000	8000	4000	675	675	1350
	150	12750	12750	6375	1350	1350	2700
	200	17500	17500	8750	2025	2025	4050
	250	22250	22250	11125	3050	3050	6100
	300	26750	26750	13375	4100	4100	8200
	400	36250	36250	18125	6000	6000	12000
	500	45750	45750	22875	9250	9250	18500
600	55000	55000	27500	12750	12750	25500	

Taulukko 4 Painesäiliö D = 2000 mm vahvistamattomalla yhteellä, K = 1

Table 4 Pressure vessel D = 2000 mm with unreinforced nozzle, K = 1

Laskentapaine Calculation pressure P (bar)	Yhteen koko Nozzle size	Leikkausvoima Shear force	Leikkausvoima Shear force	Aksiaalivoima Axial force	Taivutusmomentti Bending moment Mx (Nm)	Taivutusmomentti Bending moment My (Nm)	Vääntömomentti Torsional moment Mz (Nm)
	DN	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)			
6	32	650	650	325	25	25	50
	50	1000	1000	50	75	75	150
	80	1350	1350	675	125	125	250
	100	1600	1600	800	150	150	300
	150	2200	2200	1100	250	250	500
	200	2850	2850	1425	375	375	750
	250	3500	3500	1750	500	500	1000
	300	4150	4150	2075	625	625	1250
	400	5250	5250	2625	875	875	1750
	500	6750	6750	3375	1200	1200	2400
10	32	1300	1300	650	75	75	150
	50	2200	2200	1100	150	150	300
	80	3200	3200	1600	300	300	600
	100	3900	3900	1950	400	400	800
	150	5250	5250	2625	625	625	1250
	200	6750	6750	3375	900	900	1800
	250	8500	8500	4250	1200	1200	2400
	300	10000	10000	5000	1500	1500	3000
	400	13000	13000	6500	2150	2150	4300
	500	16250	16250	8125	2975	2975	5950
16	32	1750	1750	875	75	75	150
	50	2850	2850	1425	200	200	400
	80	4700	4700	2350	425	425	850
	100	5750	5750	2875	550	550	1100
	150	8500	8500	4250	975	975	1950
	200	11000	11000	5500	1400	1400	2800
	250	13750	13750	6875	1925	1925	3850
	300	16250	16250	8125	2475	2475	4950
	400	21500	21500	10750	3575	3575	7150
	500	27000	27000	13500	5000	5000	10000
25	32	1850	1850	925	75	75	150
	50	3100	3100	1550	200	200	400
	80	5250	5250	2625	450	450	900
	100	6750	6750	3375	625	625	1250
	150	10250	10250	5125	1150	1150	2300
	200	13750	13750	6875	1675	1675	3350
	250	18500	18500	9250	2625	2625	5250
	300	23000	23000	11500	3550	3550	7100
	400	32250	32250	16125	5250	5250	10500
	500	40250	40250	20125	7750	7750	15500
40	32	2050	2050	1025	75	75	150
	50	3400	3400	1700	200	200	400
	80	5750	5750	2875	450	450	900
	100	7500	7500	3750	625	625	1250
	150	12750	12750	6125	1350	1350	2700
	200	18000	18000	9000	2100	2100	4200
	250	23500	23500	11750	3300	3300	6600
	300	29000	29000	14500	4500	4500	9000
	400	40250	40250	20125	6750	6750	13500
	500	50000	50000	25000	10750	10750	21500
600	62500	62500	31250	14750	14750	29500	

