

PUUSILTATYYPPIPIIRUSTUSSARJA

Helsingin kaupunki

Yksiaukkoinen liimapuinen palkkisilta (Plp)

Jm=16 m

HL=5 m

Vinous=0 gon

Kuormitus: KL/5.9.2014.

Onnettomuuskuorma 260 kN teli, akseliväli 1,2 m ja raideleveys on 2 m.

Sillan kaiteiden johteiden kuorma: viivakuorma 3 kN/m (Onnettomuuskuorma).

Rakennelaskelmat

26.6.2018

SUUNNITTELU / SITO OY

Laatinut: Matti Salo

Sisäinen tarkastus: R. Helin

Hyväksynyt: A.Savolainen

TARKASTAMINEN / HYVÄKSYMINE

Tarkastusluokka: 2

Tarkastanut: 15.12.2017

Pere/Rautajärvi/Pehkonen / WSP Finland Oy

Hyväksynyt: 18.9.2018

Olli-Pekka Aalto / Helsingin kaupunki

Sisällysluettelo

A	LASKELMIEN YHTEENVETO	4
A.1	SILTAPAIKKA	4
A.2	LUOKITUKSET	4
A.3	KUVAUS SUUNNITELTAVASTA RAKENTEESTA	5
A.4	MITOITUSPERUSTEET	7
A.4.1	OHJEET JA OHJELMISTOT	7
A.4.2	PÄÄRAKENNUSAINEIDEN MATERIAALIOMINAISUUDET	8
A.4.3	KUORMAT	16
A.5	RAKENNEANALYYSIT	17
A.5.1	RAKENNEMALLIT	17
A.5.1.1	POIKKILEIKKAUSSUUREET	20
A.5.2	KUORMIEN SJOITTELU	23
A.5.2.1	PYSYVÄT KUORMAT	23
A.5.2.2	LIIKENNEKUORMA	24
A.5.2.3	VAAKAKUORMAT	25
A.5.2.4	MUUT MUUTTUVAT KUORMAT	28
A.5.3	KUORMIEN YHDISTELY	30
A.5.4	MÄÄRÄÄVIMMÄT VOIMASUUREET JA SIIRTYMÄT	32
A.5.4.1	KANNEN VOIMASUUREET	32
A.5.4.2	PALKKIEN VOIMASUUREET	34
A.5.4.3	PERUSTUSTEN VOIMASUUREET	35
A.5.4.4	TAIPUMAT	37
A.5.5	SUURUUSLUOKKATARKASTELU	39
A.6	RAKENNEOSIEN MITOITUKSEN TIIVISTELMÄ	45
A.6.1	PÄÄLLYSRAKENNE	45
A.6.1.1	PUINEN PÄÄLLYSRAKENNE	45
A.6.1.1.1	KANSILANKKUJEN MITOITUS	45
A.6.1.1.2	LIIMAPUUPALKKIEN MITOITUS	47
A.6.1.1.3	KIEPAHDUSTUEN MITOITUS	54
A.6.2	ALUSRAKENNE	64
A.6.2.1	MAANVARAISET PERUSTUKSET	74
A.6.2.2	PAALUPERUSTUKSET	80
A.6.3	ERILLISTARKASTELUT	82
A.6.3.1	KAITEIDEN MITOITUS	82
A.6.3.1.1	SUORAN KAIDETOLPAN MITOITUS	89
A.6.3.1.2	VINOTUELLISEN KAIDETOLPAN MITOITUS	106
A.6.3.1.3	YLÄJOHTEN MITOITUS	120
A.6.3.1.4	KANTAVAN SÄLETOLPAN MITOITUS	131
A.6.3.1.5	KAIDETOLPAN MITOITUS SIIPIMUURILLA	134
A.6.3.1.6	SÄLE-ELEMENTIN MITOITUS	144
A.6.3.1.7	VERKKO-ELEMENTIN KIINNITYS KAIDETOLPPAAN	169
A.6.3.2	KAIDETOLPAN JALAN MITOITUS	172
A.6.3.3	TÖRMÄYSPALKIN MITOITUS	175
A.6.3.4	KANNEN KIINNITYS: VAAKA- JA PYSTYVOIMILLE	187
A.6.3.5	SYRJÄLANKKUKANNEN NAULAUS	207
A.7	VARUSTEET JA LAITTEET	213
LIITTEET:		
	MURTORAJATILAN VOIMASUUREET (MRT)	
	KÄYTTÖRAJATILAN VOIMASUUREET (KRT)	
	ONNETTOMUUSRAJATILAN VOIMASUUREET (Ad)	

TAIPUMAT
KANNEN KIINNITYS VOIMASUUREET (MRT)

A LASKELMIEN YHTEENVETO

A.1 SILTAPAikka

"Suunnittelija lisää siltapaikan tiedot. Esitellään siltapaikka ja siltapaikalla kulkevat väylät ja niiden geometriat".

"Suunnittelija lisää myös tarvittavat pohjasuhdeselvitykset".

A.2 LUOKITUKSET

Seuraamusluokka: CC2

Käyttöikä: päällysrakenne 50 vuotta, pois lukien syrjälankkukansi ja kulutuslankutus, joiden käyttöikä on 25 vuotta

Rakennusmateriaalikohtaiset luokat:

Puun käyttöluokat:

Materiaali	Käyttöluokka
Sahatavara	3
Liimapuu reunimmaiset palkit	3
Liimapuu keskimmäiset palkit	2

Kuormituksien luokat:

Kuormayhdistelmän aikaluokkana käytetään lyhytkestoisimman osakuorman aikaluokkaa vastaavaa arvoa siltojen kuormitusyhdistelyissä. Liikennekuorman aikaluokka on hetkellinen, mistä seuraa, että muunnoskerroin $k_{mod} = 0,9$.

Pohjarakenteita koskevat luokitukset:

"Suunnittelija lisää mitoituksen ja rakentamiseen vaikuttavat luokat ja luokitukset tarvittaessa tukikohtaisesti".

Tuki	Geotekninen luokka	Paalutustyöluokka
Tuki 1		
Tuki 2		

Siltapaikkaluokka: Luokka IV (vaatimaton)

Talvihoitoluokka: K2 laatuvaatimukset (07-22)

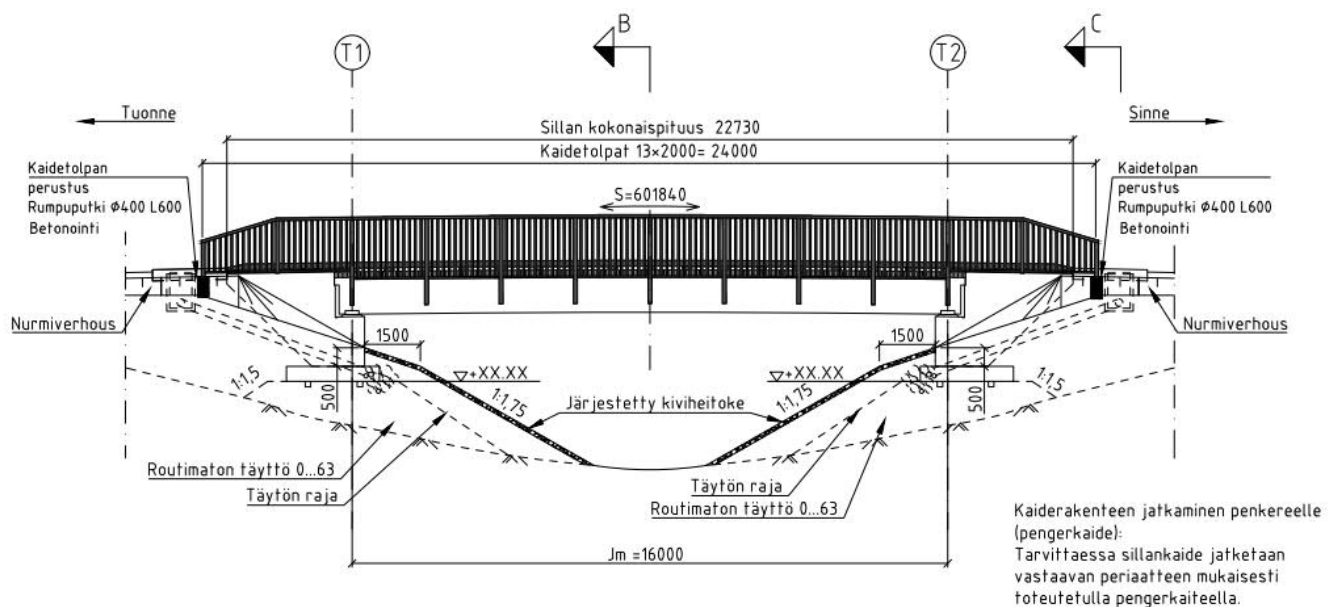
Muut sillan suunnitteluun vaikuttavat luokitukset:

A.3 KUVAUS SUUNNITELTAVASTA RAKENTEESTA

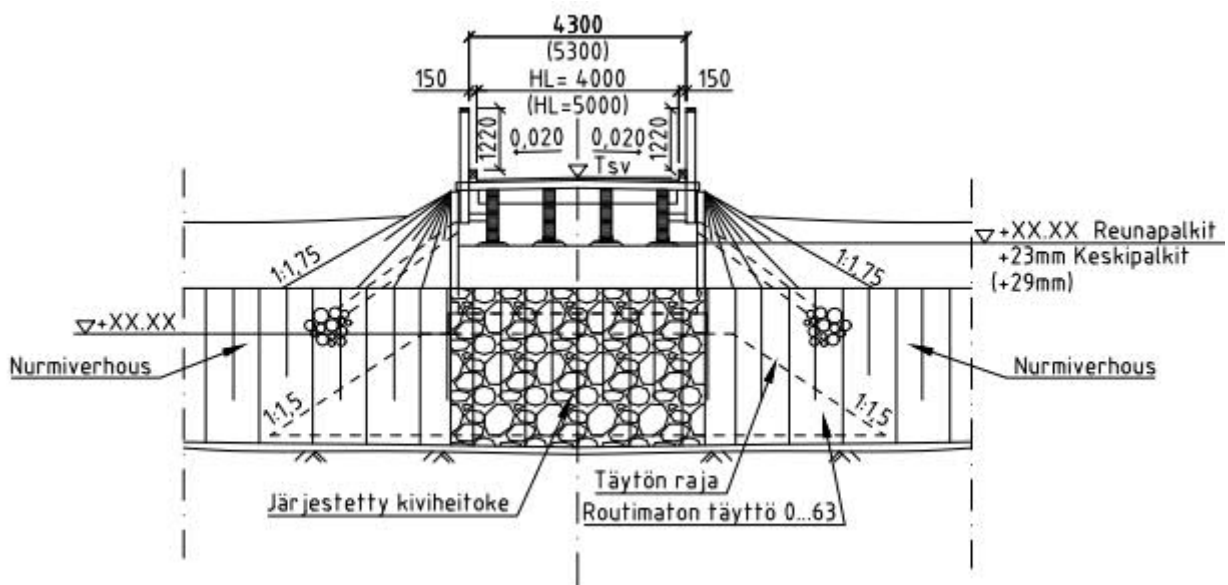
Siltatyyppi on yksiaukkoinen liimapuinen palkkisilta (Plp), jonka jännemitta J_m on 16 m ja hyödyllinen leveys HL on 4 tai 5 m. Rakennelaskelmat on laadittu hyötyleveydelle 5 m. Suunnitelmat sovellettavissa hyötyleveydelle 4 m.

Päällysrakenne: Sillan pääkannattimina ovat yksiaukkoiset liimapuupalkit, joiden päällä on syrjälankkukansi ja kalanruotokuviainen kulutuslankutus. Pääpalkit tukeutuvat suoraan syrjälankkukanteen. Rakennekorkeus on 1,46 m ja hoikkuus on 16,2 (Jännemitan suhde rakennekorkeuteen). Rakenteet: Liimapuupalkit ovat 215x990, syrjälankut ovat 150x50 ja kulutuslankutus on 50x50.

Kannen kuivatus: kansi on harjakalteva ja törmäyspalkin alla on rako, josta vesi pääsee valumaan pois.

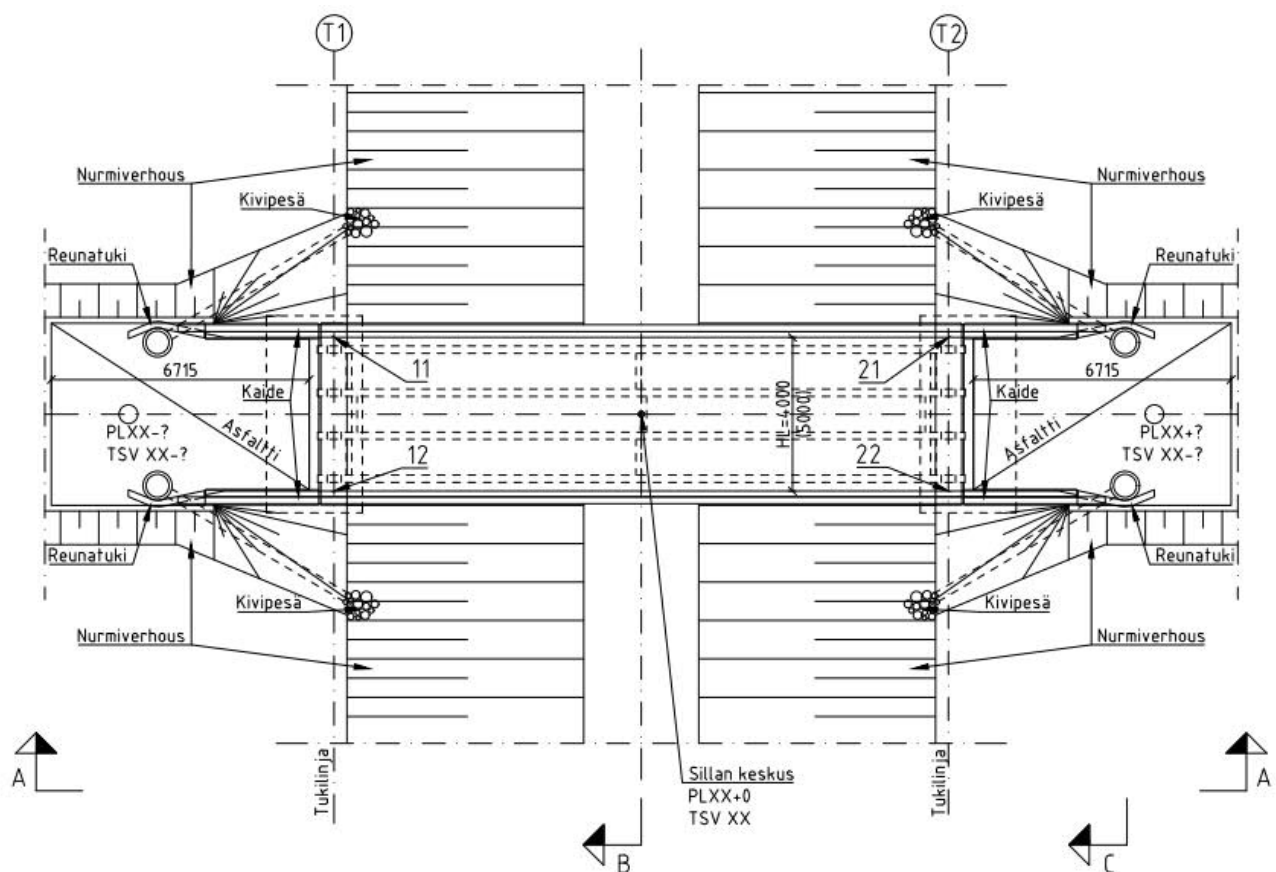


Kuva 1. Sillan sivukuva



Kuva 2.

Sillan poikkileikkaus



Kuva 3. Sillan tasokuva.

"Alusrakenteen osalta: Suunnittelija lisää perustamistavan ja laakeroinnin vallintaperusteet".

A.4 MITOITUSPERUSTEET

A.4.1 Ohjeet ja ohjelmistot

"Suunnittelija lisää alusrakenteiden rakennelaskelmien laatimisessa käytetyt"

Rakennelaskelmien laatimisessa on käytetyt seuraavia:

Suunnittelustandardit ja niiden kansalliset liitteet:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 +A2+ AC: Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 16.6.2014

SFS-EN 14081-1: Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1: General requirements. 19.2.2016

SFS-EN 14080: Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset. 18.11.2013

SFS-EN 1995-2: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 2: Sillat. 21.12.2004

NA SFS-EN 1995-2-LVM. Suomen kansallinen liite. 1.6.2010

Suunnitteluohjeet ja niiden versiot:

Eurokoodin soveltamisohje: Puurakenteiden suunnittelu- NCCI 5. 17.6.2013

Eurokoodin soveltamisohje: Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet NCCI 1. 5.9.2014

Ril 205-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje.

Hankekohtaiset suunnitteluperusteet ja tuotevaatimukset:

xx

Mallintamisessa ja mitoituksessa käytetyt ohjelmat ja niiden versiot:

AutoCad, 2016

MathCad, versio 15

SOFiSTiK FEA 2012

Tekla Structures 2016i

A.4.2 Päärakennusaineiden materiaaliominaisuudet

syrjälankkukannen materiaalit ja ominaisuudet:

Materiaaliominaisuudet:

Syrjälankkukansi: Materiaali: Sahatavara C30

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

Käyttöluokka 3	Muunnoskerroin k_{mod} :	Virumaluku k_{def} :
	$k_{\text{mod.pysyvä}} := 0.50$	$k_{\text{def}} := 2$
	$k_{\text{mod.keskipitkä}} := 0.65$	
	$k_{\text{mod.hetkellinen}} := 0.90$	
	$k_{\text{mod}} := 0.90$	Käytetään lyhytkestoisimman osakuorman aikaluokkaa.

Tilavuuspaino

$$\gamma_{\text{kansi}} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Muodonmuutoskertoimet:

Lämpötilakerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_T := 5 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

Kosteudenmuutoskerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_{\text{kosteus}} := 1 \times 10^{-4} \frac{1}{\%}$$

Materiaaliominaisuudet:

Lujuuksien ominaisarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{\text{m.k}} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{\text{c.0.k}} := 23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{\text{v.k}} := 4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{\text{c.90.k}} := 2.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Jäykkyyksien ominaisarvot:

Kimmoduuli:

$$E_{0,\text{mean}} := 12000 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0,05} := 8000 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{\text{mean}} := 750 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{0,05} := 500 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.4$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m,d} := k_{\text{mod}} \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.929 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,d} := k_{\text{mod}} \times \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 1.479 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v,d} := k_{\text{mod}} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.571 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M,p} := 1$$

$$f_{c,90,d} := k_{\text{mod}} \times \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.43 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mitoitusarvot:

Kansilankkujen taivutuslujuus:

$n = 7.804$ kuormitettujen lankkujen lukumäärä n määritetty kohdassa 5.1.1 Poikkileikkaussuureet

$$k_{\text{sys}} := 1 + \frac{0.1}{8} \cdot n = 1.098$$

$$f_{\text{m.d.deck}} := k_{\text{sys}} \cdot f_{\text{m.d}} = 2.117 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kansilankkujen leikkauslujuus:

$$f_{\text{v.d.deck}} := k_{\text{sys}} \cdot f_{\text{v.d}} = 2.822 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Käyttötilan loppumuodonmuutostilan jäykkyyssominaisuudet:

Kimmoduuli:

$$E_{0.\text{mean.fi}} := \frac{E_{0.\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})} = 4 \cdot 10^3 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{\text{mean.fi}} := \frac{G_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})} = 250 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusarvot:

Onnettomuusrajatila

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.0$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m.Ad} := k_{mod} \times \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 2.7 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.Ad} := k_{mod} \times \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 2.07 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.Ad} := k_{mod} \times \frac{f_{v.k}}{\gamma_M} = 3.6 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M.p} := 1$$

$$f_{c.90.Ad} := k_{mod} \times \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_{M.p}} = 2.43 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mitoitusarvot:

Kansilankkujen taivutuslujuus:

$n = 7.804$ kuormitettujen lankkujen lukumäärä n määritetty
kohdassa 5.1.1 Poikkileikkaussuureet

$$k_{sys} := 1 + \frac{0.1}{8} \times n = 1.098$$

$$f_{m.Ad.deck} := k_{sys} \times f_{m.Ad} = 2.963 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kansilankkujen leikkauslujuus:

$$f_{v.Ad.deck} := k_{sys} \times f_{v.Ad} = 3.951 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Liimapuupalkkien materiaalit ja ominaisuudet:

Materiaaliominaisuudet:

Palkki: Materiaali: liimapuu gL30c

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

Käyttöluokka 3	Muunnoskerroin k_{mod} :	Virumaluku k_{def} :
	$k_{\text{mod.pysyvä}} := 0.50$	$k_{\text{def}} := 2$
	$k_{\text{mod.keskipitkä}} := 0.65$	
	$k_{\text{mod.hetkellinen}} := 0.90$	
	$k_{\text{mod}} := 0.90$	Käytetään lyhytkestoisimman osakuorman aikaluokkaa.

Tilavuuspaino

$$\gamma_{\text{palkki}} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Muodonmuutokset:

Lämpötilakerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_T := 5 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

Kosteudenmuutoskerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_{\text{kosteus}} := 1 \times 10^{-4} \frac{1}{\%}$$

Sauvan koon vaikutus lujuuteen voidaan ottaa huomioon kertoimella:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 3.3(3)

$$k_h := \begin{cases} \min \left(\frac{600 \text{ mm}}{h_{\text{palkki}}}, 1.1 \right)^{0.1} & \text{if } h_{\text{palkki}} < 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

$$k_{h.z} := \begin{cases} \min \left(\frac{600 \text{ mm}}{b_{\text{palkki}}}, 1.1 \right)^{0.1} & \text{if } b_{\text{palkki}} < 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1.1$$

Materiaaliominaisuudet:

Lujuuksien ominaisarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{m.k} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.k} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.k} := 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{c.90.k} := 3.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Jäykkyyksien ominaisarvot:

Kimmo moduuli:

$$E_{0.\text{mean}} := 13000 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 10800 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{\text{mean}} := 650 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{0.05} := 540 \times \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.2$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m.d} := k_{\text{mod}} \times \frac{k_h \times f_{m.k}}{\gamma_M} = 2.25 \times 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.z.d} := k_{mod} \times \frac{k_{h.z} \times f_{m.k}}{\gamma_M} = 2.475 \cdot 10^4 \times \frac{kN}{m^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \times \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 1.875 \cdot 10^4 \times \frac{kN}{m^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.d} := k_{mod} \times \frac{f_{v.k}}{\gamma_M} = 2.625 \cdot 10^3 \times \frac{kN}{m^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M.p} := 1$$

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \times \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_{M.p}} = 2.7 \cdot 10^3 \times \frac{kN}{m^2}$$

Käyttötilan loppum uodonmuutostilan jäykkyysoinaisuudet:

Kimmo moduuli:

$$E_{0.mean.fi} := \frac{E_{0.mean}}{(1 + k_{def})} = 4.333 \cdot 10^3 \times \frac{N}{mm^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{mean.fi} := \frac{G_{mean}}{(1 + k_{def})} = 216.667 \times \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusarvot:

Onnettomuusrajatila

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.0$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m,Ad} := k_{mod} \times \frac{k_h \times f_{m,k}}{\gamma_M} = 2.25 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,Ad} := k_{mod} \times \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 1.875 \cdot 10^4 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v,Ad} := k_{mod} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.625 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M,p} := 1$$

$$f_{c,90,Ad} := k_{mod} \times \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.7 \cdot 10^3 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A.4.3 Kuormat

Kuormitus: KL/5.9.2014.

Pysyvät kuormat:

Omat painot:

- Liimapuupalkkien ja syrjälankkukannen omapaino
- pintarakenteen omapaino
- kaiteiden paino
- maanpaino
- Maan lepopaine

Muuttuvat kuormat:

Muut muuttuvat kuormat:

- Tuulikuorma
- Kosteudenmuutos
- Lämpötilan muutos

Liikennekuormat:

- Tasaisesti jakautunut kuorma
- Huoltoajoneuvo
- Sillan pituussuuntainen kuorma
- Sivukuorma
- Liikennekuorman maanpaine

Onnettomuuskuormat:

- Kaiteen onnettomuuskuorma

Kuormien yhdistely suoritetaan sovellusohjeen NCCI 1 liitteen 1C taulukoiden mukaisesti.

A.5 RAKENNEANALYYSIT

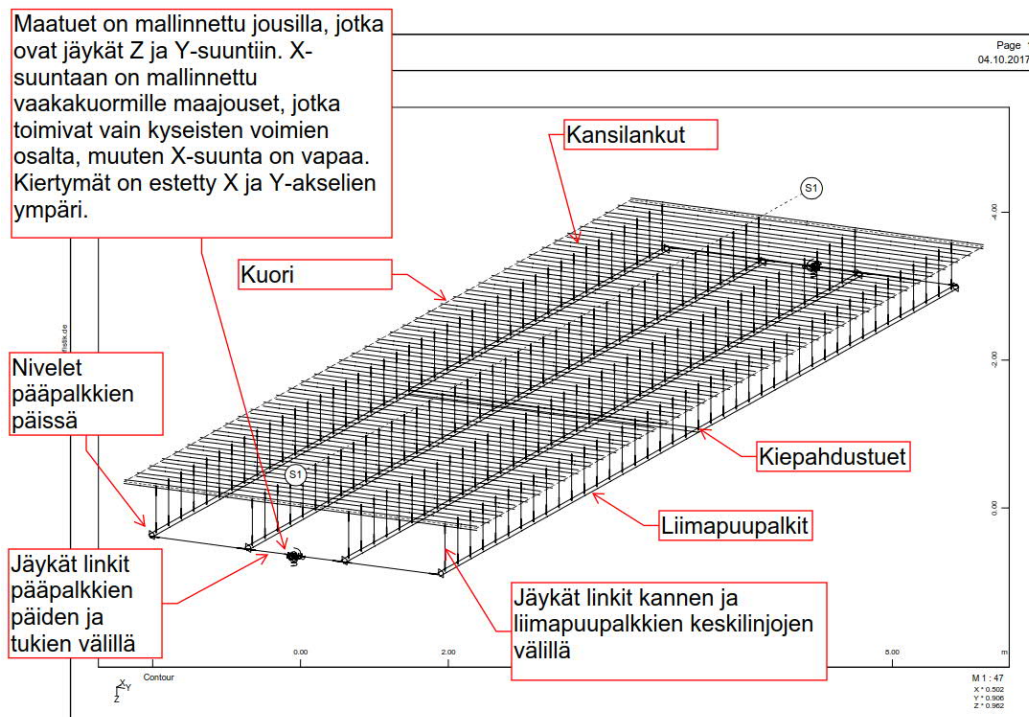
A.5.1 Rakennemallit

Rakenne mallinnetaan yksiaukkoisena arinarakenteena, jossa on liimapuiset pääpalkit, sekä poikittaiset kansilankut, joiden poikkileikkauksen leveys on huoltoajoneuvon rengaskuorman jakaantumislevyden suuruinen (määritetty kohdassa 5.1.1 Poikkileikkaussuureet). Poikittaiset kansilankut kiinnitetään liimapuupalkkeihin jäykillä linkeillä. Akselikuorman pistemäisten kuormien jakautuminen kansilankuille varmistetaan lisäämällä malliin kuori (structural area), joka siirtää lankkujen väliin osuvan kuorman viereisille lankuille. Kuorella ei ole painoa, eikä poikittaista jäykkyyttä. Kuori mallinnetaan kansilankkujen tasolle.

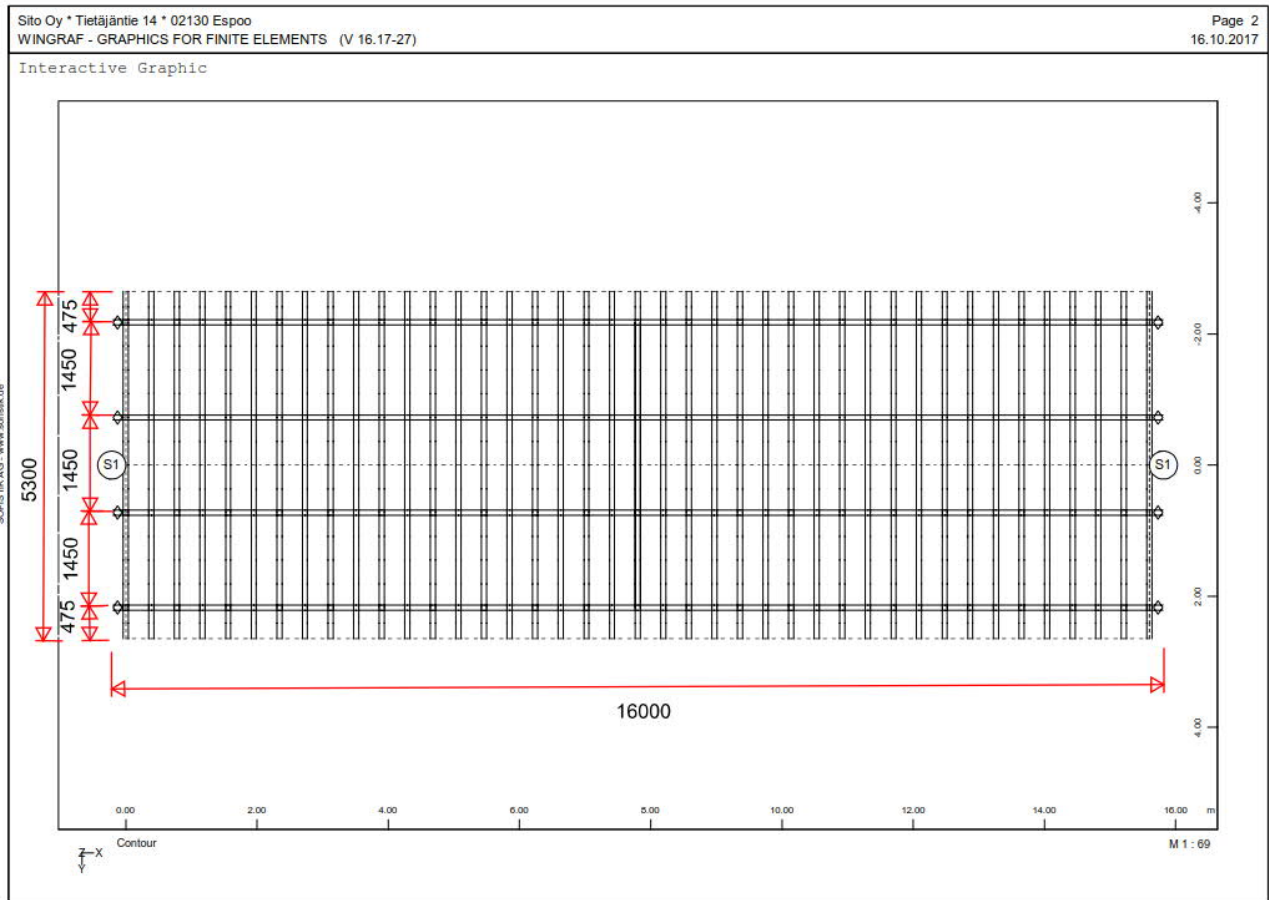
Rakennemallin poikkileikkaussuureet:

Osa	SofiStik ohjelmassa	Poikkileikkausarvot
Kansilankut	Structural Line	$A=0.15\text{m}\times0.39\text{m}$, $L=5.3\text{m}$
Liimapuupalkit	Structural Line	$A=0.215\text{m}\times0.990\text{m}$, $L=16\text{m}$
Kiepahdustuet	Structural Line	$A=0.14\text{m}\times0.945\text{m}$, $L=1.26\text{m}$
Kuori	Structural area	$h=0.01\text{m}$, $L=16\text{m}$, $B=5.3\text{m}$

Liimapuupalkit kiilataan otsamuuria vasten, niin maanpaine kuormat on otettu huomioon puristavana kuormana palkkeja mitoittaessa. Maatuille tulevat vaakakuormat on jaettu tasan kaikille palkeille.



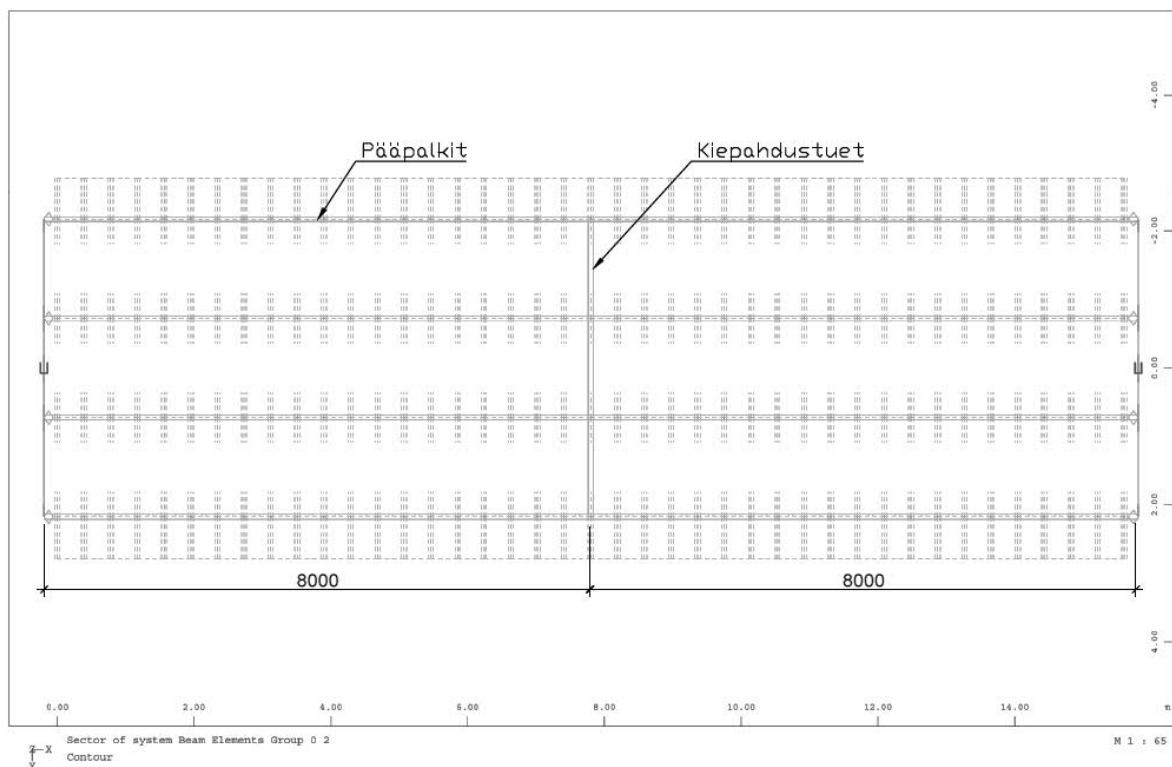
Kuva 4. Rakennemalli.



Kuva 5. Rakenteiden mitat

Sillan poikittain jäykistäminen:

Palkkien väliin sijoitetaan poikittaiset kiepahdustuet liimapuupalkkien jänteiden puoliväliin. Poikkituet ovat samaa materiaalia kuin liimapuiset pääpalkit.



Kuva 6. Rakennemalli. Kiepahdustuet.

A.5.1.1 Poikkileikkaussuureet

PÄÄLLYSAKENNE

Poikkileikkausarvot:

Liimapuupalkit:

$$b_{\text{palkki}} := 215\text{mm}$$

vähennetään palkin korkeudesta 4 mm sivukaltevuudan takia

$$h_{\text{palkki}} := (990 - 4)\text{mm} = 986\text{mm}$$

$$L_{\text{palkki}} := 16\text{m}$$

$$L_{\text{jänne}} := 1.45\text{m} \quad \text{Palkkijako}$$

$$L_{\text{laakeri}} := 300\text{mm} \quad \text{Tukipinnan pituus}$$

$$b_{\text{laakeri}} := 215\text{mm} \quad \text{Tukipinnan leveys}$$

$$A_{\text{palkki}} := b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}} = 0.212\text{m}^2$$

$$I_{y,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 0.017\text{m}^4$$

$$W_{y,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.035\text{m}^3$$

$$I_{z,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}}^3 \cdot h_{\text{palkki}}}{12} = 8.166 \times 10^{-4}\text{m}^4$$

$$W_{z,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}}^2 \cdot h_{\text{palkki}}}{6} = 7.596 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

Kiepahdustuet:

$$b_{\text{kpalkki}} := 140\text{mm}$$

$$h_{\text{kpalkki}} := 945\text{mm}$$

$$L_{\text{k,palkki}} := 1450\text{mm}$$

$$A_{\text{kpalkki}} := b_{\text{kpalkki}} \cdot h_{\text{kpalkki}} = 0.132\text{m}^2$$

$$I_{y.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki} \cdot h_{kpalkki}^3}{12} = 9.846 \times 10^{-3} \cdot m^4$$

$$W_{y.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki} \cdot h_{kpalkki}^2}{6} = 0.021 \cdot m^3$$

$$I_{z.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki}^3 \cdot h_{kpalkki}}{12} = 2.161 \times 10^{-4} \cdot m^4$$

$$W_{z.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki}^2 \cdot h_{kpalkki}}{6} = 3.087 \times 10^{-3} \cdot m^3$$

Kansirakenne:

Syrjälankkukansi:

$$b_{lankku} := 50mm$$

$$h_{lankku} := 150mm$$

$$L_{kansi} := 5.8m$$

Kulutuserros:

$$h_{kulutus} := 50mm$$

kannen tehokasleveys:

Kuorman leveys:

$$b_w := 0.2m$$

Palkin tehollisen leveyden laskemiseen tarvittava mitta a

Naulaamalla laminoitu kansilaatta

$$a := 0.1m$$

Kuorman jakautuminen
kansilankuissa:

$$\beta_{lankku} := 15deg$$

$$\beta_{lankku.pit} := 45deg$$

Kuorman jakautuminen
pintarakenteessa:

$$\beta_{pinta} := 45deg$$

Kuormitus pinta lankun keskilinjalla:

lankun poikkisuuntaan

$$b_{ef} := b_w + a + \tan(\beta_{lankku}) \cdot h_{lankku} + \tan(\beta_{pinta}) \cdot h_{kulutus} = 390.192 \cdot mm$$

lankun pituussuuntaan

$$b_{\text{ef.pit}} := b_w + a + \tan(\beta_{\text{lankku.pit}}) \cdot h_{\text{lankku}} + \tan(\beta_{\text{pinta}}) \cdot h_{\text{kulutus}} = 500 \cdot \text{mm}$$

Kuormitettujen lankkujen lukumäärä:

$$n := \frac{b_{\text{ef}}}{b_{\text{lankku}}} = 7.804$$

$$A_{\text{lankku}} := b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_{y.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}}^3}{12} = 1.406 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{y.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}}^2}{6} = 1.875 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

$$I_{z.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}}^3 \cdot h_{\text{lankku}}}{12} = 1.563 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{z.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}}^2 \cdot h_{\text{lankku}}}{6} = 6.25 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

MAA-AINES

Murske: $\gamma_{\text{murske}} := 21 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

$$\varphi_{\text{murske}} := 38 \text{deg}$$

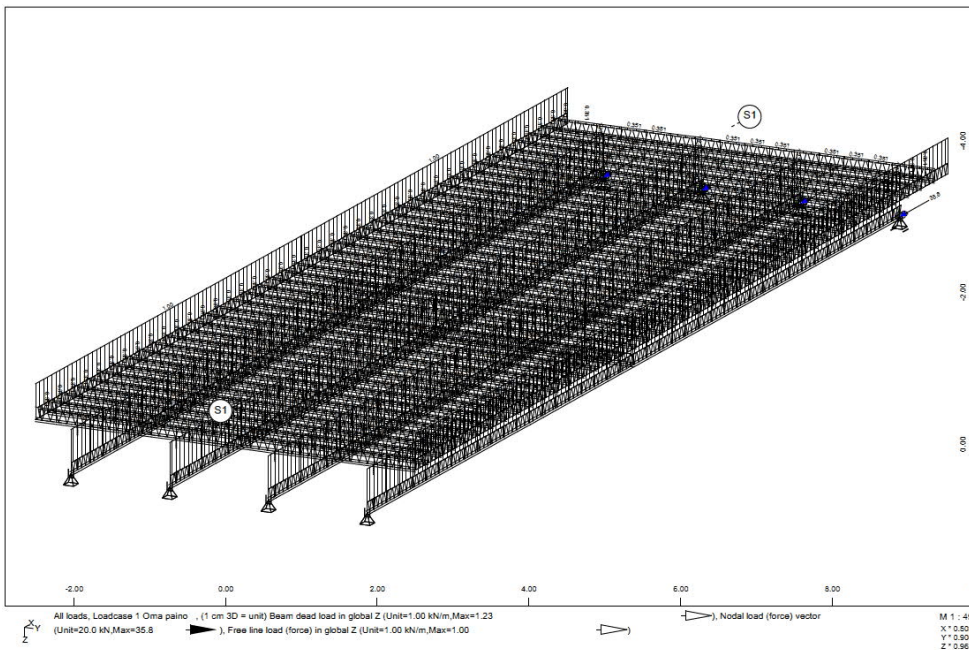
A.5.2 Kuormien sijoittelu

A.5.2.1 Pysyvät kuormat

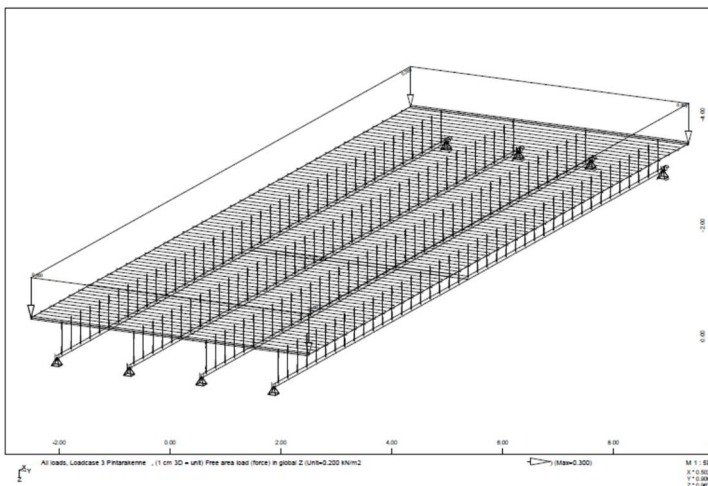
Päällysrakenteen kuormat:

Taulukko 1. Rakenteiden tilavuuspainot ja kuormat kannelle.

Kuorma	Tilavuuspaino	Annettu rakennemalliin
Syrjälankkukansi 150x50	6 kN/m ³	Ohjelma laskee mallinnetut rakenteiden painot.
Kulutuserros 50x50	0,3 kN/m ²	Pintakuormana pinnalle.
Kaide ja törmäyspalkki	1 kN/m	Pistekuormana kansilankkujen päihin.
Liimapuupalkit 215x990	6 kN/m ³	Ohjelma laskee mallinnetut rakenteiden painot.



Kuva 7. Rakenteiden pysyvät kuormat rakennemalliin.

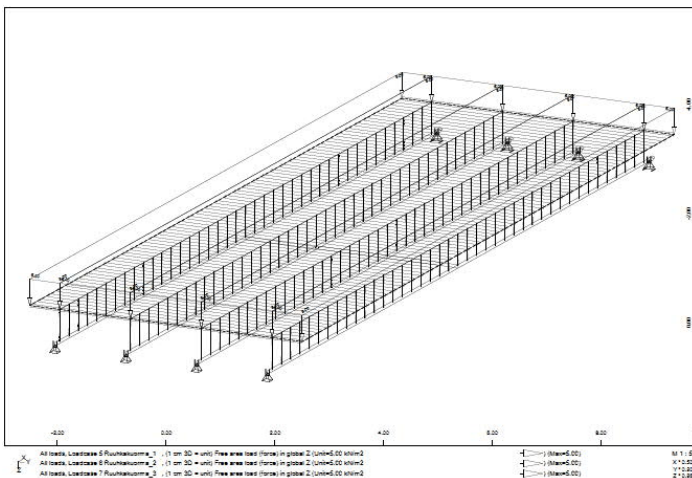


Kuva 8. Kulutuskerros pintakuormana mallinnetulle pinnalle.

A.5.2.2 Liikennekuorma

Pintakuorma:

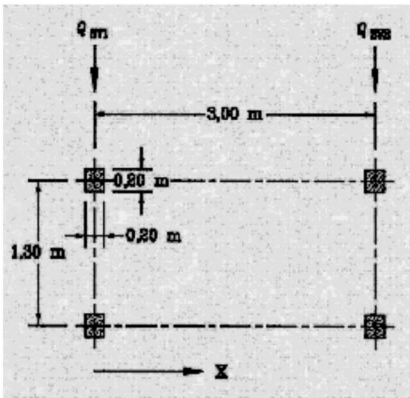
Ruuhkakuorma 5kN/m^2 . Mallinnetaan pintakuormana mallinnetulle pinnalle. Kuormakaistat (5 kpl) on esitetty kuvassa 9.



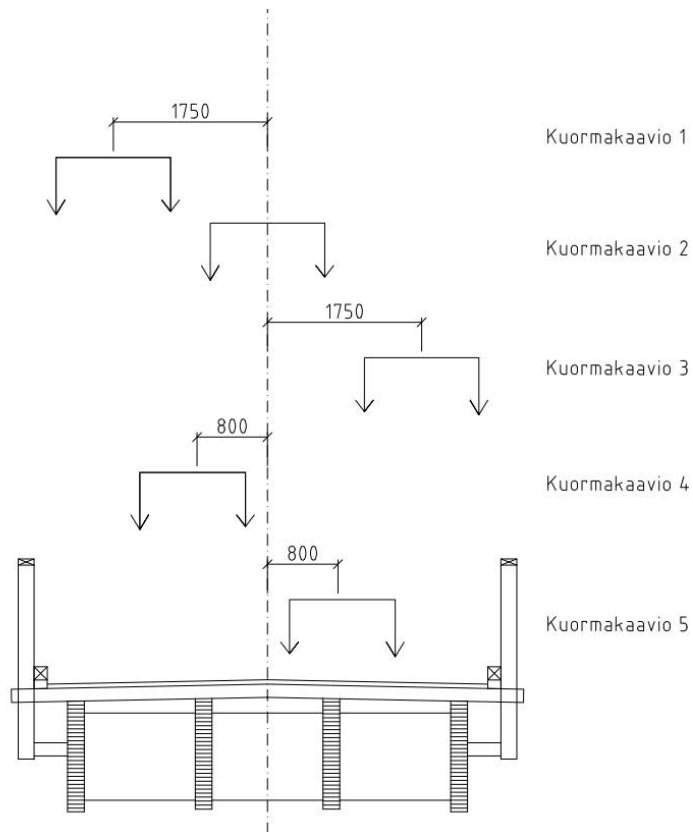
Kuva 9. Ruuhkakuorman kuormakaaviot.

Huoltoajoneuvo:

Akselikuorma $Q_{sv1}=100\text{kN}$ ja $Q_{sv2}=60\text{kN}$. Mallinnetaan pistekuormina mallinnetulle pinnalle. Kuormakaavio on esitetty kuvassa 10 ja kuormakaistat on esitetty kuvassa 11. Kuormakaistoja on viisi, jotka ajetaan yksitellen mallinnetun sillan kannen yli. Kuorman askel on 0.39m .



Kuva 10. Huoltoajoneuvon kuormakaavio. Suomen kansallisessa liitteessä on määritetty ajoneuvon leveydeksi 2,0 m.

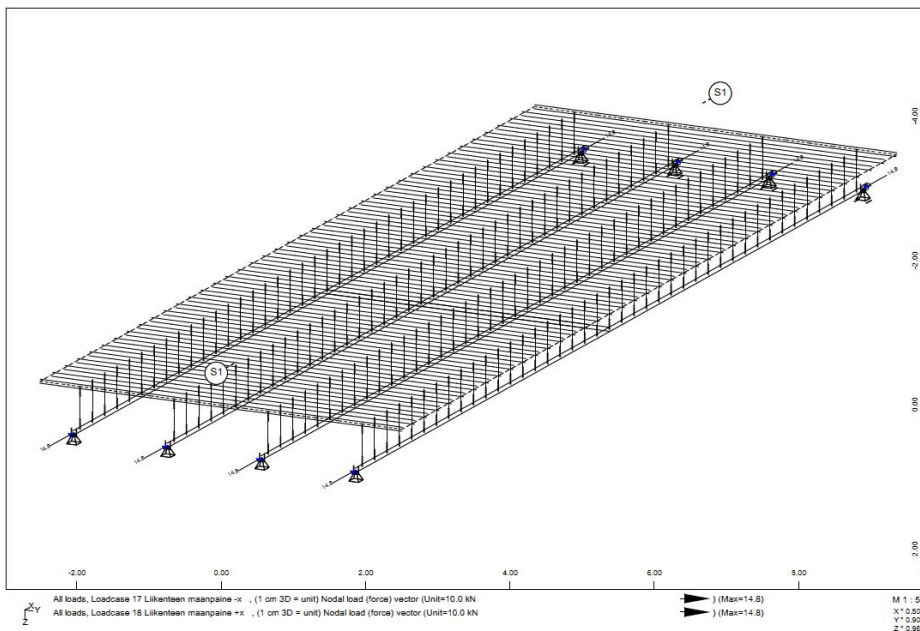


Kuva 11. Huoltoajoneuvon kuormakaaviot.

A.5.2.3 Vaakakuormat:

Liikennekuorman aiheuttama maanpaine.

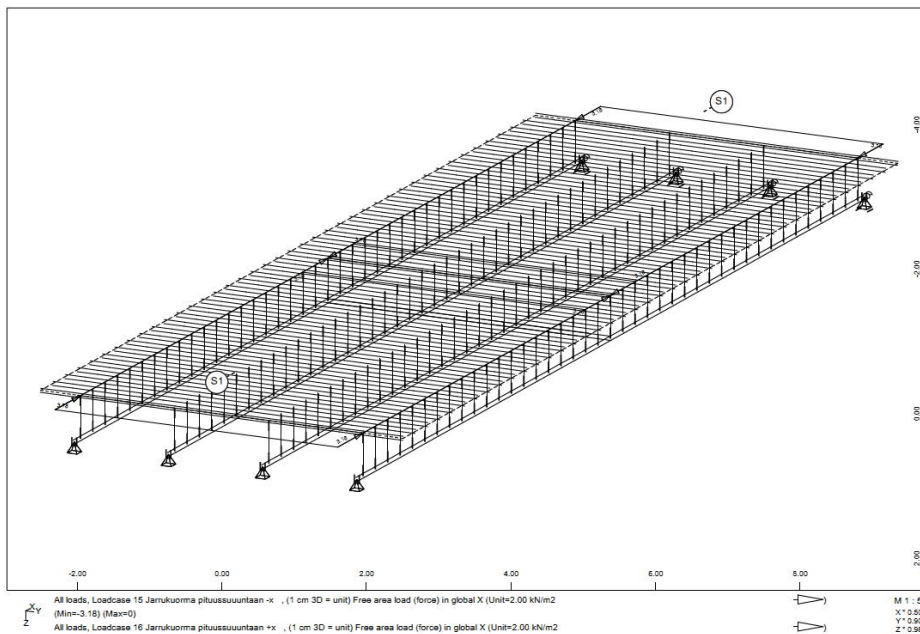
Pystykuorma on 10 kN/m^2 . Päätypalkille vaakakuorma $4,7 \text{ kN/m}^2$. Lepopaine mallinnetaan puristavana pistekuormana liimapuupalkille. Yhdelle liimapuupalkille saadaan puristava voima $19,8 \text{ kN}$.



Kuva 12. Liikennekuorman maanpaine pistekuormina palkeille.

Pituussuuntainen kuorma.

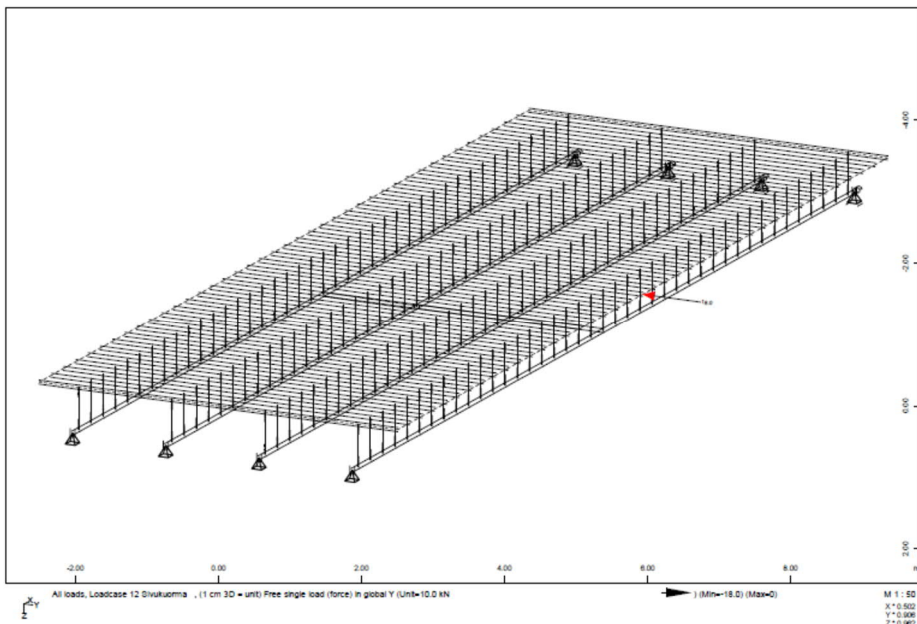
Q_{flk} 96kN. Mallinnetaan sillan suuntaisena pintakuormana kannen puolikkaalle ($96/(7,8*4,35)$ kN/m²) 2,8kN/m².



Kuva 13. Pituussuuntainen kuorma pinta-alakuormana kannelle.

Sivukuorma.

Sivukuorma mallinnetaan pistekuormana kansilankuille. $F=24$ kN ($0,25*96$ kN). Kuorma voi sijaita palkin keskellä tai päädyssä.



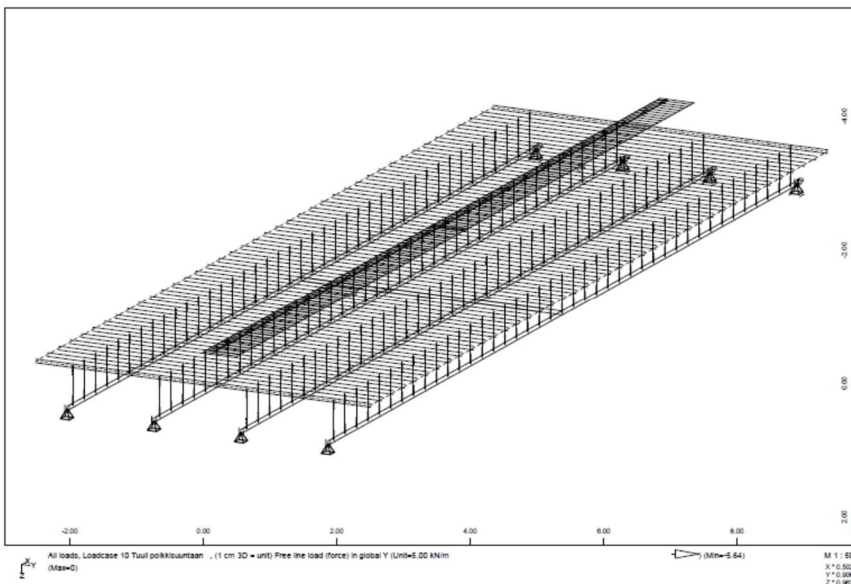
Kuva 14. Poikittainen kuorma pistekuormana kansilankuille. Pistekuorma vaikuttaa vaihtoehtoisesti kannen toisessa päädyissä tai keskellä.

A.5.2.4 Muut muuttuvat kuormat

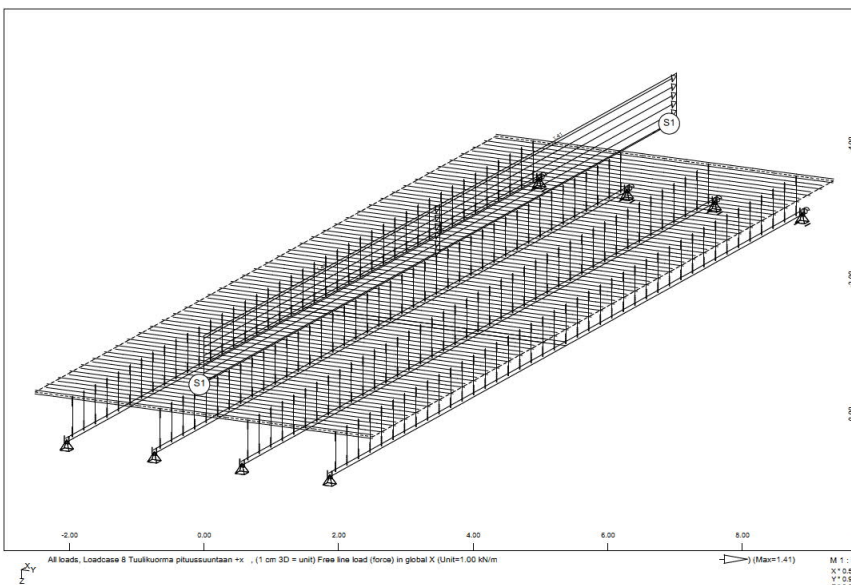
Tuulikuorma.

Kannen etäisyys maanpinnasta oletetaan olevan alle 20m ja maastoluokka II. Tuulikuorma mallinnetaan sillan kannelle poikkisuuntaisena viivakuormana 3,1 kN/m, mallinnetulle pinnalle. Kuorman epäkeskisyys pystysuunnassa kannen keskilinjalta on 0,34m.

Pituussuuntainen tuulikuorma mallinnetaan sillan kannelle, pituussuuntaisena viivakuormana 0,8 kN/m, mallinnetulle pinnalle. Kuorman epäkeskisyys pystysuunnassa kannen keskilinjalta on 0,34m.



Kuva 15. Poikkisuuntainen tuulikuorma viivakuormana mallinnetulle pinnalle.



Kuva 16. Pituussuuntaisen tuulikuorma pituussuuntaisena viivakuormana mallinnetulle pinnalle.

Lämpötilanmuutos:

Oletetaan, että puukannen lämpöliike vastaa NCCI1 kohdan D.6.1 mukaista päällysrakennetyypin 2 eli teräs-betoni-liittorakennetta, mistä seuraa, että sillan pään lämpöliikkeen suuruudeksi oletetaan 32 C:n lämpötilan nousua vastaava siirtymä (Sillan geotekninen suunnittelu 4.6.2). Koska sillan kansi pyrkii laajentuessaan kiertämään maatukea alanurkan ympäri, oletetaan, että passiivipaineen suuruus on puolet pienempi, kuin sellaisessa tilanteessa, jossa maatuen liike olisi pelkkää translaatiota (ei kiertymää). Jousivoimalla 285824kN/m, palkin pään siirtymä on 1.28 mm ja puristava normaalivoima N_x on 282kN, josta puolet 141 kN kohdistetaan pääpalkeille

Kosteudenmuutos:

Eurokoodin soveltamisohjeen NCCI5:n mukaan tasapainokosteuden saavuttaneen puun kosteuden ohjeellinen vaihtelu suolakyllästettynä on +/- 3% käyttöluokassa 2. Kosteudenmuutos otetaan huomioon mallissa antamalla liimapuupalkeille kosteudenmuutosta vastaava lämpötilamuutos. Kosteudenmuutosta +/- 3% vastaava lämpötilamuutos on +/- 60°C. Positiivisen kosteudenmuutoksen aiheuttama pituudenmuutos palkeille on 4.8mm. Kun huomioidaan viruma, saadaan vastaavasti lämpötilamuutos +/- 30°C ja pituudenmuutos 2.4 mm. Jousivoimalla 285824kN/m, palkin pään siirtymä on 1.2 mm ja puristava normaalivoima N_x on 277kN, josta puolet 138 kN kohdistetaan pääpalkeille, koska maatuki pyrkii kiertymään alanurkan ympäri.

Onnettomuuskuorma:

Koska sillan alapuolista liikennettä ei oleteta olevan, niin törmäyskuormaa sillan kanteen tai alusrakenteisiin ei lasketa.

Kannen onnettomuusyhdistelmässä kuormana käytetään telikuormaa, jossa akselien väli on 1,2 m ja renkaiden väli leveyssuunnassa on 2 m. Telin kokonaiskuorma on 260 kN.

A.5.3 Kuormien yhdistely

NCCI1 liitteen 1 taulukot: Taulukko 1 : kevyenliikenteen sillat - murtorajatila ja Taulukko 2: kevyenliikenteen sillat – käyttörajatilat ja onnettomuusyhdistely.

Taulukko 2. FEM-mallissa käytetyt kuormitustapaukset.

Peruskuormitukset	
Kuormitustapauksen numero	Kuormitus
1	Oma paino ja lepomaanpaine
2	Kulutuslankutus
3	Lämpölaajeneminen
4	Kosteuslaajeneminen
5	Tuulikuorma poikkisuuntaan -Y
6	Tuulikuorma poikkisuuntaan +Y
7	Tuulikuorma pituussuuntaan -X
8	Tuulikuorma pituussuuntaan +X
9	Sivukuorma -Y Tuki 1
10	Sivukuorma +Y Tuki 1
11	Sivukuorma -Y Keskellä
12	Sivukuorma +Y Keskellä
13	Sivukuorma -Y Tuki 2
14	Sivukuorma +Y Tuki 2
15	Jarrukuorma pituussuuntaan -X
16	Jarrukuorma pituussuuntaan +X
17	Liikenteen maanpaine -X
18	Liikenteen maanpaine +X
19	Ruuhkakuorma kaistalla 1
20	Ruuhkakuorma kaistalla 2
21	Ruuhkakuorma kaistalla 3
22	Ruuhkakuorma kaistalla 4
23	Ruuhkakuorma kaistalla 5
24-228	Huoltoajoneuvo
229-435	Onnettomuus akselit

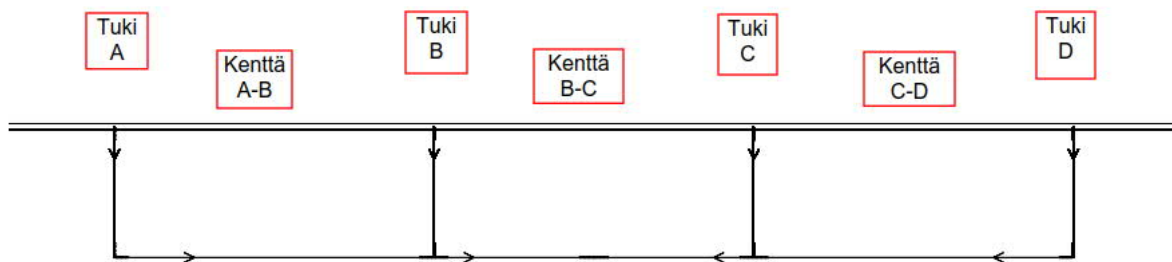
Taulukko 3. Yhdistelyjen verhoikäyrät.

Yhdistelyjen verhoikäyrät	
Merkinnät NCCI 1 yhdistelytaulukoiden mukaan	
Murtorajatila	
1001-1012	MRT verhoikäyrä
5001-5012	MRT_1
6001-6012	MRT_2
7001-7012	MRT_4
Ominaisyhdistelmät	
1051-1062	KRT_a verhoikäyrä
8001-8012	KRT_1a
9001-9012	KRT_2a
10001-10012	KRT_4a
Lopputilan taipuma	
1101-1112	KRT_a lopputilan taipuman verhoikäyrä
11001-11012	KRT_1a lopputilan taipuma
12001-12012	KRT_2a lopputilan taipuma
Onnettomuusyhdistelmä	
13001-13012	Ad
Taipuma	
15001-15012	Pysyvän kuorman hetkellinen taipuma
Taipuma	
16001-16012	Tasaisen liikennekuorman hetkellinen taipuma

A.5.4 Määräävimmat voimasuureet ja siirtymät

A.5.4.1 Kannen syrjälankkujen voimasuureet.

Kannen tuet ja kentät



Taulukko 4. Kannen mitoittavat voimasuureet.

Leikkausvoima	Kenttä A-B
	kN
Omapaino	-0.51
Pintakuorma, q _{fk}	-0.34
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}	-47.35
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	0.00
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.00
Sivukuorma	0.00
Jarrukuorma	0.00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0.00
Liikennekuorman maanpaine	0.00
Määrittävä kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	-47.9
Määrittävä kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-64.6
Momentti	Tuki A
Omapaino	-0.12
Pintakuorma, q _{fk}	-0.43
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}	-11.20
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	-0.14
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.00
Sivukuorma	-0.10
Jarrukuorma	0.00
Määrittävä kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	-11.40
Määrittävä kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-15.30
Onnettomuusyhdistely	
Leikkausvoima	Tuki B
	kN
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	50.70
Momentti	Tuki A
	kNm
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	-12.70

A.5.4.2 Palkin voimasuureet.

Taulukko 5. Reunimmaisen palkin mitoittavat voimasuureet.

Reunimmaiset palkit	
Leikkausvoima, Vz	
Tukivoima	Tuki
	kN
Omapaino	28.15
Pintakuorma, qfk	46.25
Huoltoajoneuvo, Q.serv	90.47
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuunta	3.20
Tuulikuorma, F,wk	0.10
Sivukuorma	1.66
Jarrukuorma	0.89
Lämpötila- ja kosteuslaajenemisen vaikutus	0.00
Liikennekuorman maanpaine	0.00
Määraava kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	122.2
Määraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	162.2
Momentti, My	Kenttä
	kNm
Omapaino	109.96
Pintakuorma, qfk	201.00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	313.38
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuunta	0.80
Tuulikuorma, F,wk	0.02
Sivukuorma	0.73
Jarrukuorma	6.64
Lämpötila- ja kosteuslaajenemisen vaikutus	0.00
Liikennekuorman maanpaine	0.00
Määraava kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	431.0
Määraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	570.8
Taivutusmomenttia My vastaavat rasitukset:	
Normaalivoima, N	
	Kenttä
	kN
Määraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-160.00
Taivutusmomentti, Mz	
	Kenttä
	kNm
Määraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	7.80
Onnettomuusyhdistely	
Leikkausvoima, Vz	
Tukivoima	Tuki
	kN
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	172.20
Momentti, My	Kenttä
	kNm
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	666.70

A.5.4.3 Perustusten voimasuureet

Maanvaraisten perustusten voimasuureet, voimasuureet on laskettu peruslaatan keskelle.

Taulukko 6. Maanvaraisen perustuksen voimasuureet.

Ominaisarvot											
Kuorma		F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	ψ ₀	γ	e _x [m]	e _y [m]
Omapaino				109.10		56.19		1.00	1,25/0,9	0.52	
Perustukset				699.94		-191.78		1.00	1,25/0,9	-0.27	
Pintakuorma, q _f k											
	R _{max}			195.20		100.53		1/0,4	0/1,35	0.52	
	M _{max}			69.30	111.69	35.69	2.82	1/0,4	0/1,35	0.52	1.61
	R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}											
	R _{max}	1.10	146.80	255.75	75.60	75.60	7.12	1.00	0/1,35	0.52	1.74
	M _{max}	1.10	146.80	255.75	75.60	75.60	7.12	1.00	0/1,35	0.52	1.74
	R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan			25.00		14.80		67.64	0.30	1.50		
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	12.50			0.50		0.26		0.30	1.50	0.52	
Sivukuorma			23.40		13.82		48.13	1/0,4	1.50		
Jarrukuorma	96.00			3.60		1.85		1/0,4	1.50	0.52	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma								1/0,6	1.50		
Liikennekuorman maanpaine	39.60							0.40	1.50		

KRT_2a										
Kuorma	ψ ₀	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	e _x [m]	e _y [m]	
Omapaino	1.00			109.10		56.19		0.52		
Perustukset	1.00			699.94		-191.78		-0.27		
Pintakuorma, q _f k										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}	1.00		1.10	146.80	255.75	75.60	7.12	0.52	1.74	
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	0.30		7.50		4.44		20.29			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.30	3.75		0.15		0.08		0.52		
Sivukuorma	1.00		23.40		13.82		48.13			
Jarrukuorma	1.00	96.00		3.60		1.85		0.52		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

KRT_1a										
Kuorma	ψ ₀	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	e _x [m]	e _y [m]	
Omapaino	1.00			109.10		56.19		0.52		
Perustukset	1.00			699.94		-191.78		-0.27		
Pintakuorma, q _f k										
R _{max}	1.00			195.20		100.53		0.52		
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	0.30		7.50		4.44		20.29			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.30	3.75		0.15		0.08		0.52		
Sivukuorma	1.00		23.40		13.82		48.13			
Jarrukuorma	1.00	96.00		3.60		1.85		0.52		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

MRT_2										
Kuorma	γ	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	e _x [m]	e _y [m]	
Omapaino	1.25			136.38		70.23		0.52		
Perustukset	1.25			874.93		-239.73		-0.27		
Pintakuorma, q _f k										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}	1.35		1.49	198.18	345.26	102.06	9.61	0.52	1.74	
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	1.50		11.25		6.66		30.44			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	1.50	5.63		0.23		0.12		0.52		
Sivukuorma	1.35		31.59		18.66		64.98			
Jarrukuorma	1.35	129.60		4.86		2.50		0.52		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

MRT_1										
Kuorma	γ	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	e _x [m]	e _y [m]	
Omapaino	1.25			136.38		70.23		0.52		
Perustukset	1.25			874.93		-239.73		-0.27		
Pintakuorma, q _f k										
R _{max}	1.35			263.52		135.71		0.52		
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	1.50		11.25		6.66		30.44			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	1.50	5.63		0.23		0.12		0.52		
Sivukuorma	1.35		31.59		18.66		64.98			
Jarrukuorma	1.35	129.60		4.86		2.50		0.52		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

Paalutettujen perustusten voimasuureet

Taulukko 7. Paalutetun perustuksen voimasuureet.

Ominaisarvot											
Kuorma		F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	ψ ₀	γ	e _x [m]	e _y [m]
Omapaino				109.10		45.28		1.00	1,25/0.9	0.42	
Perustukset				370.71		-81.19		1.00	1,25/0.9	-0.22	
Pintakuorma, q _f k											
	R _{max}			195.20		81.01		1/0.4	0/1.35	0.42	
	M _{max}			69.30	111.69	28.76	2.82	1/0.4	0/1.35	0.42	1.61
	R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}											
	R _{max}	1.10	146.80	255.75	60.92	60.92	7.12	1.00	0/1.35	0.42	1.74
	M _{max}	1.10	146.80	255.75	60.92	60.92	7.12	1.00	0/1.35	0.42	1.74
	R _{min}										
Tuulikuorma, F _w _k , poikkisuuntaan			25.00		14.80		67.64	0.30	1.50		
Tuulikuorma, F _w _k , pituussuuntaan	12.50			0.50		0.21		0.30	1.50	0.42	
Sivukuorma			23.40		13.82		48.13	1/0.4	1.50		
Jarrukuorma	96.00			3.60		1.49		1/0.4	1.50	0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma								1/0.6	1.50		
Liikennekuorman maanpaine	39.60							0.40	1.50		

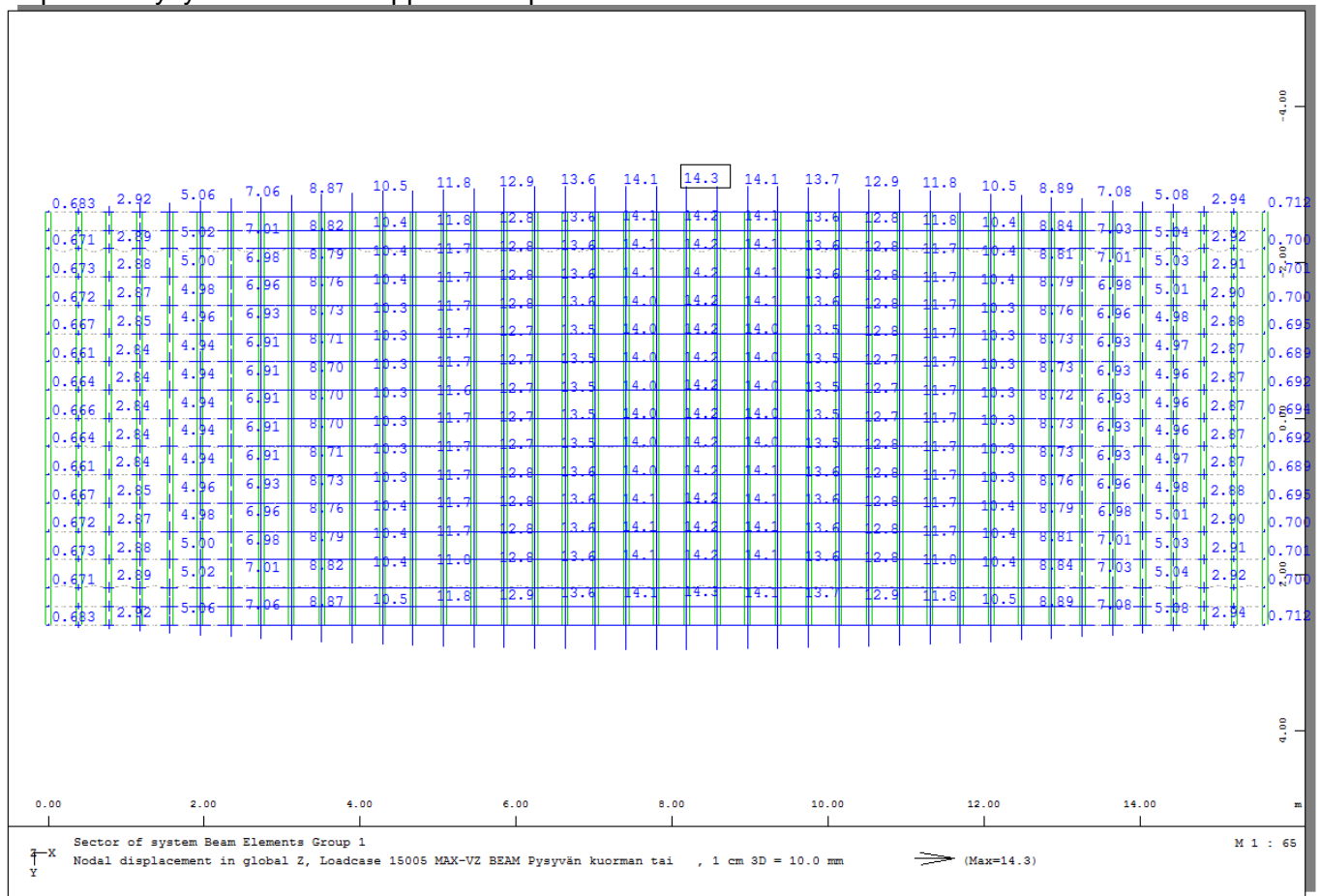
KRT_2a										
Kuorma			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	e _x	e _y
	ψ ₀		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.00				109.10		45.28		0.42	
Perustukset	1.00				370.71		-81.19		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q_serv										
Rmax										
Mmax	1.00		1.10	146.80	255.75	60.92	7.12	0.42	1.74	
Rmin										
Tuulikuorma, F_wk, poikkisuuntaan	0.30			7.50		4.44		20.29		
Tuulikuorma, F_wk, pituussuuntaan	0.30	3.75			0.15		0.06		0.42	
Sivukuorma	1.00		23.40			13.82		48.13		
Jarrukuorma	1.00	96.00			3.60		1.49		0.42	
Lämpötila-/kos.teuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								
KRT_1a										
Kuorma			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	e _x	e _y
	ψ ₀		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.00				109.10		45.28		0.42	
Perustukset	1.00				370.71		-81.19		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax	1.00				195.20		81.01		0.42	
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q_serv										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F_wk, poikkisuuntaan	0.30			7.50		4.44		20.29		
Tuulikuorma, F_wk, pituussuuntaan	0.30	3.75			0.15		0.06		0.42	
Sivukuorma	1.00		23.40			13.82		48.13		
Jarrukuorma	1.00	96.00			3.60		1.49		0.42	
Lämpötila-/kos.teuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

MRT_2										
Kuorma			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	e _x	e _y
	γ		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.25				136.38		56.60		0.42	
Perustukset	1.25				463.39		-101.48		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax	1.35		1.49	198.18	345.26	82.24	9.61	0.42	1.74	
Rmin										
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	1.50			11.25		6.66		30.44		
Tuulikuorma, F,wk, pituussuuntaan	1.50	5.63			0.23		0.09		0.42	
Sivukuorma	1.35		31.59			18.66		64.98		
Jarrukuorma	1.35		129.60		4.86		2.02		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								
MRT_1										
Kuorma			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	e _x	e _y
	γ		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.25				136.38		56.60		0.42	
Perustukset	1.25				463.39		-101.48		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax	1.35				263.52		109.36		0.42	
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	1.50			11.25		6.66		30.44		
Tuulikuorma, F,wk, pituussuuntaan	1.50	5.63			0.23		0.09		0.42	
Sivukuorma	1.35		31.59			18.66		64.98		
Jarrukuorma	1.35		129.60		4.86		2.02		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

A.5.4.4 Taipumat

Taipumat käyttörajatiloissa.

Taipumat. Pysyvän kuorman lopputilan taipuma.



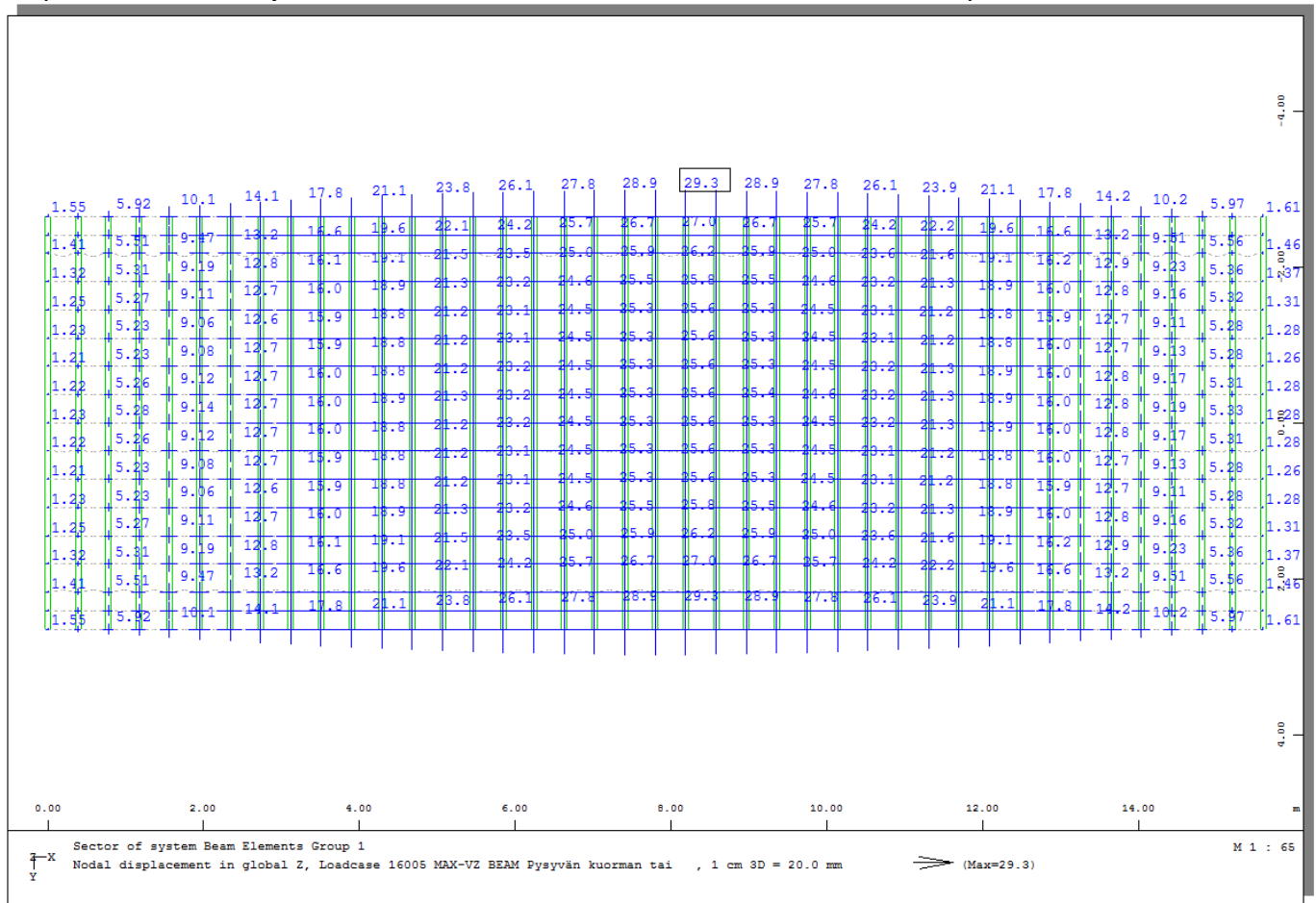
Taipumat z-suuntaan: Loadcase 15005 MAX-Vz BEAM maksimi taipuma 14,3 mm

Loppumuodonmuutoksen kuormakohtainen lauseke pysyvälle kuormalle NCCI5 2.2.3 mukaan on

$$u_{fin.G} = u_{inst.G} * (1 + k_{def}) = 14,3 \text{ mm} * (1 + 2) = 42,9 \text{ mm}$$

Taipuma on laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

Taipumat. Tasaisesti jakautuneen liikennekuorman aiheuttama hetkellinen taipuma.



Taipumat z-suuntaan: Loadcase 16005 MAX-Vz BEAM maksimi taipuma 29,3 mm

Tasaisesti jakautuneen liikennekuorman tavallisen arvon aiheuttama hetkellinen taipuma on

$$w_{\text{inst.gr1}} = 29,3 \text{ mm} * 0,4 = 11,7 \text{ mm}$$

Taipuma on laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

A.5.5 Suuruusluokkatarkastelu

Kuormienannon suuruusluokan tarkistaminen. Verrataan käsinlaskennalla saatuja tukireaktioita FEM tuloksista saatuihin.

Taulukko 8. Tukireaktioiden vertailu käsin ja FEM laskennan välillä.

Vertailu:								
Tukireaktiot pysyvistäkuormista:	b [m]	h [m]	L [m]	γ [kN/m ³]	kpl	KN		
Kansi	5,3	0,15	16	6	1	76,32		
Pintarakenne	5	0,05	16	6	1	24		
Palkki	0,215	0,99	16	6	4	81,7344		
Kiepahdustuki	0,14	0,945	4,31	6	1	3,421278		
Kaiteet ja törmäyspalkki			16	1	2	32		
Yhteensä:						217,48		
Fem:						218,2		
ero						0,33 %		
Tukireaktiot							Fem:	ero
	F [kN/m]		L [m]			[kN]		
Tuulikuorma poikkisuuntaan -Y	3,1		16			49,6	48,4	-2,48 %
Tuulikuorma poikkisuuntaan +Y	3,1		16			49,6	48,4	-2,48 %
Tuulikuorma pituussuuntaan -X	0,775		16			12,4	12,1	-2,48 %
Tuulikuorma pituussuuntaan +X	0,775		16			12,4	12,1	-2,48 %
Sivukuorma -Y Tuki 1	24					24	24	0,00 %
Sivukuorma +Y Tuki 1	24					24	24	0,00 %
Sivukuorma -Y Keskellä	24					24	24	0,00 %
Sivukuorma +Y Keskellä	24					24	24	0,00 %
Sivukuorma -Y Tuki 2	24					24	24	0,00 %
Sivukuorma +Y Tuki 2	24					24	24	0,00 %
Jarrukuorma pituussuuntaan -X	96					96	96	0,00 %
Jarrukuorma pituussuuntaan +X	96					96	96	0,00 %
Liikenteen maanpaine -X	38,2					38,2	38,2	0,00 %
Liikenteen maanpaine +X	38,2					38,2	38,2	0,00 %
	b [m]		L [m]	γ [kN/m ²]		[kN]		
Ruuhkakuorma	5		16	5		400	390,1	-2,54 %
Akselikuorma huoltoajoneuvo	160					160	160	0,00 %
Onnettomuus telikuorma	260					260	260	0,00 %

Erot alle 3%, joten voidaan hyväksyä FEM tulokset.

FEM laskennan kuormitusyhdistelyiden tarkistaminen. Verrataan käsin yhdistelemällä saatuja arvoja FEM tuloksiin.

Taulukko 9. FEM laskennan kuormitusyhdistelyjen tarkistus.

Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_1a_max		MRT_1_max			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 \cdot \gamma$	kNm
Omapaino	113,70	1	113,70	1	1,25	1,25	142,13
Pintakuorma, qfk	243,80	1	243,80	1	1,35	1,35	329,13
Huoltoajoneuvo, Q.serv	290,30	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,94	0,3	0,28	0,3	1,5	0,45	0,42
Tuulikuorma, F,wk	0,02	0,3	0,01	0,3	1,5	0,45	0,01
Sivukuorma	1,16	1	1,16	1	1,35	1,35	1,57
Jarrukuorma	7,05	1	7,05	1	1,35	1,35	9,52
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_1a_max					
KRT:	366,00		366,00				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_1_max						MRT_1_max
MRT:	482,77						482,77
Ero Fem:iin			0,00 %				0,00 %
Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_1a_min		MRT_1_min			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 \cdot \gamma$	kNm
Omapaino	113,70	1	113,70	1	0,9	0,9	102,33
Pintakuorma, qfk	-25,31	1	-25,31	1	1,35	1,35	-34,17
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-14,65	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,94	0,3	-0,28	0,3	1,5	0,45	-0,42
Tuulikuorma, F,wk	-0,02	0,3	-0,01	0,3	1,5	0,45	-0,01
Sivukuorma	-0,98	1	-0,98	1	1,35	1,35	-1,32
Jarrukuorma	6,72	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_1a_min					
KRT:	87,12		87,12				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_1_min						MRT_1_min
MRT:	66,41						66,41
Ero Fem:iin			0,00 %				-0,01 %

Kansi elementti 10298, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-0,05	1	-0,05	1	0,9	0,9	-0,05
Pintakuorma, qfk	0,36	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	3,14	1	3,14	1	1,35	1,35	4,24
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,06	0,3	0,02	0,3	1,5	0,45	0,03
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,01	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Jarrukuorma	0,00	1	0,00	1	1,35	1,35	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	3,13		3,11				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_max						MRT_2_max
MRT:	4,24						4,22
Ero Fem:iin			-0,71 %				-0,45 %
Kansi elementti 10298, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-0,05	1	-0,05	1	1,25	1,25	-0,06
Pintakuorma, qfk	-0,28	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-0,42	1	-0,42	1	1,35	1,35	-0,57
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,06	0,3	-0,02	0,3	1,5	0,45	-0,03
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,01	1	-0,01	1	1,35	1,35	-0,01
Jarrukuorma	0,00	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-0,50		-0,50				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_min						MRT_2_min
MRT:	-0,67						-0,67
Ero Fem:iin			-0,40 %				0,00 %

Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	0,9	0,9	-2,93
Pintakuorma, qfk	13,33	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	23,51	1	23,51	1	1,35	1,35	31,74
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,34	0,3	0,10	0,3	1,5	0,45	0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	1,28	1	1,28	1	1,35	1,35	1,73
Jarrukuorma	-0,40	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	21,64		21,63				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_max						MRT_2_max
MRT:	30,69						30,69
Ero Fem:iin			-0,04 %				-0,01 %
Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	1,25	1,25	-4,08
Pintakuorma, qfk	-12,39	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-7,76	1	-7,76	1	1,35	1,35	-10,48
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,34	0,3	-0,10	0,3	1,5	0,45	-0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,80	1	-0,80	1	1,35	1,35	-1,08
Jarrukuorma	-0,40	1	-0,40	1	1,35	1,35	-0,54
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-12,32		-12,32				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_min						MRT_2_min
MRT:	-16,32						-16,32
Ero Fem:iin			0,02 %				0,02 %

Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	0,9	0,9	-2,93
Pintakuorma, qfk	13,33	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	23,51	1	23,51	1	1,35	1,35	31,74
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,34	0,3	0,10	0,3	1,5	0,45	0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	1,28	1	1,28	1	1,35	1,35	1,73
Jarrukuorma	-0,40	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	21,64		21,63				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_max						MRT_2_max
MRT:	30,69						30,69
Ero Fem:iin			-0,04 %				-0,01 %
Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	1,25	1,25	-4,08
Pintakuorma, qfk	-12,39	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-7,76	1	-7,76	1	1,35	1,35	-10,48
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,34	0,3	-0,10	0,3	1,5	0,45	-0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,80	1	-0,80	1	1,35	1,35	-1,08
Jarrukuorma	-0,40	1	-0,40	1	1,35	1,35	-0,54
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-12,32		-12,32				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_min						MRT_2_min
MRT:	-16,32						-16,32
Ero Fem:iin			0,02 %				0,02 %

Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Normaalivoima, Nx	Kenttä A-B	KRT_4a_max		MRT_4_max			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-62,50	1	-62,50	1	0,9	0,9	-56,25
Pintakuorma, qfk	2,00	0,4	0,80	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	0,30	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	7,10	0,3	2,13	0,3	1,5	0,45	3,20
Tuulikuorma, F,wk	-1,70	0	0,00	0	1,5	0	0,00
Sivukuorma	9,00	0,4	3,60	0	1,35	0	0,00
Jarrukuorma	-20,80	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	-31,20	0	0,00	0	1,50	0	0,00
Liikennekuorman maanpaine	-31,20	0	0,00	0	1,50	0	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_4a_max					
KRT:	-56,00		-55,97				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_4_max						MRT_4_max
MRT:	-53,00						-53,06
Ero Fem:iin			-0,05 %				0,10 %
Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Normaalivoima, Nx	Kenttä A-B	KRT_4a_min		MRT_4_min			
	kNm	ψ_0	kNm	ψ_0	γ	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-62,50	1	-62,50	1	1,25	1,25	-78,13
Pintakuorma, qfk	-2,00	0,4	-0,80	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-3,30	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-7,10	0,3	-2,13	0,3	1,5	0,45	-3,20
Tuulikuorma, F,wk	-1,30	0,3	-0,39	0,3	1,5	0,45	-0,59
Sivukuorma	-7,30	0,4	-2,92	0	1,35	0	0,00
Jarrukuorma	-23,70	0,4	-9,48	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	-39,00	1	-39,00	1	1,50	1,5	-58,50
Liikennekuorman maanpaine	-31,20	0,4	-12,48	0,4	1,50	0,6	-18,72
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_4a_min					
KRT:	-129,80		-129,70				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_4_min						MRT_4_min
MRT:	-159,30						-159,13
Ero Fem:iin			-0,08 %				-0,11 %

Erot alle 1%, joten voidaan hyväksyä FEM tulokset.

A.6 RAKENNEOSIEN MITOITUKSEN TIIVISTELMÄ

A.6.1 Päällysrakenne

Pääpalkeista on tarkastettu taivutus keskellä jännettä MRT:ssä, missä on huomioitu kiepahdus, taivutus ja nurjahdus, kiepahdus ja nurjahdus sekä taivutus ja puristus. Lisäksi on tehty leikkaus- ja leimapainetarkastelut palkkien päissä MRT:ssä sekä taipuma- ja värähtelytarkastelut.

Kiepahdustuista on tarkastettu leikkauskestävyys.

Kansilankuista on tarkastettu taivutus-, leikkaus- ja leimapainekestävyys.

