

RUDUS BETONITUOTE OY

ELEMENTO - PORRASELEMENTIT

SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

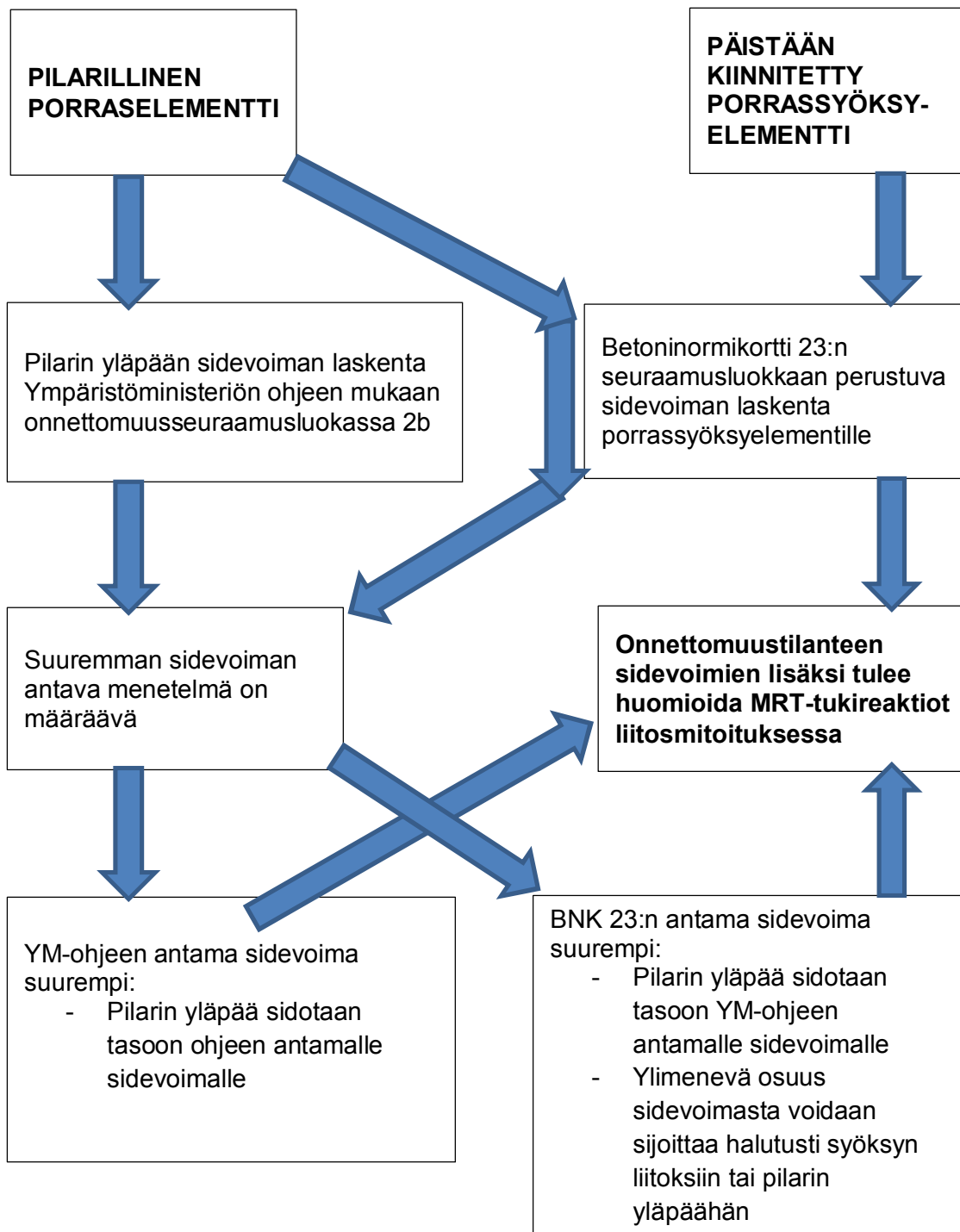
1. Suunnittelun perusteet

- SFS-EN 1990 Eurocode: Rakenteiden suunnitteluperusteet, 2010
- NA SFS-EN 1990-YM, Suomen kansallinen liite standardiin SFS-EN 1990 Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet, 2007
- SFS-EN 1991-1-1 Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat, 2009
- NA SFS-EN 1991-1-1-YM, Suomen kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-1 Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat, 2011
- SFS-EN 1991-1-7 Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-7: Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat, 2014
- NA SFS-EN 1991-1-7-YM, Suomen kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-7 Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-7: Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat, 2009
- Suomen kansallisen liitteen NA SFS-EN 1991-1-7-YM perässä oleva standardin SFS-EN 1991-1-7 kanssa ristiriidaton asiakirja: Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta
- SFS-EN 1992-1-1 Eurocode 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt, 2005
- NA SFS-EN 1992-1-1-YM, Suomen kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt, 2009
- SFS-EN 1992-1-2 Eurocode 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteellinen palomitoitus, 2005
- NA SFS-EN 1992-1-2-YM, Suomen kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-2 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus, 2007
- SFS-EN 1993-1-1 Eurocode 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt, 2005
- NA SFS-EN 1993-1-1-YM, Suomen kansallinen liite standardiin SFS-EN 1993-1-1 Eurokoodi 2. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt, 2007
- BY 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 2008
- BY 51 Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu, 2007
- BY 60 Suunnitteluohje EC 2 osat 1-1 ja 1-2, 2009
- RIL 202-2011 / BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohje, eurokoodit EN 1992-1-1 ja EN 1992-1-2, 2011
- RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat, 2011
- BY Betoninormikortisto, Betoninormikortti 23_EC, 2012
- Mitoitus on suoritettu seuraamusluokassa CC3 (luotettavuusluokka RC3), jolloin murtorajatilan kuormakerroin $K_{FI}=1,1$.
- Nostojen osalta mitoitus on suoritettu nostoankkurien ja –lenkkien valmistajien/toimittajien suunnitteluohjeiden mukaan
- Betonielementtien toleranssit – Betonikeskus ry 2011

2. Jatkuvan sortuman rajoittaminen – liitosten vaakasuuntaiset sidevoimat

Jaetaan porraselementit onnettomuustilanteen kannalta kahteen ryhmään ja molemmat ryhmät kahteen kuormaluokkaan. Betoninormikortti 23 jaottelee sidevoimien laskennan seuraamusluokan mukaan. Ympäristöministeriön laatima ristiriidaton asiakirja, Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta, jaottelee rakenteet onnettomuusseuraamusluokkiin. Tämän perusteella määritetään tarvittavat toimenpiteet jatkuvan sortuman rajoittamiseksi. Elementtiportaiden tapauksessa sovelletaan onnettomuusseuraamusluokkaa 2b.