Taulukko 5 Painesäiliö D = 3000 mm vahvistamattomalla yhteellä, K = 1

Table 5 Pressure vessel D = 3000 mm with unreinforced nozzle, K = 1

Laskenta-paine Calculation pressure P (bar)	Yhteen koko Nozzle size	Leikkaus- voima Shear force	Leikkaus- voima Shear force	Aksiaali- voima Axial force	Taivutus- momentti Bending moment Mx (Nm)	Taivutus- momentti Bending moment My (Nm)	Vääntö- momentti Torsional moment Mz (Nm)
	DN	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)			
6	32	1150	1150	575	50	50	100
	50	1850	1850	925	125	125	250
	80	2650	2650	1325	250	250	500
	100	3200	3200	1600	325	325	650
	150	4350	4350	2175	525	525	1050
	200	5500	5500	2750	725	725	1450
	250	6500	6500	3250	950	950	1900
	300	7750	7750	3875	1175	1175	2350
	400	10000	10000	5000	1625	1625	3250
	500	12500	12500	6250	2225	2225	4450
600	15250	15250	7625	2850	2850	5700	
10	32	1550	1550	775	75	75	150
	50	2600	2600	1300	175	175	350
	80	4150	4150	2075	375	375	750
	100	5000	5000	2500	525	525	1050
	150	7250	7250	3625	875	875	1750
	200	9500	9500	4750	1250	1250	2500
	250	11750	11750	5875	1675	1675	3350
	300	14000	14000	7000	2125	2125	4250
	400	18500	18500	9250	3000	3000	6000
	500	23000	23000	11500	4175	4175	8350
600	27500	27500	13750	5250	5250	10500	
16	32	1650	1650	825	75	75	150
	50	2800	2800	1400	200	200	400
	80	4850	4850	2425	425	425	850
	100	6000	6000	3000	600	600	1200
	150	9500	9500	4750	1100	1100	2200
	200	12750	12750	6375	1625	1625	3250
	250	16250	16250	8125	2300	2300	4600
	300	19500	19500	9750	2950	2950	5900
	400	26000	26000	13000	4300	4300	8600
	500	32750	32750	16375	6000	6000	12000
600	39500	39500	19750	8000	8000	16000	
25	32	1800	1800	900	75	75	150
	50	3000	3000	1500	200	200	400
	80	5000	5000	5000	425	425	850
	100	6500	6500	3250	600	600	1200
	150	10750	10750	5125	1225	1225	2450
	200	15000	15000	7500	1825	1825	3650
	250	19250	19250	9625	2725	2725	5450
	300	23750	23750	11875	3625	3625	7250
	400	32250	32250	16125	5250	5250	10500
	500	41250	41250	20625	8000	8000	16000
600	50000	50000	25000	10500	10500	21000	
40	32	2000	2000	100	75	75	150
	50	3350	3350	1675	200	200	400
	80	5750	5750	2875	450	450	900
	100	7250	7250	3625	625	625	1250
	150	11750	11750	5875	1250	1250	2500
	200	16250	16250	8125	1900	1900	3800
	250	22000	22000	11000	3075	3075	6150
	300	27500	27500	13750	4275	4275	8550
	400	38750	38750	19375	6500	6500	13000
	500	49500	49500	24750	10250	10250	20500
600	60000	60000	30000	13750	13750	27500	