A.6.1.1 Puinen päällysrakenne

A.6.1.1.1 Kansilankkujen mitoitus:

Lankkujen rasitukset: Murtorajatila MRT

taivutusmomentti

$$M_d := 15.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

leikkausvoima

$$V_d := 64.6 \text{ kN}$$

tukivoima

$$F_d := V_d - 0.9 \text{ kN} \qquad F_d = 63.7 \text{ kN}$$

Kannen taivutusvastus:

$$b_{\text{eff}} := n \cdot b_{\text{lankku}} = 0.39 \text{ m}$$

$$W_{\text{kansi}} := \frac{b_{\text{eff}} \cdot h_{\text{lankku}}^2}{6} = 1.463 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

$$\sigma_{\text{m.y.d}} := \frac{M_d}{W_{\text{kansi}}} = 1.046 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.d.deck} = 2.117 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \sigma_{m.y.d} \leq f_{m.d.deck} \\ "Taivutusjännitys ylittyy" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d.deck}} = 49.399 \cdot \%$$

Leikkausjännitys:

$$\tau_{v.d} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot (b_{eff} \cdot h_{lankku})} = 1.656 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{v.d.deck} = 2.822 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \tau_{v.d} \leq f_{v.d.deck} \\ "Leikkautuu" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v.d}}{f_{v.d.deck}} = 58.662 \cdot \%$$

Leimapaine:

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{eff} \cdot b_{palkki}} = 759.315 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{c.90.d} = 2.7 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \sigma_{c.90.d} \leq f_{c.90.d} \\ "Leimapaine ylittyy" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{c.90.d}}{f_{c.90.d}} = 28.123 \cdot \%$$

A.6.1.1.2 Liimapuupalkin mitoitus:

Palkkien rasitukset: Murtorajatila MRT

taivutusmomentti

$$M_d := 570.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{d,z} := 7.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

normaalivoima

$$N_d := 160 \text{ kN}$$

leikkausvoima

$$V_d := 163 \text{ kN}$$

tukivoima

$$F_d := 163 \text{ kN}$$

Palkin jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 0.017 \text{ m}\cdot\text{m}^3$$

Palkin taivutusvastus:

$$W_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.035 \text{ m}^3$$

Taivutusjännitys: kiepahdus huomioitu

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

palkin tehollinen pituus:

NCCI 5: taulukko 7

$$l_{\text{ef}} := 0.5 \cdot L_{\text{palkki}} + 2 \cdot h_{\text{palkki}} = 9.972 \text{ m}$$

kriittinen taivutusjännitys:

$$c := 0.71$$

0.78 on havupuusahatavaralle ja siitävalmistetulle
homogeeniselle liimapuulle

0.71 on liimapuun lujuusluokille GL24c, GL28c ja
GL32c

0.67 on kerto-Q-LVL:lle

0.58 on kerto-S- ja kerto-T-LVL:lle

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c \cdot b_{palkki}^2}{h_{palkki} \cdot l_{ef}} \cdot E_{0.05} = 3.605 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 0.912$$

kiepahduskerroin:

$$k_{crit} := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{rel.m} \leq 0.75 \\ \frac{1}{\lambda_{rel.m}^2} & \text{if } \lambda_{rel.m} > 1.4 \\ 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel.m} & \text{otherwise} \end{cases} = 0.876$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_d}{W_{palkki}} = 1.638 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{m.z.d} := \frac{M_{d.z}}{W_{palkki}} = 223.9 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$k_{crit} \cdot f_{m.d} = 1.971 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.d} \leq k_{crit} \cdot f_{m.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{m.y.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} = 83.147\%$$

Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

puristusjännitys:

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{h_{palkki} \cdot b_{palkki}} = 754.753 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

nurjahduspituus:

$$L_c := l_{ef} = 9.972 \text{ m}$$

jäyhyysäde:

$$i_y := \sqrt{\frac{I_{\text{palkki}}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.285 \text{ m}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{\frac{h_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}}^3}{12}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.062 \text{ m}$$

hoikkuus:

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 35.035$$

$$\lambda_z := \frac{L_c}{i_z} = 160.67$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.y}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 0.537$$

$$\lambda_{\text{rel.z}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 2.461$$

nurjahduskerroin:

$$\beta_c := 0.1 \quad \begin{array}{l} 0.2 \text{ sahatavaralle ja} \\ 0.1 \text{ liima- ja kertopuulle} \end{array}$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.y}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.y}}^2 \right] = 0.656$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.z}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.z}}^2 \right] = 3.635$$

$$k_{c.y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel.y}}^2}} = 0.968$$

$$k_{c.z} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel.z}}^2}} = 0.158$$

Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys: taivutus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$k_m := 0.7$ 0.7 sahatavaran, liimapuun ja kertopuun suorakaidepoikkileikkauksilla. Muulloin 1.0

$$\frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.773$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} = 0.776$$

$$\begin{aligned} \text{ehto} &:= \left| \begin{array}{l} \text{"Ok"} \quad \text{if} \quad \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right. \\ \text{ehto} &:= \left| \begin{array}{l} \text{"Ok"} \quad \text{if} \quad k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right. \end{aligned}$$

Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys: kiepahdus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$$\left(\frac{\sigma_{m.y.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.945$$

$$\text{ehto} := \left| \begin{array}{l} \text{"Ok"} \quad \text{if} \quad \left(\frac{\sigma_{m.y.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right.$$

Taivutetun ja puristetun palkin kestävyys: taivutus ja puristus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.2.4

$$\frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.52$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.736$$

$$\underset{\sim}{\text{ehto}} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\underset{\sim}{\text{ehto}} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Halkeamien huomioituna:

Kerroin:

$$k_{cr} := 0.67 \quad 0,67 \text{ kun sauva on sahatavaraa tai liimapuuta}$$

Tehollinen leveys:

$$b_{\text{ef.palkki}} := k_{cr} \cdot b_{\text{palkki}} = 0.144 \text{ m}$$

$$\underset{\sim}{\tau_{v,d}} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot (b_{\text{ef.palkki}} \cdot h_{\text{palkki}})} = 1.721 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\underset{\sim}{\text{ehto}} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,d} \leq f_{v,d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\underset{\sim}{\text{käyttöaste}} := \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = 65.578\%$$

Leimapaine:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.5

tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$l_k := \min \left(30 \text{ mm}, b_{\text{palkki}}, \frac{L_{\text{jänne}}}{2} \right) = 0.03 \text{ m}$$

$$\underset{\sim}{l_{ef}} := L_{\text{laakeri}} + 2 \cdot l_k = 0.36 \text{ m}$$

$$b_{ef} := \min(b_{palkki}, b_{laakeri} + 2 \cdot l_k) = 0.215 \text{ m}$$

tukipainekerroin:

$$k_{c.90} := 1.7 \quad \begin{array}{l} 2.5 \text{ havupuu sahatavaralla} \\ 1.7 \text{ havupuu liimapuulla} \end{array}$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{l_{ef} \cdot b_{ef}} = 2.106 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} = 4.59 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$ehto := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.d}} = 45.881 \cdot \%$$

Taipuma:

Loppum uodonm uutoksen kuormakohtainen lauseke pysyvälle kuormalle NCCI5 2.2.3. Taipuma on laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

$$u_{\text{inst.G}} := 14.3 \text{ mm}$$

$$k_{\text{def}} = 2$$

$$u_{\text{fin.G}} := u_{\text{inst.G}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 42.9 \cdot \text{mm}$$

pysyvä optinen korotus

$$w_{\text{c.opt}} := 50 \text{ mm}$$

esikorotus

$$w_{\text{c}} := u_{\text{fin.G}} + w_{\text{c.opt}} = 92.9 \cdot \text{mm} \quad \Rightarrow \quad \text{valitaan esikorotuksen arvoksi } 90 \text{ mm}$$

Tasaisesti jakautuneen liikennekuorman tavallisen arvon (yhdistelykerroin $\psi_1 = 0,4$) aiheuttama hetkellinen taipuma. Laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

$$w_{\text{inst.gr1}} := 29.3 \text{ mm} \cdot 0.4 = 11.72 \cdot \text{mm}$$

$$\frac{L_{\text{palkki}}}{w_{\text{inst.gr1}}} = 1365$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{L_{\text{palkki}}}{w_{\text{inst.gr1}}} \geq 200 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

Värähtely:

SFS-EN 1995-2: 7.3

$$g_{\text{kansi}} := \gamma_{\text{kansi}} \cdot L_{\text{kansi}} \cdot (h_{\text{lankku}} + h_{\text{kulutus}}) = 6.96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{\text{palkki}} := \gamma_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}} = 1.272 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{massa}} := \frac{(g_{\text{kansi}} + g_{\text{palkki}} \cdot \text{palkki}_{\text{ikm}})}{g} = 1.229 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

alin ominaistajuuus:

$$f_1 := \frac{\pi}{2 \cdot L_{\text{palkki}}^2} \cdot \sqrt{\frac{1.2 \cdot E_{0.\text{mean}} \cdot \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} \cdot \text{palkki}_{\text{lkkm}}}{m_{\text{massa}}}} = 5.731 \cdot \text{Hz}$$

$$\frac{5\text{Hz}}{f_1} = 0.872$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } f_1 \geq 5\text{Hz} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

A.6.1.1.3 Kiepahdustuen mitoitus:

Murtotilan rasitukset:

$$V_{d,z} := 30.5\text{kN} \quad V_{d,y} := 6.2\text{kN}$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7 ja NCCI 5 kohta 6.1.7

Halkeamien huomioituna:

$$k_{\text{cr}} := 0.67 \quad 0.67 \text{ kun sauva on sahatavaraa tai liimapuuta}$$

Tehollinen leveys:

$$b_{\text{ef,palkki}} := k_{\text{cr}} \cdot b_{\text{kpalkki}} = 0.094 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d,z} := \frac{3V_{d,z}}{2(b_{\text{ef,palkki}} \cdot h_{\text{kpalkki}})} = 516.127 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,d,z} \leq f_{v,d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste}_z := \frac{\tau_{v,d,z}}{f_{v,d}} = 19.662 \cdot \%$$

$$\tau_{v.d.y} := \frac{3V_{d.y}}{2(b_{ef.palkki} \cdot h_{kpalkki})} = 104.918 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{v.d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v.d.y} \leq f_{v.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste}_y := \frac{\tau_{v.d.y}}{f_{v.d}} = 3.997 \cdot \%$$

kahteen suuntaan rasitetun rakenteen käyttöasteiden summaus

$$\text{käyttöaste} := \text{käyttöaste}_z + \text{käyttöaste}_y = 23.659 \cdot \%$$

Lankkujen rasitukset: Onnettomuusrajatila Ad

$$M_{Ad} := 12.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ad} := 51 \text{ kN} \quad \text{pienempi kuin murtorajatilassa eli ei tarvitse tarkastella}$$

$$F_{Ad} := 51 \text{ kN} - 0.5 \text{ kN} = 50.5 \text{ kN} \quad \text{pienempi kuin murtorajatilassa eli ei tarvitse tarkastella}$$

Kannen taivutusvastus:

$$b_{\text{eff}} := n \cdot b_{\text{lankku}} = 0.39 \text{ m}$$

$$W_{\text{kansi}} := \frac{b_{\text{eff}} \cdot h_{\text{lankku}}^2}{6} = 1.463 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

$$\sigma_{\text{m.y.Ad}} := \frac{M_{Ad}}{W_{\text{kansi}}} = 8.679 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.Ad.deck}} = 2.963 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.Ad}} \leq f_{\text{m.Ad.deck}} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{f_{\text{m.Ad.deck}}} = 29.289 \cdot \%$$

Palkkien rasitukset: Onnettomuusrajatila Ad

$$M_{Ad} := 666.7 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad N_d := 8.5 \text{ kN}$$

$$V_{Ad} := 172 \text{ kN}$$

$$F_{Ad} := 172 \text{ kN}$$

Palkin jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 0.017 \text{ m}\cdot\text{m}^3$$

Palkin taivutusvastus:

$$W_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.035 \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys: kiepahdus huomioitu

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

palkin tehollinen pituus:

NCCI 5: taulukko 7

$$l_{\text{ef}} := 0.5 \cdot L_{\text{palkki}} + 2 \cdot h_{\text{palkki}} = 9.972 \text{ m}$$

kriittinen taivutusjännitys:

$$c := 0.71$$

0.78 on havupuusahatavaralle ja siitävalmistetulle
homogeeniselle liimapuulle

0.71 on liimapuun lujuusluokille GL24c, GL28c ja
GL32c

0.67 on kerto-Q-LVL:lle

0.58 on kerto-S- ja kerto-T-LVL:lle

$$\sigma_{\text{m.crit}} := \frac{c \cdot b_{\text{palkki}}^2}{h_{\text{palkki}} \cdot l_{\text{ef}}} \cdot E_{0.05} = 3.605 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.m}} := \sqrt{\frac{f_{\text{m.k}}}{\sigma_{\text{m.crit}}}} = 0.912$$

kiepahduskerroin:

$$k_{\text{crit}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{\text{rel.m}} \leq 0.75 \\ \frac{1}{\lambda_{\text{rel.m}}^2} & \text{if } \lambda_{\text{rel.m}} > 1.4 \\ 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{\text{rel.m}} & \text{otherwise} \end{cases} = 0.876$$

$$\sigma_{\text{m.y.Ad}} := \frac{M_{\text{Ad}}}{W_{\text{palkki}}} = 1.914 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{\text{crit}} \cdot f_{\text{m.d}} = 1.971 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.Ad}} \leq k_{\text{crit}} \cdot f_{\text{m.d}} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{\text{m.d}}} = 97.117\%$$

Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

puristusjännitys:

$$\sigma_{\text{c.0.d}} := \frac{N_{\text{d}}}{h_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}}} = 40.096 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

nurjahduspituus:

$$L_{\text{c}} := l_{\text{ef}} = 9.972 \text{ m}$$

jäyhyysäde:

$$i_{\text{y}} := \sqrt{\frac{I_{\text{palkki}}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.285 \text{ m}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{\frac{h_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}}^3}{12}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.062 \text{ m}$$

hoikkuus:

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 35.035$$

$$\lambda_z := \frac{L_c}{i_z} = 160.67$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.y}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{c.0.k}}}{E_{0.05}}} = 0.537$$

$$\lambda_{\text{rel.z}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{c.0.k}}}{E_{0.05}}} = 2.461$$

nurjahduskerroin:

$$\beta_c := 0.1 \quad \begin{array}{l} 0.2 \text{ sahatavaralle ja} \\ 0.1 \text{ liima- ja kertopuulle} \end{array}$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.y}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.y}}^2 \right] = 0.656$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.z}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.z}}^2 \right] = 3.635$$

$$k_{\text{c.y}} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel.y}}^2}} = 0.968$$

$$k_{\text{c.z}} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel.z}}^2}} = 0.158$$

Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys: taivutus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$$k_m := 0.7 \quad \begin{array}{l} 0.7 \text{ sahatavaran, liimapuun ja kertopuun} \\ \text{suorakaidepoikkileikkauksilla. Muulloin 1.0} \end{array}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.609$$

$$\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} = 0.853$$

$$\begin{aligned} \text{ehto} &:= \left| \begin{array}{l} \text{"Ok"} \quad \text{if } k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right. \\ \text{ehto} &:= \left| \begin{array}{l} \text{"Ok"} \quad \text{if } \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right. \end{aligned}$$

Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys: kiepahdus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$$\left(\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.957$$

$$\text{ehto} := \left| \begin{array}{l} \text{"Ok"} \quad \text{if } \left(\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \quad = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right.$$

Taivutetun ja puristetun palkin kestävyys: taivutus ja puristus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.2.4

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.595$$

$$\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.851$$

$$\text{ehto} := \left| \begin{array}{l} \text{"Ok"} \quad \text{if } k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \left(\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 \leq 1 \quad = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right.$$

$$\text{ehto} := \left| \begin{array}{ll} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{f_{\text{m.d}}} + \left(\frac{\sigma_{\text{c.0.d}}}{f_{\text{c.0.d}}} \right)^2 \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{array} \right. = \text{"Ok"}$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Halkeamien huomioituna:

Kerroin:

$$k_{cr} := 0.67 \quad 0,67 \text{ kun sauva on sahatavaraa tai liimapuuta}$$

Tehollinen leveys:

$$b_{ef,palkki} := k_{cr} \cdot b_{palkki} = 0.144 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d} := \frac{3 \cdot V_{Ad}}{2 \cdot (b_{ef,palkki} \cdot h_{palkki})} = 1.816 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,Ad} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,Ad} \leq f_{v,Ad} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,Ad}}{f_{v,Ad}} = 49.792 \cdot \%$$

Leimapaine:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.5

tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$l_k := \min\left(30\text{mm}, b_{palkki}, \frac{L_{jänne}}{2}\right) = 0.03 \text{ m}$$

$$l_{ef} := L_{laakeri} + 2 \cdot l_k = 0.36 \text{ m}$$

$$b_{ef} := \min(b_{palkki}, b_{laakeri} + 2 \cdot l_k) = 0.215 \text{ m}$$

tukipainekerroin:

$$k_{c,90} := 2.5 \quad \begin{array}{l} 2.5 \text{ havupuu sahatavaralla} \\ 1.7 \text{ havupuu liimapuulla} \end{array}$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_{Ad}}{l_{ef} \cdot b_{ef}} = 2.222 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{c.90} \cdot f_{c.90.Ad} = 6.75 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.90.Ad} \leq k_{c.90} \cdot f_{c.90.Ad} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{c.90.Ad}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.Ad}} = 8.918 \cdot \%$$

A.6.2 Alusrakenne

Maanvaraiset perustukset:

Menettelytapa DA2*. Laskennalliset epäkeskisyydet saadaan käyttörajatilan ominaisyhdistelyistä. Epäkeskisyyksien tulee olla pienempi kuin $b/3$. Menettelytapa johtaa pienempiin epäkeskisyyksiin ja pohjapaineisiin. Ominaisyhdistelyistä saadut pohjapaineet kerrotaan osavarmuusluvuilla.

Kantokestävyyslaskennassa käytetään käyttörajatilan ominaisyhdistelmää. Lasketaan kantokestävyys kaavalla kantokestävyys ominaisarvo, joka jaetaan kantokestävyys varmuuskertoimella. Saadaan kantokestävyys mitoitusarvo. Tehokkaaseen kitkakulmaan ei kohdisteta osavarmuuskerrointa.

Lasketaan mitoitusarvot murtorajatilassa yhdistelyillä STR/GEO-Set B.

Paaluperustukset:

Menettelytapa DA2. Lasketaan STR/GEO murtorajatilan mukaiset kuormitusyhdistelyt laatan alapintaan. Lasketaan kuormitusyhdistelyjen resultantit, joiden perusteella saadaan laskettua paalukuormat.

"Suunnittelijan on mitoitettava maarakenteiden kantavuus ja paalujen rakenteellinen kestävyys."

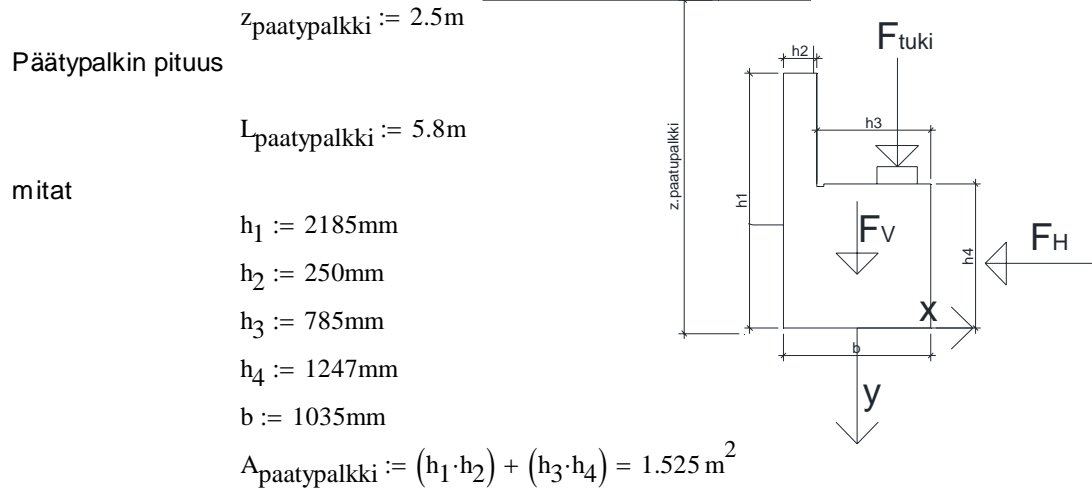
ALUSRAKENTEET

MAANVARAINEN PERUSTUS

päätypalkin mitat

Päätypalkki:

päätypalkin korkeus:



tukilinjän etäisyys anturan keskeltä (positiivinen suunta penkkaan päin)

$$e_{tl} := -515\text{mm}$$

Tilavuus

$$V_{\text{paatypalkki}} := A_{\text{paatypalkki}} \cdot L_{\text{paatypalkki}} = 8.846 \cdot \text{m}^3$$

päätypalkin etureunan ja anturan keskilinjän välinen etäisyys

$$e_{pp} := e_{tl} - 335\text{mm} \quad e_{pp} = -850 \cdot \text{mm}$$

Epäkeskisyys anturan keskeltä

$$e_{x1} := \frac{(h_1 \cdot h_2) \cdot \left[e_{pp} + \left(h_3 + \frac{h_2}{2} \right) \right] + (h_3 \cdot h_4) \cdot \left(e_{pp} + \frac{h_3}{2} \right)}{(h_1 \cdot h_2) + (h_3 \cdot h_4)} = -272.151 \cdot \text{mm}$$

Anturan mitat

$$h_{\text{an}} := 400\text{mm}$$

$$b_{\text{an}} := 2500\text{mm}$$

$$L_{\text{an}} := L_{\text{paatypalkki}}$$

Tilavuus

$$V_{\text{an}} := h_{\text{an}} \cdot b_{\text{an}} \cdot L_{\text{an}} = 5.8 \cdot \text{m}^3$$

siipimuurit

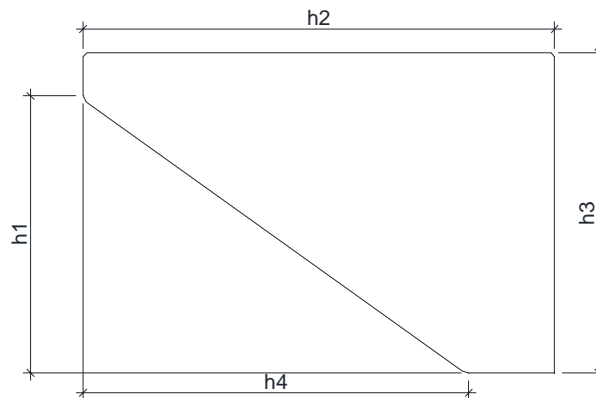
$$h_{1.s} := 2217 \text{ mm}$$

$$h_{2.s} := 2665 \text{ mm}$$

$$h_{3.s} := 2533 \text{ mm}$$

$$h_{4.s} := 2285 \text{ mm}$$

$$b_{\text{siipi}} := 400 \text{ mm}$$



$$A_{\text{siipi}} := (h_{2.s} \cdot h_{3.s}) - \frac{(h_{1.s} \cdot h_{4.s})}{2} = 4.218 \text{ m}^2$$

Tilavuus

$$V_{\text{siipi}} := A_{\text{siipi}} \cdot b_{\text{siipi}} = 1.687 \cdot \text{m}^3$$

Epäkeskisyys anturan keskeltä

$$e_{x2} := \frac{h_{3.s} \cdot h_{2.s} \cdot \frac{h_{2.s}}{2} - \frac{h_{1.s} \cdot h_{4.s}}{2} \cdot \left(h_{2.s} - \frac{h_{4.s}}{3} \right)}{h_{3.s} \cdot h_{2.s} - \frac{h_{1.s} \cdot h_{4.s}}{2}} + b + e_{pp} = 1.175 \text{ m}$$

Paino

$$G_{\text{maatuki}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot (V_{\text{an}} + V_{\text{paatypalkki}} + 2 \cdot V_{\text{siipi}}) = 450.496 \cdot \text{kN}$$

Epäkeskisyydet anturan keskeltä:

$$e_x := \frac{V_{\text{paatypalkki}} \cdot e_{x1} + 2 \cdot V_{\text{siipi}} \cdot e_{x2}}{V_{\text{an}} + V_{\text{paatypalkki}} + 2 \cdot V_{\text{siipi}}} \quad e_x = 86.347 \cdot \text{mm}$$

Päätypalkin takapuolella oleva osuus anturasta

$$b_{\text{an.tp}} := - \left(-\frac{b_{\text{an}}}{2} + e_{pp} + b \right) = 1.065 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

Anturan päällä olevan maan paino päätypalkin takana

$$G_{\text{an.tp}} := b_{\text{an.tp}} \cdot (z_{\text{paatypalkki}} - h_{\text{an}}) \cdot (L_{\text{paatypalkki}} - 2 \cdot b_{\text{siipi}}) \cdot \gamma \quad G_{\text{an.tp}} = 234.833 \cdot \text{kN}$$

Anturan päällä olevan maan epäkeskisyys päätypalkin takana

$$e_{\text{an.tp}} := e_{pp} + b + \frac{b_{\text{an.tp}}}{2} = 717.5 \cdot \text{mm}$$

Päätypalkin etupuolella oleva osuus anturasta

$$b_{\text{an.ep}} := -\left(-\frac{b_{\text{an}}}{2} - e_{\text{pp}}\right) = 400 \cdot \text{mm}$$

Anturan päällä olevan maan epäkeskisyyss päätypalkin etupuolella

$$e_{\text{an.ep}} := e_{\text{pp}} - \frac{b_{\text{an.ep}}}{2} = -1.05 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

Arvioitu maakerroksen paksuus anturan päällä päätypalkin etupuolella

$$z_{\text{an.ep}} := 300 \text{mm}$$

Anturan päällä olevan maan paino päätypalkin etupuolella

$$G_{\text{an.ep}} := b_{\text{an.ep}} \cdot z_{\text{an.ep}} \cdot L_{\text{paatypalkki}} \cdot \gamma \qquad G_{\text{an.ep}} = 14.616 \cdot \text{kN}$$

Maapohjatiedot:

koheesio

$$c' := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

kitkakulma

$$\varphi' := 38 \text{deg}$$

leikkauskestävyysskulma

$$\varphi := 38 \text{deg}$$

maan tilavuuspaino

$$\gamma := 21 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

päätypalkin alareunan maankaltevuus

$$\alpha := 0 \text{deg} \qquad \text{tasaisella alustalla}$$

ALUSRAKENTEET

PAALUPERUSTUS

päätypalkin mitat

Päätypalkki:

päätypalkin korkeus:

$$z_{\text{paatypalkki}} := 2.5\text{m}$$

Päätypalkin mitat

$$L_{\text{paatypalkki}} := 5.8\text{m}$$

$$h_1 := 1305\text{mm}$$

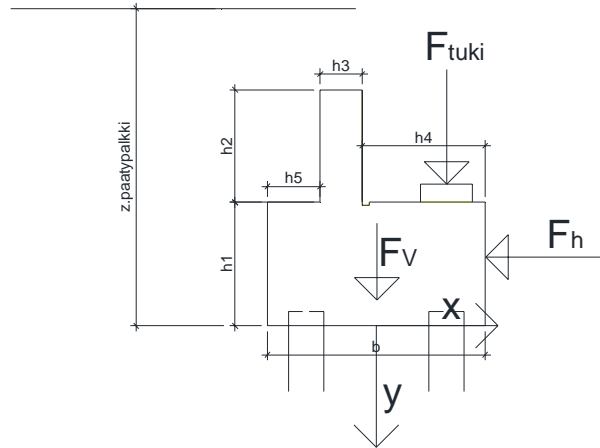
$$h_2 := 875\text{mm}$$

$$h_3 := 300\text{mm}$$

$$h_4 := 825\text{mm}$$

$$h_5 := 375\text{mm}$$

$$b_{\text{paatypalkki}} := 1.5\text{m}$$



Tukilinja etäisyys anturan keskeltä

$$e_{tl} := -415\text{mm}$$

$$A_{\text{paatypalkki}} := h_1 \cdot (h_5) + h_3 \cdot (h_2 + h_1) + h_4 \cdot h_1 = 2.22\text{m}^2$$

Tilavuus

$$V_{\text{paatypalkki}} := A_{\text{paatypalkki}} \cdot L_{\text{paatypalkki}} = 12.876\text{m}^3$$

Epäkeskisyys päätypalkin etureunasta:

$$e_{x1} := -\frac{(h_1 \cdot h_5) \cdot \left(b_{\text{paatypalkki}} - \frac{h_5}{2}\right) + [h_3 \cdot (h_1 + h_2)] \cdot \left(\frac{h_3}{2} + h_4\right) + h_4 \cdot h_1 \cdot \frac{h_4}{2}}{A_{\text{paatypalkki}}} = -0.777\text{m}$$

siipimuurit

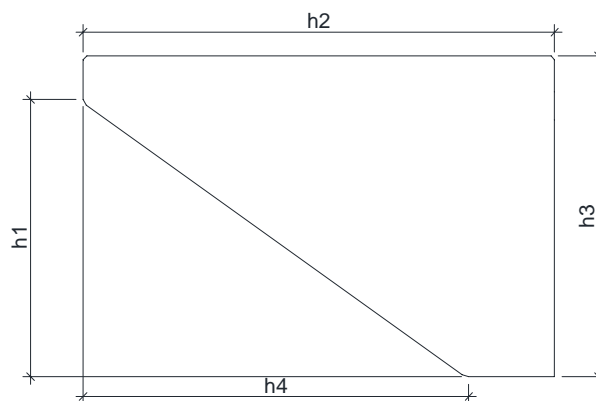
$$h_{1,s} := 2215\text{mm}$$

$$h_{2,s} := 2885\text{mm}$$

$$h_{3,s} := 2535\text{mm}$$

$$h_{4,s} := 2200\text{mm}$$

$$b_{\text{siipi}} := 400\text{mm}$$



$$A_{\text{siipi}} := (h_{2.s} \cdot h_{3.s}) - (h_{1.s} \cdot h_{4.s}) = 2.44 \text{ m}^2$$

Tilavuus

$$V_{\text{siipi}} := A_{\text{siipi}} \cdot b_{\text{siipi}} = 0.976 \cdot \text{m}^3$$

Epäkeskisyys päätypalkin etureunasta:

$$e_{x2} := \frac{h_{3.s} \cdot h_{2.s} \cdot \frac{h_{2.s}}{2} - \frac{h_{1.s} \cdot h_{4.s}}{2} \cdot \left(h_{2.s} - \frac{h_{4.s}}{3} \right)}{h_{3.s} \cdot h_{2.s} - \frac{h_{1.s} \cdot h_{4.s}}{2}} + b_{\text{paatypalkki}} = 2.588 \text{ m}$$

Epäkeskisyysdet anturan keskeltä:

Päätypalkki

$$e_{x.1} := e_{x1} + \frac{b_{\text{paatypalkki}}}{2} = -0.027 \text{ m}$$

Siivet:

$$e_{x.2} := e_{x2} - \frac{b_{\text{paatypalkki}}}{2} = 1.838 \text{ m}$$

Maatuen paino:

$$\gamma_{\text{bet}} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$F_{g.\text{antura}} := (V_{\text{paatypalkki}} + 2 \cdot V_{\text{siipi}}) \cdot \gamma_{\text{bet}} = 370.709 \cdot \text{kN}$$

Resultantin etäisyys anturan keskeltä:

$$e_{x.\text{antura}} := \frac{(V_{\text{paatypalkki}} \cdot e_{x.1}) \cdot \gamma_{\text{bet}} + (2 \cdot V_{\text{siipi}} \cdot e_{x.2}) \cdot \gamma_{\text{bet}}}{F_{g.\text{antura}}} = 0.219 \text{ m}$$

Rakennemallin jouset

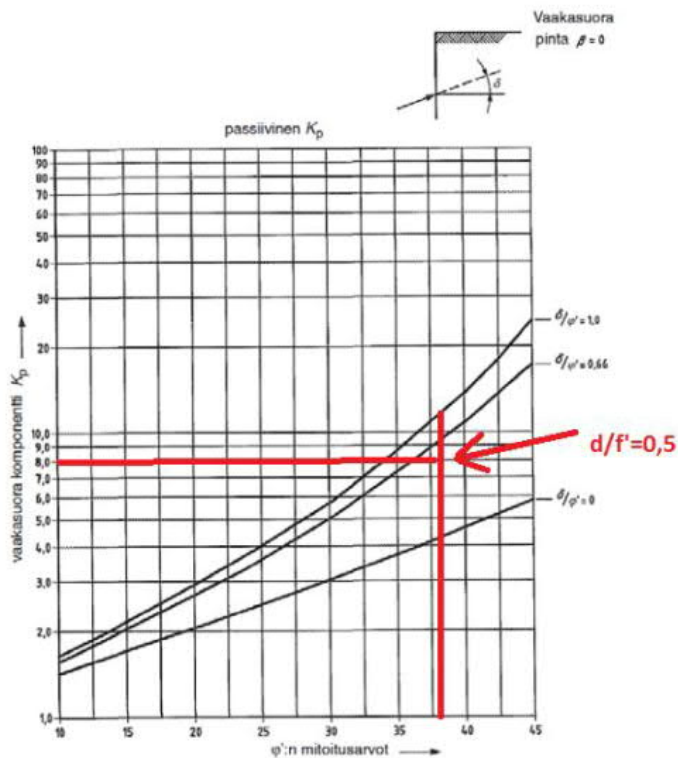
Taustatäytön ominaisuudet

Maan ominaispaino

$$\gamma := 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Kitkakulma taustatäytössä
(murske)

$$\varphi := 38 \cdot \text{deg}$$



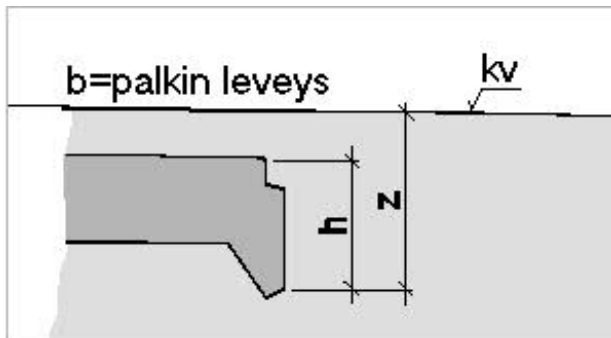
Kuva C.2.1 Kertoimet K_p passiiviselle maanpaineelle: tuettu pinta vaakasuora ($\beta = 0$)

Passiivipainekerroin

$$K_p := 8$$

Puskupalkki (z on ap:n syvyys).

$$h := 2200 \text{ mm} \quad z := 2850 \text{ mm}$$



Lasketaan siirtymän aiheuttama maanpaine puskupalkin takana ratkaisemalla siirtymä jolloin

voimatasapaino toteutuu.

Alustalukuarvo suurille muodonmuutoksille

Taustan paineen arvo siirtymän funktiona, ks. Sillan geotekninen suunnittelu 2012 kohta 4.6.2 :

Täysi passiivipaine siirtymästä:

$$y_u := 0.015 \cdot z \quad y_u = 42.7 \cdot \text{mm}$$

$$p_u := K_p \cdot \gamma \cdot z \quad p_u = 479 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puolet passiivipaineesta siirtymästä:

$$y_{50} := 0.25 y_u \quad y_{50} = 10.7 \cdot \text{mm}$$

$$p_{50} := 0.5 p_u \quad p_{50} = 239 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kulmakertoimet:

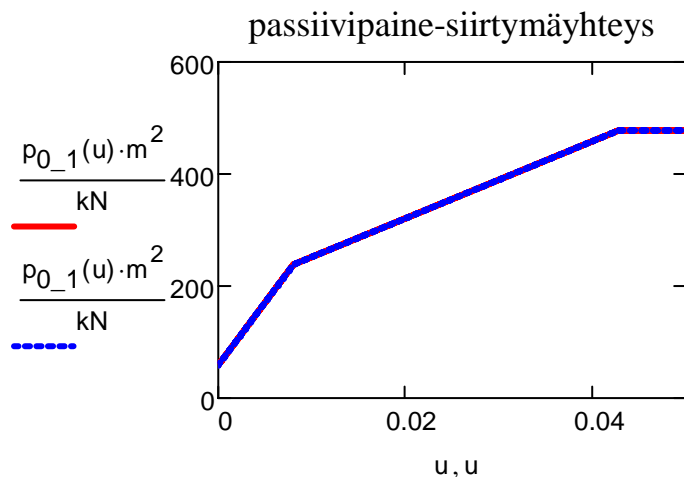
$$k_{0_1} := \frac{0.5 \cdot p_u}{y_{50}} = 22400 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$k_{1_u} := \frac{p_{50}}{y_u - \left(y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0_1}} \right)} = 6892 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Suorat:

$$p_{0_1}(u) := \begin{cases} k_{0_1} \cdot u + \frac{p_u}{8} & \text{if } 0 \text{mm} \leq u \leq y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0_1}} \\ \left[p_{50} + k_{1_u} \cdot \left[u - \left(y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0_1}} \right) \right] \right] & \text{if } y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0_1}} < u \leq y_u \\ p_u & \text{if } u > y_u \end{cases}$$

$$u := 0 \cdot \text{mm}, 0.01 \cdot \text{mm} .. (y_u + 10 \text{mm})$$



FEM-mallin kuormat

Sillan mitoituksessa pusкупalkin liike penkereessä vaikuttaa mitoitukseen

- Suuret muodonmuutokset -> Yllä oleva kuva-> annetaan kuormina malliin
- Pienet siirtymät -> lineaariset jouset mallissa -> kuorma siirtymän funktiona

SUURET MUODONMUUTOKSET

Pääpalkeille kosteudesta

$$\Delta T_{\text{kosteus.vir}} \cdot C = 30.00 \text{ C} \quad \alpha_T = 5.00 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

$$y_{\Delta T} := \alpha_T \cdot \Delta T_{\text{kosteus.vir}} \cdot C \cdot \frac{16m}{2} = 1.20 \cdot \text{mm} < y_{\text{raja}} := y_{50} - \frac{p_u}{8k_{0_1}} = 8.02 \cdot \text{mm}$$

$$p_{0_1}(y_{\Delta T}) = 86.73 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \frac{p_{0_1}(y_{\Delta T})}{p_u} = 18. \% \quad \text{Pääpalkkeja rasittaa n. 18 \% passiivipaineen maksimista}$$

$$F_{\Delta T} := p_{0_1}(y_{\Delta T}) \cdot h \cdot L_{\text{paatypalkki}} = 1107 \cdot \text{kN}$$

Koska sillan kansi pyrkii laajentuessaan kiertämään maatuokea alanurkan ympäri, oletetaan, että passiivipaineen suuruus on puolet pienempi, kuin sellaisessa tilanteessa, jossa maatuen liike olisi pelkkää translaatiota (ei kiertymää).

Voima pääpalkille:

$$\frac{F_{\Delta T}}{4} \cdot \frac{1}{2} = 138 \cdot \text{kN}$$

Pääpalkeille lämpöliikkeestä

Oletetaan, että puukannen lämpöliike vastaa NCCI1 kohdan D.6.1 mukaista päällysrakennetyypin 2 eli teräs-betoni-liittorakennetta, mistä seuraa, että sillan pään lämpöliikkeen suuruudeksi oletetaan 32 C:n lämpötilan nousua vastaava siirtymä (Sillan geotekninen suunnittelu 4.6.2).

$$\Delta T_{\text{www}} := 32 \text{ C} \quad \alpha_T = 5.00 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

$$y_{\Delta T} := \alpha_T \cdot \Delta T \cdot \frac{16m}{2} = 1.28 \cdot mm < y_{raja} = 8.02 \cdot mm$$

$$p_{0_1}(y_{\Delta T}) = 88.52 \cdot \frac{kN}{m^2} \quad \frac{p_{0_1}(y_{\Delta T})}{p_u} = 18. \% \quad \text{Pääpalkkeja rasittaa n. 18 \% passiivipaineen maksimista}$$

$$F_{\Delta T} := p_{0_1}(y_{\Delta T}) \cdot h \cdot L_{paatypalkki} = 1130 \cdot kN$$

Koska sillan kansi pyrkii laajentuessaan kiertämään maatuokea alanurkan ympäri, oletetaan, että passiivipaineen suuruus on puolet pienempi, kuin sellaisessa tilanteessa, jossa maatuen liike olisi pelkkää translaatiota (ei kiertymää).

Voima pääpalkille:

$$\frac{F_{\Delta T}}{4} \cdot \frac{1}{2} = 141 \cdot kN$$

PIENET SIIRTYMÄT

Kulmakertoimet:

Malliin:

$$k_{jarru} := \frac{p_u}{0.005z} = 33600 \cdot \frac{kN}{m^3} \quad k_{jarru} \cdot h \cdot L_{paatypalkki} = 428736 \cdot \frac{kN}{m}$$

Jousia on käytetty jarru-, tuuli- ja liikenteen maanpaine kuormien kuormitustapauksissa. Aina siinä päässä, johon liike kohdistuu.

A.6.2.1 Maanvaraiset perustukset

KANTAVUUSTARKASTELU

Anturan kantavuus:

Liikenneviraston ohjeita 13/2017

Eurokoodin soveltamisohje

Geotekninen suunnittelu – NCCI 7 (21.7.2017)

Mitoittava kuormitustapaus: KRT_2a ja MRT_2
epäkeskisyydet peruslaatan keskipisteen suhteen
tukilinja

$$e_{tl} = -0.52 \text{ m}$$

maatuki

$$e_x = 0.09 \text{ m}$$

anturan päällä oleva maa etumuurin takapuolella

$$e_{an.tp} = 0.72 \text{ m}$$

anturan päällä oleva maa etumuurin etupuolella

$$e_{an.ep} = -1.05 \text{ m}$$

Voimasuureina on käytetty vastaavia voimasuureita

Pystykuorma maatuella MRT:ssä (fem-mallista)

$$F_{z,0d} = 224.9 \cdot \text{kN}$$

Kokonaispystykuorma MRT:ssä

$$F_{z,d} := F_{z,0d} + 1.25 \cdot (G_{maatuki} + G_{an.tp} + G_{an.ep})$$

$$F_{z,d} = 1099.83 \cdot \text{kN}$$

Vaakakuorma maatuella MRT:ssä (fem-mallista)

$$F_{x,0d} = 159 \cdot \text{kN}$$

$$F_{x,d} := F_{x,0d}$$

$$F_{x,d} = 159 \cdot \text{kN}$$

Mitoittava momentti MRT:ssä

$$M_{y,d} := F_{z,0} \cdot e_{tl} + 1.25 \cdot (G_{maatuki} \cdot e_x + G_{an.tp} \cdot e_{an.tp} + G_{an.ep} \cdot e_{an.ep})$$

$$M_{y,d} = 124.23 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

missä maatuen ja sen päällä olevan maan oman painon epäkeskisyys on:

$$\frac{G_{maatuki} \cdot e_x + G_{an.tp} \cdot e_{an.tp} + G_{an.ep} \cdot e_{an.ep}}{G_{maatuki} + G_{an.tp} + G_{an.ep}} = 274.37 \cdot \text{mm}$$

Kannen pystykuorma KRT:ssä

$$F_{z,0} = 177.7 \cdot \text{kN}$$

Kokonaispystykuorma KRT:ssä

$$F_z := F_{z,0} + G_{maatuki} + G_{an.tp} + G_{an.ep}$$

$$F_z = 877.64 \cdot \text{kN}$$

Mitoitusvaakuorma KRT:ssä

$$F_x := F_{x,0} \quad F_x = 115.6 \cdot \text{kN}$$

Mitoittava momentti KRT:ssä

$$M_y := F_{z,0} \cdot e_{tl} + G_{maatuki} \cdot e_x + G_{an.tp} \cdot e_{an.tp} + G_{an.ep} \cdot e_{an.ep}$$

$$M_y = 100.53 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

nimetään pysty-, vaaka- ja anturan leveys uudelleen

$$\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{H}} := F_x = 115.6 \cdot \text{kN}$$

$$\overset{\text{V}}{\underset{\text{V}}{V}} := F_z = 877.64 \cdot \text{kN}$$

$$\overset{\text{b}}{\underset{\text{b}}{b}} := b_{an}$$

$$e := \frac{M_y}{F_z} = 114.54 \cdot \text{mm} \quad e_{sall} := \frac{b}{3} = 833.33 \cdot \text{mm}$$

tehollinen pohjapinta-ala

$$B' := b - 2 \cdot |e| = 2.27 \text{ m}$$

$$L' := L_{\text{paatypalkki}} = 5.8 \text{ m}$$

$$A' := B' \cdot L' = 13.17 \text{ m}^2$$

pohjapaine teholliselle pohjapinta-alalle

$$F_d := F_{Z,d} = 1099.83 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_0 := \frac{F_d}{B' \cdot L'} = 83.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kantokestävyys:

$$\varphi = 38 \cdot \text{deg}$$

$$\varphi' = 38 \cdot \text{deg}$$

kertoimet

kantokestävyydelle

$$N_q := e^{\pi \tan(\varphi')} \cdot \tan\left(45 \text{deg} + \frac{\varphi'}{2}\right)^2 = 48.93$$

$$N_c := (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi') = 61.35$$

$$N_\gamma := 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi') = 74.9$$

perustuksen pohjan kaltevuudelle

$$b_q := (1 - \alpha \cdot \tan(\varphi'))^2 = 1$$

$$b_\gamma := b_q$$

$$b_c := b_q - \frac{(1 - b_q)}{N_c \cdot \tan(\varphi')} = 1$$

perustuksen muodolle

suorakaide

$$s_q := 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \cdot \sin(\varphi') = 1.24$$

$$s_\gamma := 1 - 0.3 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right) = 0.88$$

$$s_c := \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)} = 1.25$$

vaakakuorman H aiheuttamalle kuorman kaltevuudelle

$$m := \frac{\left[2 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \right]}{\left[1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \right]} = 1.72$$

$$m_b := m$$

$$i_q := \left[1 - \frac{H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot(\varphi'))} \right]^m = 0.78$$

$$i_c := i_q - \frac{(1 - i_q)}{(N_c \cdot \tan(\varphi'))} = 0.78$$

$$i_\gamma := \left[1 - \frac{H}{(V + A' \cdot c' \cdot \cot(\varphi'))} \right]^{m+1} = 0.68$$

Kalteva maanpinta laskentatapa 1

Yläpuolisten maakerrosten aiheuttama jännitys perustuksen pohjalle

perustamissyvyys

$$D := 600 \text{ mm}$$

$$q' := \gamma \cdot D = 12.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

luiskan kaltevuus

$$\beta := 35 \text{ deg}$$

$$gg := (1 - 0.5 \cdot \tan(\beta))^5 \quad gg = 0.12$$

Kantokestävyyden mitoitusarvo:

$$R_k := (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \cdot gg = 194.06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_R := 1.55$$

$$R_d := \frac{R_k}{\gamma_R} = 125.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_0 = 83.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_0}{R_d} = 0.67$$

Pohjapaineen rajoitus alle

$$\left| \begin{array}{ll} \text{"OK"} & \text{if } \frac{R_k}{\gamma_R} \geq \sigma_0 \\ \text{"EI KESTÄÄ"} & \text{otherwise} \end{array} \right. = \text{"OK"}$$

Kalteva maanpinta laskentatapa 2

Yläpuolisten maakerrosten aiheuttama jännitys perustuksen pohjalle

perustamissyvyys

$$D := 0\text{mm}$$

$$q' := \gamma \cdot D = 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

luiskan kaltevuus

$$\beta := 30\text{deg}$$

$$gg := (1 - 0.5 \cdot \tan(\beta))^5 \quad gg = 0.18$$

Kantokestävyyden mitoitusarvo:

$$R_k := (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \cdot gg = 195.52 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma_R := 1.55$$

$$R_d := \frac{R_k}{\gamma_R} = 126.14 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_0 = 83.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_0}{R_d} = 0.66$$

Pohjapaineen rajoitus alle

$$\left| \begin{array}{ll} \text{"OK"} & \text{if } \frac{R_k}{\gamma_R} \geq \sigma_0 \\ \text{"EI KESTÄÄ"} & \text{otherwise} \end{array} \right. = \text{"OK"}$$

LIUKUMISKESTÄVYYS

$$H_d := \left| FM_{2_{1,0}} \right| = 159 \cdot \text{kN}$$

$$V_d := \left| FM_{2_{1,1}} \right| + 0.9 \cdot \left(G_{\text{maatuki}} + G_{\text{an.tp}} + G_{\text{an.ep}} \right) = 854.85 \cdot \text{kN}$$

$$\gamma_{R.h} := 1.10$$

$$\frac{V_d \cdot \tan\left(\varphi \cdot \frac{2}{3}\right)}{\gamma_{R.h}} = 367.9 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{H_d}{\frac{V_d \cdot \tan\left(\varphi \cdot \frac{2}{3}\right)}{\gamma_{R.h}}} = 0.43$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{"OK"} \quad \text{if} \quad \frac{V_d \cdot \tan(\varphi)}{\gamma_{R.h}} \geq H_d \quad = \text{"OK"} \\ \text{"LIUKUU"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right.$$

A.6.2.2 Paaluperustukset

PAALUVOIMIEN LASKENTA

paaluja/ryhmä

$n_{r1} := 2$ paalut P_1 ja P_2

$n_{r2} := 3$ paalut P_3 ja P_4 ja P_5

ryhmien etäisyys anturan keskeltä

$$x_{r11} := -0.5 \text{ m}$$

$$x_{r22} := 0.5 \text{ m}$$

Paaluryhmän painopiste

$$x_{00} := \frac{n_{r1} \cdot x_{r11} + n_{r2} \cdot x_{r22}}{n_{r1} + n_{r2}} = 0.1 \text{ m}$$

vaihdetaan etumerkkiä (positiivinen suunta penkkaan päin)

$$x_0 := -x_{00} = -0.1 \text{ m}$$

$$x_{r1} := -x_{r11} = 0.5 \text{ m}$$

$$x_{r2} := -x_{r22} = -0.5 \text{ m}$$

Voimasuureet painopisteen suhteen

Mitoittava kuormitustapaus: MRT_1

$$e_{tl} = -0.415 \text{ m}$$

$$e_{x,antura} = 0.219 \text{ m}$$

$$F_{z,d} := F_{z,0d} + 1.25 \cdot F_{g,antura}$$

$$F_{z,d} = 864.087 \cdot \text{kN}$$

$$M_{y,d} := F_{z,0d} \cdot e_{tl} + 1.25 \cdot F_{g,antura} \cdot e_{x,antura}$$

$$M_{y,d} = -64.843 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{x,d} := F_{x,0d}$$

$$F_{x,d} = 159 \cdot \text{kN}$$

$$V_0 := F_{z,d} = 864.087 \cdot \text{kN}$$

$$e_x := \frac{M_{y,d}}{F_{z,d}} = -0.075 \text{ m}$$

Paalujen epäkeskisyys anturan keskeltä

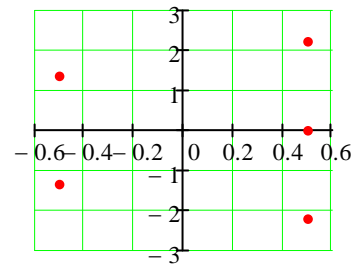
$$x_1 := -0.5 \text{ m} \quad y_1 := -1.345 \text{ m}$$

$$x_2 := -0.5 \text{ m} \quad y_2 := 1.345 \text{ m}$$

$$x_3 := 0.5 \text{ m} \quad y_3 := -2.215 \text{ m}$$

$$x_4 := 0.5 \text{ m} \quad y_4 := 0 \text{ m}$$

$$x_5 := 0.5 \text{ m} \quad y_5 := 2.215 \text{ m}$$



$$e_x := e_x = -0.075 \text{ m}$$

$$e_x - x_0 = 0.025 \text{ m}$$

$$M_{x0v} := V_0 \cdot (e_x - x_0) = 21.57 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Voimasuureet kiertokeskiön suhteen

$$V_0 = 864.087 \cdot \text{kN}$$

$$M := M_{x0v} = 21.57 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Jäyhyysmomentti kiertokeskiön suhteen

$$I := n_{r1} \cdot (x_{r1} - x_0)^2 + n_{r2} \cdot (x_{r2} - x_0)^2 = 1.2 \text{ m}^2$$

Paaluvoimat

$$P_{r1} := \frac{V_0}{n_{r1} + n_{r2}} + \frac{M}{I} \cdot (x_{r1} - x_0) = 183.6 \cdot \text{kN}$$

$$P_{r2} := \frac{V_0}{n_{r1} + n_{r2}} + \frac{M}{I} \cdot (x_{r2} - x_0) = 165.63 \cdot \text{kN}$$

A.6.3 ERILLISTARKASTELU

A.6.3.1 Kaiteiden mitoitus

Materiaaliominaisuudet:

Materiaali: sahatavara C30

Tilavuuspaino

$$\gamma_{\text{kansi}} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Ominaisuudet:

SFS-EN 338

Taivutuslujuus:

$$f_{\text{m.k}} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{\text{c.0.k}} := 23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{\text{v.k}} := 4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{\text{c.90.k}} := 2.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vetolujuus:

$$f_{\text{t.0.k}} := 18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kimmoduuli:

$$E_{0.\text{mean}} := 12000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Muunnoskertoimet:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

Käyttöluokka 3

$$k_{\text{mod.pysyvä}} := 0.50$$

$$k_{\text{mod.keskipitkä}} := 0.65$$

$$k_{\text{mod.hetkellinen}} := 0.90$$

$$k_{\text{mod}} := 0.90$$

Mitoitusarvot:

EC5

Osavarmuuskerroin:

NA SFS-EN1995-2-LVM: Taulukko 2.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{Sahatavara}$$

Murtorajatilan mitoitusarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{m,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.929 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 1.479 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.571 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vetolujuus:

$$f_{t,0,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 1.157 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin: $\gamma_{M,p} := 1$

$$f_{c,90,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.43 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Osavarmuuskerroin:

NA SFS-EN1995-2-LVM: Taulukko 2.1

$$\gamma_M := 1.0 \quad \text{Onnettomuus}$$

Murtorajatilan mitoitusarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{m,Ad} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 2.7 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,Ad} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 2.07 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 3.6 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vetolujuus:

$$f_{t,0,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 1.62 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin: $\gamma_{M,p} := 1$

$$f_{c,90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.43 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Materiaaliominaisuudet:

Materiaali: liimapuu gL30h

Tilavuuspaino

$$\gamma_{\text{palkki}} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Sauvan koon vaikutus lujuuteen voidaan ottaa huomioon kertoimella:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 3.3(3)

$$k_h := \begin{cases} \min \left[\left(\frac{600 \text{ mm}}{h_{\text{palkki}}} \right)^{0.1}, 1.1 \right] & \text{if } h_{\text{palkki}} < 600 \text{ mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1.1$$

Ominaisuudet :

SFS-EN 1194

Taivutuslujuus:

$$f_{m.k} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.k} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.k} := 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{c.90.k} := 3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kimmomoduuli:

$$E_{0.\text{mean}} := 13600 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 11300 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{\text{mean}} := 650 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$G_{0.05} := 540 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Muunnoskertoimet:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

Käyttöluokka 3

$$k_{\text{mod.pysyvä}} := 0.50$$

$$k_{\text{mod.keskipitkä}} := 0.65$$

$$k_{\text{mod.hetkellinen}} := 0.90$$

$$k_{\text{mod}} := 0.90$$

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskerroin:

NA SFS-EN1995-2-LVM: Taulukko 2.1

$$\gamma_M := 1.2$$

Liimapuun

Murtorajatilan mitoitusarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{m.d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{k_h \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 2.475 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 2.25 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_M} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M,p} := 1$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.7 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Osavarmuuskerroin:

NA SFS-EN1995-2-LVM: Taulukko 2.1

$$\gamma_{M,v} := 1.0 \quad \text{Onnettomuus}$$

Murtorajatilan mitoitusarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{m,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{k_h \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = 2.97 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 2.7 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 3.15 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M,pv} := 1$$

$$f_{c,90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.7 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Materiaaliominaisuudet:

Teräslevy: 1.4301

Tilavuuspaino

$$\gamma_{\text{teras}} := 78.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Ominaisuudet:

Lujuus:

Myötölujuus: $f_y := 210 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Murtolujuus: $f_u := 520 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Kimmomoduuli:

$$E_{\text{teras}} := 200000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poissonin vakio: $\nu := 0.3$

Liukumoduuli: $G_{\text{teras}} := \frac{E_{\text{teras}}}{2 \cdot (1 - \nu)} = 1.429 \times 10^5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskertoimen SFS-EN 1993-1-4 kohta 5.1:

$$\gamma_{M0} := 1.1$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

A.6.3.1.1 Suoran kaidetolpan mitoitus

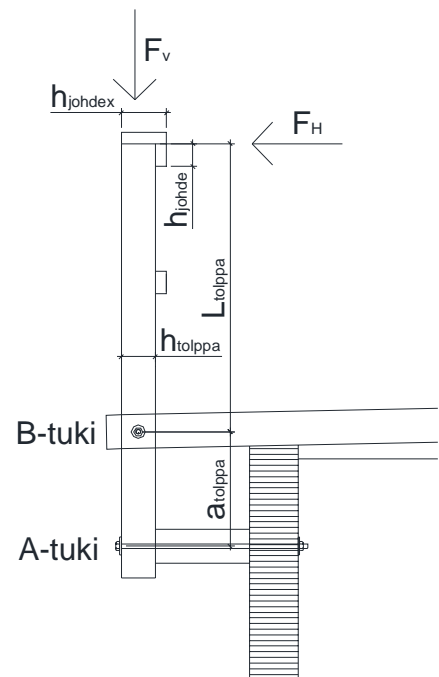
Poikkileikkausarvot:

Kaiderakenne: Pystytolpat + verkkoelementti

Pystytolpat: $b_{\text{tolppa}} := 100\text{mm}$
 $h_{\text{tolppa}} := 180\text{mm}$
 $L_{\text{tolppa}} := 1.53\text{m}$
 $a_{\text{tolppa}} := 0.6\text{m}$
 $L_{\text{johde}} := 2000\text{mm} = \text{Tolppaväli}$

Tuki tuella A:

$h_{\text{tuki}} := 180\text{mm}$
 $b_{\text{tuki}} := 115\text{mm}$



Kuormat:

pystykuorma:

$F_v := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Onnettomuuskuorma

Vaakakuorma:

$F_h := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Onnettomuuskuorma

Suojaverkko:

$b_{\text{verkko}} := 1785\text{mm}$

verkon pituus

$h_{\text{verkko}} := 1200\text{mm}$

verkon korkeus

$p_{\text{verkko}} := 3.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

vaakakuorma a. Hyötykuorma

Kaidetolpalle:

Voimasuureet: Viivakuormasta

Tuella A

tuella B

Momentti:

$$M_{k.B} := F_h \cdot L_{\text{tolppa}} \cdot L_{\text{johde}} = 9.18 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

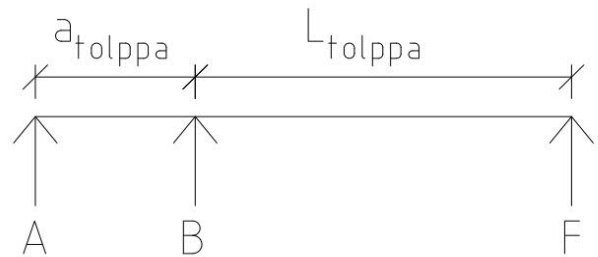
momenttitasapaino tuen B ympäri:

$$F \cdot L_{\text{tolppa}} = A \cdot a_{\text{tolppa}}$$

$$\Leftrightarrow A = \frac{F \cdot L_{\text{tolppa}}}{a_{\text{tolppa}}} \quad \Leftrightarrow A = \frac{F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot L_{\text{tolppa}}}{a_{\text{tolppa}}}$$

voimatasapaino:

$$B = -A - F$$



$$\Leftrightarrow B = -\frac{F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot L_{\text{tolppa}}}{a_{\text{tolppa}}} - F_h \cdot L_{\text{johde}} \quad \Leftrightarrow B = -F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot \frac{L_{\text{tolppa}} + a_{\text{tolppa}}}{a_{\text{tolppa}}}$$

Tukivoima:

$$F_{k,A} := \frac{F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot L_{\text{tolppa}}}{a_{\text{tolppa}}} = 15.3 \cdot \text{kN}$$

$$F_{k,B} := -F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot \frac{L_{\text{tolppa}} + a_{\text{tolppa}}}{a_{\text{tolppa}}} = -21.3 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:



$$V_{k,A} := F_{k,A} = 15.3 \cdot \text{kN}$$

$$V_{k,B} := F_{k,B} = -21.3 \cdot \text{kN}$$

$$V_{k,A} + V_{k,B} = -6 \cdot \text{kN}$$

Voimasuureet: Verkosta

kiinnityskohdan etäisyys tolpan yläreunasta:

$$x_y := 190 \text{ mm}$$

$$x_a := 1340 \text{ mm}$$

$$A_{\text{verkko}} := b_{\text{verkko}} \cdot h_{\text{verkko}} = 2.142 \text{ m}^2$$

Kiinnityspisteiden etäisyydet tuelta B:

$$e_{\text{yla}} := L_{\text{tolppa}} - x_y = 1.34 \text{ m}$$

$$e_{\text{ala}} := L_{\text{tolppa}} - x_a = 0.19 \text{ m}$$

Verkon tukivoimat pistekuormana tolalle:

$$F_{H,\text{verkko}} := p_{\text{verkko}} \cdot A_{\text{verkko}} = 8.033 \cdot \text{kN}$$

Resultantin etäisyys tuelta B:

$$R_{H,\text{verkko}} := \frac{e_{\text{yla}} + e_{\text{ala}}}{2} = 0.765 \text{ m}$$

Tuella A

Momentti:

Tukivoima:

$$F_{k.A.n} := \frac{F_{H.verkko} \cdot R_{H.verkko}}{a_{tolppa}} = 10.241 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{k.A.n} := F_{k.A.n} = 10.241 \cdot \text{kN}$$

murtorajatilän voimasuureet:

Momentti:

$$M_d := \max(M_{k.B.n} \cdot 1.5) = 9.217 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_d := \max(|V_{k.A.n}| \cdot 1.5, |V_{k.B.n}| \cdot 1.5) = 27.411 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajatilän voimasuureet:

Momentti:

$$M_{Ad} := \max(M_{k.B}) = 9.18 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := \max(|V_{k.A}|, |V_{k.B}|) = 21.3 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

Kaidetolppa:

$$W_{tolppa} := \frac{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}^2}{6} = 5.4 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Kaidetolppa

Murtorajatila

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_d}{W_{tolppa}} = 1.707 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

tuella B

$$M_{k.B.n} := F_{H.verkko} \cdot R_{H.verkko} = 6.145 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{k.B.n} := -F_{H.verkko} \cdot \frac{R_{H.verkko} + a_{tolppa}}{a_{tolppa}} = -18.274 \cdot \text{kN}$$

$$V_{k.B.n} := F_{k.B.n} = -18.274 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima:

$$\text{Tuki}_{A.de} := \max(F_{k.A.n} \cdot 1.5) = 15.362 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Tuki}_{B.de} := \max(F_{k.B.n} \cdot 1.5) = -27.411 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima:

$$\text{Tuki}_{A.Ad} := \max(F_{k.A}) = 15.3 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Tuki}_{B.Ad} := \max(F_{k.B}) = -21.3 \cdot \text{kN}$$

$$f_{m,d} = 2.475 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = 68.966\%$$

Onnettomuusrajatila

$$\sigma_{m,y,Ad} := \frac{M_{Ad}}{W_{tolppa}} = 1.7 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m,Ad} = 2.97 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m,y,Ad} \leq f_{m,Ad} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{m,y,Ad}}{f_{m,Ad}} = 57.239\%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Kaidetolppa

Murtorajatila

$$\tau_{v,d} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot (b_{tolppa} \cdot h_{tolppa})} = 2.284 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,d} \leq f_{v,d} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = 87.019\%$$

Onnettomuusrajatila

$$\tau_{v,Ad} := \frac{3 \cdot V_{Ad}}{2 \cdot (b_{tolppa} \cdot h_{tolppa})} = 1.775 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,Ad} = 3.15 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,Ad} \leq f_{v,Ad} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,Ad}}{f_{v,Ad}} = 56.349\%$$

Syytävastaan kohtisuorapuristus: Pystytolpan A-tuen puristava voima pystytolpalle

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.5

tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$a_- := 35\text{mm} \quad l_- := h_{\text{tuki}} \quad l_1 := a_{\text{tolppa}} - \frac{h_{\text{tuki}}}{2}$$

$$l_k := \min(30\text{mm}, a_-, l_-, l_1) = 30\text{mm}$$

$$l_{\text{ef}} := h_{\text{tuki}} + 2 \cdot l_k = 240\text{mm}$$

$$b' := b_{\text{tuki}}$$

$$b_r := 0\text{mm}$$

$$b_k := \min(30\text{mm}, b', b_r) = 0\cdot\text{mm}$$

$$b_{ef_} := b_{tuki} + 2\cdot b_k = 115\cdot\text{mm}$$

tukipainekerroin:

$$k_{c.90} := 1.7 \quad \begin{array}{l} 2.5 \text{ havupuu sahatavaralla} \\ 1,7 \text{ havupuu liimapuulla} \end{array}$$

$$F_d := Tuki_{A.de} = 15.362\cdot\text{kN} \quad \text{tuelle A}$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{l_{ef}\cdot b_{ef_}} = 556.6\cdot\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{c.90}\cdot f_{c.90.d} = 4.59 \times 10^3\cdot\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$ehto := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.90}\cdot f_{c.90.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.90}\cdot f_{c.90.d}} = 12.126\cdot\%$$

tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$l_1 := h_{lankku} \quad l_1 := a_{tolppa} - \frac{h_{lankku}}{2} \quad \text{tuelle B}$$

$$l_1 := \min(30\text{mm}, l_-, l_1) = 30\cdot\text{mm}$$

$$l_{ef} := h_{lankku} + 2\cdot l_1 = 210\cdot\text{mm}$$

$$b' := b_{tolppa}$$

$$b_r := 0\text{mm}$$

$$b_k := \min(30\text{mm}, b', b_r) = 0\cdot\text{mm}$$

$$b_{ef_} := b_{tolppa} + 2\cdot b_k = 100\cdot\text{mm}$$

tukipainekerroin:

$$k_{c,90} := 1.7 \quad \begin{array}{l} 2.5 \text{ havupuu sahataralla} \\ 1.7 \text{ havupuu liimapuulla} \end{array}$$

$$F_d := Tuki_{B,de} = -27.411 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{l_{ef} \cdot b_{ef}} = -1.305 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 4.59 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$ehto := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = -28.438 \cdot \%$$

Kansilankkujen kestävyys kaidetolpan voimille:

Poikkileikkausarvot:

Kansirakenne:

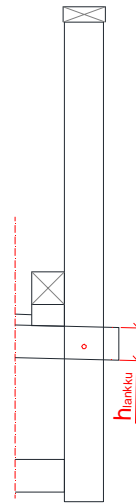
Kansilankku: $b_{\text{lankku}} := 50\text{mm}$

$h_{\text{lankku}} := 150\text{mm}$

Liitettäviä lankkuja

$kpl := 2$

$b_{\text{lankku}} := kpl \cdot b_{\text{lankku}}$



Lankkujen rasitukset:

Kaidetolpan murtorajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_d = 9.217 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_d = 27.411 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima:

$$Tuki_{A.de} = 15.362 \cdot \text{kN}$$

$$Tuki_{B.de} = -27.411 \cdot \text{kN} \quad \text{Vettoa kansilankulle}$$

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{Ad} = 9.18 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} = 21.3 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima:

$$Tuki_{A.Ad} = 15.3 \cdot \text{kN}$$

$$Tuki_{B.Ad} = -21.3 \cdot \text{kN} \quad \text{Vettoa kansilankulle}$$

Kansilankun murtorajatilan voimasuureet:

Kansilankkuun tulee taivutusmomentti kaidetolpan pystykuormasta

ulokkeen momentti

$$M_d := 1.5 \cdot F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot \frac{h_{\text{tolppa}}}{2}$$

$$M_d = 0.81 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_d := 1.5 \cdot F_h \cdot L_{\text{johde}}$$

$$V_d = 9 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

$$M_{Ad} := F_h \cdot L_{johde} \cdot \frac{h_{tolppa}}{2}$$

$$M_{Ad} = 0.54 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := F_h \cdot L_{johde}$$

$$V_{Ad} = 6 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Kannen taivutusvastus:

$$W_{kansi} := \frac{b_{lankku} \cdot h_{lankku}^2}{6} = 3.75 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

Murtorajatila

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_d}{W_{kansi}} = 2.16 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.d} = 2.475 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.d} \leq f_{m.d} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} = 8.727\%$$

Taivutusjännitys:

Onnettomuusrajatila

$$\sigma_{m.y.Ad} := \frac{M_{Ad}}{W_{kansi}} = 1.44 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.Ad} = 2.97 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.Ad} \leq f_{m.Ad} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} = 4.848\%$$

Leikkausjännitys:

Murtorajatila

$$\tau_{v,d} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot (b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}})} = 900 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,d} \leq f_{v,d} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = 34.286 \cdot \%$$

Leikkausjännitys:

Onnettomuusrajatila

$$\tau_{v,Ad} := \frac{3 \cdot V_{Ad}}{2 \cdot (b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}})} = 600 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,Ad} = 3.15 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,Ad} \leq f_{v,Ad} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,Ad}}{f_{v,Ad}} = 19.048 \cdot \%$$

Syiden suuntainen vetorasitus:

Murtorajatila

$$\sigma_{t,0,d} := \frac{-T_{\text{ukiB,de}}}{b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}}} = 1.827 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{t,0,d} = 1.157 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \\ \text{"Vetojännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} = 15.792\%$$

$k_m := 0.7$ Suorakaidepoikkileikkauksille

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} \leq 1 \wedge \frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} + k_m \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} \leq 1 \\ \text{"Ei Kestä"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \max \left(\frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}}, \frac{\sigma_{t.0.d}}{f_{t.0.d}} + k_m \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} \right) = 24.52\%$$

Syiden suuntainen vetorasitus:

Onnettomuusrajatila

$$\sigma_{t.0.Ad} := \frac{-Tuki_{B.Ad}}{b_{lankku} \cdot h_{lankku}} = 1.42 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{t.0.Ad} = 1.62 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{t.0.Ad} \leq f_{t.0.Ad} \\ \text{"Vetojäännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} = 8.765\%$$

$k_m := 0.7$ Suorakaidepoikkileikkauksille

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} \leq 1 \wedge \frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + k_m \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} \leq 1 \\ \text{"Ei Kestä"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \max \left(\frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}}, \frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + k_m \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} \right) = 13.614\%$$

Tarvitaan kaidetolpan molemmille puolille 1kpl kansilankkuja

Suoran kaidetolpan liitos

Kahden puuosan sekä puulevyn ja puuosan välinen liitos:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Kaksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 50 \text{ mm}$$

$$t_2 := 100 \text{ mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

$$t := 50 \text{ mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 50 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 20 \text{ mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_{k,C30} := 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ Sahattu puutavara: C30}$$

$$\rho_{k,GL30h} := 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ Homogeeninen liimapuu: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Naulapaksuuden ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

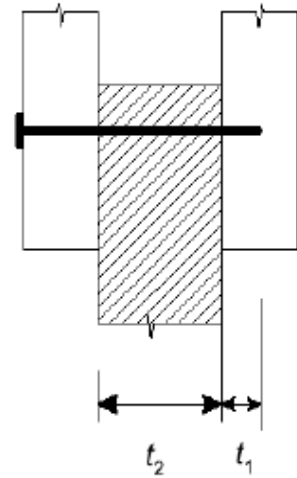
$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{k,C30} = 24.928 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ reikien ollessa esiporattu}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{k,GL30h} = 28.208 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ reikien ollessa esiporattu}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.65 \text{ havupuulle}$$

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$



$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 24.928$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.65$$

$$\alpha := 90 \text{deg}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.096$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 5.069 \times 10^5 \quad \text{Nmm} \quad \text{Pultti}$$

Sauvojen reunapuristuslujuuksien suhde:

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 0.686$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax.Rk} := 0 = 0 \quad \text{N}$$

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax.Rk}}{4} = 0$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

-nelikulmaiset naulat ja uranaulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax.Rk}$ ei tunneta, niin köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(g) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(h) := 0.5 f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(j) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(k) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

$$F_{v.Rk} := \min(g, h, j, k) = 1.577 \times 10^4 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 1.419 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_d := \frac{-T_{ukiB.de}}{N} = 2.741 \times 10^4 \text{ N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 20 \text{ mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_d}{2F_{v.Rd}} = 0.966 \quad \text{Tarvitaan 1 pulttia}$$

$$\gamma_M := 1.0 \quad \text{onnettomuus}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.RAd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 1.419 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_{Ad} := \frac{-T_{ukiB.Ad}}{N} = 2.13 \times 10^4 \text{ N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 20 \text{ mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_{Ad}}{2F_{v.RAd}} = 0.75 \quad \text{Tarvitaan 1 pulttia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 140 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 90^\circ$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 80 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 60 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 90^\circ$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 80 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 90^\circ$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 140 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 80 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Kaidetolpan kestävyys

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

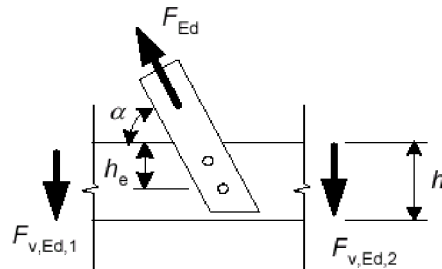
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 120$ mm puuosan paksuus, enintään liittimen tunkeumasyvyys

$h := 180$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 60 = 120$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liitimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 3.188 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.2$ Liimapuu

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 2.869 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

Leikkausvoima:

$$V_d := \frac{V_d}{N} = 2.741 \times 10^4 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{V_d}{F_{90,d}} = 0.955$$

Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 2.869 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := \frac{V_{Ad}}{N} = 2.13 \times 10^4 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{V_{Ad}}{F_{90,Ad}} = 0.742$$

Kansilankkujen kestävyys pystykuormille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

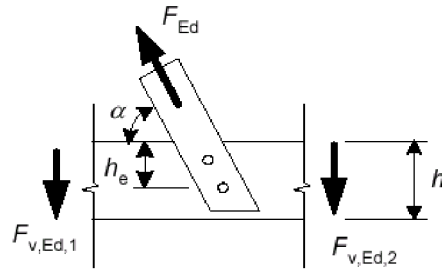
Havupuu-tavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 50$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyyks

$h := 150$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 70 = 80$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 9.165 \times 10^3 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 8.249 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := \frac{L_{johde} \cdot F_v}{N} = 6 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{V_{Ad}}{F_{90,Ad}} = 0.727$$

Kansilankkuja tarvitaan: 2 kpl

A.6.3.1.2 Vinotuellisen kaidetolpan mitoitus

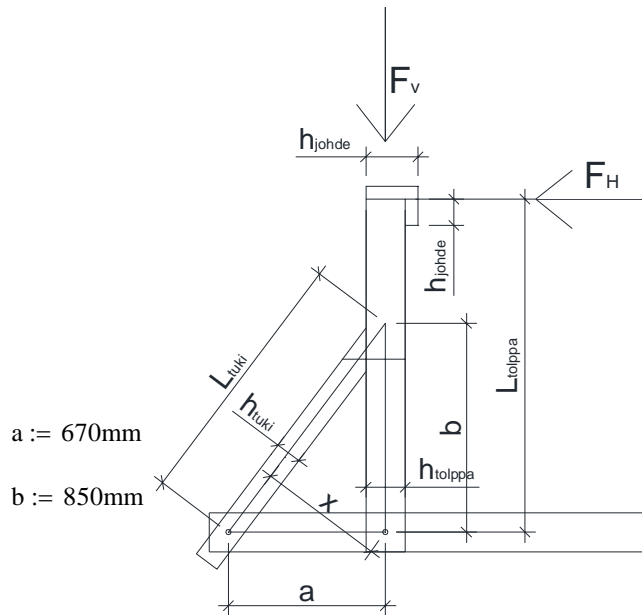
Poikkileikkausarvot:

Kaiderakenne:

Pystytolpat: $b_{\text{tolppa}} := 100\text{mm}$
 $h_{\text{tolppa}} := 180\text{mm}$
 $L_{\text{tolppa}} := 1.55\text{m}$
 $L_{\text{johde}} := 2000\text{mm} = \text{Tolppaväli}$

Vinotuki:

$b_{\text{tuki}} := 100\text{mm}$
 $h_{\text{tuki}} := 180\text{mm}$
 $L_{\text{tuki}} := \sqrt{a^2 + b^2} = 1.082\text{m}$



Kuormat:

pystykuorma:

$F_v := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Onnettomuuskuorma

Vaakakuorma:

$F_h := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Onnettomuuskuorma

Kaidetolpalle:

Voimasuureet: Viivakuormasta

Momentti:

Tuella A

Tukivoima:

$$F_{k.A} := F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot \frac{L_{\text{tolppa}} - b}{b} = 4.941 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{k.A} := F_h \cdot L_{\text{johde}} + F_{k.B} = -4.941 \cdot \text{kN}$$

Tuella B: Vinotuki

$$M_{k.B} := F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot (L_{\text{tolppa}} - b) = 4.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{k.B} := F_h \cdot L_{\text{johde}} \cdot \frac{L_{\text{tolppa}}}{-b} = -10.941 \cdot \text{kN}$$

$$V_{k.B} := F_{k.B} = -10.941 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{Ad} := \max(M_{k.B}) = 4.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := \max(|V_{k.A}|, |V_{k.B}|) = 10.941 \cdot \text{kN}$$

Vinotuelle:

Puristusvoima: tuen suuntaisesti

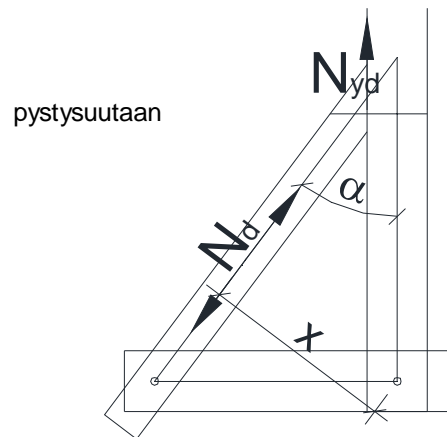
$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{a}{b}\right) = 38.246 \cdot \text{deg}$$

$$N_k := \frac{F_{k.B}}{\sin(\alpha)} = -17.674 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima:

$$Tuki_{A.Ad} := \max(F_{k.A}) = 4.941 \cdot \text{kN}$$

$$Tuki_{B.Ad} := \max(F_{k.B}) = -10.941 \cdot \text{kN}$$

**onnettomuusrajatilan voimasuureet:**

Puristusvoima:

$$N_{Ad} := 1 \cdot N_k = -17.674 \cdot \text{kN}$$

$$N_{y.Ad} := N_k \cdot \cos(\alpha) = -13.881 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:**Taivutusvastus:**

Kaidetolppa:

$$W_{tolppa} := \frac{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}^2}{6} = 5.4 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Kaidetolppa

Onnettomuusrajatila

$$\sigma_{m.y.Ad} := \frac{M_{Ad}}{W_{tolppa}} = 7.778 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.d} = 2.475 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.Ad} \leq f_{m.Ad} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} = 26.188 \cdot \%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Kaidetolppa

Onnettomuusrajatila

$$\tau_{v.Ad} := \frac{3 \cdot V_{Ad}}{2 \cdot (b_{tolppa} \cdot h_{tolppa})} = 911.765 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v.Ad} = 3.15 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v.Ad} \leq f_{v.Ad} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v.Ad}}{f_{v.Ad}} = 28.945 \cdot \%$$

puristusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.4

Vinotuki:

$$\sigma_{c.0.Ad} := \frac{N_{Ad}}{h_{tuki} \cdot b_{tuki}} = -981.905 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.0.Ad} \leq f_{c.0.Ad} \\ \text{"Puristusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{c.0.Ad}}{f_{c.0.Ad}} = -3.637 \cdot \%$$

Kansilankkujen kestävyys vinotuen voimille:

Poikkileikkausarvot:

Kansirakenne:

Kansilankku: $b_{\text{lankku}} := 50\text{mm}$

$h_{\text{lankku}} := 150\text{mm}$

Liitettäviä lankkuja

$kpl := 2$

$b_{\text{lankku}} := kpl \cdot b_{\text{lankku}}$

Lankkujen rasitukset:

onnettomuusrajatilan voima suureet:

$$M_{\text{Ad.k}} := \cos(\alpha) \cdot N_{\text{Ad}} \cdot a = -9.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{Ad.k}} := \cos(\alpha) \cdot N_{\text{Ad}} = -13.881 \cdot \text{kN}$$

$$N_{\text{Ad.k}} := \sin(\alpha) \cdot N_{\text{Ad}} = -10.941 \cdot \text{kN} \quad \text{Vetoa kansilankulle}$$

Kannen taivutusvastus:

$$W_{\text{kansi}} := \frac{b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}}^2}{6} = 3.75 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

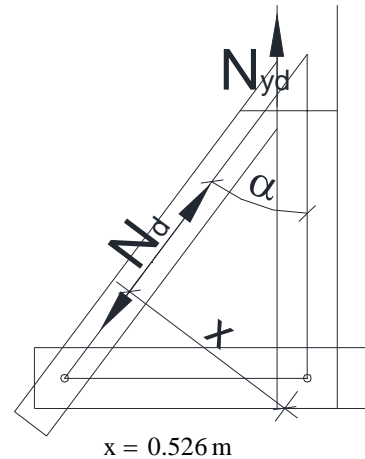
$$\sigma_{m.y.\text{Ad}} := \frac{M_{\text{Ad.k}}}{W_{\text{kansi}}} = -2.48 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.\text{Ad}} = 2.97 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.\text{Ad}} \leq f_{m.\text{Ad}} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.y.\text{Ad}}}{f_{m.\text{Ad}}} = -83.502\%$$

Leikkausjännitys:



$$\alpha = 38.246 \cdot \text{deg}$$

$$N_{y.\text{Ad}} = -13.881 \cdot \text{kN}$$

$$N_{\text{Ad}} = -17.674 \cdot \text{kN}$$

$$\tau_{v.Ad} := \frac{3 \cdot V_{Ad.k}}{2 \cdot (b_{lankku} \cdot h_{lankku})} = -1.388 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{v.Ad} = 3.15 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \tau_{v.Ad} \leq f_{v.Ad} \\ "Leikkautuu" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$käyttöaste := \frac{\tau_{v.Ad}}{f_{v.Ad}} = -44.065\%$$

Syiden suuntainen vetorasitus:

$$\sigma_{t.0.Ad} := \frac{N_{Ad.k}}{b_{lankku} \cdot h_{lankku}} = -729.412 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{t.0.Ad} = 1.62 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \sigma_{t.0.Ad} \leq f_{t.0.Ad} \\ "Vetojännitys ylittyy" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} = -4.503\%$$

$k_m := 0.7$ Suorakaidepoikkileikkauksille

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} \leq 1 \wedge \frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + k_m \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} \leq 1 \\ "Ei Kestä" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$\frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} = -0.88$$

$$\frac{\sigma_{t.0.Ad}}{f_{t.0.Ad}} + k_m \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} = -0.63$$

Tarvitaan vinotuen molemmille pudille 1kpl kansilankkuja

Vinotuen alapään kiinnitys

Kahden puuosan sekä puulevyn ja puuosan välinen liitos:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Kaksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 100 \text{ mm}$$

$$t_2 := 100 \text{ mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

$$t := 100 \text{ mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 100 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 20 \text{ mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_{k,C30} := 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Sahattu puutavara: C30}$$

$$\rho_{k,GL30h} := 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Homogeeninen liimapuu: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Naulapaksuuden ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

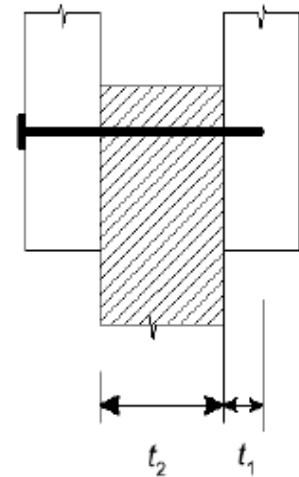
$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{k,C30} = 24.928 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{k,GL30h} = 28.208 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.65 \quad \text{havupuulle}$$

$$\alpha := 52\text{deg}$$



$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.76$$

$$k_{90} := 1.30 + 0.015 \cdot d = 1.6$$

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 28.208$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 5.069 \times 10^5 \quad \text{Nmm} \quad \text{Pultti}$$

Sauvojen reunapuristuslujuuksien suhde:

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1.588$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax.Rk} := 0 = 0 \quad \text{N}$$

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax.Rk}}{4} = 0$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

-nelikulmaiset naulat ja uranauulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax.Rk}$ ei tunneta, niin

köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(g) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(h) := 0.5 f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(j) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(k) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

$$F_{v.Rk} := \min(g, h, j, k) = 1.87 \times 10^4 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.0 \quad \text{onnettomuus}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.RAd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 1.683 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

Vinotuen tukivoima:

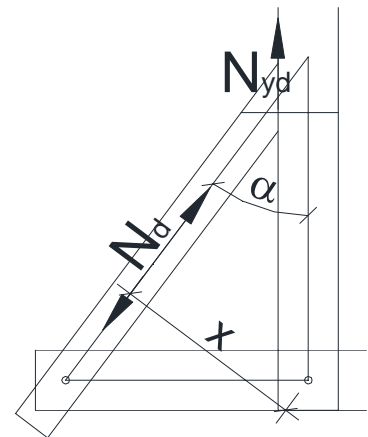
$$N_{Ad} := \frac{N_{Ad}}{N} = -1.767 \times 10^4 \text{ N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 20 \text{ mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_{Ad}}{2F_{v.RAd}} = -0.525 \quad \text{Tarvitaan 1 pulttia}$$



Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Vinotuki:

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 140 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 0 \text{deg}$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 60 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 60 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 0 \text{deg}$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 100 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 180 \text{deg}$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 20 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 80 \quad \text{mm}$$

Kansilankku:

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 140 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 38.66 \text{deg}$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 64.988 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 60 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 38.66 \text{deg}$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 95.617 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 218.66 \text{deg}$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 94.964 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 80 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Kansilankun kestävyys vinotuen voimille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

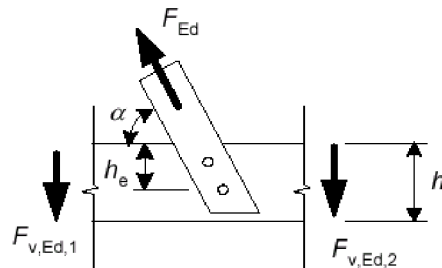
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 50$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyyks

$h := 150$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 70 = 80$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liitimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \frac{h_e}{\sqrt{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 9.165 \times 10^3 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 8.249 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

Kansilankun leikkausvoima:

$$F_{Ad} := \frac{N_{Ad}}{N} = -1.767 \times 10^4 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_{Ad}}{F_{90,Ad}} = -2.143$$

Kansilankkuja tarvitaan: 4 kpl

Vinotuen yläpään kiinnitys

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Yksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 80 \text{ mm}$$

$$t_2 := 180 \text{ mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

$$t := 80 \text{ mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 180 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 16 \text{ mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Homogeeninen liimapuuh: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

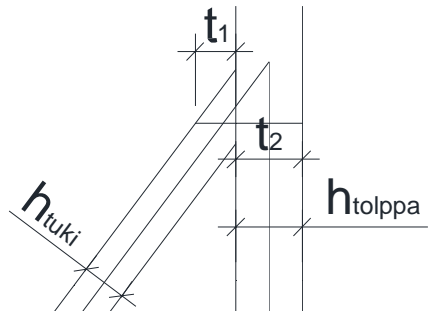
$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 29.618 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 29.618 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.59$$



$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 29.618$$

$$\alpha := 38 \text{deg}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 24.205$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 2.837 \times 10^5 \quad \text{Nmm} \quad \text{Pultti}$$

Sauvojen reunapuristuslujuuksien suhde:

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 0.817$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax.Rk} := 0 = 0 \quad \text{N}$$

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax.Rk}}{4} = 0$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

-nelikulmaiset naulat ja uranaulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax.Rk}$ ei tunneta, niin köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(a) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(c) := \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(d) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(e) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \beta \cdot (1 + 2 \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_2^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(f) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

$$F_{v.Rk} := \min(a, b, c, d, e, f) = 1.611 \times 10^4 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{v,RA d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 1.45 \times 10^4 \text{ N}$$

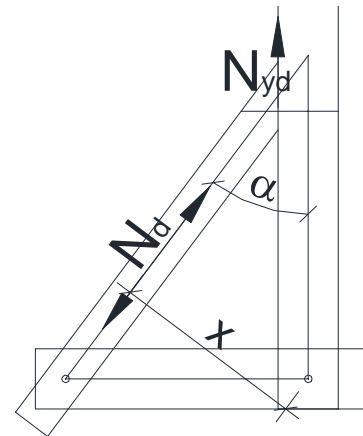
Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_{yAd} := \frac{N_{y,Ad}}{N} = -1.388 \times 10^4 \text{ N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 16 \text{ mm}$$



Kiinnitys:

$$\frac{N_{yAd}}{F_{v,RA d}} = -0.957 \quad \text{Tarvitaan 1 pultti}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 112 \text{ mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 48 \text{ mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 150 \text{ deg}$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

A.6.3.1.3 Yläjohteen mitoitus

Poikkileikkausarvot:

Johteet:	pystysuutaan	poikkisuuntaan
	$b_{\text{johde}} := 70\text{mm}$	$b_{\text{johdex}} := 70\text{mm}$
	$h_{\text{johde}} := 180\text{mm}$	$h_{\text{johdex}} := 180\text{mm}$
	$L_{\text{johde}} := 2000\text{mm}$	= Tolppaväli

Kuormat:

pystykuorma:

$$F_v := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Onnettomuuskuorma}$$

Vaakakuorma:

$$F_h := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Onnettomuuskuorma}$$

Johde:

Momentti: pystysuutaan

$$M_{ky} := \frac{F_v \cdot L_{\text{johde}}^2}{8} = 1.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{ky} := \frac{F_v \cdot L_{\text{johde}}}{2} = 3 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{\text{Ady}} := M_{ky} = 1.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{\text{Ady}} := V_{ky} = 3 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

Johde: pystysuutaan

poikkisuuntaan

$$M_{kx} := \frac{F_h \cdot L_{\text{johde}}^2}{8} = 1.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{kx} := \frac{F_h \cdot L_{\text{johde}}}{2} = 3 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{\text{Adx}} := M_{kx} = 1.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{\text{Adx}} := V_{kx} = 3 \cdot \text{kN}$$

poikkisuuntaan

$$W_{johdey} := \frac{b_{johde}^2 \cdot h_{johde}}{6} = 1.47 \times 10^{-4} \cdot m^3$$

$$W_{johdex} := \frac{b_{johdex} \cdot h_{johdex}^2}{6} = 3.78 \times 10^{-4} \cdot m^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Johde:

Onnettomuusrajatila

pystysuuntaan

$$\sigma_{m.y.Ady} := \frac{M_{Ady}}{W_{johdey}} = 1.02 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{m.d} = 2.475 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \sigma_{m.y.Ady} \leq f_{m.d} \\ "Taivutusjännitys ylittyy" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{m.y.Ady}}{f_{m.d}} = 34.357\%$$

poikkisuuntaan

$$\sigma_{m.y.Adx} := \frac{M_{Adx}}{W_{johdex}} = 3.968 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{m.Ad} = 2.97 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \sigma_{m.y.Adx} \leq f_{m.Ad} \\ "Taivutusjännitys ylittyy" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{m.y.Adx}}{f_{m.Ad}} = 13.361\%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Johde:

Onnettomuusrajatila

pystysuuntaan

$$\tau_{v.Ady} := \frac{3 \cdot V_{Ady}}{2 \cdot (b_{johde} \cdot h_{johde})} = 357.143 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{v.Ad} = 3.15 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \tau_{v.Ady} \leq f_{v.Ad} \\ "Leikkautuu" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$käyttöaste := \frac{\tau_{v.Ady}}{f_{v.Ad}} = 11.338\%$$

poikkisuuntaan

$$\tau_{v.Adx} := \frac{3 \cdot V_{Adx}}{2 \cdot (b_{johde} \cdot h_{johde})} = 357.143 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{v.Ad} = 3.15 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \tau_{v.Adx} \leq f_{v.Ad} \\ "Leikkautuu" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$käyttöaste := \frac{\tau_{v.Adx}}{f_{v.Ad}} = 11.338\%$$

Johteen kiinnitys/jatkos

Kiinnitys yläjohteeseen

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeinen tai kaksileikkeinen liitos, kun puuosa on reunassa: teräslevyliitos

Puuosan tai levyn paksuus

$$t_1 := 70 \quad \text{mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 4 \quad \text{mm}$$

$$d_{ef} := 0.6 \cdot d = 2.4 \quad \text{mm}$$

Liittimen pituus

$$L_n := 40 \quad \text{mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Homogeeninen liimapuu: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot \rho_k \cdot (d_{ef})^{-0.3} = 27.116 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ilman reikien esiporausta}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$\alpha := 0 \text{deg}$$

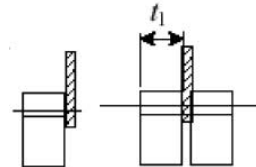
$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d_{ef} = 1.386$$

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 27.116$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d_{ef})^{2.6} = 2.045 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

Pyöreät liittimet

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$(a) := 0.4 f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$(b) := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$(c) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$(d) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k}^2 \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}}} - 1 \right)$$

$$(e) := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

teräslevyn paksuus

$$t := 2.5 \text{ mm}$$

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.0} := \min(a, b) = 593.352 \text{ N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_o := 0.5 \cdot d = 2 \text{ mm}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.1} := \min(c, d, e) = 839.126 \text{ N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on vähintään } t_{o.2} := d = 4 \text{ mm}$$

Interpoloidaan edellisten arvojen välillä

$$F_{v.Rk} := F_{v.Rk.0} + \frac{t - t_o}{t_{o.2} - t_o} \cdot (F_{v.Rk.1} - F_{v.Rk.0}) \quad F_{v.Rk} = 654.795 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 589.316 \quad N$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_{yd} := \frac{V_{Adx}}{N} = 3 \times 10^3 \quad N$$

Pultin paksuus:

$$d = 4 \quad mm$$

$$d_{ef} = 2.4 \quad mm$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_{yd}}{F_{v.Rd}} = 5.091 \quad \text{Tarvitaan 6 ruuvia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.2

$$\alpha := 90^\circ$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$(7 + 8 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu pääty:

$$(15 + 5 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 42 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$15 \cdot d \cdot 0.7 = 42 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\begin{cases} [(7 + 2 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{if } d < 5 \\ [(7 + 5 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{otherwise} \end{cases} = 25.2 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \quad \text{mm}$$

Naulan tunkeumasyvyys

$$t_{\text{penn}} := L_n - t = 37.5 \quad \text{mm} > 8 \cdot d = 32 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Johteen kestävyys liitosvoimille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

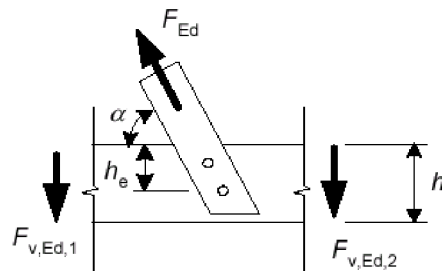
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 70$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasvyvyys

$h := 180$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 80 = 100$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \frac{h_e}{\sqrt{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 1.47 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 1.323 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$$F_{Ad} := \frac{V_{Adx}}{N} = 3 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_{Ad}}{F_{90,Ad}} = 0.227$$

Johteen kiinnitys kaidetolppaan

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

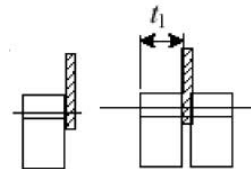
Yksileikkeinen tai kaksileikkeinen liitos, kun puuosa on reunassa: teräslevyliitos

Puuosan tai levyn paksuus

$$t_1 := 100 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 8 \text{ mm}$$



Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Homogeeninen liimapuu: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 32.439 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattuna}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.47$$

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 32.439$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 4.68 \times 10^4 \text{ Nmm} \quad \text{Pyöreät liittimet}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$(a) := 0.4 f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk} := \min(a, b) = 5.668 \times 10^3 \quad \text{N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_o := 0.5 \cdot d = 4 \quad \text{mm}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_{Mv} := 1.0 \quad \text{onnettomuus}$$

$$k_{modv} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 5.101 \times 10^3 \quad \text{N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_{yd} := \frac{V_{Adx}}{N} = 3 \times 10^3 \quad \text{N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 8 \quad \text{mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_{yd}}{F_{v.Rd}} = 0.588 \quad \text{Tarvitaan 1 ruuvia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3. Taulukko 8.4

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3.1.4. Kohdan mukaan vähimmäisarvot ovat taulukon 8.4 mukaiset kerrottuna luvulla 0.7.