Elementtiportaiden liitosten onnettomuustilanteen sidevoimien määrittästä on havainnollistettu seuraavalla kuvaajalla.



1. PÄISTÄÄN KIINNITETYT PORRASSYÖKSYELEMENTIT

Päistään kiinnitettyjen porrassyöksyelementtien liitosten vaakasuuntaisten sidevoimien mitoitus tehdään betoninormikortti 23:n (EC) mukaan (Kuva 1). Seuraamusluokan 1 ja 2 laskentakaavoja käytetään portaille, jotka eivät toimi hätäpoistumistienä onnettomuustilanteessa. Seuraamusluokan 3 kaavoja käytetään portaille, jotka toimivat hätäpoistumistienä onnettomuustilanteessa.

Seuraamusluokat 1 ja 2:

$$T_s \geq \begin{cases} s \cdot 20 \cdot \text{kN/m} \\ G_k \\ 30 \cdot \text{kN} \end{cases}$$

missä

- s on syöksyn leveys
G_k on syöksyn oman painon ominaisarvo

Seuraamusluokka 3:

$$T_s \geq \begin{cases} s \cdot 20 \cdot \text{kN/m} \\ k_s \cdot (G_k + \psi_2 \cdot Q_k) \\ 30 \cdot \text{kN} \end{cases}$$

missä

- k = 1,28
k = 1,28 + 0,056 · (n_s - 15) yli 15 kerroksisissa rakennuksissa
G_k on syöksyn oman painon ominaisarvo
Q_k on syöksyn hyötykuorman ominaisarvo normaalitilanteessa
ψ₂ on hyötykuorman onnettomuuskuormitustilanteen ja pitkäaikaiskuormituksen yhdistelykerroin; henkilökuormille ψ₂ = 0,3

Kuva 1. Sidevoima Betoninormikortin 23_EC:n mukaan

KUORMALUOKAT:

- Kuormaluokka 1
 - Elementin oman painon ominaisarvo $G_k \leq 67 \text{ kN}$
 - Portaan projektiopinta-ala $A_q \leq 6,5 \text{ m}^2$
 - Hyötykuorman ominaisarvo $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$
- Kuormaluokka 2
 - Elementin oman painon ominaisarvo $67 \text{ kN} < G_k \leq 105 \text{ kN}$
 - Portaan projektiopinta-ala $6,5 \text{ m}^2 < A_q \leq 10 \text{ m}^2$
 - Hyötykuorman ominaisarvo $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$

Taulukko 1. Päistään kiinnitettyjen porrassyöksyelementtien liitosten vaakasuuntaiset sidevoimat enintään 15 kerroksisissa rakennuksissa BNK 23:n mukaan.

LIITOKSEN VAAKASUUNTAISET SIDEVOIMAT (T _s)	SEURAAMUSLUOKKA 1 TAI 2	SEURAAMUSLUOKKA 3
KUORMALUOKKA 1	67 kN	96 kN
KUORMALUOKKA 2	105 kN	150 kN

2. PILARILLISET PORRASELEMENTIT

Pilarillisten porrasedementtien liitosten vaakasuuntaisten sidevoimien mitoitus tehdään sekä Ympäristöministeriön ohjeen (Rakennusten suunnittelu määrittelemättömästä syystä aiheutuvan paikallisen vaurion seuraamusten varalta), että betoninormikortti 23:n (EC) mukaan. Toimitaan niin, että YM-ohjeen mukainen sidevoiman arvo sijoitetaan pilarin päähän ja mahdollinen ylijäävä osuus voidaan sijoittaa syöksyjen liitoksiin tai pilarin päähän.

YM-ohjeen kohdan 5.2 *Seinien ja pilareiden sidonta välipohjaan* mukainen sidevoiman laskentakaava muokattuna pilariportaalle sopivaan muotoon (s_p) seuraamusluokassa CC2b:

$$T_s = 20 \frac{kN}{m} * s_p \text{ mutta kuitenkin maksimissaan } T_s = 150kN$$

KUORMALUOKAT:

- Kuormaluokka (KL) 1
 - Elementin oman painon ominaisarvo $G_k \leq 67 \text{ kN}$
 - Portaan projektiopinta-ala $A_q \leq 6,5 \text{ m}^2$
 - Hyötykuorman ominaisarvo $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$
 - Pilarin kuormankertymisleveys $s_p = 2,8 \text{ m}$
- Kuormaluokka (KL) 2
 - Elementin oman painon ominaisarvo $67 \text{ kN} < G_k \leq 105 \text{ kN}$
 - Portaan projektiopinta-ala $6,5 \text{ m}^2 < A_q \leq 10 \text{ m}^2$
 - Hyötykuorman ominaisarvo $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$
 - Pilarin kuormankertymisleveys $s_p = 4,8 \text{ m}$

Taulukko 2. Liitosten vaakasuuntaiset sidevoimat enintään 15 kerroksisissa rakennuksissa. Vähintään suluisissa oleva sidevoima pilarin pään liitokseen. Sulkujen vieressä on porrasedementin kokonaissidevoima.

LIITOKSEN VAAKASUUNTAISET SIDEVOIMAT (T_s)	SEURAAMUSLUOKKA 1 TAI 2	SEURAAMUSLUOKKA 3
KUORMALUOKKA 1	(56 kN) 67 kN	(56 kN) 96 kN
KUORMALUOKKA 2	(96 kN) 105 kN	(96 kN) 150 kN

3. Porraselementeistä lepotasolle aiheutuva kuormitus

- Voimasuuret annettu murtorajatilassa
- Laskelmat on suoritettu seuraamusluokassa CC3 (luotettavuusluokka RC3), jolloin murtorajatilalla kuormakerroin on $K_{FI}=1,1$
- Kuormituskaavioissa ilmoitetut positiiviset voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa ja negatiiviset nuolien vastakkaiseen suuntaan

E1 Sivupalkillinen, suora umpiporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Porraselementti tukeutuu ylä- ja alareunastaan lepotason reunassa olevaan asennuskoloon. Vertikaalikuormat siirtyvät sivupalkin ylä- ja alapään kautta lepotasolle.

E4 Pilarillinen, koko kerrosvälin umpikierreporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Vertikaalikuormat siirtyvät porraselementissä olevan keskipilarin kautta. Horisontaalikuormat siirtyvät pilarin ylä- ja alapään kautta sekä ylimmässä ja alimmassa askelmassa olevien harjateräsvarausten kautta. (Max vaakavoima lepotasosta poispäin pilarin yläpäässä $F_d = 35$ kN kun säde 1800 mm).

