

PUUSILTATYYPPIPIIRUSTUSSARJA

Helsingin kaupunki

Yksiaukkoinen liimapuinen palkkisilta (Plp)

Jm=10 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

16 m jännemitan suunnitelmat on 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)

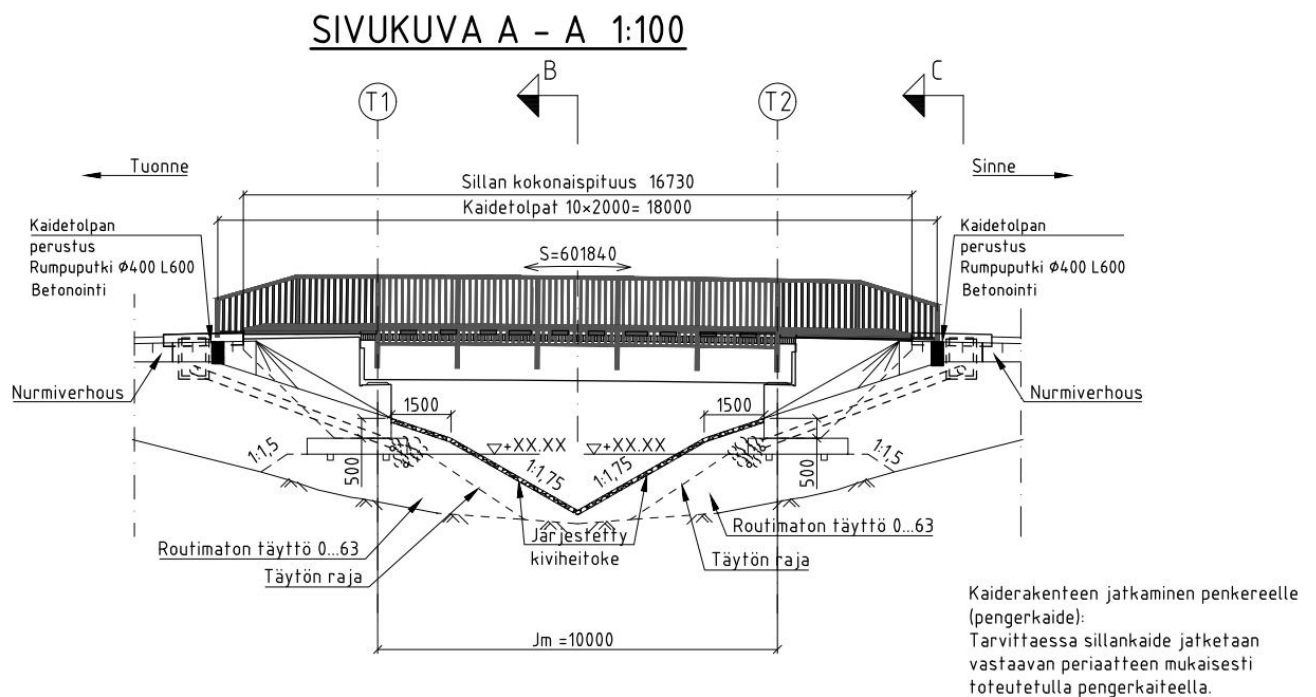
Talvihoitoluokka: K2 laatuvaatimukset (07-22)

A.3 KUVAUS SUUNNITELTAVASTA RAKENTEESTA

Siltatyyppi on yksiaukkoinen liimapuinen palkkisilta (Plp), jonka jännemitta J_m on 10 m ja hyödyllinen leveys HL on 4 tai 5 m. Rakennelaskelmat on laadittu hyötyleveydelle 5 m. Suunnitelmat sovellettavissa hyötyleveydelle 4 m.