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) \cdot 0.7 = 56 \text{ mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] \cdot 0.7 = 22.4 \text{ mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d \cdot 0.7 = 16.8 \text{ mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 0\text{deg}$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 28 \text{ mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 39.2 \text{ mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d \cdot 0.7 = 22.4 \text{ mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Kaidetolpan kestävyys liitosvoimille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

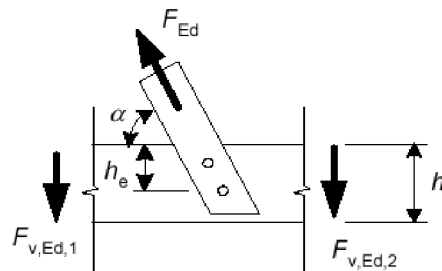
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 70$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyyss

$h := 180$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 65 = 115$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \frac{h_e}{\sqrt{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 1.749 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 1.574 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$$F_{Ad} := \frac{V_{Adx}}{N} = 3 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_{Ad}}{F_{90,Ad}} = 0.191$$

A.6.3.1.4 Kantavan säletolpan mitoitus

Poikkileikkausarvot:

Kaiderakenne:

Pystytolpat: $b_{\text{tolppa}} := 45\text{mm}$
 $h_{\text{tolppa}} := 95\text{mm}$
 $L_{\text{tolppa}} := 1.275\text{m}$
 $a_{\text{tolppa}} := 0.4\text{m}$
 $L_{\text{johde}} := 150\text{mm} = \text{Tolppaväli}$

Tuki tuella A:

$h_{\text{tuki}} := 150\text{mm}$
 $b_{\text{tuki}} := 45\text{mm}$

Kuormat:

pystykuorma:

$F_v := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Onnettomuuskuorma

Vaakakuorma:

$F_h := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ Onnettomuuskuorma

Kaidetolpalle:

Voimasuureet: Viivakuormasta

Tuella A

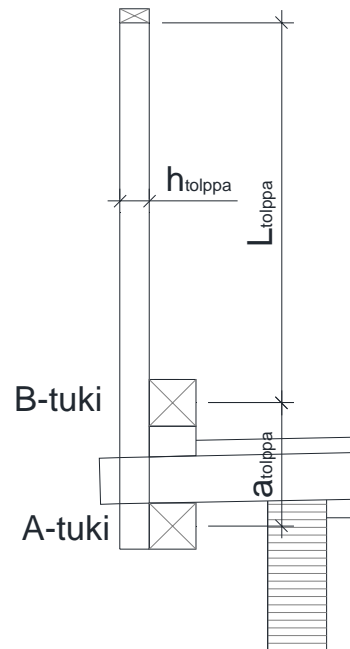
Momentti:

Tukivoima:

$$F_{k,A} := \frac{(L_{\text{tolppa}})}{a_{\text{tolppa}}} \cdot F_h \cdot L_{\text{johde}} = 1.434 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{k,A} := F_h \cdot L_{\text{johde}} + F_{k,B} = -1.434 \cdot \text{kN}$$



tuella B

$$M_{k,B} := F_h \cdot L_{\text{tolppa}} \cdot L_{\text{johde}} = 0.574 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{k,B} := \frac{(L_{\text{tolppa}} + a_{\text{tolppa}})}{-a_{\text{tolppa}}} \cdot F_h \cdot L_{\text{johde}} = -1.884 \cdot \text{kN}$$

$$V_{k,B} := F_{k,B} = -1.884 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{Ad} := \max(M_{k.B}) = 0.574 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := \max(|V_{k.A}|, |V_{k.B}|) = 1.884 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:**Taivutusvastus:**

$$W_{tolppa} := \frac{b_{tolppa} \cdot h_{tolppa}^2}{6} = 6.769 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Kaidetolppa

$$\sigma_{m.y.Ad} := \frac{M_{Ad}}{W_{tolppa}} = 8.476 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.Ad} = 2.7 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.Ad} \leq f_{m.Ad} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.Ad}} = 31.394\%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Kaidetolppa

$$\tau_{v.Ad} := \frac{3 \cdot V_{Ad}}{2 \cdot (b_{tolppa} \cdot h_{tolppa})} = 661.184 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v.Ad} = 3.6 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v.Ad} \leq f_{v.Ad} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

Tukivoima:

$$Tuki_{A.Ad} := \max(F_{k.A}) = 1.434 \cdot \text{kN}$$

$$Tuki_{B.Ad} := \max(F_{k.B}) = -1.884 \cdot \text{kN}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v.Ad}}{f_{v.Ad}} = 18.366\%$$

Syytävastaan kohtisuorapuristus: Pystytolpan A-tuen puristava voima vaakaparrulle

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.5

tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$a := 0\text{mm} \quad l_- := h_{\text{tuki}} \quad l_1 := a_{\text{tolppa}} - \frac{h_{\text{tuki}}}{2}$$

$$l_k := \min(30\text{mm}, a, l_-, l_1) = 0\text{mm}$$

$$l_{\text{ef}} := h_{\text{tuki}} + 2 \cdot l_k = 150\text{mm}$$

$$b_{\text{ef}} := \min(b_{\text{tuki}}, b_{\text{tuki}} + 2 \cdot l_k) = 45\text{mm}$$

tukipainekerroin:

$$k_{c.90} := 2.5 \quad \begin{array}{l} 2.5 \text{ havupuu sahatavaralla} \\ 1.7 \text{ havupuu liimapuulla} \end{array}$$

$$F_d := Tuki_{A.Ad} = 1.434\text{kN} \quad \text{tuelle A}$$

$$\sigma_{c.90.Ad} := \frac{F_d}{l_{\text{ef}} \cdot b_{\text{ef}}} = 212.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} = 6.075 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.90.Ad} \leq k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{c.90.Ad}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.d}} = 3.498\%$$

A.6.3.1.5 Kaidetolpan mitoitus siipimuurilla

Poikkileikkausarvot:

Pystytolpat: $b_{\text{tolppa}} := 100\text{mm}$
 $h_{\text{tolppa}} := 180\text{mm}$
 $L_{\text{johde}} := 2000\text{mm} = \text{Tolppaväli}$

Pulttiryhmän painopisteelle:

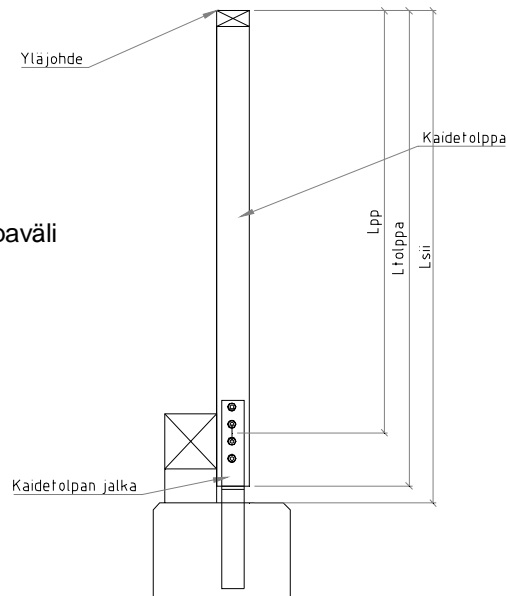
$$L_{\text{pp}} := 1.25\text{m}$$

Tolpan alareunaan:

$$L_{\text{tolppa}} := 1.42\text{m}$$

Siipimuurin yläpintaan:

$$L_{\text{sii}} := 1.47\text{m}$$



Kuormat:

pystykuorma:

$$F_v := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Onnettomuuskuorma}$$

Vaakakuorma:

$$F_h := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Onnettomuuskuorma}$$

Kaidetolpalle:

Voimasuureet: Viivakuormasta

Tuella

Momentti:

$$M_k := F_h \cdot L_{\text{tolppa}} \cdot L_{\text{johde}} = 8.52 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Tukivoima:

$$F_k := F_h \cdot L_{\text{johde}} = 6 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_k := F_h \cdot L_{\text{johde}} = 6 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

Momentti:

Tukivoima:

$$M_{Ad} := \max(M_k) = 8.52 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$Tuki_{Ad} := \max(F_k) = 6 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := \max(V_k) = 6 \cdot \text{kN}$$

Pulttiryhmän painopisteelle:

Voimasuureet: Viivakuormasta

Tuella

Momentti:

$$M_{k,p} := F_h \cdot L_{pp} \cdot L_{johde} = 7.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Tukivoima:

$$F_{k,p} := F_h \cdot L_{pp} = 3.75 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{k,p} := F_h \cdot L_{pp} = 3.75 \cdot \text{kN}$$

Normaalivoima:

$$N_{k,p} := F_v \cdot L_{pp} = 3.75 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{Ad,p} := \max(M_{k,p}) = 7.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Tukivoima:

$$Tuki_{Ad,p} := \max(F_{k,p}) = 3.75 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad,p} := \max(V_{k,p}) = 3.75 \cdot \text{kN}$$

Normaalivoima:

$$N_{Ad,p} := \max(N_{k,p}) = 3.75 \cdot \text{kN}$$

Siipimuurin yläpintaan:

Voimasuureet: Viivakuormasta

Tuella

Momentti:

$$M_{k,t} := F_h \cdot L_{sii} \cdot L_{johde} = 8.82 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Tukivoima:

$$F_{k,t} := F_h \cdot L_{sii} = 4.41 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{k.t} := F_h \cdot L_{sii} = 4.41 \cdot \text{kN}$$

Normaalivoima:

$$N_{k.t} := F_v \cdot L_{sii} = 4.41 \cdot \text{kN}$$

onnettomuusrajan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{Ad.t} := \max(M_{k.t}) = 8.82 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad.t} := \max(V_{k.t}) = 4.41 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima:

$$Tuki_{Ad.t} := \max(F_{k.t}) = 4.41 \cdot \text{kN}$$

Normaalivoima:

$$N_{Ad.t} := \max(N_{k.t}) = 4.41 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

$$W_{\text{tolppa}} := \frac{b_{\text{tolppa}} \cdot h_{\text{tolppa}}^2}{6} = 5.4 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Kaidetolppa

$$\sigma_{\text{m.y.Ad}} := \frac{M_{\text{Ad}}}{W_{\text{tolppa}}} = 1.578 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.Ad}} = 2.7 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.Ad}} \leq f_{\text{m.Ad}} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{f_{\text{m.Ad}}} = 58.436\%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Kaidetolppa

$$\tau_{\text{v.Ad}} := \frac{3 \cdot V_{\text{Ad}}}{2 \cdot (b_{\text{tolppa}} \cdot h_{\text{tolppa}})} = 500 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{v.Ad}} = 3.6 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{\text{v.Ad}} \leq f_{\text{v.Ad}} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{\text{v.Ad}}}{f_{\text{v.Ad}}} = 13.889\%$$

Kaidetolpan kiinnitys siipimuuriin:

Poikkileikkausarvot:

Pystytolpat: $b_{tolppa} = 0.1 \text{ m}$
 $h_{tolppa} = 0.18 \text{ m}$

Voimasuureet:

murtorajatilan voimasuureet:

Rasitukset pulttiryhmälle:

pultteja/ryhmä

ryhmien etäisyys siipimuurin yläreunasta:

$$y_{r1} := 280 \text{ mm}$$

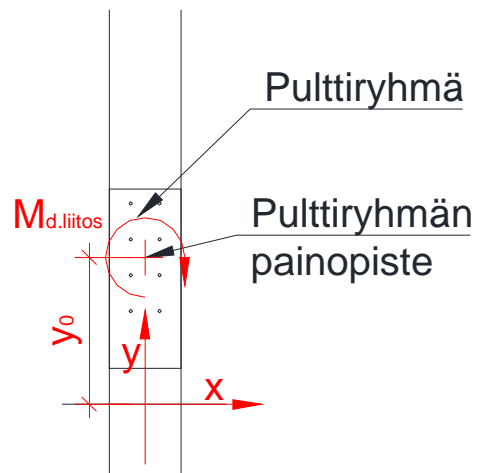
$$n_{r1} := 4$$

$$y_{r2} := 160 \text{ mm}$$

$$n_{r2} := 4$$

Pulttiryhmän kiertokeskiö siipimuurin yläreunasta:

$$y_0 := \frac{n_{r1} \cdot y_{r1} + n_{r2} \cdot y_{r2}}{n_{r1} + n_{r2}} = 0.22 \text{ m}$$



Voimasuureet kiertokeskiön suhteen:

Momentti:

$$M_{Ad,p} = 7.5 \times 10^3 \text{ J}$$

Puristava voima:

$$N_{Ad,p} = 3.75 \times 10^3 \text{ N}$$

Leikkausvoima:

$$V_{Ad,p} = 3.75 \times 10^3 \text{ N}$$

Pultit mitoittava voimasuure:

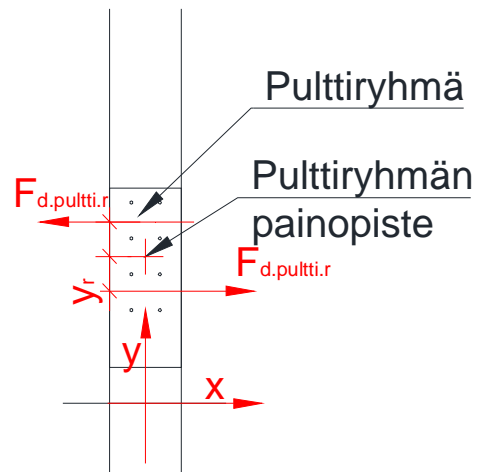
Leikkausvoima:

Ylimmän ja alimman pulttiryhmän leikkaisvoima:

Etäisyys kiertokeskiöstä:

$$y_r := 60\text{mm}$$

$$V_{\text{Ad.pultti.r}} := \frac{\frac{M_{\text{Ad.p}}}{y_r}}{2} = 62.5 \cdot \text{kN}$$



Teräksen ja puuosan välinen liitos siipimuurilla:

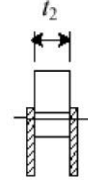
SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Kaksileikkeisessä liitoksessa, kun puuosa on keskellä:

$$t_2 := 100 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 12 \text{ mm}$$



Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Homogeeninen liimapu: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 31.029 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.53$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 31.029$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 1.343 \times 10^5 \text{ Nmm} \quad \text{Pyöreät liittimet}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Käytettäessä ohuita teräslevyjä kaksileikkeisen liitoksen sivukappaleina:

$$(j) := 0.5 f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(k) := 1.15 \cdot \sqrt{2 M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d}$$

Käytettäessä paksuja teräslevyjä kaksileikkeisen liitoksen sivukappaleina:

$$(l) := 0.5 f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(m) := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

Käytettäessä ohuita teräslevyjä kaksileikkeisen liitoksen sivukappaleina:

$$F_{v.Rk.1} := \min(j, k) = 1.15 \times 10^4 \quad \text{N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_o := 0.5 \cdot d = 6 \quad \text{mm}$$

Käytettäessä paksuja teräslevyjä kaksileikkeisen liitoksen sivukappaleina:

$$F_{v.Rk.2} := \min(l, m) = 1.626 \times 10^4 \quad \text{N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on vähintään: } t_p := d = 12 \quad \text{mm}$$

Väliarvo interpoloidaan:

teräslevyn paksuus: $t := 10 \quad \text{mm}$

$$F_{v.Rk} := \left(\frac{F_{v.Rk.2} - F_{v.Rk.1}}{t_p - t_o} \right) \cdot (t - t_o) + F_{v.Rk.1} = 1.468 \times 10^4 \quad \text{N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.0 \quad \text{onnettomuus}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 1.321 \times 10^4 \quad \text{N}$$

Kuormitus:

Leikkausvoima:

$$V_{Ad} := \frac{V_{Ad, \text{pultti.r}}}{N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 12 \quad \text{mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{V_{Ad}}{F_{v.Rd} \cdot 2} = 2.366 \quad \text{Tarvitaan yhteensä 6 pulttia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 84 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 48 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 36 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 0\text{deg}$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 60 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 180\text{deg}$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 12 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 48 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

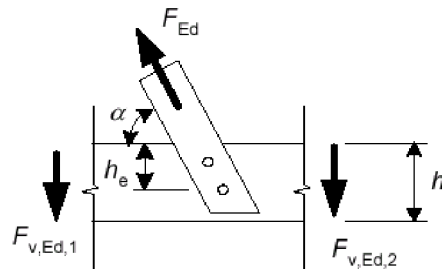
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 100$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyyks

$h := 180$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 50 = 130$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 3.029 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.0$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 2.726 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

Törmäyspalkin leikkausvoima:

$$F_d := \frac{V_{Ad,p}}{N}$$

Kestävyys:

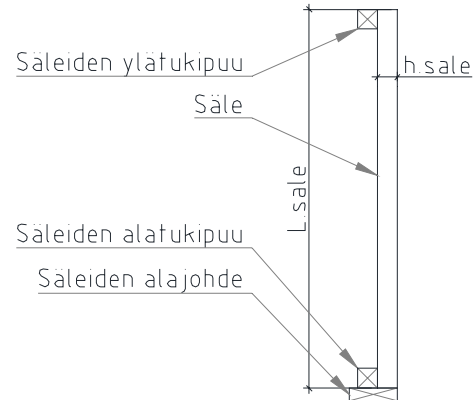
$$\frac{F_d}{F_{90,d}} = 0.138$$

A.6.3.1.6 Säle-elementin mitoitus

Säleen mitoitus

Poikkileikkausarvot:

saleet: $b_{\text{sale}} := 45\text{mm}$
 $h_{\text{sale}} := 70\text{mm}$
 $L_{\text{sale}} := 1.385\text{m}$



Säletolpalle:

Voimasuureet: Pistekuormasta. hyötykuorma

Vaakakuorma:

$$F_h := 0.75\text{kN}$$

Voimasuureet:

Momentti: Pistekuorma säleen jänteen keskellä

Momentti:

$$M_k := \frac{F_h \cdot L_{\text{sale}}}{4} = 0.26 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_k := F_h = 0.75 \cdot \text{kN}$$

murtorajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_d := \max(M_k \cdot 1.5) = 0.39 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_d := \max(V_k \cdot 1.5) = 1.125 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima: Pistekuorma lähellä mitoitettavaa tukea

$$Tuki_k := F_h = 0.75 \cdot \text{kN}$$

Tukivoima:

$$Tuki_{Ad} := \max(Tuki_k \cdot 1.5) = 1.125 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

Kaidetolppa:

$$W_{\text{sale}} := \frac{b_{\text{sale}} \cdot h_{\text{sale}}^2}{6} = 3.675 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Saletolppa

$$\sigma_{\text{m.y.d}} := \frac{M_{\text{d}}}{W_{\text{sale}}} = 1.06 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.d}} = 1.929 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.d}} \leq f_{\text{m.d}} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.d}}}{f_{\text{m.d}}} = 54.96 \cdot \%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Saletolppa

$$\tau_{\text{v.d}} := \frac{3 \cdot V_{\text{d}}}{2 \cdot (b_{\text{sale}} \cdot h_{\text{sale}})} = 535.714 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{v.d}} = 2.571 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{\text{v.d}} \leq f_{\text{v.d}} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{\text{v.d}}}{f_{\text{v.d}}} = 20.833 \cdot \%$$

säleen ala- ja ylätuen mitoitus:

Poikkileikkausarvot:

Johteet: pystysuutaan

$$b_{\text{johde}} := 70\text{mm}$$
$$h_{\text{johde}} := 70\text{mm}$$
$$L_{\text{johde}} := 1550\text{mm}$$

poikkisuuntaan

$$b_{\text{johdex}} := 70\text{mm}$$
$$h_{\text{johdex}} := 70\text{mm}$$

Kuormat:

pystykuorma:

$F_v := 1.5\text{kN}$ ominaiskuorma

Vaakakuorma:

$F_h := 1.5\text{kN}$ ominaiskuorma

Johde: pystysuutaan

poikkisuuntaan

Momentti: pistekuorma keskellä jännettä

$$M_{ky} := \frac{F_v \cdot L_{\text{johde}}}{4} = 0.581 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{kx} := \frac{F_h \cdot L_{\text{johde}}}{4} = 0.581 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima: Pistekuorma tuen lähellä

Leikkausvoima:

$$V_{ky} := F_v = 1.5 \cdot \text{kN}$$

$$V_{kx} := F_h = 1.5 \cdot \text{kN}$$

murtorajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{dy} := 1.5M_{ky} = 0.872 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{dy} := 1.5V_{ky} = 2.25 \cdot \text{kN}$$

murtorajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{dx} := 1.5M_{kx} = 0.872 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{dx} := 1.5V_{kx} = 2.25 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

Johde: pystysuutaan

poikkisuuntaan

$$W_{\text{johdey}} := \frac{b_{\text{johde}}^2 \cdot h_{\text{johde}}}{6} = 5.717 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

$$W_{\text{johdex}} := \frac{b_{\text{johdex}} \cdot h_{\text{johdex}}^2}{6} = 5.717 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Johde:

murtorajatila

pystysuuntaan

$$\sigma_{\text{m.y.dy}} := \frac{M_{\text{dy}}}{W_{\text{johdey}}} = 1.525 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.d}} = 1.929 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.dy}} \leq f_{\text{m.d}} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.dy}}}{f_{\text{m.d}}} = 79.082\%$$

poikkisuuntaan

$$\sigma_{\text{m.y.dx}} := \frac{M_{\text{dx}}}{W_{\text{johdex}}} = 1.525 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.d}} = 1.929 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.dx}} \leq f_{\text{m.d}} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.dx}}}{f_{\text{m.d}}} = 79.082\%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Johde:

murtorajatila

pystysuuntaan

$$\tau_{\text{v.dy}} := \frac{3 \cdot V_{\text{dy}}}{2 \cdot (b_{\text{johde}} \cdot h_{\text{johde}})} = 688.776 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{v.d}} = 2.571 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{\text{v.dy}} \leq f_{\text{v.d}} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{\text{v.dy}}}{f_{\text{v.d}}} = 19.133\%$$

poikkisuuntaan

$$\tau_{\text{v.dx}} := \frac{3 \cdot V_{\text{dx}}}{2 \cdot (b_{\text{johde}} \cdot h_{\text{johde}})} = 688.776 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{v.d}} = 2.571 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{\text{v.dx}} \leq f_{\text{v.d}} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{\text{v.dx}}}{f_{\text{v.d}}} = 19.133\%$$

säleen alajohteen mitoitus:

Poikkileikkausarvot:

Johteet:	pystysuutaan	poikkisuuntaan
	$b_{\text{johde}} := 45\text{mm}$	$b_{\text{johdex}} := 45\text{mm}$
	$h_{\text{johde}} := 170\text{mm}$	$h_{\text{johdex}} := 170\text{mm}$
	$L_{\text{johde}} := 1780\text{mm}$	kiinnikkeiden väli

Kuormat:

pystykuorma:

$$F_v := 1.5\text{kN} \quad \text{ominaiskuorma}$$

Vaakakuorma:

$$F_h := 1.5\text{kN} \quad \text{ominaiskuorma}$$

Johde: pystysuutaan

poikkisuuntaan

Momentti: pistekuorma keskellä jännettä

$$M_{ky} := \frac{F_v \cdot L_{\text{johde}}}{4} = 0.667 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{kx} := \frac{F_h \cdot L_{\text{johde}}}{4} = 0.667 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima: Pistekuorma tuen lähellä

Leikkausvoima:

$$V_{ky} := F_v = 1.5 \cdot \text{kN}$$

$$V_{kx} := F_h = 1.5 \cdot \text{kN}$$

murtorajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{dy} := 1.5M_{ky} = 1.001 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{dy} := 1.5V_{ky} = 2.25 \cdot \text{kN}$$

murtorajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{dx} := 1.5M_{kx} = 1.001 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{dx} := 1.5V_{kx} = 2.25 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

Johde: pystysuutaan

poikkisuuntaan

$$W_{\text{johdey}} := \frac{b_{\text{johde}}^2 \cdot h_{\text{johde}}}{6} = 5.737 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

$$W_{\text{johdex}} := \frac{b_{\text{johdex}} \cdot h_{\text{johdex}}^2}{6} = 2.168 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjäännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

Johde:

murtorajatila

pystysuuntaan

$$\sigma_{\text{m.y.dy}} := \frac{M_{\text{dy}}}{W_{\text{johdey}}} = 1.745 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.d}} = 1.929 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.dy}} \leq f_{\text{m.d}} \\ \text{"Taivutusjäännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.dy}}}{f_{\text{m.Ad}}} = 64.633\%$$

poikkisuuntaan

$$\sigma_{\text{m.y.dx}} := \frac{M_{\text{dx}}}{W_{\text{johdex}}} = 4.619 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.d}} = 1.929 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.dx}} \leq f_{\text{m.d}} \\ \text{"Taivutusjäännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.dx}}}{f_{\text{m.d}}} = 23.952\%$$

Leikkausjäännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Johde:

pystysuuntaan

murtorajatila

$$\tau_{\text{v.dy}} := \frac{3 \cdot V_{\text{dy}}}{2 \cdot (b_{\text{johde}} \cdot h_{\text{johde}})} = 441.176 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{v.d}} = 2.571 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{\text{v.dy}} \leq f_{\text{v.d}} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{\text{v.dy}}}{f_{\text{v.Ad}}} = 12.255\%$$

poikkisuuntaan

$$\tau_{\text{v.dx}} := \frac{3 \cdot V_{\text{dx}}}{2 \cdot (b_{\text{johde}} \cdot h_{\text{johde}})} = 441.176 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{v.d}} = 2.571 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{\text{v.dx}} \leq f_{\text{v.d}} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{\text{v.dx}}}{f_{\text{v.Ad}}} = 12.255\%$$

Sale-elementin alajohteen kiinnitys kaidetolppaan

Kiinnitys alajohteeseen

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeinen tai kaksileikkeinen liitos, kun puuosa on reunassa: teräslevyliitos

Puuosan tai levyn paksuus

$$t_1 := 45 \quad \text{mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 4 \quad \text{mm}$$

$$d_{ef} := 0.6 \cdot d = 2.4 \quad \text{mm}$$

Liittimen pituus

$$L_n := 40 \quad \text{mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Sahatavara: C30}$$

Naulojen reikä aina esiporataan, jos $d > 6\text{mm}$ $d = 4 \quad \text{mm}$ \Rightarrow esiporausta ei vaadita

puuosan paksuus on pienempi kuin
(EN1995-1-1 kaava 8.18)

$$\max \left[7 \cdot d, (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{400} \right] \cdot \text{mm} = 28 \cdot \text{mm}$$

$$< \quad t_1 = 45 \quad \text{mm}$$

\Rightarrow esiporausta ei vaadita

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

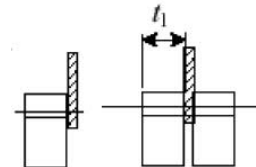
SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot \rho_k \cdot (d_{ef})^{-0.3} = 23.963 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ei esiporausta}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$\alpha := 0\text{deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d_{ef} = 1.386 \quad \text{havupuulle}$$



$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 23.963$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d_{ef})^{2.6} = 2.045 \times 10^3 \text{ Nmm} \quad \text{Pyöreät liittimet}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$(a) := 0.4 f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$(b) := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$(c) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$(d) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef} \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}}} - 1 \right)$$

$$(e) := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

teräslevyn paksuus

$$t := 2.5 \text{ mm}$$

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.0} := \min(a, b) = 557.789 \text{ N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_o := 0.5 \cdot d = 2 \text{ mm}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.1} := \min(c, d, e) = 788.832 \text{ N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on vähintään } t_{o.2} := d = 4 \text{ mm}$$

Interpoloidaan edellisten arvojen välillä

$$F_{v.Rk} := F_{v.Rk.0} + \frac{t - t_o}{t_{o.2} - t_o} \cdot (F_{v.Rk.1} - F_{v.Rk.0}) \quad F_{v.Rk} = 615.55 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1
SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 395.711 \quad \text{N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_{yd} := \frac{V_{dy}}{N} = 2.25 \times 10^3 \text{ N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 4 \quad \text{mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_{yd}}{F_{v,Rd}} = 5.686 \quad \text{Tarvitaan 6 ruuvia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3. Taulukko 8.2

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3.1.4. Kohdan mukaan vähimmäisarvot ovat taulukon 8.2 mukaiset kerrottuna luvulla 0.7.

$$\alpha := 90\text{deg}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$(7 + 8 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \text{ mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \text{ mm}$$

Kuormitettu pääty:

$$(15 + 5 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 42 \text{ mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$15 \cdot d \cdot 0.7 = 42 \text{ mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\begin{cases} [(7 + 2 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d] \cdot 0.7 & \text{if } d < 5 \\ [(7 + 5 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d] \cdot 0.7 & \text{otherwise} \end{cases} = 25.2 \text{ mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \text{ mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

liitosvoimat sale-elementin alajohteeseen

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

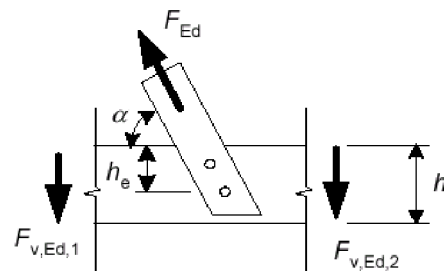
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 45$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyyvyys

$h := 170$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 60 = 110$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 1.112 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.4$ sahatavara

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 7.15 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$$F_{Ad} := \frac{V_{dx}}{N} = 2.25 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_{Ad}}{F_{90,Ad}} = 0.315$$

Kiinnitys kaidetolppaan

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeinen tai kaksileikkeinen liitos, kun puuosa on reunassa: teräslevyliitos

Puuosan tai levyn paksuus

$$t_1 := 100 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 4 \text{ mm}$$

$$d_{ef} := 0.6 \cdot d = 2.4 \text{ mm}$$

Liittimen pituus

$$L_n := 40 \text{ mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Homogeeninen liimapu: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot \rho_k \cdot (d_{ef})^{-0.3} = 27.116 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ ilman reikien esiporausta}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$\alpha := 0 \text{ deg}$$

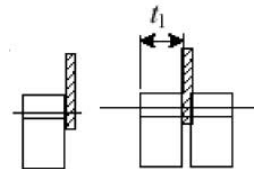
$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d_{ef} = 1.386$$

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 27.116$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$$M_{y,Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d_{ef})^{2.6} = 2.045 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

Pyöreät liittimet

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$(a) := 0.4 f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$(b) := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_{ef}}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v,Rk} := \min(a, b) = 593.352 \text{ N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_o := 0.5 \cdot d = 2 \text{ mm}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_{Mv} := 1.2 \quad \text{liimapuu}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 445.014 \text{ N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_{yd} := \frac{V_{dy}}{N} = 2.25 \times 10^3 \text{ N}$$

Pultin paksuus:

$$d = 4 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = 2.4 \text{ mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_{yd}}{F_{v,Rd}} = 5.056 \quad \text{Tarvitaan 6 ruuvia}$$

Reuna- ja päätetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.2

$$\alpha := 90\text{deg}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$(7 + 8 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu pääty:

$$(15 + 5 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 42 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$15 \cdot d \cdot 0.7 = 42 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\begin{cases} [(7 + 2 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{if } d < 5 \\ [(7 + 5 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{otherwise} \end{cases} = 25.2 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 19.6 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Liitosvoimat kaidetolppaan

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

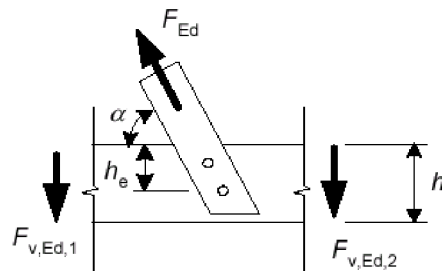
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 100$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasvyvyys

$h := 180$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 65 = 115$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \frac{h_e}{\sqrt{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 2.498 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.2$ liimapuu

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 1.874 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$$F_{Ad} := \frac{V_{dx}}{N} = 2.25 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_{Ad}}{F_{90,Ad}} = 0.12$$

Sale-elementin ylätukipuun kiinnitys johteeseen

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Yksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 70 \quad \text{mm}$$

$$t_2 := 50 \quad \text{mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

$$t := 70 \quad \text{mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 50 \quad \text{mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 8 \quad \text{mm}$$

$$d_{\text{ef}} := 0.6 \cdot d = 4.8 \quad \text{mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_{k,C30} := 380 \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Sahattu puutavara: C30}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h,1,k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d_{\text{ef}}) \cdot \rho_{k,C30} = 29.664 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

$$f_{h,2,k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d_{\text{ef}}) \cdot \rho_{k,C30} = 29.664 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d_{\text{ef}} = 1.422 \quad \text{havupuulle}$$

$$\alpha := 90\text{deg}$$



$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 20.861$$

$$\alpha := 90 \text{deg}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 20.861$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d_{ef})^{2.6} = 1.24 \times 10^4 \text{ Nmm} \quad \text{Pultti}$$

Sauvojen reunapuristuslujuuksien suhde:

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax.Rk} := 0 = 0 \text{ N}$$

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax.Rk}}{4} = 0$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

-nelikulmaiset naulat ja uranaulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax.Rk}$ ei tunneta, niin

köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(a) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$(b) := f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}$$

$$(c) := \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(d) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(e) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \beta \cdot (1 + 2 \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_2^2 \cdot d_{ef}}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(f) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

$$F_{v.Rk} := \min(a, b, c, d, e, f) = 1.812 \times 10^3 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 1.165 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_d := 1.5 \cdot 1.5 \cdot 1000 = 2.25 \times 10^3 \quad \text{N} \quad \text{pistekuorma 1.5kN liittimen kohdalla}$$

Pultin paksuus:

$$d = 8 \quad \text{mm}$$

$$d_{ef} = 4.8 \quad \text{mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_d}{F_{v,Rd}} = 1.931 \quad \text{Tarvitaan 4 ruuvia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 80 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 32 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 24 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 0\text{deg}$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 40 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 56 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 32 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Sale-elementin kiinnitysvoimat yläjohteelle

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

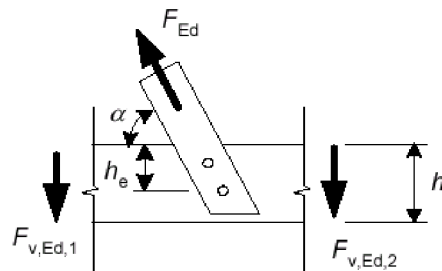
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 70$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasvyvyys

$h := 70$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 24 = 46$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liitimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \frac{h_e}{\sqrt{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 1.135 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.4$ Sahatavara

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 7.297 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$$V_d := N_d = 2.25 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{V_d}{F_{90,d}} = 0.308$$

Sale-elementin alatukipuun kiinnitys johteeseen

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Yksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 45 \quad \text{mm}$$

$$t_2 := 55 \quad \text{mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

$$t := 45 \quad \text{mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 55 \quad \text{mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 6 \quad \text{mm}$$

$$d_{\text{ef}} := 0.6 \cdot d = 3.6 \quad \text{mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_{k,C30} := 380 \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Sahattu puutavara: C30}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot \rho_{k,C30} \cdot (d_{\text{ef}})^{-0.3} = 21.218 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ei esiporausta}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot \rho_{k,C30} \cdot (d_{\text{ef}})^{-0.3} = 21.218 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ei esiporausta}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d_{\text{ef}} = 1.404 \quad \text{havupuulle}$$

$$\alpha := 90\text{deg}$$



$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 15.113$$

$$\alpha := 90 \text{deg}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 15.113$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d_{ef})^{2.6} = 5.87 \times 10^3 \text{ Nmm} \quad \text{Pultti}$$

Sauvojen reunapuristuslujuuksien suhde:

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax.Rk} := 0 = 0 \text{ N}$$

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax.Rk}}{4} = 0$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

-nelikulmaiset naulat ja uranaulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax.Rk}$ ei tunneta, niin

köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(a) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$(b) := f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}$$

$$(c) := \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(d) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d_{ef}}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(e) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \beta \cdot (1 + 2 \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_2^2 \cdot d_{ef}}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(f) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

$$F_{v.Rk} := \min(a, b, c, d, e, f) = 919.045 \quad N$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 590.815 \quad N$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_d := 1.5 \cdot 1.5 \cdot 1000 = 2.25 \times 10^3 \quad \text{N} \quad \text{pistekuorma 1.5kN liittimen kohdalla}$$

Ruuvin paksuus:

$$d = 6 \quad \text{mm}$$

$$d_{ef} = 3.6 \quad \text{mm}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_d}{F_{v,Rd}} = 3.808 \quad \text{Tarvitaan 8 ruuvia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 80 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 24 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 18 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 0\text{deg}$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 30 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 42 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 24 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Sale-elementin kiinnitysvoimat yläjohteelle

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

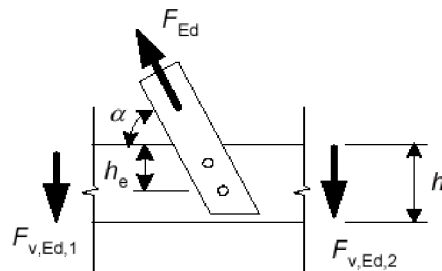
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 70$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasvyvyys

$h := 70$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 24 = 46$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liitimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \frac{h_e}{\sqrt{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 1.135 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.4$ Sahatavara

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 7.297 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$$V_d := N_d = 2.25 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{V_d}{F_{90,d}} = 0.308$$

A.6.3.1.7 Verkkoelementin kiinnitys kaidetolppaan

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

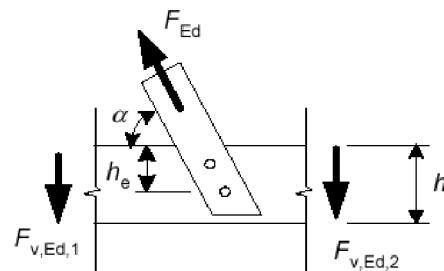
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 100$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyyvyys

$h := 180$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 30 = 150$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimpaan liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 4.2 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.2$ liimapuu

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 3.15 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

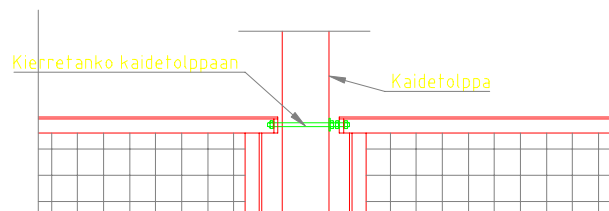
leikkausvoima:

$$F_d := \frac{F_{H,verkko}}{N} = 8.033 \times 10^3 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_d}{F_{90,d}} = 0.255$$

Tolppa kestää säle-elementin tukivoimat repeämättä, joten kiinnitys on ok.



Teräsverkkoelementin korvakkeen hitsaus kaidetolpan jalkaan

Pienahitsin kestävyys, kun käytetään yksinkertaistettua menetelmää:

Hitsin a-mitta:

$$a := 3\text{mm}$$

Heikoimman liitettävän osan nimellinen murtolujuus f_u :

$$f_u = 520 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Kulmateräs}$$

Lujuuskerroin β_w SFS-EN 1993-1-4 kohta 6.3:

$$\beta_w := 1$$

Pienahitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo:

$$f_{vw,d} := \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 2.402 \times 10^5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Hitsin kestävyden mitoitusarvo:

$$F_{w,Rd} := f_{vw,d} \cdot a = 720.533 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Leikkausvoima: Fem-tuloksista

$$F_d := V_{dx} = 2.99 \cdot \text{kN}$$

$$L_w := \frac{F_d}{F_{w,Rd}} = 4.15 \cdot \text{mm}$$

Hitsin pituus l_{eff} :

$$l_{\text{eff, vähintään}} := \max(6 \cdot a, 30\text{mm}) = 30 \cdot \text{mm}$$

$$l_{\text{eff}} := 45\text{mm}$$

Hitsaus: a3 45

Kestävyys:

$$F_{w.Rd} := f_{vw.d} \cdot 2a \cdot l_{eff} = 64.848 \cdot \text{kN}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } F_d \leq F_{w.Rd} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{F_d}{F_{w.Rd}} = 4.611 \cdot \%$$

A.6.3.2 Kaidetolpan jalan mitoitus

Poikkileikkausarvot:

Teräslevy: $b_{\text{teras}} := 125\text{mm}$

$t_{\text{teras}} := 10\text{mm}$

Voimasuureet:

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

voimat jakautuvat kahdelle lattateräkselle

Momentti:

$$M_{\text{Ad.t}} = 8.82 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\cancel{M_{\text{Ad.t}}} := \frac{M_{\text{Ad.t}}}{2} = 4.41 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Puristava voima teräslevylle:

$$N_{\text{Ad.t}} = 4.41 \cdot \text{kN}$$

$$\cancel{N_{\text{Ad.t}}} := \frac{N_{\text{Ad.t}}}{2} = 2.205 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{\text{Ad.t}} = 4.41 \cdot \text{kN}$$

$$\cancel{V_{\text{Ad.t}}} := \frac{V_{\text{Ad.t}}}{2} = 2.205 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

$$W_{\text{pl}} := \frac{t_{\text{teras}} \cdot b_{\text{teras}}^2}{4} = 3.906 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

$$W_{\text{el}} := \frac{t_{\text{teras}} \cdot b_{\text{teras}}^2}{6} = 2.604 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

Jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{teras}} := \frac{b_{\text{teras}} \cdot t_{\text{teras}}^3}{12} = 1.042 \times 10^{-8} \cdot \text{m}^4$$

Poikkipinta-alat:

bruttoala

$$A_{\text{teras}} := b_{\text{teras}} \cdot t_{\text{teras}} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

nettoala (vähennetty reiät)

$$b_{\text{net}} := b_{\text{teras}} + 0 \text{ mm} = 0.125 \text{ m}$$

$$A_{\text{net}} := b_{\text{net}} \cdot t_{\text{teras}} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Poikkileikkausluokka:

SFS-EN 1993-1-4 Taulukko 5.2

jännitykset

$$\sigma_1 := \frac{N_{\text{Ad.t}}}{A_{\text{net}}} + \frac{M_{\text{Ad.t}}}{W_{\text{el}}} = 171.108 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_2 := \frac{N_{\text{Ad.t}}}{A_{\text{net}}} - \frac{M_{\text{Ad.t}}}{W_{\text{el}}} = -167.58 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

puristettu osuus

$$b_c := \frac{\sigma_1 \cdot b_{\text{teras}}}{\sigma_1 + |\sigma_2|} = 0.063 \text{ m}$$

$$\alpha := \frac{b_c}{b_{\text{teras}}} = 0.505$$

$$\varepsilon_- := \sqrt{\frac{235}{f_y} \cdot \frac{E_{\text{teras}}}{210000}} = 1.032$$

$$\frac{b_{\text{teras}}}{t_{\text{teras}}} = 12.5 < \frac{9.4 \cdot \varepsilon_-}{\alpha} = 19.208$$

poikkileikkaus kuuluu luokkaan 2

Puristusvoiman kuormittama profiili:

Puristuskestävyys:

$$N_{\text{c.Rd}} := \frac{A_{\text{teras}} \cdot f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 238.636 \cdot \text{kN} \quad \text{Poikkileikkausluokat 1,2 ja 3}$$

Ehto:

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } N_{\text{Ad.t}} \leq N_{\text{c.Rd}} \\ \text{"Ei kestä"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{N_{Ad,t}}{N_{c,Rd}} = 0.924 \cdot \%$$

Nurjahduskestävyys:

$$L_{cr} := 130\text{mm} \quad \text{Alimmasta pulttiryhmästä siipimuurin pintaan}$$

$$N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_{teras} \cdot I_{teras}}{L_{cr}^2} = 1.217 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A_{teras} \cdot f_y}{N_{cr}}} = 0.464$$

$$\frac{N_{Ad,t}}{N_{cr}} = 1.812 \times 10^{-3}$$

$$0.4^2 = 0.16$$

Ehto SFS-EN 1993-1-4 kohta 5.4.2.1:

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Nurjahdusta ei tarvitse määrittää"} & \text{if } \frac{N_{Ad,t}}{N_{cr}} \leq 0.4^2 \vee \lambda \leq 0.4 \\ \text{"Nurjahdus täytyy laskea"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Nurjahdusta ei tarvitse määrittää"}$$

Taivutusmomentti kestävyys:

$$M_{pl,Rd} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \left[1 - \left(\frac{N_{Ad,t}}{N_{c,Rd}} \right)^2 \right] = 7.457 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{Poikkileikkausluokka 2 (plastinen)}$$

$$M_{el,Rd} := \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4.972 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{Poikkileikkausluokka 3 (kimmoinen)}$$

Ehto:

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } M_{Ad,t} \leq M_{pl,Rd} \\ \text{"Ei kestä"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{M_{Ad,t}}{M_{pl,Rd}} = 59.141 \cdot \%$$

A.6.3.3 Törmäyspalkin mitoitus

Poikkileikkausarvot:

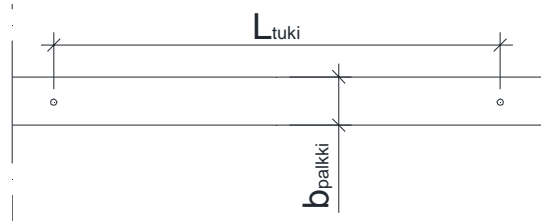
Törmäyspalkki:

$$b_{\text{palkki}} := 150\text{mm}$$

$$h_{\text{palkki}} := 150\text{mm}$$

Tukiväli:

$$L_{\text{tuki}} := 1.7\text{m}$$



Kuormat:

Kuormana sivukuorma: onnettomuuskuorma

$$Q_{\text{sivu}} := 24 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{\text{F,k}} := 1 \cdot Q_{\text{sivu}} = 24 \cdot \text{kN}$$

Voimasuureet:

Momentti: yksiaukkoisena

$$M_{\text{k}} := \frac{Q_{\text{F,k}} \cdot L_{\text{tuki}}}{4} = 10.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Leikkausvoima:

$$V_{\text{k}} := \frac{Q_{\text{F,k}} \cdot (L_{\text{tuki}} - b_{\text{palkki}})}{L_{\text{tuki}}} = 21.882 \cdot \text{kN} \quad \text{palkin leveyden päässä pultista}$$

Tukivoima:

$$F_{\text{k}} := Q_{\text{F,k}} = 24 \cdot \text{kN}$$

mitoittaa pultin

onnettomuusrajatilan voimasuureet:

Momentti:

$$M_{\text{Ad}} := \max(M_{\text{k}}) = 10.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Tukivoima:

$$T_{\text{Ad}} := \max(F_{\text{k}}) = 24 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima:

$$V_{\text{Ad}} := \max(V_{\text{k}}) = 21.882 \cdot \text{kN}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

Palkin jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 4.219 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^4$$

Palkin taivutusvastus:

$$W_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 5.625 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

Taivutusjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.6

$$\sigma_{\text{m.y.Ad}} := \frac{M_{\text{Ad}}}{W_{\text{palkki}}} = 1.813 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad f_{\text{m.Ad}} = 2.7 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.Ad}} \leq f_{\text{m.Ad}} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{f_{\text{m.Ad}}} = 67.16 \cdot \%$$

Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

$$\tau_{\text{v.Ad}} := \frac{3 \cdot V_{\text{Ad}}}{2 \cdot (b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}})} = 1.459 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad f_{\text{v.Ad}} = 3.6 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{\text{v.Ad}} \leq f_{\text{v.Ad}} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{\text{v.Ad}}}{f_{\text{v.Ad}}} = 40.523 \cdot \%$$

Törmäyspalkin kiinnitys

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Yksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 150 \text{ mm}$$

$$t_2 := 250 \text{ mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

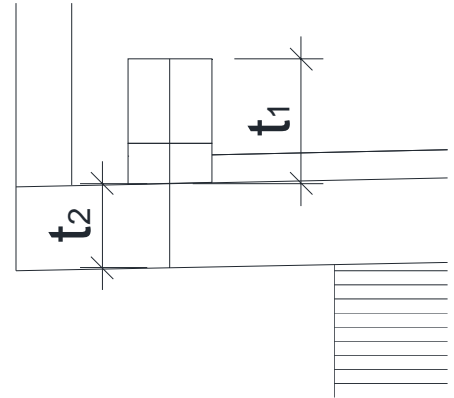
$$t := 150 \text{ mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 250 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 16 \text{ mm}$$



Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Sahatavara: C30}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 26.174 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 26.174 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.59$$

havupuulle

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 16.462$$

$$\alpha := 0\text{deg}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 26.174$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 2.837 \times 10^5 \quad \text{Nmm} \quad \text{Pultti}$$

Sauvojen reunapuristuslujuuksien suhde:

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1.59$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax.Rk} := 0 = 0 \quad \text{N}$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax,Rk}}{4} = 0$$

-nelikulmaiset naulat ja uranaulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax,Rk}$ ei tunneta, niin

köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(a) := f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(c) := \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$(d) := 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$(e) := 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_2^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$(f) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

$$F_{v,Rk} := \min(a, b, c, d, e, f) = 1.558 \times 10^4 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.0 \quad \text{onnettomuus}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 1.402 \times 10^4 \quad N$$

Kuormitus:

Törmäyspalkin tukivoima:

$$F_d := \frac{Tuki_{Ad}}{N} = 2.4 \times 10^4 \quad N$$

Pultin paksuus:

$$d = 16 \quad mm$$

Kiinnitys:

$$\frac{F_d}{F_{v.Rd}} = 1.712 \quad \text{Tarvitaan 2 pulttia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 112 \quad mm$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 90deg$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 64 \quad mm$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 48 \quad mm$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 90deg$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 64 \quad mm$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 90deg$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 112 \quad mm$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 64 \quad mm$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Törmäyspalkin kestävyys liitosvoimille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

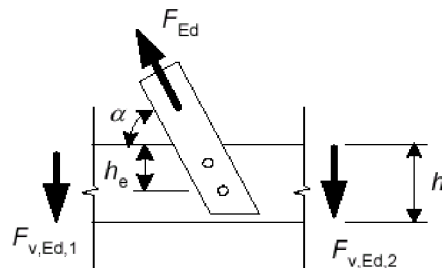
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 75$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyyss

$h := 150$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 75 = 75$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimpaaseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 1.286 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 1.157 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$$V_d := \frac{V_{Ad}}{N} = 2.188 \times 10^4 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{V_d}{F_{90,d}} = 1.891 \quad \text{Tarvitaan 2 pulttia}$$

Törmäyspalkin kiinnitys jatkoksen kohdalla

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Yksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 75 \quad \text{mm}$$

$$t_2 := 250 \quad \text{mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

$$t := 75 \quad \text{mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 325 \quad \text{mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 16 \quad \text{mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 380 \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Sahatavara: C30}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

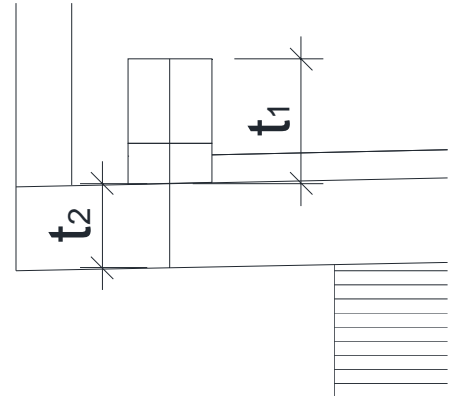
Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 26.174 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 26.174 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{reikien ollessa esiporattu}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :



$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.59$$

havupuulle

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 16.462$$

$$\alpha := 0\text{deg}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 26.174$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 2.837 \times 10^5 \quad \text{Nmm}$$

Pultti

Sauvojen reunapuristuslujuuksien suhde:

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1.59$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax.Rk} := 0 = 0 \quad \text{N}$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax,Rk}}{4} = 0$$

-nelikulmaiset naulat ja uranaulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax,Rk}$ ei tunneta, niin

köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(a) := f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(c) := \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$(d) := 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$(e) := 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_2^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$(f) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

$$F_{v,Rk} := \min(a, b, c, d, e, f) = 1.133 \times 10^4 \text{ N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.0 \quad \text{onnettomuus}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 1.02 \times 10^4 \quad N$$

Kuormitus:

Törmäyspalkin tukivoima:

$$F_d := \frac{T_{ukiAd}}{N} = 2.4 \times 10^4 \quad N$$

Pultin paksuus:

$$d = 16 \quad mm$$

Kiinnitys:

$$\frac{F_d}{F_{v.Rd}} = 2.354 \quad \text{Tarvitaan 3 pulttia}$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.4

Kuormitettu pääty:

$$\max(7 \cdot d, 80) = 112 \quad mm$$

Kuormitettu reuna:

$$\alpha := 90deg$$

$$\max[(2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d] = 64 \quad mm$$

Kuormittamaton reuna:

$$3 \cdot d = 48 \quad mm$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$\alpha := 90deg$$

$$(4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 64 \quad mm$$

Kuormittamaton pääty:

$$\alpha := 90deg$$

$$(1 + 6 |\sin(\alpha)|) \cdot d = 112 \quad mm$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$4 \cdot d = 64 \quad mm$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Törmäyspalkin kestävyys liitosvoimille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

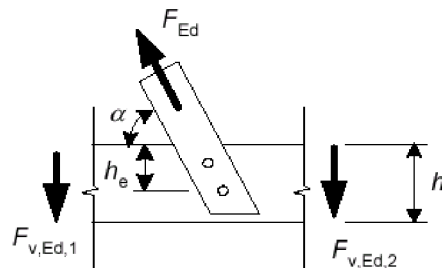
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 75$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyyss

$h := 150$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 75 = 75$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimpaan liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 1.286 \times 10^4 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1$ onnettomuus

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 1.157 \times 10^4 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

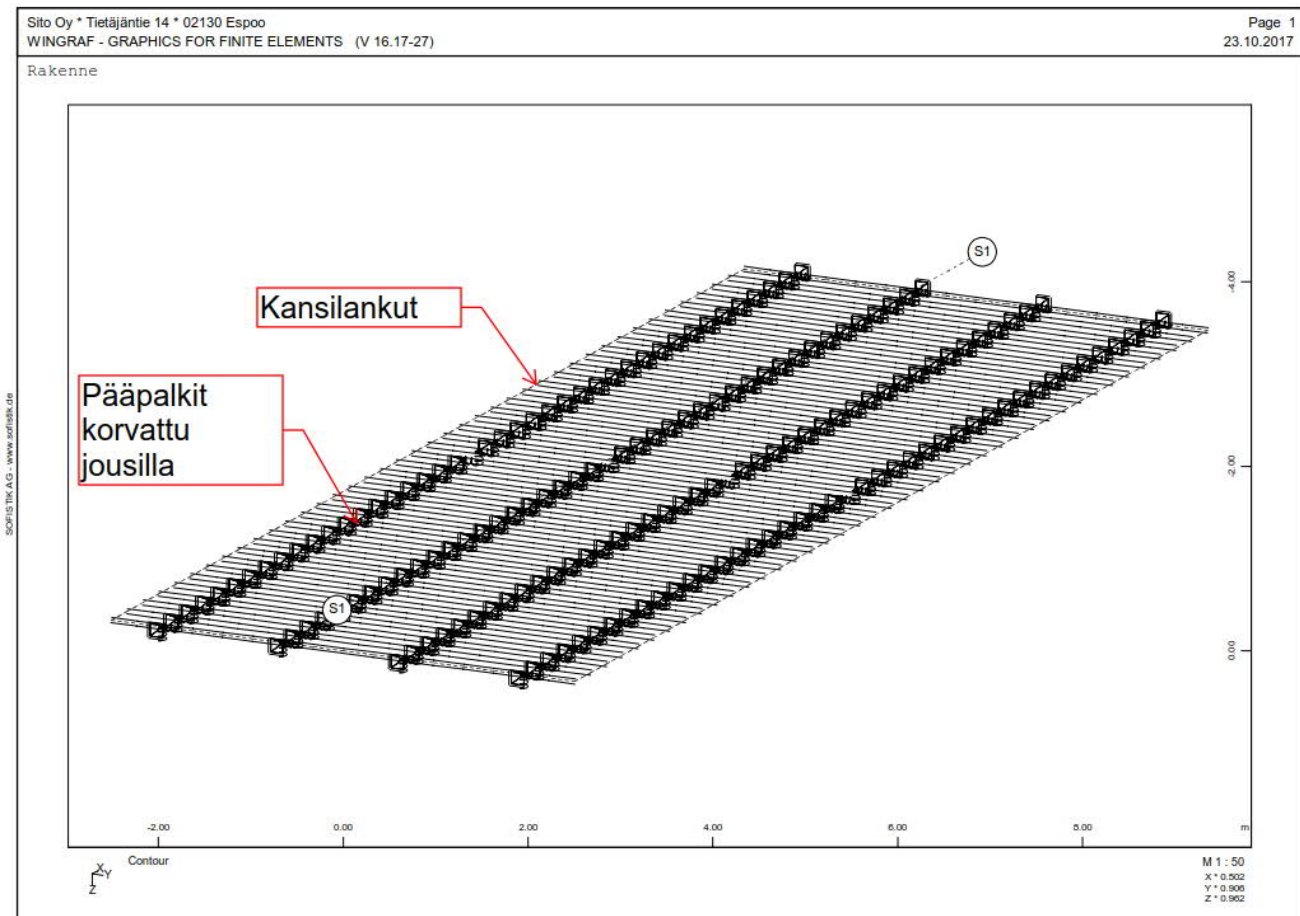
$$V_d := \frac{V_{Ad}}{N} = 2.188 \times 10^4 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{V_d}{F_{90,d}} = 1.891 \quad 3 \text{ pulttia ok}$$

A.6.3.4 Kannen kiinnitys: Vaaka- ja pystyvoimille

Rakennemalli:



Mallissa liimapuupalkit on korvattu jousilla.

Voimasuureet: Jousien voimat Fem-tuloksista

murtorajatilän voimasuureet:

jarrukuorma:

$$F_{\text{jarru}} := 96 \text{ kN}$$

sivukuorma:

$$F_{\text{sivu}} := 24 \text{ kN}$$

tuulikuorma pituussuuntaan x:

$$F_{\text{tuuli.pit.x}} := 12.5 \text{ kN}$$

tuulikuorma poikkisuuntaan y:

$$F_{\text{tuuli.poik.y}} := 49.9 \text{ kN}$$

Sillan pituussuuntaan MRT1 ja MRT2 (jarrukuorma ja tuulikuorma pituussuuntaan):

Leikkausvoima koko kannelle:

$$V_{\text{dx.kok}} := F_{\text{jarru}} \cdot 1.35 + F_{\text{tuuli.pit.x}} \cdot 1.5 \cdot 0.3 = 135.225 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima y-suuntaan sivukuormasta (vastinvoimasuure):

$$V_{\text{dy.x.kok}} := F_{\text{sivu}} \cdot 1.35 = 32.4 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima kannen kiinnikkeelle (104 kiinnikettä) kiinnikkeiden jako on k615:

$$n_{\text{L.teras}} := 104 \quad k_{\text{L.teras}} := \frac{16000 \text{ mm} \cdot 4}{n_{\text{L.teras}}} = 615.385 \cdot \text{mm}$$

$$V_{\text{dx}} := \frac{V_{\text{dx.kok}}}{n_{\text{L.teras}}} = 1.3 \cdot \text{kN} \quad V_{\text{dy.x}} := \frac{V_{\text{dy.x.kok}}}{n_{\text{L.teras}}} = 0.312 \cdot \text{kN}$$

Sillan poikkisuuntaan MRT3 (tuulikuorma poikkisuuntaan ja sivukuorma):

Leikkausvoima koko kannelle:

$$V_{\text{dy.kok}} := F_{\text{sivu}} \cdot 1.35 \cdot 0.4 + F_{\text{tuuli.poik.y}} \cdot 1.5 = 87.81 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima x-suuntaan jarrukuormasta (vastinvoimasuure):

$$V_{\text{dx.y.kok}} := F_{\text{jarru}} \cdot 1.35 \cdot 0.4 = 51.84 \cdot \text{kN}$$

Leikkausvoima kannen kiinnikkeelle:

$$V_{\text{dy}} := \frac{V_{\text{dy.kok}}}{n_{\text{L.teras}}} = 0.844 \cdot \text{kN} \quad V_{\text{dx.y}} := \frac{V_{\text{dx.y.kok}}}{n_{\text{L.teras}}} = 0.498 \cdot \text{kN}$$

Kantta nostava voima fem:stä MRT2 (oma paino ja huoltoajoneuvo):

Leikkausvoima yhdelle lankulle (fem-mallissa lankun leveys on naulatun kannen rengaskuorman jakaantumisleveys kansilankun poikkisuuntaan):

$$V_{\text{dz.1.L}} := 4.01 \text{ kN}$$

lankun tehollinen leveys:

$$b_{\text{ef}} = 390.192 \cdot \text{mm}$$

oletetaan, että kantta nostava voima jakaantuu 16 asteen kulmassa uloimman rengaskuorman kohdalta

huoltoajoneuvon kantta nostavan kuorman jakaantumisleveys:

$$b_{gr2.z} := 6000\text{mm}$$

$$k_{L.teras} = 615.385 \cdot \text{mm}$$

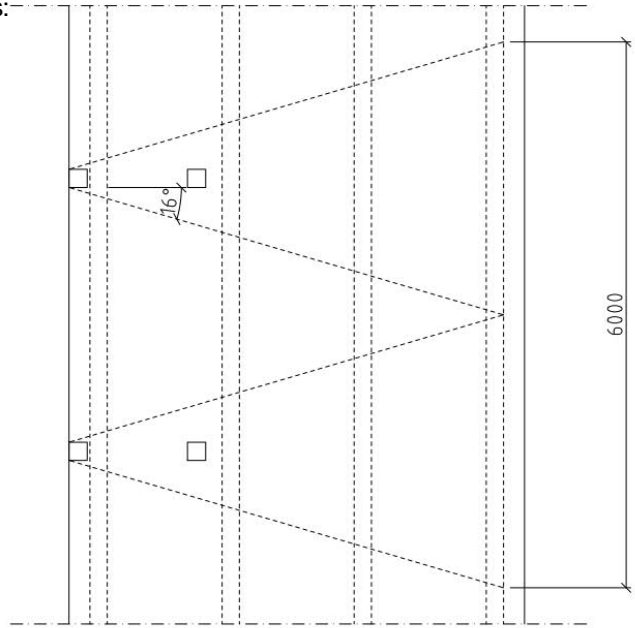
$$n_{lankku} := \frac{b_{gr2.z}}{b_{ef}} = 15.377$$

lankkujen lukumäärä kulmaterästen jakovälillä

$$n_{L.kk} := \frac{k_{L.teras}}{b_{ef}} = 1.577$$

Leikkausvoima kannen kiinnikkeelle:

$$V_{dz} := \frac{n_{L.kk} \cdot V_{dz.1.L}}{n_{lankku}} = 0.411 \cdot \text{kN}$$



Onnettomuusrajatilan voimasuureet:

$$V_{dx.Ad} := F_{jarru} \cdot 0.4 = 38.4 \cdot \text{kN}$$

$$V_{dy.Ad} := F_{sivu} \cdot 0.4 = 9.6 \cdot \text{kN}$$

Kantta nostava voima fem:stä (oma paino ja onnettomuuskuorma):

$$V_{dz.1.L.Ad} := 2.43 \text{ kN}$$

Onnettomuusrajatilan kuormat ovat pienempiä kuin murtorajatilassa, joten MRT mitoittaa rakenteet.

Kansilankkujen kiinnitys vaakavoimille

kiinnitys kanteen, pituussuuntainen kuorma määräävä

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeinen tai kaksileikkeinen liitos, kun puuosa on reunassa: teräslevyliitos

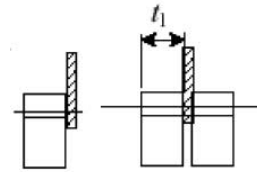
Puuosan tai levyn paksuus, enintään ruuvien tunkeuma

$$t_1 := 35 \quad \text{mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 3 \quad \text{mm}$$

$$d_{ef} := 0.6 \cdot d = 1.8 \quad \text{mm}$$



Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Sahatavara: C30}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h.1.k} := 0.082 \cdot \rho_k \cdot (d_{ef})^{-0.3} = 26.123 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ilman reikien esiporausta}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot \rho_k \cdot (d_{ef})^{-0.3} = 26.123 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ilman reikien esiporausta}$$

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.395 \quad \text{havupuulle}$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{V_{dx}}{V_{dy,x}}\right) = 76.526 \cdot \text{deg}$$

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 19.018$$

$$\alpha := \operatorname{atan}\left(\frac{V_{dx}}{V_{dy,x}}\right) = 76.526 \cdot \text{deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.395$$

havupuulle

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 19.018$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y,Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 3.654 \times 10^3 \quad \text{Nmm}$$

Pyöreät liittimet

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$(a) := 0.4 f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$(c) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(d) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h.1.k}^2 \cdot d}} - 1 \right)$$

$$(e) := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

teräslevyn paksuus

$$t := 2.5 \quad \text{mm}$$

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.0} := \min(a, b) = 742.55 \quad \text{N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_o := 0.5 \cdot d = 1.5 \quad \text{mm}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.1} := \min(c, d, e) = 971.111 \quad \text{N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on vähintään } t_{o.2} := d = 3 \quad \text{mm}$$

$$F_{v.Rk} := \begin{cases} F_{v.Rk.0} & \text{if } t < t_o \\ F_{v.Rk.0} + \frac{t - t_o}{t_{o.2} - t_o} \cdot (F_{v.Rk.1} - F_{v.Rk.0}) & \text{otherwise} \\ F_{v.Rk.1} & \text{if } t \geq t_{o.2} \end{cases} \quad F_{v.Rk} = 894.924 \quad \text{N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{\text{mod}} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 575.308 \quad \text{N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

Koska kulmateräkset asennetaan joka toinen toiselle puolelle, ruuvikiinnitys mitoitetaan siten, että puolet kulmateräksistä kantaa kaiken poikkisuunnan kuorman (poikkisuunnan kuorma kerrotaan kahdella). Tällöin poikkisuunnan kuorma ei aiheuta vetoa pääpalkkeihin kiinnitettäviin ruuveihin.

kuormitus yhdelle kulmateräkselle:

$$N_{xd.kok} := \left[\frac{\sqrt{V_{dx}^2 + (2 \cdot V_{dy.x})^2}}{N} \right] = 1.442 \times 10^3 \text{ N}$$

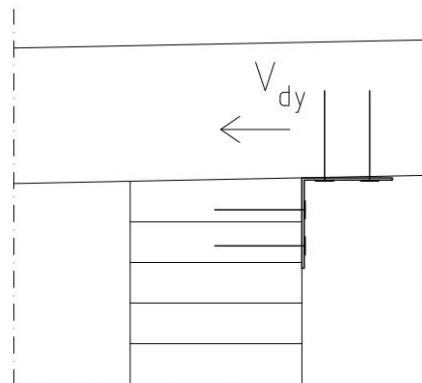
Kiinnitys:

$$n_{L.teras} = 104$$

$$n_{ruuvi} := 4 \cdot n_{L.teras} = 416$$

leikkausvoima ruuville:

$$N_{xd} := \frac{N_{xd.kok}}{4} = 360.45 \text{ N}$$



$$\frac{N_{xd}}{F_{v.Rd}} = 0.627$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3. Taulukko 8.2

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3.1.4. Kohdan mukaan vähimmäisarvot ovat taulukon 8.2 mukaiset kerrottuna luvulla 0.7.

$$\alpha = 76.526 \cdot \text{deg}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$(7 + 8 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 18.614 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 14.7 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu pääty:

$$(15 + 5 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 33.947 \text{ mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$15 \cdot d \cdot 0.7 = 31.5 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\begin{cases} [(7 + 2 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{if } d < 5 \\ [(7 + 5 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{otherwise} \end{cases} = 18.784 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 14.7 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Kansilankun kestävyys liitosvoimille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

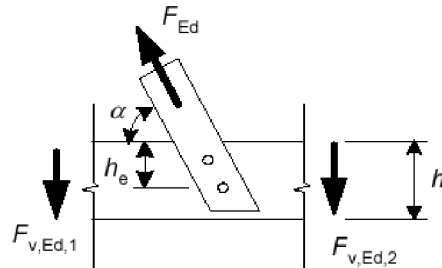
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 50$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyys

$h := 50$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 25 = 25$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimpaan liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 4.95 \times 10^3 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.4$ sahatavara

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 3.182 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima kulmateräkselle:

$$F_{d,kok} := \frac{V_{dx}}{N} = 1.3 \times 10^3 \text{ N}$$

leikkausvoima ruuville:

$$F_d := \frac{F_{d,kok}}{4} = 325.06 \text{ N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_d}{F_{90,d}} = 0.102$$

Kansilankkujen kiinnitys pystyvoimille

kierreosan tunkeuma

$$l_{ef} := 0.6 \cdot t_1 = 21 \quad \text{mm}$$

ulosvetolujuuden ominaisarvo

$$f_{ax,k} := 0.52 \cdot d^{-0.5} \cdot l_{ef}^{-0.1} \cdot \rho_k^{0.8} = 25.648 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_d := \min\left(\frac{d}{8}, 1\right) = 0.375$$

ruuvien tehollinen lukumäärä

$$n_{ef} := 1$$

ruuvin akselin ja syysuunnan kulma

$$\alpha := 90\text{deg}$$

$$F_{ax,k,Rk} := \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1.2 \cdot \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2} = 605.926 \quad \text{N}$$

$$F_{ax,k,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,k,Rk}}{\gamma_M} = 389.524 \quad \text{N}$$

Kuormitus:

kantta nostava voima kulmateräkselle:

$$F_{zd,kok} := \frac{V_{dz}}{N} = 411.282 \quad \text{N}$$

vetovoima ruuville:

$$F_{zd} := \frac{F_{zd,kok}}{4} = 102.821 \quad \text{N}$$

Kestävyys:

$$\frac{F_{zd}}{F_{ax.k.Rd}} = 0.264$$

Samanaikaisesti poikittain ja aksiaalisesti kuormitetut ruuvit:

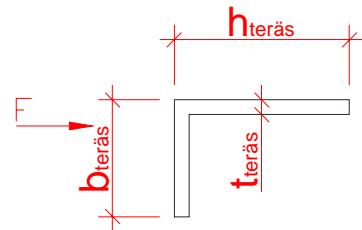
$$\left(\frac{N_{xd}}{F_{v.Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{zd}}{F_{ax.k.Rd}} \right)^2 = 0.462$$

L-profiilin mitoitus:

Koska kulmateräkset asennetaan joka toinen toiselle puolelle palkkia, vetorasitusta kulmateräkselle tulee vain kantta nostavasta kuormasta.

Poikkileikkausarvot:

Teraslevy: $b_{\text{teras}} := 60\text{mm}$
 $h_{\text{teras}} := 60\text{mm}$
 $t_{\text{teras}} := t \cdot \text{mm} = 2.5 \cdot \text{mm}$
 $L_{\text{teras}} := 100\text{mm}$



Voimasuureet:

murtorajatilan voimasuureet:

Kulmaterästä nostava voima:

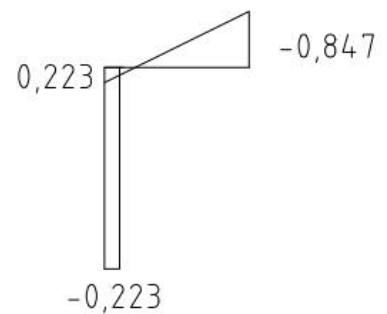
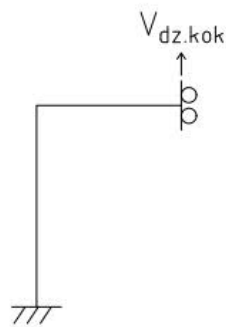
$$V_{dz} = 0.411 \cdot \text{kN}$$

$$V_{dz.kok} := n_{L,teras} \cdot V_{dz} = 42.773 \cdot \text{kN}$$

Momentti FEM:stä:

$$M_{dy.kok} := 0.847 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{dy} := \frac{M_{dy.kok}}{n_{L,teras}} = 8.144 \times 10^{-3} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$



Poikkileikkausluokitus SFS-EN 1993-1-4 Taulukko 5.2

$$\varepsilon_- := \sqrt{\frac{235}{f_y} \cdot \frac{E_{\text{teras}}}{210000}} = 1.032$$

$$\frac{L_{\text{teras}}}{t_{\text{teras}}} = 40 > 11 \cdot \varepsilon_- = 11.356 \quad \text{Poikkileikkausluokka 4 SFS-EN 1993-1-1 Taulukko 5.2}$$

SFS-EN 1993-1-5 Taulukko 4.2

jännityssuhde

$$\psi := 1$$

lom mähduskerroin

$$k_{\sigma} := 0.43$$

$$f_y = 210 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

SFS-EN 1993-1-4 kohta 5.2.3

$$\lambda_{-p} := \frac{L_{\text{teras}}}{t_{\text{teras}} \cdot 28.4 \cdot \varepsilon_{-} \cdot \sqrt{k_{\sigma}}} = 2.081$$

$$\rho := \frac{\lambda_{-p} - 0.231}{\lambda_{-p}^2} = 0.427$$

$$L_{\text{teras.eff}} := \rho \cdot L_{\text{teras}} = 42.728 \cdot \text{mm}$$

Rakenneosien mitoitus:

Taivutusvastus:

$$W_{pl} := \frac{L_{\text{teras}} \cdot t_{\text{teras}}^2}{4} = 156.25 \cdot \text{mm}^3$$

Taivutusvastus:

$$W_{el} := \frac{L_{\text{teras}} \cdot t_{\text{teras}}^2}{6} = 104.167 \cdot \text{mm}^3$$

Taivutusvastus:

$$W_{\text{eff}} := \frac{L_{\text{teras.eff}} \cdot t_{\text{teras}}^2}{6} = 44.508 \cdot \text{mm}^3$$

Jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{teras}} := \frac{L_{\text{teras.eff}} \cdot t_{\text{teras}}^3}{12} = 55.635 \cdot \text{mm}^4$$

Poikkipinta-alat:

bruttoala

$$A_{\text{teras}} := [L_{\text{teras}} - 2 \cdot (d + 1) \text{mm}] \cdot t_{\text{teras}} = 2.3 \cdot \text{cm}^2$$

Taivutusmomentti kestävyys:

$$M_{el.Rd} := \frac{W_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 8.497 \times 10^{-3} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Ehto:

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } M_{dy} \leq M_{el.Rd} \\ \text{"Ei kestä"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{M_{dy}}{M_{el.Rd}} = 95.848 \cdot \%$$

Leikkausvoima kestävyys:

$$V_{pl.Rd} := A_{teras} \cdot \frac{\frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 25.351 \cdot \text{kN}$$

Ehto:

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } V_{dy} \leq V_{pl.Rd} \\ \text{"Ei kestä"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{V_{dy}}{V_{pl.Rd}} = 3.331 \cdot \%$$

kiinnitys kanteen, poikittainen kuorma määräävä

Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.395$$

havupuulle

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{V_{dx,y}}{V_{dy}}\right) = 30.556 \cdot \text{deg}$$

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.1.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.257$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{V_{dx,y}}{V_{dy}}\right) = 30.556 \cdot \text{deg}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.395$$

havupuulle

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.257$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 3.654 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

Pyöreät liittimet

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$(a) := 0.4 f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$(c) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(d) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k}^2 \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right)$$

$$(e) := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

teräslevyn paksuus

$$t = 2.5 \text{ mm}$$

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$F_{t.Rk} := \min(a, b) = 707.322 \text{ N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_{\min} := 0.5 \cdot d = 1.5 \text{ mm}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.1} := \min(c, d_-, e) = 894.136 \quad \text{N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on vähintään} \quad t_{o.2} := d = 3 \quad \text{mm}$$

$$F_{v.Rk} := \begin{cases} F_{v.Rk.0} & \text{if } t < t_o \\ F_{v.Rk.0} + \frac{t - t_o}{t_{o.2} - t_o} \cdot (F_{v.Rk.1} - F_{v.Rk.0}) & \text{otherwise} \\ F_{v.Rk.1} & \text{if } t \geq t_{o.2} \end{cases} \quad F_{v.Rk} = 831.865 \quad \text{N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 534.77 \quad \text{N}$$

Kuormitus:

kuormitus yhdelle kulmateräkselle:

$$N_{yd.kok} := \left[\frac{\sqrt{(2 \cdot V_{dy})^2 + V_{dx.y}^2}}{N} \right] = 1.761 \times 10^3 \quad \text{N}$$

Kiinnitys:

$$N_{yd} := \frac{N_{yd.kok}}{4} = 440.172 \quad \text{N}$$

$$\frac{N_{yd}}{F_{v.Rd}} = 0.823$$

Kansilankkujen kiinnitys pituussuuntaiselle kuormalle

kiinnitys palkkiin

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeinen tai kaksileikkeinen liitos, kun puuosa on reunassa: teräslevyliitos

Puuosan tai levyn paksuus, enintään ruuvien tunkeuma

$$t_1 = 35 \quad \text{mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d = 3 \quad \text{mm}$$

$$d_{ef} = 1.8 \quad \text{mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_k := 430 \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Homogeeninen liimapuu: GL30h}$$

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

$$f_{h,1,k} := 0.082 \cdot \rho_k \cdot (d_{ef})^{-0.3} = 29.56 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ilman reikien esiporausta}$$

$$f_{h,2,k} := 0.082 \cdot \rho_k \cdot (d_{ef})^{-0.3} = 29.56 \quad \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ilman reikien esiporausta}$$

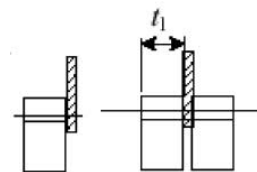
Reunapuristuslujuuden arvo, kun syynsuunnan ja liitosta kuormittavan voiman välinen kulma on α :

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.395$$

$$\alpha := 0 \text{deg}$$

$$f_{h,1,k} := \frac{f_{h,1,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 29.56$$

$$\alpha := 0 \text{deg}$$



$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot d = 1.395$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.2.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 29.56$$

Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Pultin lujuusluokka A2-70:

$$f_u := 700 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{y.Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 3.654 \times 10^3 \quad Nmm \quad \text{Pyöreät liittimet}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.3

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$(a) := 0.4 f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d}$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$(c) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(d) := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right)$$

$$(e) := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti:

teräslevyn paksuus

$$t = 2.5 \quad mm$$

Yksileikkeistä ohutta teräslevyä käytettäessä:

$$F_{Rk.0} := \min(a, b) = 925.744 \quad N \quad \text{kun teräslevyn paksuus on enintään: } t_{max} := 0.5 \cdot d = 1.5 \quad mm$$

Yksileikkeistä paksua teräslevyä käytettäessä:

$$F_{v.Rk.1} := \min(c, d, e) = 1.309 \times 10^3 \quad \text{N} \quad \text{kun teräslevyn paksuus on vähintään} \quad t_{o.2} := d = 3 \quad \text{mm}$$

$$F_{v.Rk} := \begin{cases} F_{v.Rk.0} & \text{if } t < t_o \\ F_{v.Rk.0} + \frac{t - t_o}{t_{o.2} - t_o} \cdot (F_{v.Rk.1} - F_{v.Rk.0}) & \text{otherwise} \\ F_{v.Rk.1} & \text{if } t \geq t_{o.2} \end{cases} \quad F_{v.Rk} = 1.181 \times 10^3 \quad \text{N}$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 759.46 \quad \text{N}$$

Kuormitus:

Tukivoima:

$$N_{xd.kok} := \frac{V_{dx}}{N} = 1.3 \times 10^3 \quad \text{N}$$

leikkausvoima ruuville:

$$N_{xd} := \frac{N_{xd.kok}}{4} = 325.06 \quad \text{N}$$

Kiinnitys:

$$\frac{N_{xd}}{F_{v.Rd}} = 0.428$$

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3. Taulukko 8.2

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.3.1.4. Kohdan mukaan vähimmäisarvot ovat taulukon 8.2 mukaiset kerrottuna luvulla 0.7.

Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.2

$$\alpha := 0\text{deg}$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$(7 + 8 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 31.5 \quad \text{mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 14.7 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu pääty:

$$(15 + 5 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7 = 42 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$15 \cdot d \cdot 0.7 = 31.5 \quad \text{mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\begin{cases} [(7 + 2 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{if } d < 5 \\ [(7 + 5 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d \cdot 0.7] & \text{otherwise} \end{cases} = 14.7 \quad \text{mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$7 \cdot d \cdot 0.7 = 14.7 \quad \text{mm}$$

Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat:

Kansilankun kestävyys liitosvoimille

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.1.4

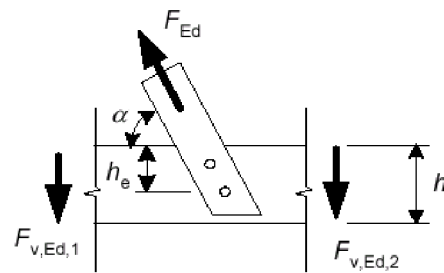
Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo:

$b := 50$ mm puuosan paksuus, enitään liittimen tunkeumasyvyyks

$h := 50$ mm sauvan korkeus

$h_e := h - 25 = 25$ mm etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen

$$F_{90,k} := 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 4.95 \times 10^3 \text{ N}$$



Mitoitusarvo halkeamiskestävyydelle:

$\gamma_M := 1.4$ sahatavara

$k_{mod} := 0.9$ hetkellinen

$$F_{90,d} := k_{mod} \cdot \frac{F_{90,k}}{\gamma_M} = 3.182 \times 10^3 \text{ N}$$

Kuormitus:

leikkausvoima:

$F_d := N_{xd} = 325.06$ N

Kestävyys:

$$\frac{F_d}{F_{90,d}} = 0.102$$

A.6.3.5 Syrjälankkukannen naulaus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

Yksileikkeinen liitos:

Puuosan tai levyn paksuus tai tunkeuma, i joko 1 tai 2

$$t_1 := 50 \text{ mm}$$

$$t_2 := 40 \text{ mm}$$

Liittimen kannanpuoleisen puun paksuus:

$$t := 50 \text{ mm}$$

Liittimen kärjenpuoleinen tunkeuma:

$$t_{\text{penn}} := 40 \text{ mm}$$

Liittimen paksuus tai halkaisija:

$$d := 3.1 \text{ mm}$$

Puun tiheyden ominaisarvo

$$\rho_{k,C30} := 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ Sahattu puutavara: C30}$$

Naulojen reikä aina esiporataan, jos $d > 6\text{mm}$ $d = 3.1 \text{ mm}$ \Rightarrow esiporausta ei vaadita

$$\text{puuosan paksuus on pienempi kuin (EN1995-1-1 kaava 8.18)} \quad \max \left[7 \cdot d, (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{\rho_{k,C30}}{400} \right] \cdot \text{mm} = 21.7 \cdot \text{mm} < b_{\text{lankku}} = 50 \cdot \text{mm}$$

\Rightarrow esiporausta ei vaadita

Puusauvan i reunapuristuslujuuden ominaisarvo:

Pultin halkaisijan ollessa enintään 30mm käytetään sahatavaralle ja LVL:lle arvoja:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.1.1

c

$$f_{h,1,k} := 0.082 \cdot \rho_{k,C30} \cdot d^{-0.3} = 22.192 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ei esiporausta}$$



Liittimen myötömomentin ominaisarvo:

Naulan vetomurtolujuus

$$f_u := 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_{y,Rk} := 0.3 \cdot f_u \cdot (d)^{2.6} = 3.41 \times 10^3 \quad \text{Nmm} \quad \text{pyöreä naula}$$

Pitkittäin kuormitettavat pultit. Ulosvetolujuus ja läpivetolujuus:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5.2

Pultin pitkittäiskestävyyden ja ulosvetokestävyyden arvona käytetään pienempää seuraavista arvoista:

-pultin vetokestävyys

-joko aluslaatan tai (teräksen ja puun välisessä liitoksessa) teräslevyn kestävyys.

Mitoitus suoritetaan SFS-EN 1993 mukaisesti

Liittimen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax,Rk} := 0 = 0 \quad \text{N}$$

Köysivaikutuksen osuus:

$$\frac{F_{ax,Rk}}{4} = 0$$

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2(2)

-pyöreät naulat 15 %

-nelikulmaiset naulat ja uranaulat 25 %

-muut naulat 50 %

-ruuvit 100%

-pultit 25 %

-tappivaarnat 0 %

Jos liittimen ulosvetokestävyyden arvoa $F_{ax,Rk}$ ei tunneta, niin

köysivaikutuksesta tuleva osuus on syytä jättää huomiotta.

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liittintä kohti

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.2.2

$$(a) := f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d$$

$$(b) := f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d$$

$$(c) := \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

$$(d) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(e) := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2\beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot t_2^2 \cdot d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

$$(f) := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4}$$

Kestävyyden ominaisarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

$$F_{v.Rk} := \min(a, b, c, d, e, f) = 787.761 \quad N$$

Mitoitusarvo leikkaustasoa ja liitintä kohti:

NA SFS-EN 1995-2-LVM: Taulukko 2.1

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{sahatavara}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \text{hetkellinen}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 506.418 \quad N$$

Kuormitus:

rengaskuorma

$$b_w = 200 \cdot \text{mm} \quad \beta_{lankku} = 15 \cdot \text{deg} \quad h_{lankku} = 150 \cdot \text{mm} \quad \beta_{pinta} = 45 \cdot \text{deg} \quad h_{kulutus} = 50 \cdot \text{mm}$$

$$\beta_{lankku.pit} = 45 \cdot \text{deg}$$

naulaamalla laminoidun kannen tehollista leveyttä laskettaessa lisätään mitta a_3

SFS-EN 1995-2: Taulukko 5.3

$$a_3 := 100\text{mm}$$

rengaskuorman jakaantumisleveys kansilankun keskitasossa

$$b_{w,poik} := b_w + \tan(\beta_{lankku}) \cdot h_{lankku} \dots = 390.192 \cdot \text{mm} \\ + \tan(\beta_{pinta}) \cdot h_{kulutus} + a_3$$

lisätään myös jakaantumispituuteen mitta a_3

$$b_{w,pit} := b_w + \tan(\beta_{lankku,pit}) \cdot h_{lankku} \dots = 500 \cdot \text{mm} \\ + \tan(\beta_{pinta}) \cdot h_{kulutus} + a_3$$

$$A_{rk} := b_{w,poik} \cdot b_{w,pit} = 0.195 \text{ m}^2$$

Kannen paino rengaskuorman alalla

$$F_{k,rk} := A_{rk} \cdot (h_{lankku} + h_{kulutus}) \cdot \gamma_{kansi} = 0.234 \cdot \text{kN}$$

rengaskuorma

$$F_{rk} := \frac{Q_{sv1}}{2} = 50 \cdot \text{kN}$$

Mitoituskuorma kannen naulaukselle

$$F_{Ed,kn} := 1.25 \cdot F_{k,rk} + 1.35 \cdot F_{rk} = 67.793 \cdot \text{kN}$$

pintakuorma

$$q_d := \frac{F_{Ed,kn}}{A_{rk}} = 347.483 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

yhdelle lankulle

$$V_{rk.1.d} := q_d \cdot b_{lankku} = 17.374 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

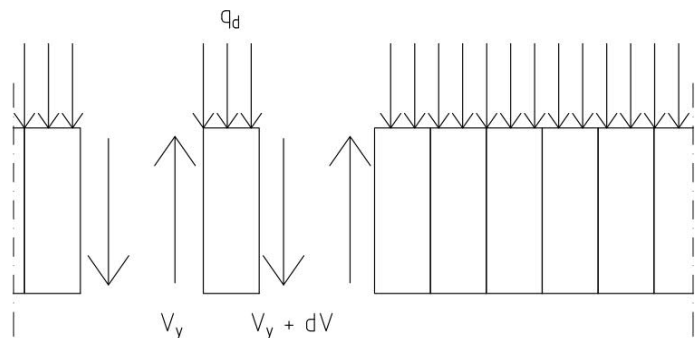
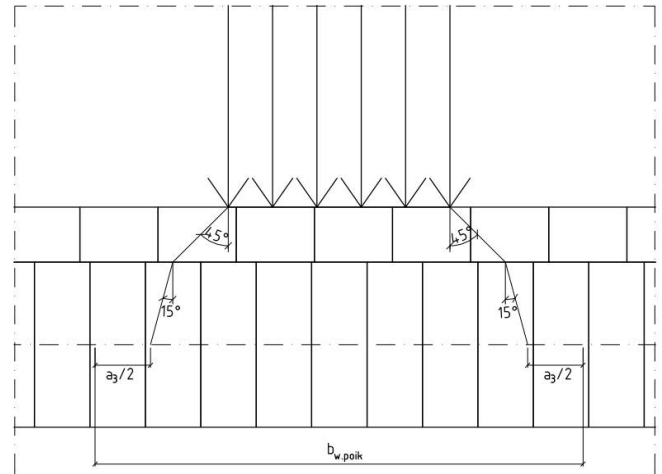
Kiinnitys:

$$\frac{V_{rk.1.d}}{F_{v,Rd} \cdot N} = 34.308 \frac{1}{\text{m}} \quad \text{Tarvitaan 35 naulaa}$$

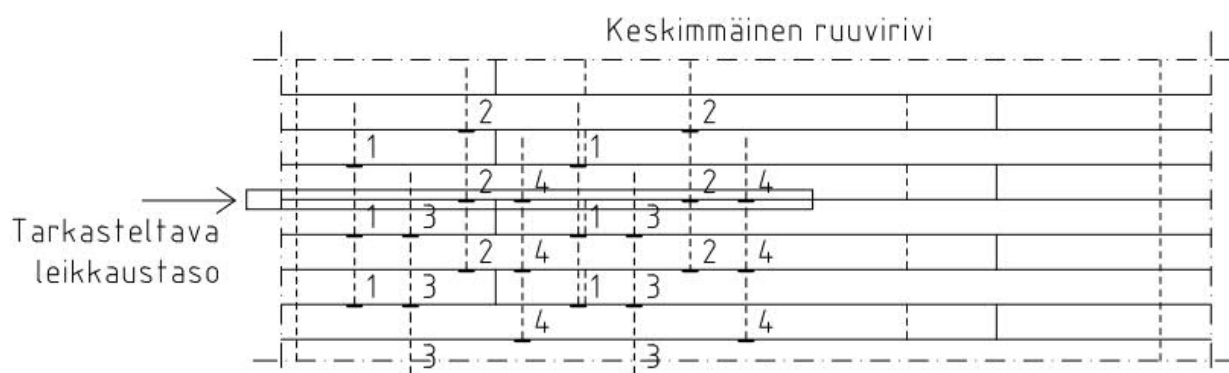
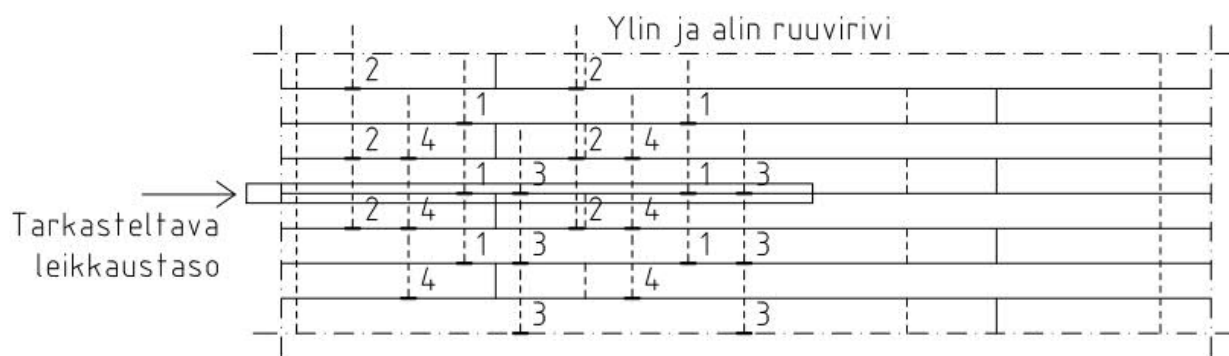
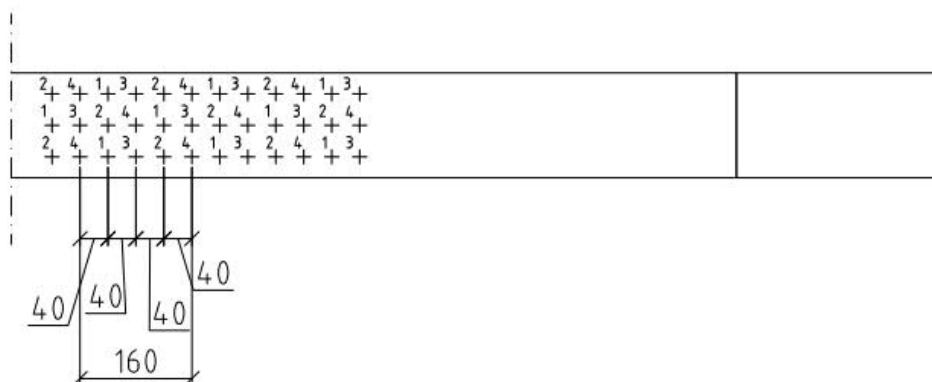
Nauloja kolmeen riviin jokaisessa rivissä k160, tällöin 160 mm matkalla 6 naulaa menee leikkauspinnan läpi

$$3 \cdot 2 \cdot \frac{1000\text{mm}}{160\text{mm}} = 37.5$$

naulojen keskinäinen etäisyys vaakasuunnassa



$$\frac{160\text{mm}}{4} = 40\text{mm}$$



Reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 8.5. Taulukko 8.2

$$\alpha := 90^\circ$$

Keskinäinen etäisyys syynsuunnassa

$$(7 + 8 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 21.7 \text{ mm}$$

Keskinäinen etäisyys syyn poikkisuunnassa

$$7 \cdot d = 21.7 \text{ mm}$$

Kuormitettu pääty:

$$(15 + 5 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 46.5 \text{ mm}$$

Kuormittamaton pääty:

$$15 \cdot d = 46.5 \text{ mm}$$

Kuormitettu reuna:

$$\begin{cases} [(7 + 2 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d] & \text{if } d < 5 \\ [(7 + 5 \cdot |\sin(\alpha)|) \cdot d] & \text{otherwise} \end{cases} = 27.9 \text{ mm}$$

Kuormittamaton reuna:

$$7 \cdot d = 21.7 \text{ mm}$$

Naulan tunkeumasyvyyt

$$t_{\text{penn}} = 40 \text{ mm} > 8 \cdot d = 24.8 \text{ mm}$$

A.7 VARUSTEET JA LAITTEET

Kumilevylaakereiden mitoitus standardin SFS-EN 1337-3 mukaan.

Viittaukset standardiin SFS-EN 1337-3.

Koska liimapuupalkit kiilataan päätypalkkien väliin, niin oletetaan, ettei kumilevylaakereille tule vaakavoimaa eikä kiertymää. Kumilevylaakerit mitoitetaan ainoastaan puristusjännitykselle.

Laakerikuormat: Pystykuorma käyttörajatilayhdistelyistä.

Kumilevylaakeri kovuusluokkaa (ShoreA) 50. leveys on 215 mm ja paksuus on 10 mm.