E5 Suorasivuinen, pilarillinen, koko kerrosvälin umpikierreporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Vertikaalikuormat siirtyvät porraselementissä olevan keskipilarin kautta. Lepotasojen reunoihin kohdistuvat vääntömomentista aiheutuvat tukireaktiot, jotka siirtyvät saumojen kautta lepotasoon. (Max vaakavoima lepotasosta poispäin pilarin yläpäässä $F_d = 45$ kN).

E6 Suorasivuinen, pilarillinen, koko kerrosvälin umpikierreporras

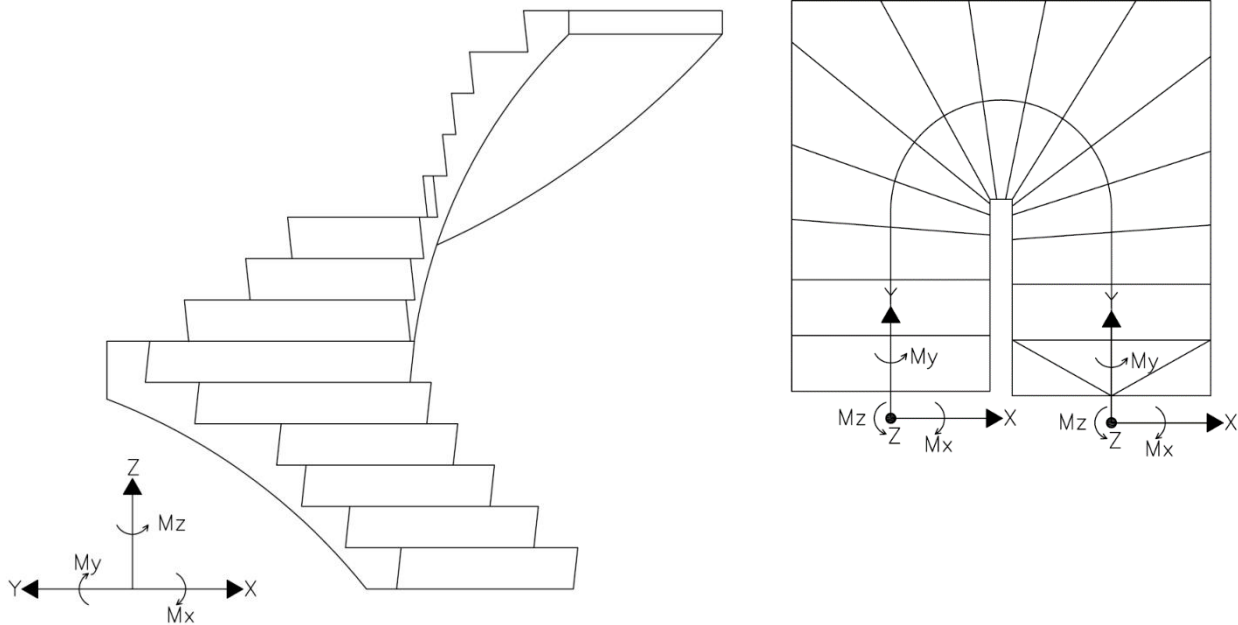
- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Vertikaalikuormat siirtyvät porraselementissä olevan keskipilarin kautta. Lepotasojen reunoihin kohdistuvat vääntömomentista aiheutuvat tukireaktiot, jotka siirtyvät saumabetonin kautta lepotasoon. (Max vaakavoima lepotasosta poispäin pilarin yläpäässä $F_d = 40$ kN).

E6T Suorasivuinen, pilarillinen, tasollinen, koko kerrosvälin umpikierreporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Vertikaalikuormat siirtyvät porraselementissä olevan keskipilarin kautta. Lepotasojen reunoihin kohdistuvat vääntömomentista aiheutuvat tukireaktiot, jotka siirtyvät saumabetonin kautta lepotasoon. (Max vaakavoima lepotasosta poispäin pilarin yläpäässä $F_d = 40$ kN).

E7 Asunnon sisäinen porraskäytävä: suorasiivinen, koko kerrosvälin umpikerreporras

- Hyötykuorma: 2 kN/m² (huoneiston sisäinen porraskäytävä)
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porraskäytävästä tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa (E7C:n mukaan)



Alapää:

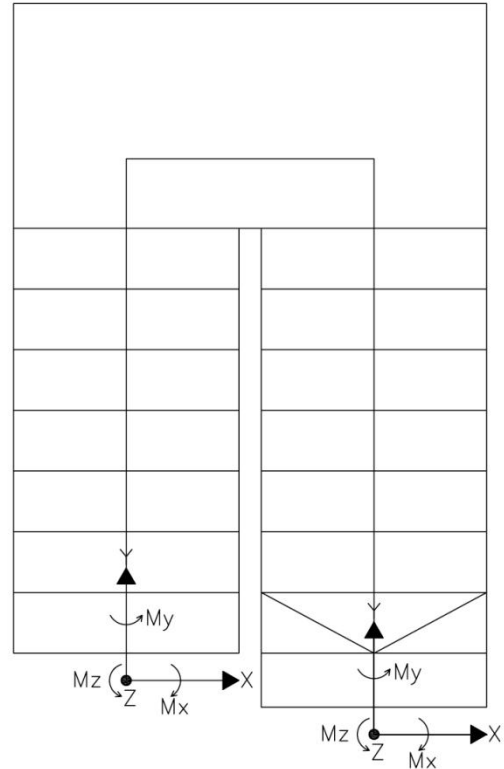
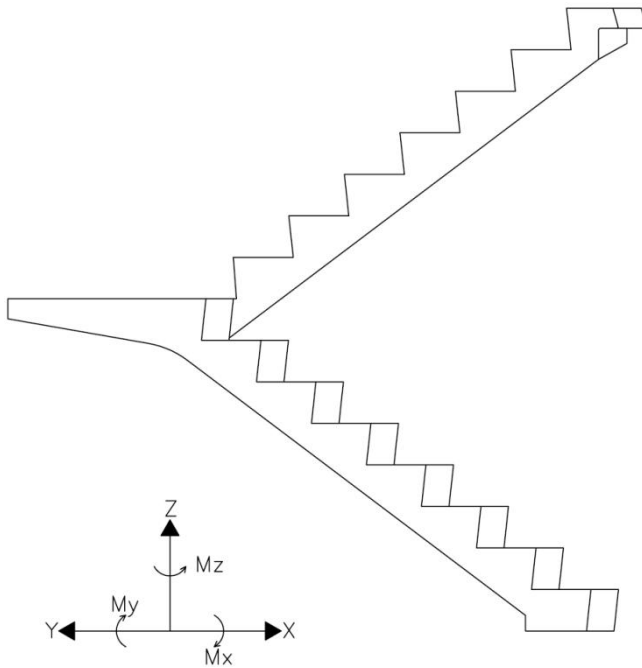
$$\begin{aligned}
 F_{dx} &= 1 \text{ kN} \\
 F_{dy} &= -13 \text{ kN} \\
 F_{dz} &= -21 \text{ kN} \\
 M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\
 M_{dy} &= 5 \text{ kNm} \\
 M_{dz} &= -8 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Yläpää:

$$\begin{aligned}
 F_{dx} &= -1 \text{ kN} \\
 F_{dy} &= 13 \text{ kN} \\
 F_{dz} &= -20 \text{ kN} \\
 M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\
 M_{dy} &= -3 \text{ kNm} \\
 M_{dz} &= -6 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