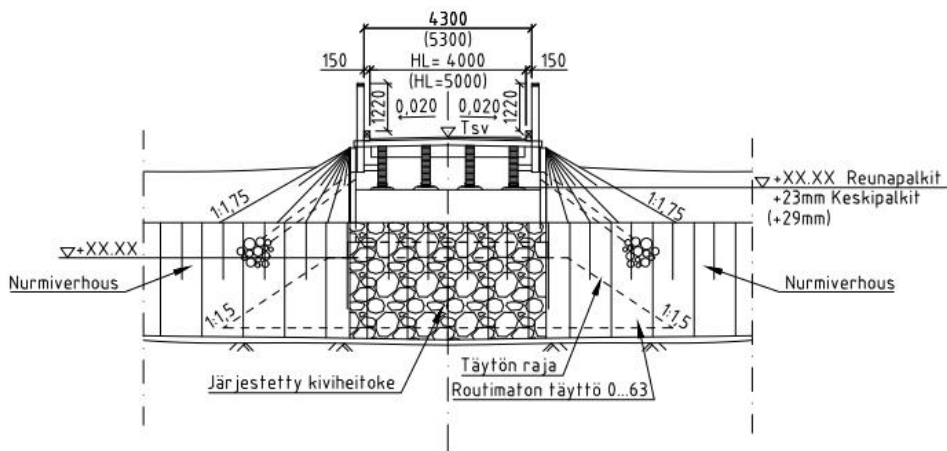
Päälysrakenne: Sillan pääkannattimina ovat yksiaukkoiset liimapuupalkit, joiden päällä on syrjälankkukansi ja kalanruotokuviainen kulutuslankutus. Pääpalkit tukeutuvat suoraan syrjälankkukanteen. Rakennekorkeus on 0,92m ja hoikkuus on 10,9 (Jännemitan suhde rakennekorkeuteen). Rakenteet: Liimapuupalkit ovat 190x720, 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

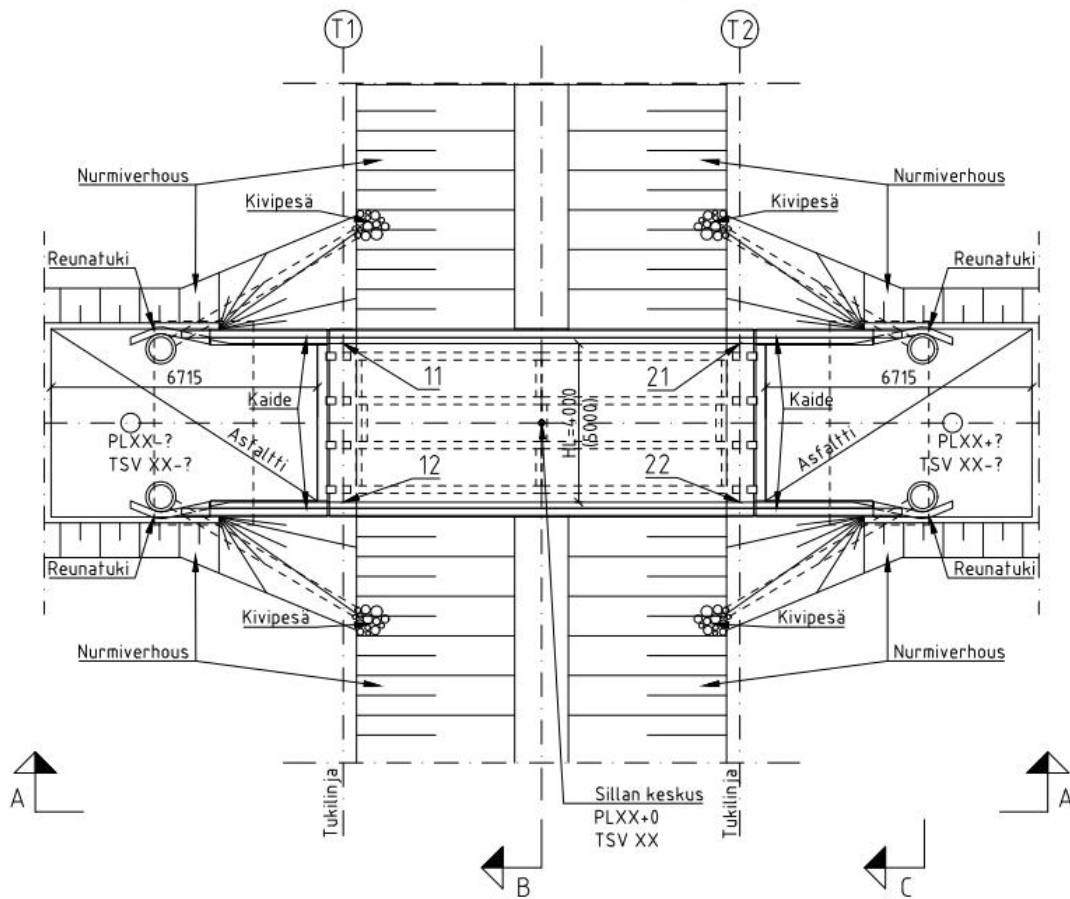
POIKKILEIKKAUS B - B 1:100



Kuva 2. Sillan poikkileikkaus

TASOKUVA 1:100

kaiderakenne.