Taulukko 6 Painesäiliö D = 4000 mm vahvistamattomalla yhteellä, K = 1

Table 6 Pressure vessel D = 4000 mm with unreinforced nozzle, K = 1

Laskentapaine Calculation pressure P (bar)	Yhteen koko Nozzle size	Leikkausvoima Shear force	Leikkausvoima Shear force	Aksiaalivoima Axial force	Taivutusmomentti Bending moment Mx (Nm)	Taivutusmomentti Bending moment My (Nm)	Vääntömomentti Torsional moment Mz (Nm)
	DN	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)			
6	32	1300	1300	650	75	75	150
	50	2150	2150	1075	150	150	300
	80	3300	3300	1650	300	300	600
	100	4050	4050	2025	400	400	800
	150	5500	5500	2750	675	675	1350
	200	7250	7250	3625	950	950	1900
	250	8500	8500	4250	1225	1225	2450
	300	10000	10000	5000	1525	1525	3050
	400	13000	13000	6500	2100	2100	4200
	500	16000	16000	8000	2850	2850	5700
600	19250	19250	9625	3600	3600	7200	
10	32	1600	1600	800	75	75	150
	50	2700	2700	1350	200	200	400
	80	4650	4650	2325	425	425	850
	100	5750	5750	2875	600	600	1200
	150	8750	8750	4375	1050	1050	2100
	200	11750	11750	5875	1525	1525	3050
	250	14500	14500	7250	2075	2075	4150
	300	17250	17250	8625	2600	2600	5200
	400	22500	22500	11250	3675	3675	7350
	500	28500	28500	14250	5000	5000	10000
600	34000	34000	17000	6500	6500	13000	
16	32	1700	1700	850	75	75	150
	50	2900	2900	1450	200	200	400
	80	5000	5000	2500	450	450	900
	100	6500	6500	3250	625	625	1250
	150	10750	10750	5375	1250	1250	2500
	200	15000	15000	7500	1850	1850	3700
	250	18750	18750	9375	2675	2675	5350
	300	22750	22750	11125	3450	3450	6900
	400	30500	30500	15250	5000	5000	10000
	500	38750	38750	19375	7250	7250	14500
600	46750	46750	23375	9250	9250	18500	
25	32	1800	1800	900	75	75	150
	50	3050	3050	1525	200	200	400
	80	5250	5250	2625	450	450	900
	100	6750	6750	3375	625	625	1250
	150	11000	11000	5500	1250	1250	2500
	200	15500	15500	7750	1900	1900	3800
	250	20500	20500	10250	2900	2900	5800
	300	25500	25500	12750	3925	3925	7850
	400	35500	35500	17750	5750	5750	11500
	500	45000	45000	22500	8750	8750	17500
600	54500	54500	27250	11500	11500	23000	
40	32	2000	2000	1000	75	75	150
	50	3350	3350	1675	200	200	400
	80	5750	5750	2875	450	450	900
	100	7500	7500	3750	625	625	1250
	150	12000	12000	6000	1275	1275	2550
	200	16500	16500	8250	1925	1925	3850
	250	22000	22000	11000	3075	3075	6150
	300	27250	27250	13625	4225	4225	8450
	400	38250	38250	19125	6500	6500	13000
	500	50000	50000	25000	10250	10250	20500
600	60000	60000	30000	14250	14250	28500	

Taulukko 7 Painesäiliö D = 5000 mm vahvistamattomalla yhteellä, K = 1.