Yksikerroslaakerin mitoitus:

$$F_{z,d} := 122 \text{ kN}$$

Laakeri:

Kovuus:

$$\text{Shore} := 50$$

liukumoduuli G.g Kohta D2:

$$G_g := \begin{cases} 0.7 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 50 \\ 0.9 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 60 \\ 1.15 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 70 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} = 700 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

paksuus

$$t := 10 \text{ mm}$$

pituus

$$a' := 300 \text{ mm}$$

leveys

$$b' := 215 \text{ mm}$$

$$A_0 := a' \cdot b' = 645 \cdot \text{cm}^2$$

$$I_p := 2 \cdot (a'^3 + b'^3) = 1.03 \times 10^3 \cdot \text{mm}^4$$

tehollinen paksuus 5.3.3.1

$$t_e := 1.8 \cdot t = 18 \cdot \text{mm}$$

muotokerroin kohta 5.3.3.1

$$S_0 := \frac{A_0}{l_p \cdot t_e}$$

keskimääräinen suunnittelupaine kohta 5.4.2

$$\sigma_{cd} := \frac{F_{z,d}}{A_0} \quad \sigma_{cd} = 1.891 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_d := G_g$$

$$1.4 \cdot G_d \cdot S_0 = 3.409 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$7 \cdot G_d = 4.9 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{cd} \leq \min(1.4 \cdot G_d \cdot S_0, 7 \cdot G_d) \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{\min(1.4 \cdot G_d \cdot S_0, 7 \cdot G_d)} = 0.555$$

liukuma

$$\varepsilon_{q,d} := 0$$

kiertymä

$$\varepsilon_{\alpha,d} := 0$$

nurjahtaminen kohta 5.4.4

$$t = 10 \cdot \text{mm} < \frac{a'}{4} = 75 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } t \leq \frac{a'}{4} \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{t \cdot 4}{a'} = 0.133$$

Pystysuuntainen kokoonpuristuma kohta 5.3.3.7

$$E_b := 2000 \text{ MPa}$$

$$v_c := \frac{F_{z,d} \cdot t_e}{A_0} \cdot \left(\frac{1}{5 \cdot G_d \cdot S_0^2} + \frac{1}{E_b} \cdot 0 \right) = 0.804 \cdot \text{mm}$$

$$\varepsilon_{c,d} := v_c$$

$$K_L := 1$$

maksimuunnittelumuodonmuutos kohta 5.3.3

$$\varepsilon_{t,d} := K_L \cdot (\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{\alpha,d}) = 0.804 \cdot \text{mm}$$

sallittu pystysuuntainen kokoonpuristuma

$$\gamma_m := 1$$

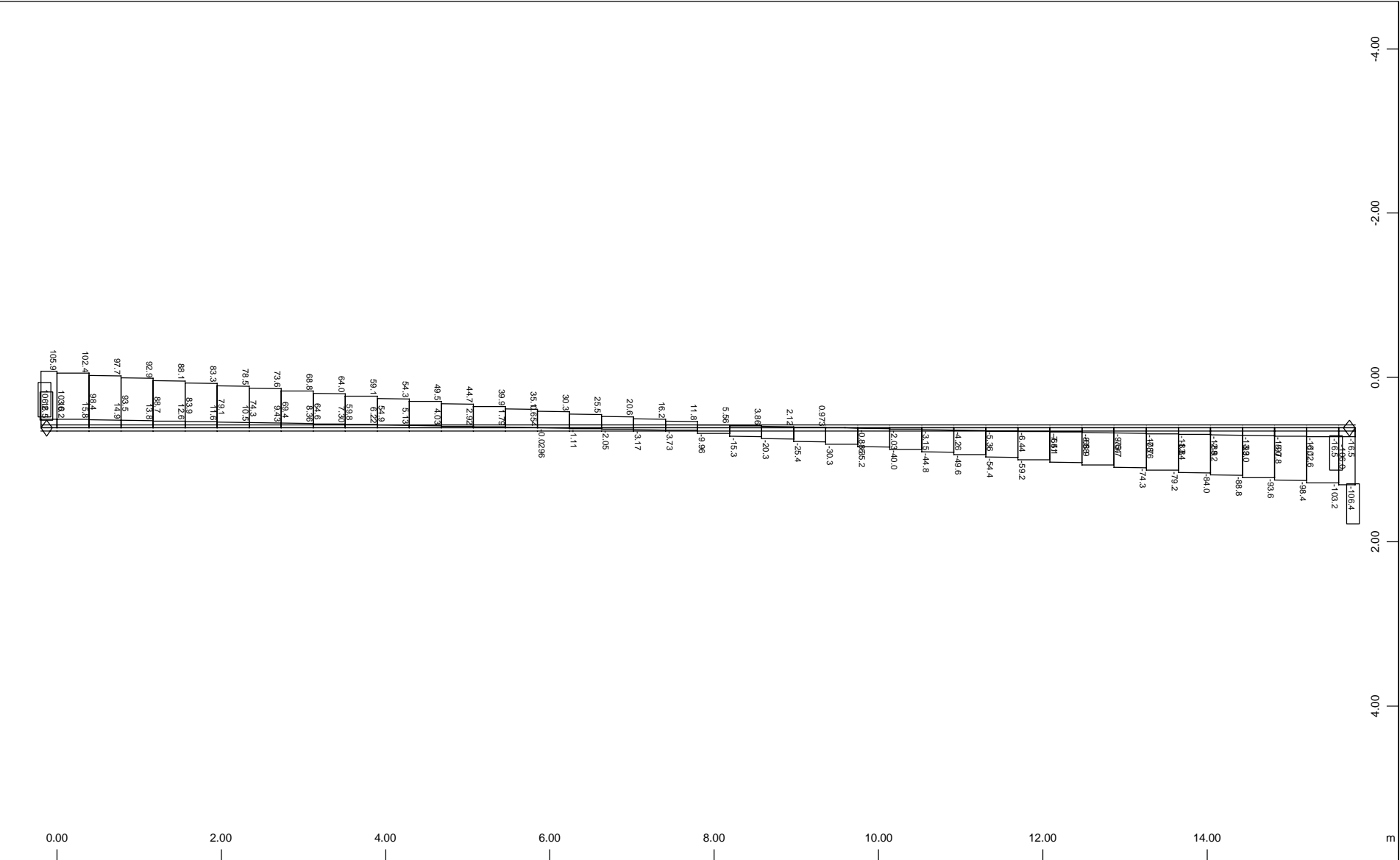
$$\varepsilon_{u,k} := 0.15 \cdot t = 1.5 \cdot \text{mm} \quad \text{sallittu arvo 15 \% laakerin paksuudesta}$$

$$\varepsilon_{u,d} := \frac{\varepsilon_{u,k}}{\gamma_m} = 1.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \varepsilon_{t,d} \leq \varepsilon_{u,d} \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{\varepsilon_{t,d}}{\varepsilon_{u,d}} = 0.536$$

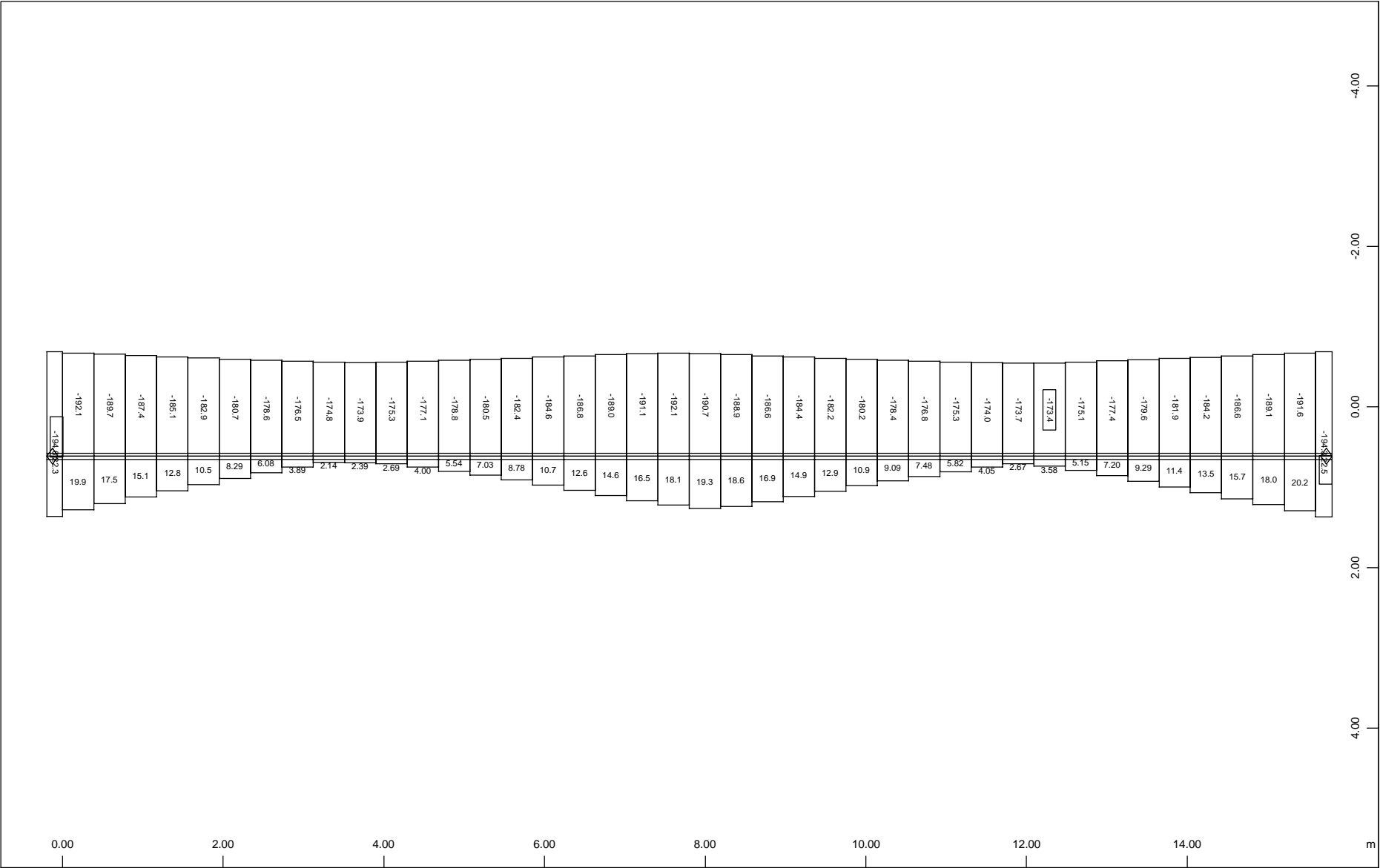
MRT_1. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-16.5) (Max=106.2)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-106.4) (Max=16.5)

M 1 : 65

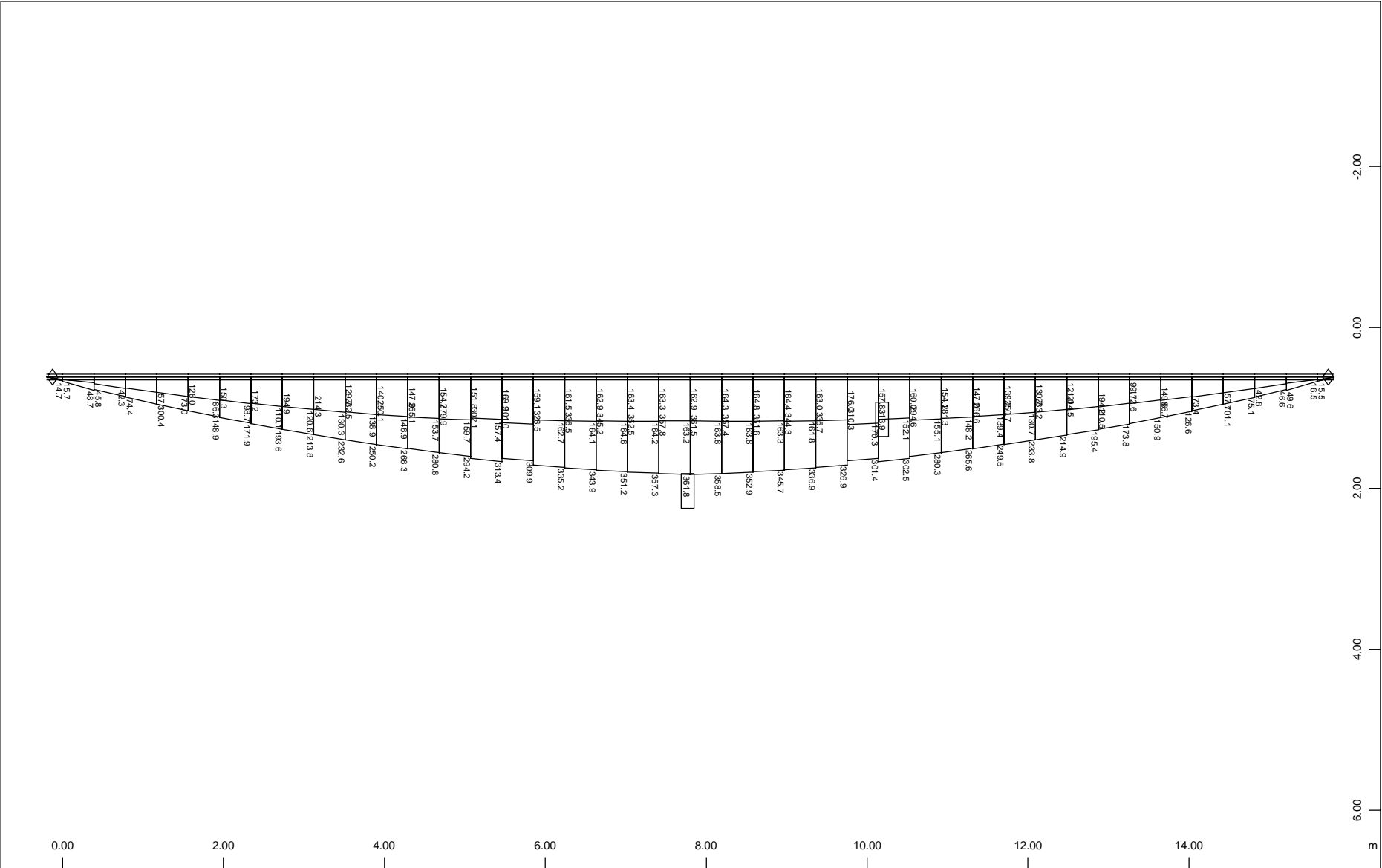
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Max=22.5)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-194.6) (Max=-173.4)

M 1 : 67

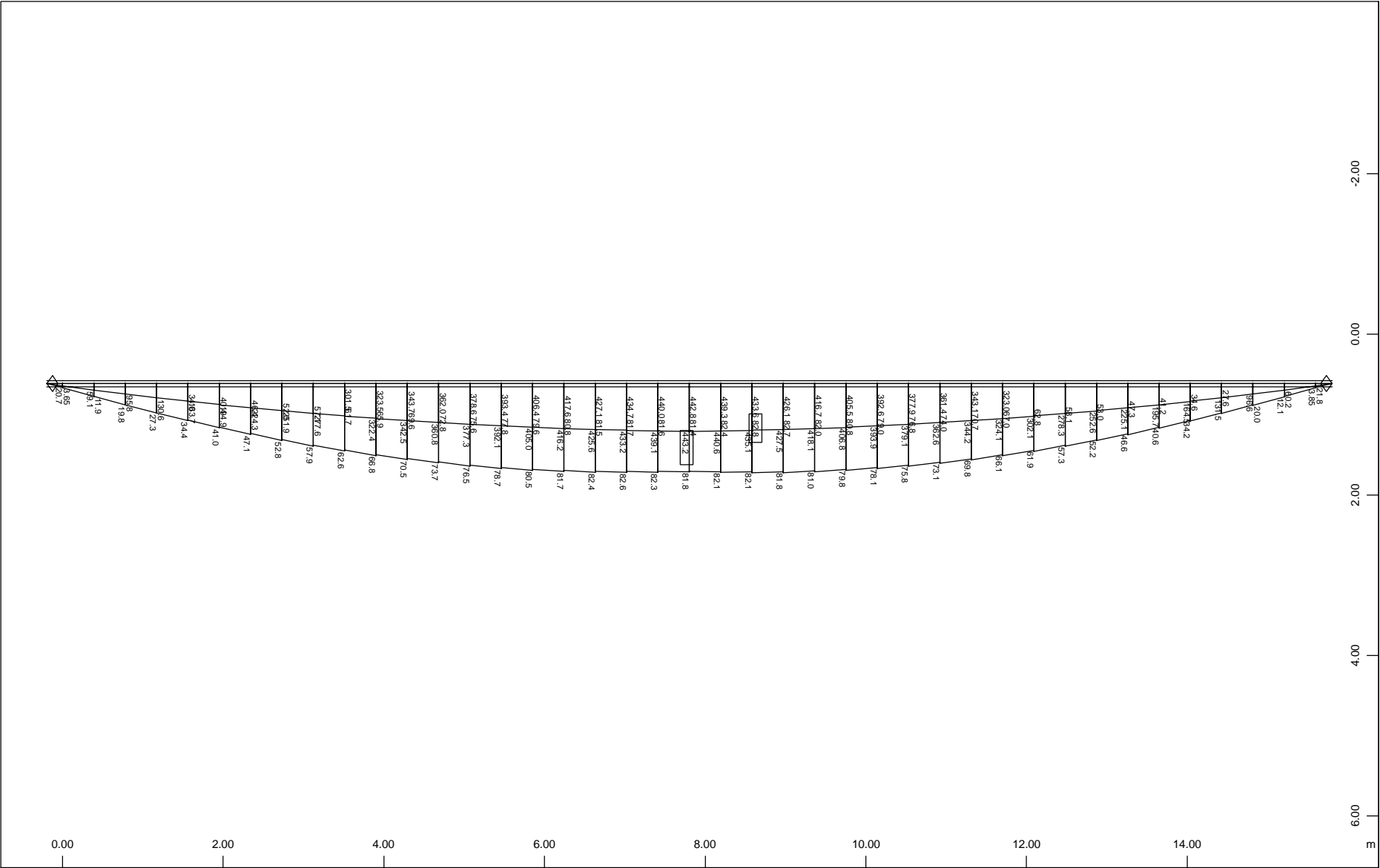
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=313.9)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=361.8)

M 1 : 67

Taivutusmomentti: My

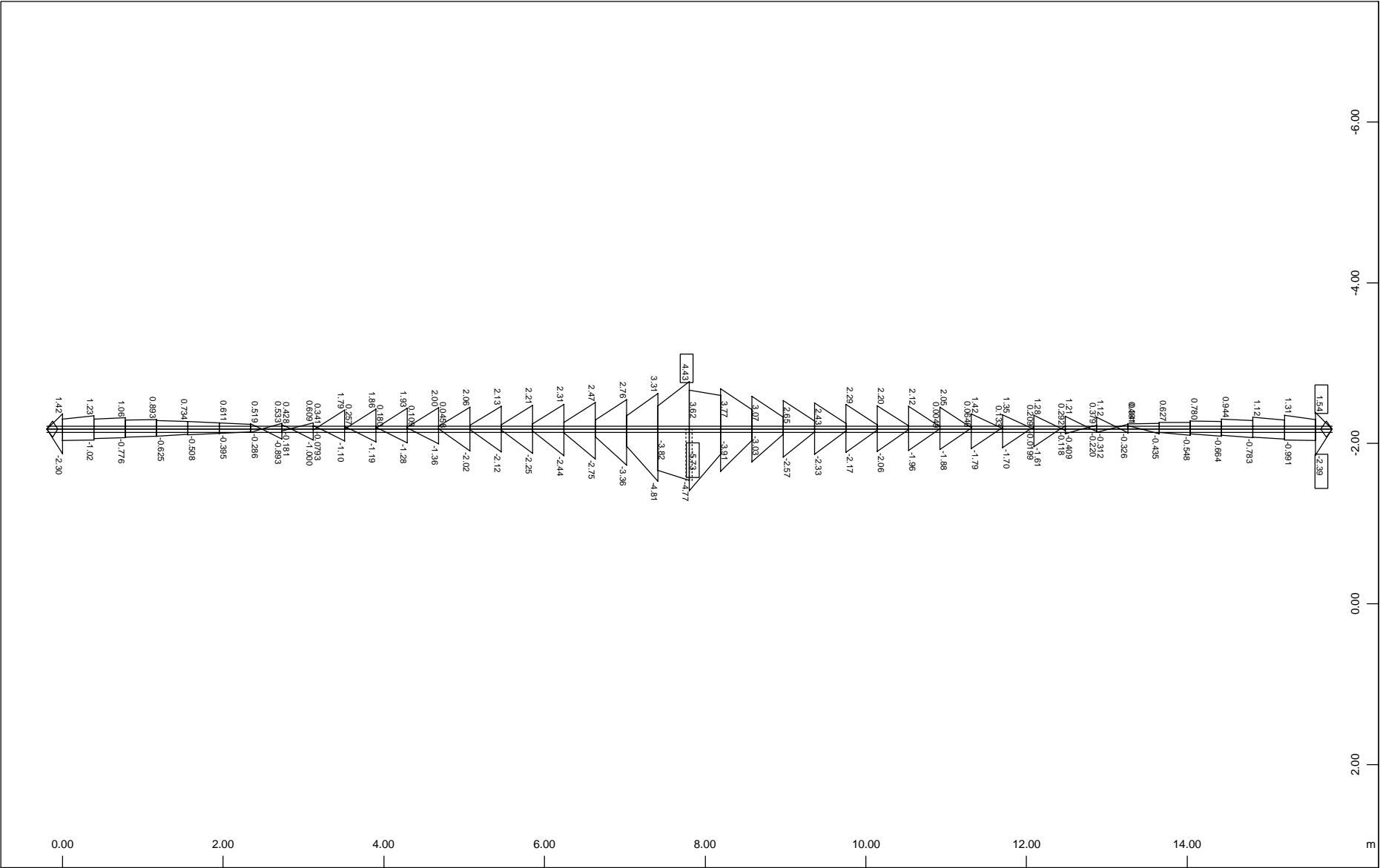


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 500.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=443.2)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=82.8)

M 1 : 67

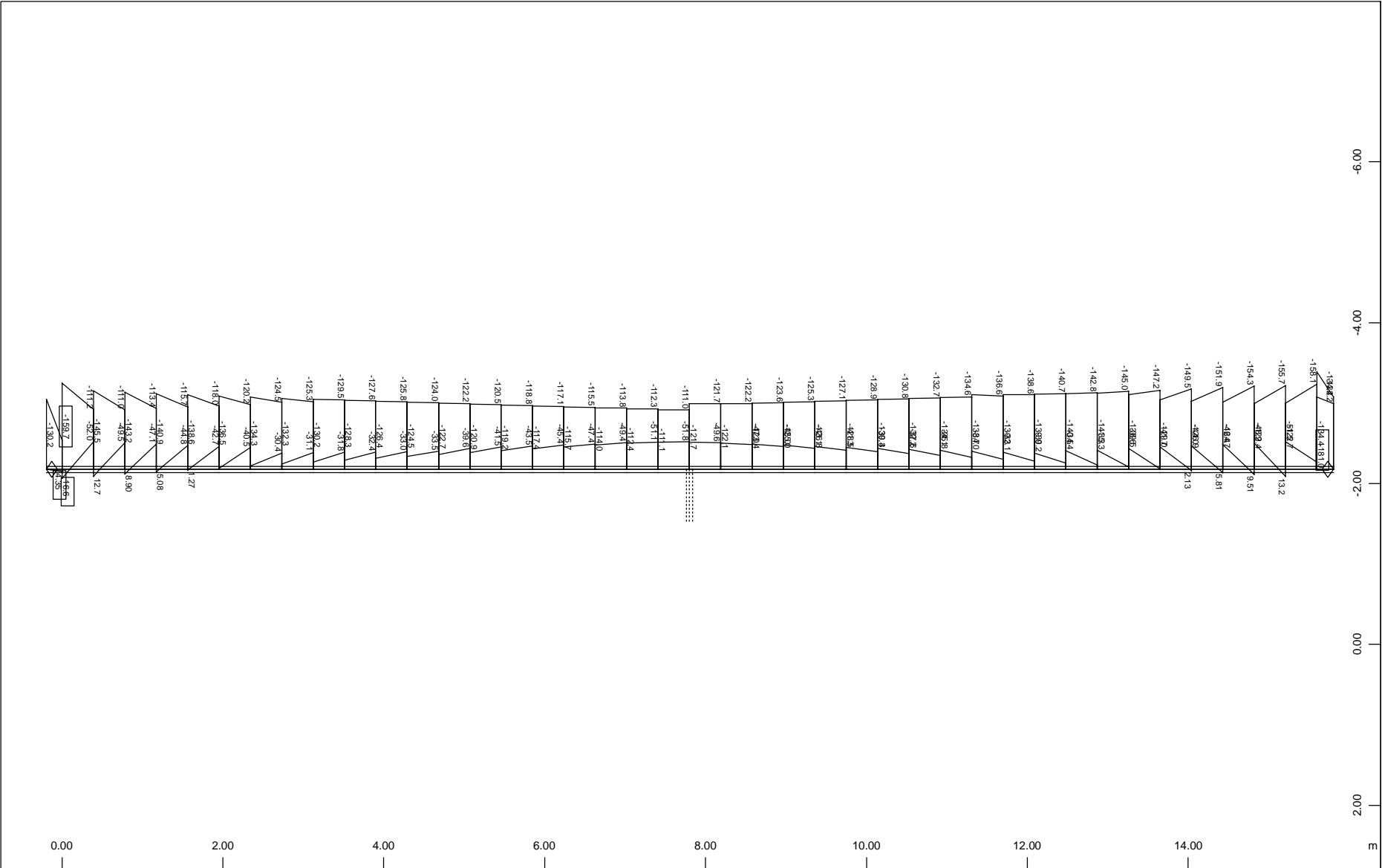
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.73) (Max=1.54)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-2.39) (Max=4.43)

M 1 : 67

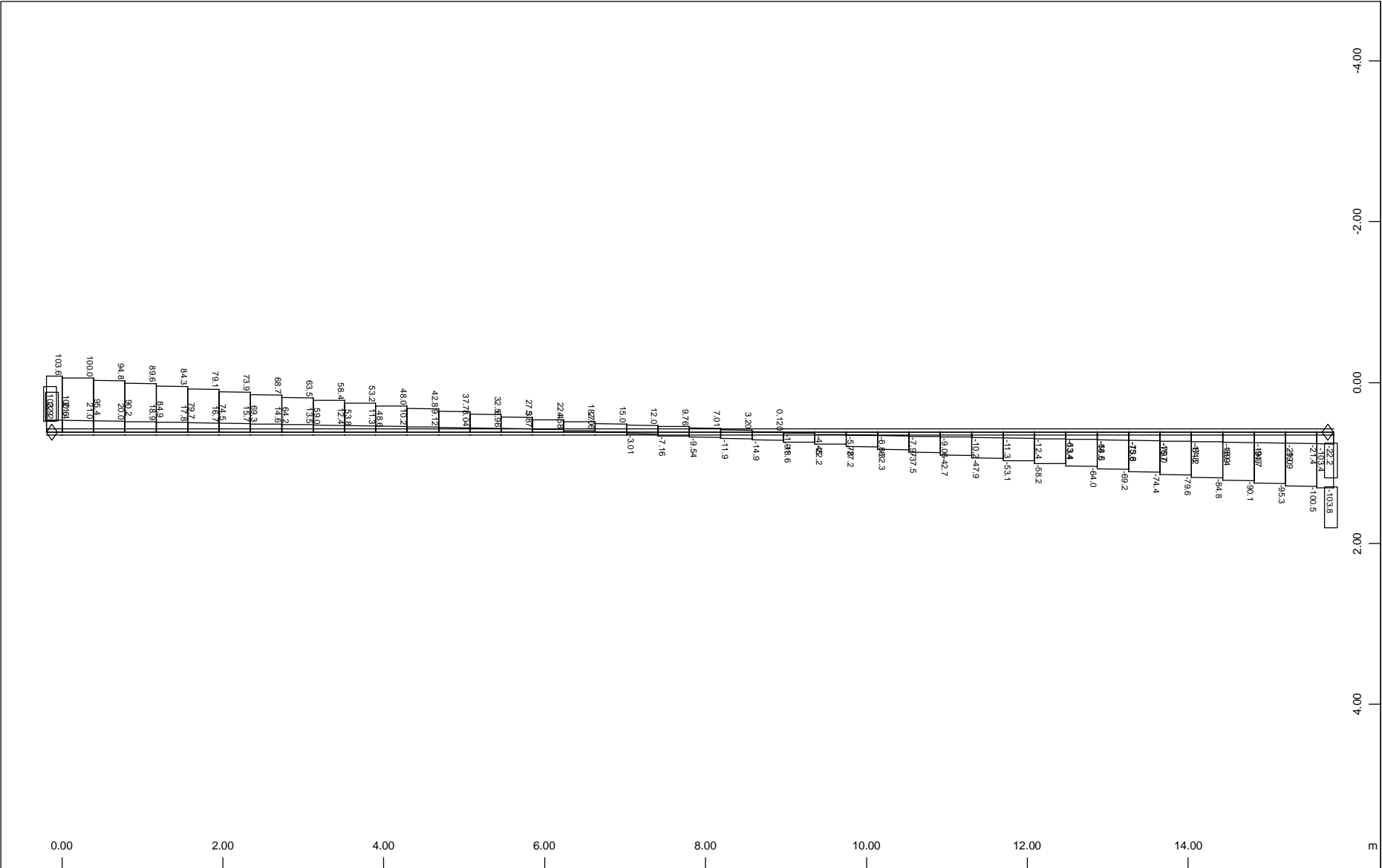
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-181.0) (Max=16.6)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-159.7) (Max=4.35)

M 1 : 67

MRT_1. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-22.2) (Max=103.9)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-103.8) (Max=22.2)

M 1 : 67

Approx. X-Value	Y-Value	Color
0.0	4.95	Blue
0.5	4.85	Blue
1.0	4.75	Blue
1.5	4.65	Blue
2.0	4.55	Blue
2.5	4.45	Blue
3.0	4.35	Blue
3.2	4.25	Red
3.5	4.15	Blue
4.0	4.05	Blue
4.5	3.95	Blue
5.0	3.85	Blue
5.5	3.75	Blue
6.0	3.65	Blue
6.5	3.55	Blue
7.0	3.45	Blue
7.2	3.35	Red
7.5	3.25	Blue
8.0	3.15	Blue
8.5	3.05	Blue
9.0	2.95	Blue
9.5	2.85	Blue
10.0	2.75	Blue
10.5	2.65	Blue
11.0	2.55	Blue
11.5	2.45	Blue
12.0	2.35	Blue
12.5	2.25	Blue
13.0	2.15	Blue
13.5	2.05	Blue
14.0	1.95	Blue
14.5	1.85	Blue
15.0	1.75	Blue
15.5	1.65	Blue
16.0	1.55	Blue
16.5	1.45	Blue
17.0	1.35	Blue
17.5	1.25	Blue
18.0	1.15	Blue
18.5	1.05	Blue
19.0	0.95	Blue
19.5	0.85	Blue
20.0	0.75	Blue
20.5	0.65	Blue
21.0	0.55	Blue
21.5	0.45	Blue
22.0	0.35	Blue
22.5	0.25	Blue
23.0	0.15	Blue
23.5	0.05	Blue
24.0	-0.05	Blue
24.5	-0.15	Blue
25.0	-0.25	Blue
25.5	-0.35	Blue
26.0	-0.45	Blue
26.5	-0.55	Blue
27.0	-0.65	Blue
27.5	-0.75	Blue
28.0	-0.85	Blue
28.5	-0.95	Blue
29.0	-1.05	Blue
29.5	-1.15	Blue
30.0	-1.25	Blue
30.5	-1.35	Blue
31.0	-1.45	Blue
31.5	-1.55	Blue
32.0	-1.65	Blue
32.5	-1.75	Blue
33.0	-1.85	Blue
33.5	-1.95	Blue
34.0	-2.05	Blue
34.5	-2.15	Blue
35.0	-2.25	Blue
35.5	-2.35	Blue
36.0	-2.45	Blue
36.5	-2.55	Blue
37.0	-2.65	Blue
37.5	-2.75	Blue
38.0	-2.85	Blue
38.5	-2.95	Blue
39.0	-3.05	Blue
39.5	-3.15	Blue
40.0	-3.25	Blue
40.5	-3.35	Blue
41.0	-3.45	Blue
41.5	-3.55	Blue
42.0	-3.65	Blue
42.5	-3.75	Blue
43.0	-3.85	Blue
43.5	-3.95	Blue
44.0	-4.05	Blue
44.5	-4.15	Blue
45.0	-4.25	Blue
45.5	-4.35	Blue
46.0	-4.45	Blue
46.5	-4.55	Blue
47.0	-4.65	Blue
47.5	-4.75	Blue
48.0	-4.85	Blue

$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-177.2) (Max=-174.0)

M 1 : 67

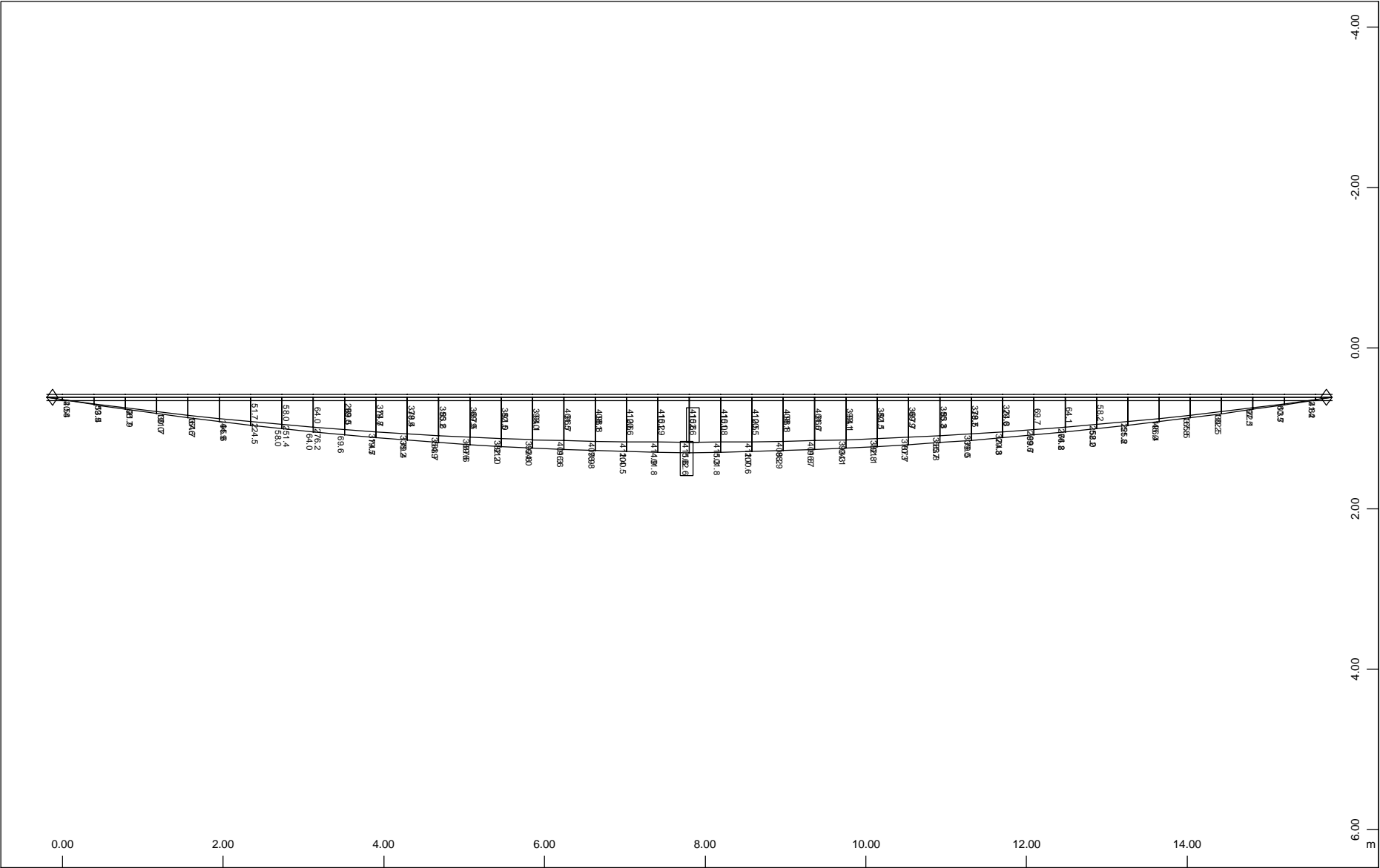


Sector of system Beam Elements Group 2

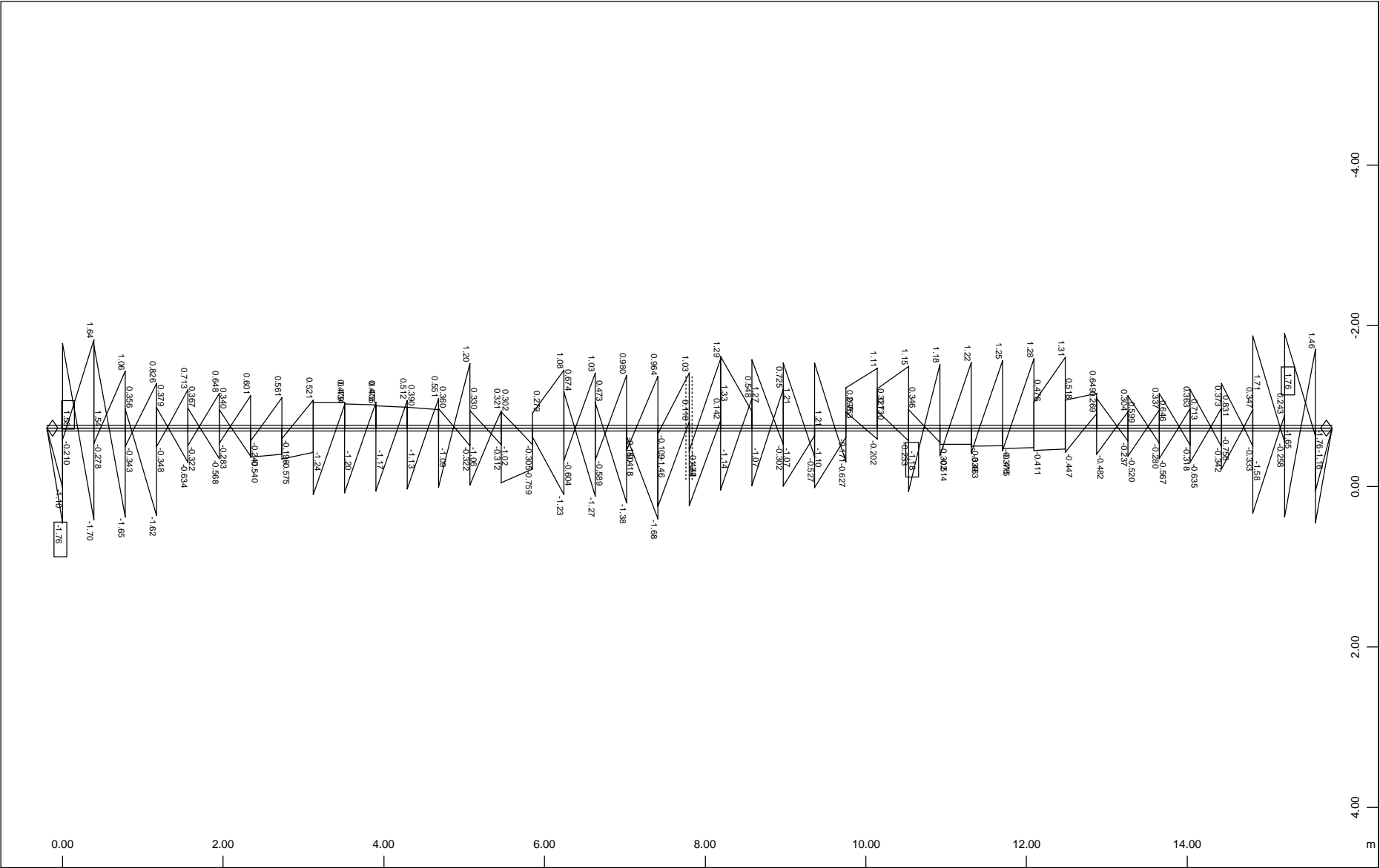
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=319.2)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=243.0)

Taivutusmomentti: My



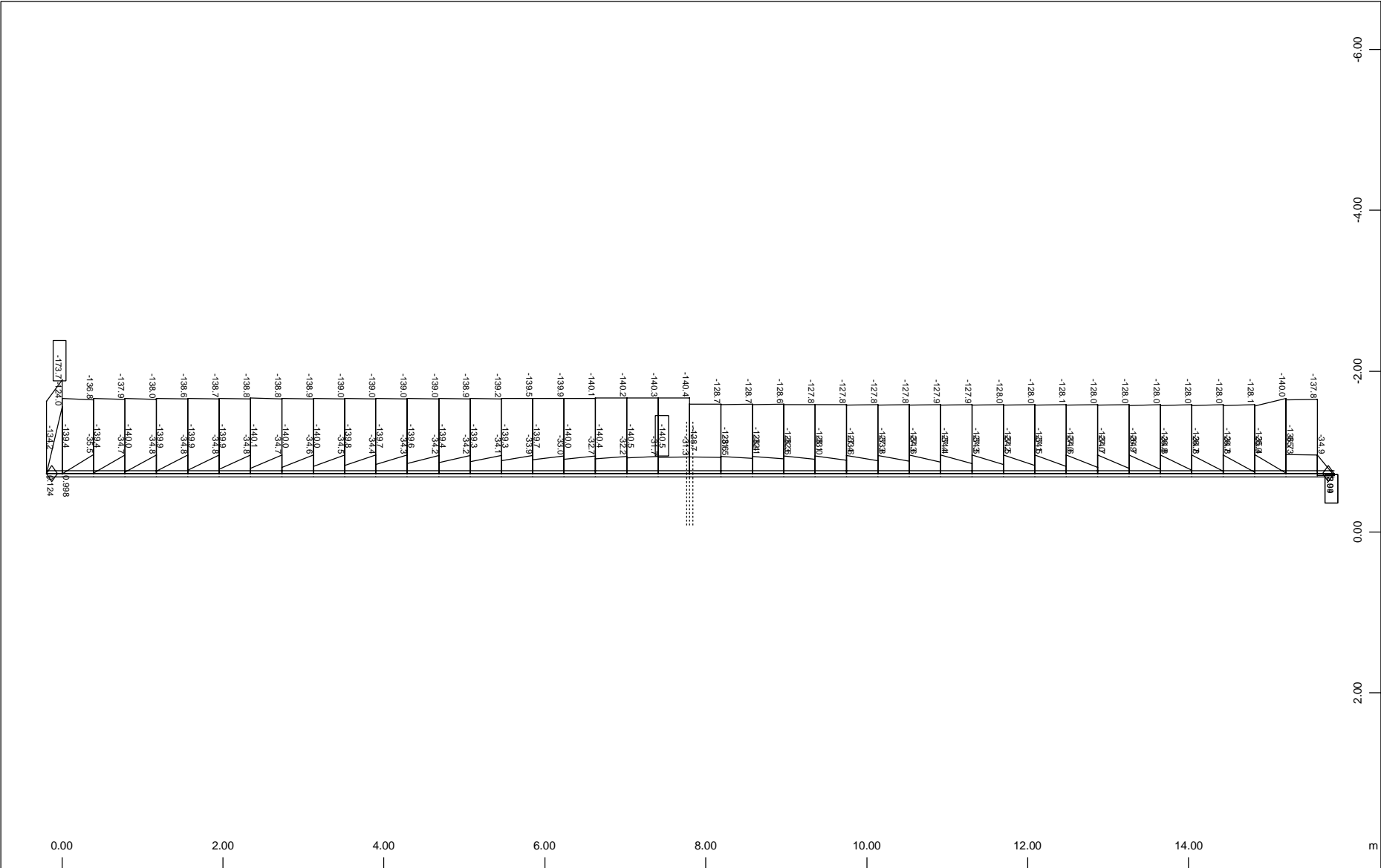
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.18) (Max=1.76)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.76) (Max=1.58)

M 1 : 67

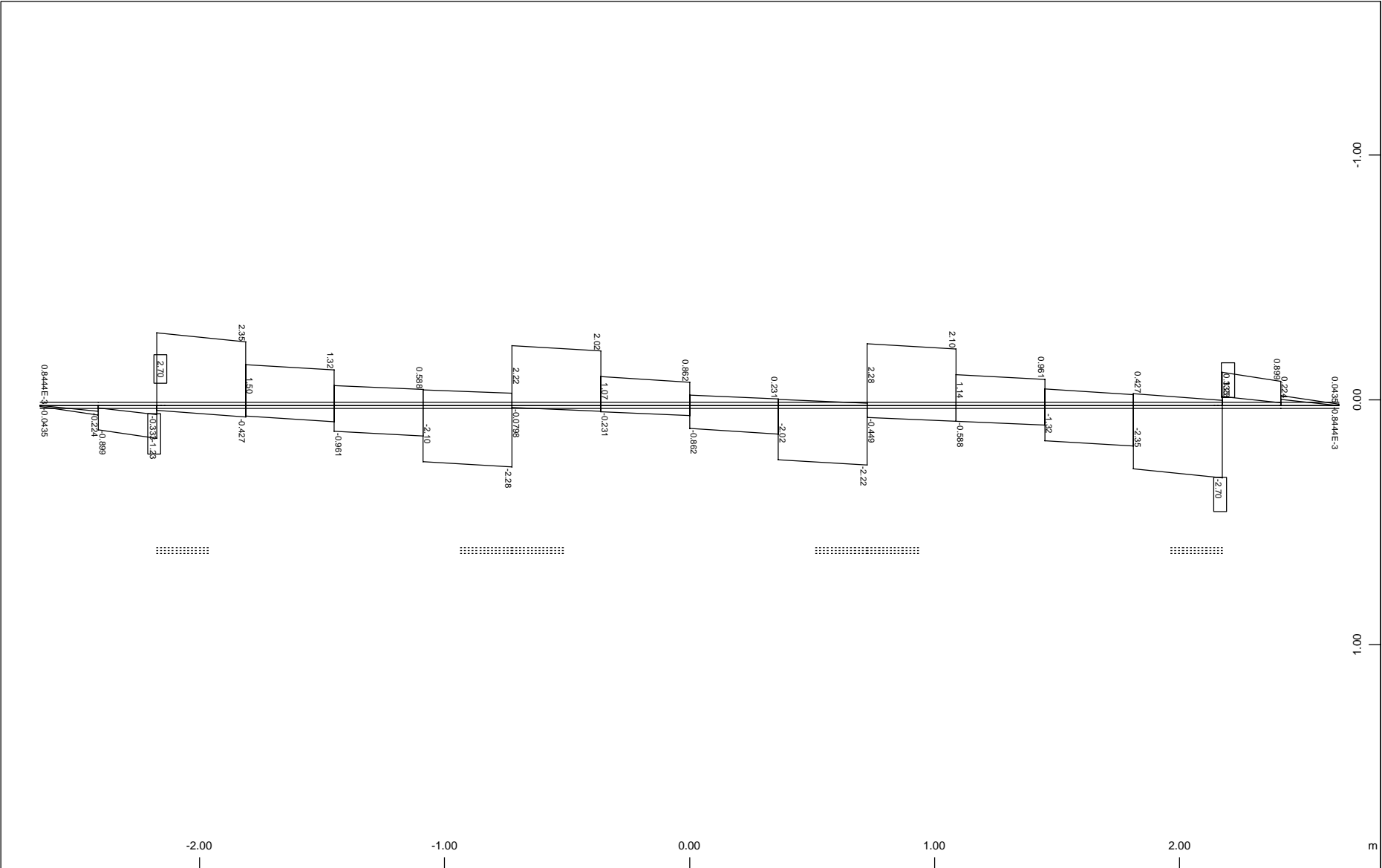
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-173.7) (Max=2.99)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-140.5) (Max=3.04)

M 1 : 67

MRT_1. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.333) (Max=2.70)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.70) (Max=0.333)

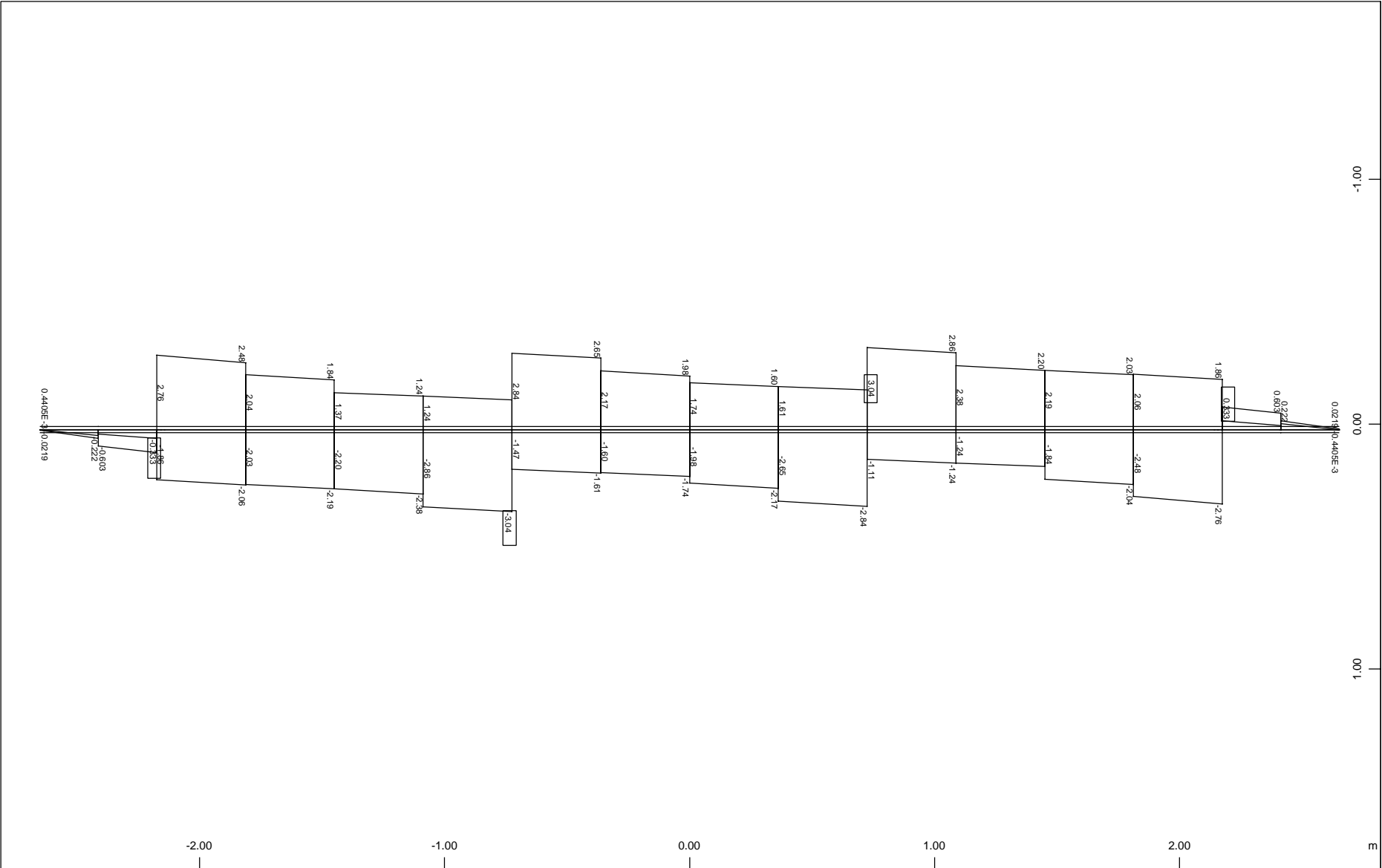
M 1 : 22

[illegible]
$$\begin{array}{c} \text{X}-\text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.08) (Max=0.0102)

M 1 : 22

MRT_1. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

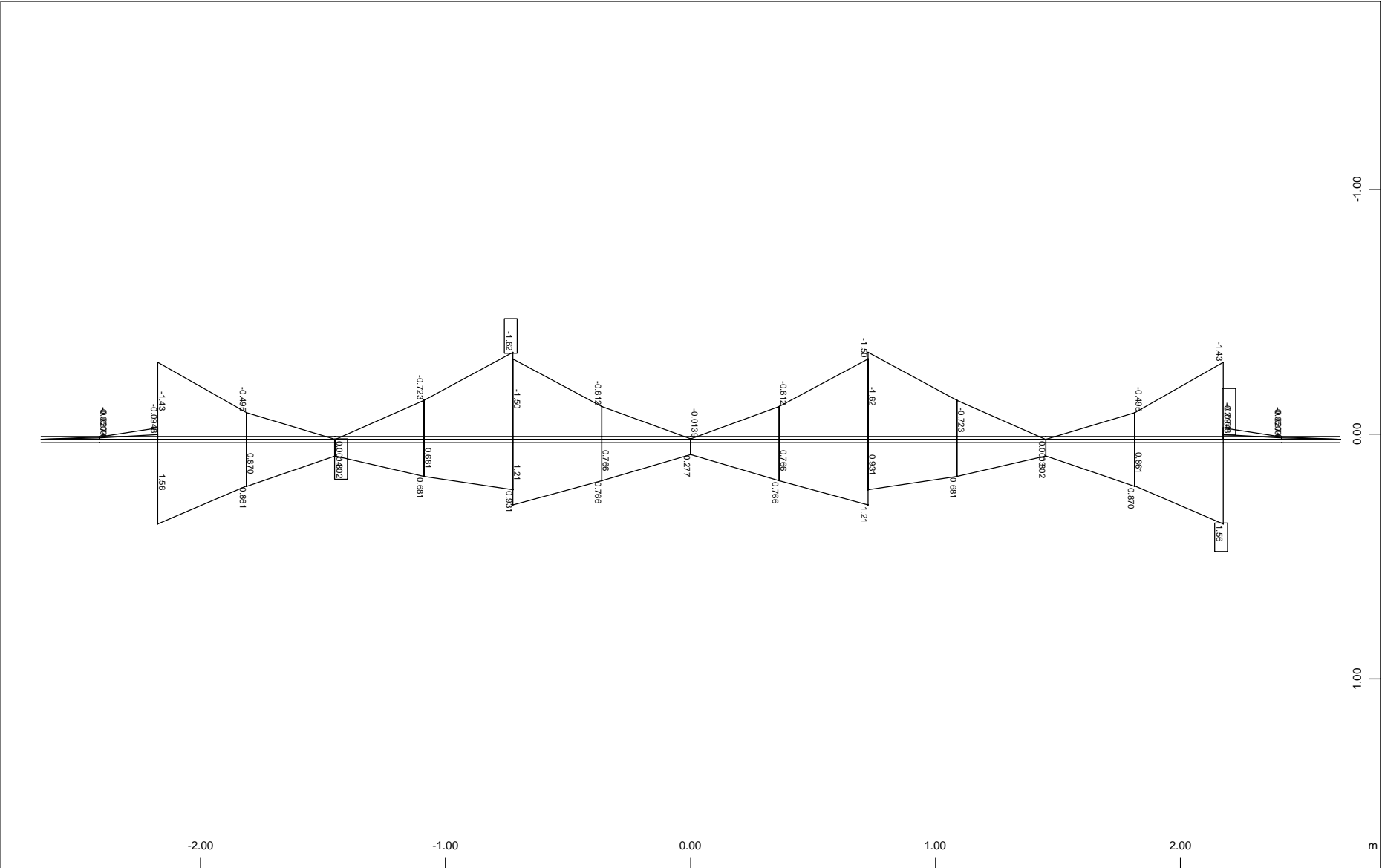


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.333) (Max=3.04)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-3.04) (Max=0.333)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

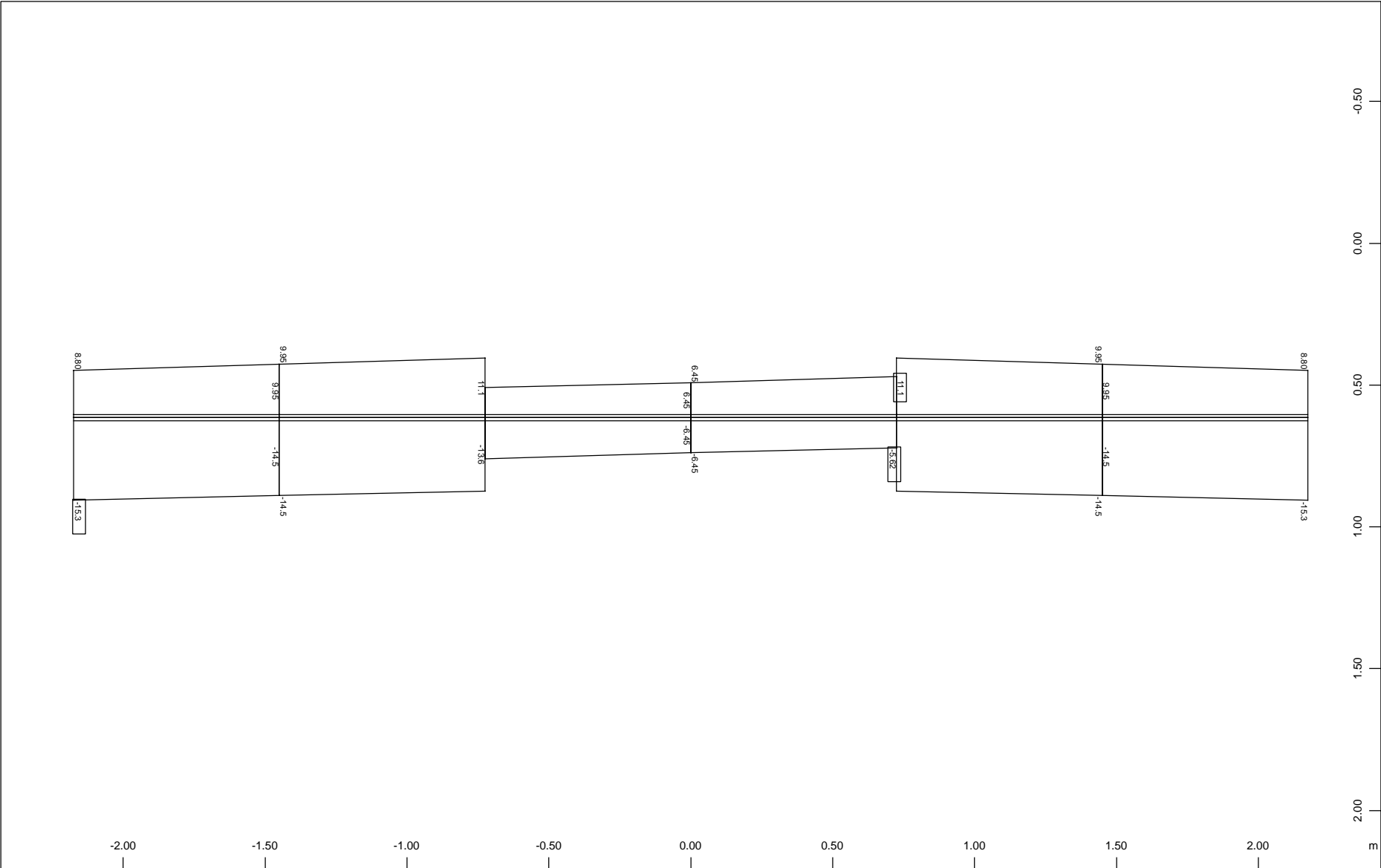


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.0948) (Max=1.56)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.62) (Max=0.0014)

M 1 : 22

MRT_1. poikkituet. Leikkausvoima Vz

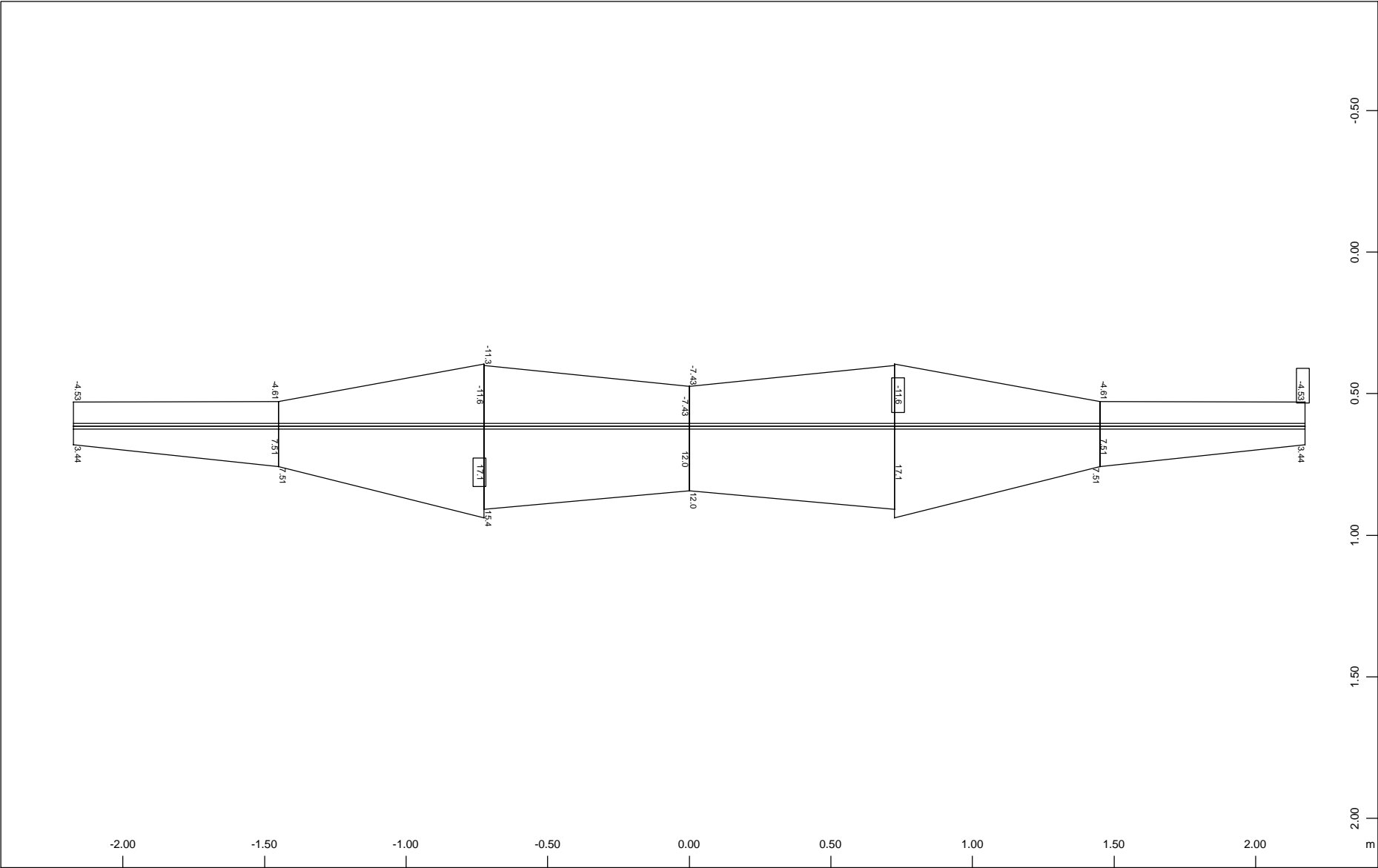


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=11.1)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-15.3) (Max=-5.62)

M 1 : 19

Taivutusmomentti: My

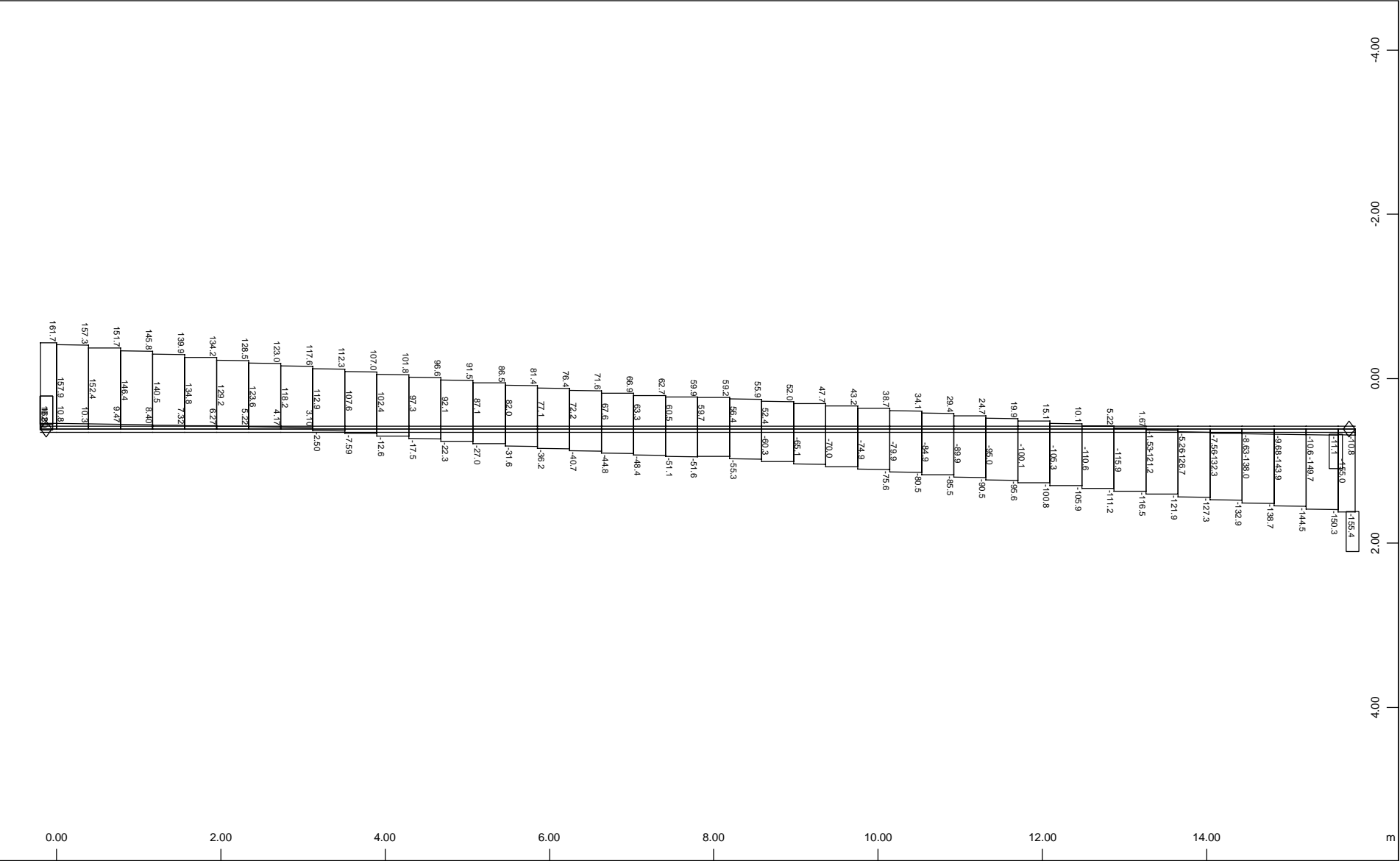


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Max=17.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-11.6) (Max=-4.53)

M 1 : 19

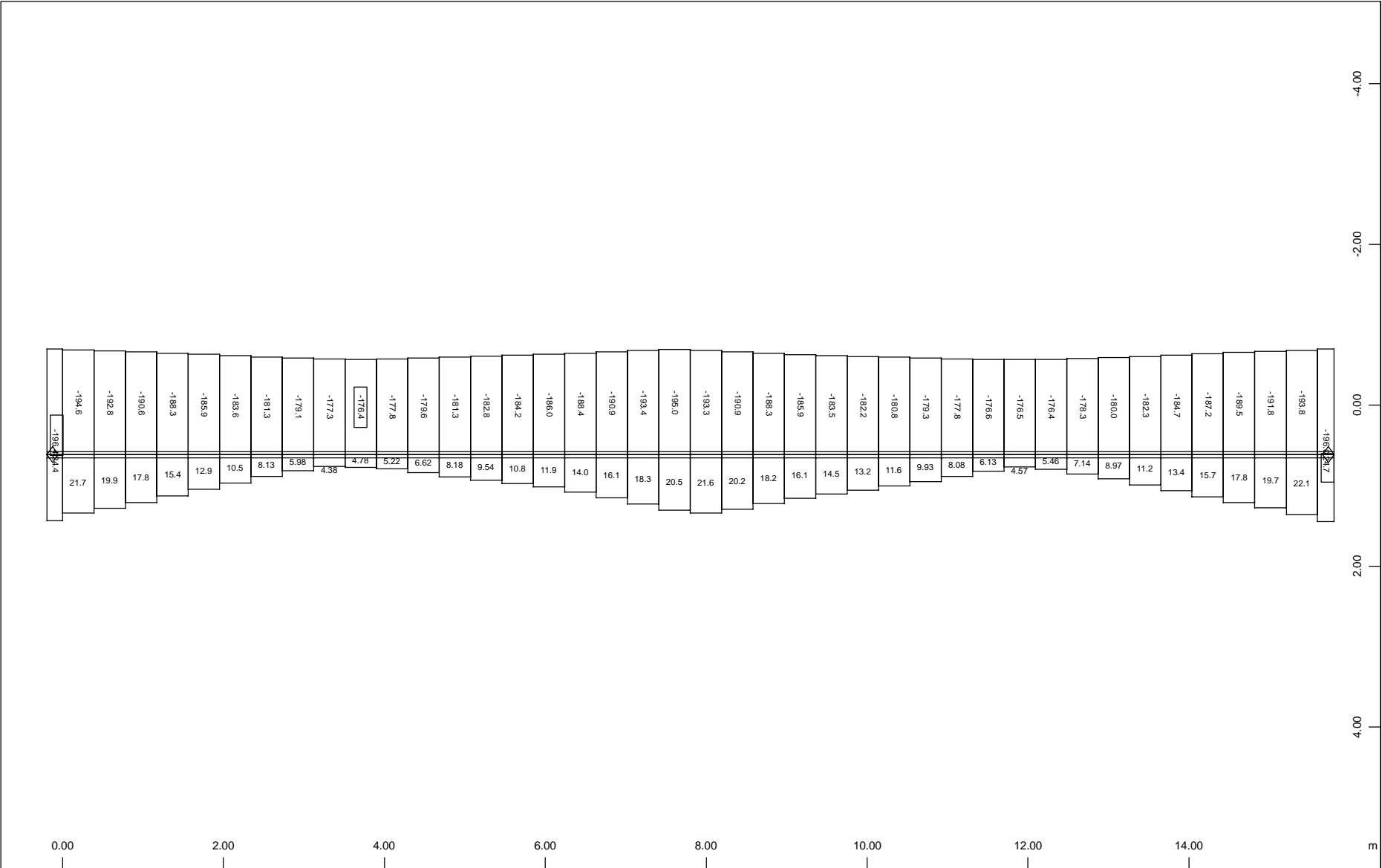
MRT_2. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Y X
Z
Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-11.1) (Max=162.0)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-155.4) (Max=10.8)

M 1 : 65

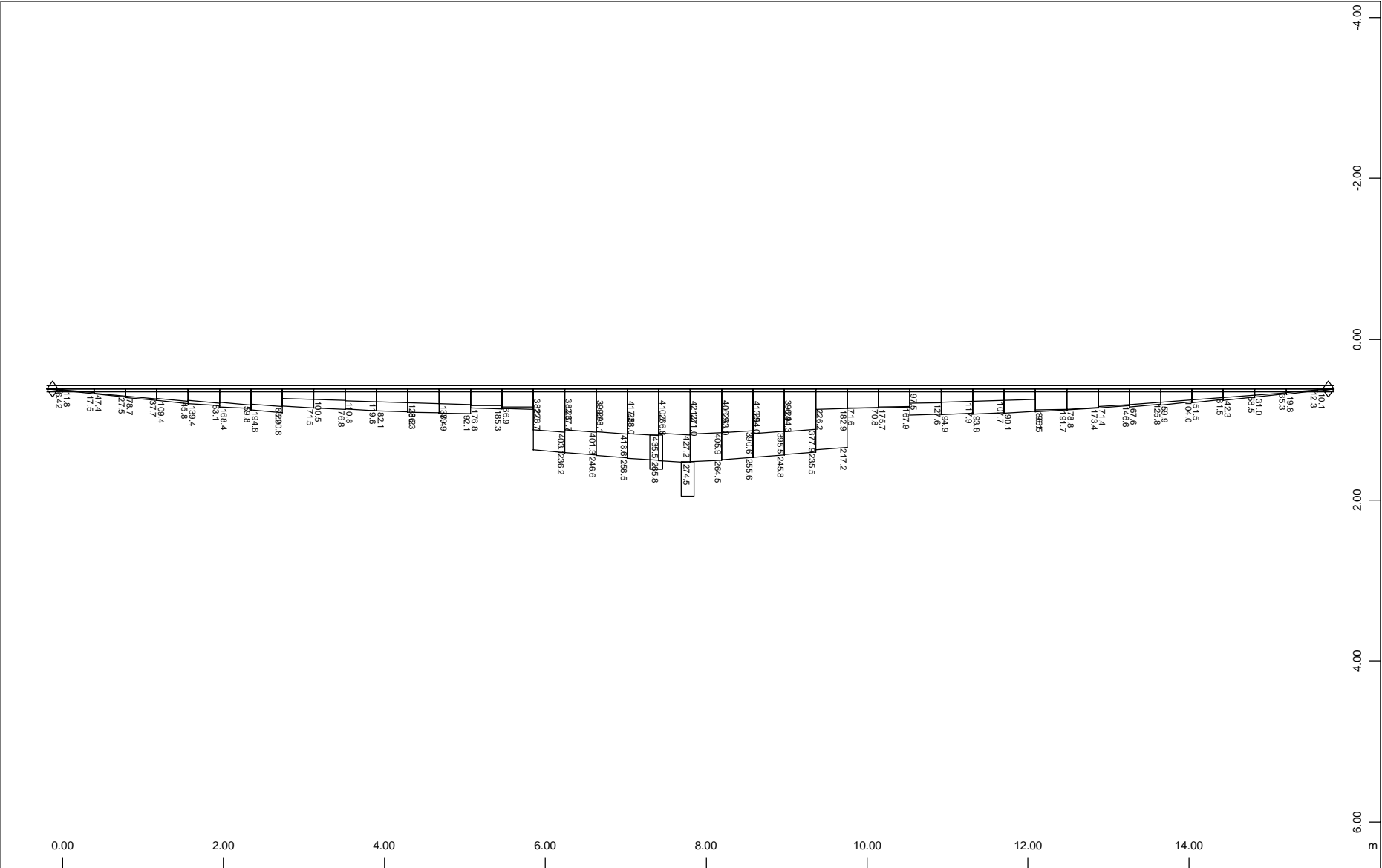
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Max=24.7)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-196.4) (Max=-176.4)

M 1 : 67

Nx vastaava taivutusmomentti: My



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 500.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=435.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=274.5)

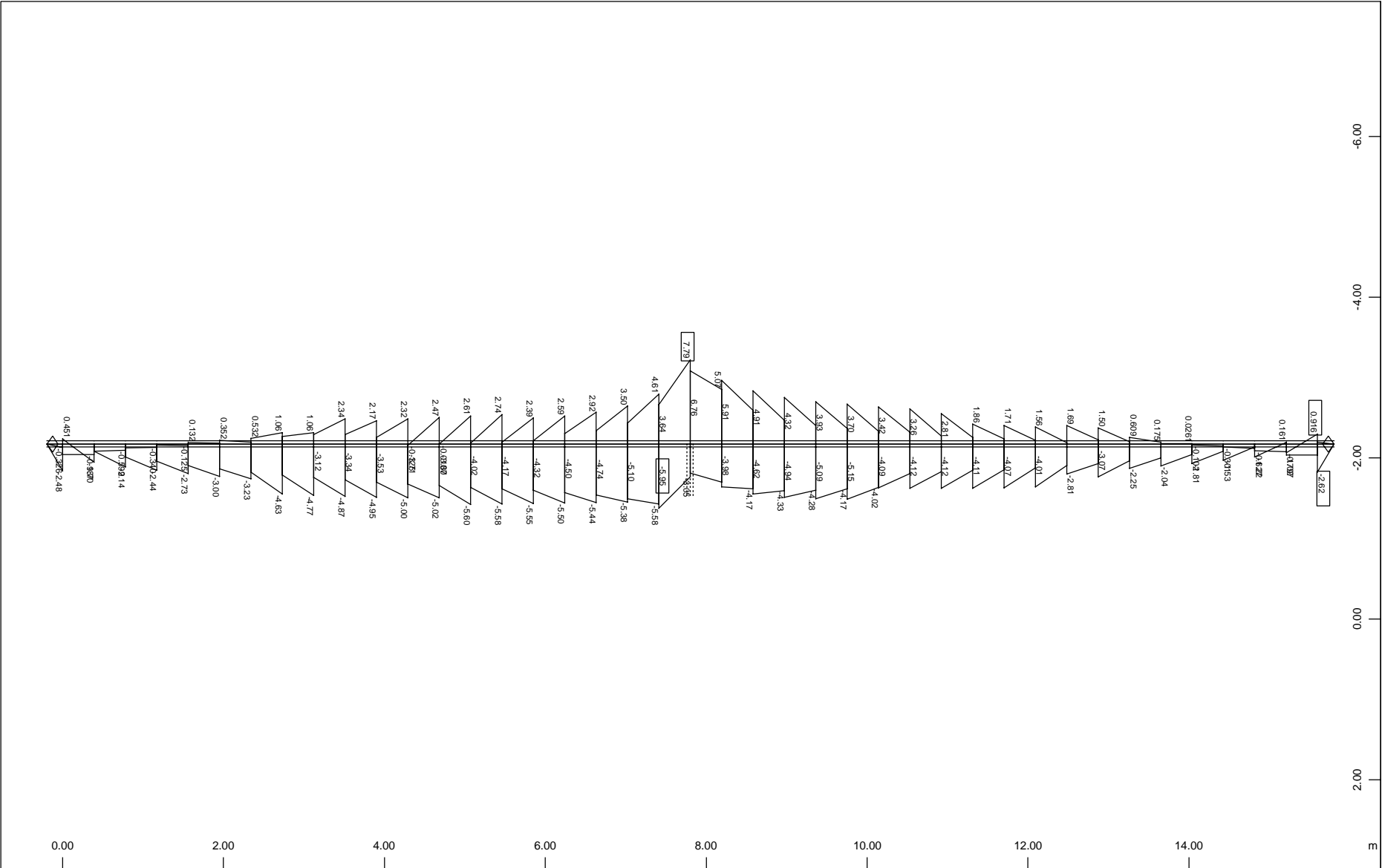
M 1 : 67

$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=54.8)

M 1 : 67

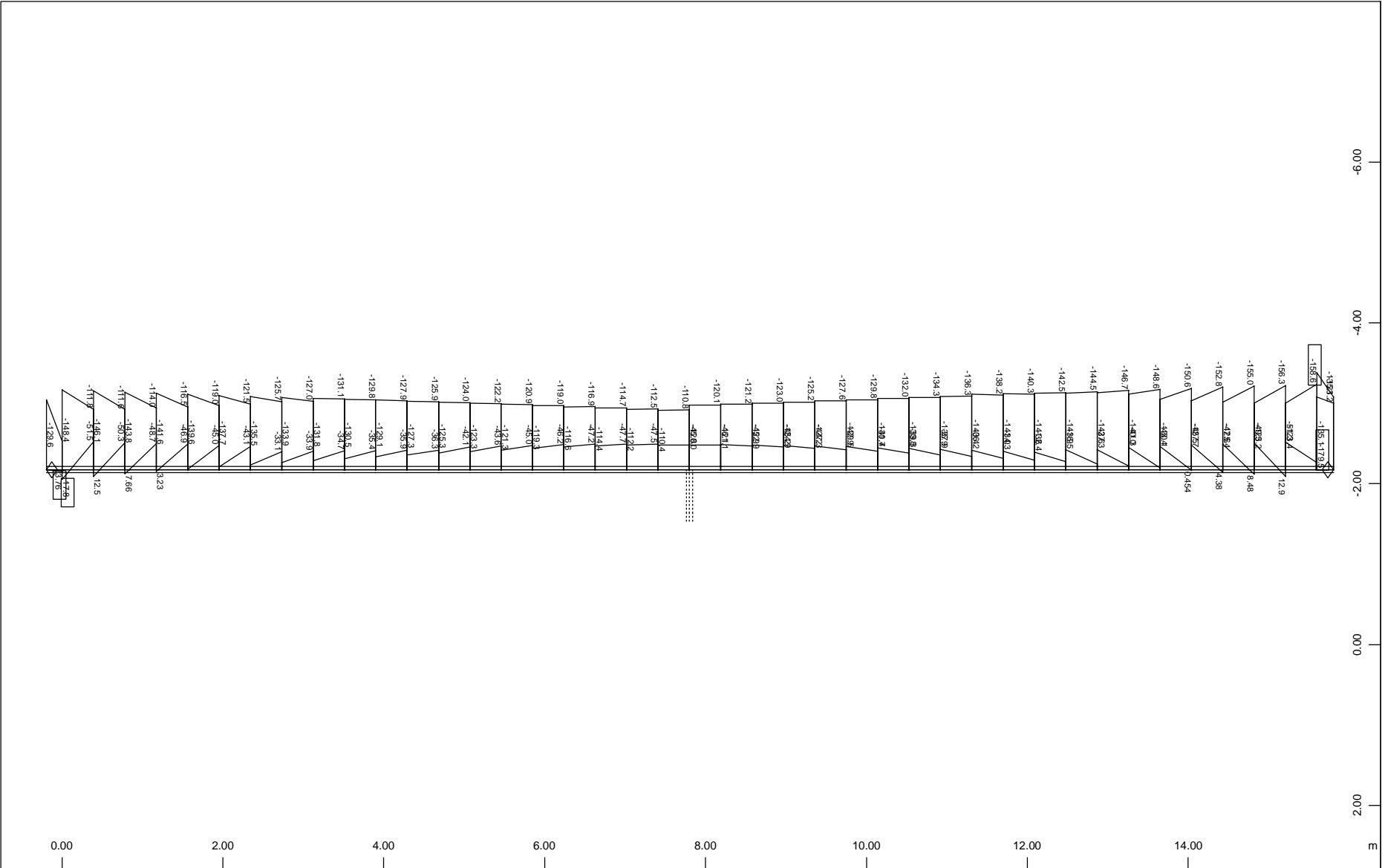
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.95) (Max=0.916)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-2.62) (Max=7.79)

M 1 : 67

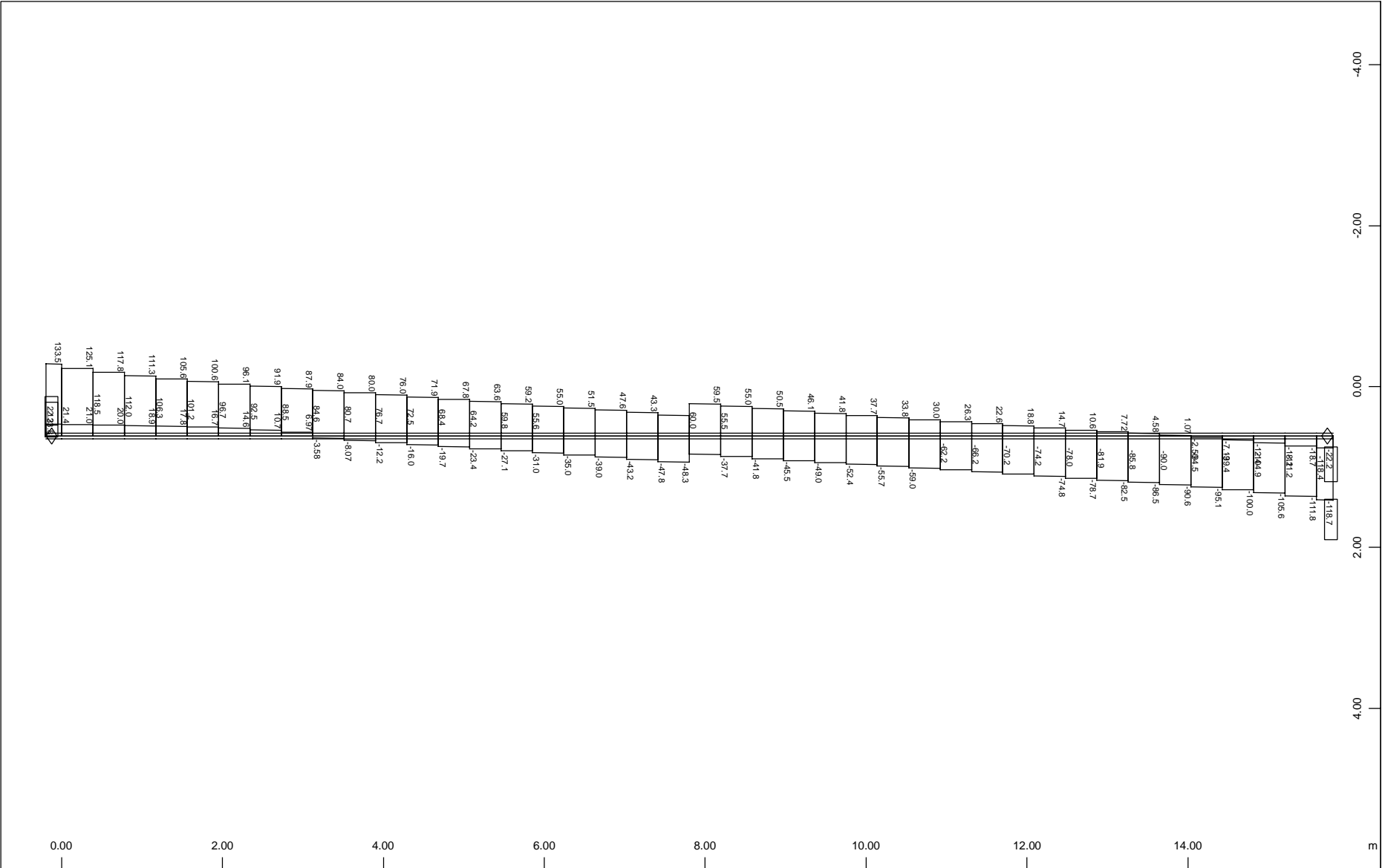
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-179.5) (Max=17.8)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-158.6) (Max=3.76)

M 1 : 67

MRT_2. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

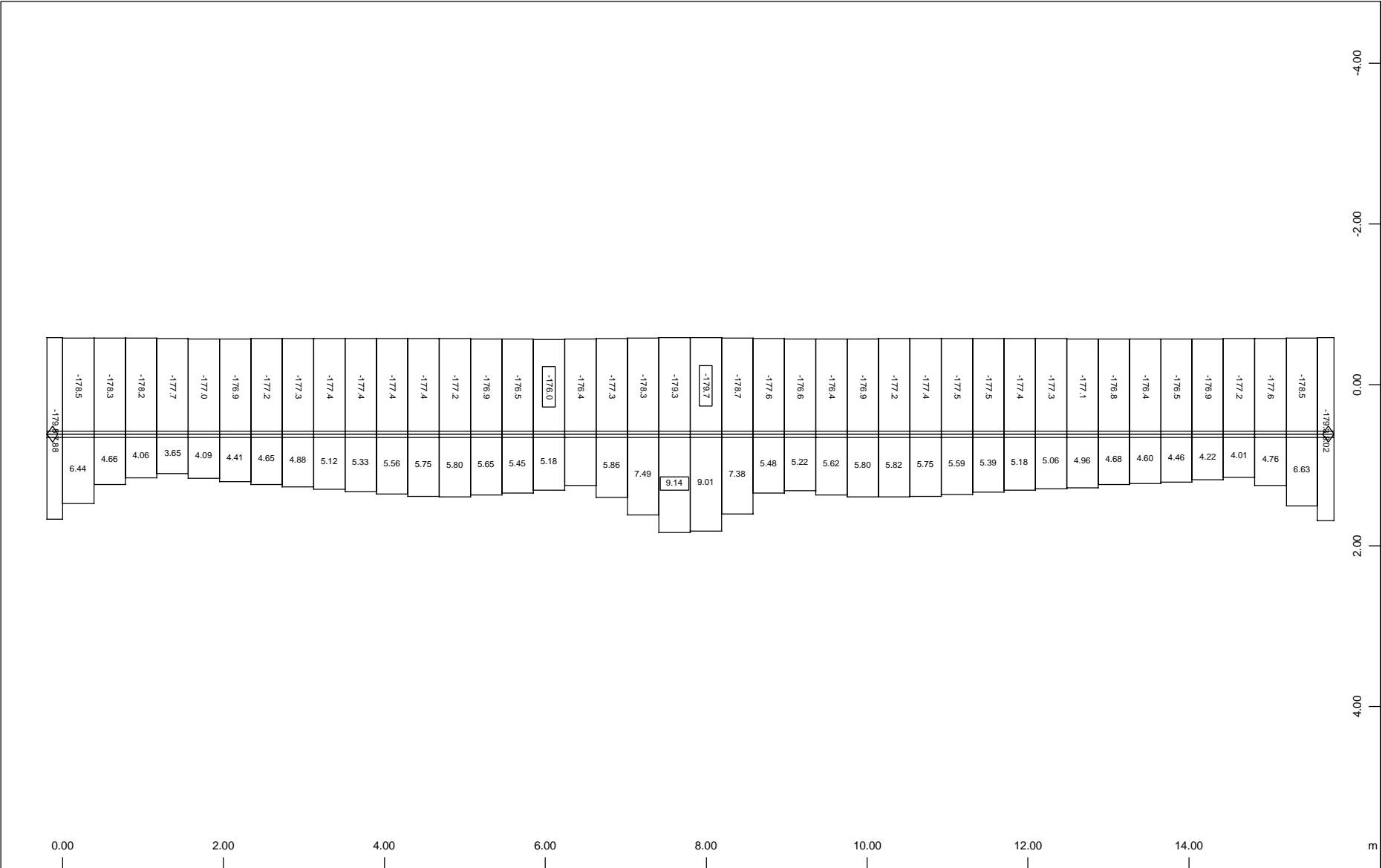


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-22.2) (Max=133.8)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-118.7) (Max=22.2)

M 1 : 67

Normaalivoima: Nx

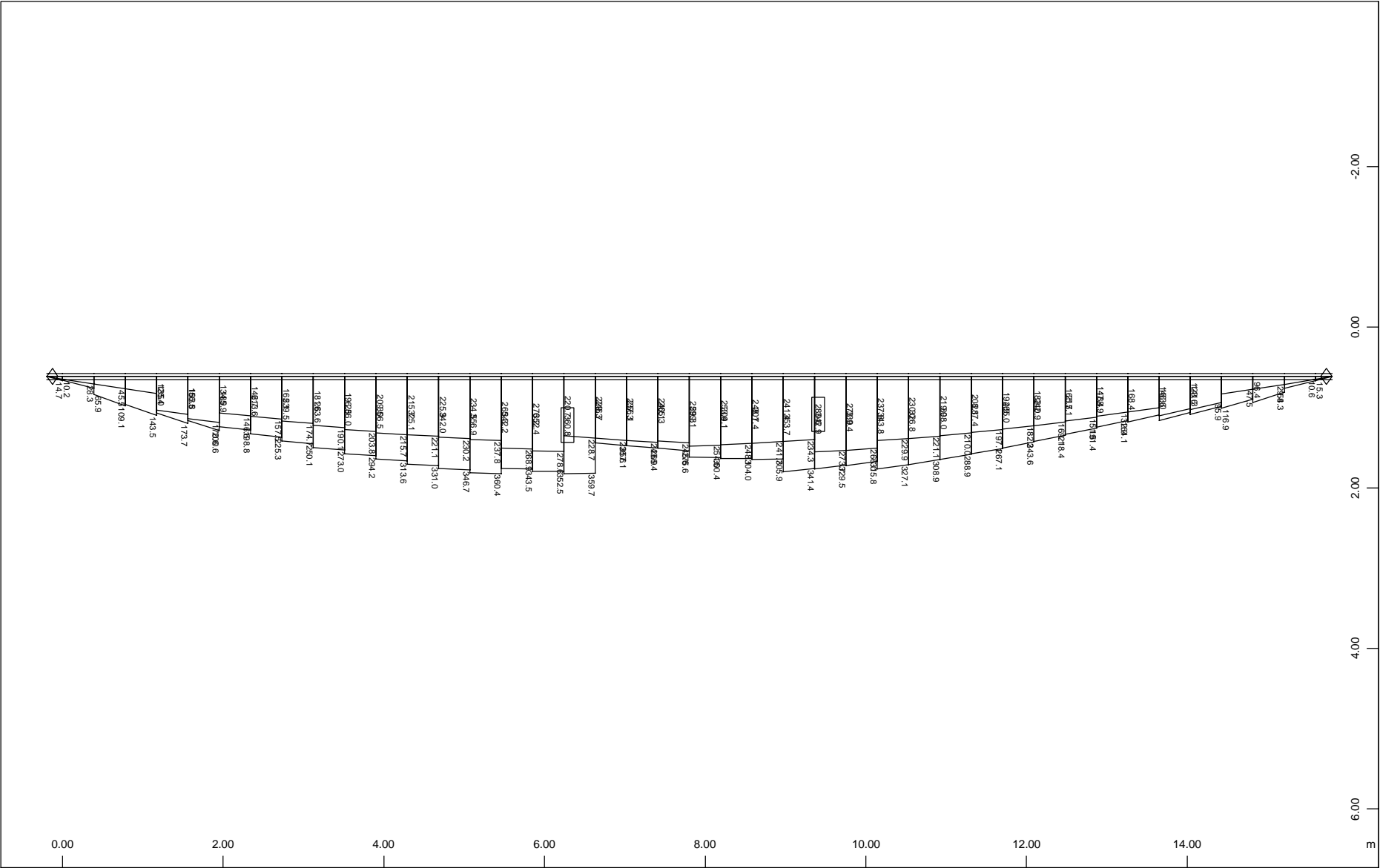


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=9.14)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-179.7) (Max=-176.0)

M 1 : 67

Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=360.8)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=280.6)

M 1 : 67

Diagram illustrating the cross-section of a bridge deck, showing the profile and dimensions. The diagram includes a scale bar at the bottom indicating distances from 0.00 to 16.00. The vertical axis represents elevation, with values ranging from 0.00 to 100.00. The horizontal axis represents distance along the bridge deck.