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:

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

Kosteudenmuutoskerroin syyn suuntaan:

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

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:

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

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

Liukumoduuli:

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

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

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.4$$

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:

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

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

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

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

Mitoitusarvot:

Kansilankkujen taivutuslujuus:

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

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

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

Kansilankkujen leikkauslujuus:

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

Käyttötilan loppumuodonmuutostilan jäykkyysominaisuudet:

Kimmoduuli:

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

Liukumoduuli:

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

Mitoitusarvot:

Onnettomuusrajatila

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.0$$

Taivutuslujuus:

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

Puristuslujuus:

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

Leikkauslujuus:

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

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

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

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

Mitoitusarvot:

Kansilankkujen taivutuslujuus:

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

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

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

Kansilankkujen leikkauslujuus:

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

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

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

Muodonmuutuskertoimet:

Lämpötilakerroin syyn suuntaan:

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

Kosteudenmuutoskerroin syyn suuntaan:

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

Sauvan koon vaikutus lujuuteen voidaan ottaa huomioon kertoimella:

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

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

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

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:

Kimmomoduuli:

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

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

Liukumoduuli:

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

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

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.2$$

Taivutuslujuus:

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

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

Puristuslujuus:

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

Leikkauslujuus:

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

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

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

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

Käyttötilan loppum uodonmuutostilan jäykkyysoinaisuudet:

Kimmo moduuli:

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

Liukumoduuli:

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

Mitoitusarvot:

Onnettomuusrajatila

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.0$$

Taivutuslujuus:

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

Puristuslujuus:

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

Leikkauslujuus:

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

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

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

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

A.4.3 Kuormat

Kuormitus: KL/5.9.2014.

Pysyvät kuormat:

Omat painot:

- $\frac{3}{4}$ Liimapuupalkkien ja syrjälankkukannen omapaino
- $\frac{3}{4}$ pintarakenteen omapaino
- $\frac{3}{4}$ kaiteiden paino
- $\frac{3}{4}$ maanpaino
- $\frac{3}{4}$ Maan lepopaine

Muuttuvat kuormat:

Muut muuttuvat kuormat:

- $\frac{3}{4}$ Tuulikuorma
- $\frac{3}{4}$ Kosteudenmuutos
- $\frac{3}{4}$ Lämpötilan muutos

Liikennekuormat:

- $\frac{3}{4}$ Tasaisesti jakautunut kuorma
- $\frac{3}{4}$ Huoltoajoneuvo
- $\frac{3}{4}$ Sillan pituussuuntainen kuorma
- $\frac{3}{4}$ Sivukuorma
- $\frac{3}{4}$ Liikennekuorman maanpaine

Onnettomuuskuormat:

- $\frac{3}{4}$ Kaiteen onnettomuuskuorma

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

A.5 RAKENNEANALYYSIT

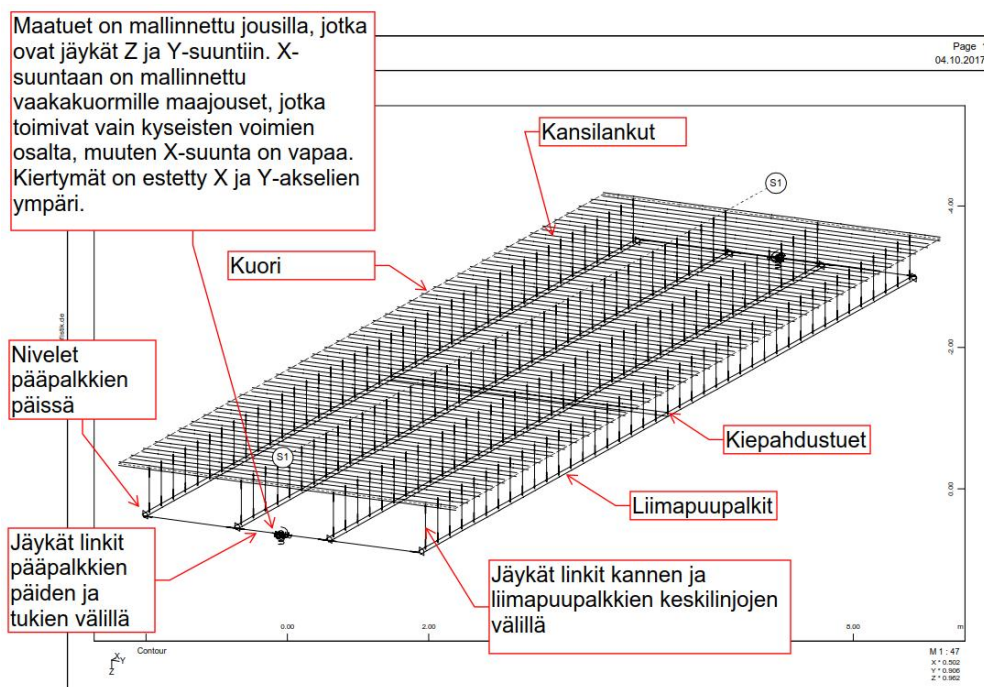
A.5.1 Rakennemallit

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:

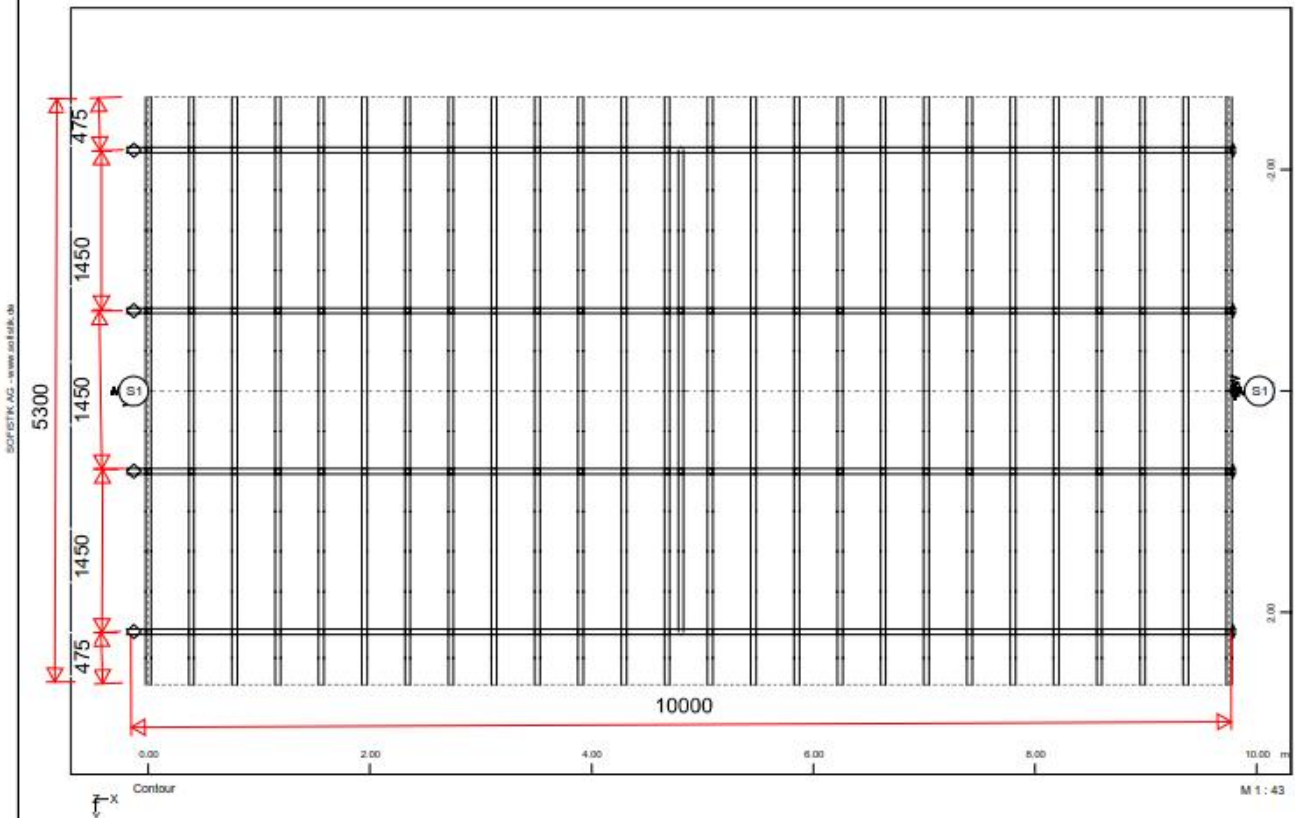
Osa	SofiStik ohjelmassa	Poikkileikkausarvot
Kansilankut	Structural Line	A=0.15mx0.39m, L=5.3m
Liimapuupalkit	Structural Line	A=0.190mx0,720m, L=10m
Kiepahdustuet	Structural Line	A=0.14mx0.675m, L=1,26m
Kuori	Structural area	h=0.01m, L=10m, B=5.3m