E8 Asunnon sisäinen porraskäytävä: suorakulmainen, tasainen, koko kerrosvälin porraskäytävä

- Hyötykuorma: 2 kN/m² (huoneiston sisäinen porraskäytävä)
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porraskäytävästä tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa (E8-L1000:n mukaan)



Alapää:

$$F_{dx} = 4 \text{ kN}$$

$$F_{dy} = -37 \text{ kN}$$

$$F_{dz} = -34 \text{ kN}$$

$$M_{dx} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{dy} = 15 \text{ kNm}$$

$$M_{dz} = -27 \text{ kNm}$$

Yläpää:

$$F_{dx} = -4 \text{ kN}$$

$$F_{dy} = 37 \text{ kN}$$

$$F_{dz} = -35 \text{ kN}$$

$$M_{dx} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{dy} = -5 \text{ kNm}$$

$$M_{dz} = -13 \text{ kNm}$$

E9 Sivupalkiton, suora umpilaattaporraskäytävä

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Porraskäytävä tukeutuu ylä- ja alareunastaan lepotasolun reunassa olevaan asennuskoloon. Vertikaalikuormat siirtyvät ylä- ja alapään kautta lepotasolle.

E9T Sivupalkiton, tasainen, suora umpilaattaporraskäytävä

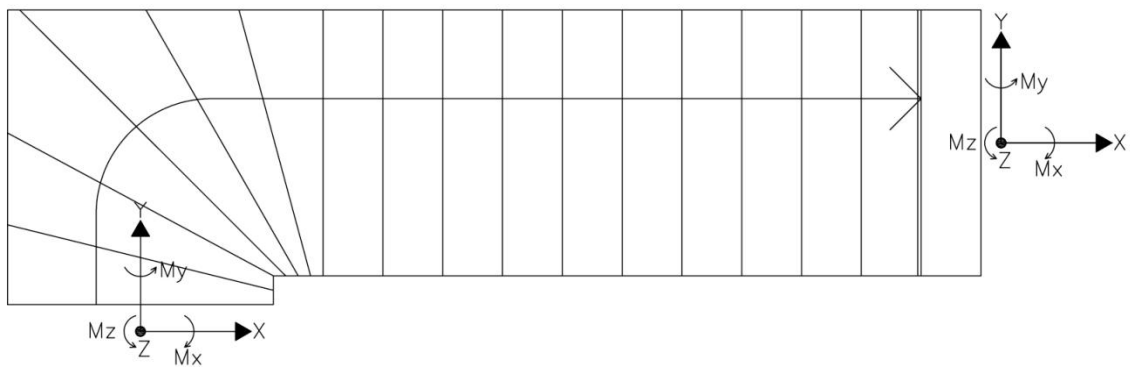
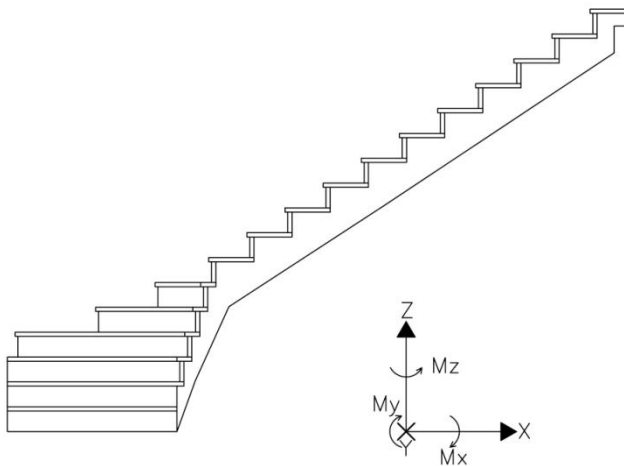
- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Porraskäytävä tukeutuu ylä- ja alareunastaan teräskonsolien avulla lepotasolun reunassa tai seinässä oleviin asennuskoloihin. Vertikaalikuormat siirtyvät ylä- ja alapään kautta lepotasolle tai seinään.

E9TY Sivupalkiton, lepotasollinen, suora umpilaattaporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m^2
- Porraselementti tukeutuu yläreunastaan teräskonsoloiden avulla lepotason reunassa tai seinässä oleviin asennuskoloihin ja alareunastaan lepotason reunassa olevaan asennuskoloon. Vertikaalikuormat siirtyvät ylä- ja alapään kautta lepotasolle tai seinään.

E10A Suorasivuinen alapäästään kiertävä umpiporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m^2
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