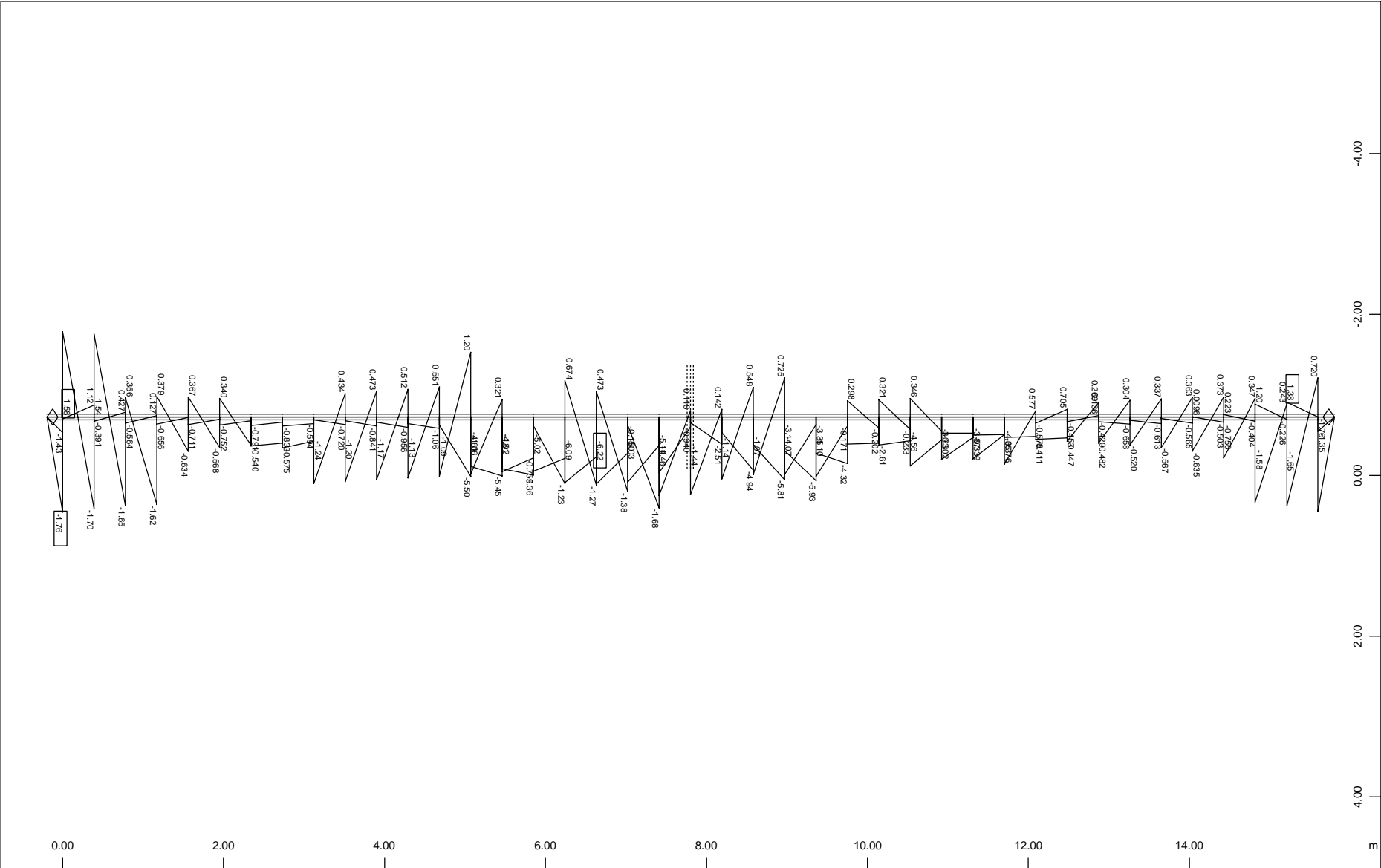
Distance (m)	Elevation (m)
0.00	100.00
0.50	99.98
1.00	99.96
1.50	99.94
2.00	99.92
2.50	99.90
3.00	99.88
3.50	99.86
4.00	99.84
4.50	99.82
5.00	99.80
5.50	99.78
6.00	99.76
6.50	99.74
7.00	99.72
7.50	99.70
8.00	99.68
8.50	99.66
9.00	99.64
9.50	99.62
10.00	99.60
10.50	99.58
11.00	99.56
11.50	99.54
12.00	99.52
12.50	99.50
13.00	99.48
13.50	99.46
14.00	99.44
14.50	99.42
15.00	99.40
15.50	99.38
16.00	99.36

$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=102.6)

M 1 : 67

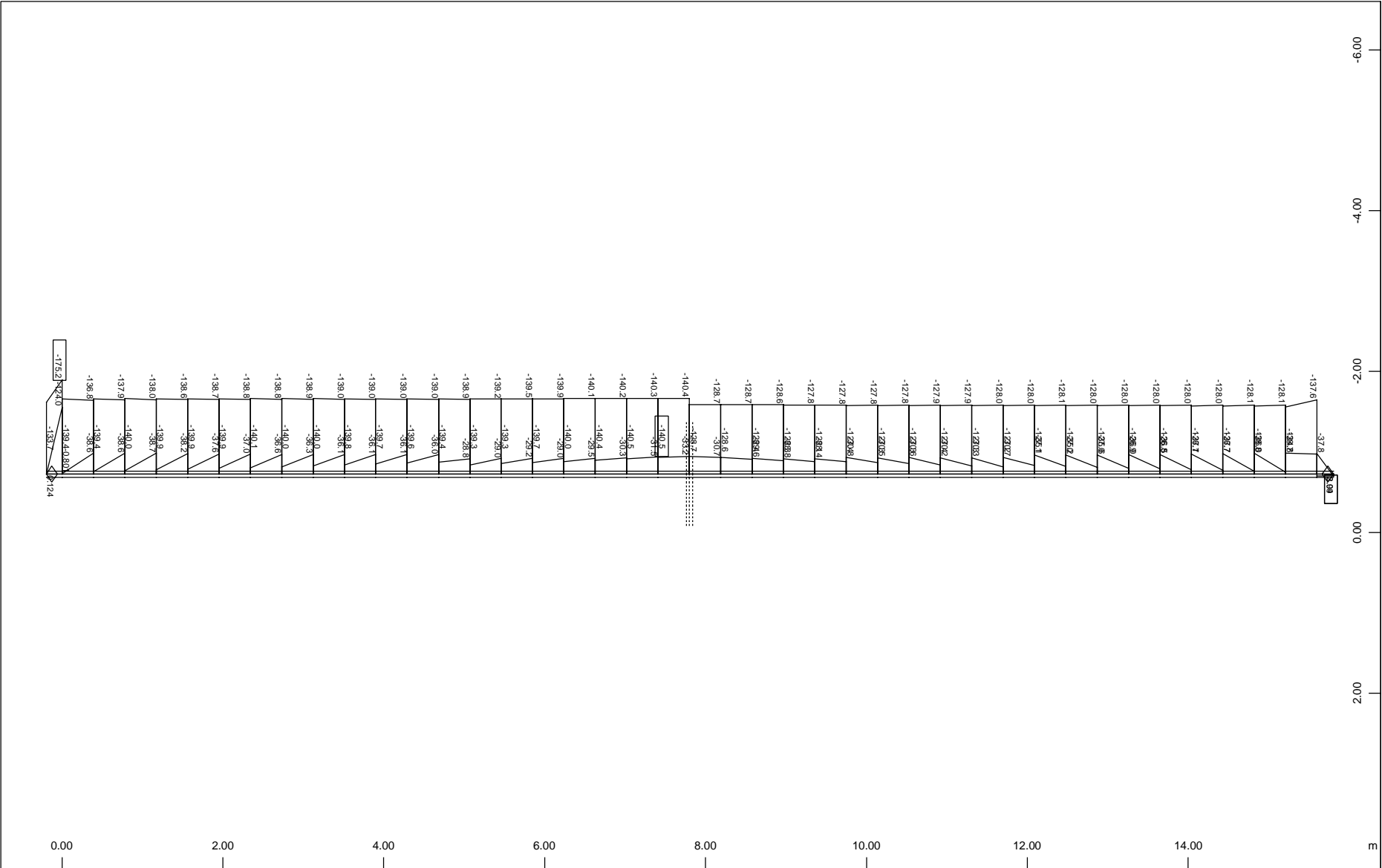
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-6.22) (Max=1.38)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.76) (Max=1.58)

M 1 : 67

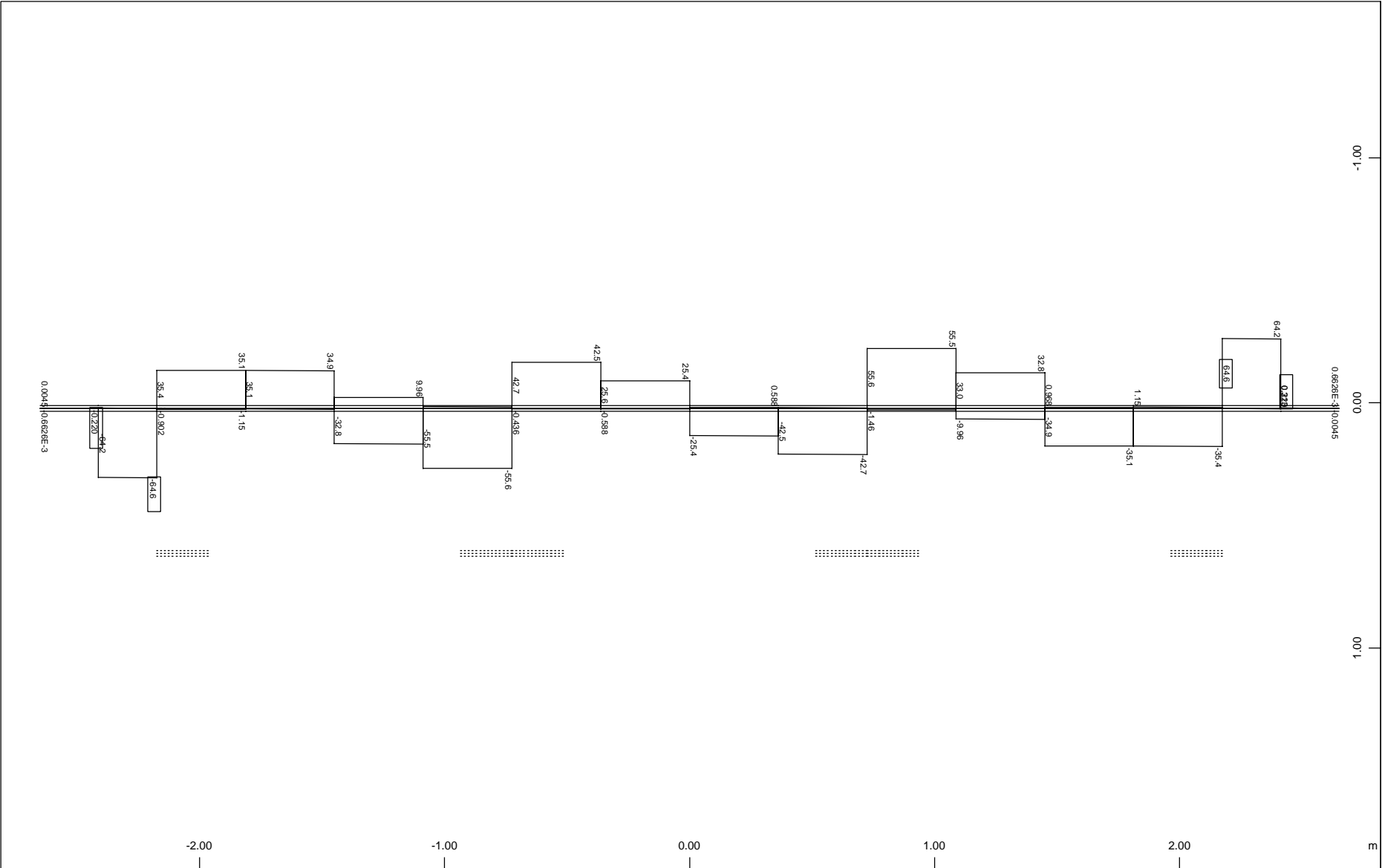
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-175.2) (Max=2.99)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-140.5) (Max=3.04)

M 1 : 67

MRT_2. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

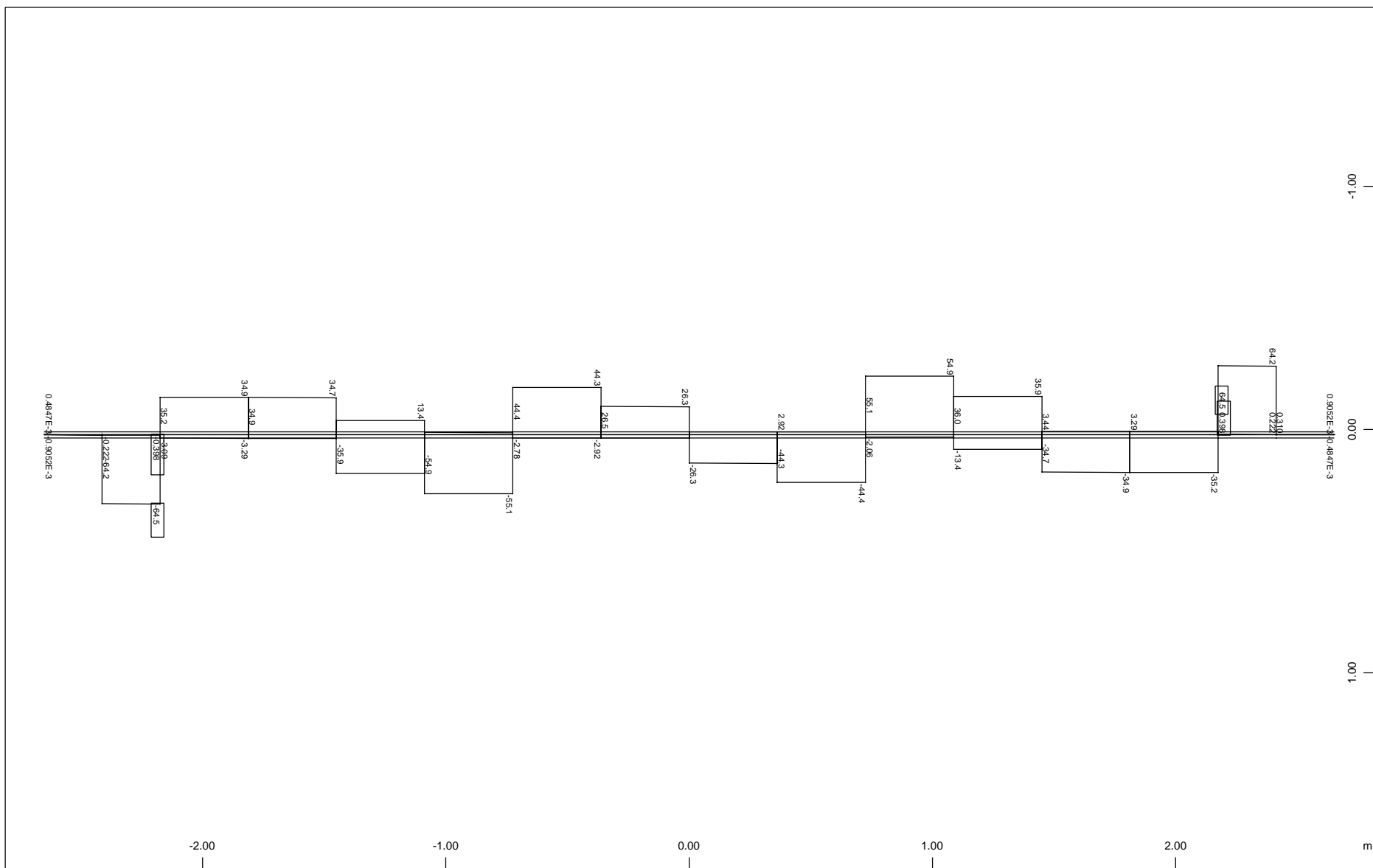
Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.220) (Max=64.6)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-64.6) (Max=0.220)

M 1 : 22



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-15.3) (Max=-3.2340e-04)

MRT_2. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz


$$\begin{array}{c} \text{X}-\text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.398) (Max=64.5)

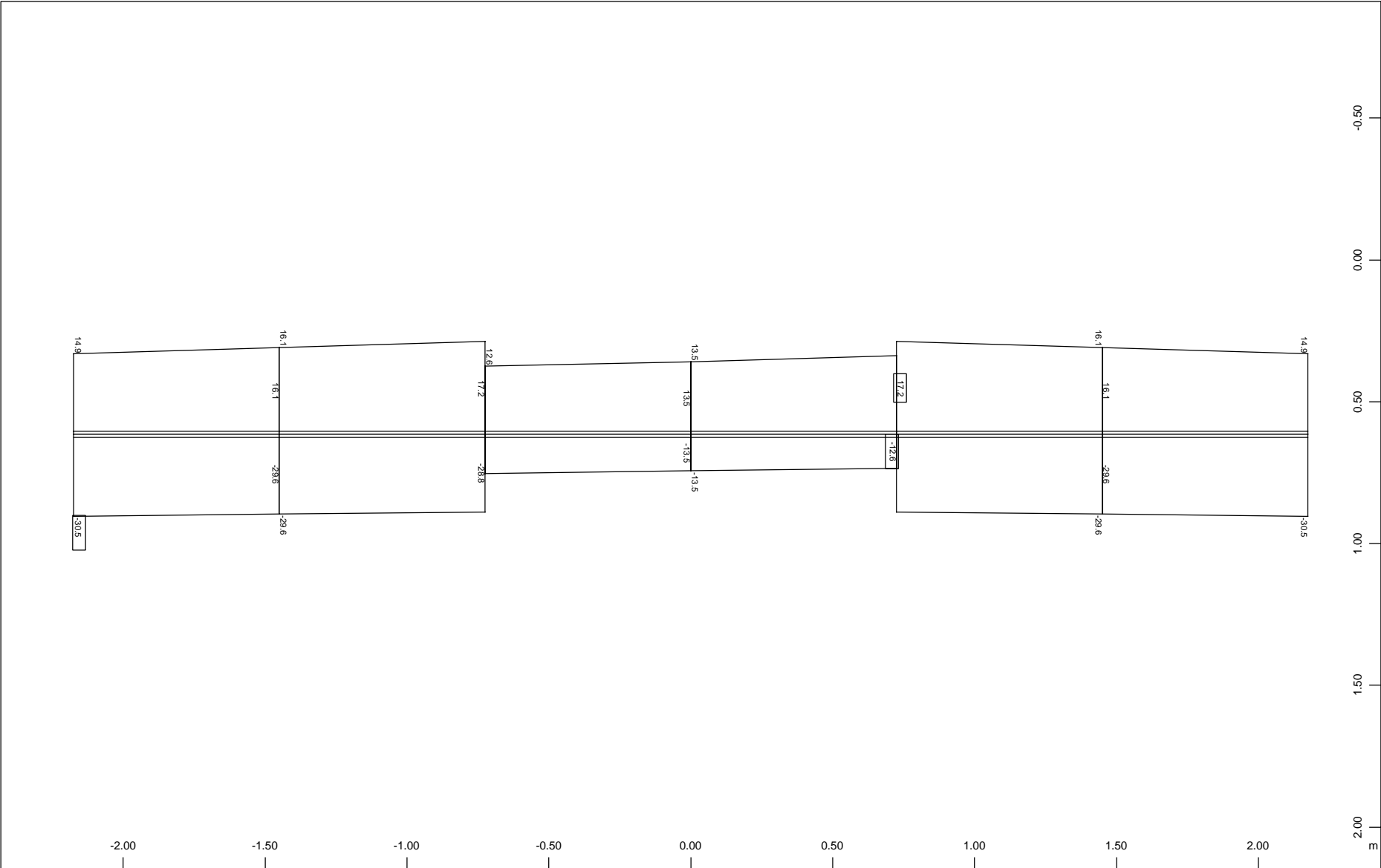
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-64.5) (Max=0.398)

M 1 : 22



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-15.3) (Max=-9.1245e-05)

MRT_2. poikkituet. Leikkausvoima Vz

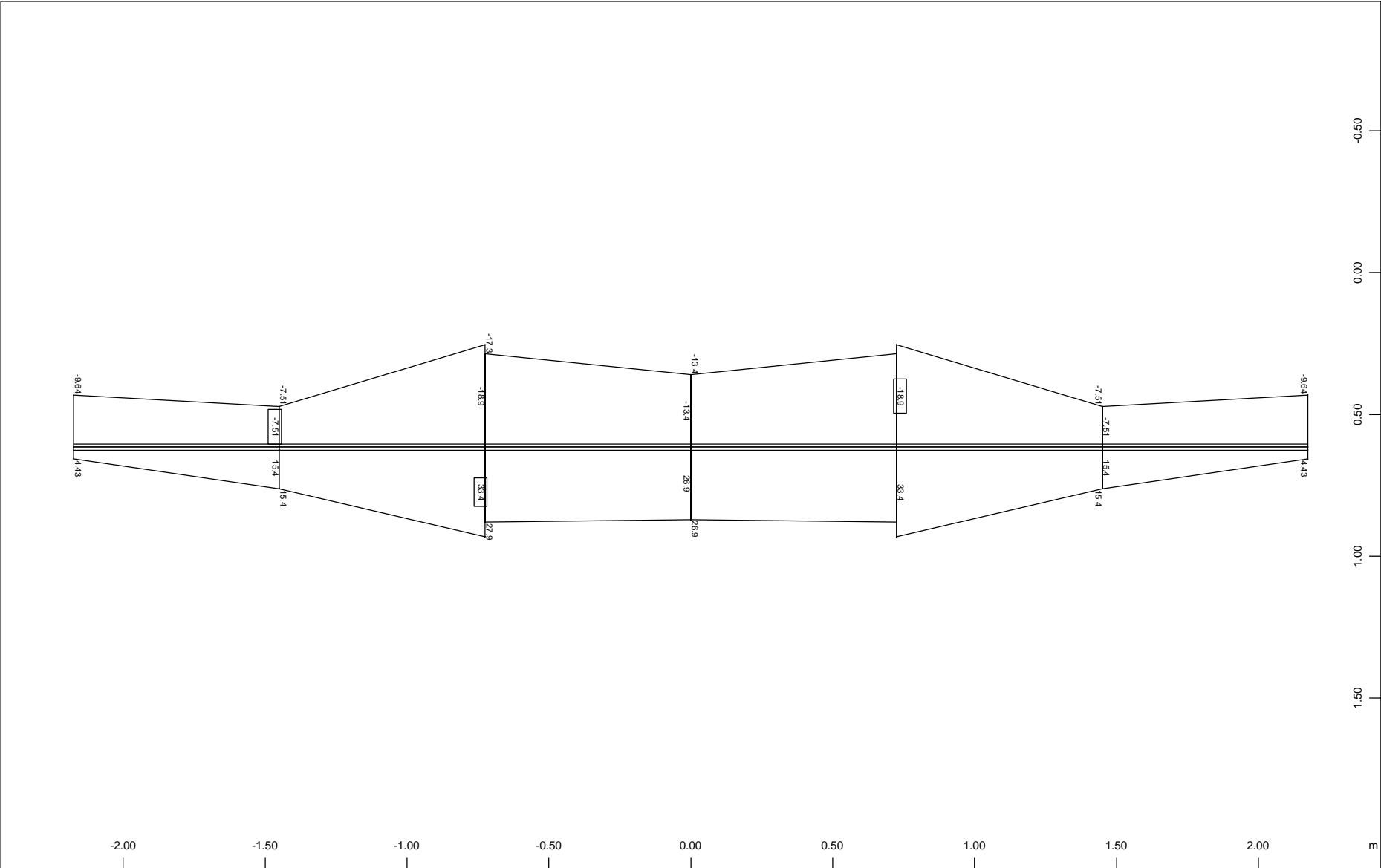


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=17.2)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-30.5) (Max=-12.6)

M 1 : 19

Taivutusmomentti: My



X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=33.4)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-18.9) (Max=-7.51)

M 1 : 19

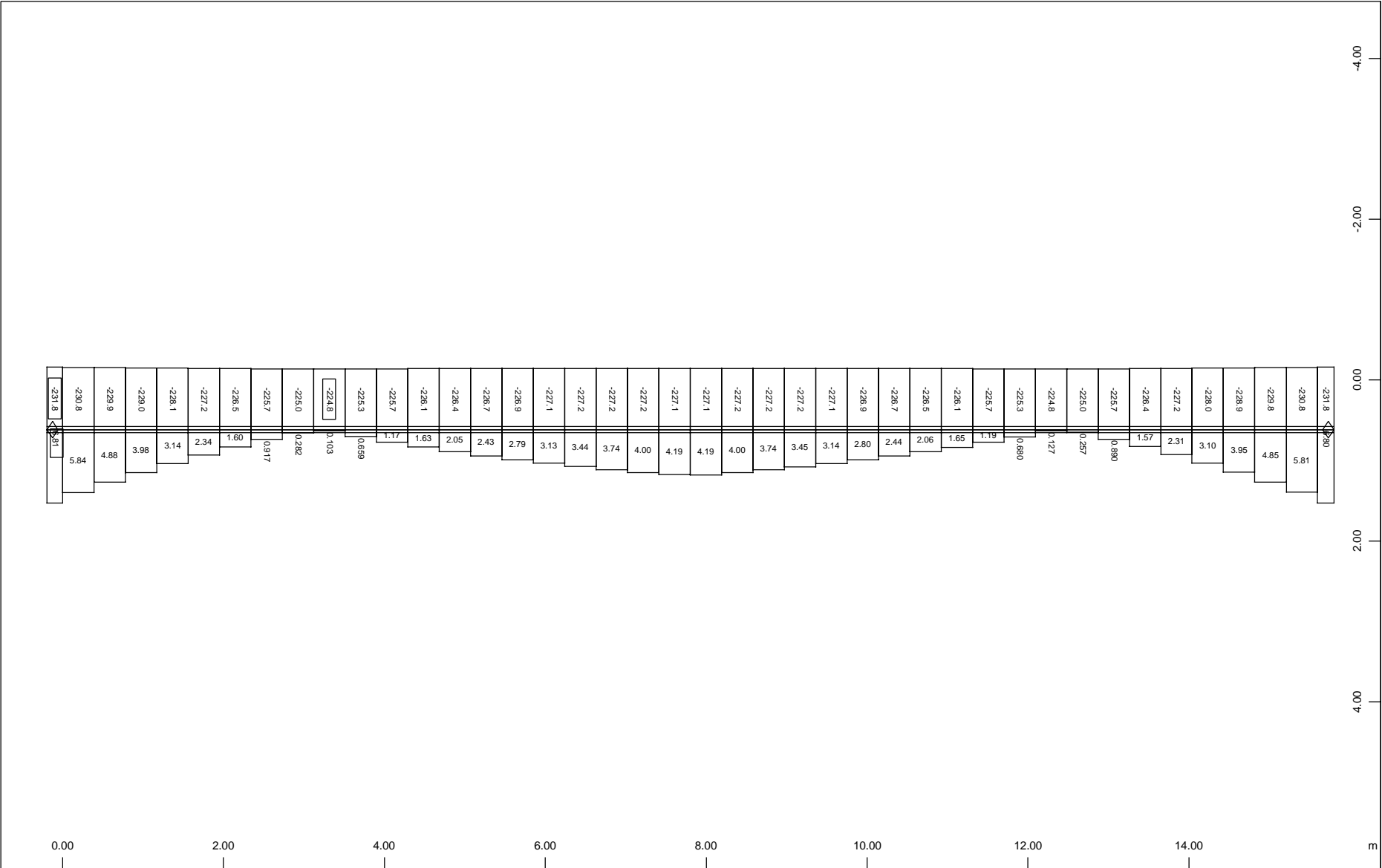


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.9) (Max=36.7)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-36.7) (Max=23.9)

Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=6.81)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-231.8) (Max=-224.8)

M 1 : 67



Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=133.8)

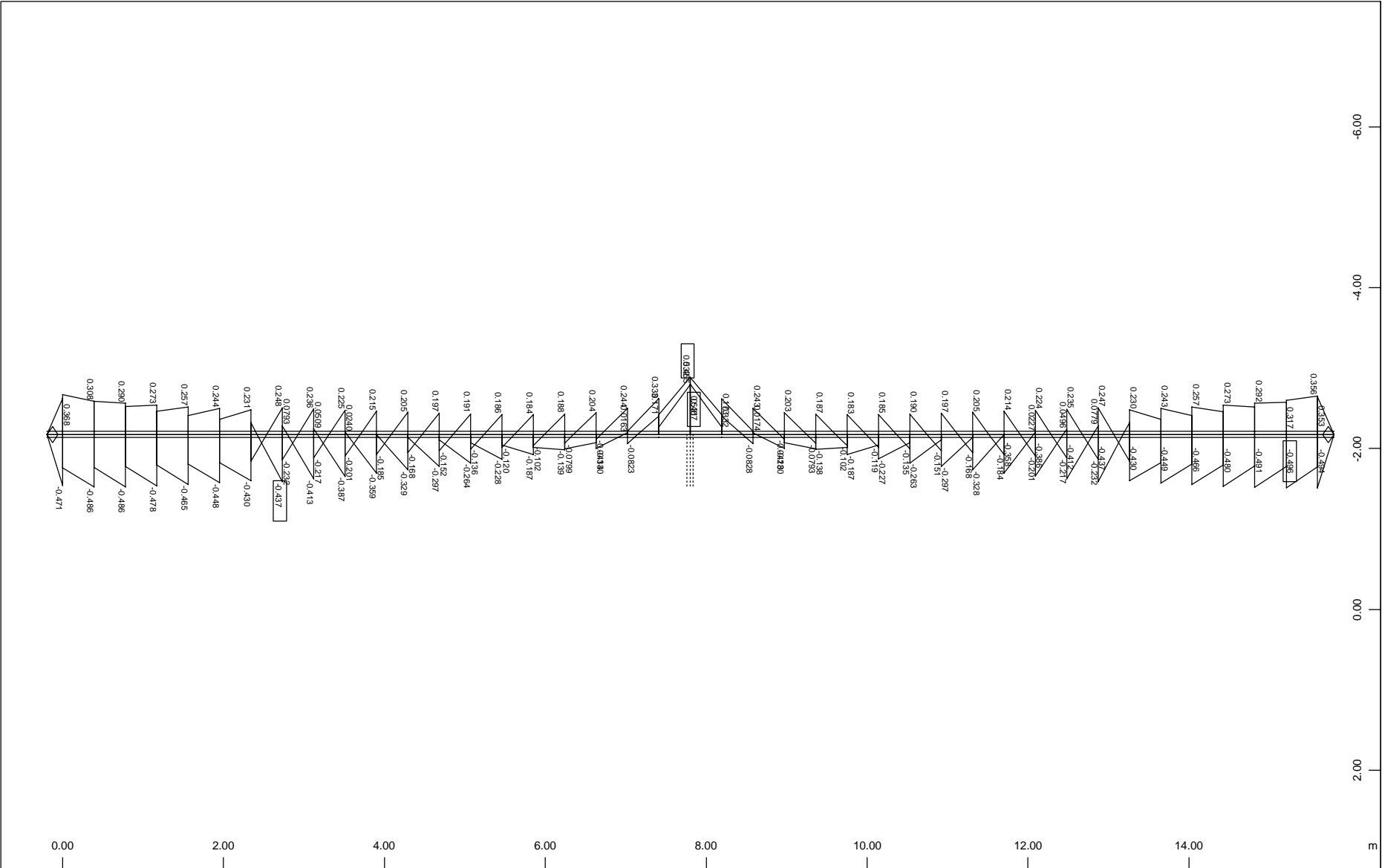
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=120.2)

[illegible]
$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=99.3)

M 1 : 67

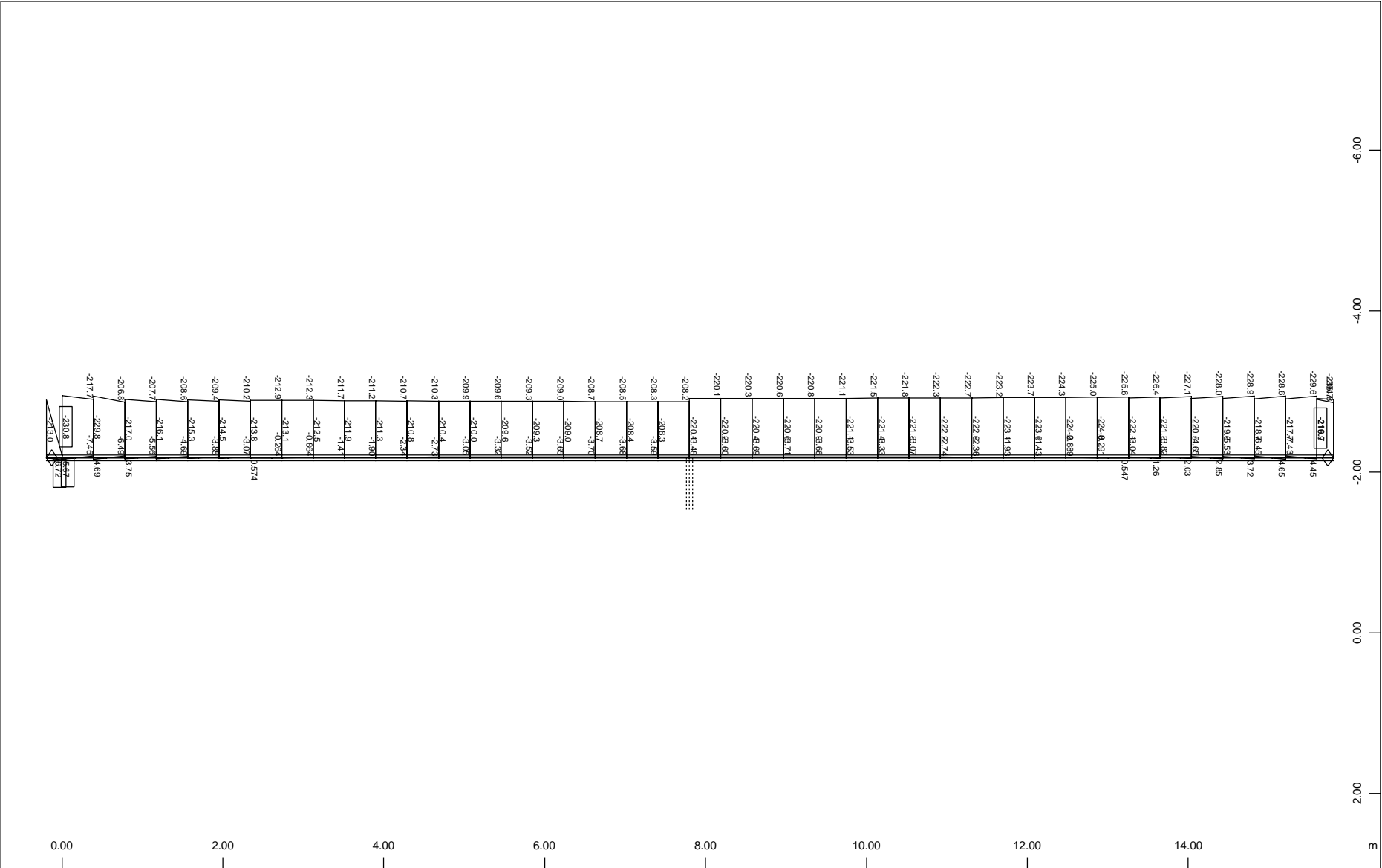
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.437) (Max=0.467)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.496) (Max=0.532)

M 1 : 67

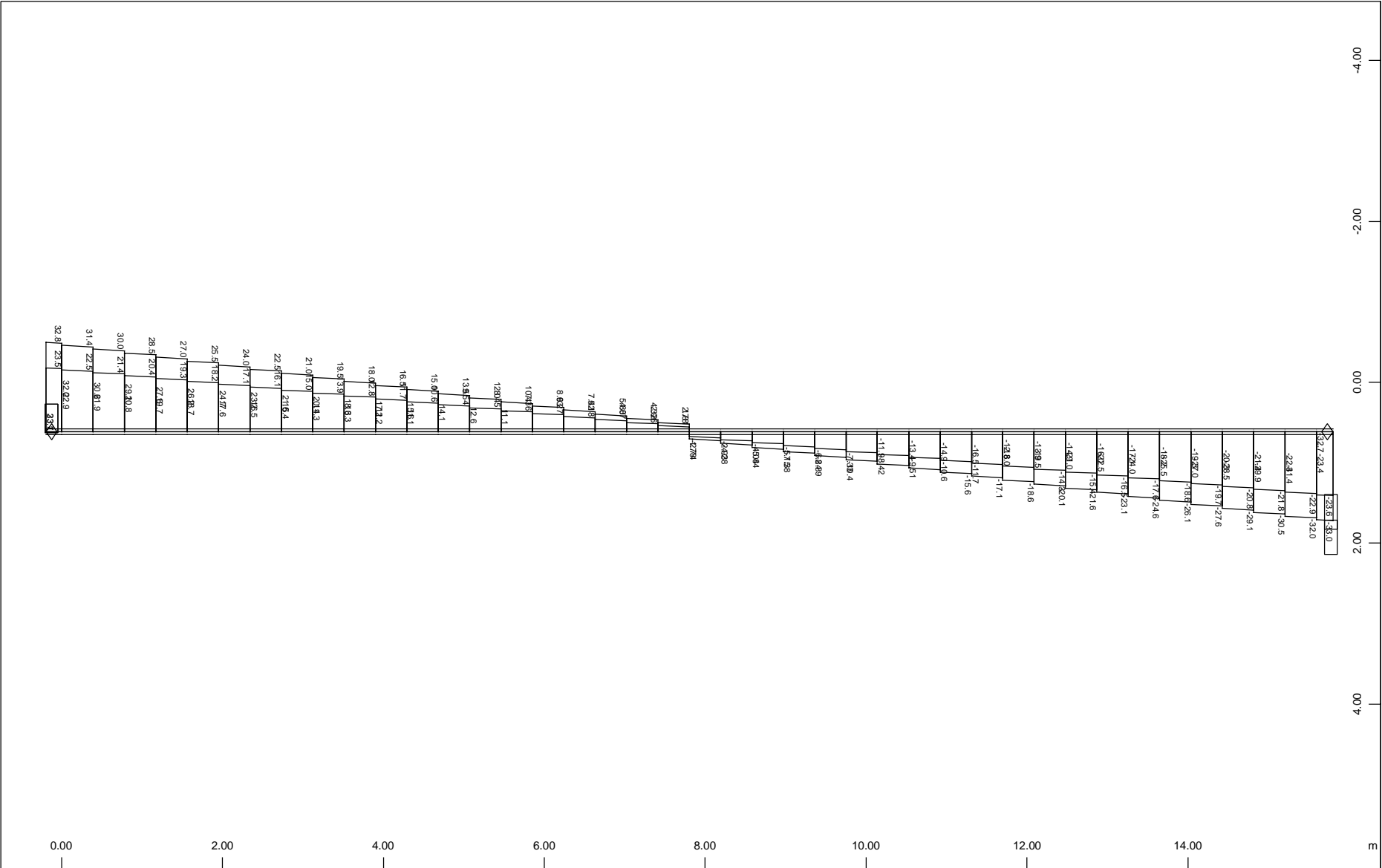
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-219.9) (Max=5.67)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-230.8) (Max=6.72)

M 1 : 67

MRT_4. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

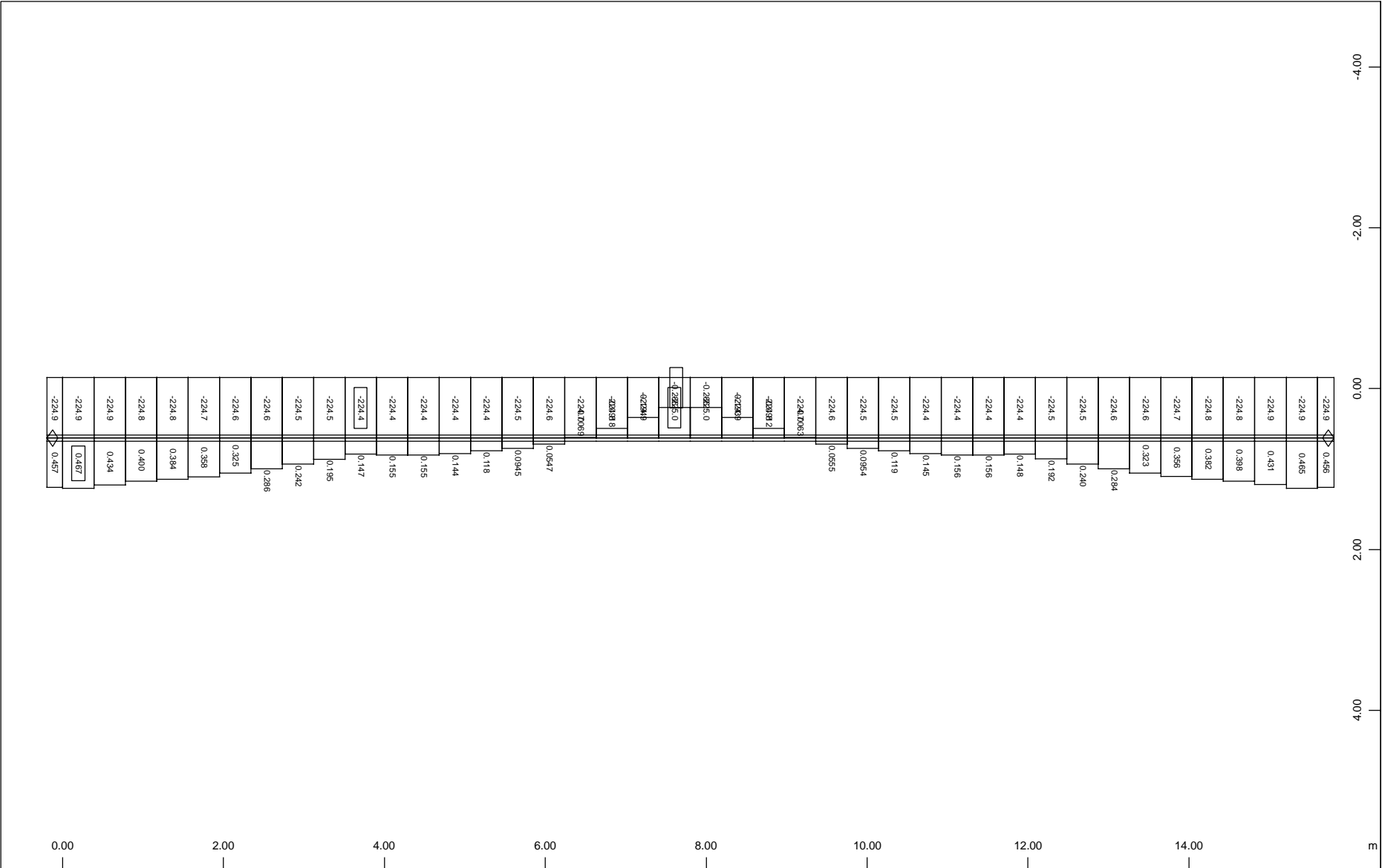


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.6) (Max=33.1)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-33.0) (Max=23.7)

M 1 : 67

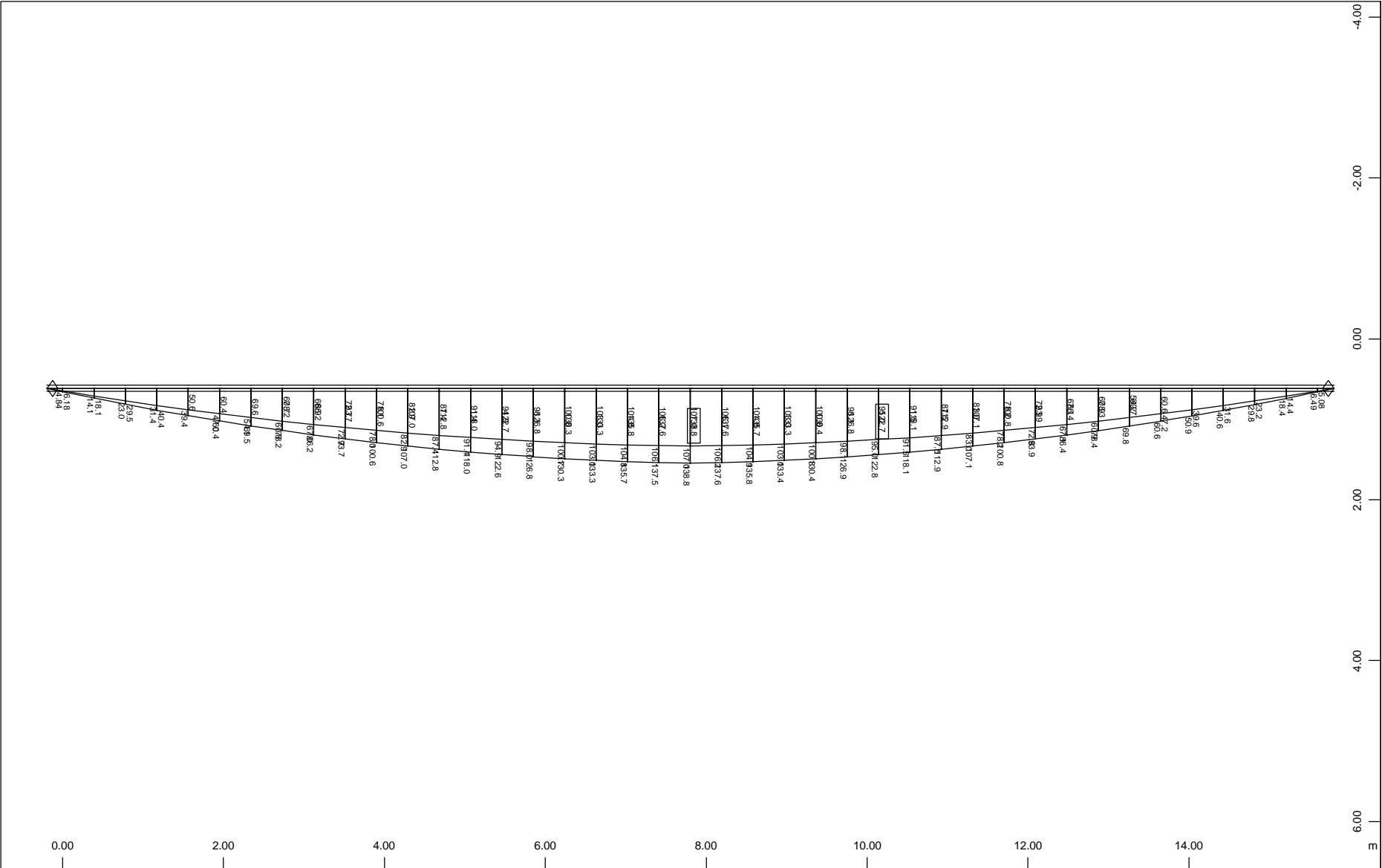
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.286) (Max=0.467)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-225.0) (Max=-224.4)

M 1 : 67

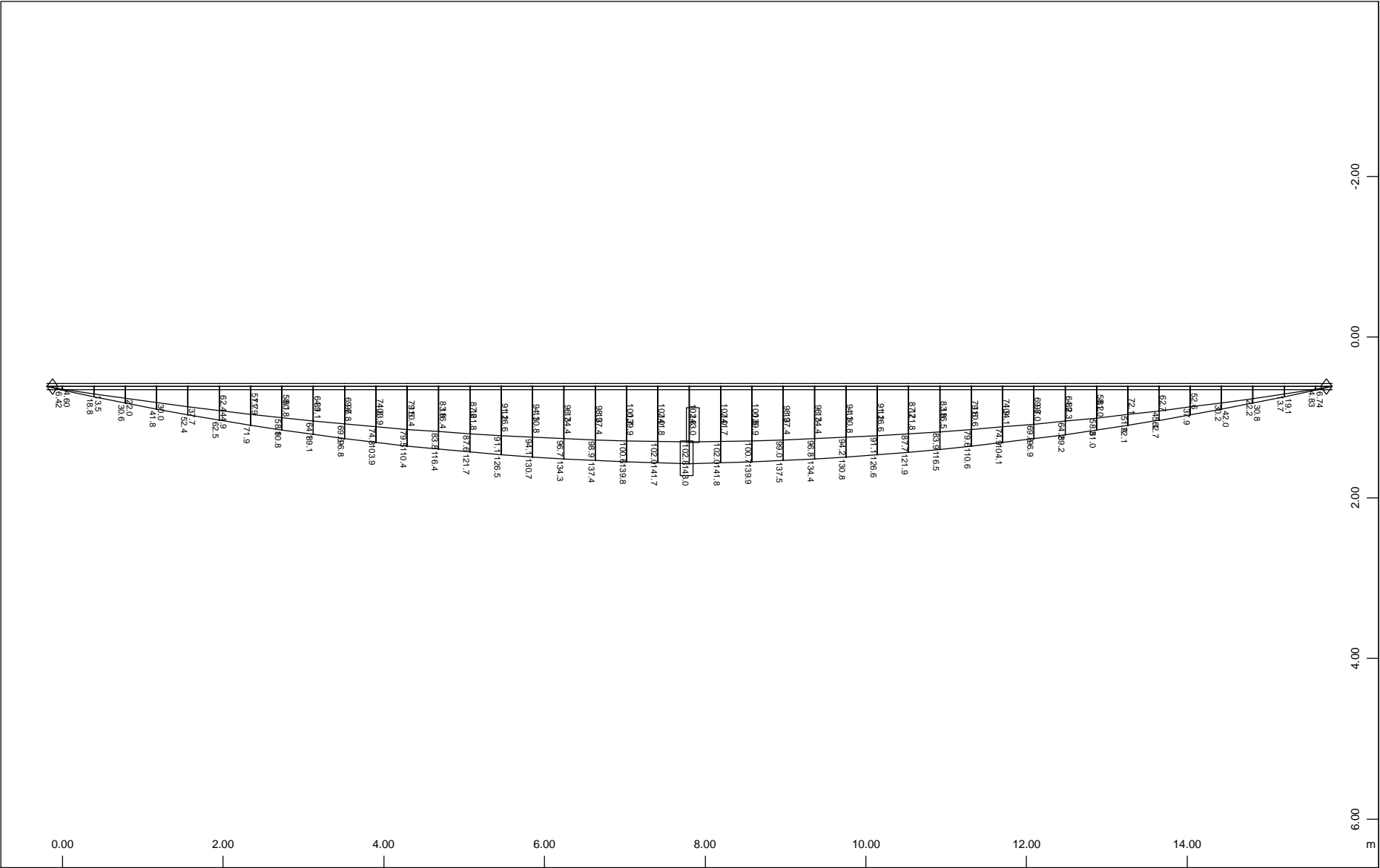
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=122.7)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=138.8)

M 1 : 67

Taivutusmomentti: My



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.1225e-18) (Max=143.0)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-4.3368e-18) (Max=102.8)

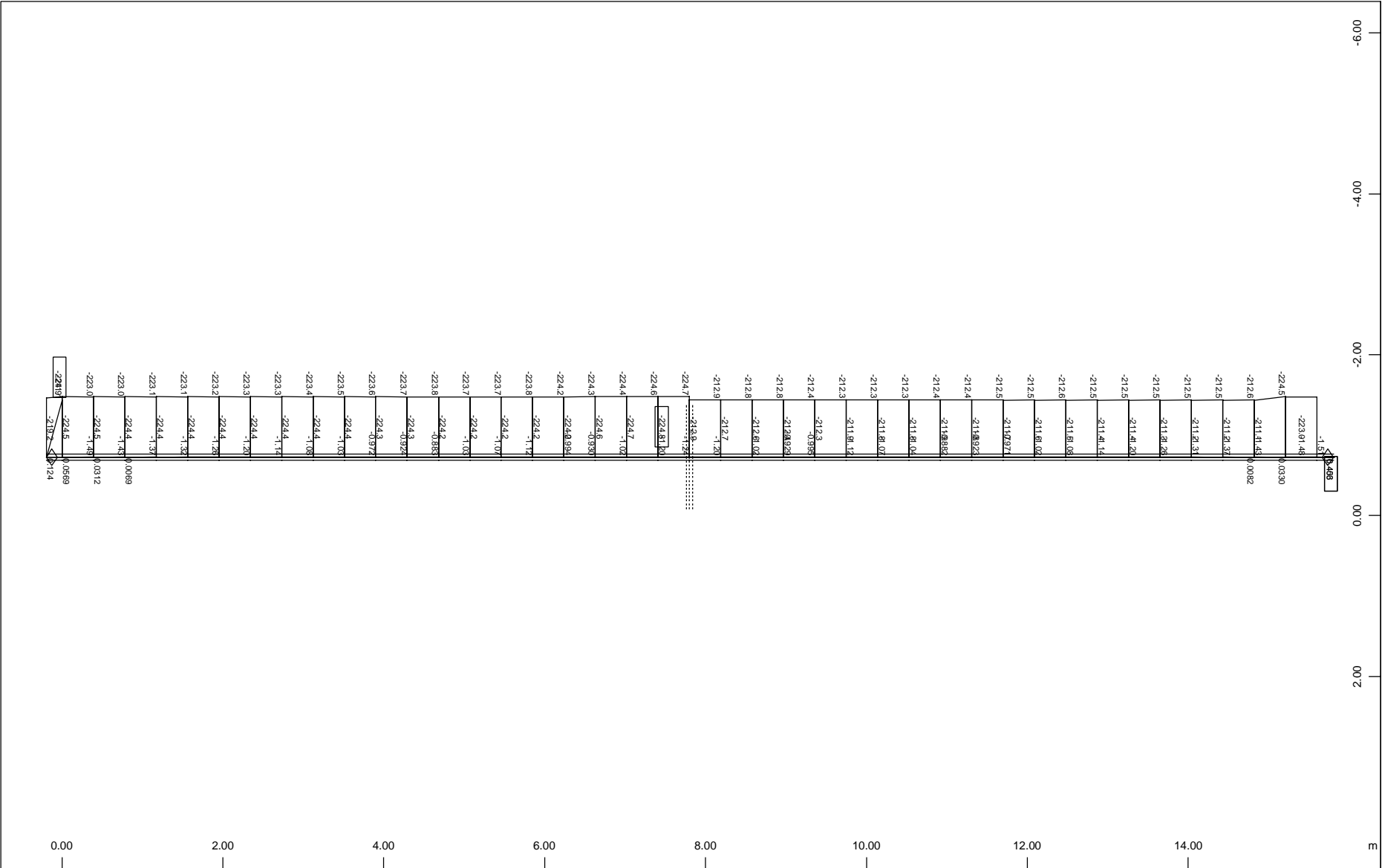
M 1 : 67



Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.744) (Max=0.608)

M 1 : 67

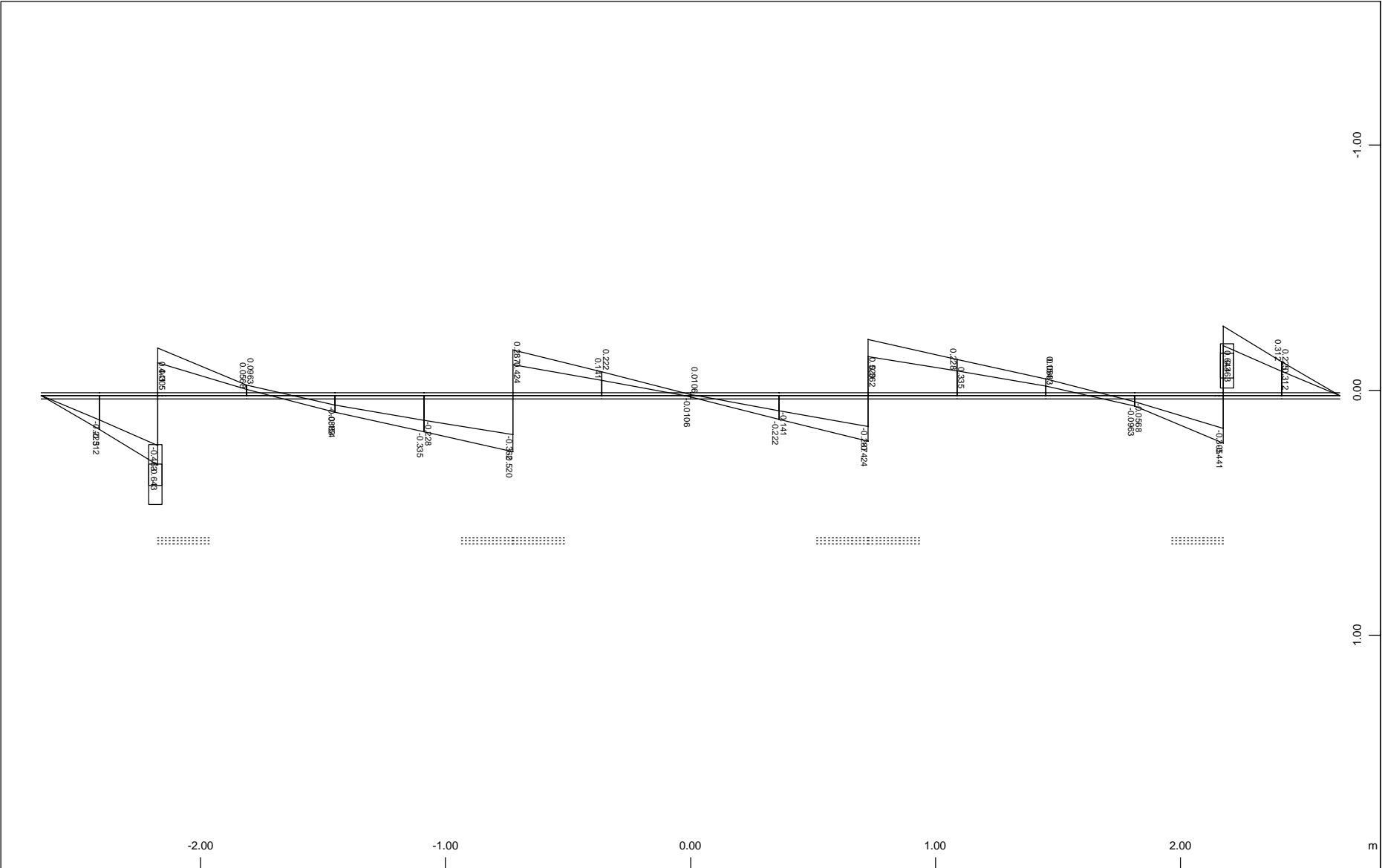
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-224.9) (Max=0.403)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-224.8) (Max=0.456)

M 1 : 67

MRT_4. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

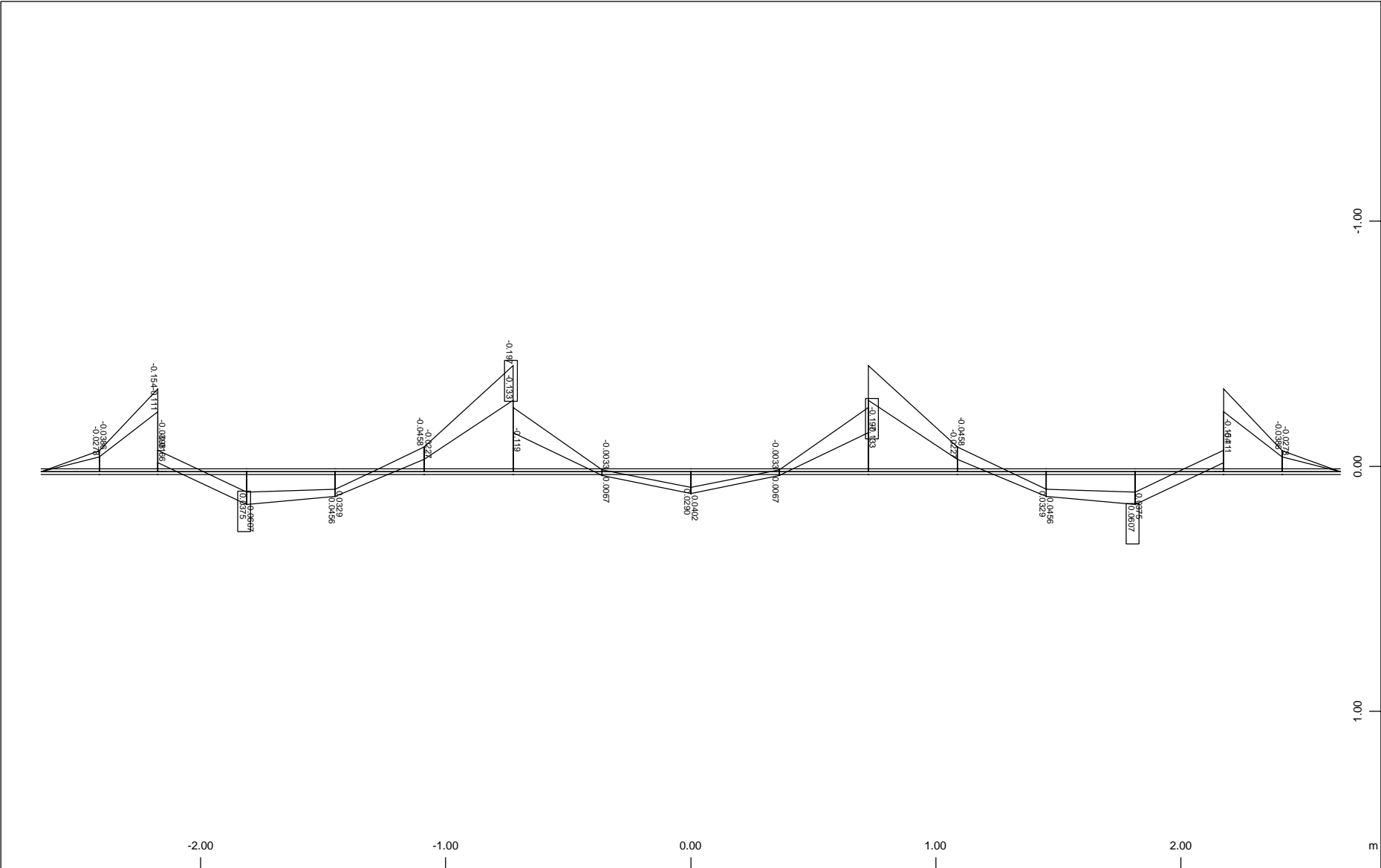


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.463) (Max=0.643)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.643) (Max=0.463)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

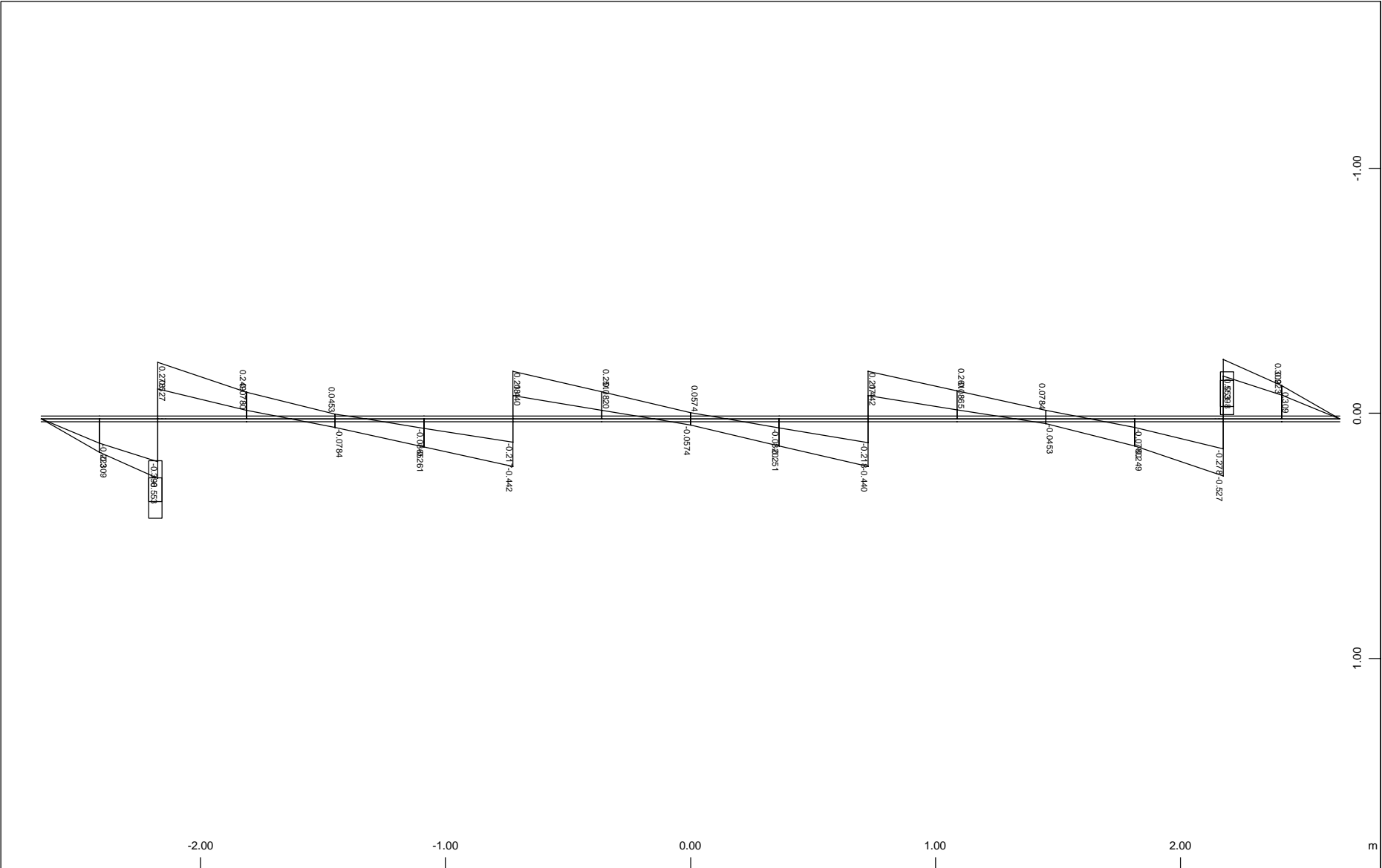


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.100 kNm (Min=-0.133) (Max=0.0607)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.100 kNm (Min=-0.197) (Max=0.0375)

M 1 : 22

MRT_4. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.398) (Max=0.553)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.553) (Max=0.398)

M 1 : 22

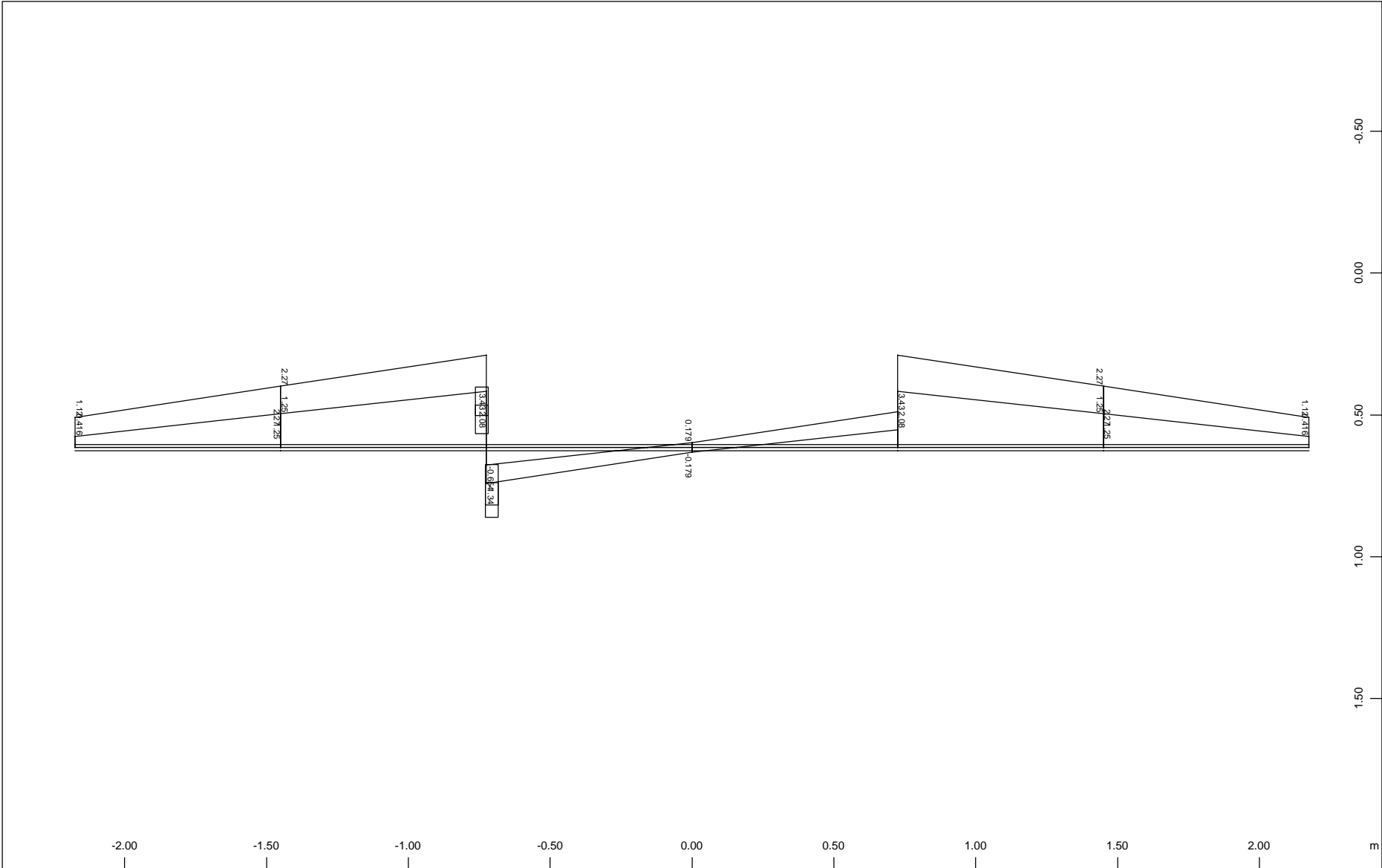


Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.0500 kNm (Min=-0.102) (Max=0.0427)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.100 kNm (Min=-0.148) (Max=0.0294)

MRT_4. poikkituet. Leikkausvoima Vz




X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.654) (Max=3.43)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-1.34) (Max=2.08)

M 1 : 19



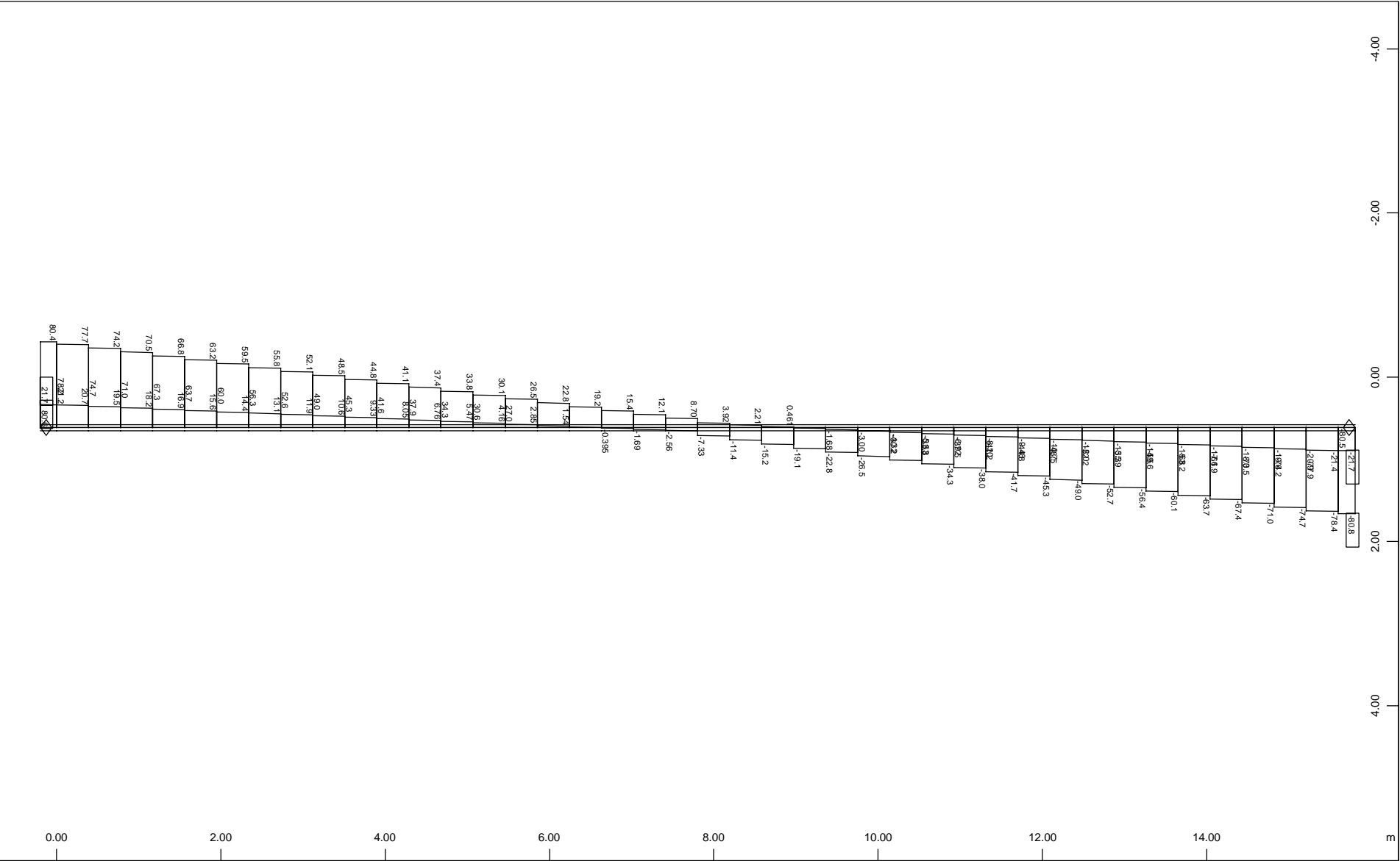
Sector of system

 X-Y
Z

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.69) (Max=0.429)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-2.87) (Max=0.120)

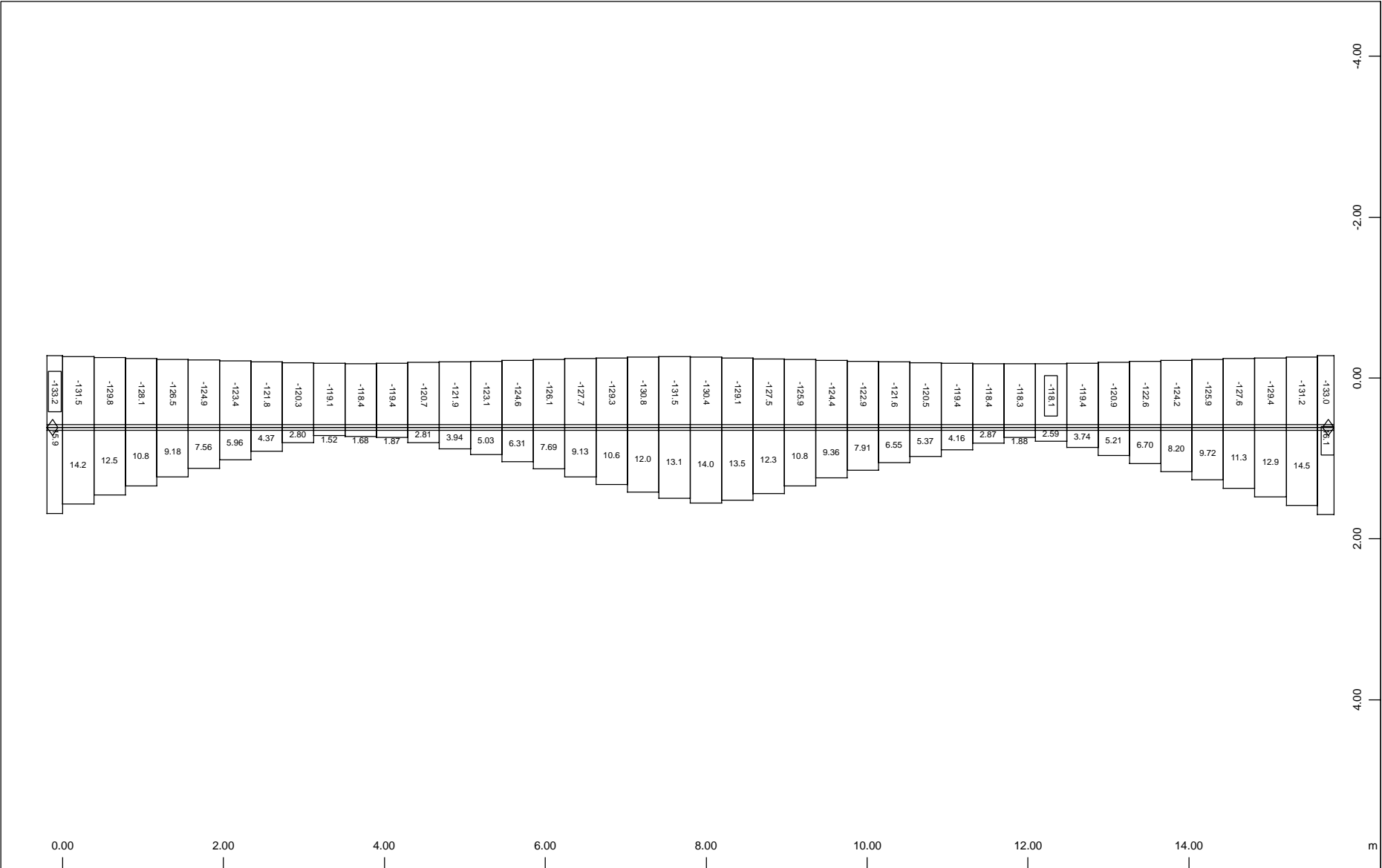
KRT_1a. Reunimmaisot palkit. Leikkausvoima:Vz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-21.7) (Max=80.6)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-80.8) (Max=21.7)

M 1 : 65

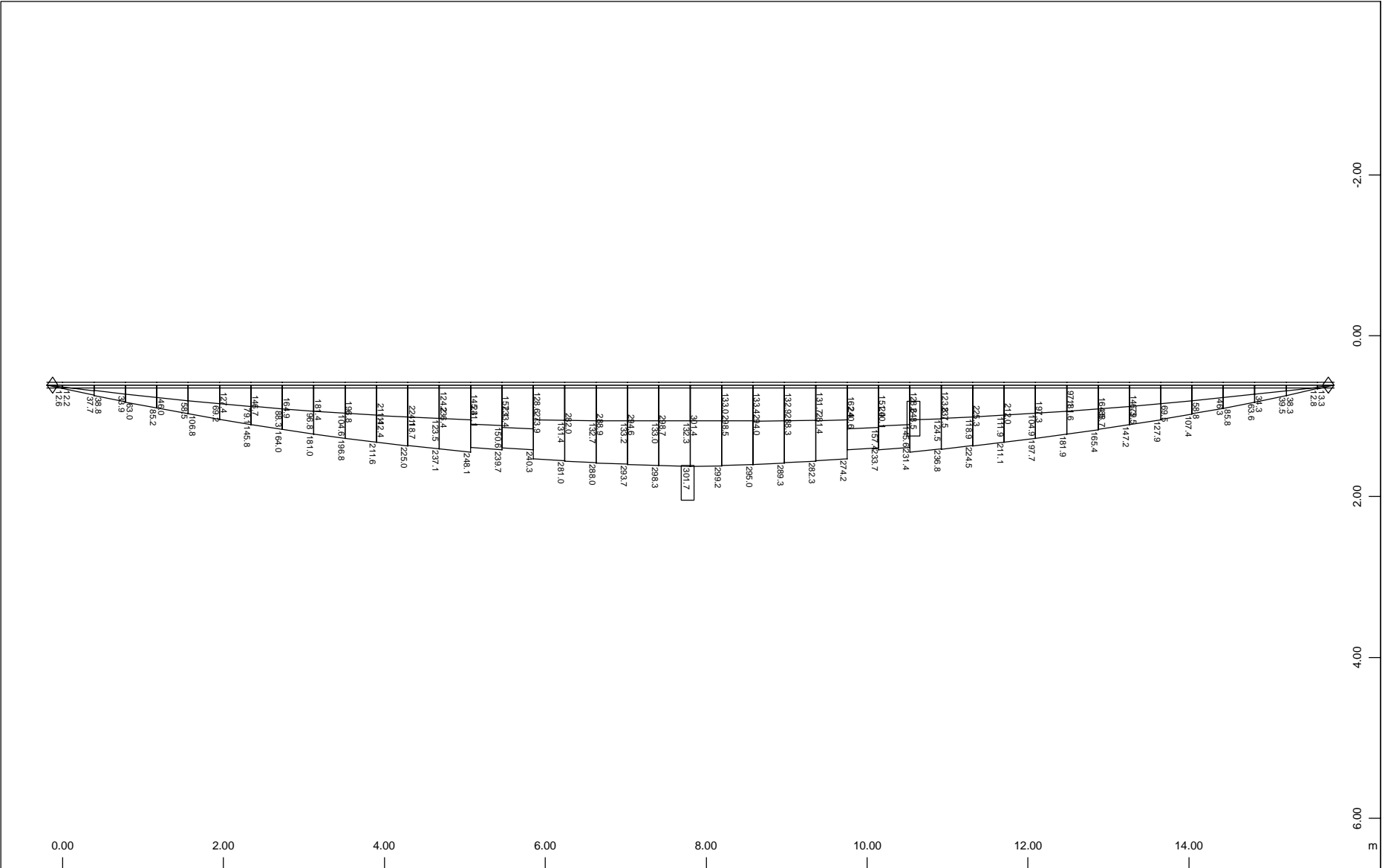
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=16.1)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-133.2) (Max=-118.1)

M 1 : 67

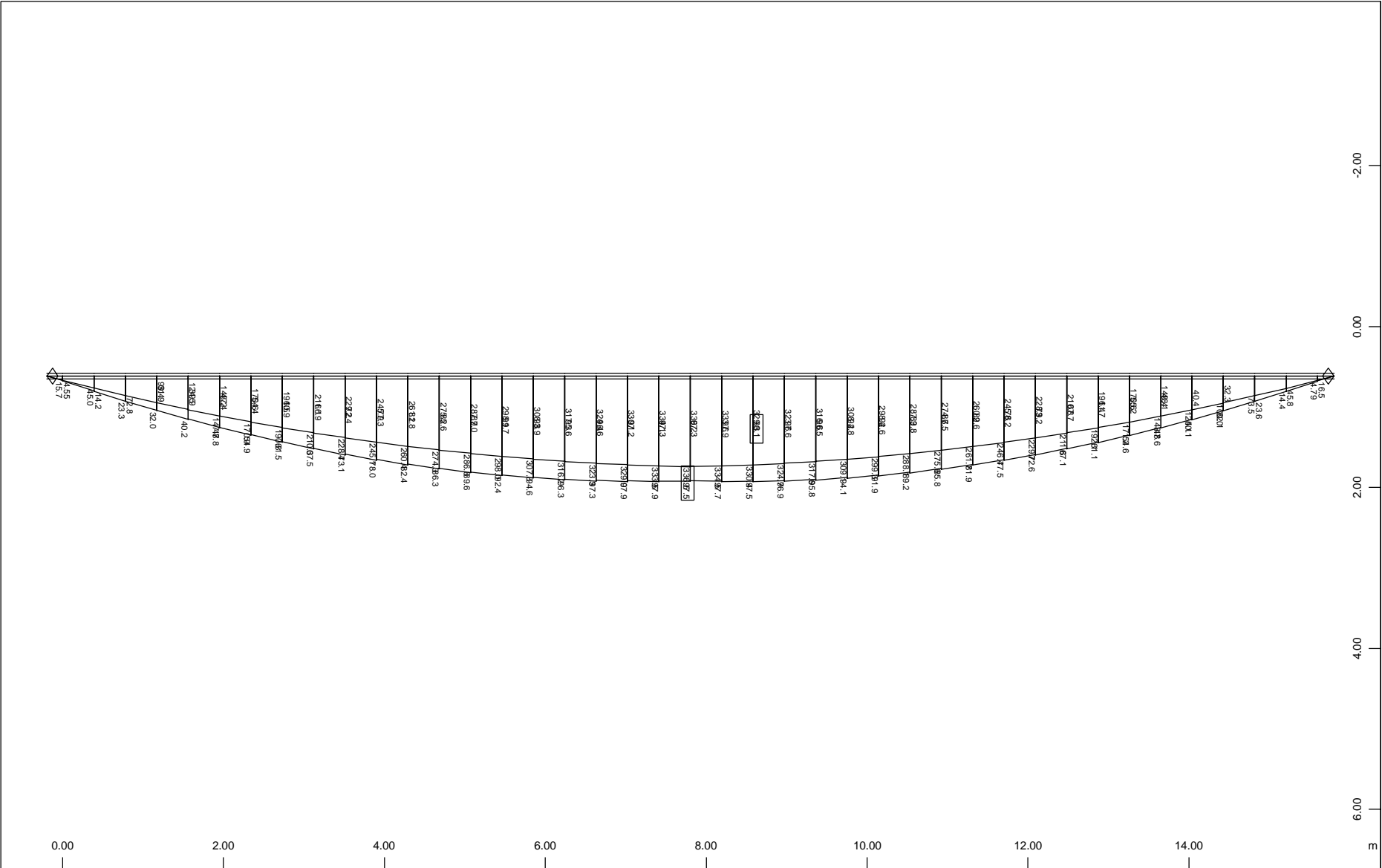
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=248.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=301.7)

M 1 : 67

Taivutusmomentti: My

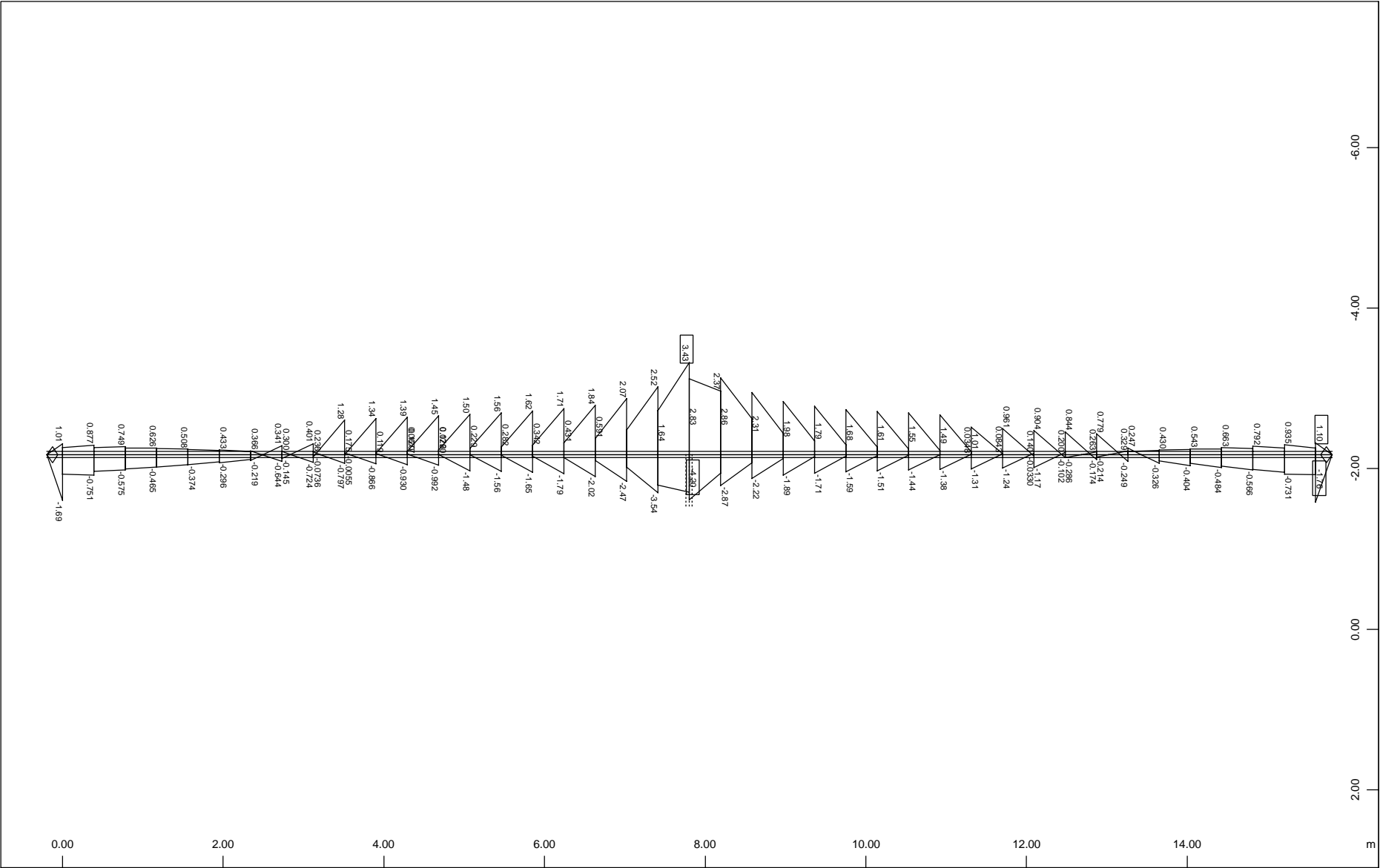


Y-X
Z

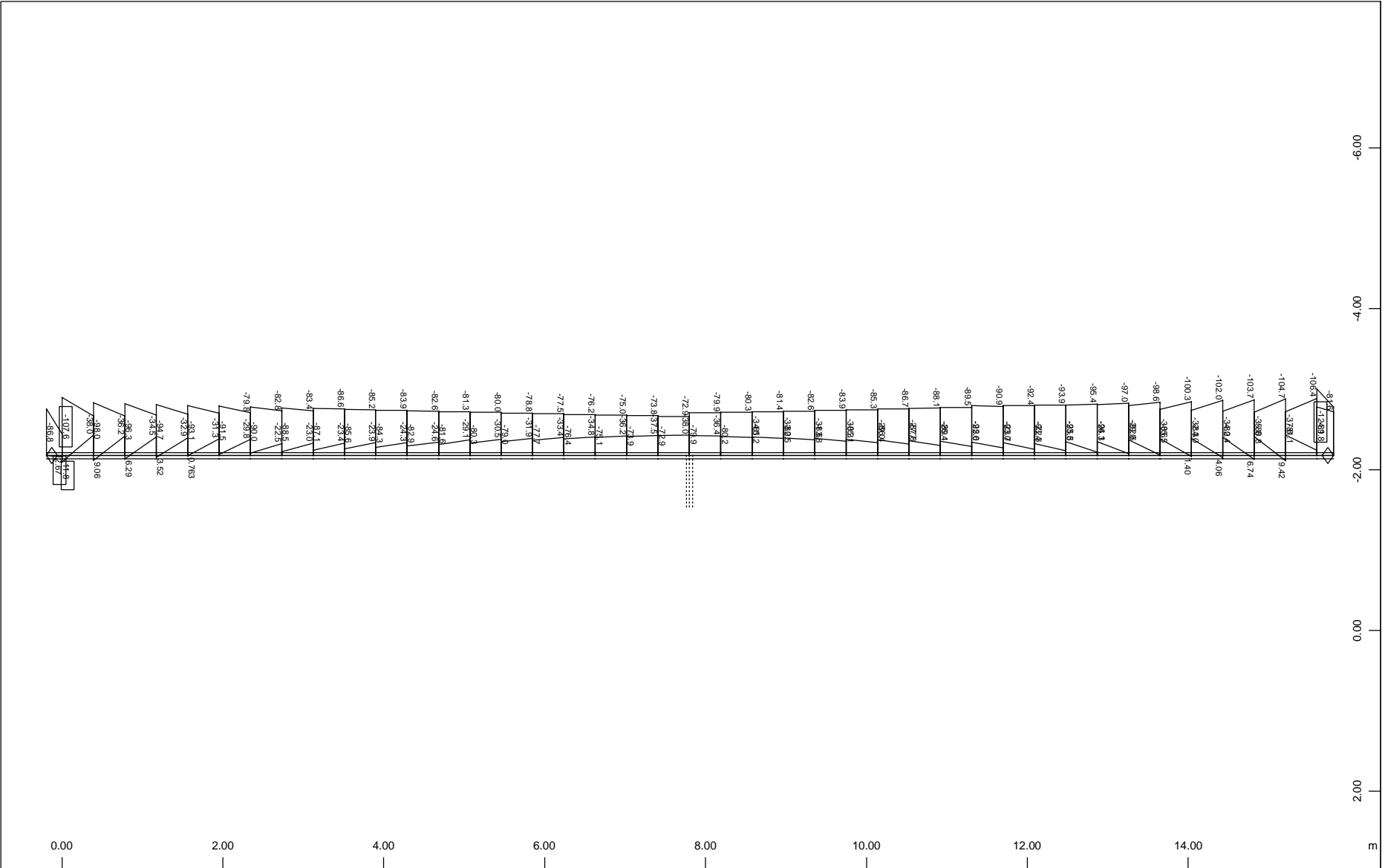
Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=336.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=98.1)

M 1 : 67

My vastaava taivutusmomentti: Mz



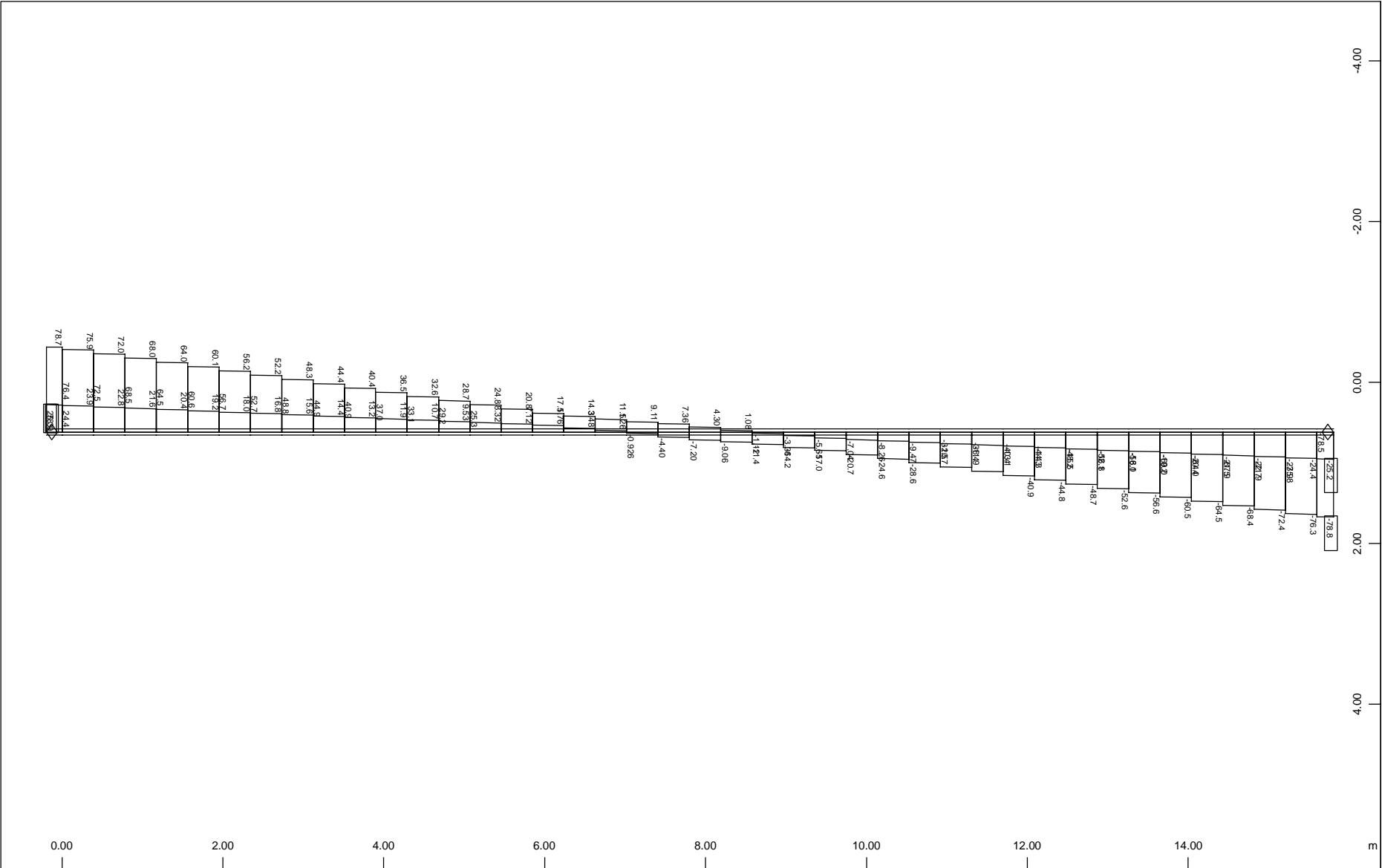
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-124.1) (Max=11.8)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-107.6) (Max=2.67)

M 1 : 67

KRT_1a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

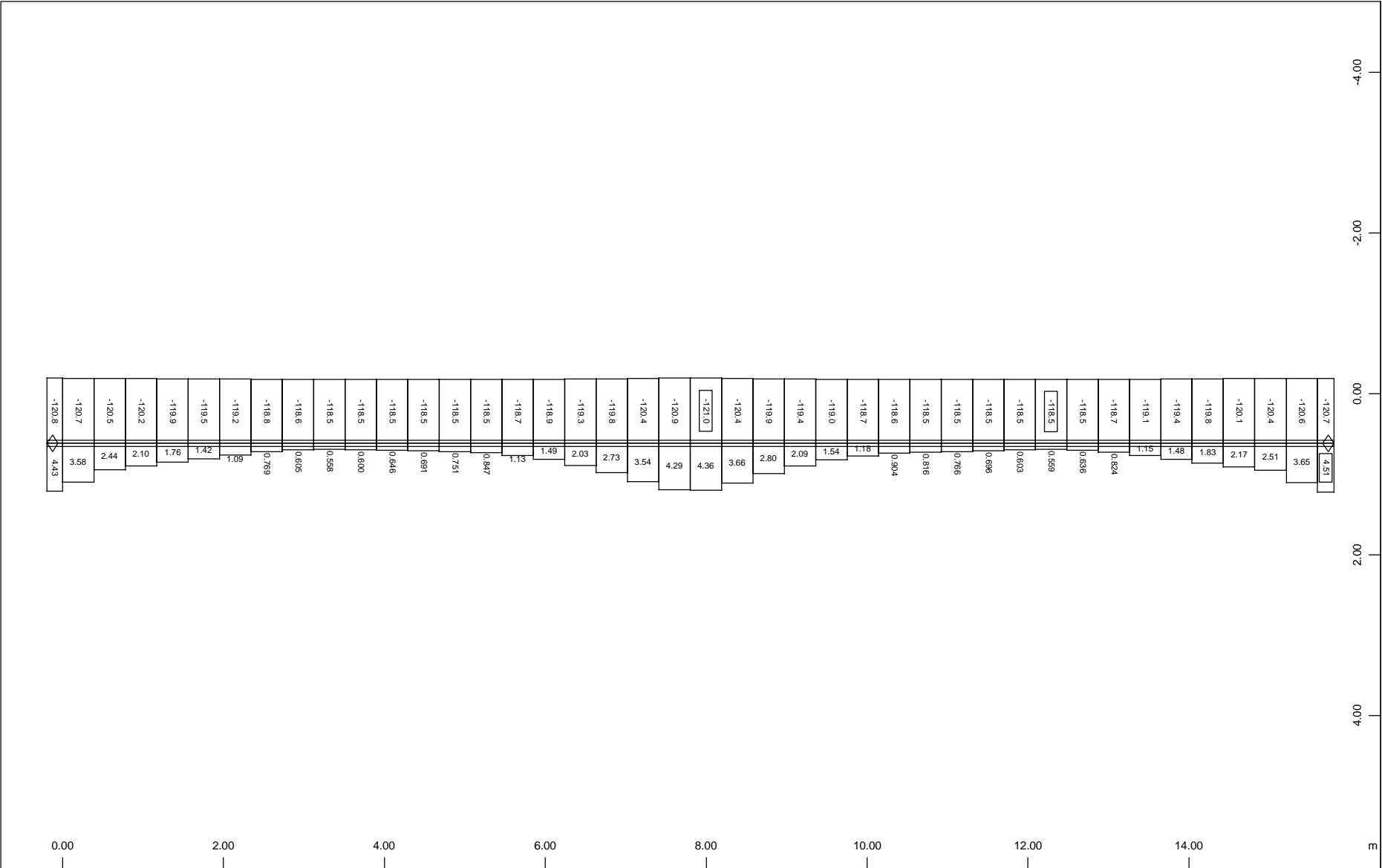


Y
X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-25.2) (Max=78.9)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-78.8) (Max=25.3)

M 1 : 67

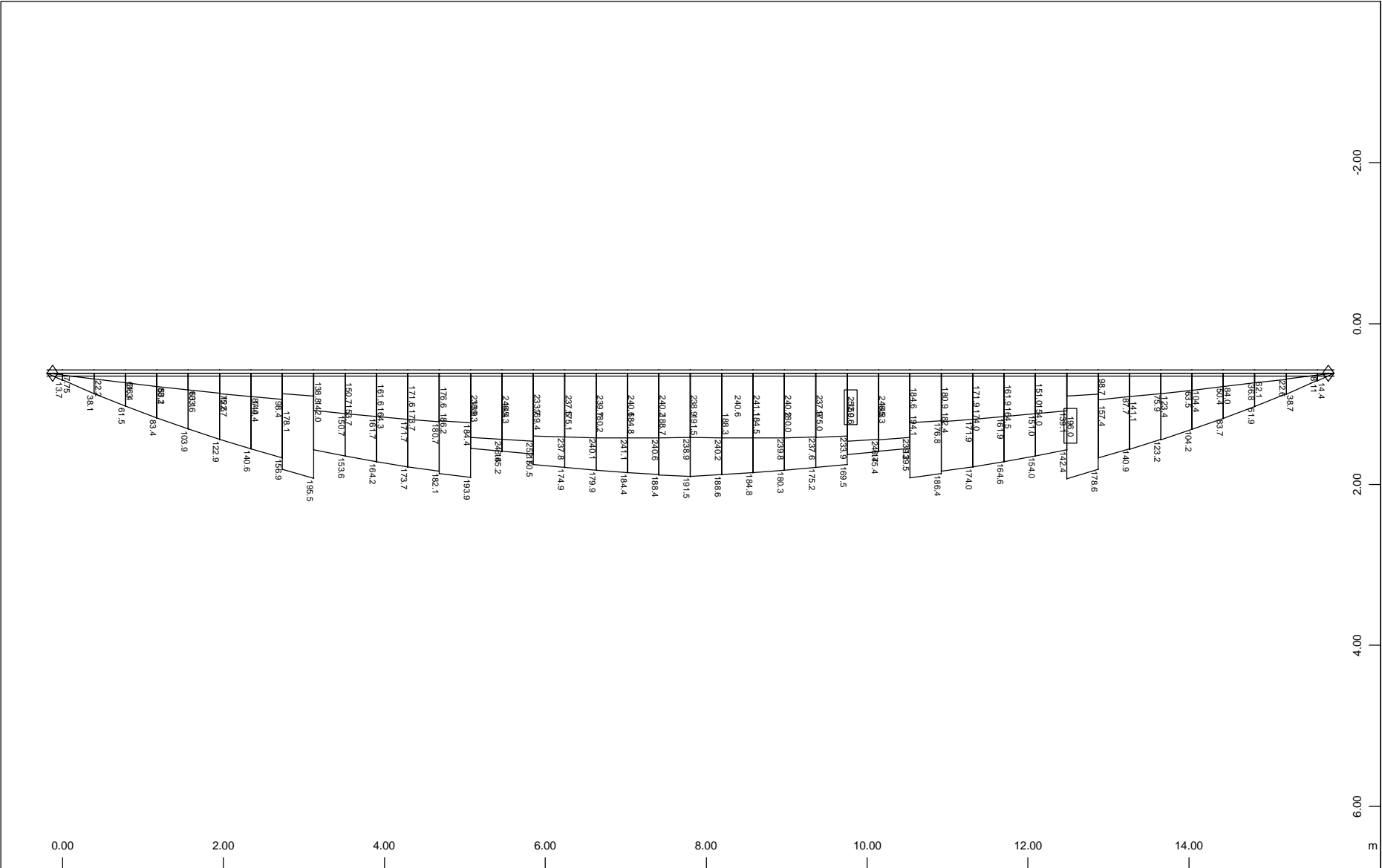
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=4.51)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-121.0) (Max=-118.5)

M 1 : 67

Nx vastaava taivutusmomentti: My

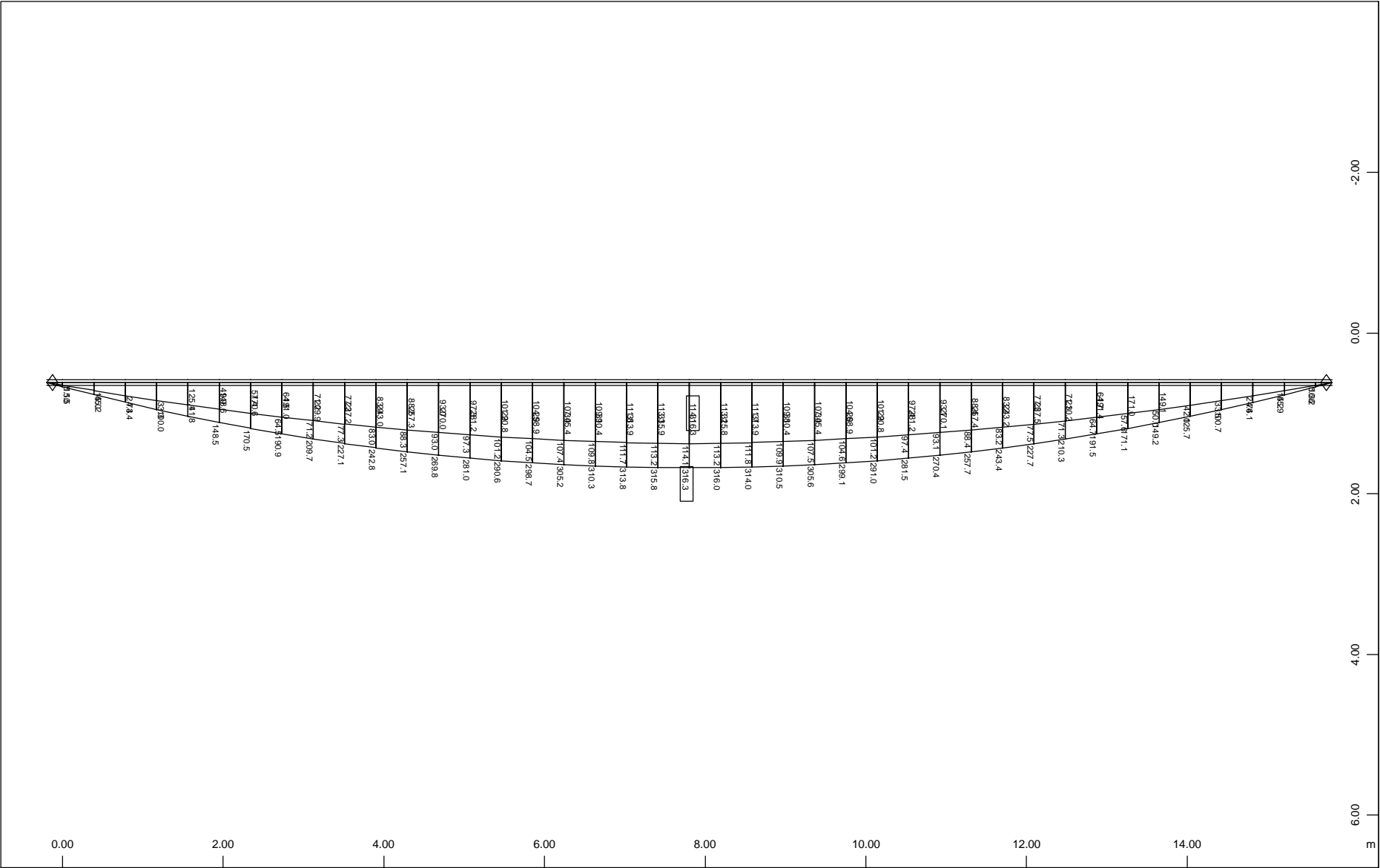


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=252.9)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=196.0)

M 1 : 67

Taivutusmomentti: My

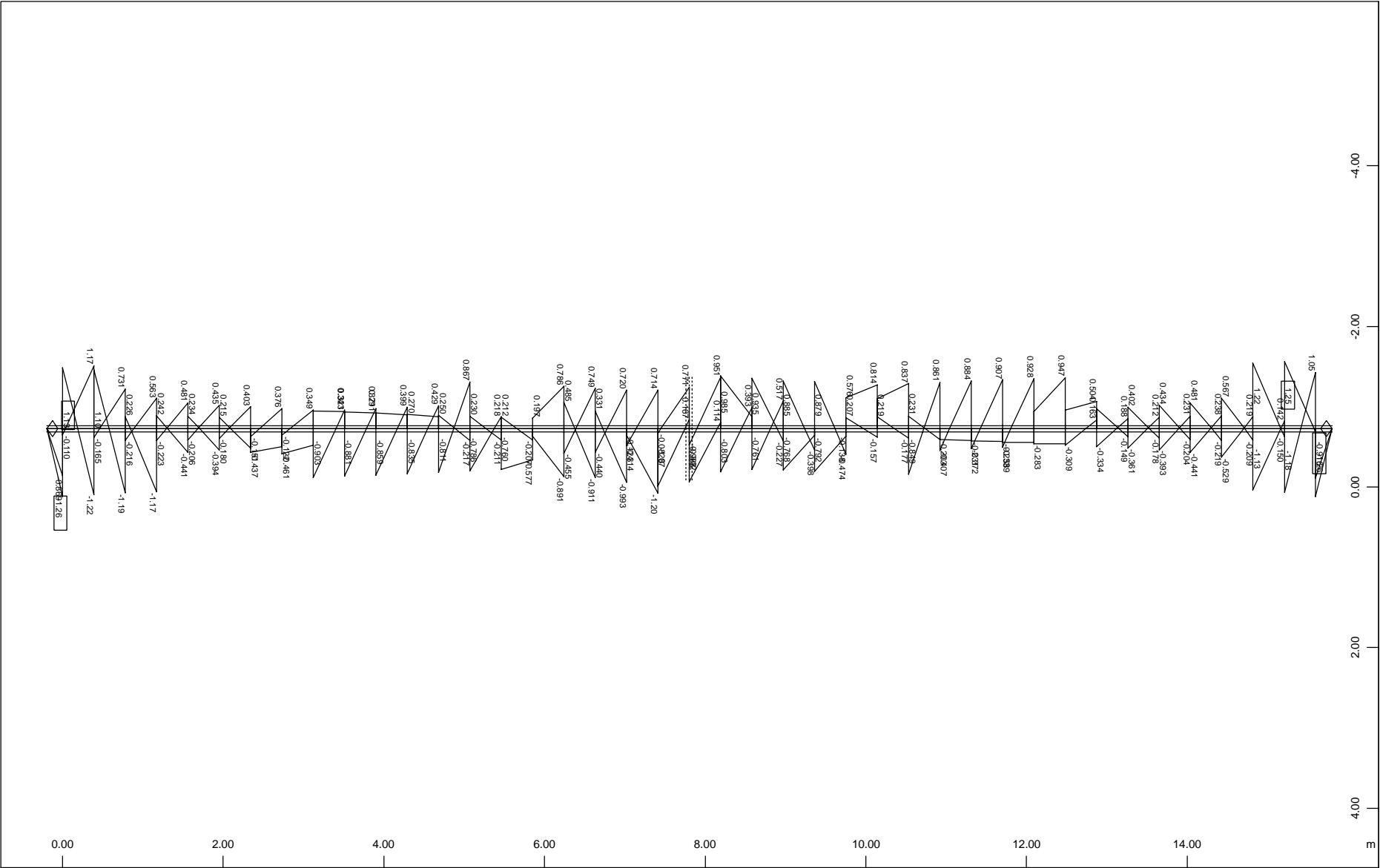


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=316.3)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=114.1)

M 1 : 67

My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.916) (Max=1.25)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.26) (Max=1.13)

M 1 : 67

The diagram is a longitudinal profile of a road section. The horizontal axis represents distance in meters, ranging from 0.00 to 16.00. The vertical axis represents elevation in meters, ranging from -96.0 to -90.0. The profile shows a road surface with various elevations and a centerline. Key features include a vertical curve starting at station 0+00 and ending at station 16+00. The profile is labeled with stationing and elevation values at various points.