Table 7 Pressure vessel D = 5000 mm with unreinforced nozzle, K = 1

Laskentapaine Calculation pressure P (bar)	Yhteen koko Nozzle size	Leikkausvoima Shear force	Leikkausvoima Shear force	Aksiaali-voima Axial force	Taivutusmomentti Bending moment Mx (Nm)	Taivutusmomentti Bending moment My (Nm)	Vääntömomentti Torsional moment Mz (Nm)
	DN	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)			
6	32	1450	1450	725	75	75	150
	50	2300	2300	1150	175	175	350
	80	3750	3750	1875	350	350	700
	100	4700	4700	2375	475	475	950
	150	6750	6750	3375	800	800	1600
	200	8750	8750	4375	1150	1150	2300
	250	10500	10500	5250	1475	1475	2950
	300	12000	12000	6000	1825	1825	3650
	400	15500	15500	7750	2500	2500	5000
	500	19250	19250	9625	3425	3425	6850
10	32	1600	1600	800	75	75	150
	50	2750	2750	1375	200	200	400
	80	4850	4850	2425	450	450	900
	100	6250	6250	3125	625	625	1250
	150	9500	9500	4750	1125	1125	2268
	200	12500	12500	6250	1625	1625	3250
	250	16000	16000	8000	2300	2300	4600
	300	19500	19500	9750	3000	3000	6000
	400	26500	26500	13250	4350	4350	8700
	500	33000	33000	16500	6000	6000	12000
16	32	1650	1650	825	75	75	150
	50	2850	2850	1325	200	200	400
	80	4950	4950	2475	450	450	900
	100	6250	6250	3125	600	600	1200
	150	10000	10000	5000	1175	1175	2350
	200	13750	13750	6875	1725	1725	3450
	250	18500	18500	9250	2650	2650	5300
	300	23000	23000	11500	3550	3550	7100
	400	32250	32250	16125	5250	5250	10500
	500	41000	41000	20500	7500	7500	15000
25	32	1800	1800	900	75	75	150
	50	3050	3050	1525	200	200	400
	80	5250	5250	2625	450	450	900
	100	6750	6750	3375	625	625	1250
	150	10750	10750	5125	1200	1200	2400
	200	14750	14750	7375	1775	1775	3550
	250	20000	20000	10000	2875	2875	5750
	300	25500	25500	12750	3950	3950	7900
	400	36500	36500	18250	6000	6000	12000
	500	47000	47000	23500	9250	9250	18500
40	32	2000	2000	1000	75	75	150
	50	3400	3400	1700	200	200	400
	80	5750	5750	2875	450	450	900
	100	7500	7500	3750	650	650	1300
	150	12000	12000	6000	1275	1275	2550
	200	16500	16500	8250	1925	1925	3850
	250	23500	23500	11750	3325	3325	6650
	300	30250	30250	15125	4725	4725	9450
	400	44000	44000	22000	7500	7500	15000
	500	55000	55000	27500	11250	11250	22500
600	65000	65000	32500	15250	15250	30500	

6 YHDEKUORMAT LAITESUUNNITELUSSA

Yhdekuormien vaikutus laitteeseen tarkastetaan standardin SFS-EN 13445-3 kohdan 16 kaavojen avulla. Mikäli yhteen tai säiliön mitat eivät ole kohdan 16 soveltamisalueella, niin voidaan soveltaa SFS-EN 13445-3 litteiden B tai C jännitysanalyysejä (FEA). Standardi on yhdenmukainen painelaitedirektiivin 2014/68/EU vaatimusten kanssa.

7 YHDEKUORMIEN ESITTÄMINEN HANKINTADOKUMENTEISSA

Hankintamäärittelyissä on esitettävä vähintään seuraavat tiedot:

- standardi PSK 7800
- sovellettava taulukko
- laskentapaine
- kuormituskerroin K

Esimerkiksi PSK 7800/Taulukko 6/10 bar/K=1,0

Mikäli standardin taulukoissa esitettyjä kuormia ei käytetä suoraan, vaan ne on interpoloitu tai kuormituskerroin $K \neq 1$, kaikkien kuormakomponenttien lukuarvot on esitettävä hankintamäärittelyssä. Varastosäiliön yhdekuormat määritellään kohdassa 4 esitetyillä kaavoilla (5) ja (6).

Piirustuksissa on aina esitettävä putkiyhteille kaikkien kuuden kuormakomponentin lukuarvot ja akselien suunnat.

OPASTAVIA TIETOJA

O.1 Standardin normaaleista olosuhteista poikkeaminen

Tässä standardissa määritellyt yhdekuormat vastaavat normaalien käyttöolosuhteiden mekaanisia ja lämpölaajenemisen aiheuttamia kuormia. Poikkeuksellisten kuormien (kuten maanjäristyskuormat) tapauksissa on taulukoiduille kuormille tarvittaessa käytettävä sopivaa tapauskohtaista kuormituskerrointa K.

O.2 Suunnitteluperusteita

Painelaitteet tilataan usein ennen kuin putkistoa on edes alustavasti suunniteltu. Siitä huolimatta painelaitteiden hankintamäärittelyissä pitää ottaa huomioon myös yhdekuormat. Putkistosta tulevat yhdekuormat saadaan putkiston joustavuusanalyyseistä, mutta sitä ei yleensä ole vielä tehty hankintamäärittelyjen laatimisvaiheessa.