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.

Interactive Graphic

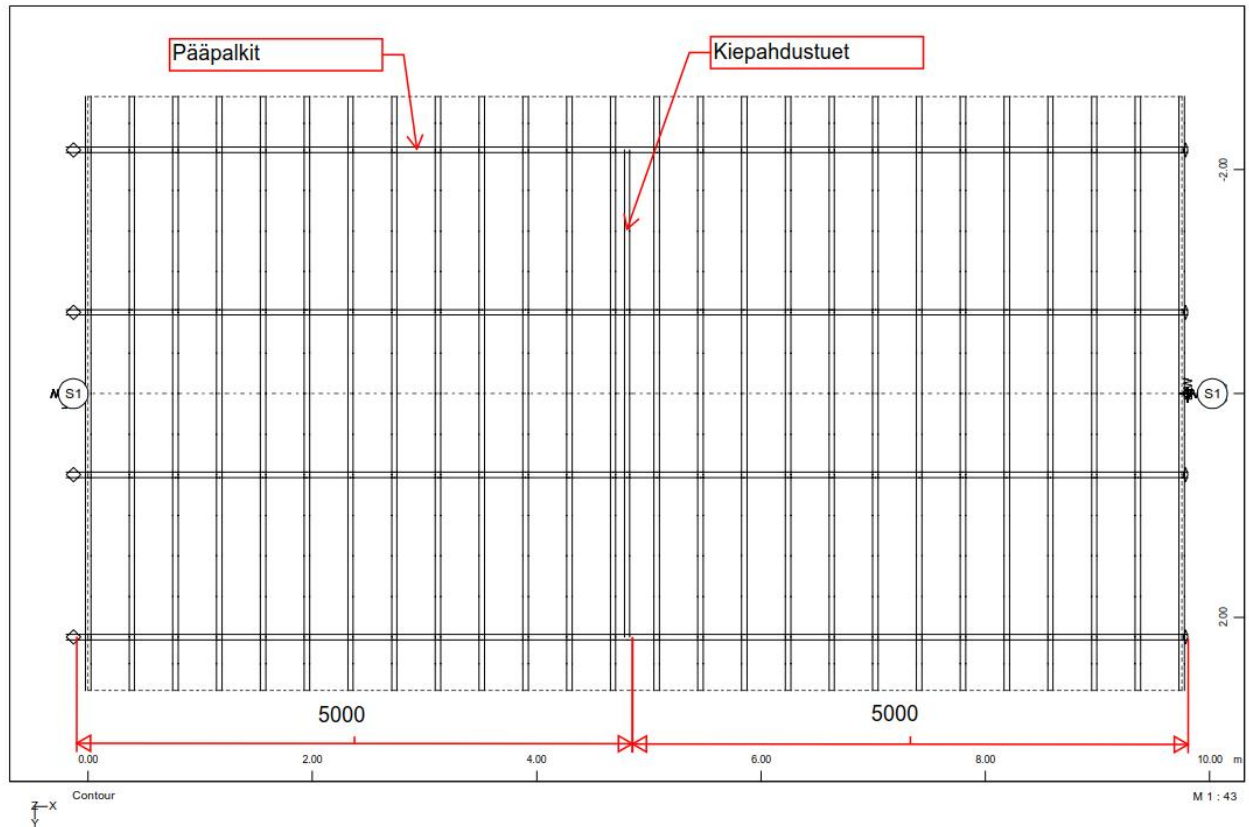


Kuva 5. Rakenteiden mitat

Sillan poikittain jäykistäminen:

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

Interactive Graphic



Kuva 6. Rakennemalli. Kiepahdustuet.