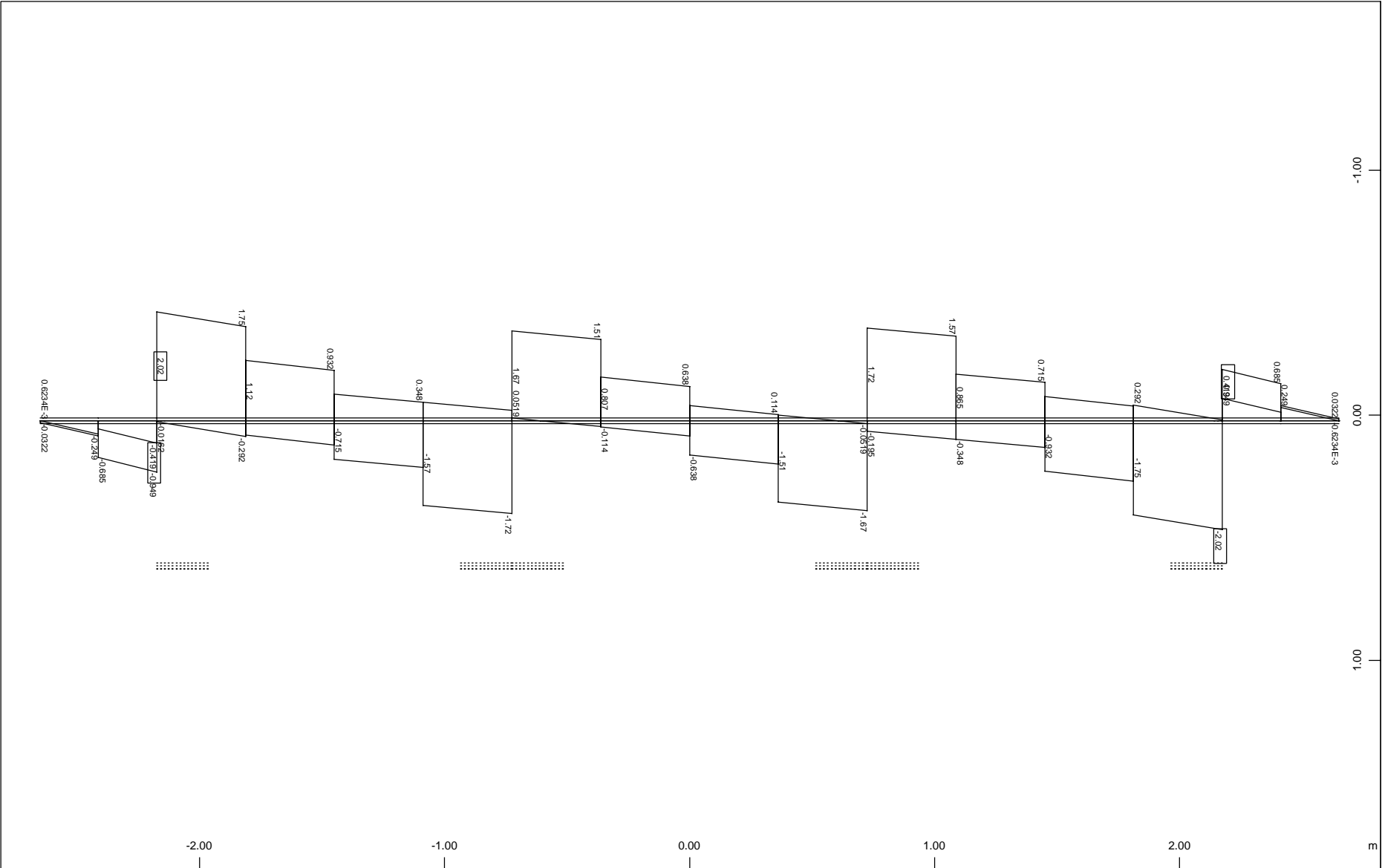
Station (m)	Elevation (m)
0.00	-91.7
0.50	-91.4
1.00	-91.3
1.50	-91.3
2.00	-91.3
2.50	-91.3
3.00	-91.3
3.50	-91.3
4.00	-91.3
4.50	-91.3
5.00	-91.3
5.50	-91.3
6.00	-91.3
6.50	-91.3
7.00	-91.3
7.50	-91.3
8.00	-91.3
8.50	-91.3
9.00	-91.3
9.50	-91.3
10.00	-91.3
10.50	-91.3
11.00	-91.3
11.50	-91.3
12.00	-91.3
12.50	-91.3
13.00	-91.3
13.50	-91.3
14.00	-91.3
14.50	-91.3
15.00	-91.3
15.50	-91.3
16.00	-91.3

$$\begin{array}{c} Z-X \\ | \\ Y \end{array}$$

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-93.9) (Max=2.24)

M 1 : 67

KRT_1a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

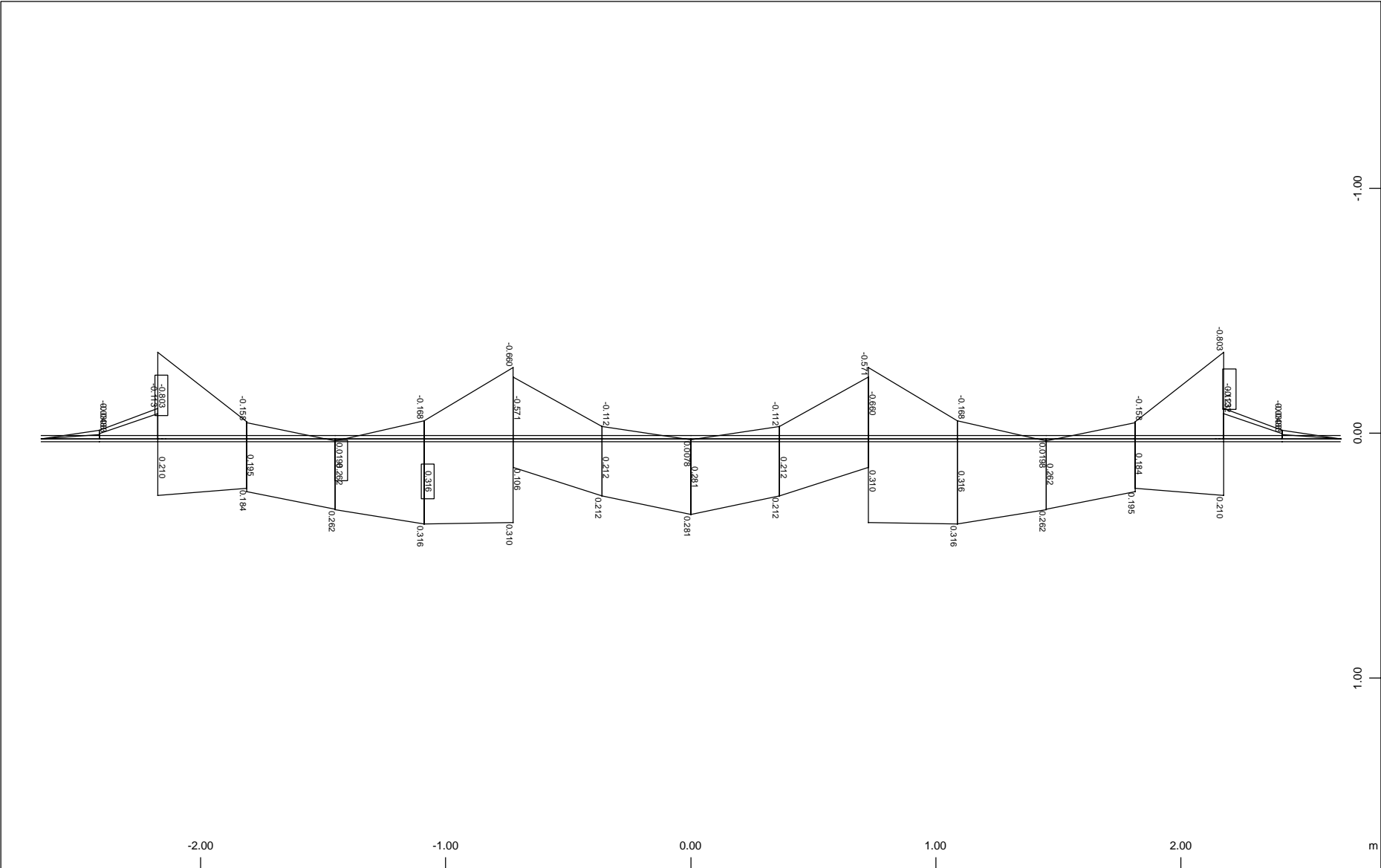


X-Y
Z

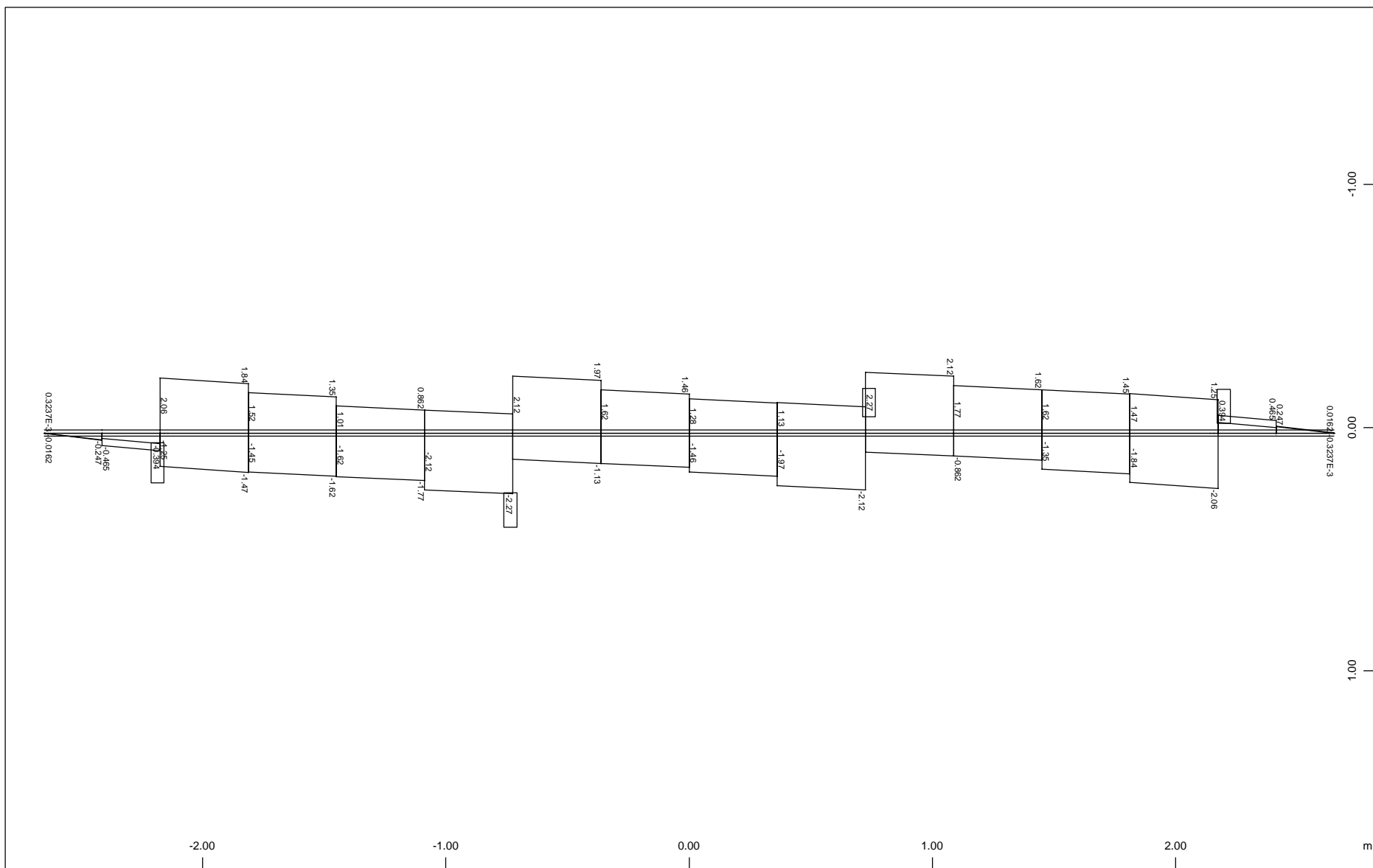
Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.419) (Max=2.02)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-2.02) (Max=0.419)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My



KRT_1a. Päätysalue laatta. Leikkausvoima Vz


$$\begin{array}{c} \text{X}-\text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

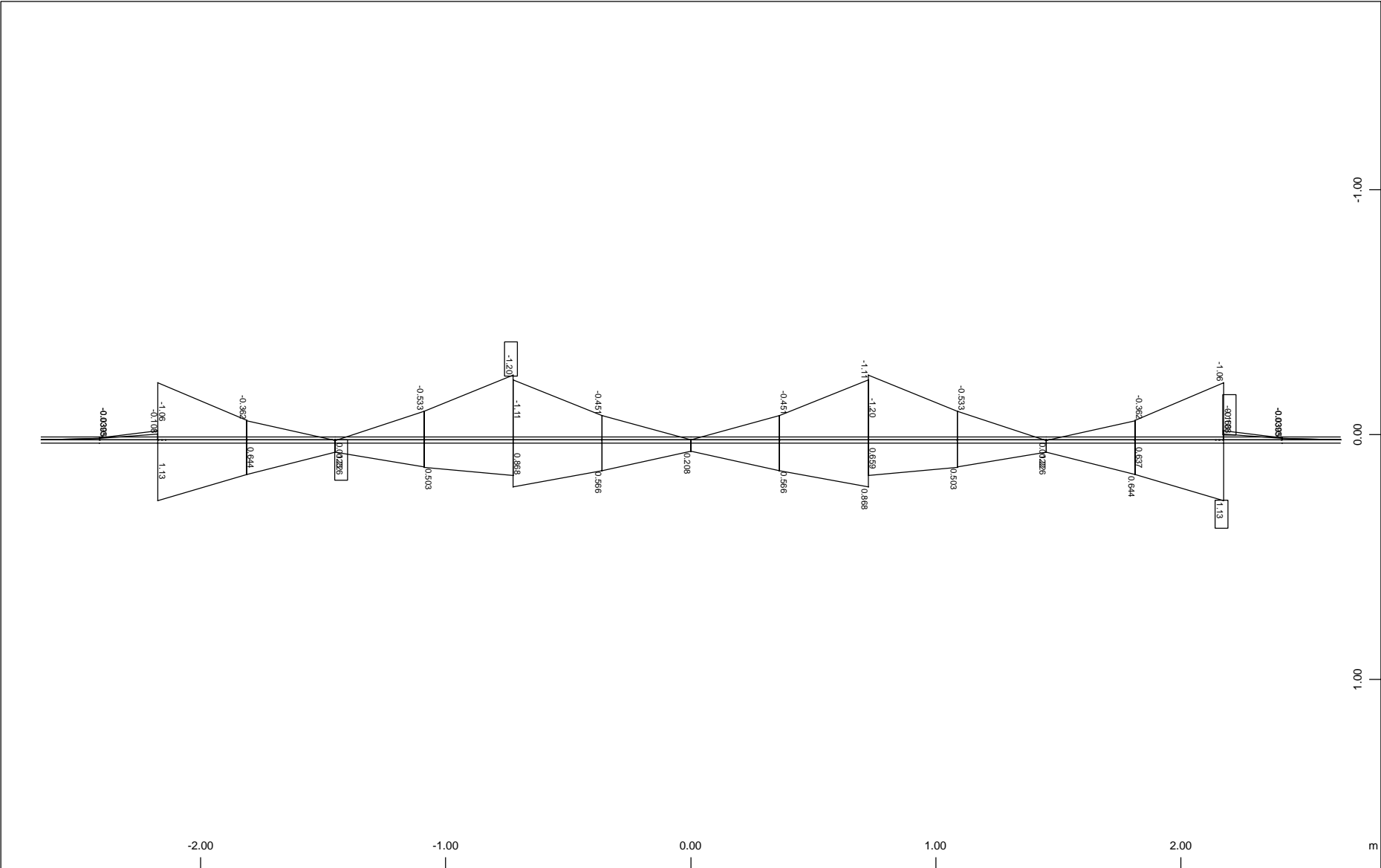
Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.394) (Max=2.27)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.27) (Max=0.394)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

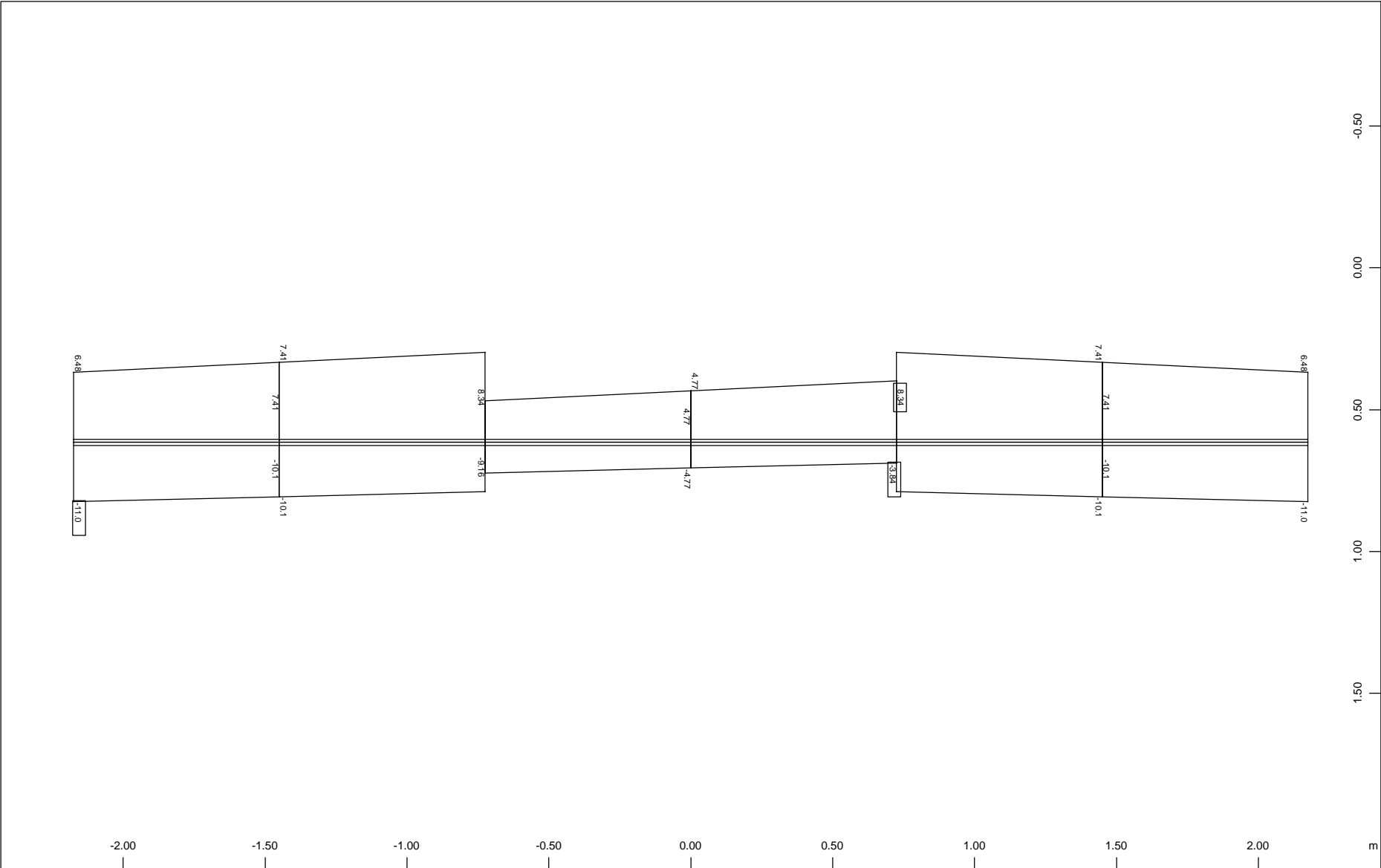


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.108) (Max=1.13)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.20) (Max=0.0123)

M 1 : 22

KRT_1a. poikkituet. Leikkausvoima Vz

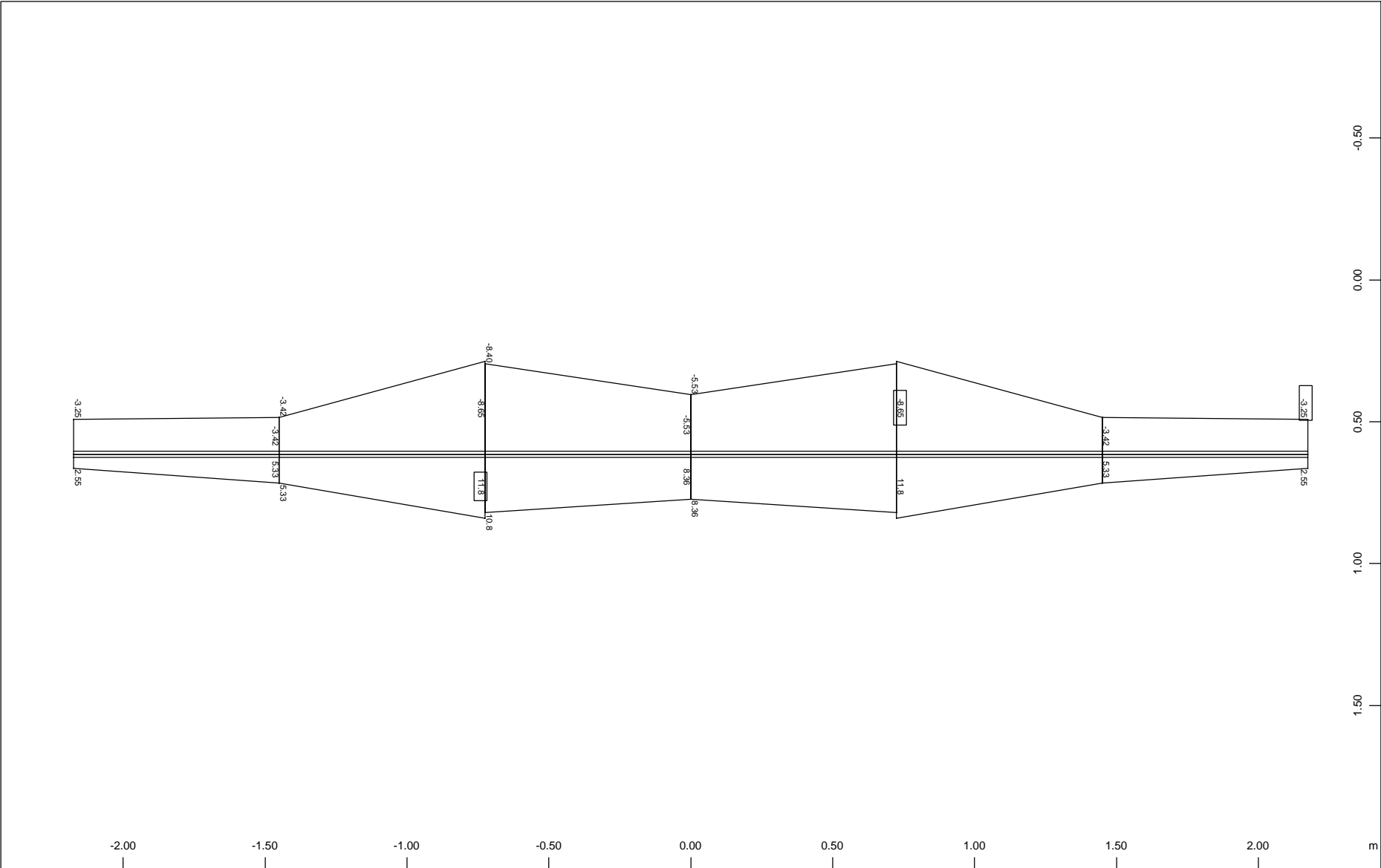


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=8.34)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-11.0) (Max=-3.84)

M 1 : 19

Taivutusmomentti: My

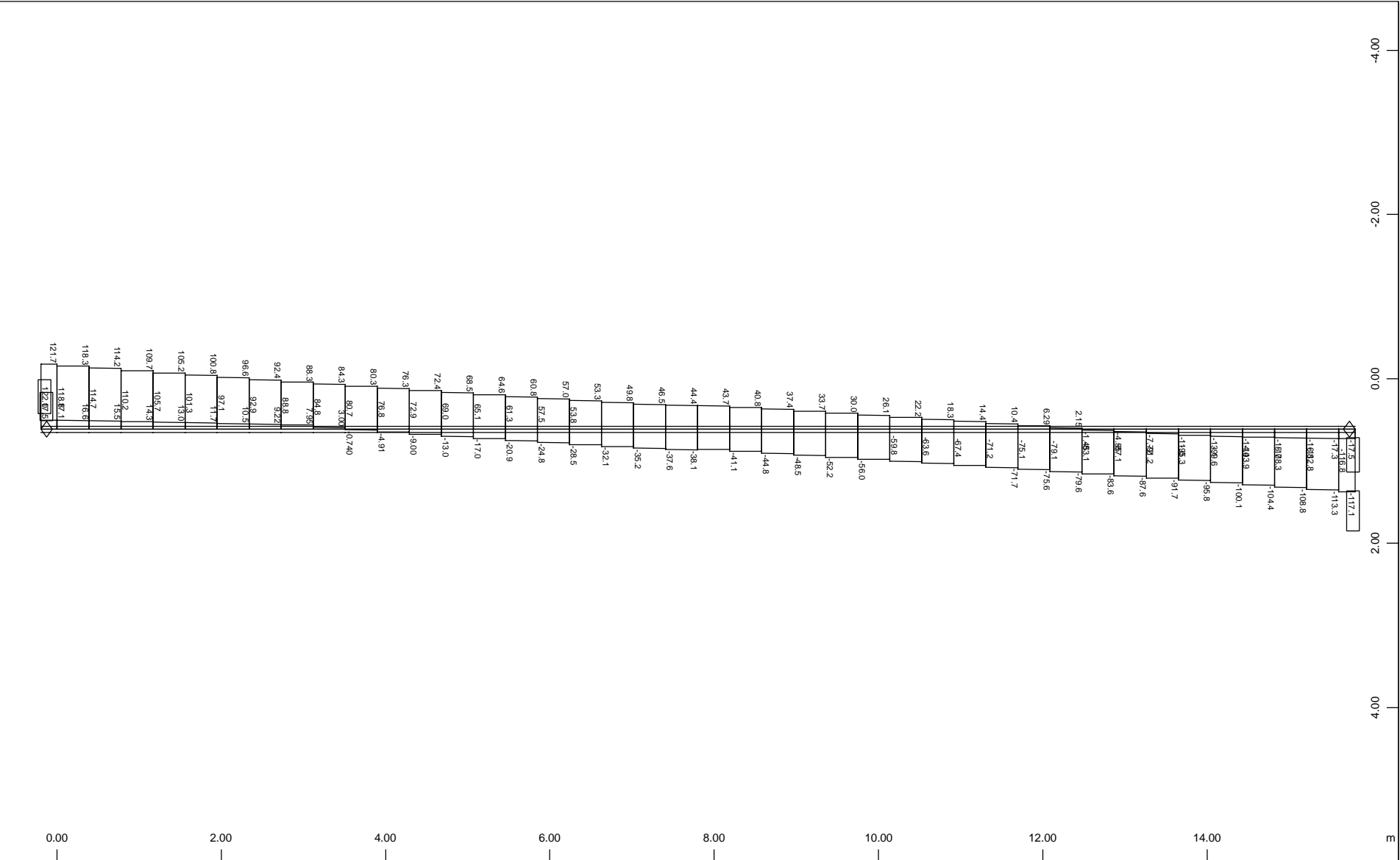


X-Y
Z

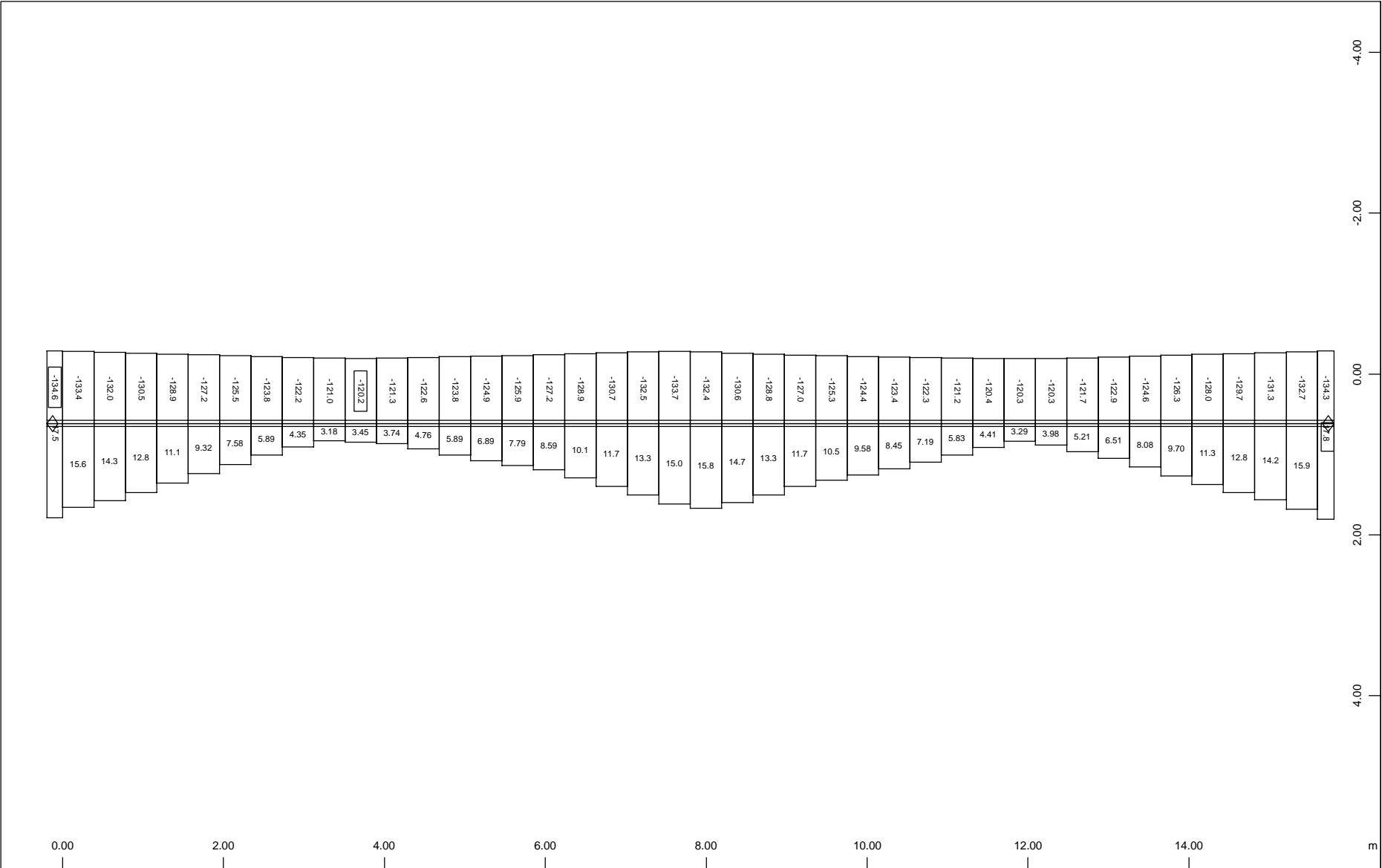
Sector of system
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Max=11.8)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-8.65) (Max=-3.25)

M 1 : 19

KRT_2a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



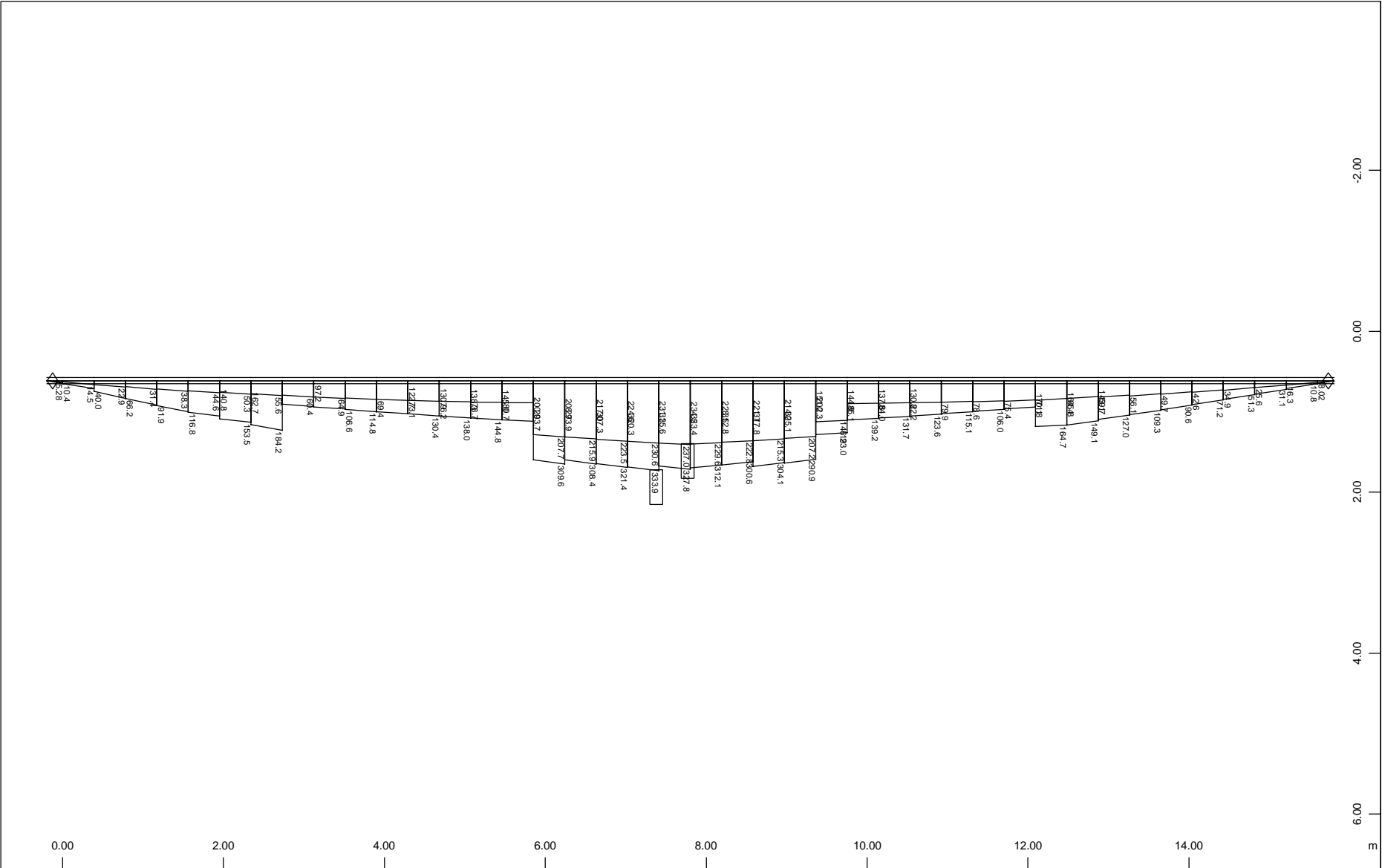
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=17.8)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-134.6) (Max=-120.2)

M 1 : 67

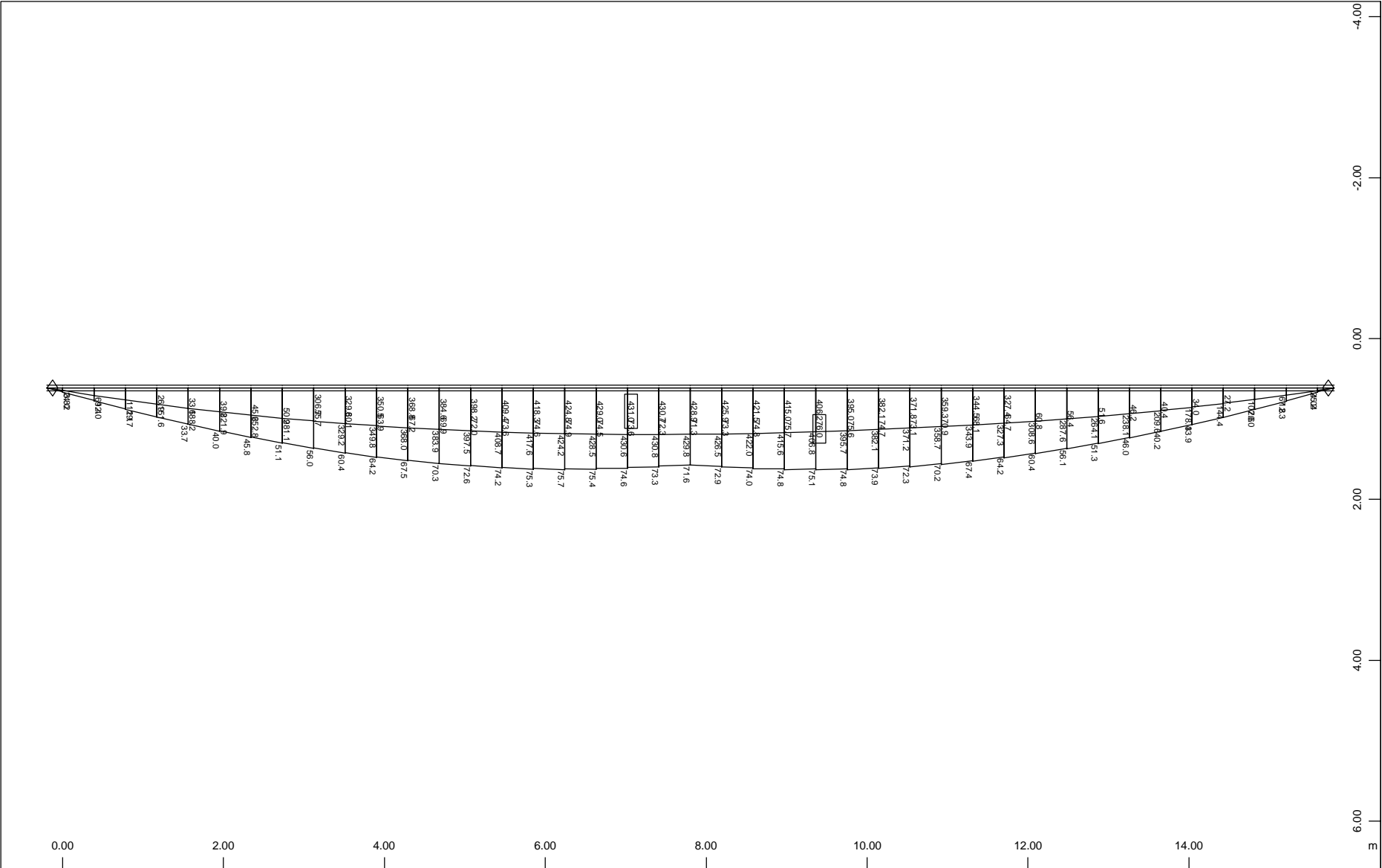
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=333.9)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=237.0)

M 1 : 67

Taivutusmomentti: My

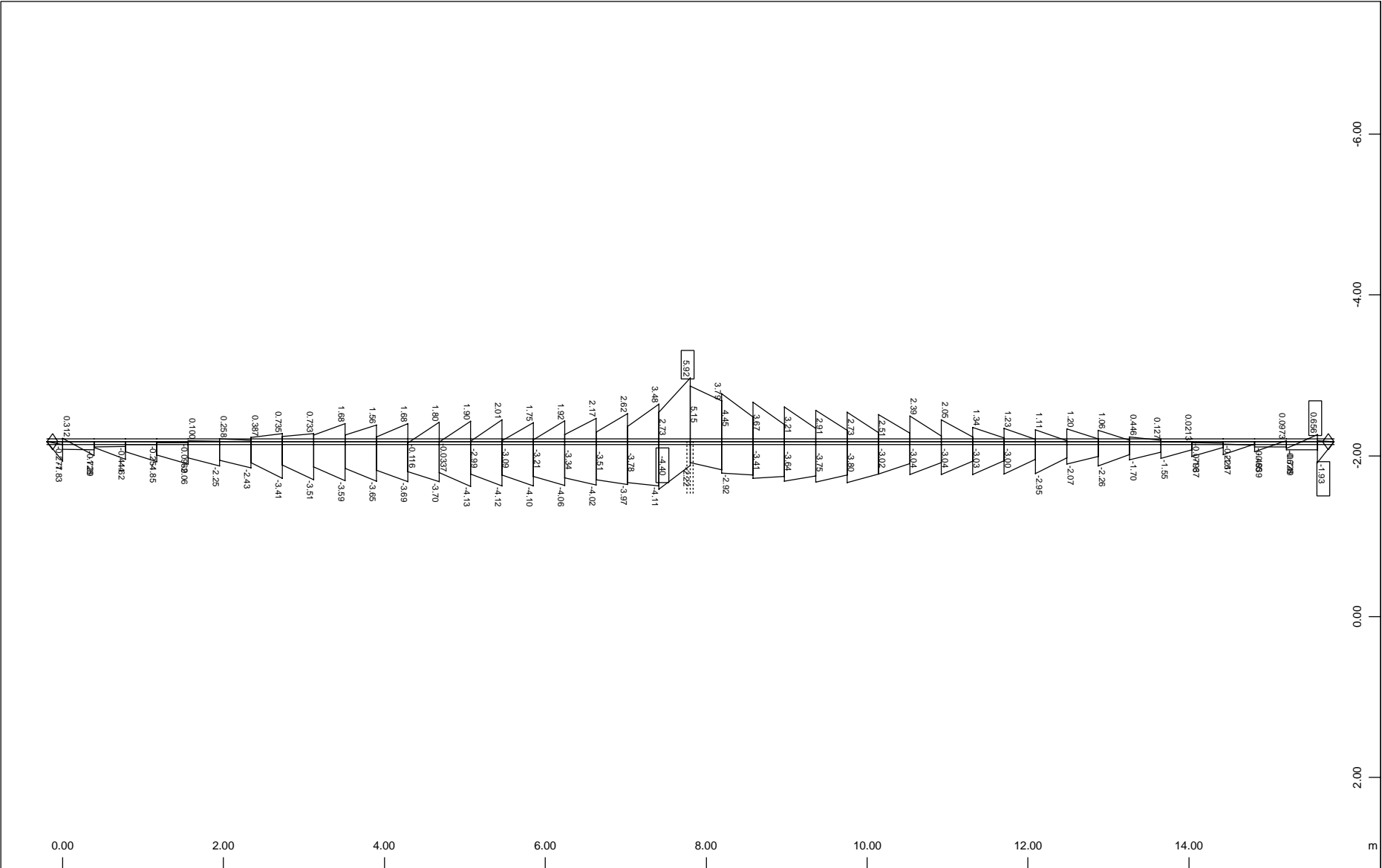


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a, 1 cm 3D = 500.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=431.0)
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a, 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=76.0)

M 1 : 67

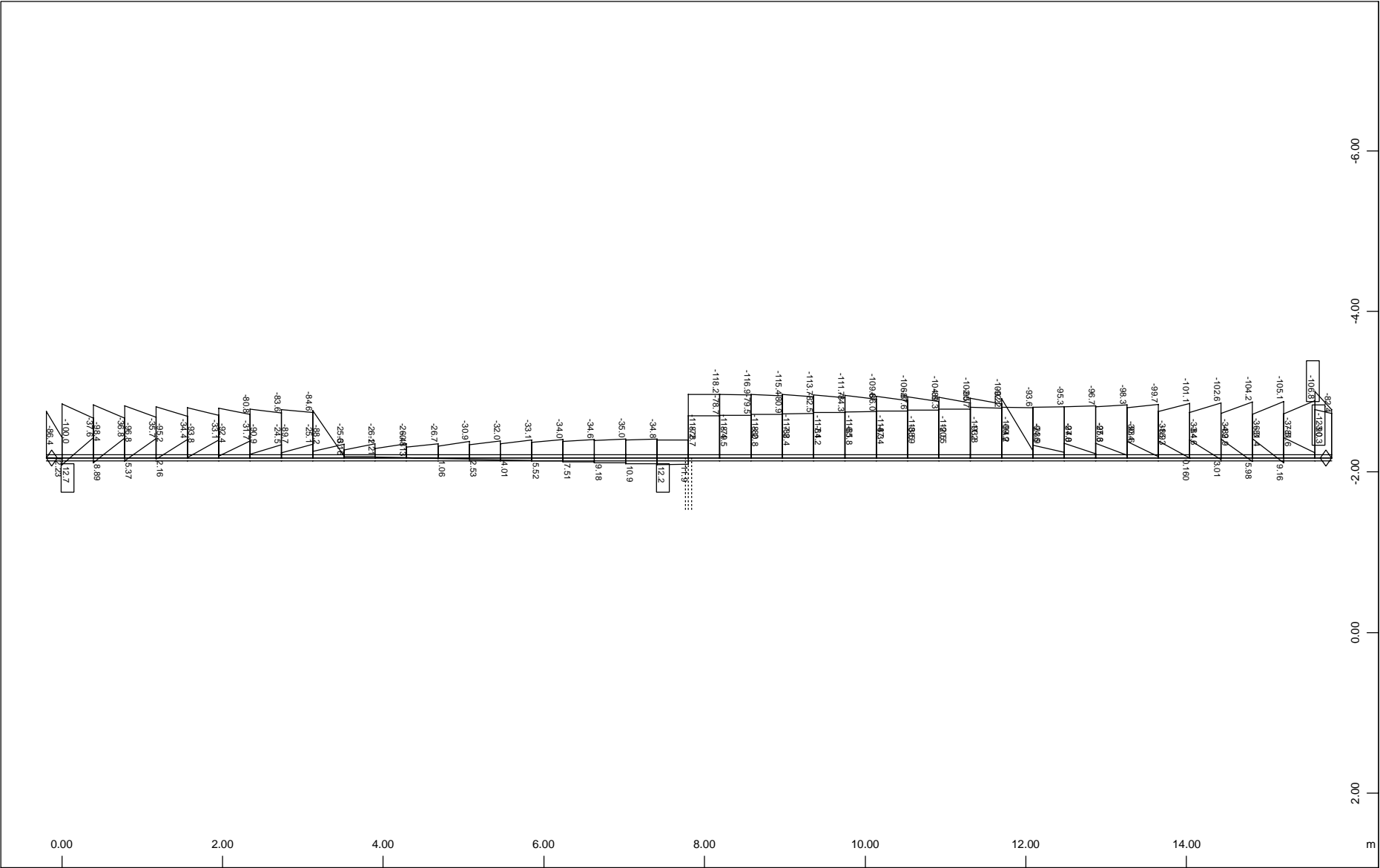
My vastaava taivutusmomentti: Mz



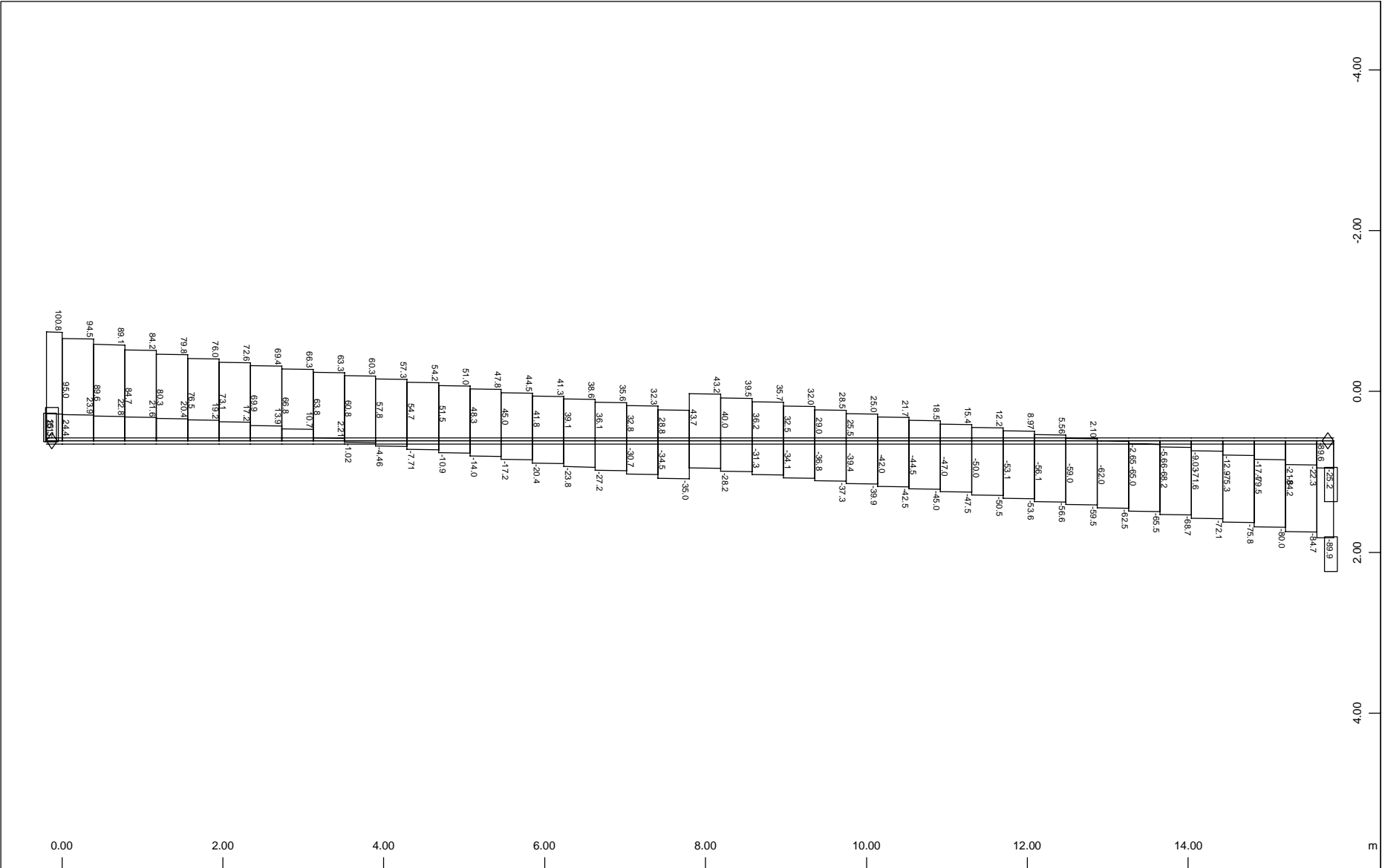
Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.40) (Max=0.656)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-1.93) (Max=5.92)

M 1 : 67

My vastaava normaalivoima: Nx



KRT_2a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

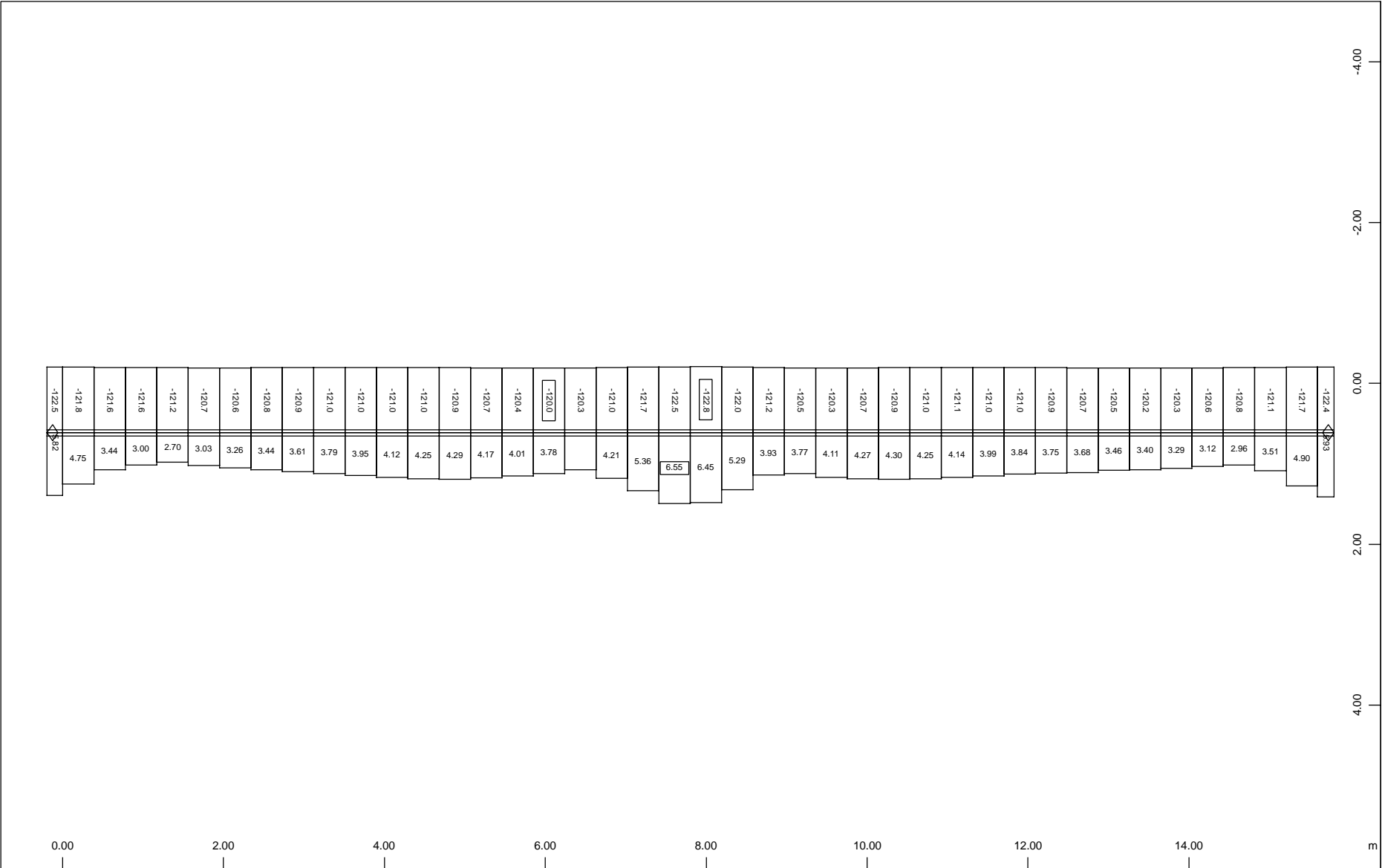


Y-X
Z

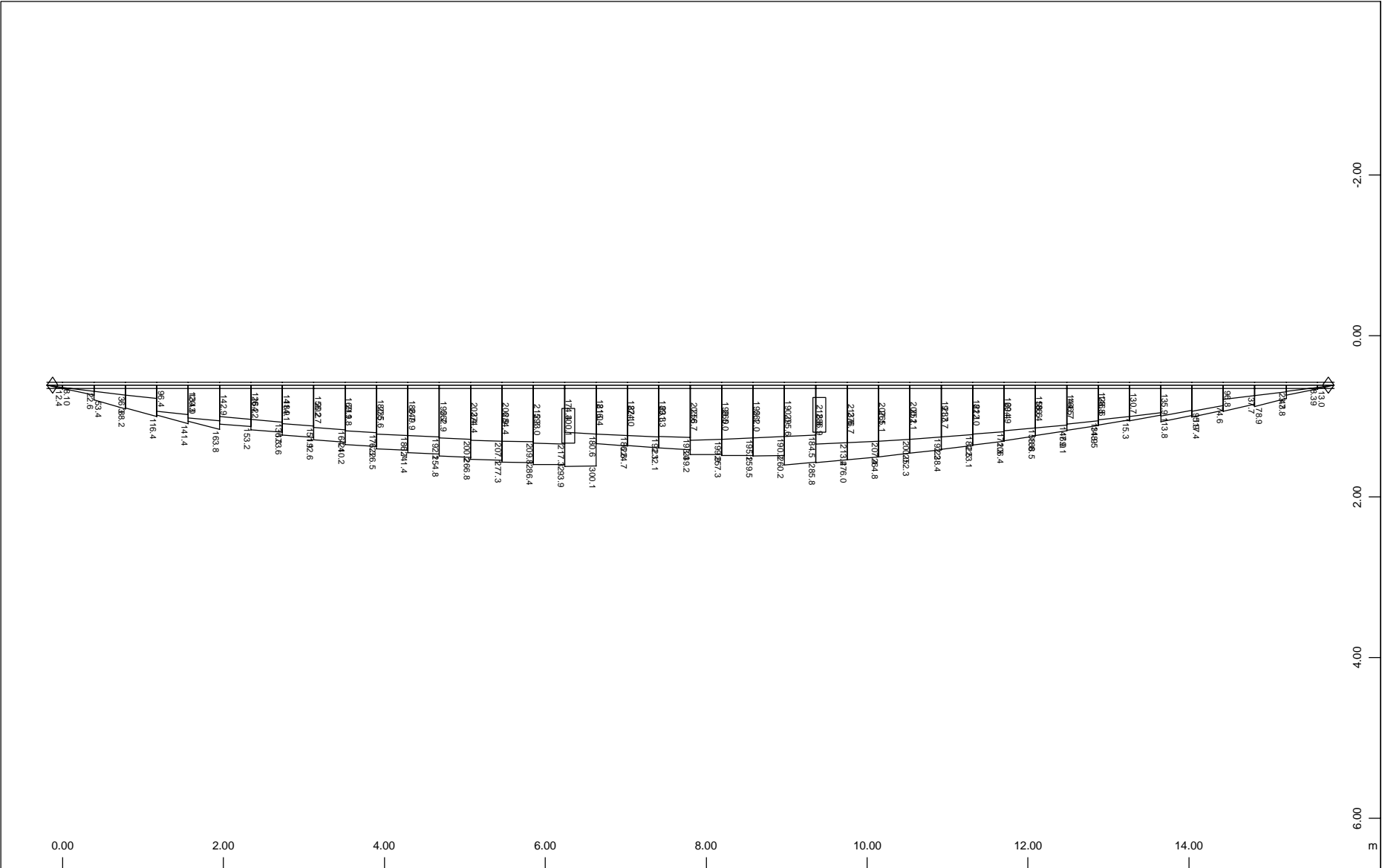
Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-25.2) (Max=101.1)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-89.9) (Max=25.3)

M 1 : 67

Normaalivoima: Nx



Nx vastaava taivutusmomentti: My

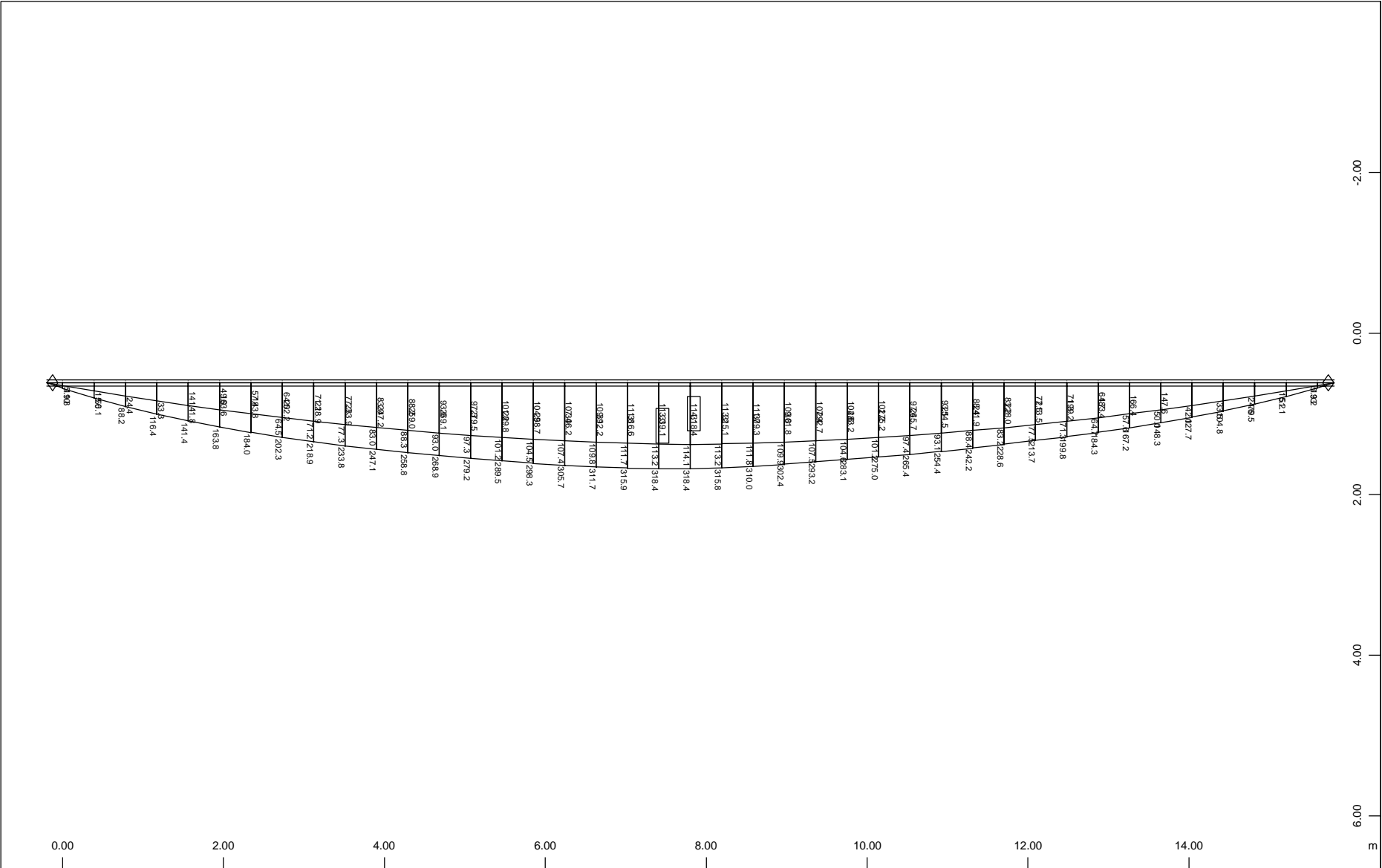


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=300.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=218.8)

M 1 : 67

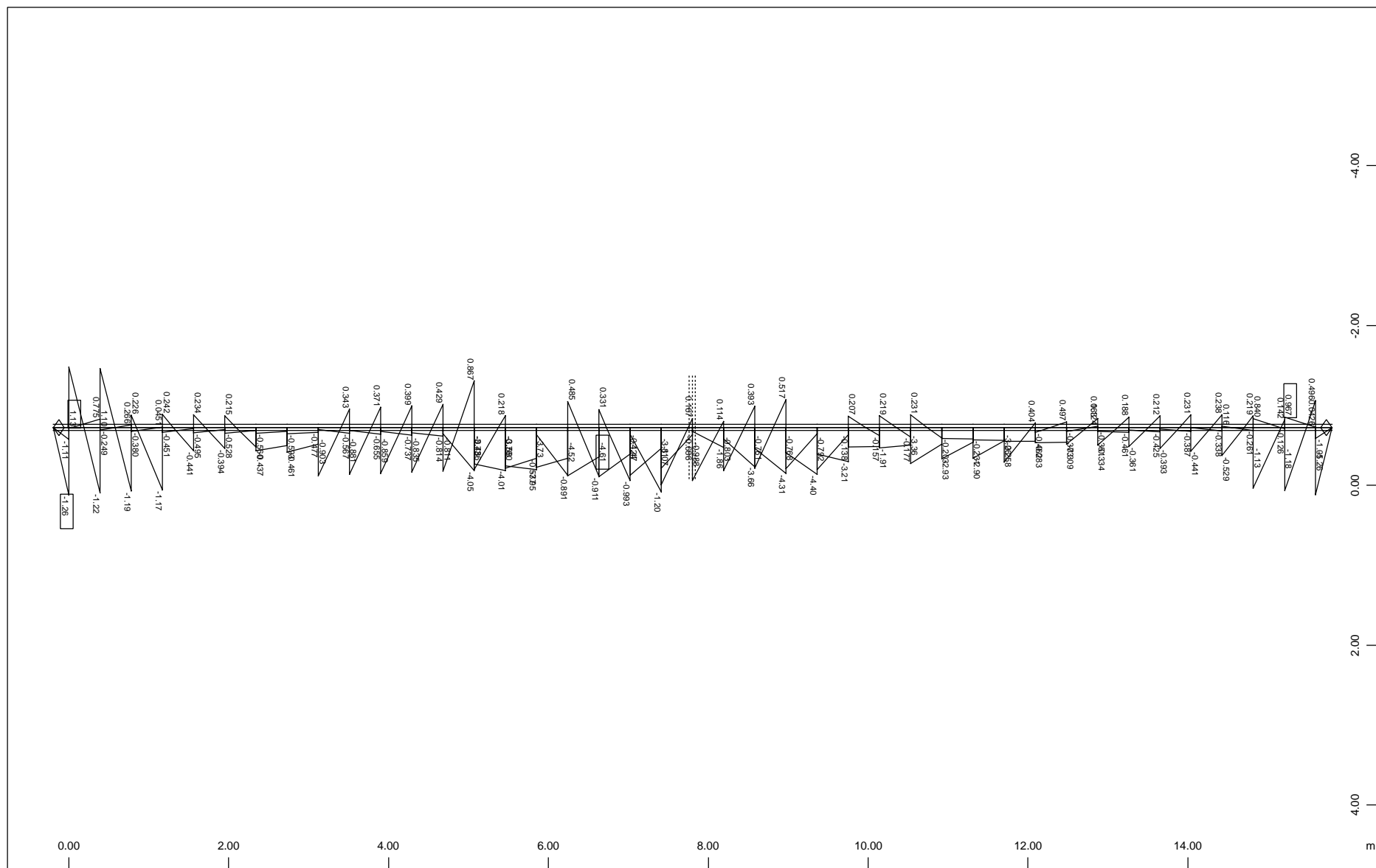
Taivutusmomentti: My



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=319.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=114.1)

M 1 : 67


$$\begin{array}{c} Z-X \\ | \\ Y \end{array}$$

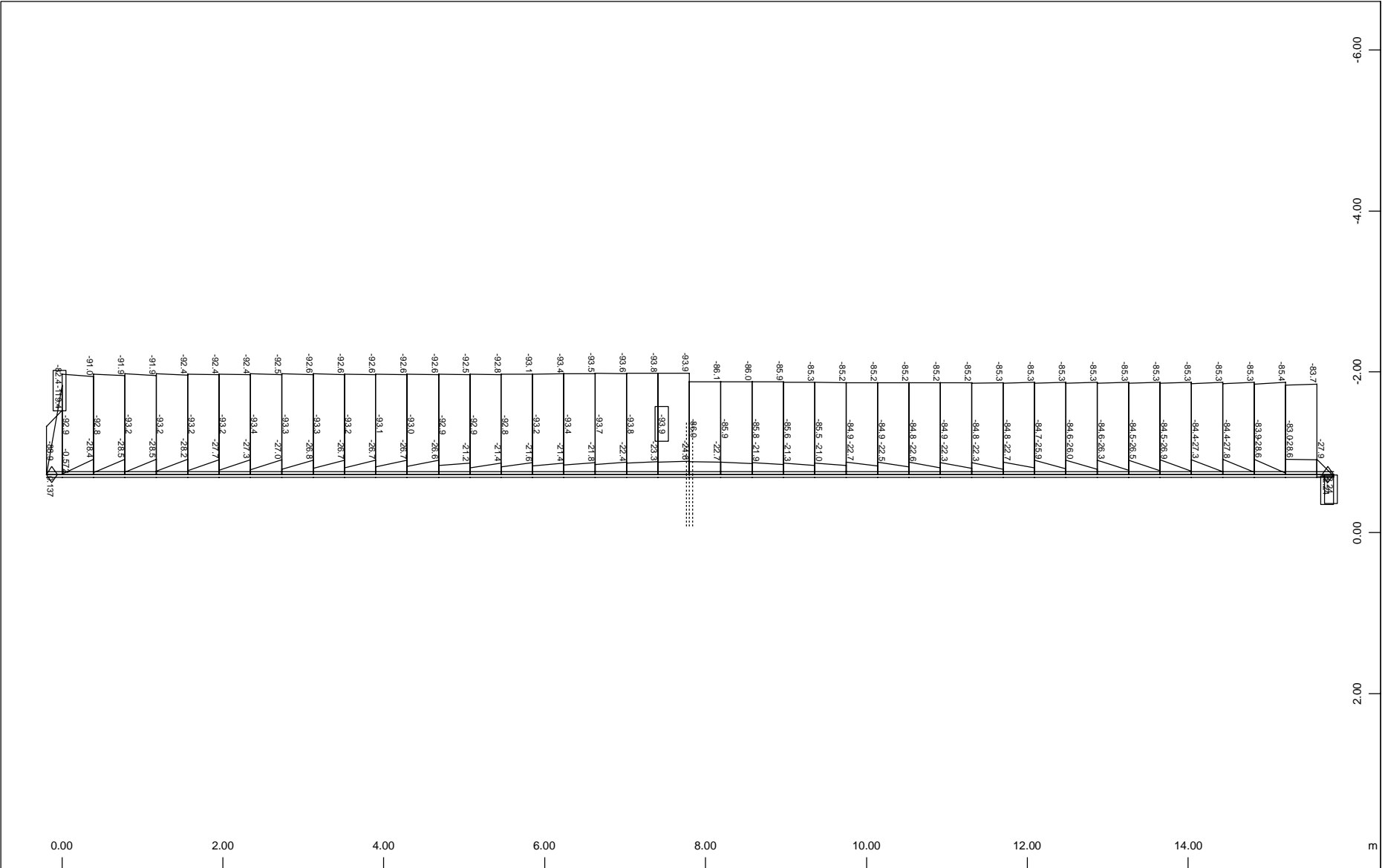
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.61) (Max=0.967)

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.26) (Max=1.13)

M 1 : 67

My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-119.4) (Max=2.24)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-93.9) (Max=2.24)

M 1 : 67



Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-47.9) (Max=0.247)

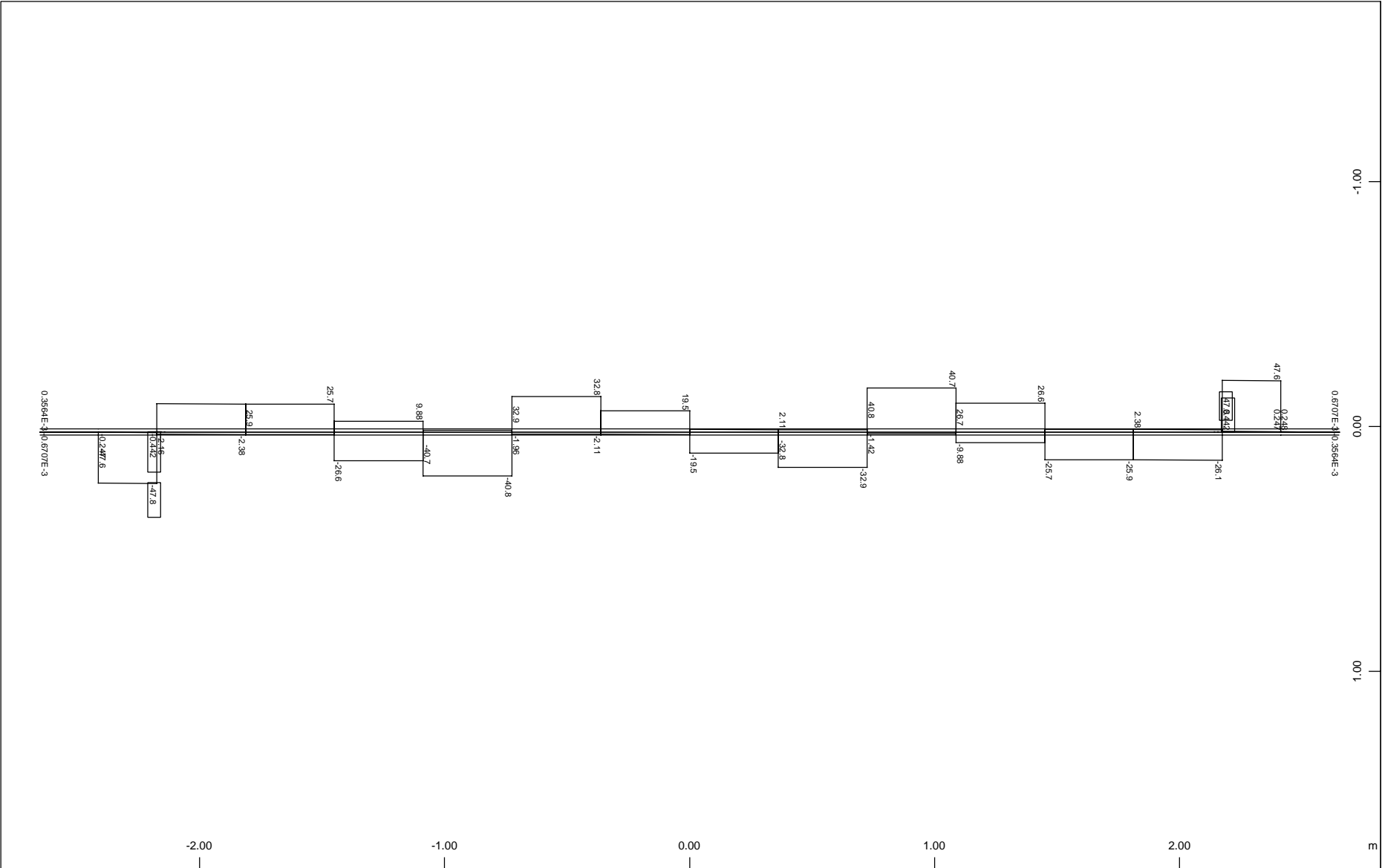
[illegible]
$$\begin{array}{c} X-Y \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-0.0750) (Max=9.17)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-11.4) (Max=0.0075)

M 1 : 22

KRT_2a. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

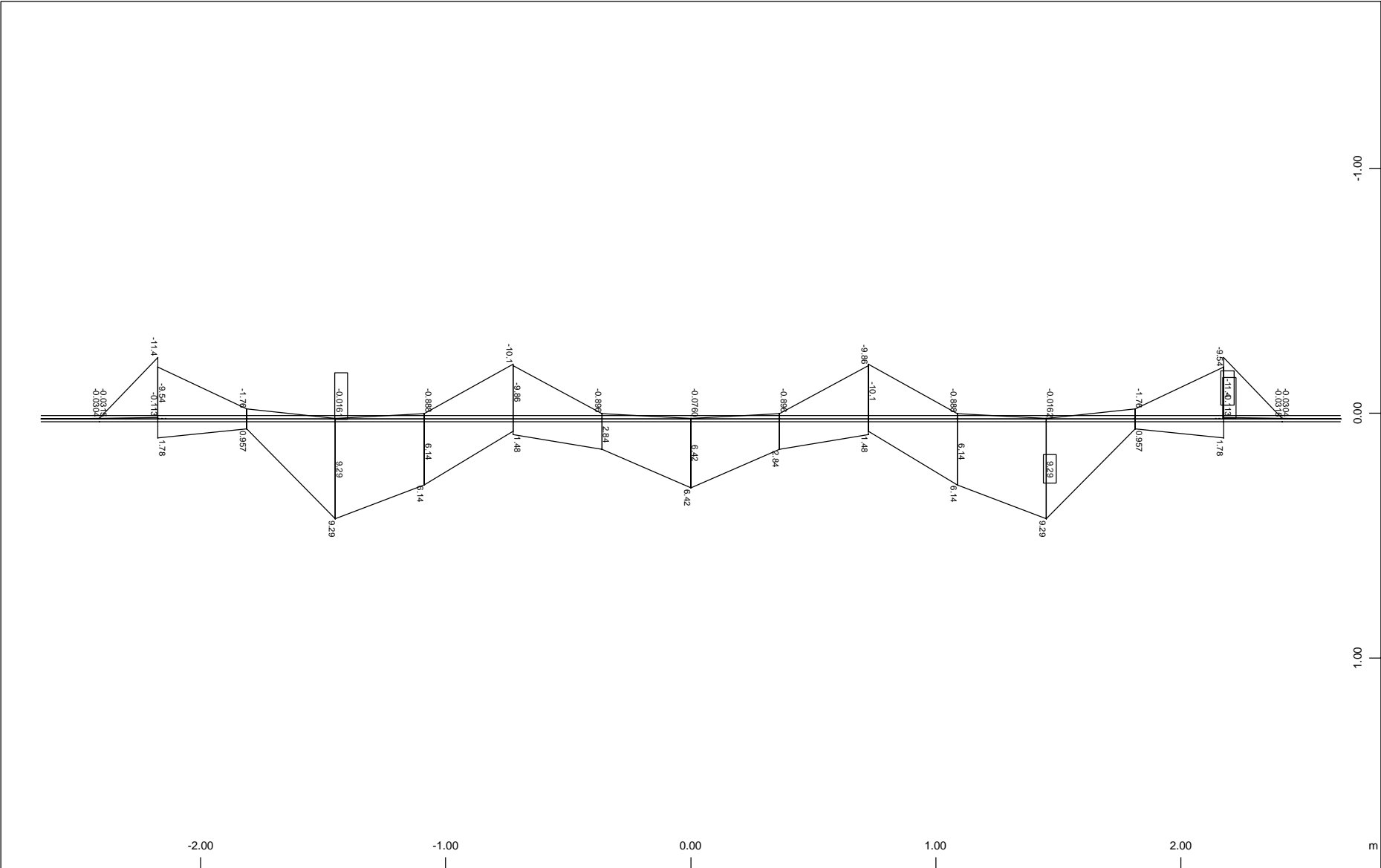


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.442) (Max=47.8)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-47.8) (Max=0.442)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

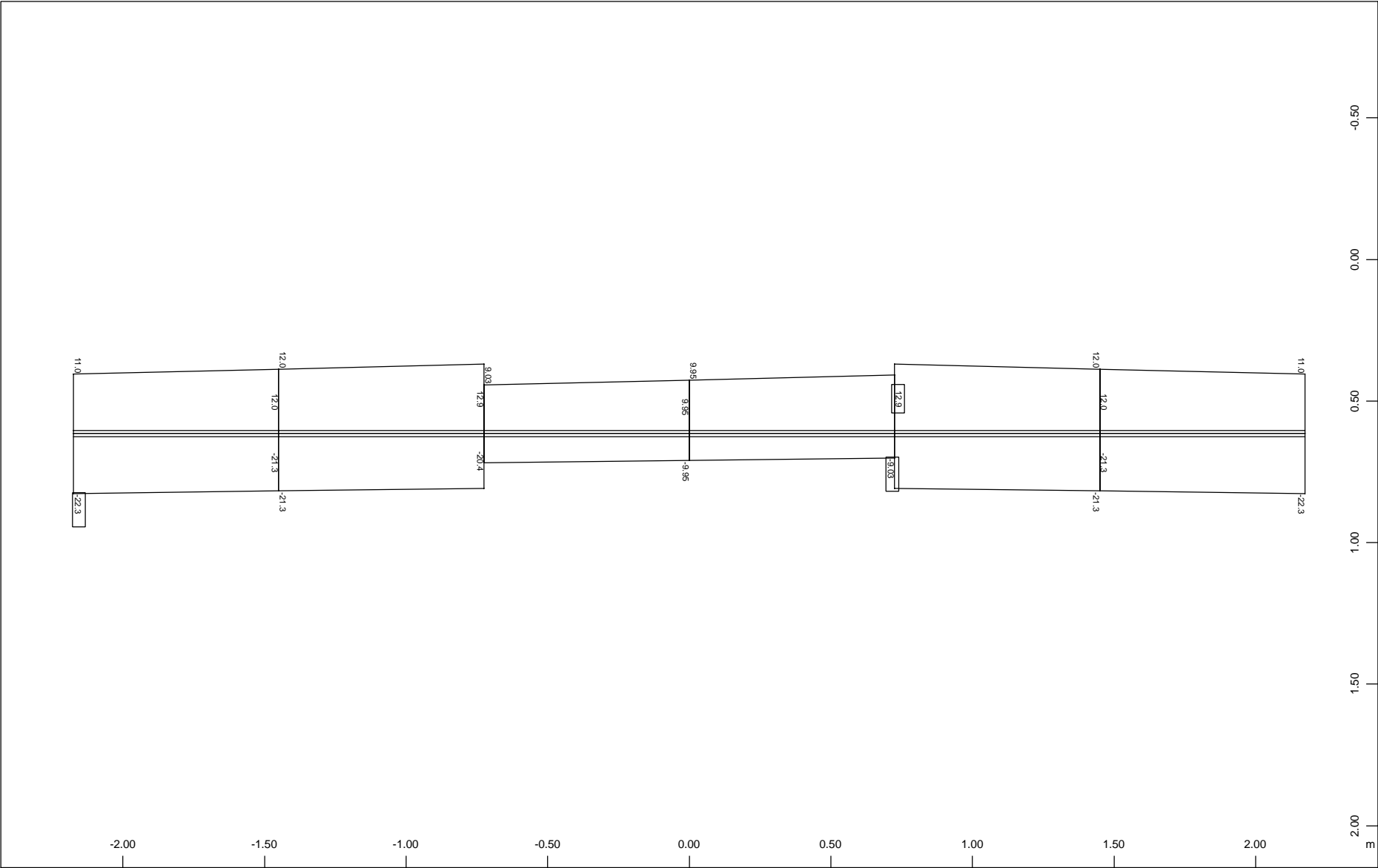


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a, 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-0.113) (Max=9.29)
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a, 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-11.4) (Max=-6.7589e-05)

M 1 : 22

KRT_2a. poikkituet. Leikkausvoima Vz

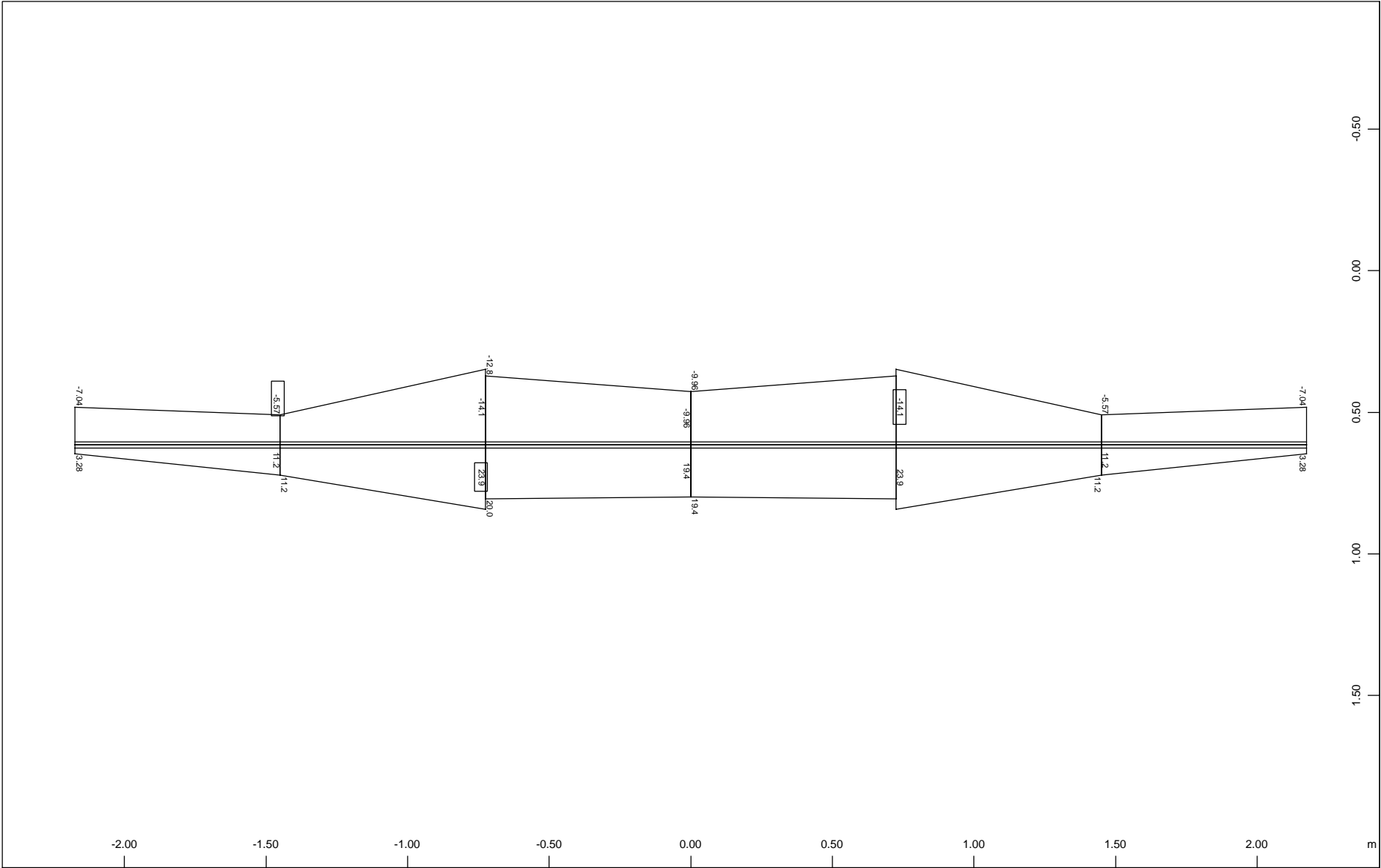


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=12.9)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-22.3) (Max=-9.03)

M 1 : 19

Taivutusmomentti: My

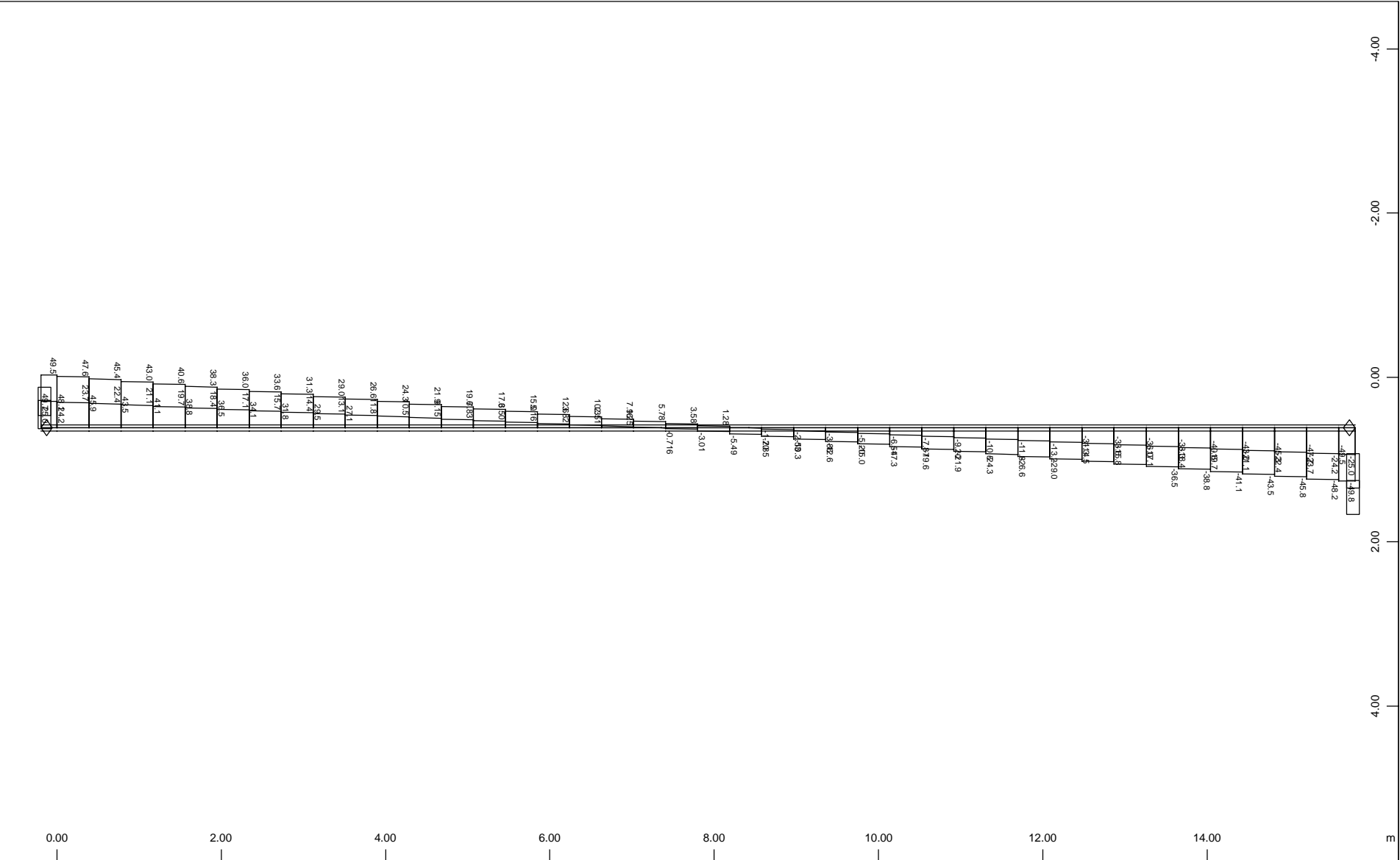


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=23.9)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-14.1) (Max=-5.57)

M 1 : 19

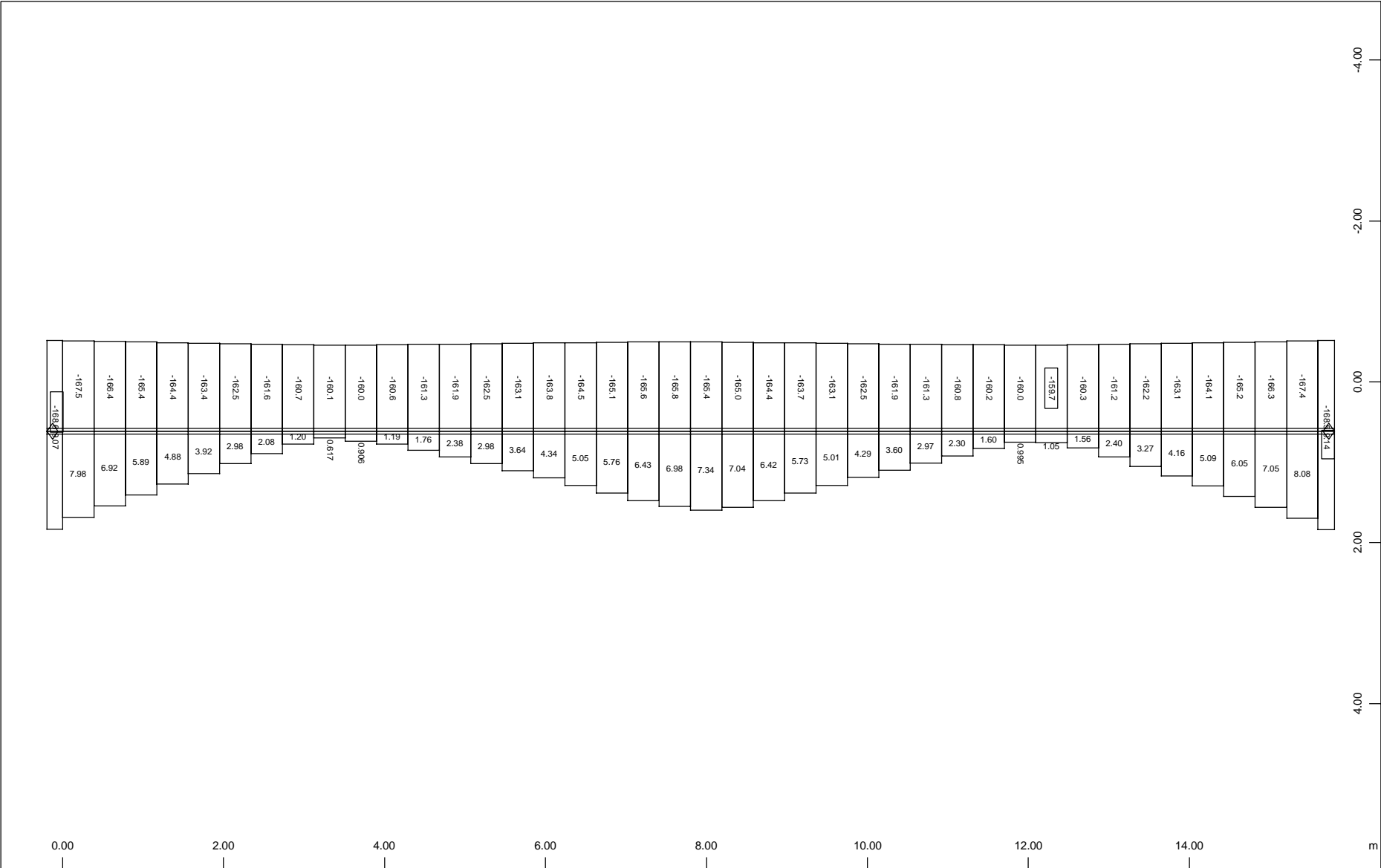
KRT_4a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Y X
Z
Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-25.0) (Max=49.7)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-49.8) (Max=25.0)