6 NOZZLE LOADS IN EQUIPMENT DESIGN

The effect of nozzle loads on the equipment shall be checked using the equations in Standard SFS-EN 13445-3 clause 16. If the nozzle or vessel dimensions are not in application range of clause 16, stress analysis (FEA) may be applied according to annex B or C of SFS-EN 13445-3. The standard is harmonized with the requirements in Pressure Equipment Directive 2014/68/EU.

7 PRESENTATION OF NOZZLE LOADS IN PROCUREMENT DOCUMENTS

The purchase requisition shall define at least the following information:

- standard PSK 7800
- table to be applied
- calculation pressure
- loading coefficient K

For example, PSK 7800/Table 6/10 bar/K=1.0

If the load values given in tables of the standard are not directly used, but interpolation or loading coefficient $K \neq 1$ is applied, all values for the load components shall be presented in the purchase requisition. The nozzle loads of a storage tank are determined according to formulas (5) and (6) in section 4.

The drawings shall always present the values and axes for all six load components for each piping nozzle.

INFORMATION FOR GUIDANCE

O.1 Deviation from normal conditions of the standard

The nozzle loads defined in this standard reflect the mechanical and thermal expansion loads under normal operational conditions. In case of occasional loads (such as seismic loads) an appropriate loading coefficient K shall be used for the tabled loads, as necessary.

O.2 Design principles

The pressure equipment are often purchased before the piping has even been preliminary designed. Regardless of this, the purchase requisition of the pressure equipment shall consider nozzle loads. The nozzle loads induced by the piping are set off by the piping flexibility analysis, but it generally has not been performed when preparing the purchase requisition.

Putkiston joustavuusanalyysin tuloksena saadaan yhteisiin kohdistuvat voimat ja momentit. Vertaamalla tarkistetaan, että ne eivät ylitä hankintadokumenteissa esitettyjä yhdekuormia.

Sekä laitteen että putkiston suunnittelun kannalta hyväksyttävä lopputulos voidaan myös saavuttaa tämän standardin taulukoista poikkeavilla yhdekuormilla, kunhan suunnittelussa käytetään yhdessä soveltuvia yhdekuormia.

Jos putkisto tehdään riittävän joustavaksi, säiliötä ei tarvitse vahvistaa putkiston lämpölaajenemisesta aiheutuvien kuormien vuoksi. Putkiston joustavuuden lisääminen nostaa putkiston kustannuksia. Mikäli putkisto suunnitellaan vähemmän joustavaksi, se on halvempi toteuttaa, mutta säiliötä joudutaan vahvistamaan. Tämä taas nostaa säiliön kustannuksia. Oikein valitut kuormat johtavat kokonaisuuden kannalta parhaaseen lopputulokseen.

On otettava huomioon, kun säiliötä vahvistetaan, se lisää säiliön jäykkyyttä. Tällöin putkiston lämpölaajenemisesta aiheutuvat yhteeseen kohdistuvat voimat ja momentit yleensä kasvavat.

Putkiston joustavuusanalyysissä säiliön yhde käsitellään usein kiintopisteinä, johon sijoitetaan säiliön lämpölaajenemista vastaavat siirtymät. Jos kiintopisteen jäykkyys mallinnetaan vastaamaan yhteen ja säiliön todellista jäykkyyttä, saadaan pienemmät yhteeseen vaikuttavat voimat ja momentit. Säiliön ja yhteen jouston tarkka mallintaminen edellyttää, että laskijalla on käytettävissä tiedot säiliön ja yhteen rakenteesta, materiaalista ja säiliön tuennasta.

Ison säiliön koko vaipan paksuuden lisääminen yhdekuormien vuoksi lisää merkittävästi kustannuksia ja paikallinen vahvistaminen on yleensä edullisempää. Pienen säiliön koko vaipan paksuuden lisääminen sen sijaan saattaa olla edullisempää kuin paikallinen vahvistaminen. Vaippamateriaalin hinta on tärkeä tekijä valittaessa oikeaa ratkaisua.