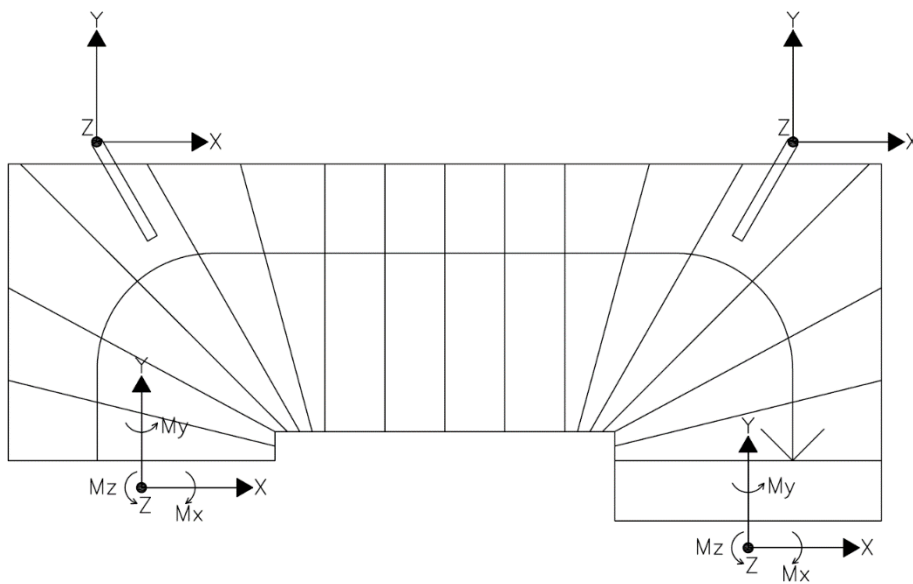
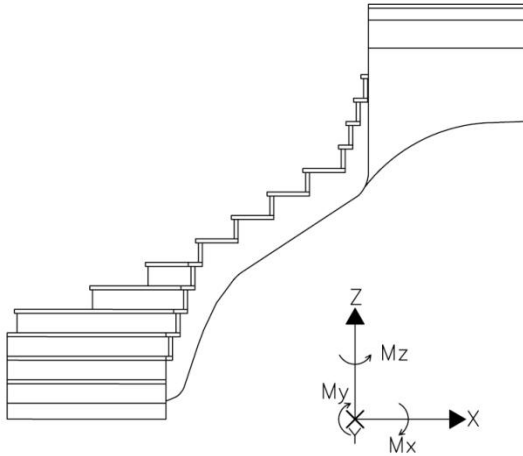
$$\begin{aligned} F_{dx} &= 1 \text{ kN} \\ F_{dy} &= -22 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -73 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 50 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -54 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Yläpää:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= -1 \text{ kN} \\ F_{dy} &= 22 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -28 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 13 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -27 \text{ kNm} \end{aligned}$$

E10AY Suorasivuinen molemmista päistään kiertävä umpiporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= -8 \text{ kN} \\ F_{dy} &= -23 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -50 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 18 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -16 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Yläpää:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= 8 \text{ kN} \\ F_{dy} &= 23 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -41 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= -19 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Syöksyn alempi tuki:

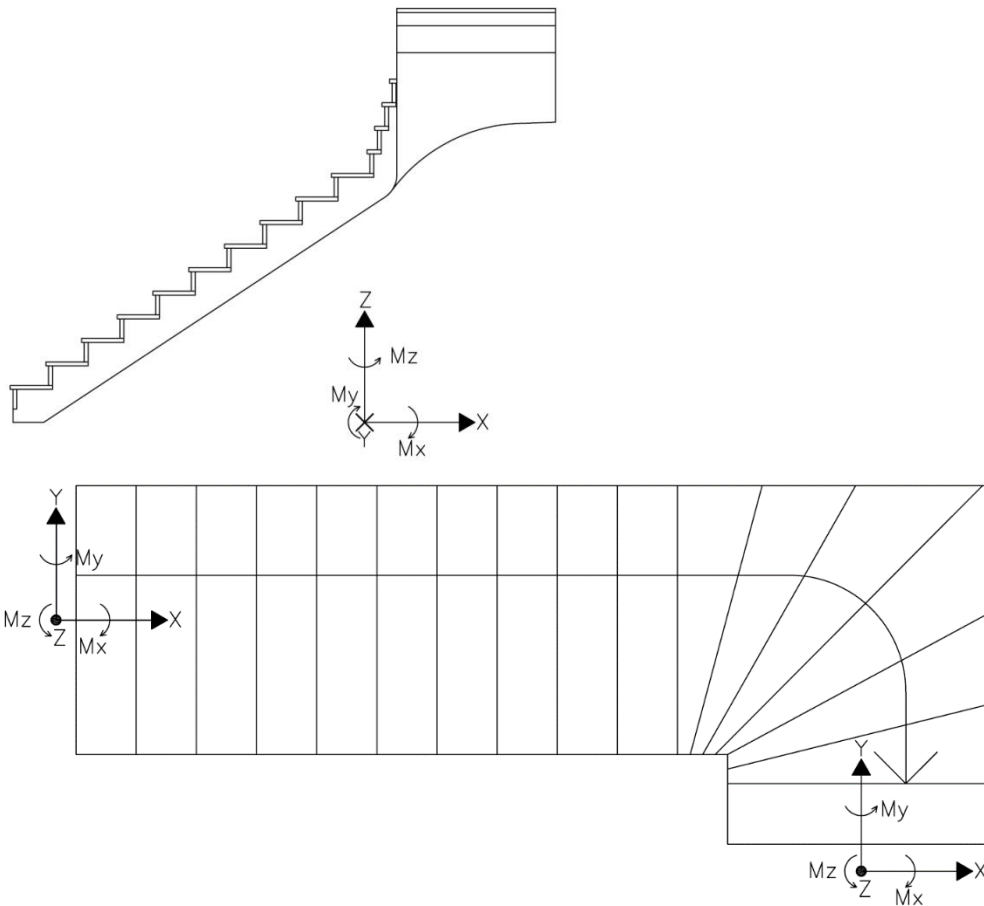
$$\begin{aligned} F_{dx} &= -2 \text{ kN} \\ F_{dy} &= 10 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -10 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syöksyn ylempi tuki:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= -2 \text{ kN} \\ F_{dy} &= -10 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -10 \text{ kN} \end{aligned}$$

E10Y Suorasivuinen yläpäästään kiertävä umpiporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

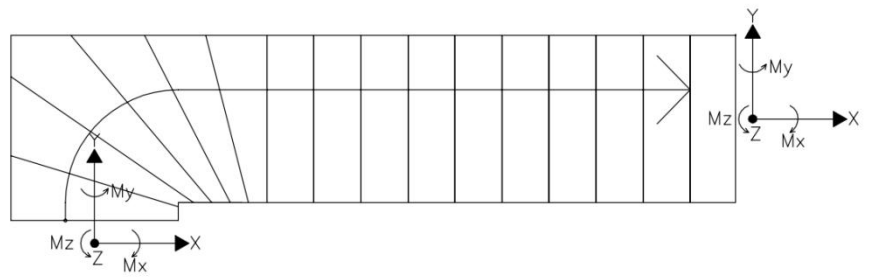
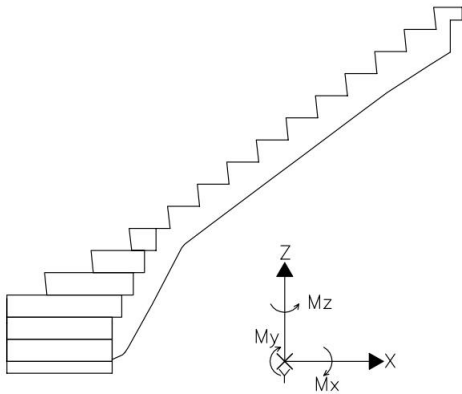
$F_{dx} = -22 \text{ kN}$
 $F_{dy} = -24 \text{ kN}$
 $F_{dz} = -40 \text{ kN}$
 $M_{dx} = 18 \text{ kNm}$
 $M_{dy} = 0 \text{ kNm}$
 $M_{dz} = -33 \text{ kNm}$