M 1 : 65

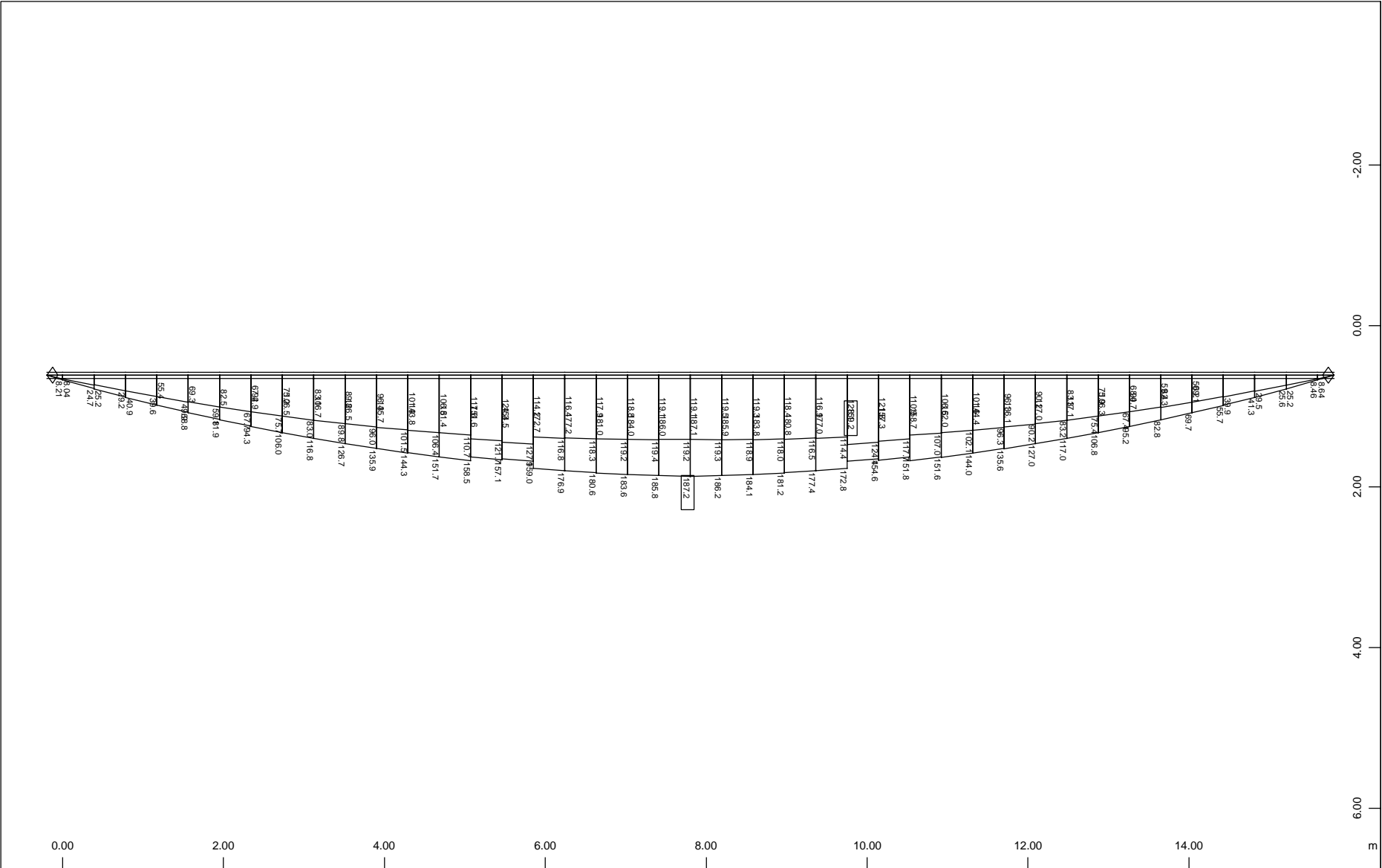
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=9.14)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-168.6) (Max=-159.7)

M 1 : 67

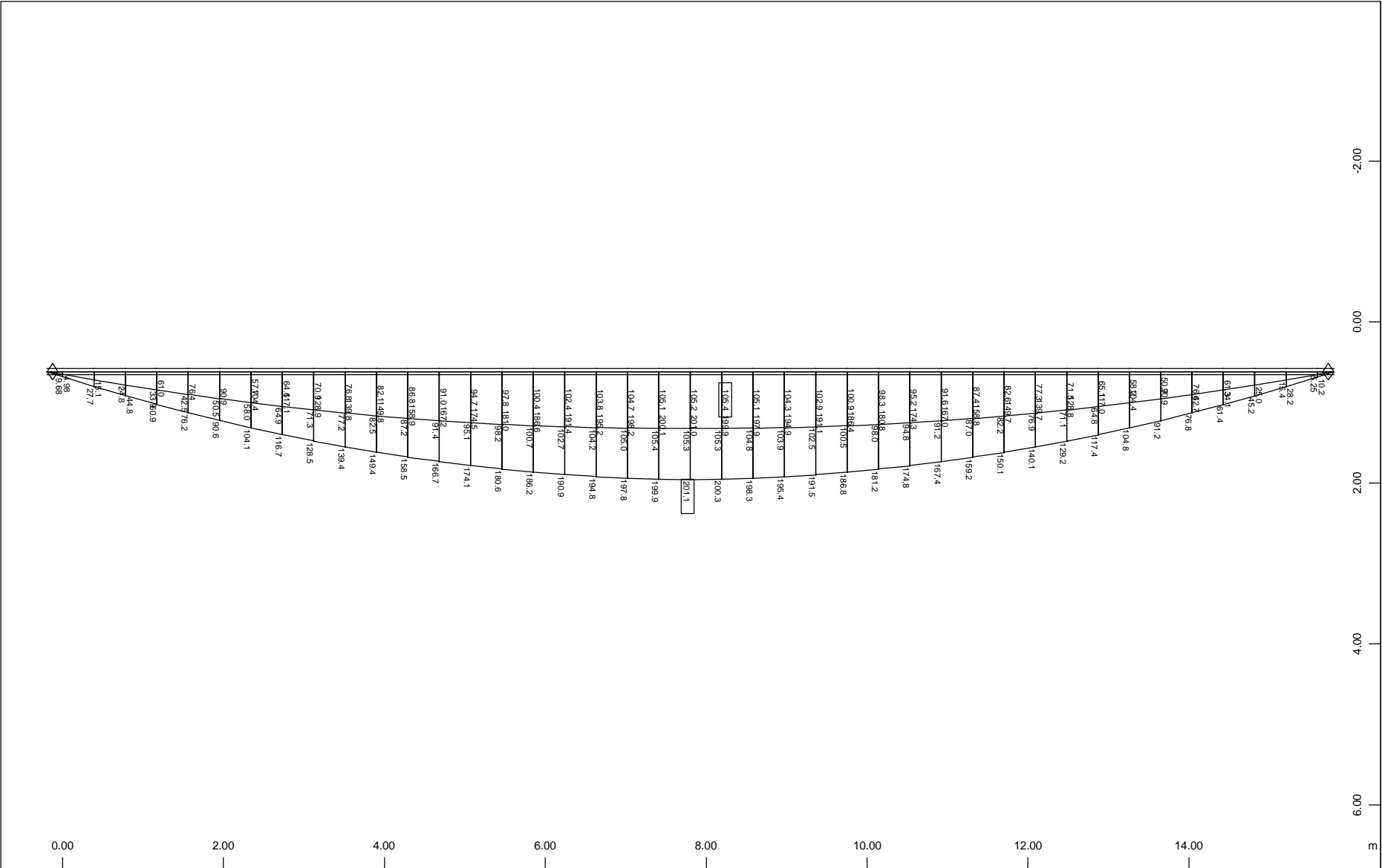
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=159.2)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=187.2)

M 1 : 67

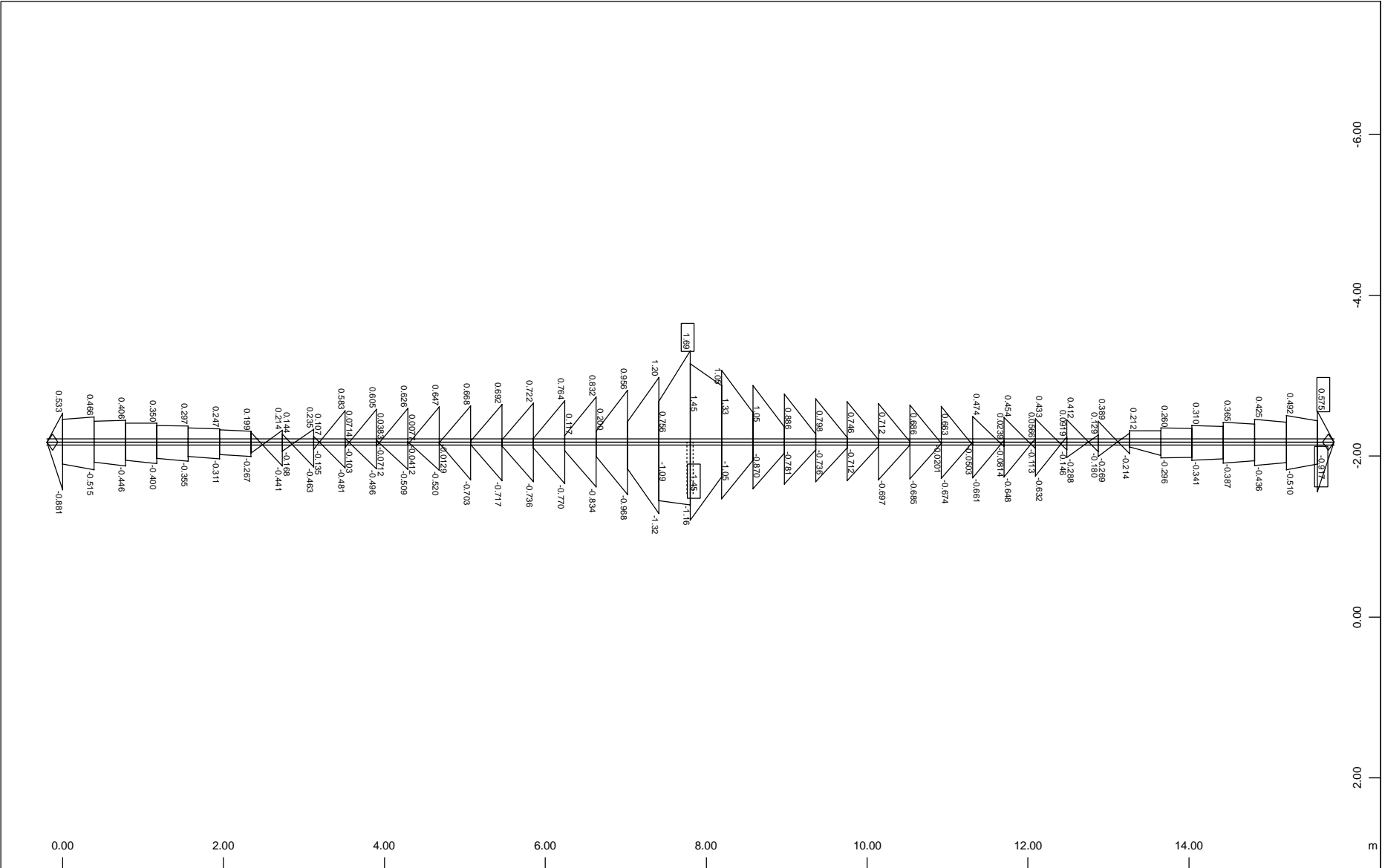
Taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=201.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=105.4)

M 1 : 67

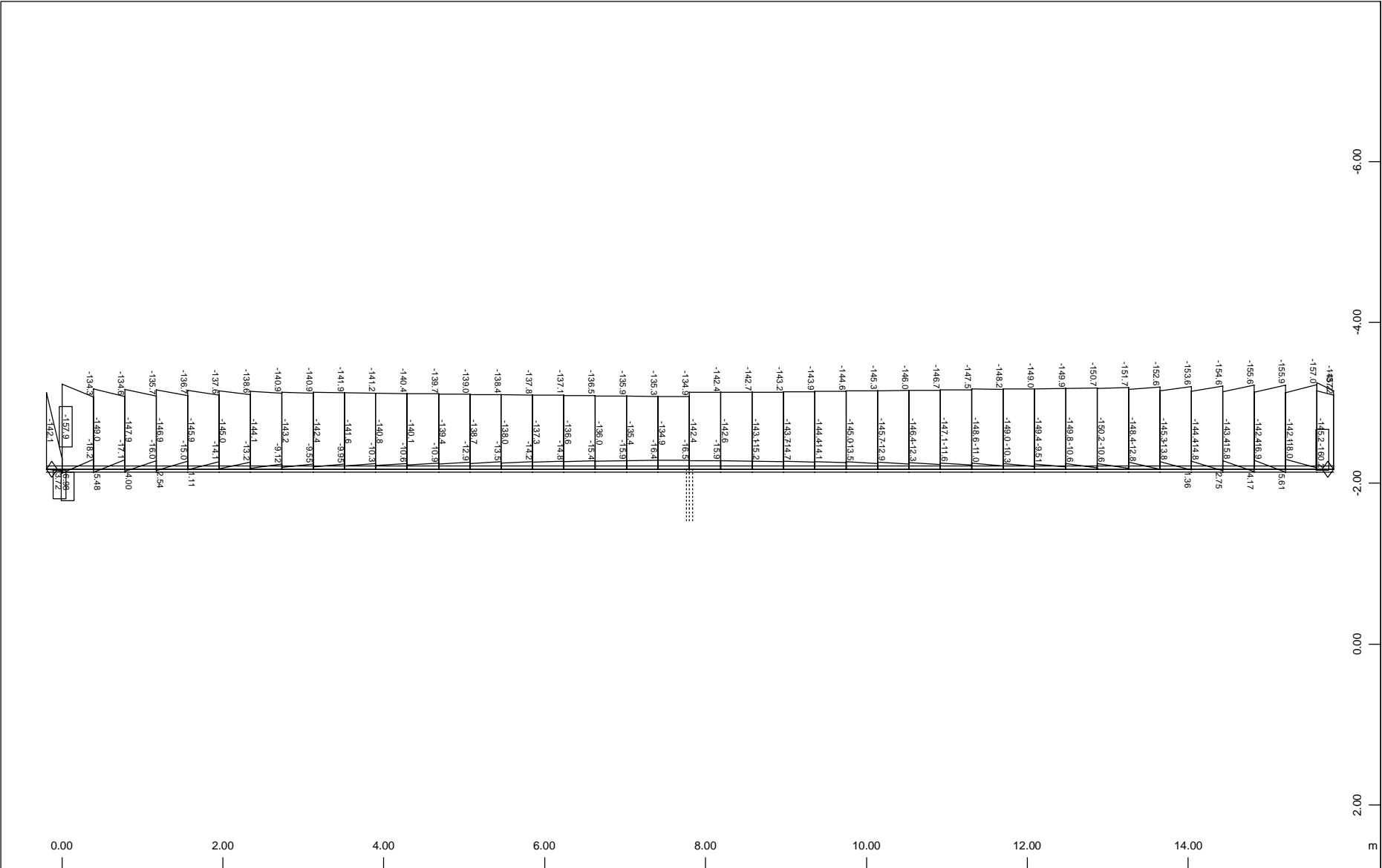
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.45) (Max=0.575)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.917) (Max=1.69)

M 1 : 67

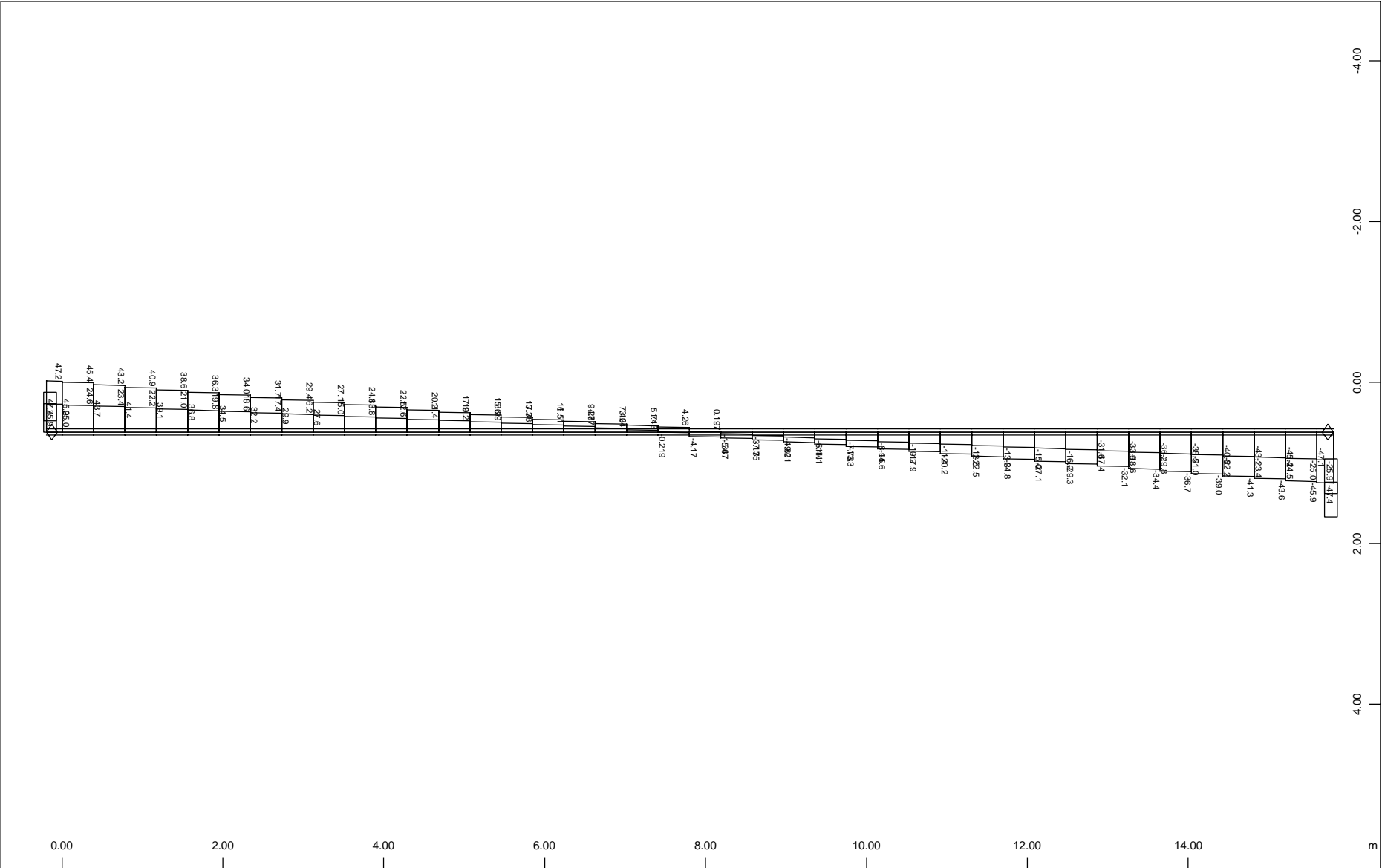
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-160.2) (Max=6.98)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-157.9) (Max=3.72)

M 1 : 67

KRT_4a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

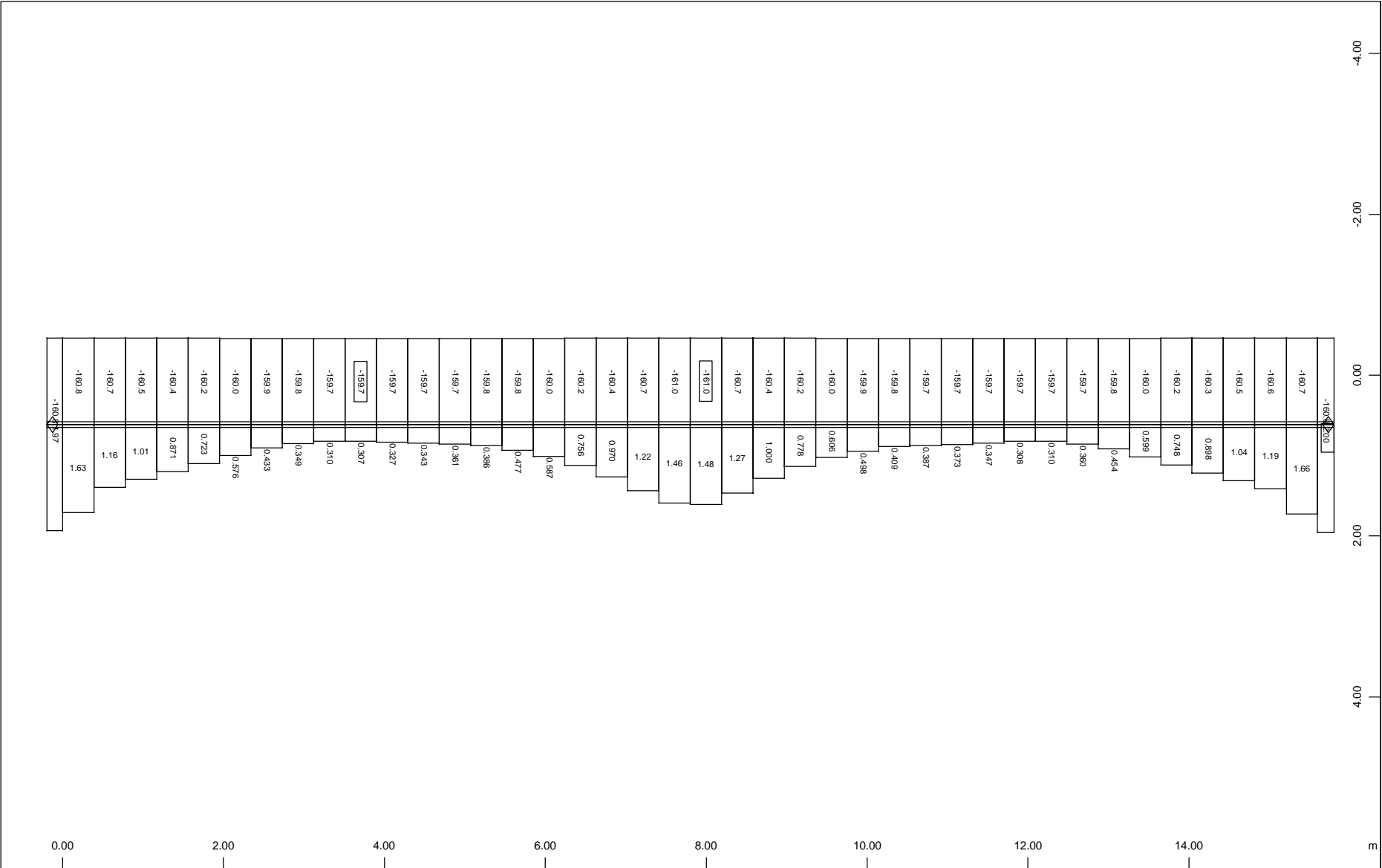


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-25.9) (Max=47.4)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-47.4) (Max=25.9)

M 1 : 67

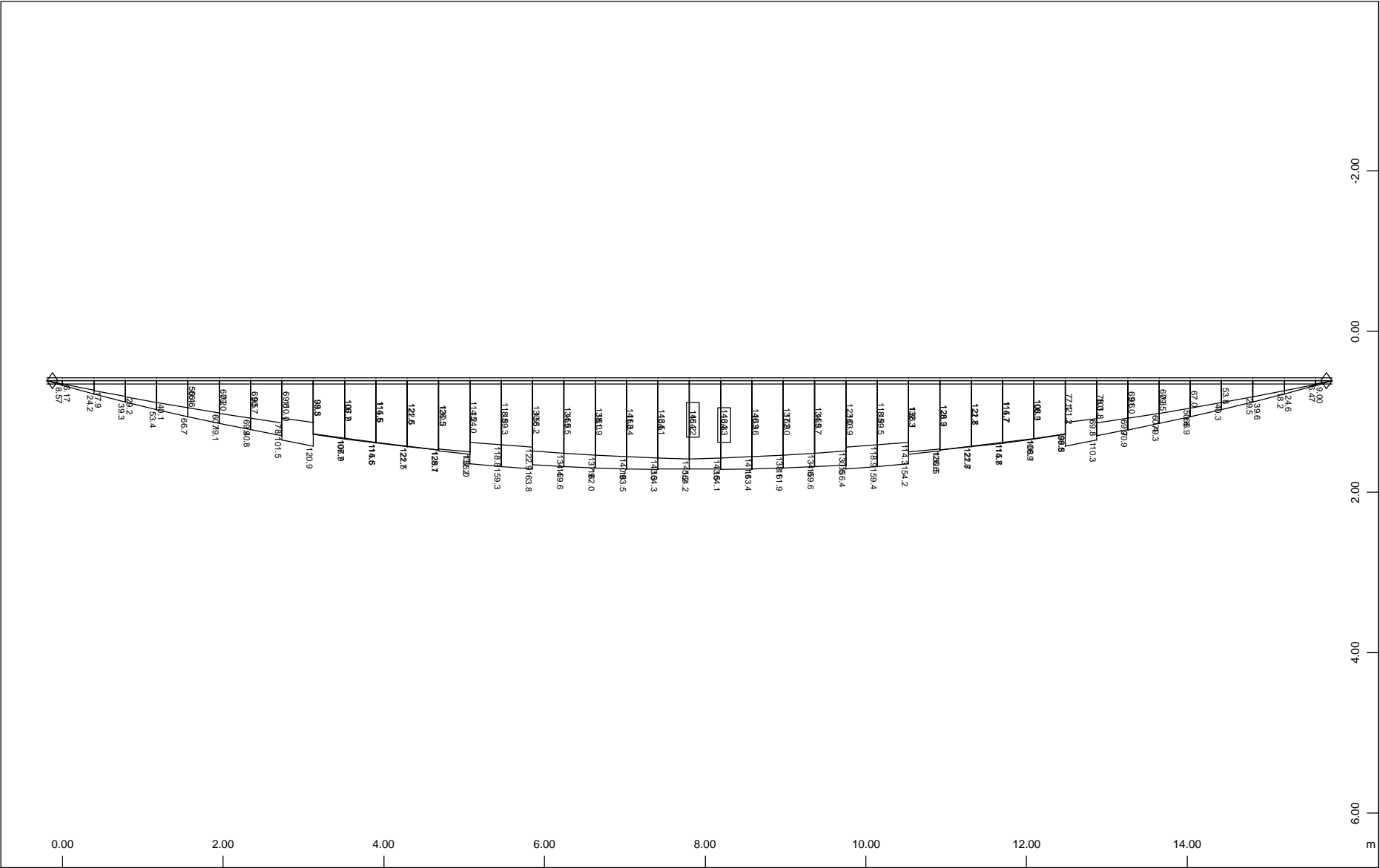
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Max=2.00)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-161.0) (Max=-159.7)

M 1 : 67

Nx vastaava taivutusmomentti: My

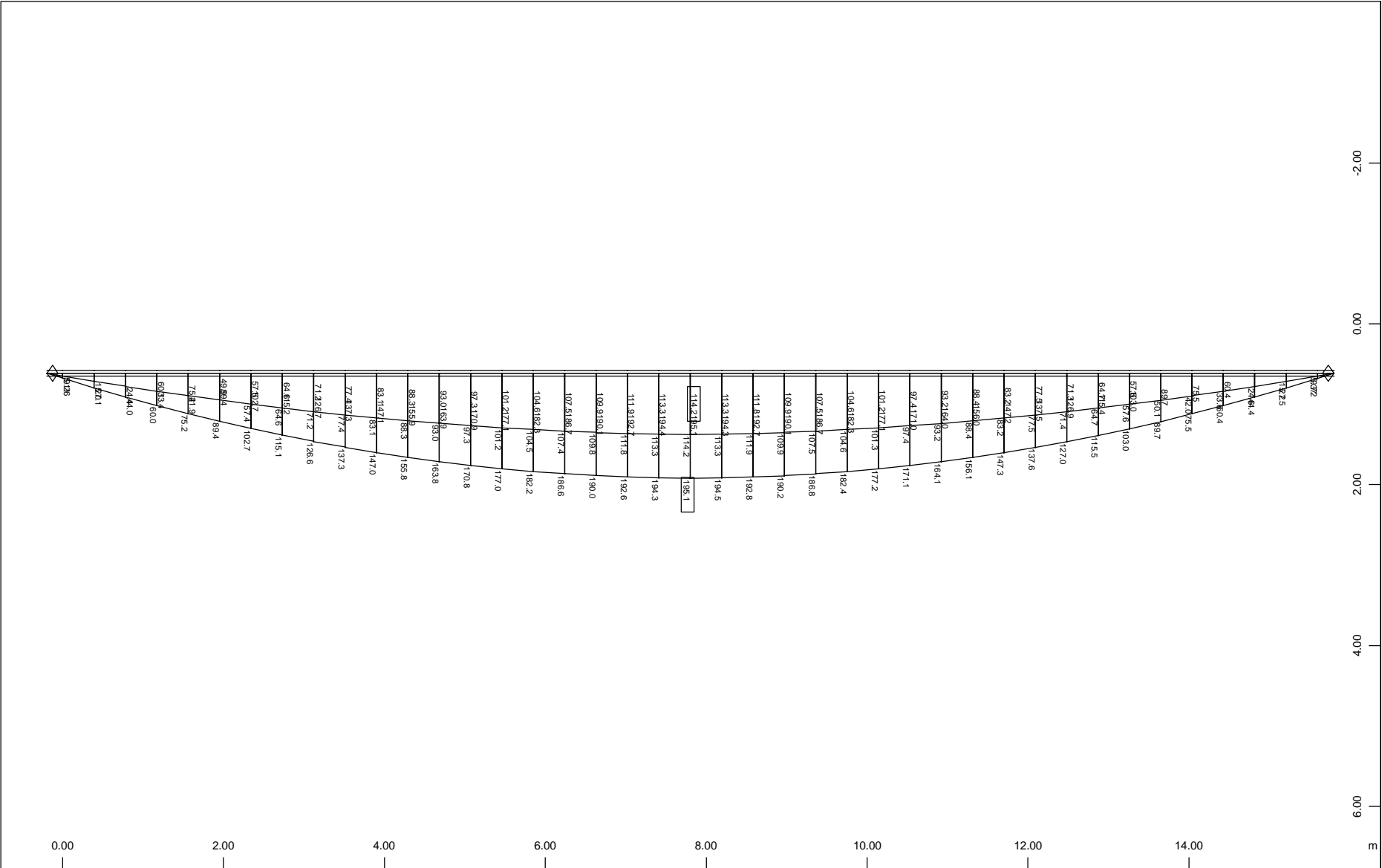


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=164.3)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=145.2)

M 1 : 67

Taivutusmomentti: My



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=195.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=114.2)

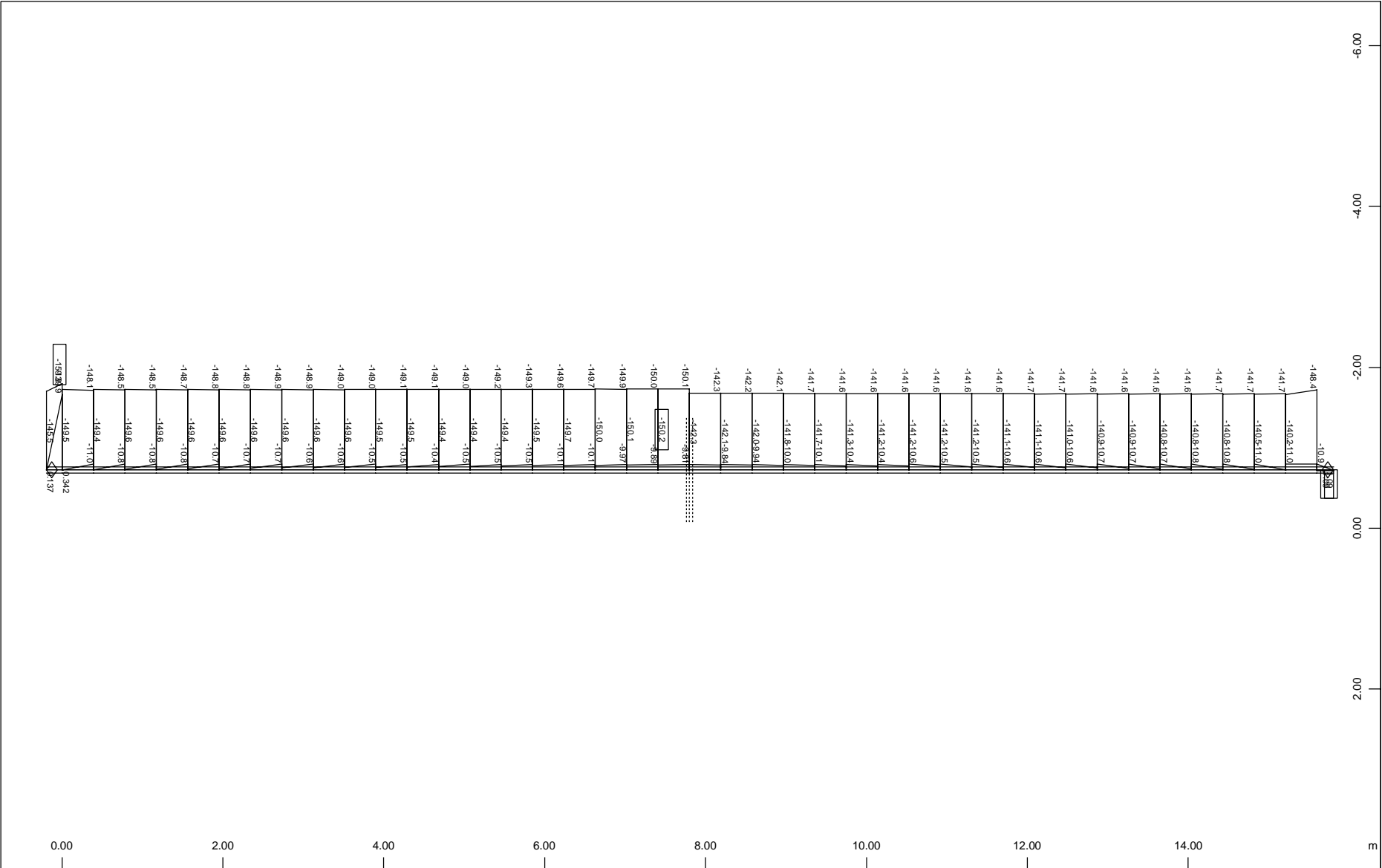
M 1 : 67



Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.808) (Max=0.699)

M 1 : 67

My vastaava normaalivoima: Nx



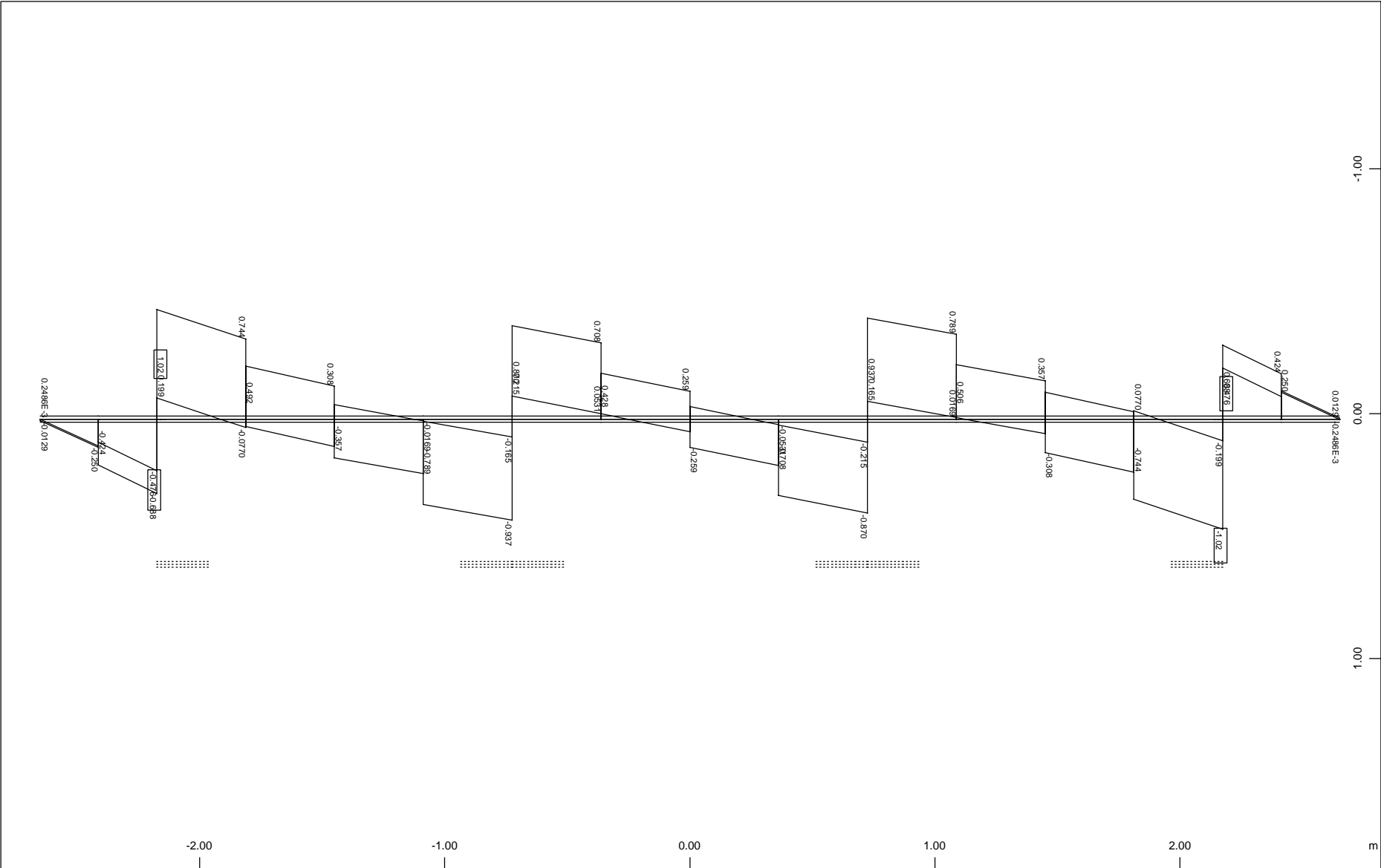
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-159.8) (Max=1.09)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-150.2) (Max=1.09)

M 1 : 67

KRT_4a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

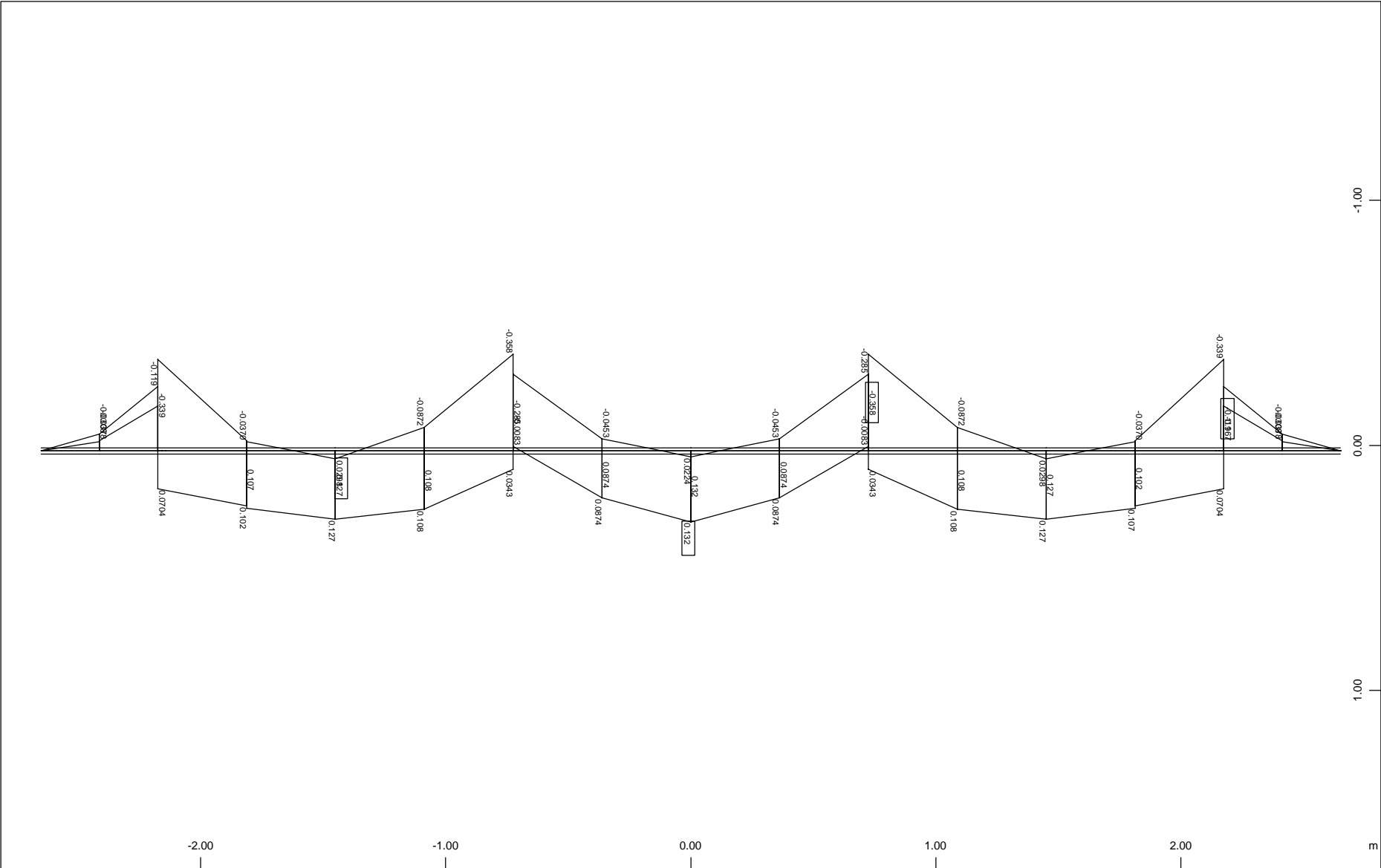


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.476) (Max=1.02)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-1.02) (Max=0.476)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

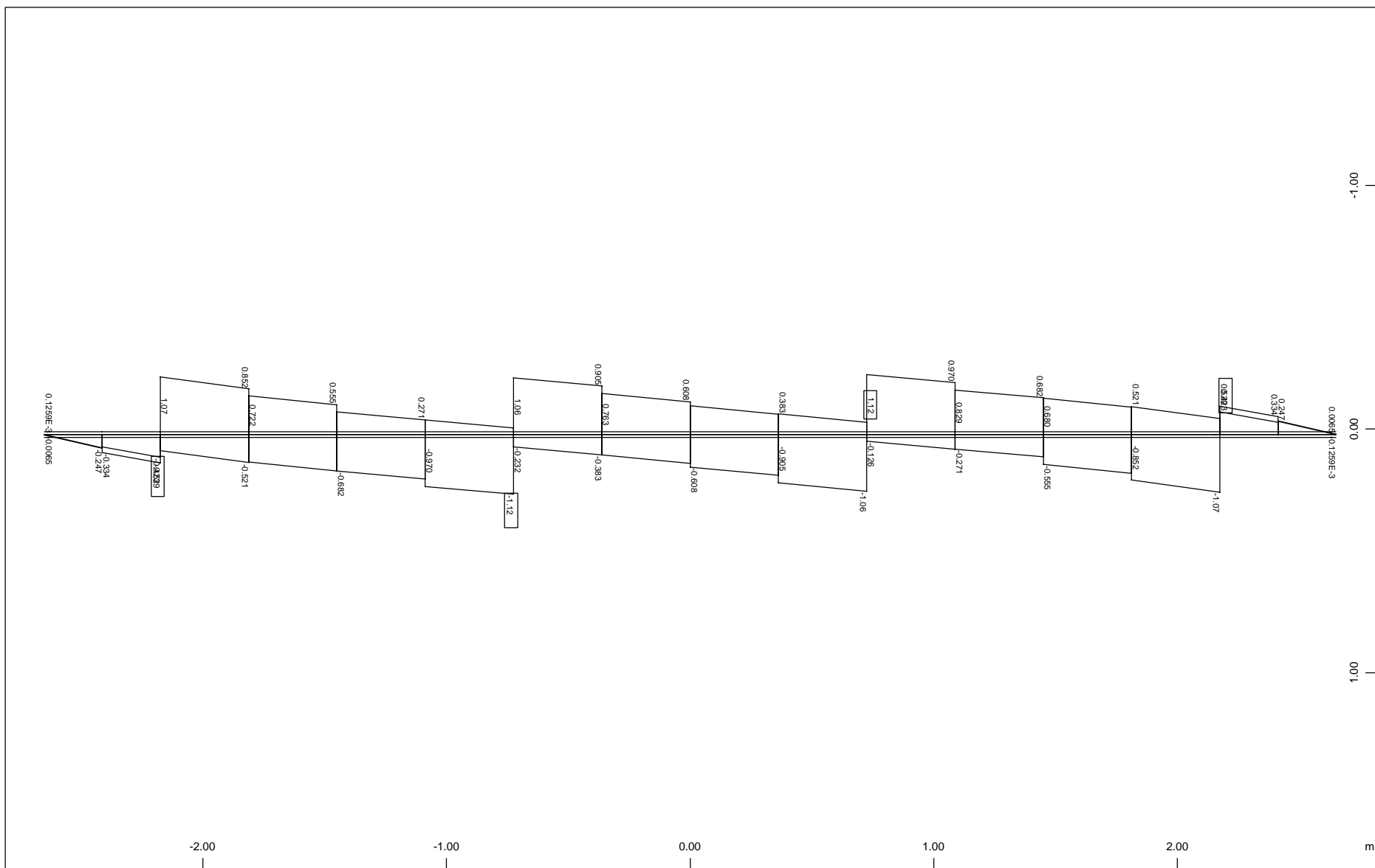


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.100 kNm (Min=-0.119) (Max=0.132)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.358) (Max=0.0298)

M 1 : 22

KRT_4a. Päätysalue laatta. Leikkausvoima Vz


$$\begin{array}{c} \text{X} - \text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

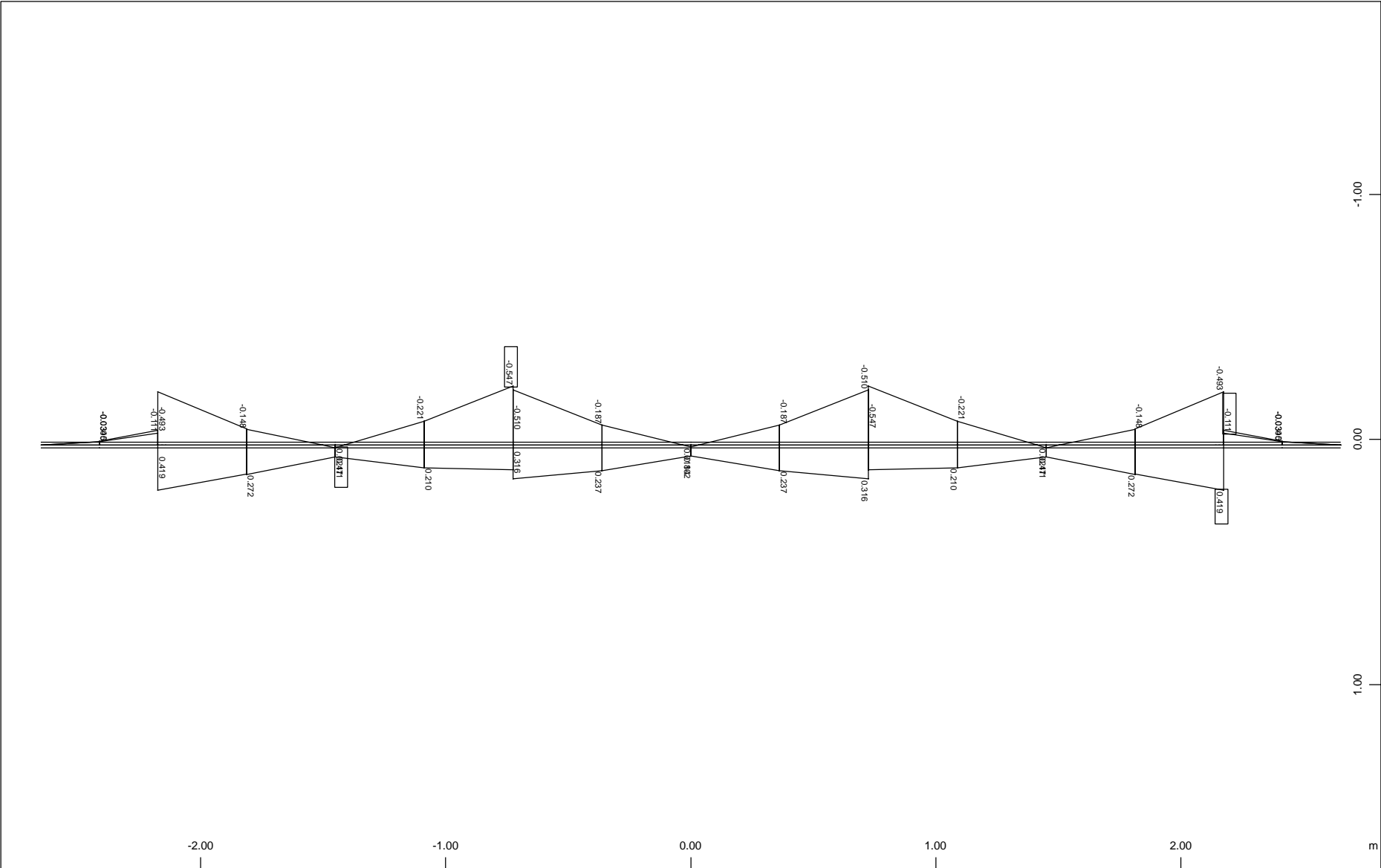
Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.423) (Max=1.12)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-1.12) (Max=0.423)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

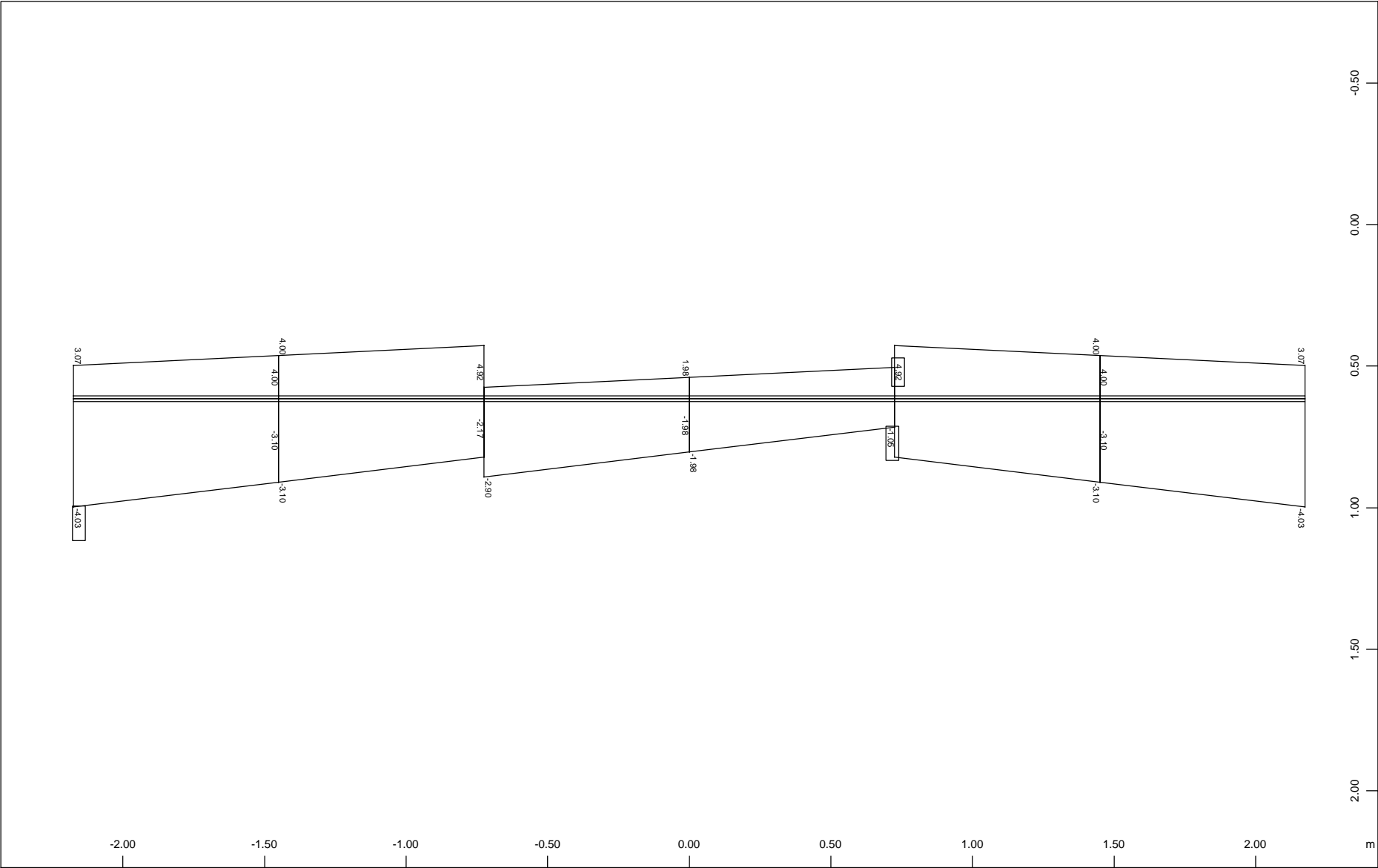


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.111) (Max=0.419)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.547) (Max=0.0247)

M 1 : 22

KRT_4a. poikkituet. Leikkausvoima Vz

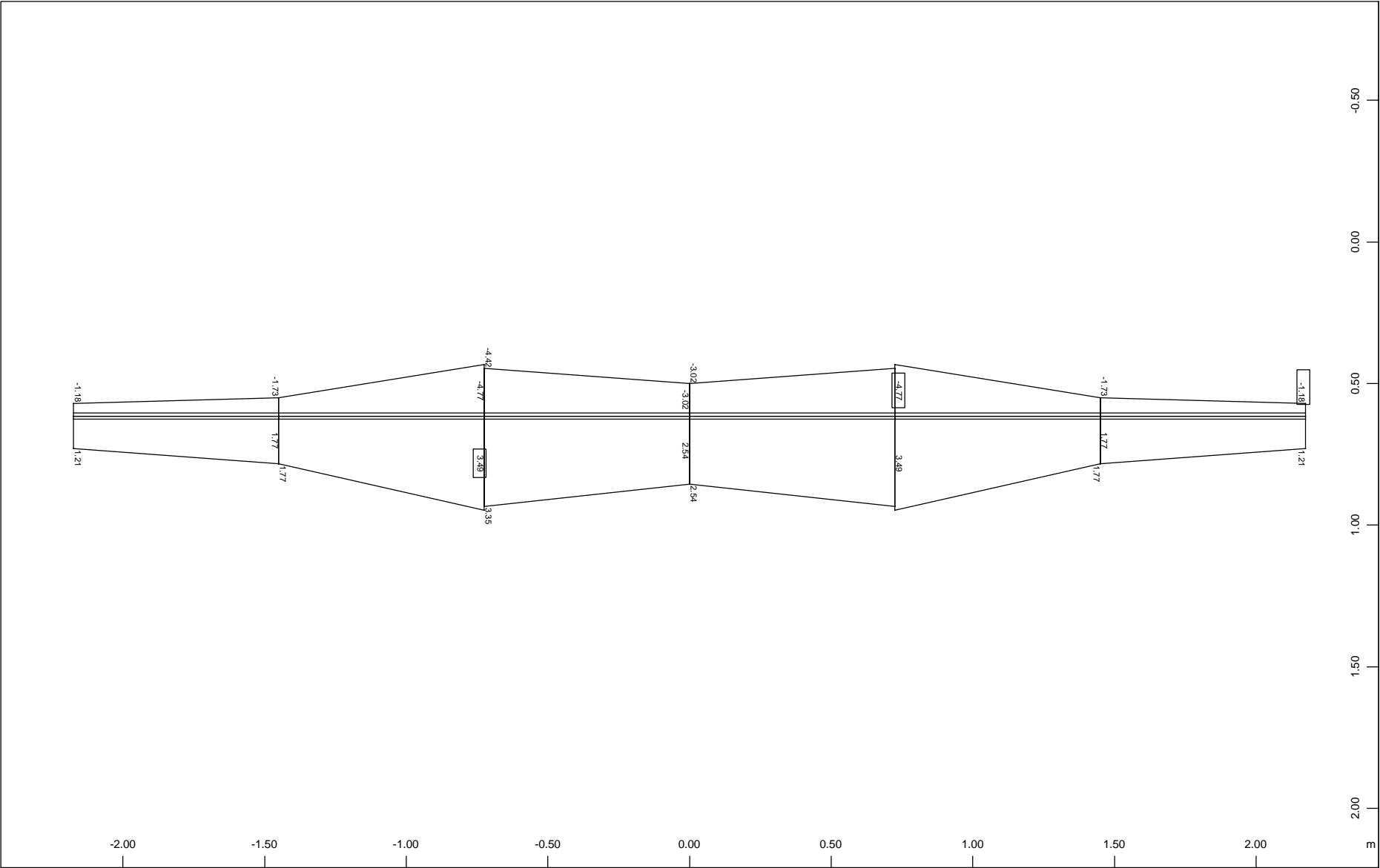


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=4.92)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-4.03) (Max=-1.05)

M 1 : 19

Taivutusmomentti: My

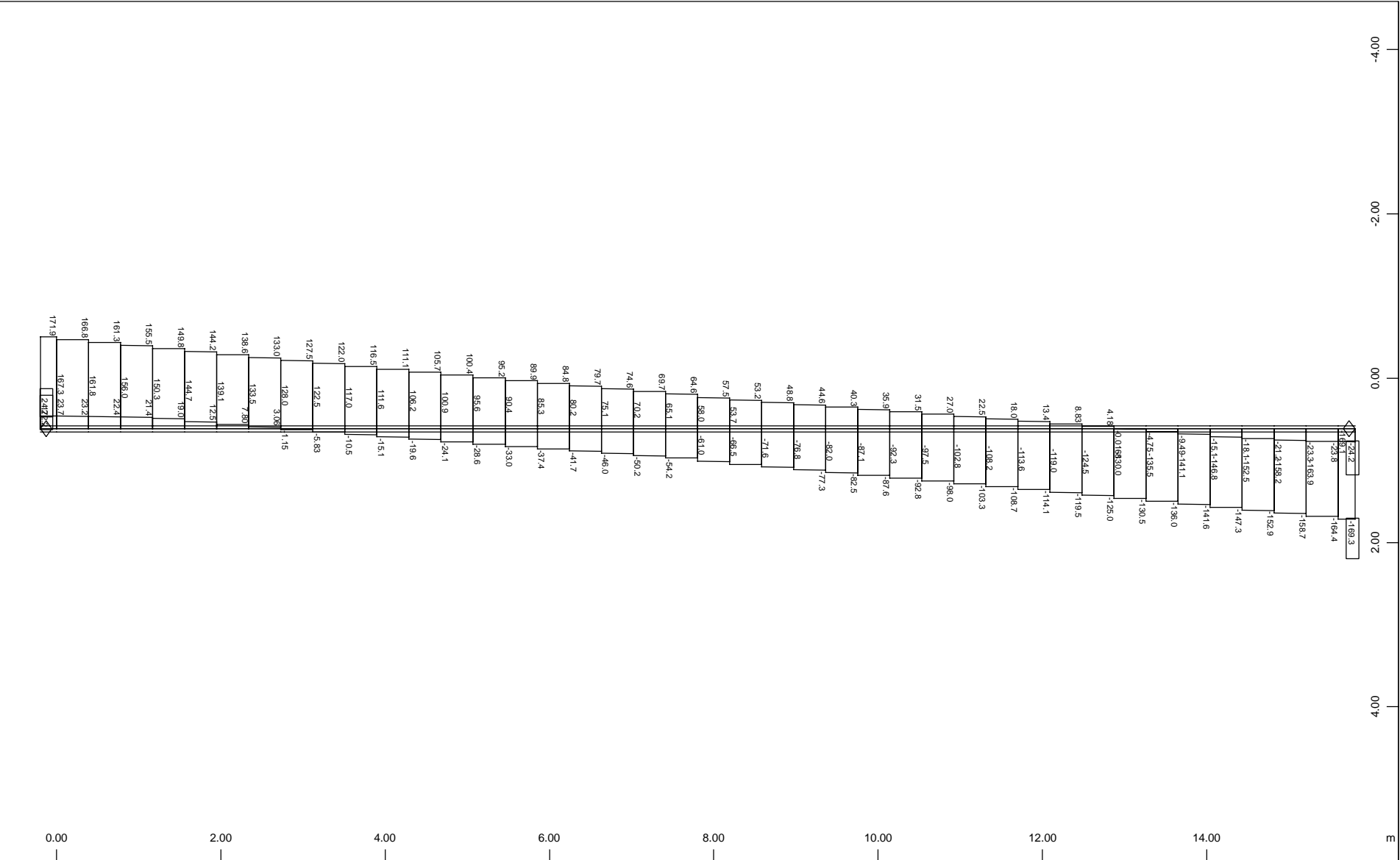


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Max=3.49)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.77) (Max=-1.18)

M 1 : 19

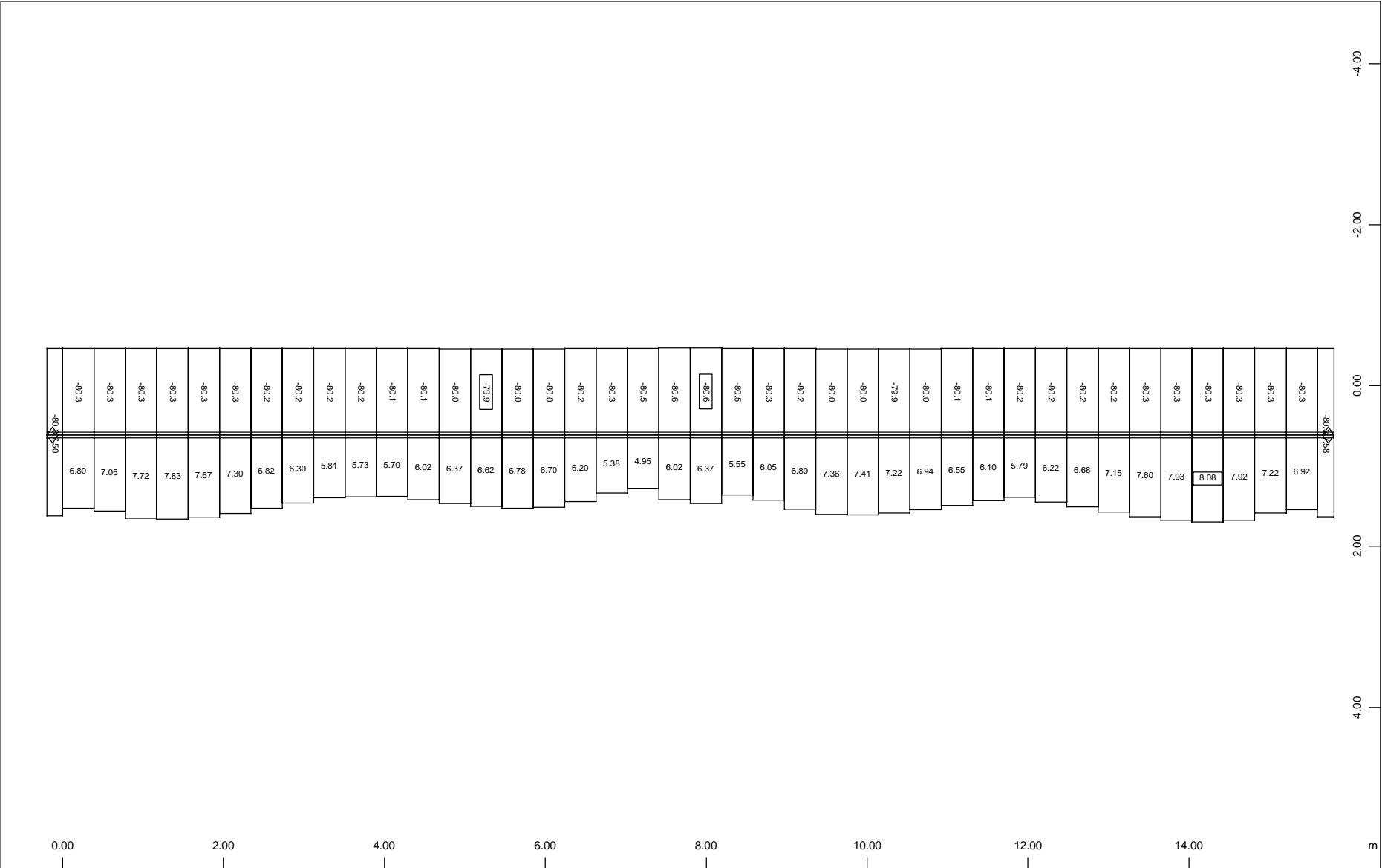
Onnettomuusrajatila. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-24.2) (Max=172.2)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-169.3) (Max=24.2)

M 1 : 65

Normaalivoima: Nx

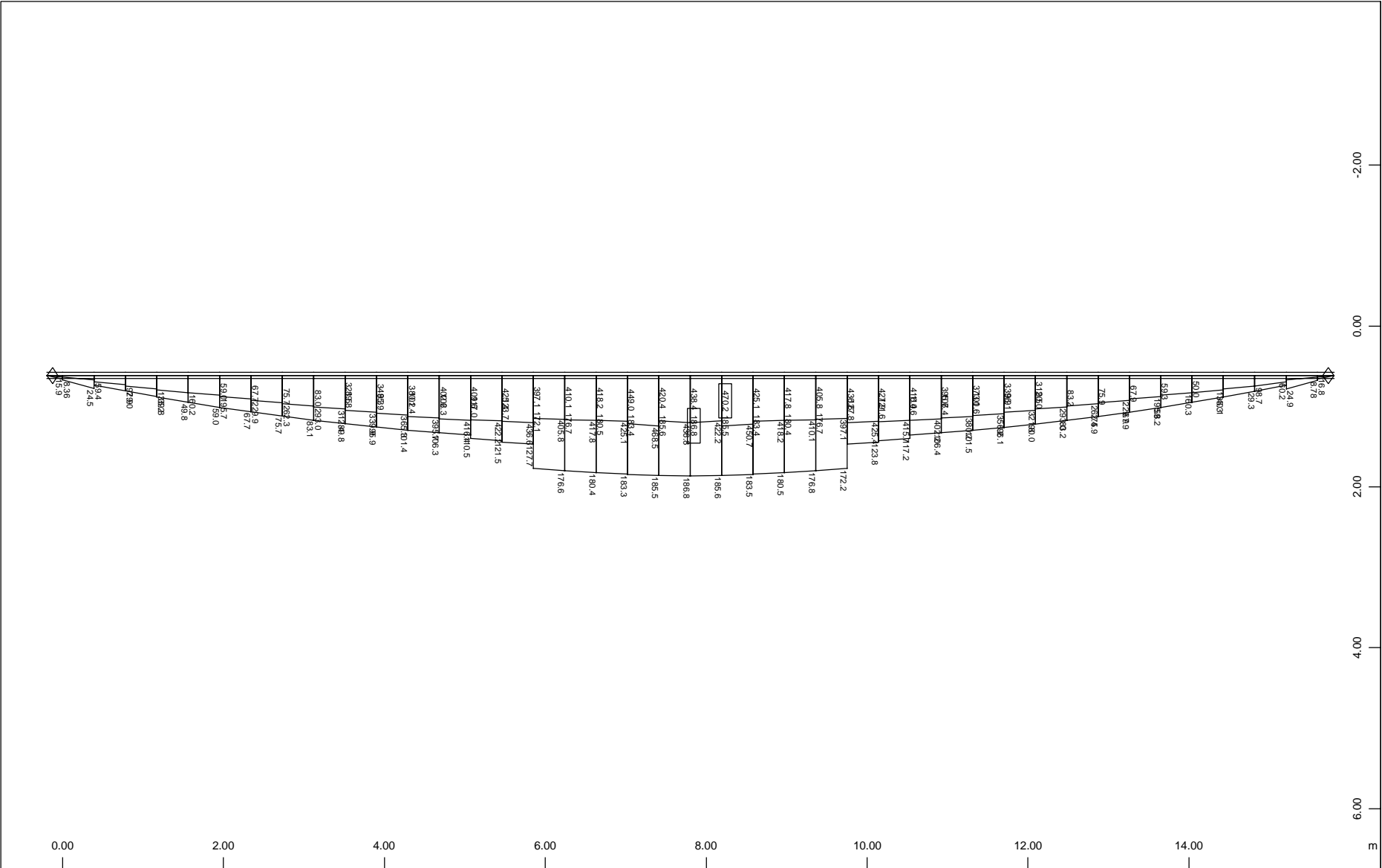


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=8.08)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-80.6) (Max=-79.9)

M 1 : 67

Nx vastaava taivutusmomentti: My



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 500.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=470.2)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=186.8)

M 1 : 67

$$\begin{array}{c} \text{Y} - \text{X} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=105.6)

M 1 : 67

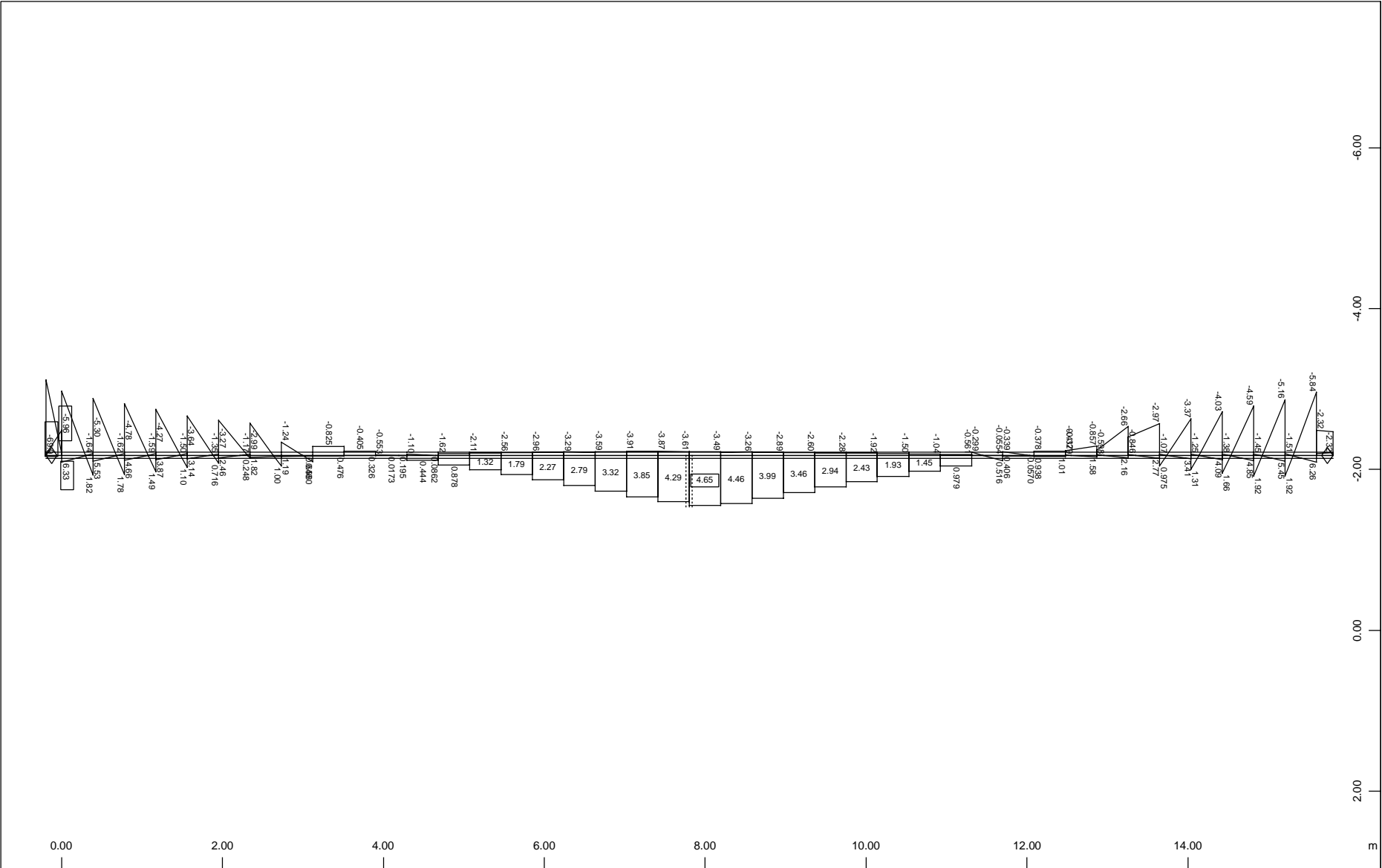


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-6.15) (Max=0.693)

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.911) (Max=1.62)

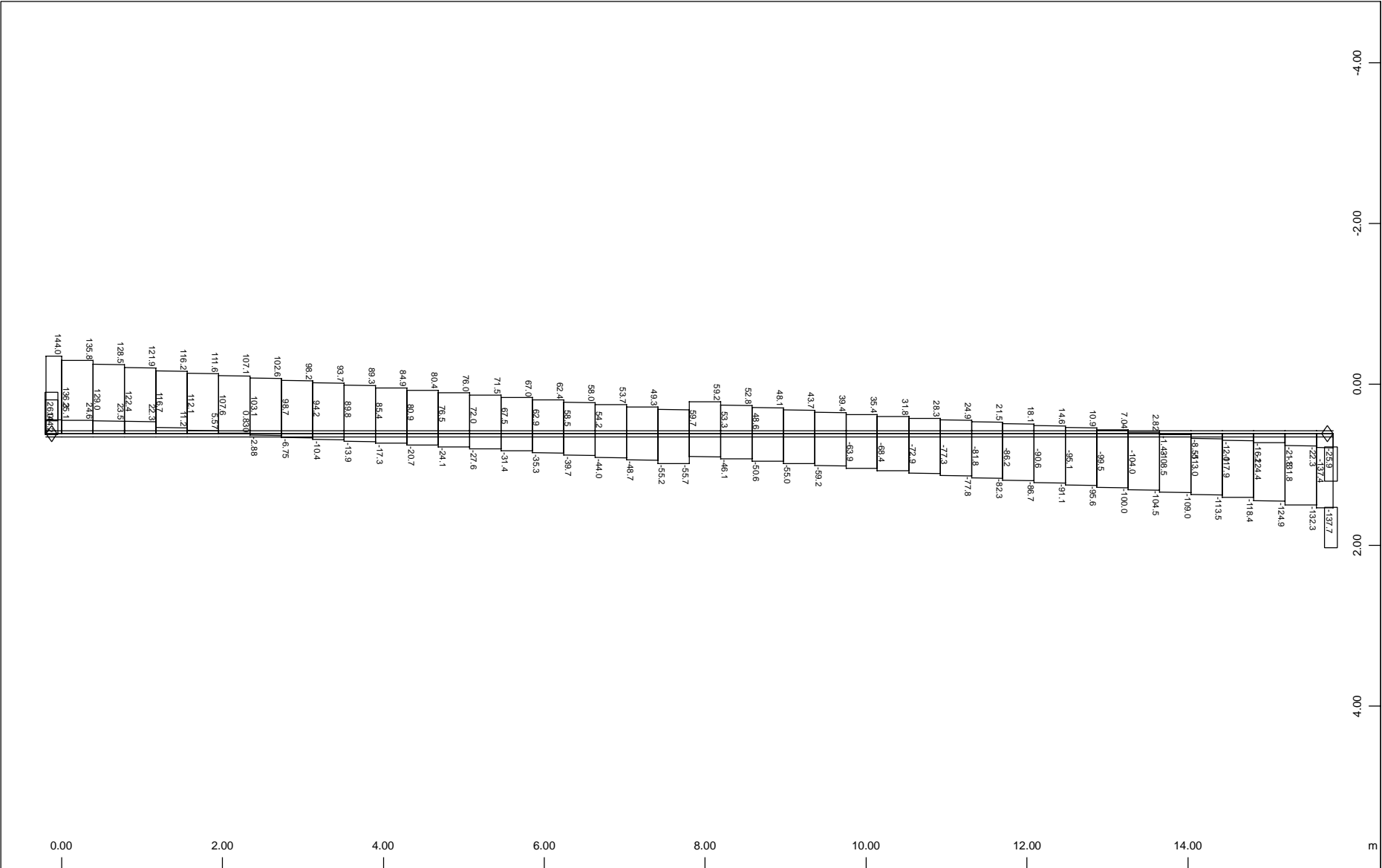
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-69.9) (Max=6.33)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Min=-5.96) (Max=4.65)

M 1 : 67

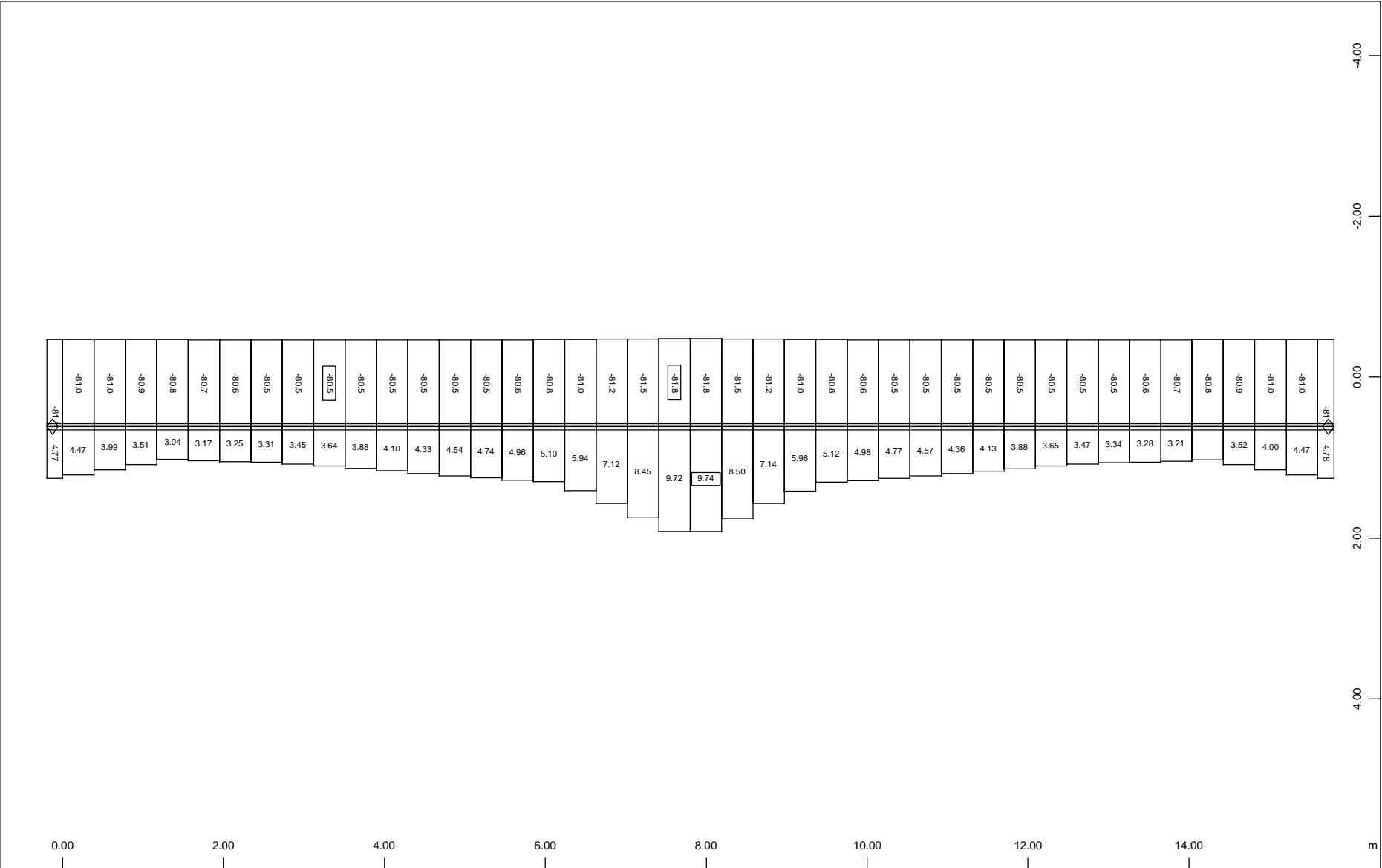
Onnettomuusrajatila. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-25.9) (Max=144.2)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-137.7) (Max=26.0)

M 1 : 67

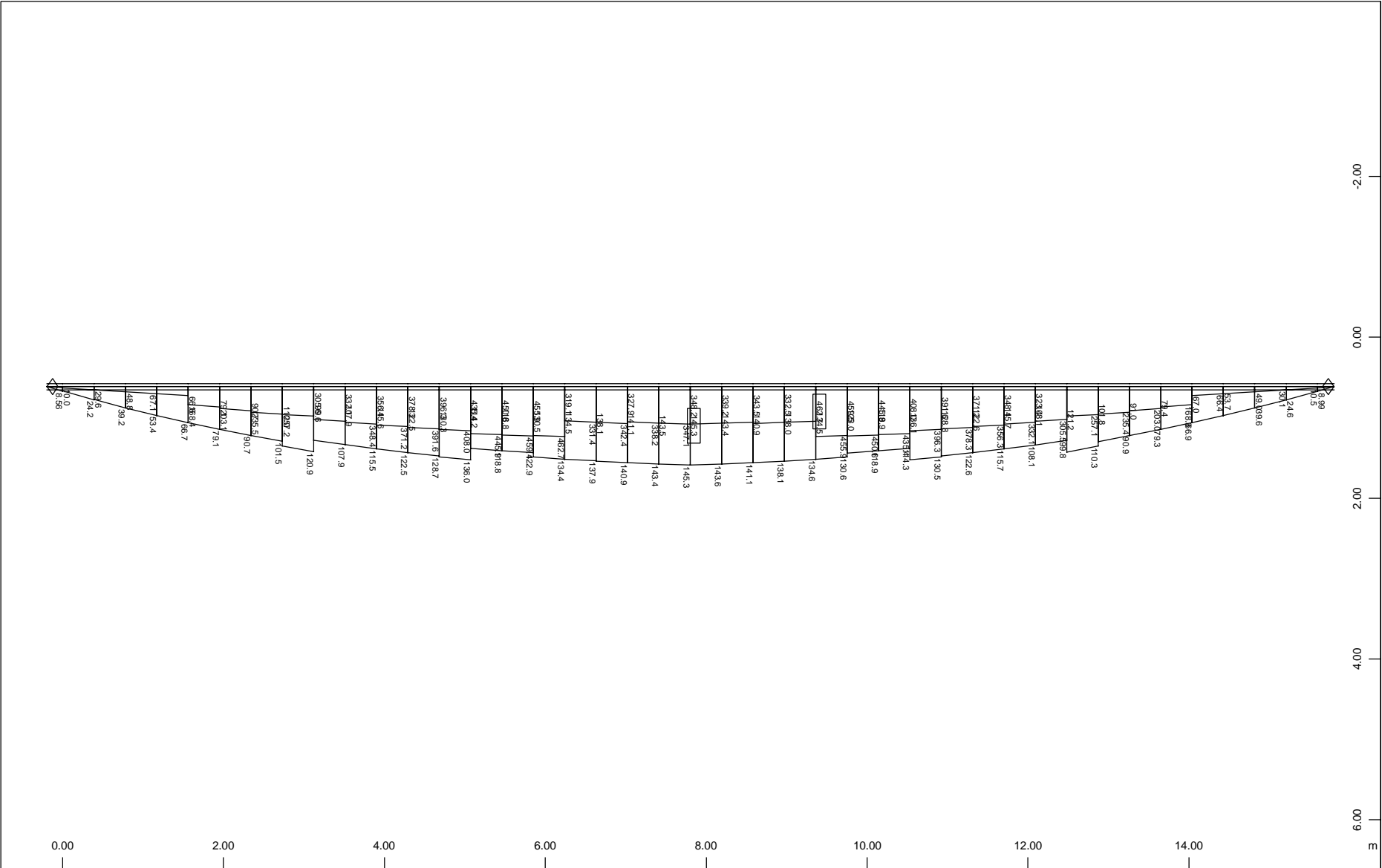
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=9.74)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-81.8) (Max=-80.5)

M 1 : 67

Nx vastaava taivutusmomentti: My



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 500.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=462.7)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=145.3)

M 1 : 67

$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-3.4694e-18) (Max=114.2)

M 1 : 67



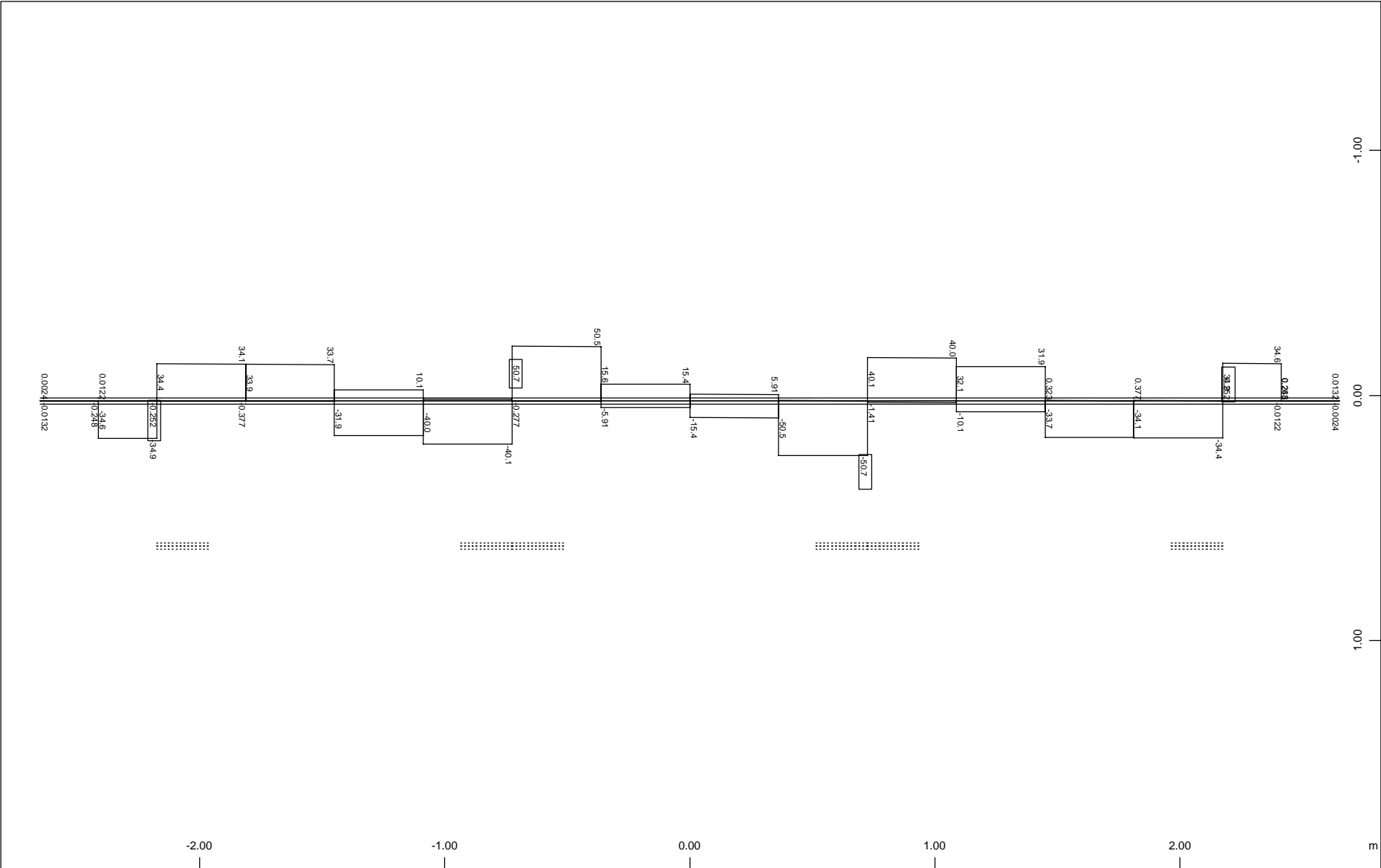
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.406) (Max=0.304)



Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.679) (Max=0.903)

M 1 : 67

Onnettomuusrajatila. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

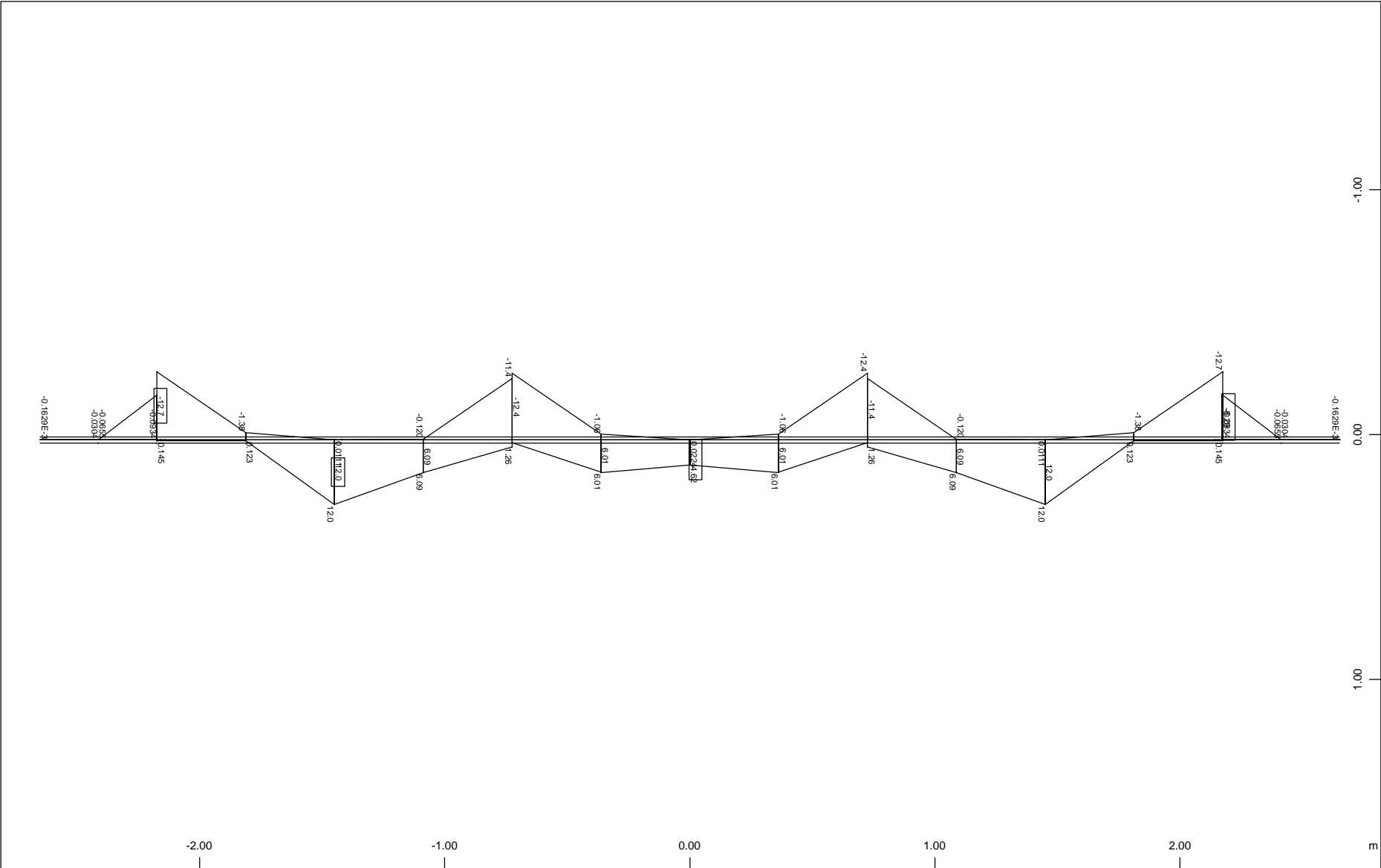


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.252) (Max=50.7)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-50.7) (Max=0.252)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My



X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.0934) (Max=12.0)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-12.7) (Max=0.0224)

M 1 : 22

$$\begin{array}{c} \text{X}-\text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-51.0) (Max=0.423)

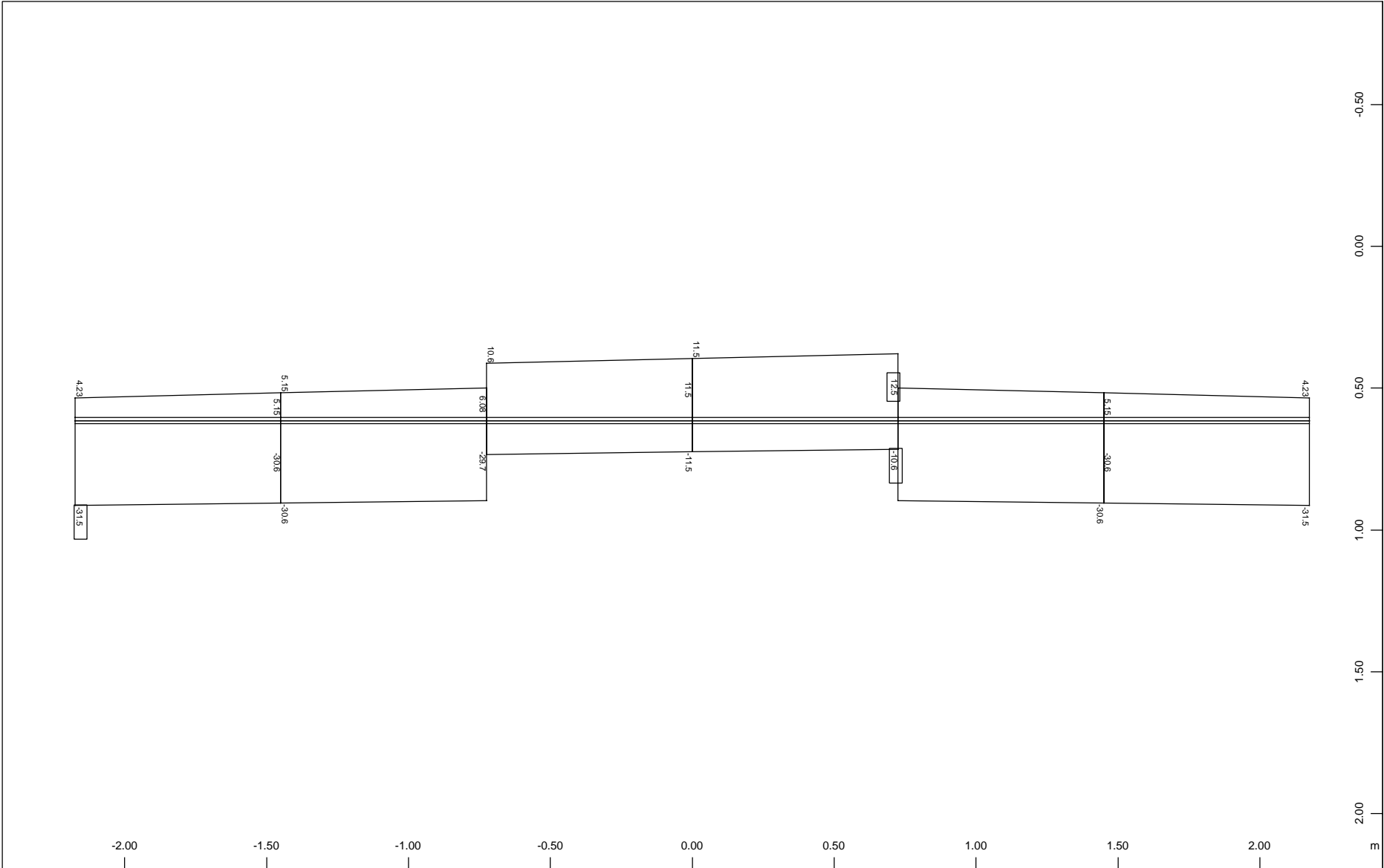
M 1 : 22

[illegible]
$$\begin{array}{c} \text{X}-\text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-12.6) (Max=-5.8391e-05)