Vahvistuslevyn käyttöä säiliön paikalliseen vahvistamiseen ei suositella yli 250 °C lämpötiloissa.

Matalissa lämpötiloissa toimiva putkisto on helpompi toteuttaa siten, että lämpölaajenemisesta aiheutuvat yhdekuormat pysyvät pieninä. Korkeissa lämpötiloissa toimiva putkisto vaatii yleensä käyrien lisäämistä tai muiden joustavuutta lisäävien ratkaisujen käyttämistä.

As a result of the piping flexibility analysis the resulting forces and moments in the nozzle are achieved. A comparison shall be made to verify that they do not exceed the nozzle loads given in purchase requisitions.

An acceptable result considering both the equipment and piping design can be also reached with nozzle loads different from tables in this standard as far as the mutually agreed nozzle loads are used in design.

If the piping is made adequately flexible, the vessel does not need to be reinforced due to loads from thermal expansion. Adding of piping flexibility will increase the piping costs. If the piping is designed less flexible, it is less expensive to implement, but the vessel needs to be reinforced. This again increases the vessel costs. Properly selected loads will lead to the best result as whole.

It should be considered while reinforcing a vessel that the vessel stiffness shall be increased. In such case the forces and moments imposing the nozzle due to thermal expansion generally increase.

In a piping flexibility analysis a nozzle in a vessel is considered as an anchor point, where displacement caused by the vessel thermal expansion is positioned. If the stiffness of the anchor point is modeled to conform to the factual stiffness of the nozzle and vessel, smaller forces and moments to the nozzle are reached. The precise modeling of the vessel and nozzle flexibility requires that the stress analyst has information on the structure, material and support of the vessel and nozzle.

Increasing the whole shell thickness in a large vessel due to nozzle loads increases significantly costs and local reinforcement is generally more favorable. Increasing the whole shell thickness in a small vessel might be less expensive than using local reinforcements. The price of the shell material is an important factor when selecting the proper solution.

The use of reinforcement plates is not recommended for local reinforcement in temperature exceeding 250 °C.

The piping operating in lower temperatures is easier to implement such that the nozzle loads from thermal expansion remain low. The piping operating in high temperature typically requires addition of elbows or other solutions increasing flexibility.

O.3 Painesäiliön yhdekuormien laskentamenetelmä

Painesäiliön yhdekuormitusten laskennan kulku on seuraava:

Ensin ilman yhteitä olevan painesäiliön seinämänpaksuus on valittu sellaiseksi, että pelkästä painekuormasta aiheutuva käyttöaste on noin 85 %. Tällöin ulkoisille kuormille jää noin 15 %.

Seuraavaksi säiliöön on lisätty yhde, jonka seinämänpaksuus on niin suuri, että käyttöaste ei olennaisesti kasva.

Tämän jälkeen on laskettu yhdekuormat kaavoilla (1)...(4) α -kertoimen arvolla 1,0. Saadut yhdekuormat on lisätty yhteen ulkoisiksi kuormiksi ja laskenta on suoritettu painekuorman kanssa uudestaan. Tulokseksi on saatu yhteen käyttöaste.

Jos käyttöaste on ollut suurempi kuin 100 %, kuormia on pienennetty α -kertoimella ($\alpha < 1$). Jos käyttöaste on ollut pienempi kuin 100 %, kuormia on suurennettu α -kertoimella ($\alpha > 1$). α -kertoimen arvona on käytetty käyttöasteen käänteislukua.

Taulukoissa 1–7 on esitetty α -kertoimella korjatut yhdekuormat vahvistamattomille yhteille.