Yläpää:

$F_{dx} = 22 \text{ kN}$
 $F_{dy} = 24 \text{ kN}$
 $F_{dz} = -61 \text{ kN}$
 $M_{dx} = 0 \text{ kNm}$
 $M_{dy} = -57 \text{ kNm}$
 $M_{dz} = -72 \text{ kNm}$

E10S A Asunnon sisäinen porraskäytävä: suorasisäinen alapäästään kiertävä umpiporraskäytävä

- Hyötykuorma: 2 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porraskäytävästä tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

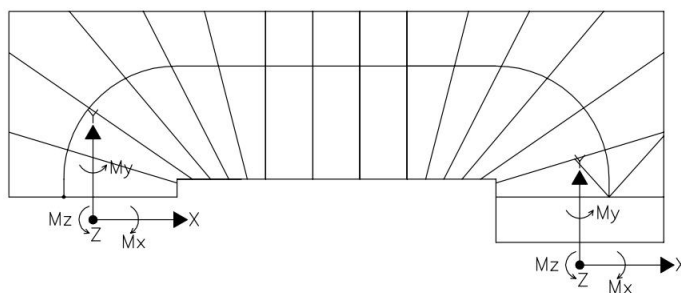
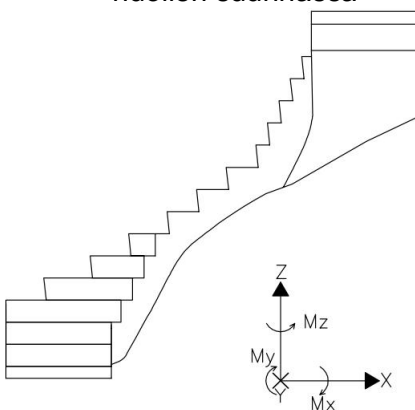
$$\begin{aligned} F_{dx} &= -8 \text{ kN} \\ F_{dy} &= -9 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -37 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 19 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -16 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Yläpää:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= 8 \text{ kN} \\ F_{dy} &= 9 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -7 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 5 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

E10S AY Asunnon sisäinen porraskäytävä: suorasisäinen molemmista päistään kiertävä umpiporraskäytävä

- Hyötykuorma: 2 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porraskäytävästä tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

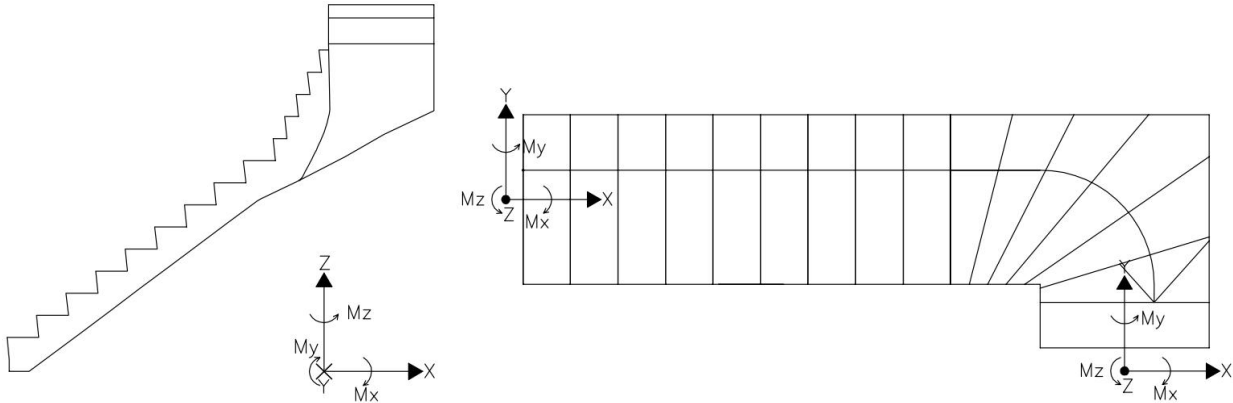
$$\begin{aligned} F_{dx} &= -5 \text{ kN} \\ F_{dy} &= -9 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -26 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 9 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -10 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Yläpää:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= 5 \text{ kN} \\ F_{dy} &= 9 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -18 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= -9 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -13 \text{ kNm} \end{aligned}$$

E10S Y Asunnon sisäinen porraskäytävä: suorasiivinen yläpäästään kiertävä umpiporraskäytävä

- Hyötykuorma: 2 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porraskäytävästä tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

$$\begin{aligned}
 F_{dx} &= -4 \text{ kN} \\
 F_{dy} &= -9 \text{ kN} \\
 F_{dz} &= -15 \text{ kN} \\
 M_{dx} &= 7 \text{ kNm} \\
 M_{dy} &= 0 \text{ kNm} \\
 M_{dz} &= -10 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Yläpää:

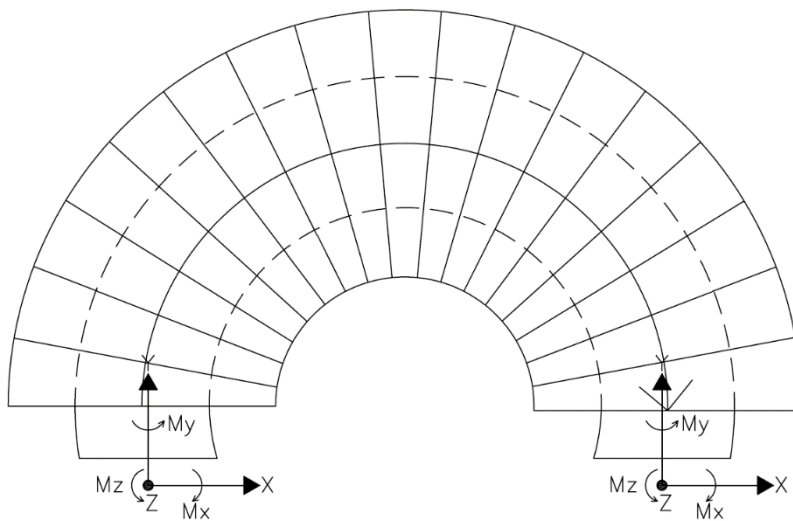
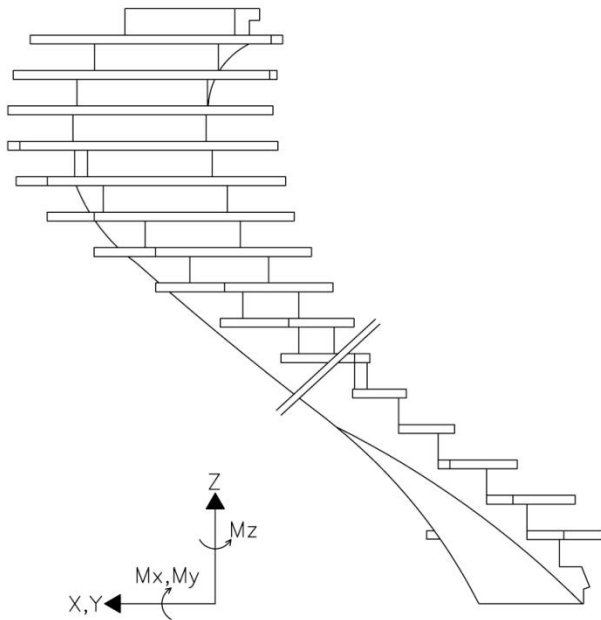
$$\begin{aligned}
 F_{dx} &= 4 \text{ kN} \\
 F_{dy} &= 9 \text{ kN} \\
 F_{dz} &= -30 \text{ kN} \\
 M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\
 M_{dy} &= -21 \text{ kNm} \\
 M_{dz} &= -22 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

E11 Keskipalkillinen, suora avoporraskäytävä

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Porraskäytäväelementti tukeutuu ylä- ja alareunastaan lepotason reunassa olevaan asennuskoloon. Vertikaalikuormat siirtyvät keskipalkin ylä- ja alapään kautta lepotasolle.

E13 Keskipalkillinen, koko kerrosvälin avokierreporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

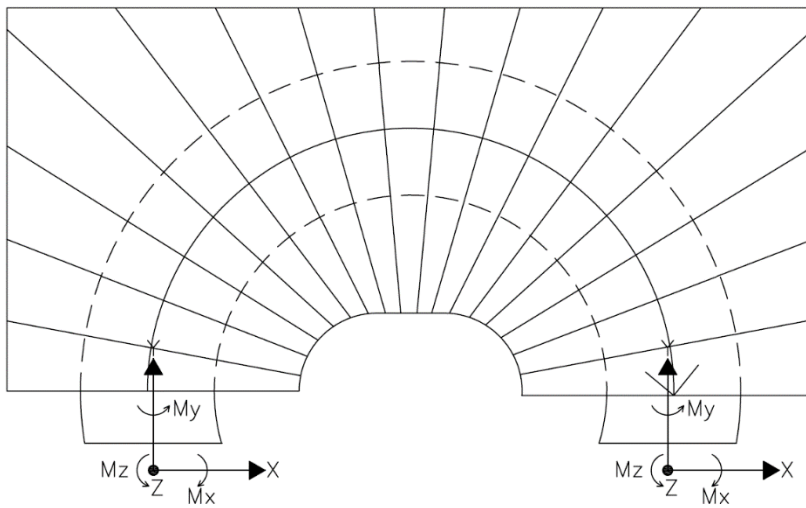
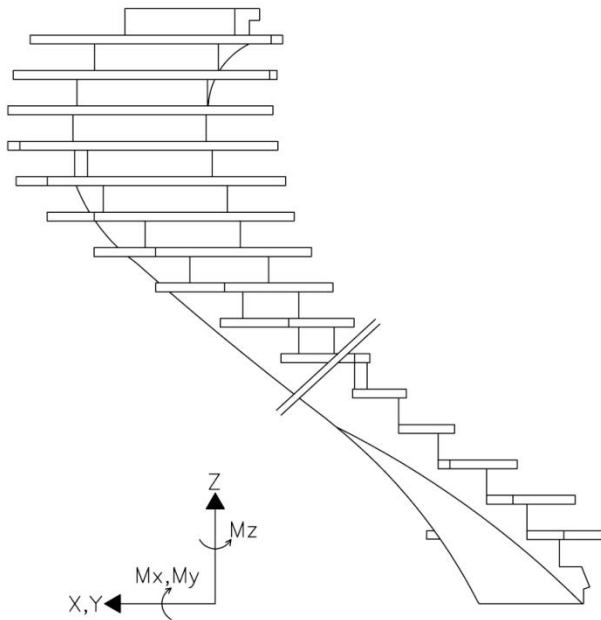
$$\begin{aligned} F_{dx} &= 0 \text{ kN} \\ F_{dy} &= -16 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -31 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 14 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -19 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Yläpää:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= 0 \text{ kN} \\ F_{dy} &= 16 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -31 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= -14 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -19 \text{ kNm} \end{aligned}$$

E14 Suorasivuinen, keskipalkillinen, koko kerrosvälin avokierreporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

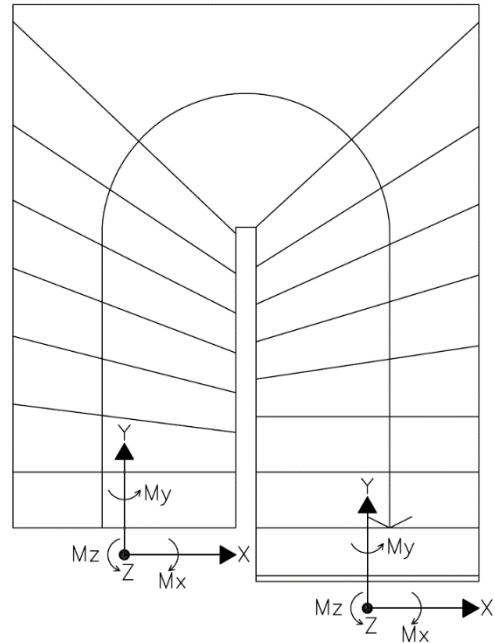
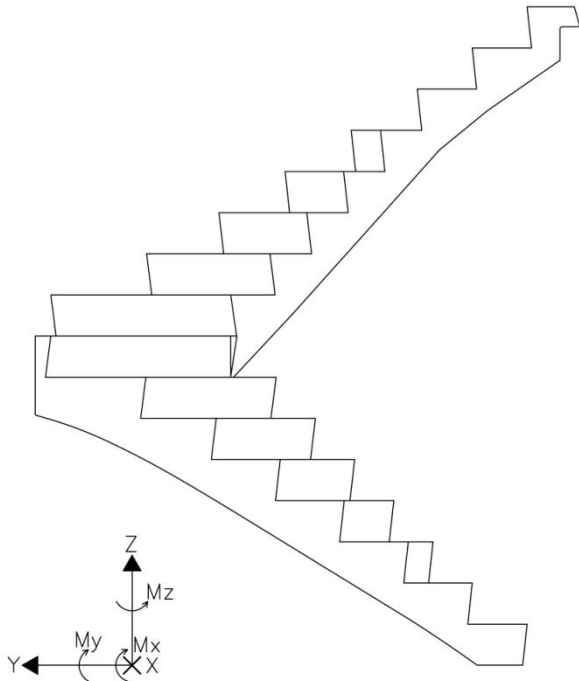
$F_{dx} = 0 \text{ kN}$
 $F_{dy} = -20 \text{ kN}$
 $F_{dz} = -39 \text{ kN}$
 $M_{dx} = 0 \text{ kNm}$
 $M_{dy} = 18 \text{ kNm}$
 $M_{dz} = -24 \text{ kNm}$