M 1 : 22

Onnettomuusrajatila. poikkituet. Leikkausvoima Vz

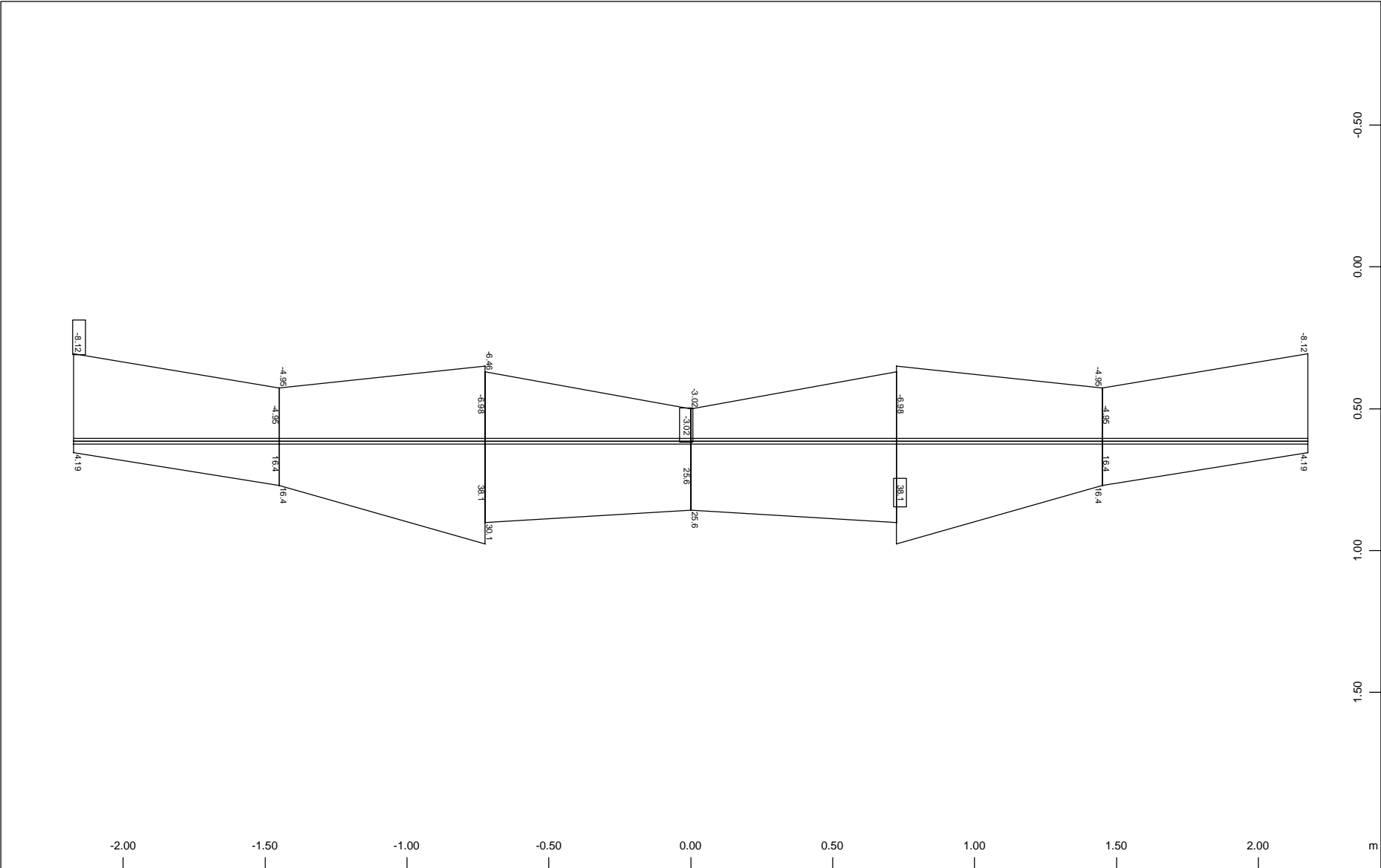


X-Y
Z

Sector of system
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=12.5)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-31.5) (Max=-10.6)

M 1 : 19

Taivutusmomentti: My



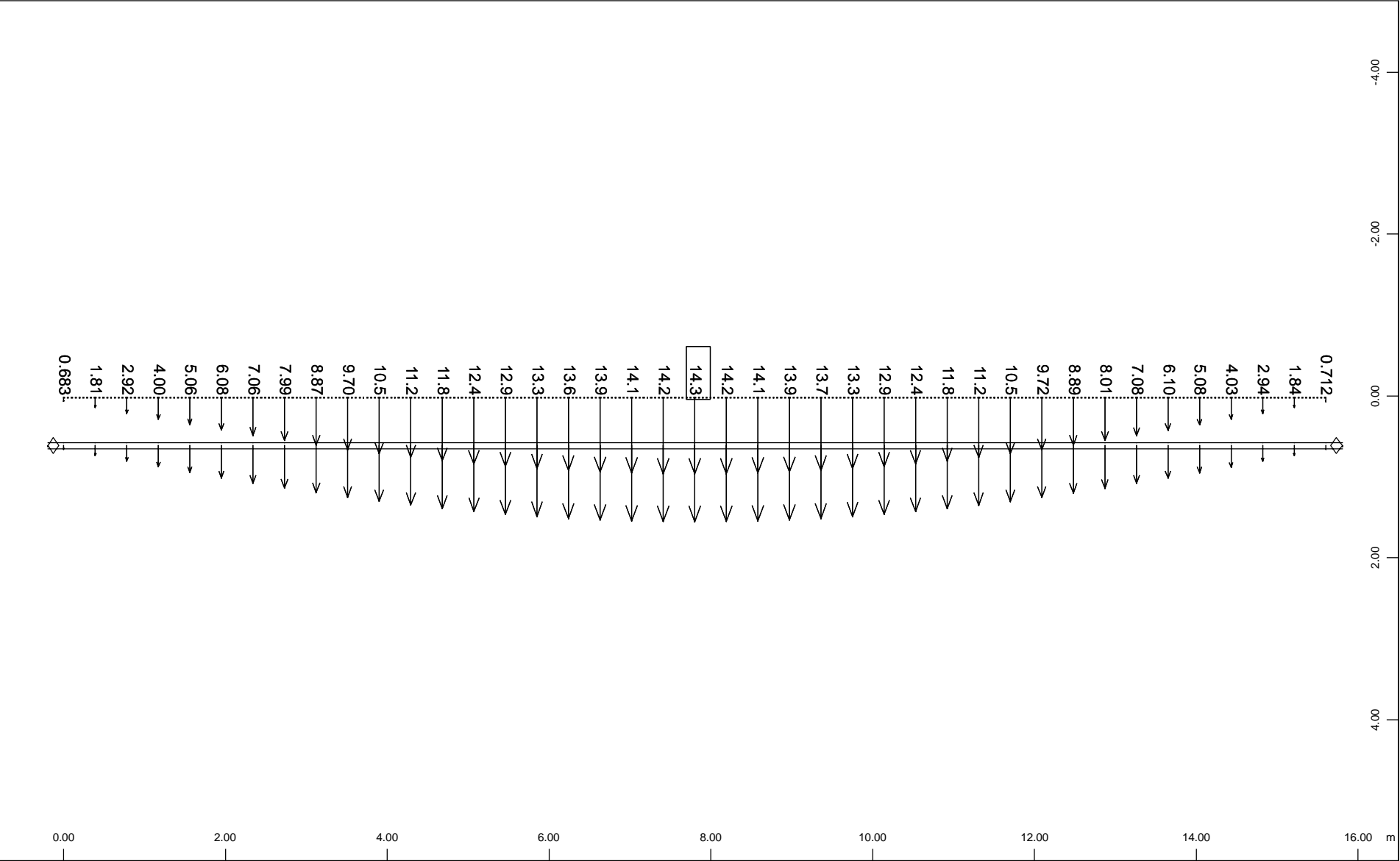
X-Y
Z

Sector of system

Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila, 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=38.1)

Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila, 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-8.12) (Max=-3.02)

Pysyvät kuormat. Reunimmaisiet palkit. Hetkellinen taipuma

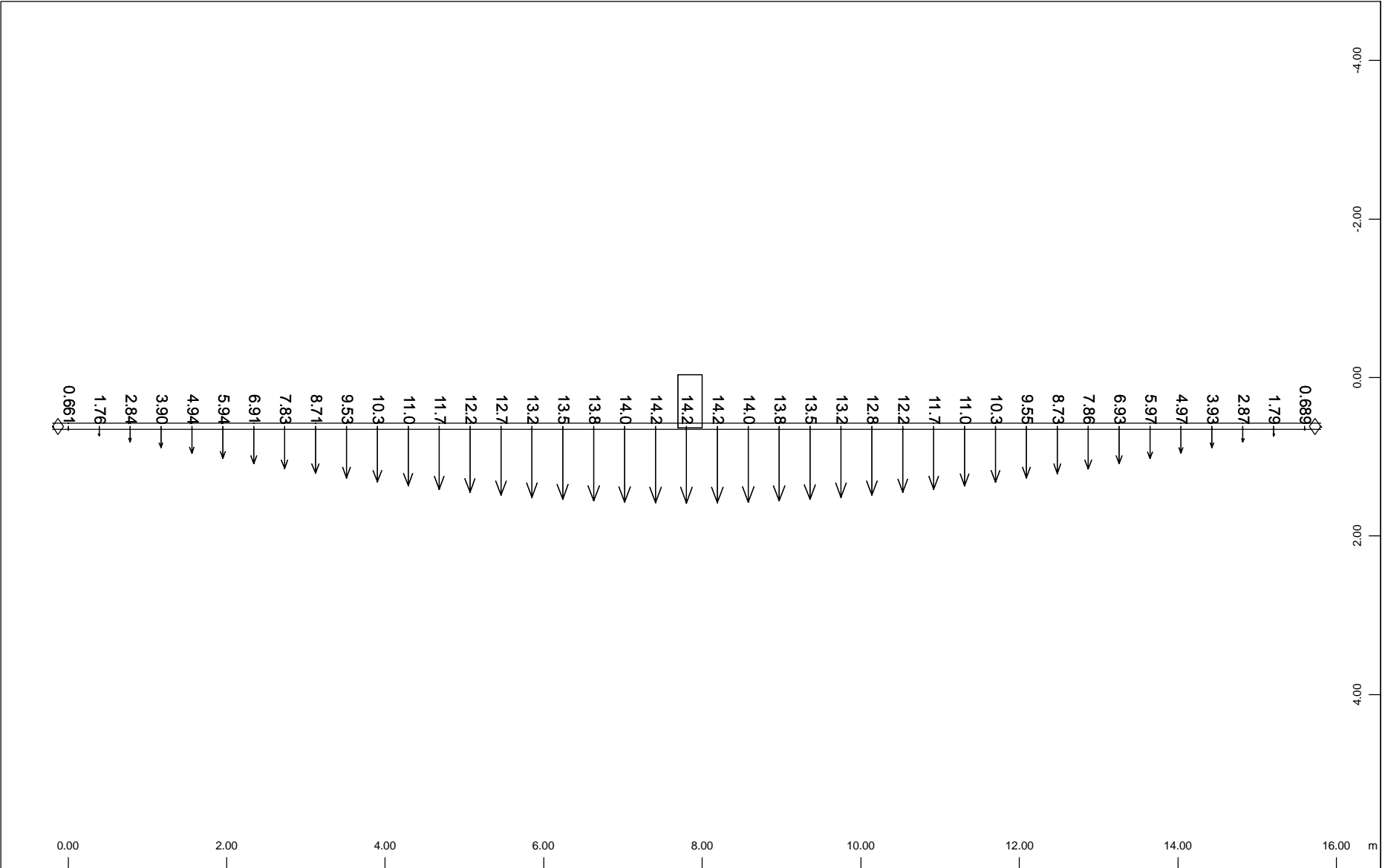


Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm

(Max=14.3)
(Max=14.3)

M 1 : 66

Pysyvät kuormat. Keskimmäiset palkit. Hetkellinen taipuma



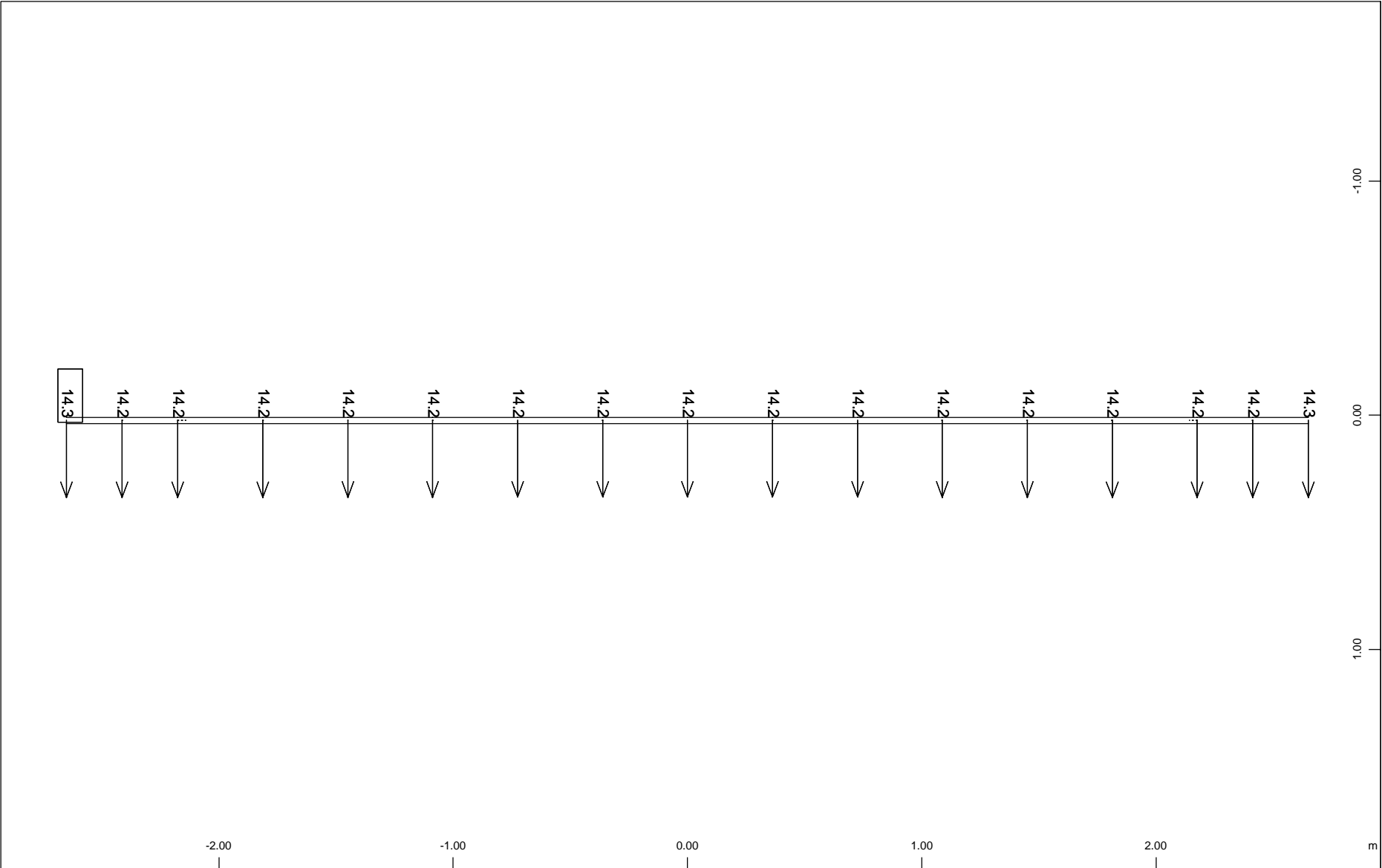
Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm

(Max=14.2)
(Max=14.2)

M 1 : 68

Pysyvät kuormat. Keskialue laatta. Hetkellinen taipuma

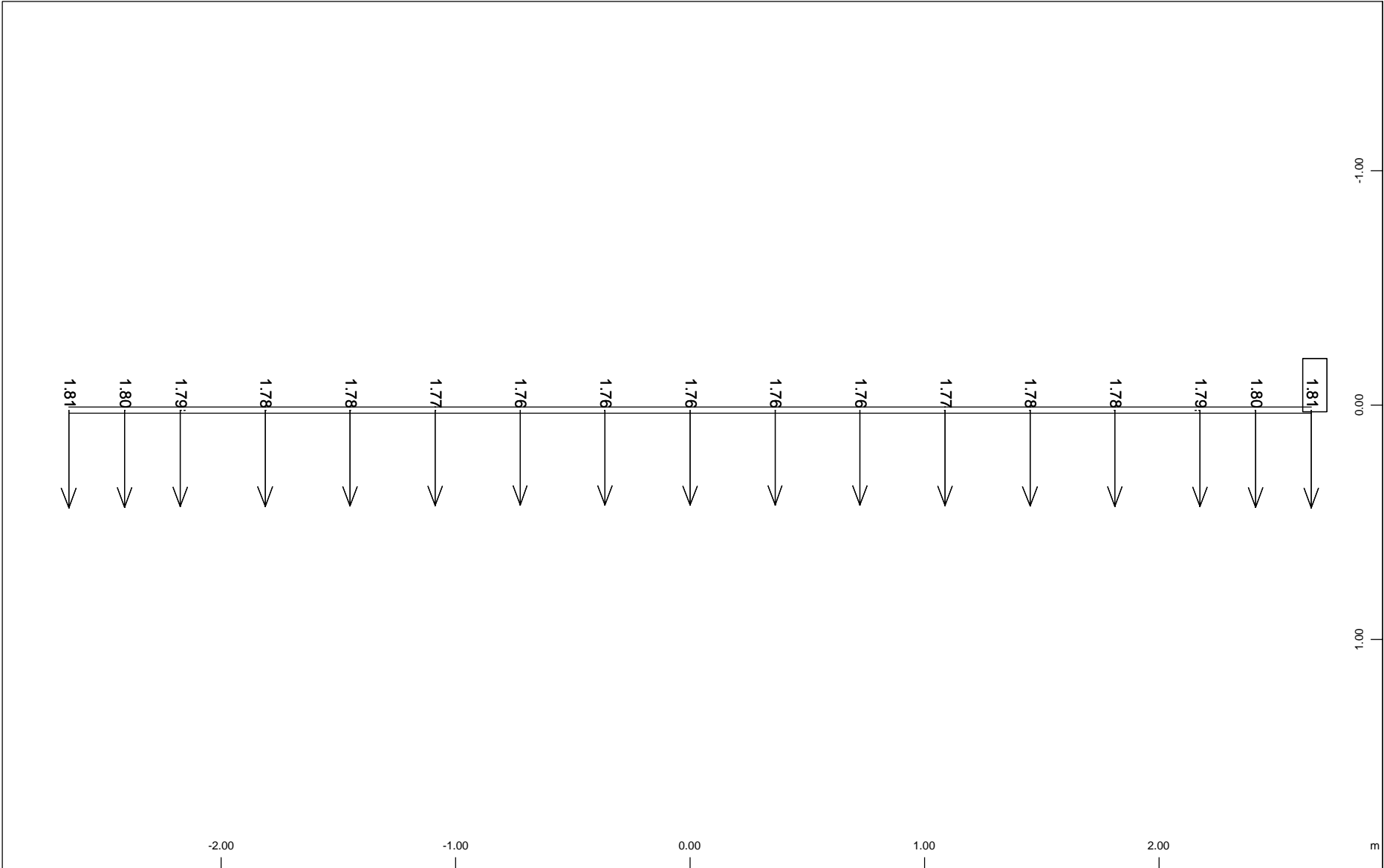


Sector of system Beam Elements
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm

(Max=14.3)
(Max=14.3)

M 1 : 23

Pysyvät kuormat. Päätyalue laatta. Hetkellinen taipuma



X-Y
Z

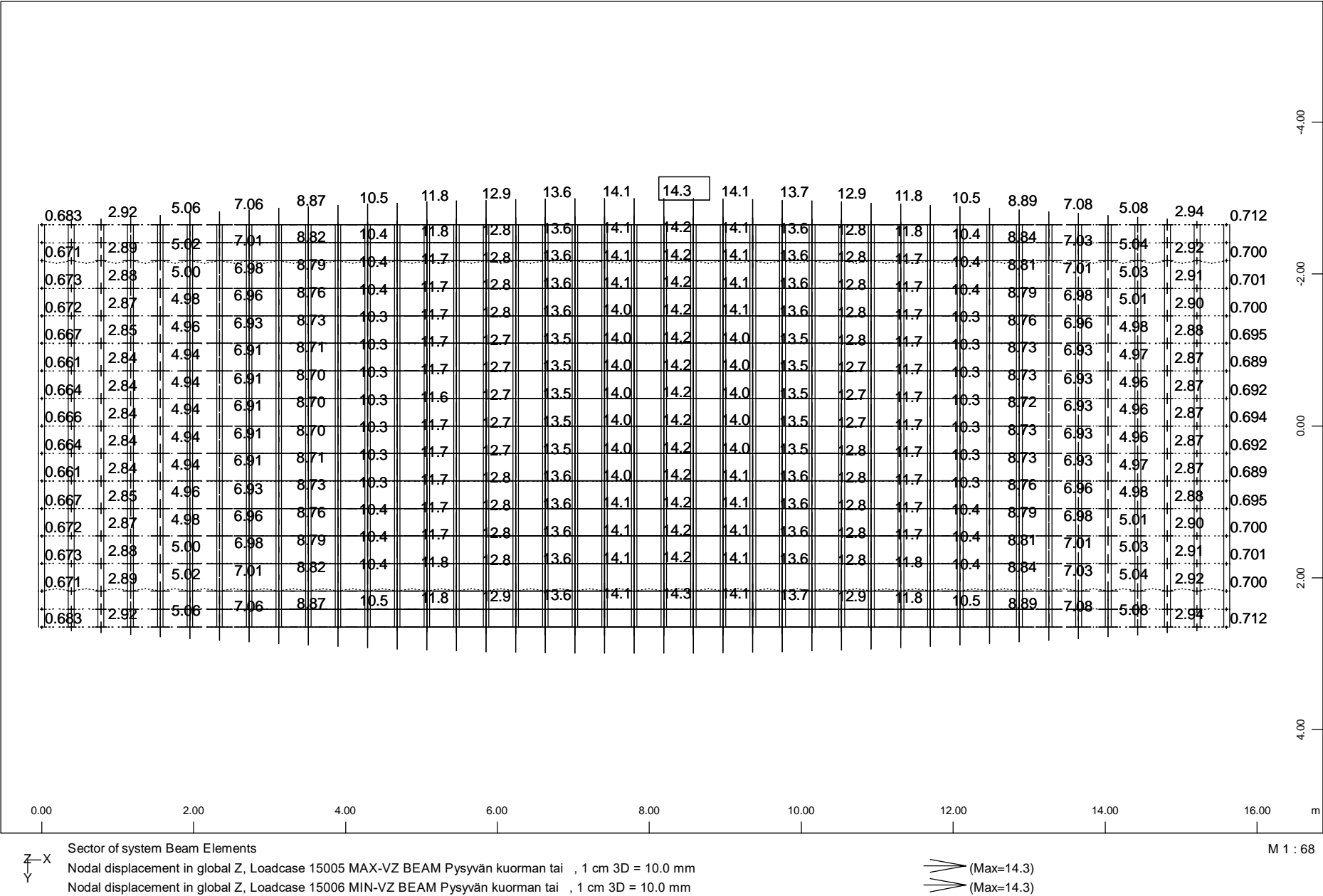
Sector of system Beam Elements
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 1.00 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 1.00 mm

(Max=1.81)
(Max=1.81)

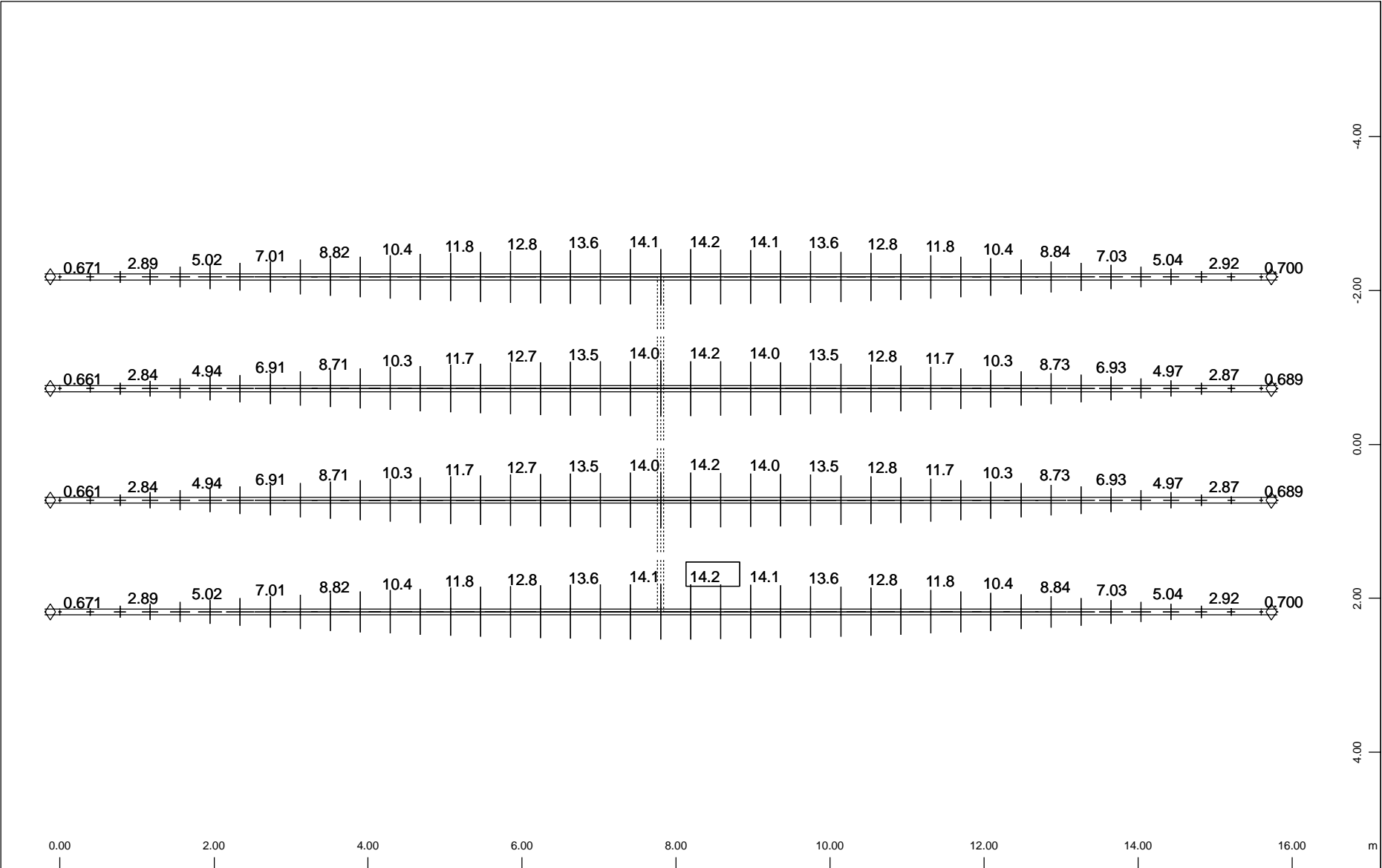
M 1 : 23

Pysyvät kuormat. Hetkellinen taipuma

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



Pysyvät kuormat. Hetkellinen taipuma

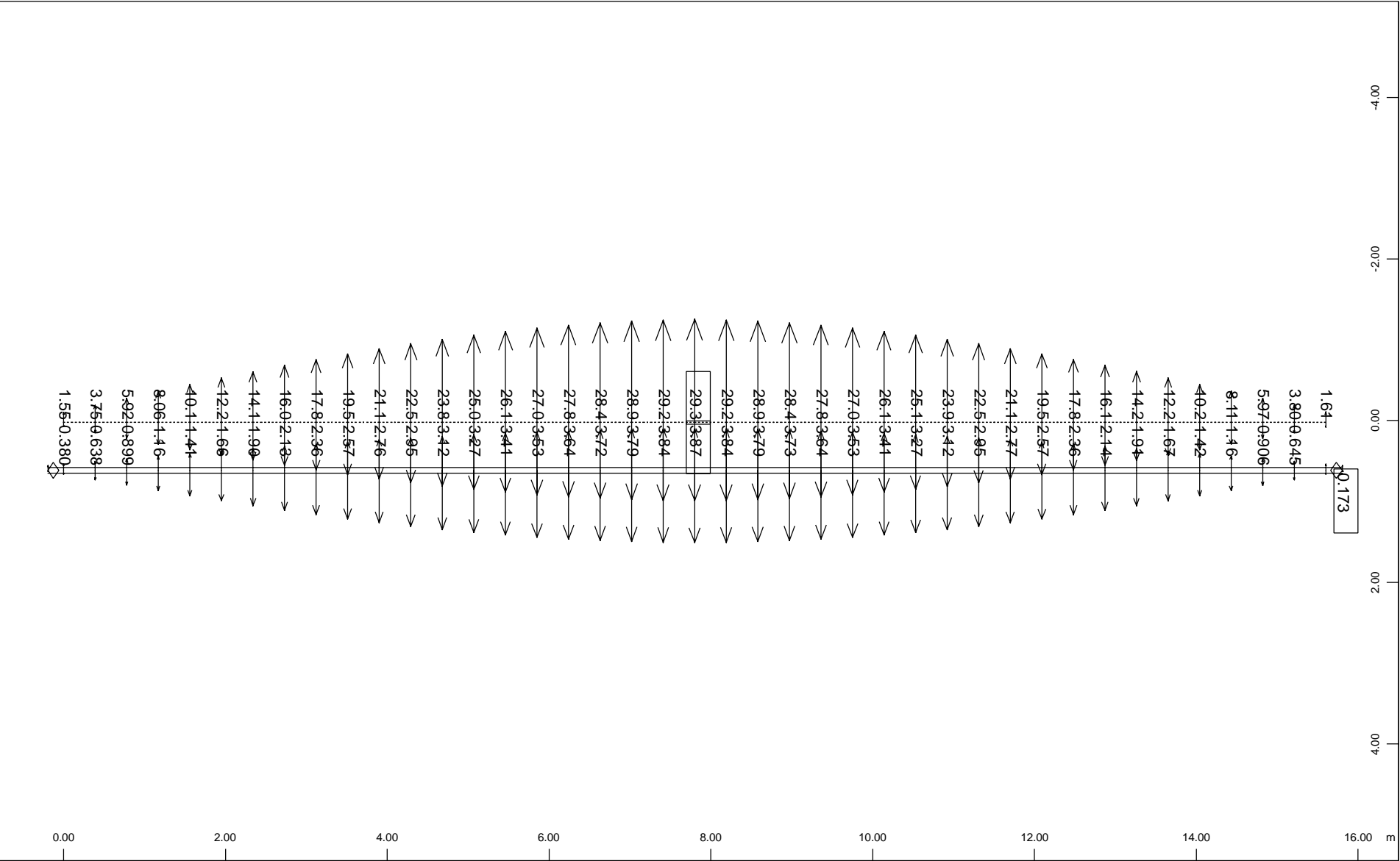


Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 10.0 mm

(Max=14.2)
(Max=14.2)

M 1 : 70

Tasan jakautunut liikennekuorma. Reunimmaiset palkit. Hetkellinen taipuma

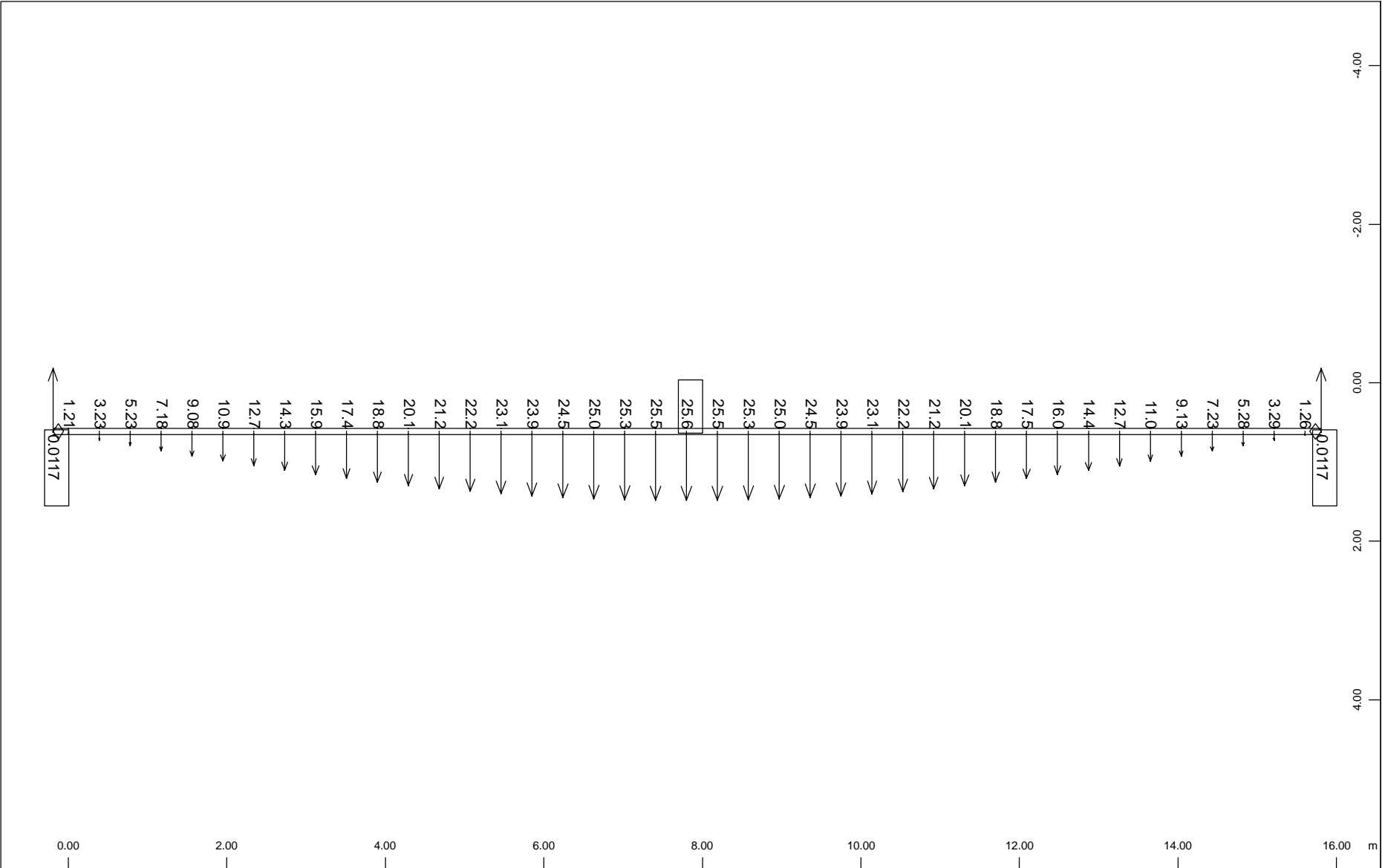


Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 20.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

(Max=29.3)
(Min=-3.87) (Max=-0.173)

M 1 : 66

Tasan jakautunut liikennekuorma. Keskimmäiset palkit. Hetkellinen taipuma



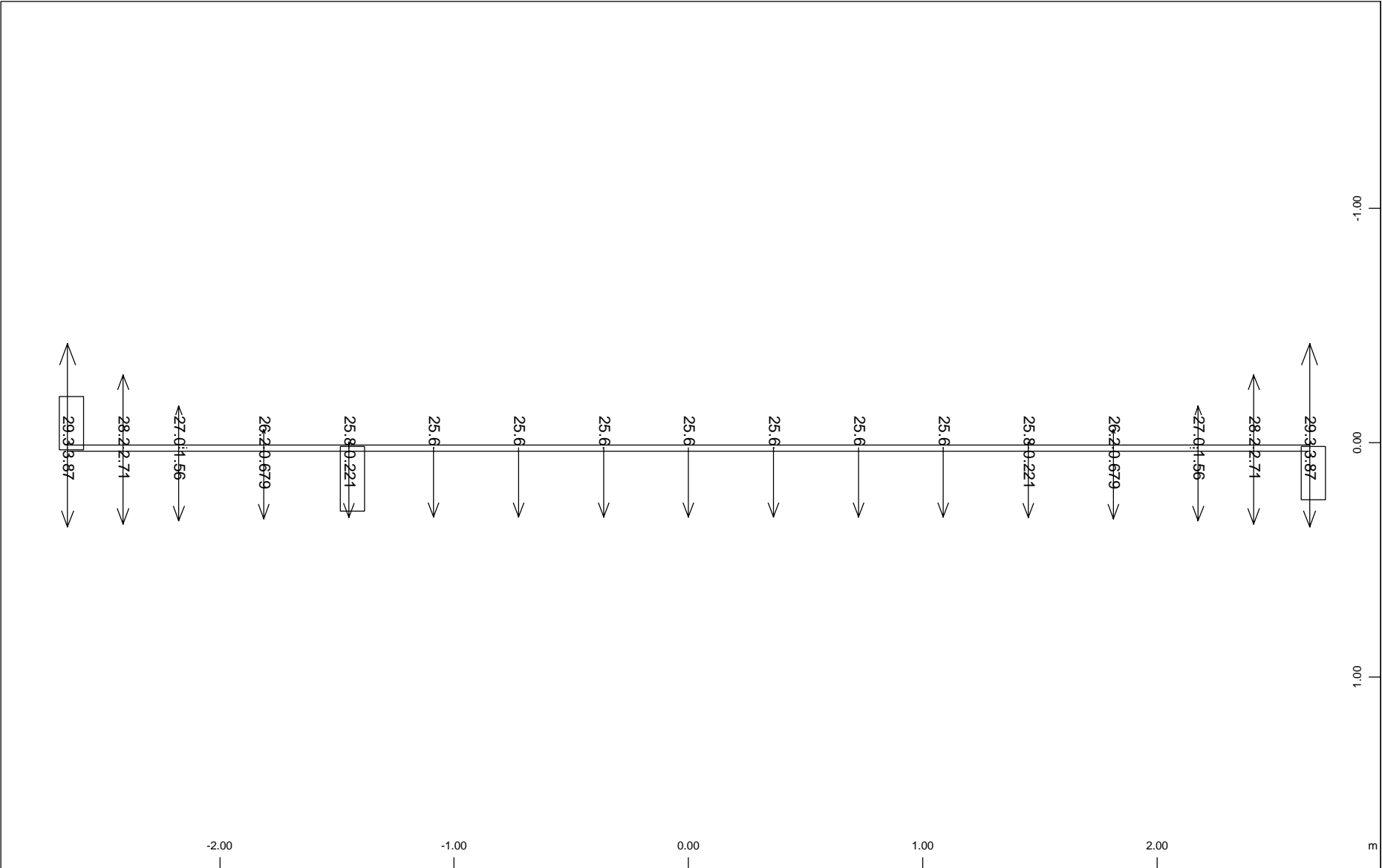
Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 20.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 0.0100 mm

(Max=25.6)
(Min=-0.0117) (Max=0)

M 1 : 68

Tasan jakautunut liikennekuorma. Keskialue laatta. Hetkellinen taipuma



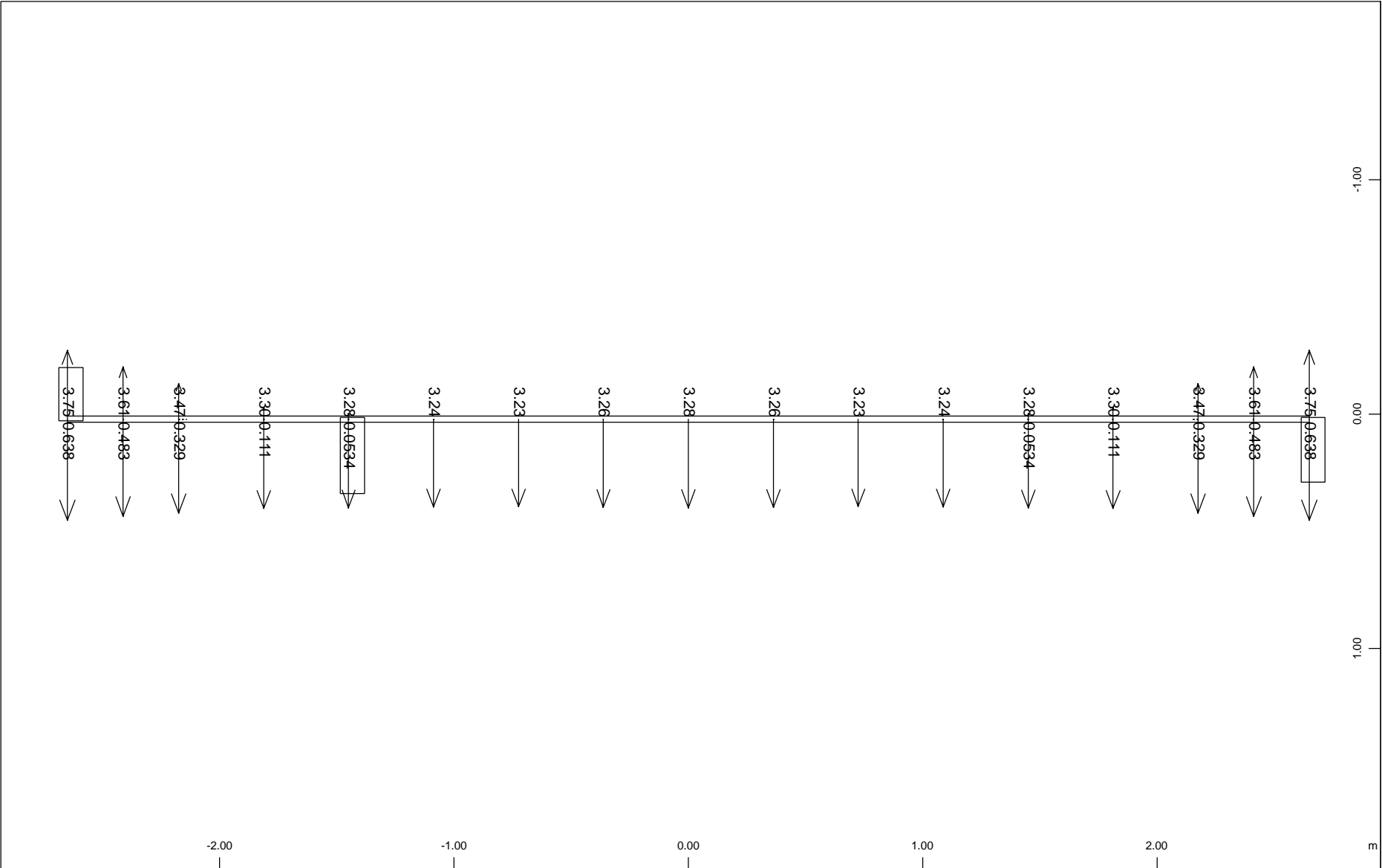
X-Y
Z

Sector of system Beam Elements
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 20.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

(Max=29.3)
(Min=-3.87) (Max=0)

M 1 : 23

Tasan jakautunut liikennekuorma. Päätyalue laatta. Hetkellinen taipuma



X-Y
Z

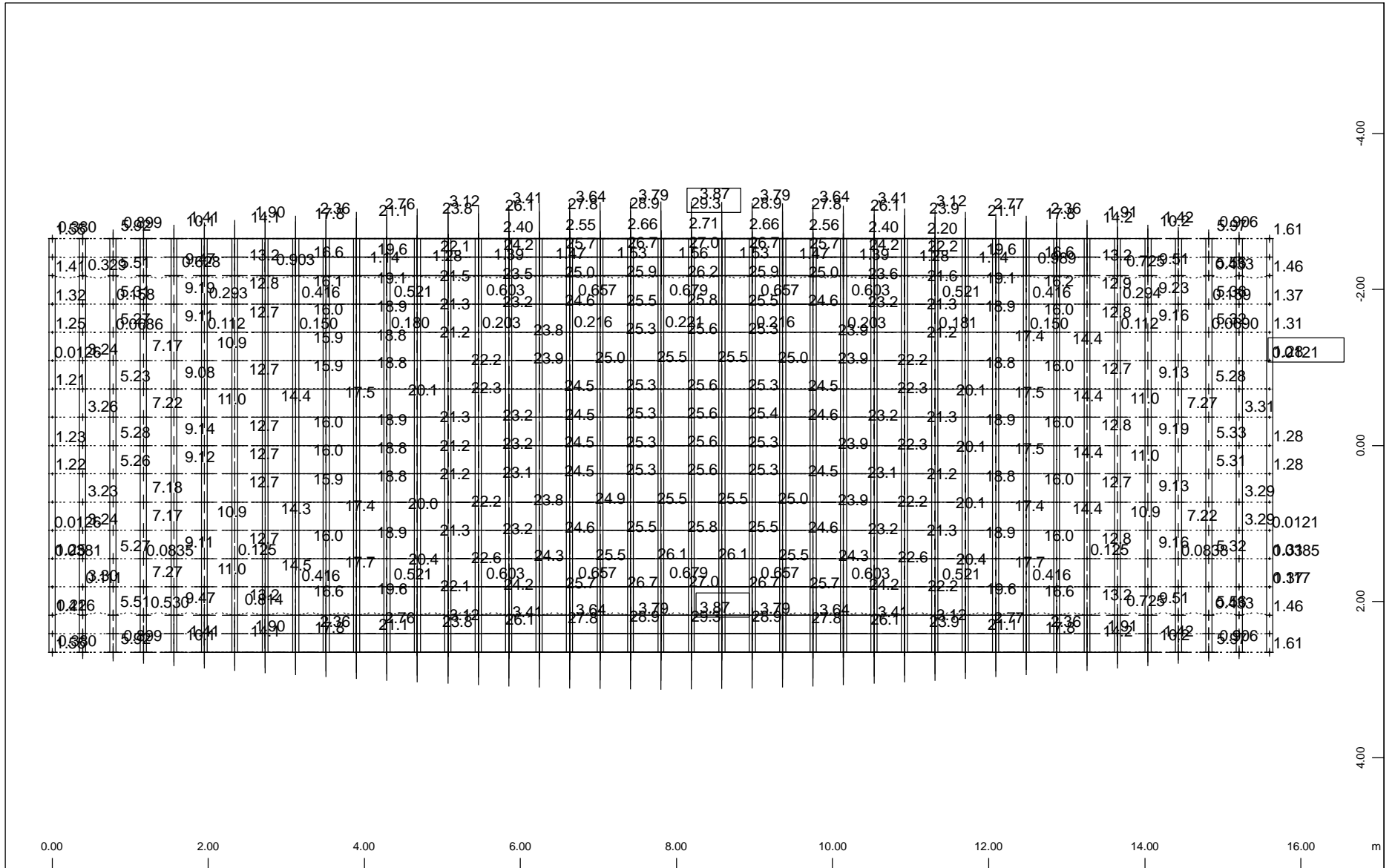
Sector of system Beam Elements
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 0.500 mm

(Max=3.75)
(Min=-0.638) (Max=0)

M 1 : 23

Tasan jakautunut liikennekuorma. Hetkellinen taipuma

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



Sector of system Beam Elements

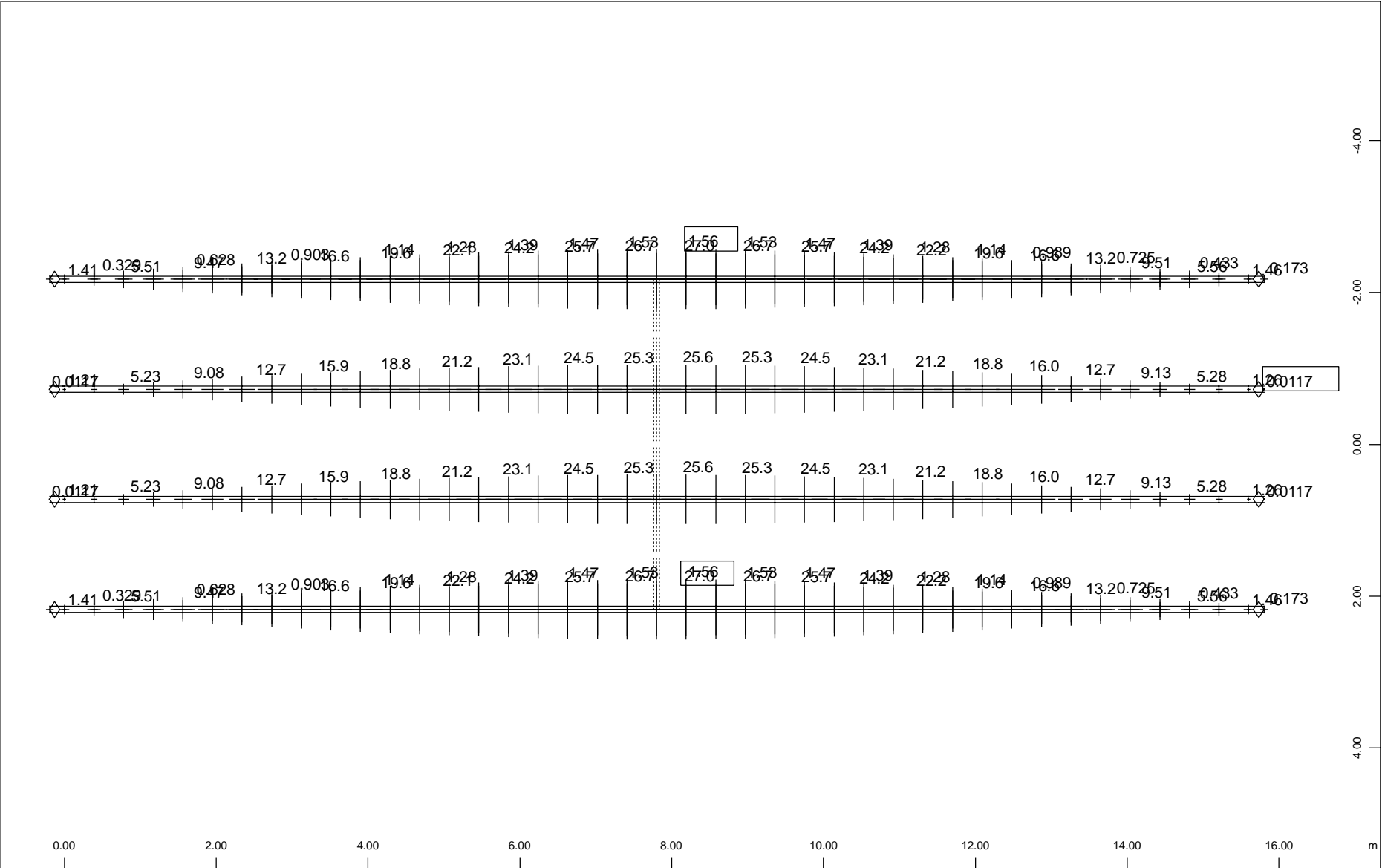
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 20.0 mm

Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

(Max=29.3)
 (Min=-3.87) (Max=0)

M 1 : 69

Tasan jakautunut liikennekuorma. Hetkellinen taipuma

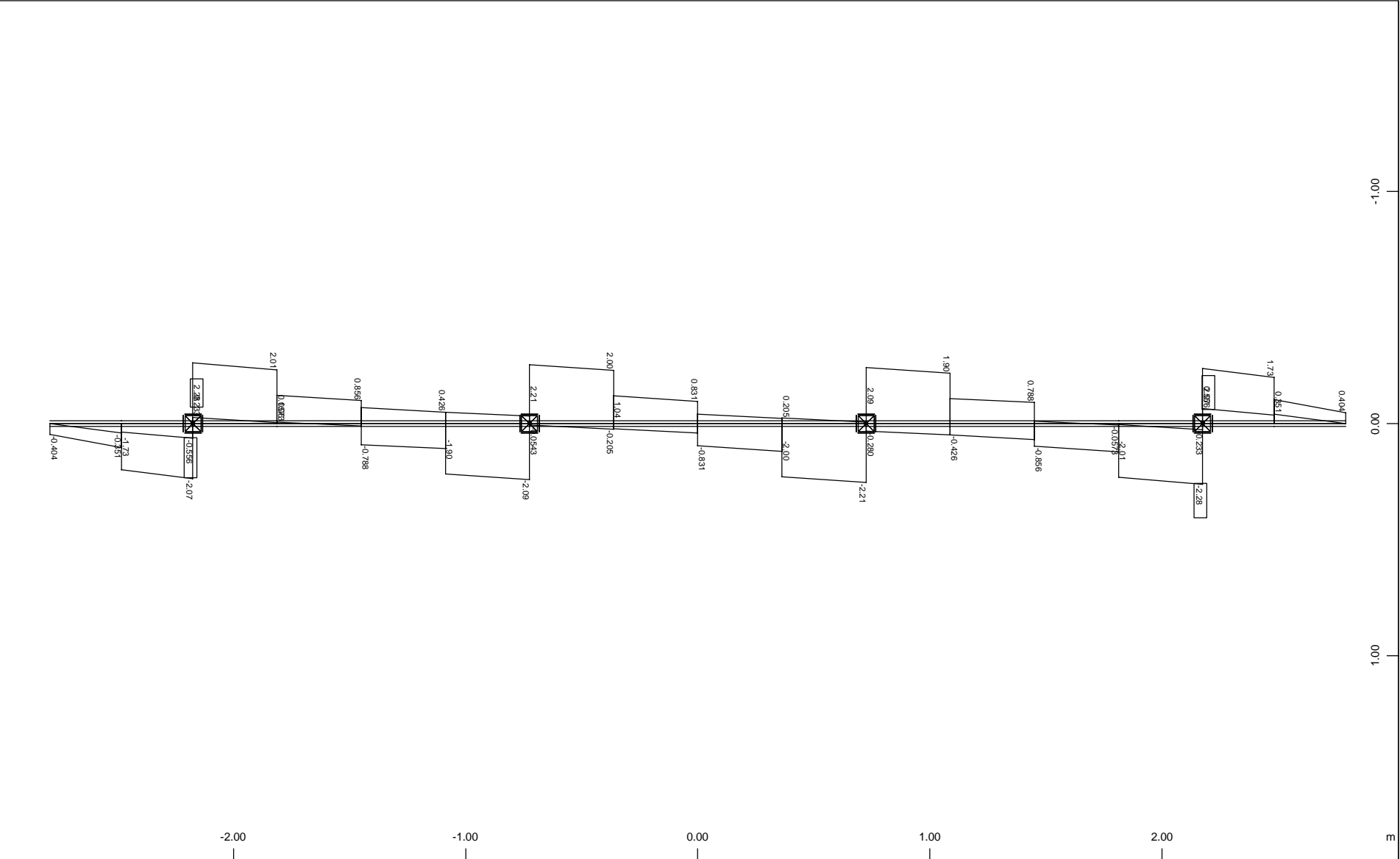


Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 20.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 1.00 mm

(Max=27.0)
(Min=-1.56) (Max=0)

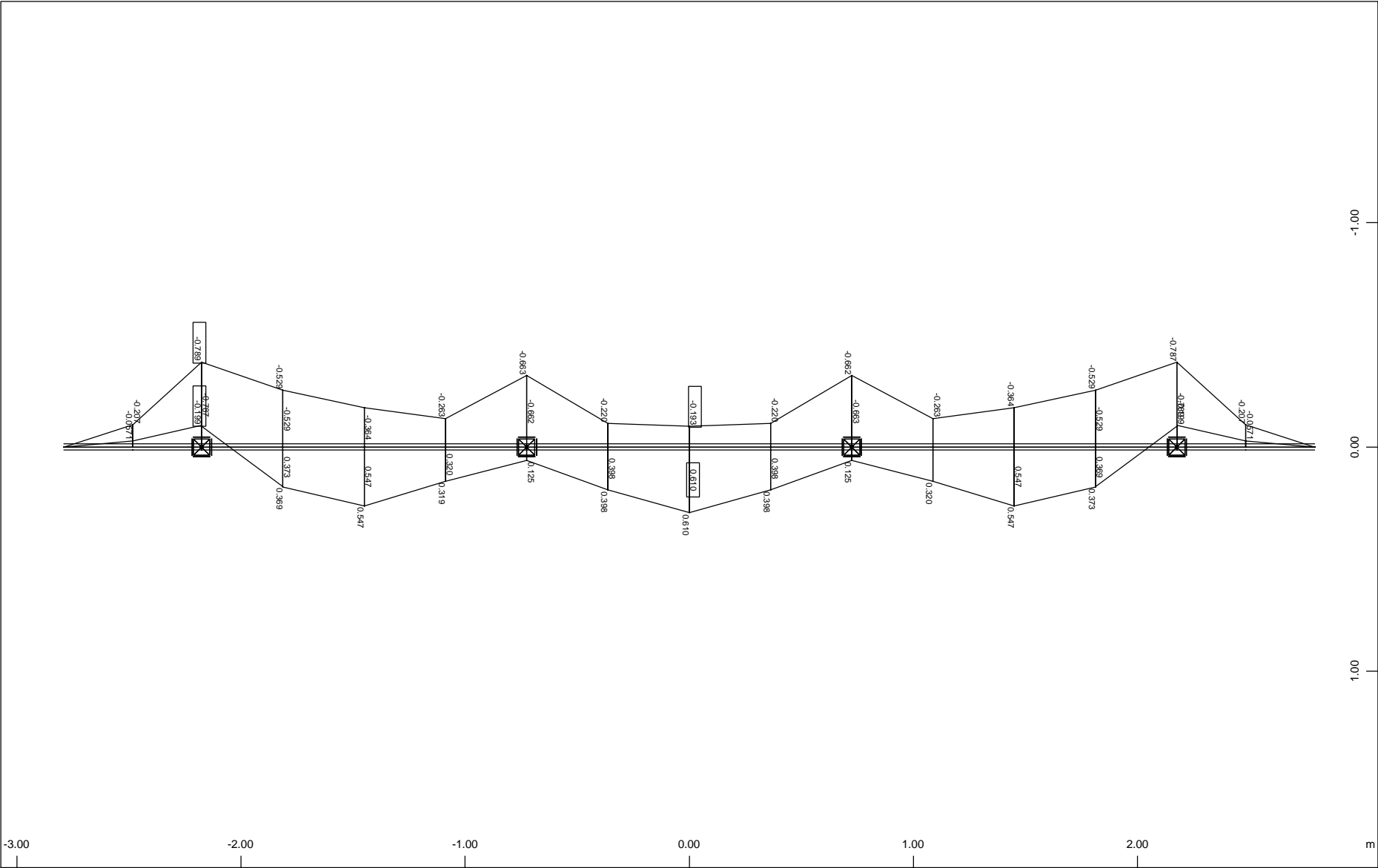
M 1 : 71

MRT_1. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz



Sector of system Beam Elements
X-Y
Z
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.556) (Max=2.28)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.28) (Max=0.556)

Taivutusmomentti: My

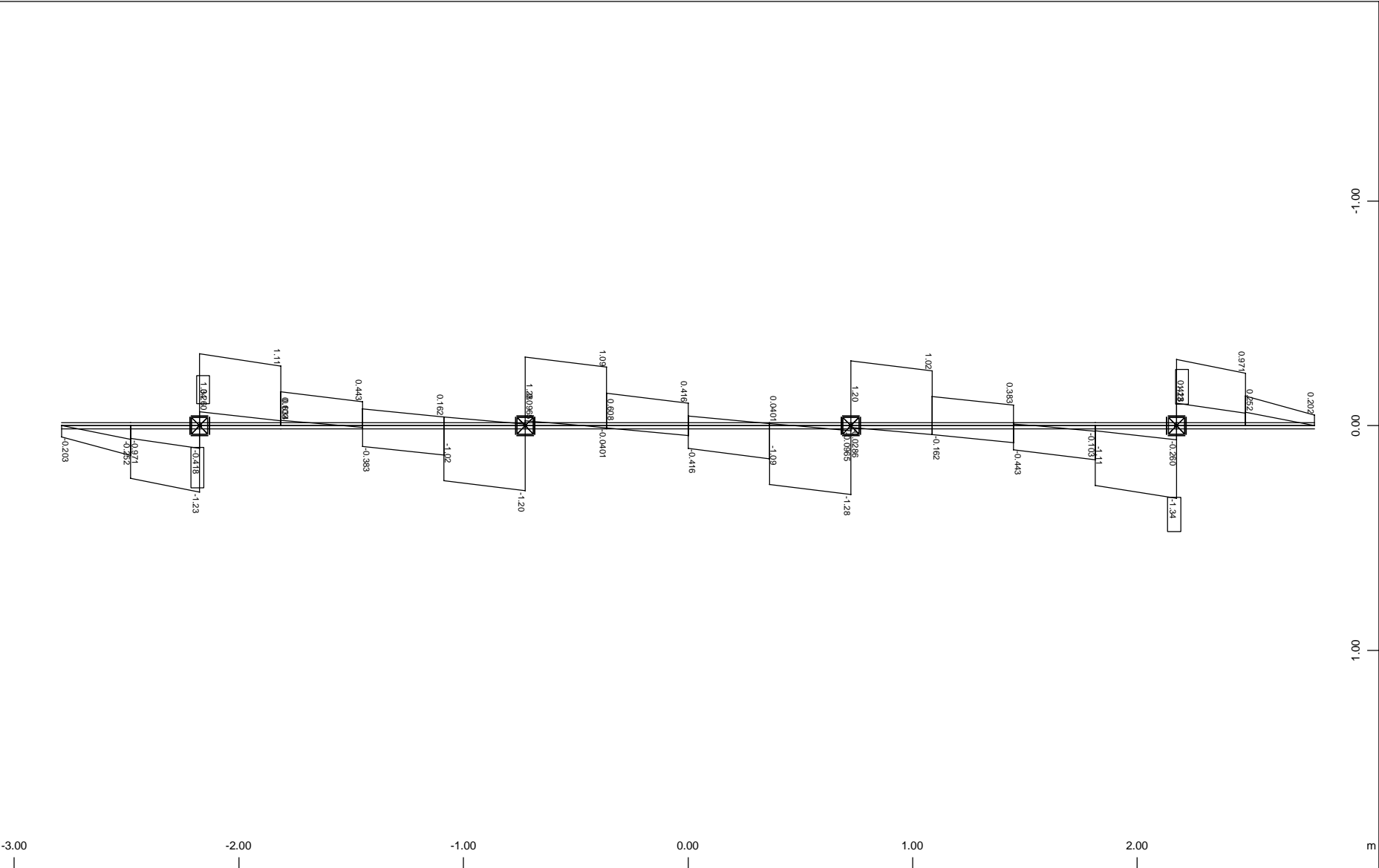


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.199) (Max=0.610)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.789) (Max=-5.0133e-05)

M 1 : 24

MRT_1. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

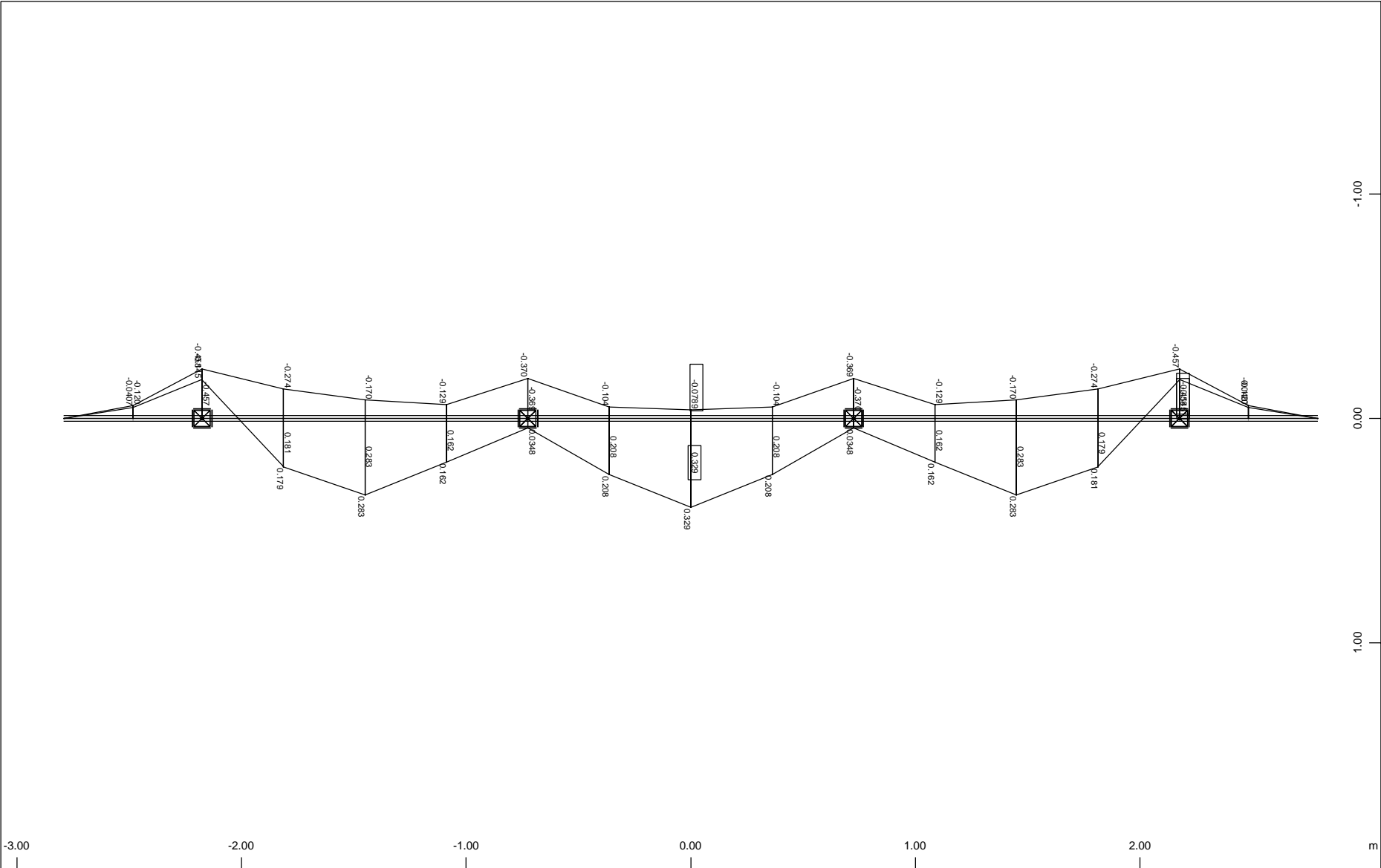


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.418) (Max=1.34)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-1.34) (Max=0.418)

M 1 : 24

Taivutusmomentti: My



X-Y
Z

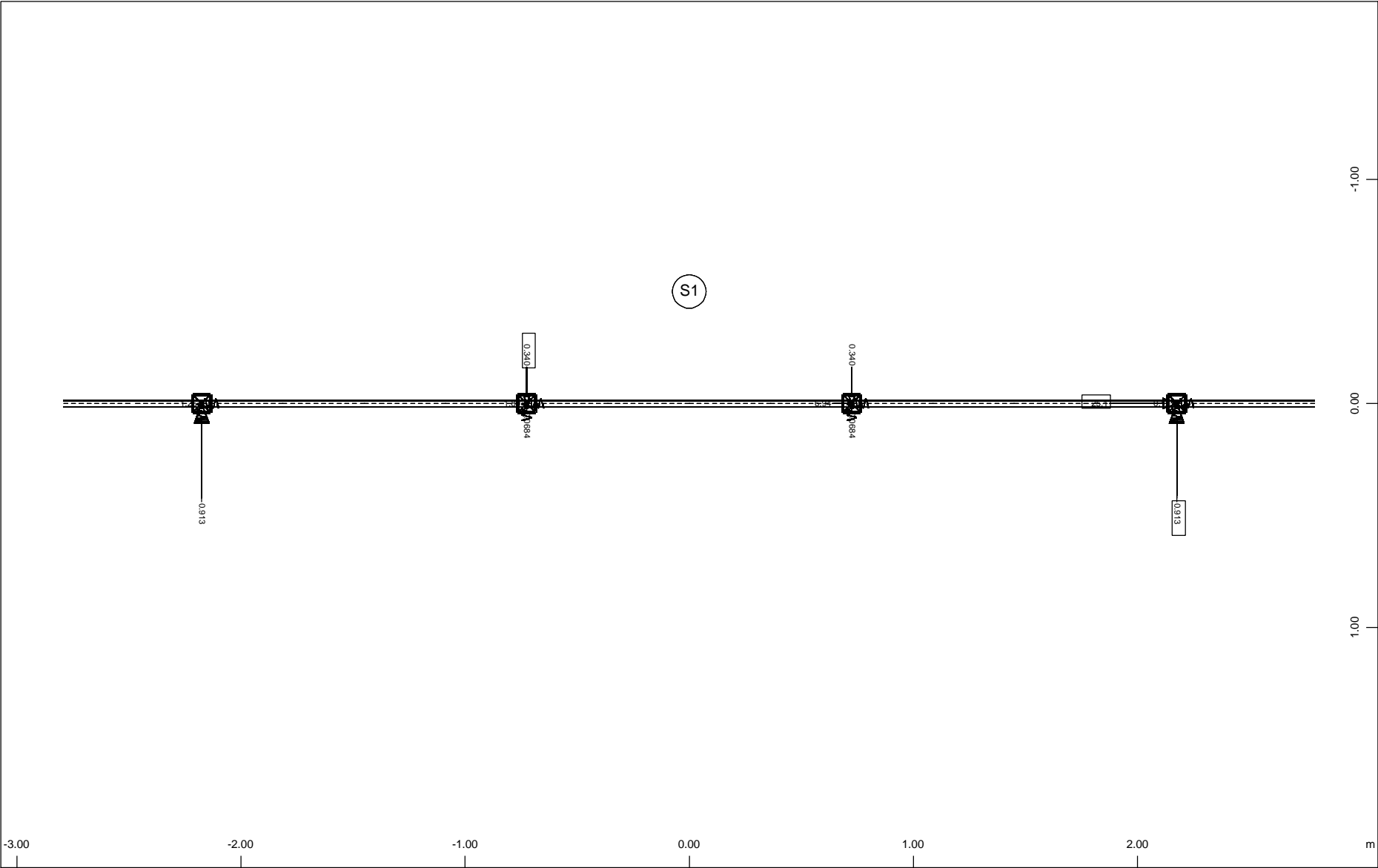
Sector of system Beam Elements

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.145) (Max=0.329)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.458) (Max=-1.7097e-05)

M 1 : 24

MRT_1. Kiinnitysvoimat



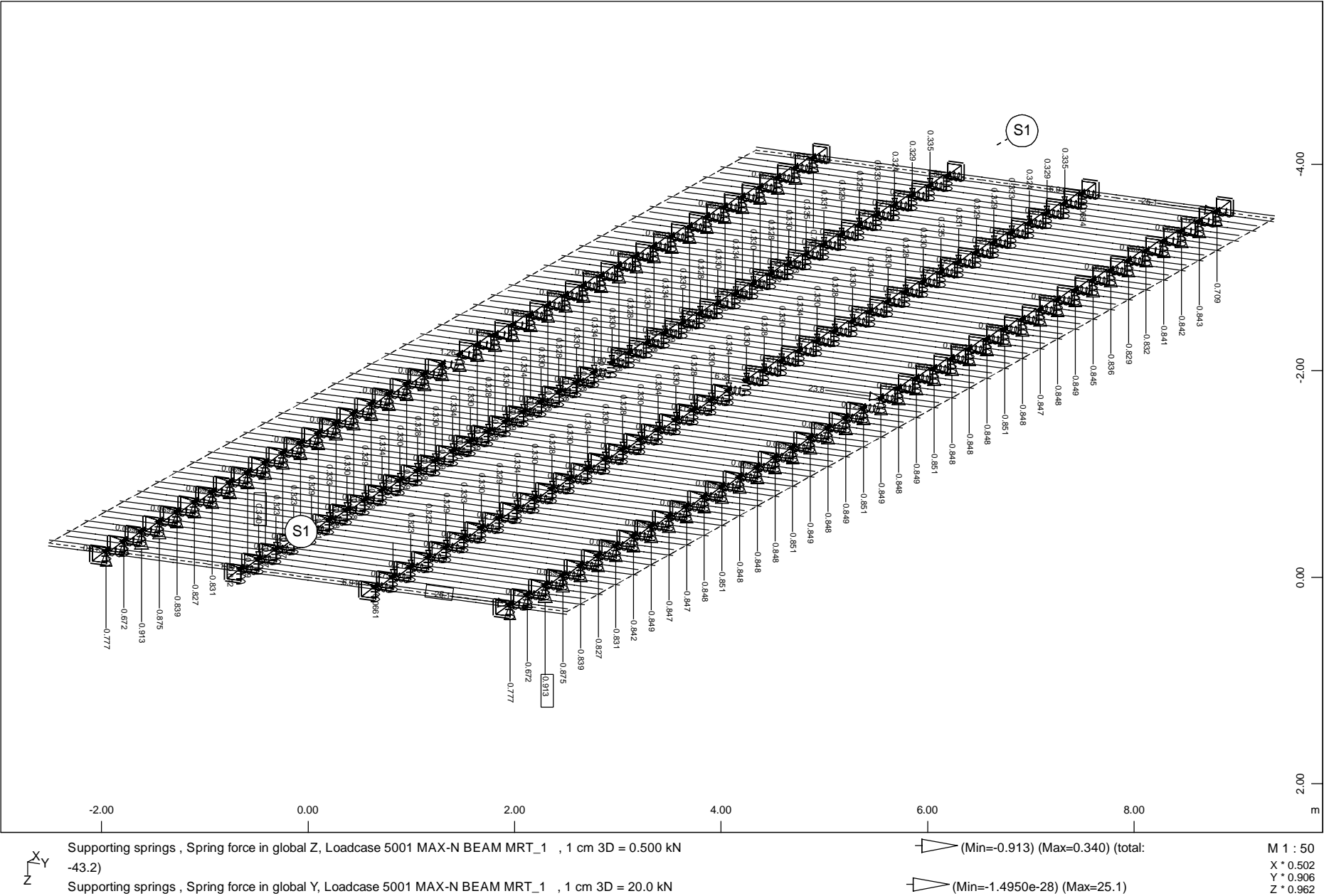
X-Y
Z

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 0.500 kN
-43.2)
Supporting springs , Spring force in global Y, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 20.0 kN

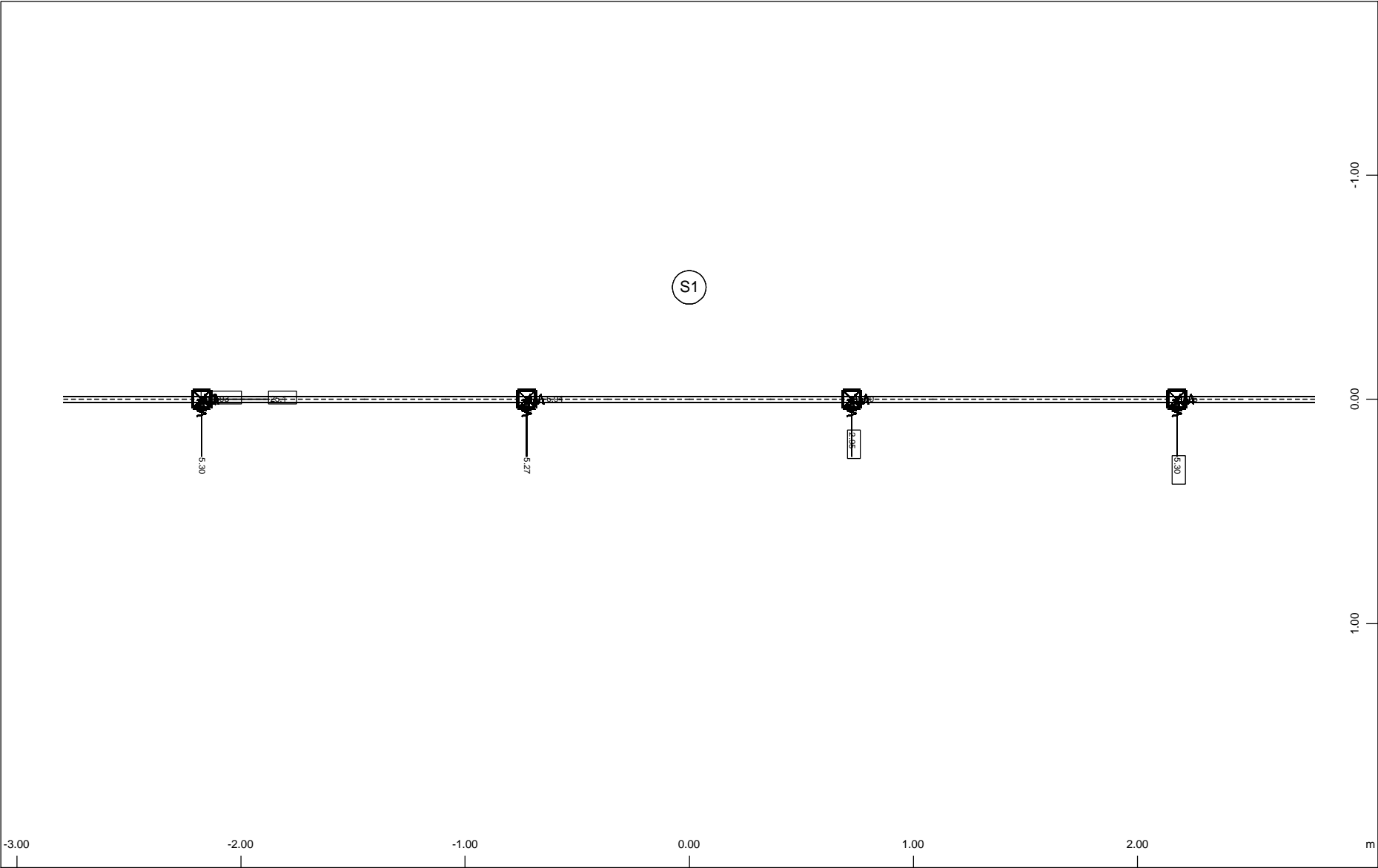
Min=-0.913) (Max=0.340) (total:
Min=-1.4950e-28) (Max=25.1)

M 1 : 24

MRT_1. Kiinnitysvoimat



MRT_1. Kiinnitysvoimat



X-Y
Z

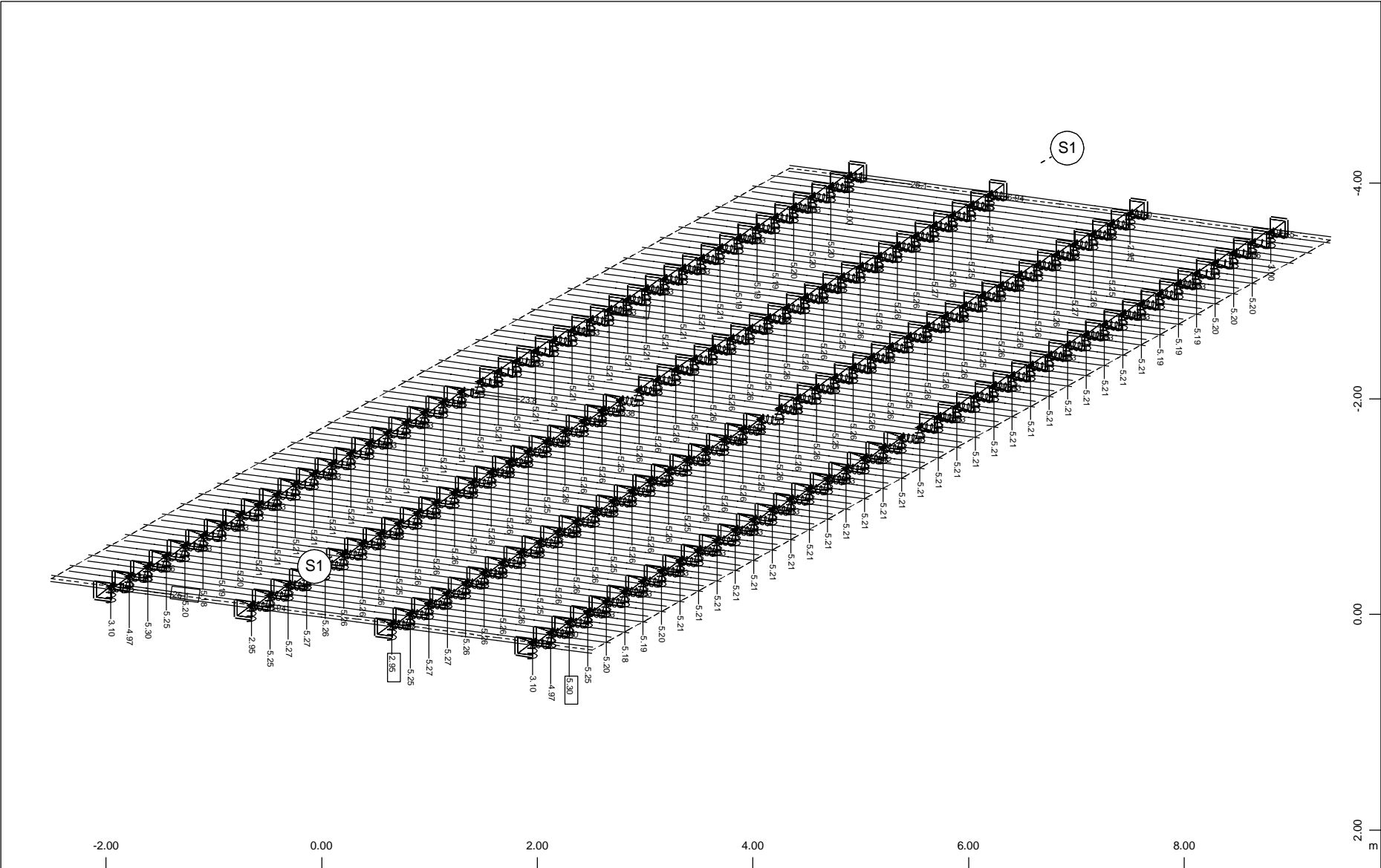
Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kN
-840.2)
Supporting springs , Spring force in global Y, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 20.0 kN

(Min=-5.30) (Max=0) (total:

(Min=-25.1) (Max=0) (total:

M 1 : 24

MRT_1. Kiinnitysvoimat

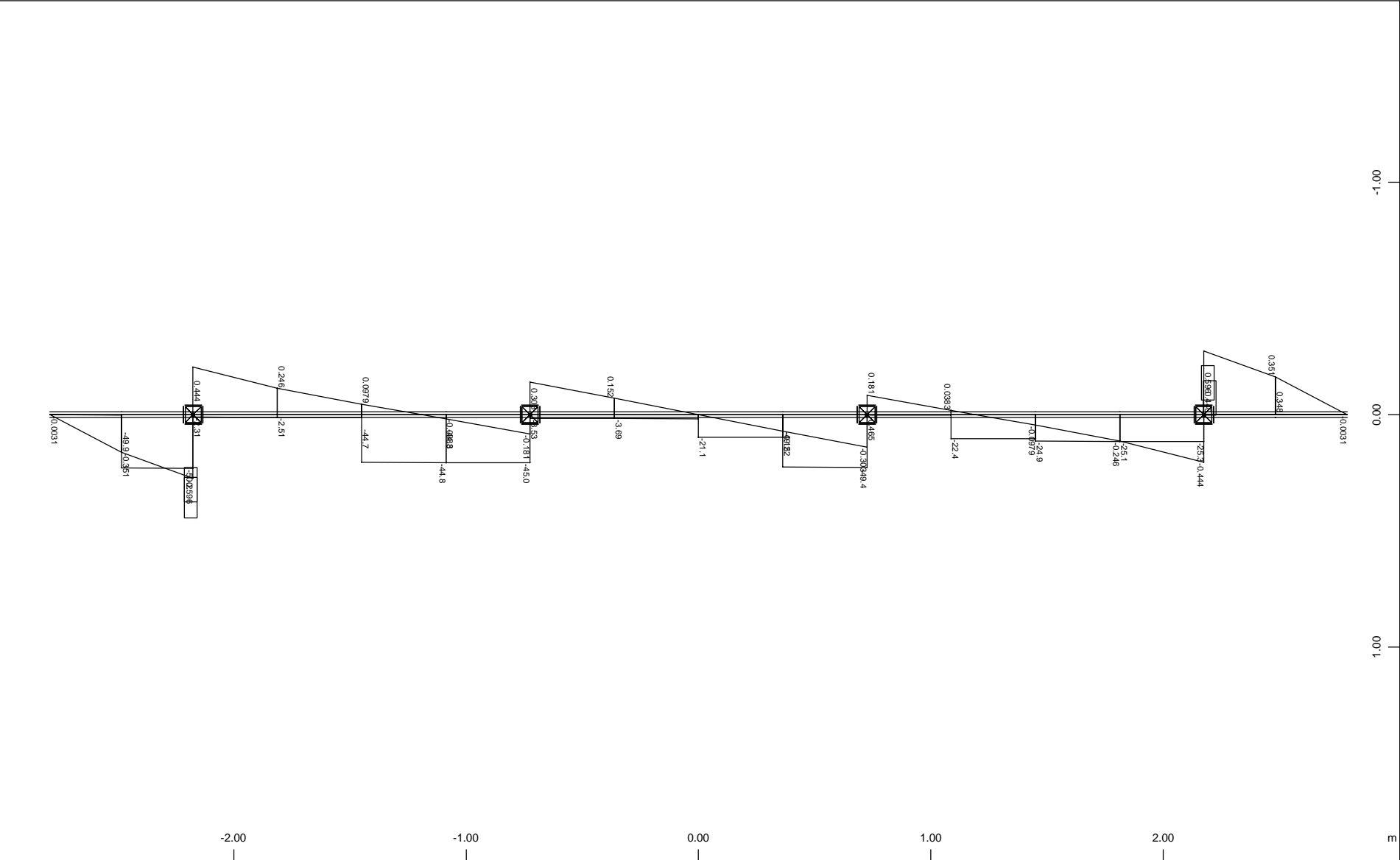


Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kN
-840.2)
Supporting springs , Spring force in global Y, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 20.0 kN

(Min=-5.30) (Max=0) (total:
(Min=-25.1) (Max=0) (total:

M 1 : 50
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

MRT_2. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

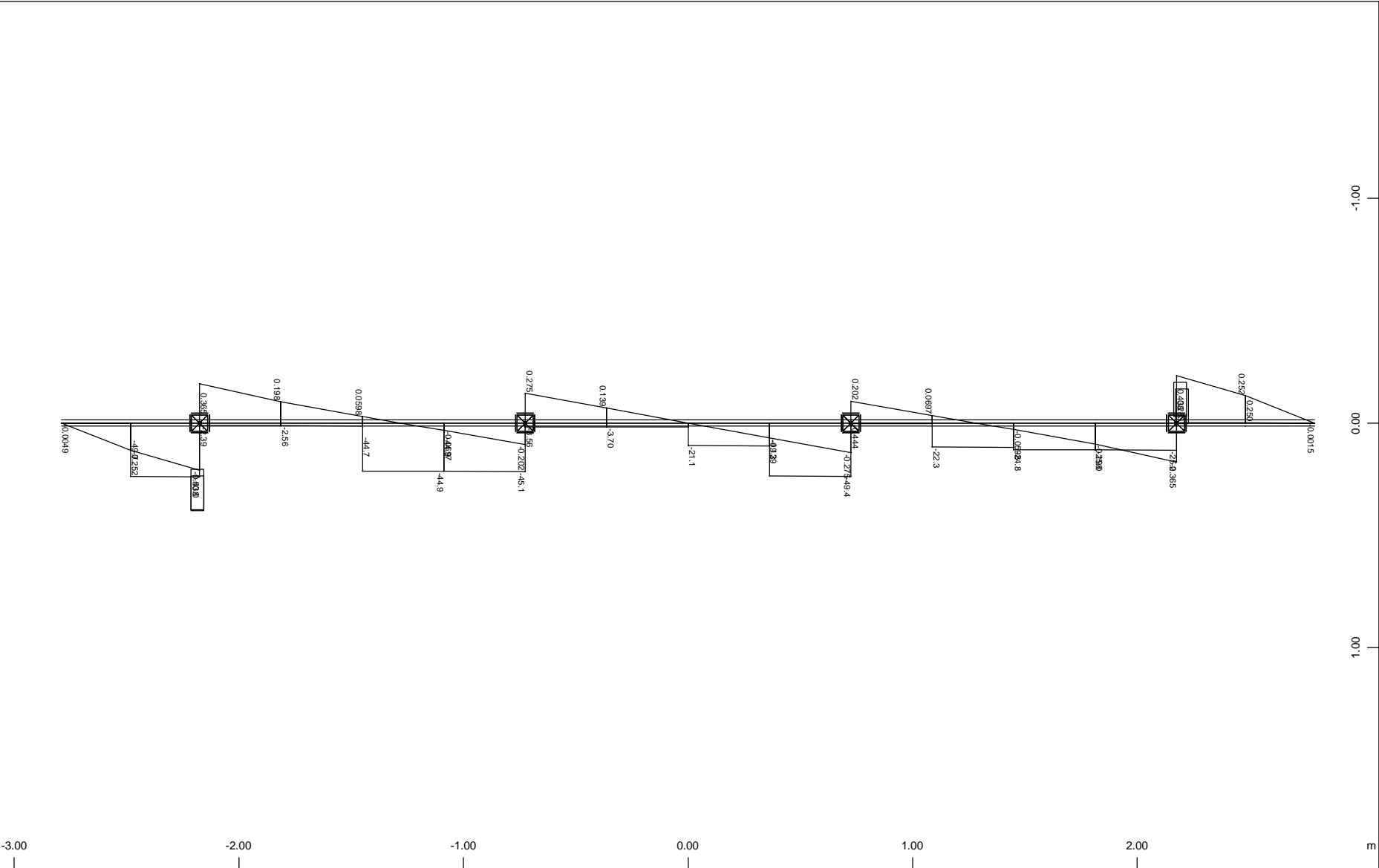
Sector of system Beam Elements
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.596) (Max=0.596)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-50.2) (Max=0.440)

M 1 : 23



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-16.1) (Max=-4.0392e-04)

MRT_2. Päättyalue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

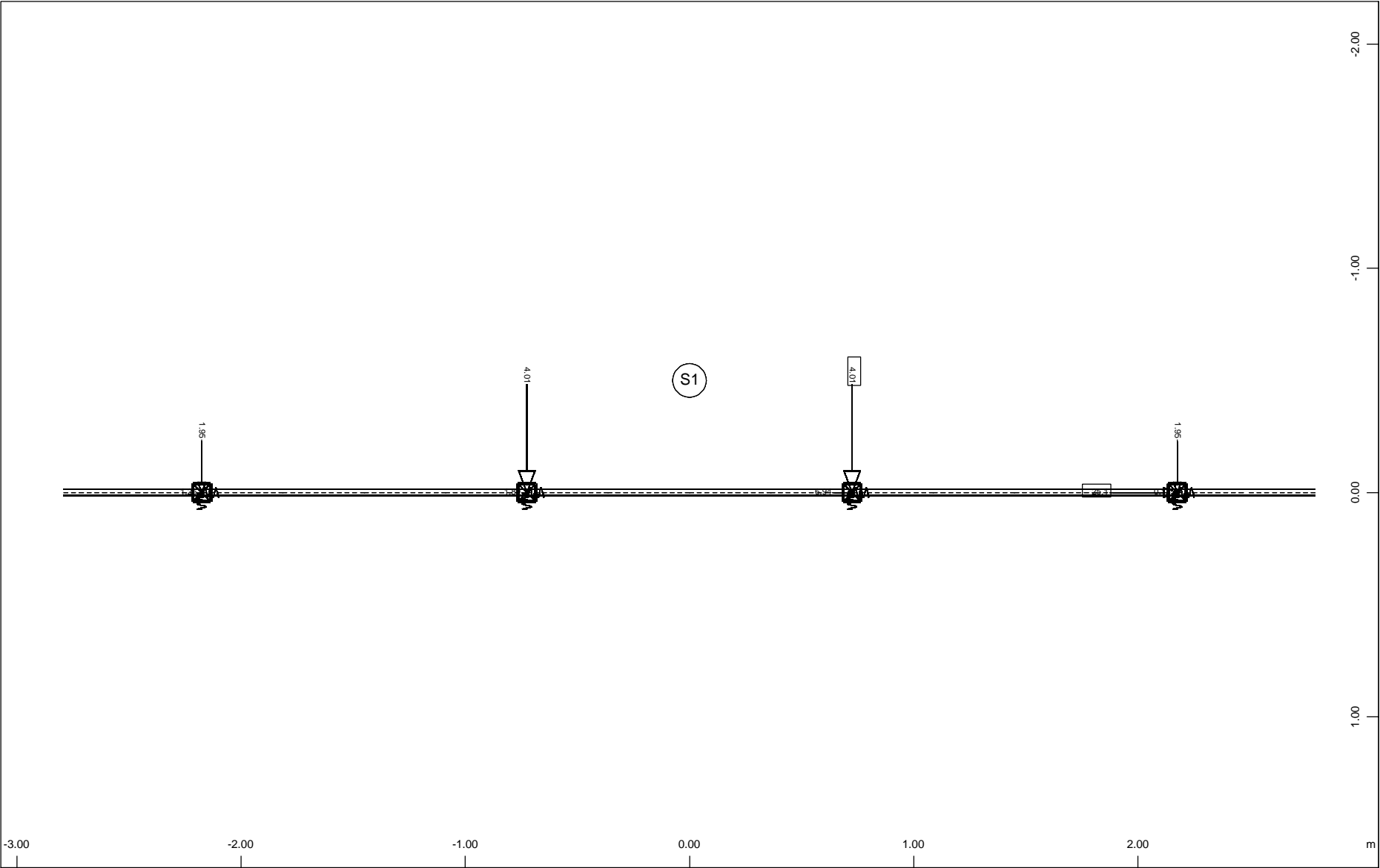
Sector of system Beam Elements
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.438) (Max=0.438)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-50.0) (Max=0.283)

M 1 : 24



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-16.1) (Max=-2.0172e-04)

MRT_2. Kiinnitysvoimat



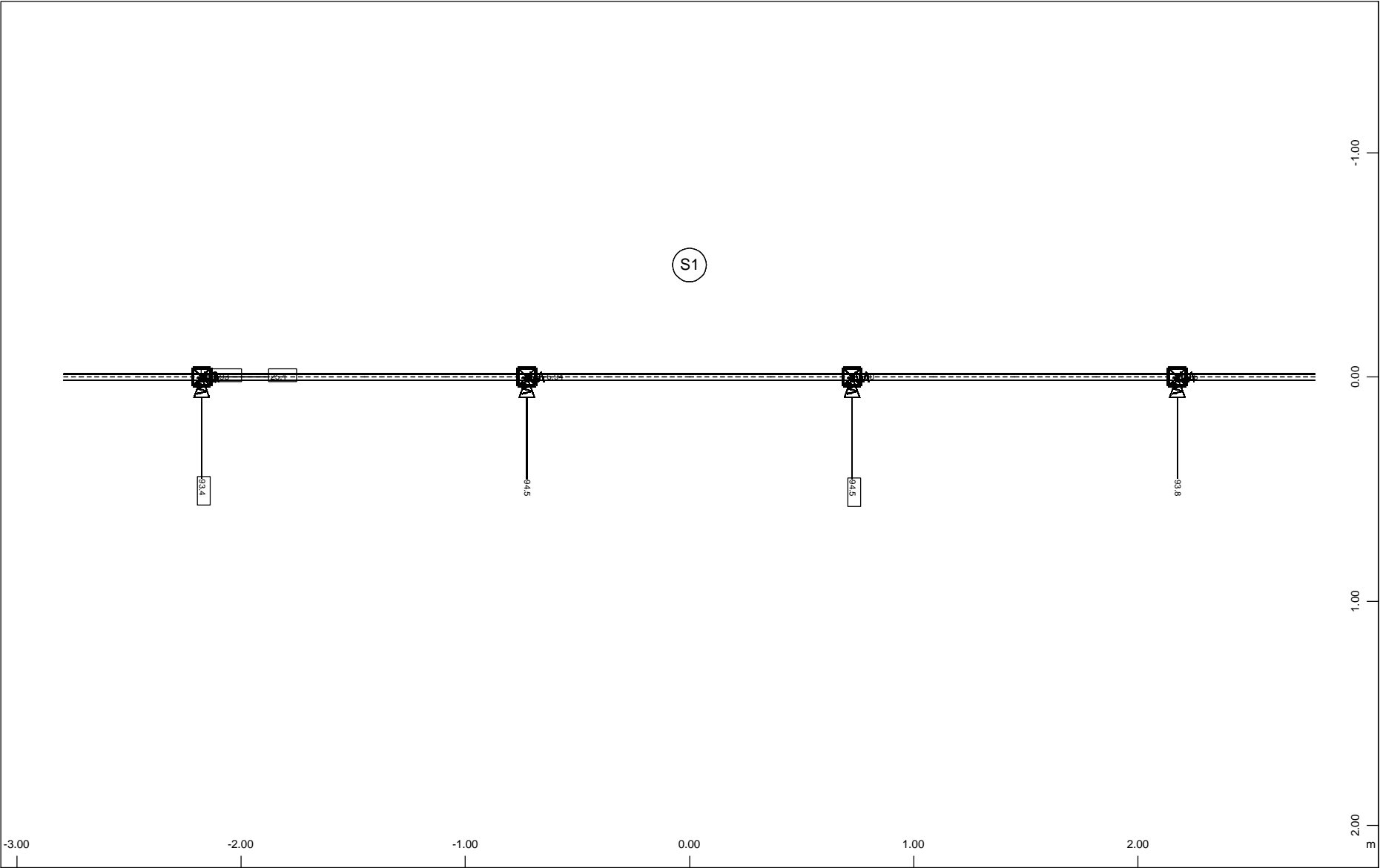
X-Y
Z

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 2.00 kN
Supporting springs , Spring force in global Y, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kN
(total: 125.3)

(Max=4.01) (total: 470.1)
(Min=-9.5500e-29) (Max=25.1)

M 1 : 24

MRT_2. Kiinnitysvoimat



X-Y
Z

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN
-15429.)
Supporting springs , Spring force in global Y, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kN

(Min=-94.5) (Max=0) (total:

(Min=-25.1) (Max=0) (total:

M 1 : 24