O.4 Varastosäiliön yhdekuormien laskentaperusteet

Varastosäiliöille esitetyillä kaavoilla (5) ja (6) voidaan laskea vaaditut yhdekuormat. Tilaaja voi määrittää kuormat tai edellyttää valmistajalta kaavojen noudattamista. Kaavat on saatu koelaskuihin perustuen laskentatapainetta vaihdellen halkaisijoilla 1000 mm ... 15000 mm ja $e/D=0,001$. Pienin seinämän paksuus on ollut 2 mm.

Säiliön seinämänpaksuuden ja paineen korjaustermit varmistavat, että kuormat aiheuttavat säiliön kuoren jännityksiä, jotka ovat suuruusluokaltaan SFS-EN 13445-3 luvun 16 mukaisia. Kaavoilla lasketut kuormat eivät yleensä edellytä kuoren paksuuden kasvattamista. Standardin SFS-EN 13445-3 luvun 16 kaavojen soveltamisalue rajoittuu yli $D/1000$ paksuuksiin. Tätä ohuemmissa paksuuksissa kaavoilla (5) ja (6) lasketut kuormat saattavat vaatia säilön kuoren vahvistamista.

O.3 Calculation method for nozzle loads in pressure vessels

Calculation of nozzle loads in pressure vessel is as follows:

First the thickness of pressure vessel without nozzles is selected such that the utilization factor from pure pressure load is app. 85 %. The remaining portion for external loads is then 15 %.

A nozzle is then added to the vessel. The nozzle shall be thick enough so that the utilization factor does not increase significantly.

After this the nozzle loads have been calculated using the equations (1)...(4) and a value 1,0 for the α -coefficient. The calculated nozzle loads have been added as external loads, and the calculation has been repeated with a pressure load. The result is the nozzle utilization factor.

If the utilization factor has been greater than 100 %, the loads have been reduced using the α -coefficient ($\alpha < 1$). If utilization factor has been smaller than 100 %, the loads have been increased using the α -coefficient ($\alpha > 1$). As a value for the α -coefficient the inverse of utilization factor has been used.

Tables 1 to 7 presents the nozzle loads corrected with α -coefficient for unreinforced nozzles.

O.4 Calculation basis for nozzle loads in storage tanks

For storage tanks equations (5) and (6) can be used to calculate the required nozzle loads. The purchaser can define loads in accordance with the formulas of this or require the manufacturer to comply with the formulas. The formulas have been obtained experimentally by variable calculation pressure with diameters of 1000 mm ... 15000 mm and $e/D=0,001$. Minimum thickness has been 2 mm.

The correction terms for the tank wall thickness and pressure ensure that the loads cause stresses in the tank shell that are approximately within the magnitude specified in SFS-EN 13445-3 clause 16. The loads calculated using the equations do not generally require an increase in shell thickness. The application range of the equations in clause 16 of the standard SFS-EN 13445-3 is limited to thicknesses greater than $D/1000$. For thinner thicknesses, the loads calculated using equations (5) and (6) may require reinforcement of the tank shell.

O.5 Muutokset standardin edelliseen painokseen

Standardin nimi on muutettu ja sen soveltamisaluetta on laajennettu.

Yhdekuormien esitystapa kappaleessa 5 ja taulukoissa 1–7 on muutettu.

Yhdekuormien jako luokkiin A ja B sekä kappale 5.8 taulukoineen on poistettu.

Ohjeet kertoimen α käytöstä ja siihen liittyvä interpolointitaulukot esimerkkeineen on poistettu opastavista tiedoista.

Laskentamenetelmän kulkua ja kuormien soveltuvuutta eri tapauksiin on selvennetty.

O.5 Changes to the previous edition of the standard

Title of the standard has been changed, and the scope has been extended.

The presentation of nozzle loads in chapter 5 and tables 1–7 has been changed.

The division of nozzle loads into categories A and B and chapter 5.8 with its tables have been removed.

Instructions regarding use of factor α and related interpolation tables with examples have been removed from information for guidance.

The calculation method and the applicability of the loads to different cases have been clarified.