Yläpää:

$F_{dx} = 0 \text{ kN}$
 $F_{dy} = 20 \text{ kN}$
 $F_{dz} = -39 \text{ kN}$
 $M_{dx} = 0 \text{ kNm}$
 $M_{dy} = -18 \text{ kNm}$
 $M_{dz} = -24 \text{ kNm}$

E16 Suorasivuinen, lepotasollinen, koko kerrosvälin umpikierreporras

- Hyötykuorma: 2 kN/m² (huoneiston sisäinen porraskerros)
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa (E16-L1000:n mukaan)



Alapää:

$$\begin{aligned} F_{dx} &= 3 \text{ kN} \\ F_{dy} &= -30 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -35 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= 14 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -22 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Yläpää:

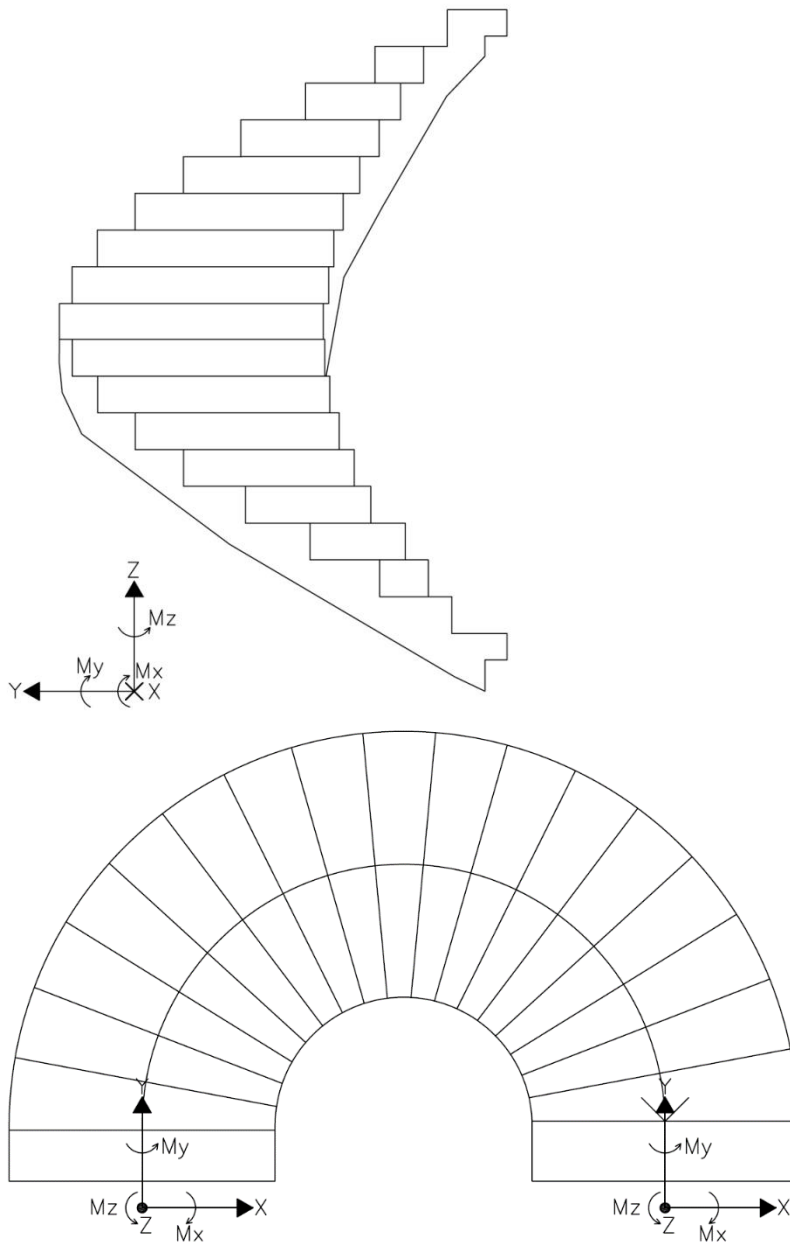
$$\begin{aligned} F_{dx} &= -3 \text{ kN} \\ F_{dy} &= 30 \text{ kN} \\ F_{dz} &= -33 \text{ kN} \\ M_{dx} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{dy} &= -6 \text{ kNm} \\ M_{dz} &= -11 \text{ kNm} \end{aligned}$$

E19 Sivupalkiton, lepotasollinen, suora umpilaattaporraskerros

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Porraskerros tukeutuu ylä- ja alareunastaan lepotason reunassa olevaan asennuskoloon. Vertikaalikuormat siirtyvät ylä- ja alapään kautta lepotasolle.

E20 Koko kerrosvälin umpikierreporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Kuormituskaaviossa ilmoitetut voimasuuret vaikuttavat porrasta tukeviin rakenteisiin nuolien suunnassa



Alapää:

$$F_{dx} = 0 \text{ kN}$$

$$F_{dy} = -28 \text{ kN}$$

$$F_{dz} = -44 \text{ kN}$$

$$M_{dx} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{dy} = 19 \text{ kNm}$$

$$M_{dz} = -33 \text{ kNm}$$

Yläpää:

$$F_{dx} = 0 \text{ kN}$$

$$F_{dy} = 28 \text{ kN}$$

$$F_{dz} = -44 \text{ kN}$$

$$M_{dx} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{dy} = -19 \text{ kNm}$$

$$M_{dz} = -33 \text{ kNm}$$

E21 Avonainen tai umpinainen ruuvikierreporras

- Hyötykuorma: 4 kN/m²
- Kuormat siirtyvät porraselementissä olevan keskipilarin kautta.