A.5.1.1 Poikkileikkaussuureet

PÄÄLLYSAKENNE

Poikkileikkausarvot:

Liimapuupalkit:

$$b_{\text{palkki}} := 190\text{mm}$$

vähennetään palkin korkeudesta 4 mm sivukaltevuuden takia

$$h_{\text{palkki}} := (720 - 4)\text{mm} = 716\text{mm}$$

$$L_{\text{palkki}} := 10\text{m}$$

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

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

$$b_{\text{laakeri}} := 190\text{mm} \quad \text{Tukipinnan leveys}$$

$$A_{\text{palkki}} := b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}} = 0.136\text{m}^2$$

$$I_{y,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 5.812 \cdot 10^{-3}\text{m}^4$$

$$W_{y,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.016\text{m}^3$$

$$I_{z,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}}^3 \cdot h_{\text{palkki}}}{12} = 4.093 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

$$W_{z,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}}^2 \cdot h_{\text{palkki}}}{6} = 4.308 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$$

Kiepahdustuet:

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

$$h_{\text{kpalkki}} := 675\text{mm}$$

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

$$A_{\text{kpalkki}} := b_{\text{kpalkki}} \cdot h_{\text{kpalkki}} = 0.095\text{m}^2$$

$$I_{y.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki} \cdot h_{kpalkki}^3}{12} = 3.588 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$W_{y.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki} \cdot h_{kpalkki}^2}{6} = 0.011 \text{ m}^3$$

$$I_{z.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki}^3 \cdot h_{kpalkki}}{12} = 1.544 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W_{z.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki}^2 \cdot h_{kpalkki}}{6} = 2.205 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Kansirakenne:

Syrjälankkukansi:

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

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

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

Kulutuserros:

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

kannen tehokasleveys:

Kuorman leveys:

$$b_w := 0.2 \text{ m}$$

Palkin tehollisen leveyden laskemiseen tarvittava mitta a

Naulaamalla laminoitu kansilaatta

$$a := 0.1 \text{ m}$$

Kuorman jakautuminen
kansilankuissa:

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

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

Kuorman jakautuminen
pintarakenteessa:

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

Kuormitus pinta lankun keskilinjalla:

lankun poikkisuuntaan

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

lankun pituussuuntaan

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

Kuormitettujen lankkujen lukumäärä:

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

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

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

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

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

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

MAA-AINES

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

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

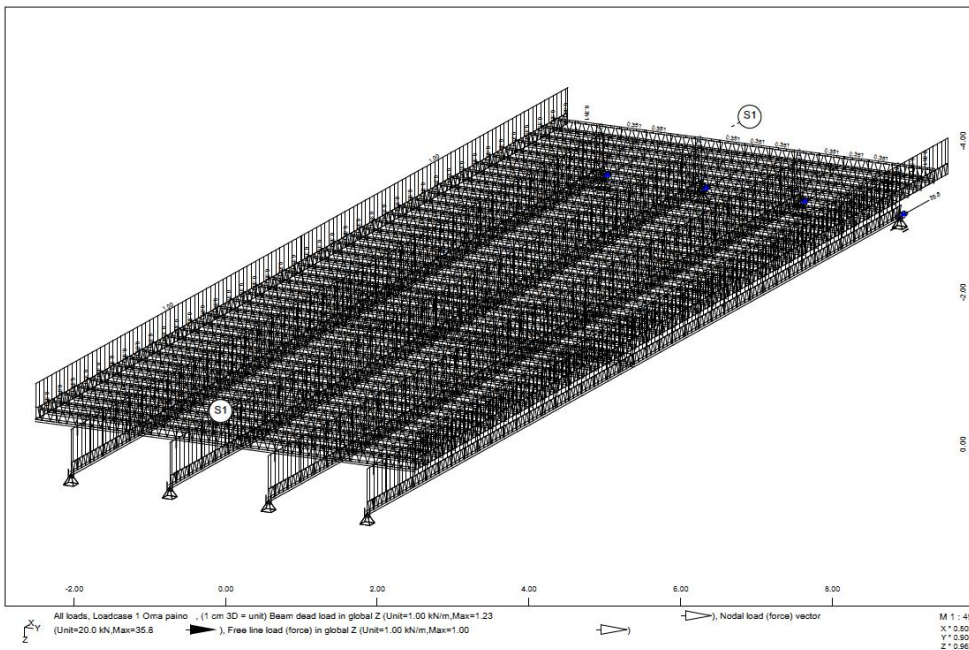
A.5.2 Kuormien sijoittelu

A.5.2.1 Pysyvät kuormat

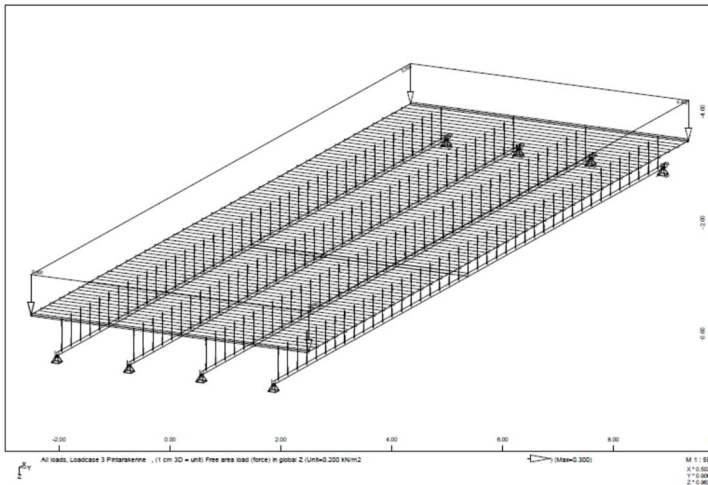
Päällysrakenteen kuormat:

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 190x720	6 kN/m ³	Ohjelma laskee mallinnetut rakenteiden painot.



Kuva 7. Rakenteiden pysyvät kuormat rakennemalliin.

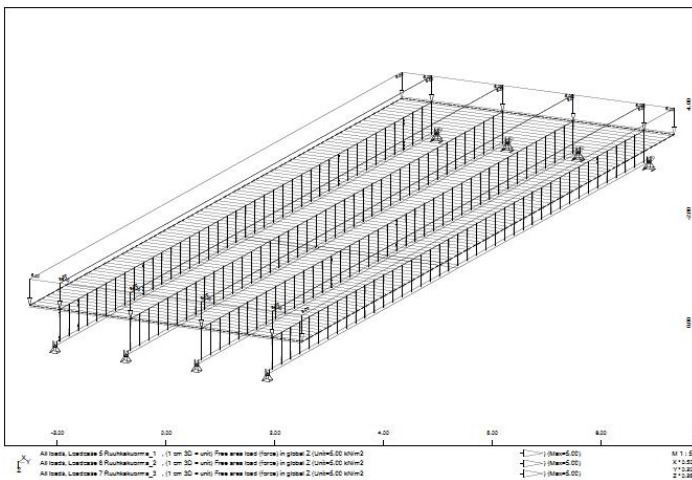


Kuva 8. Kulutuskerros pintakuormana mallinnetulle pinnalle.

A.5.2.2 Liikennekuorma

Pintakuorma:

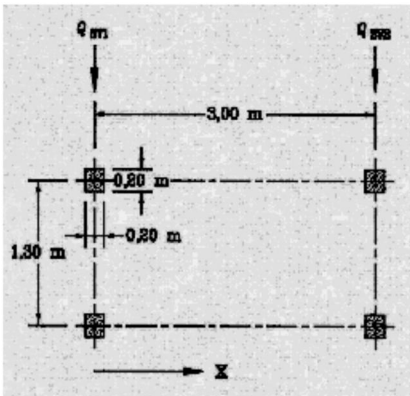
Ruuhkakuorma 5kN/m^2 . Mallinnetaan pintakuormana mallinnetulle pinnalle. Kuormakaistat (5 kpl) on esitetty kuvassa 9.



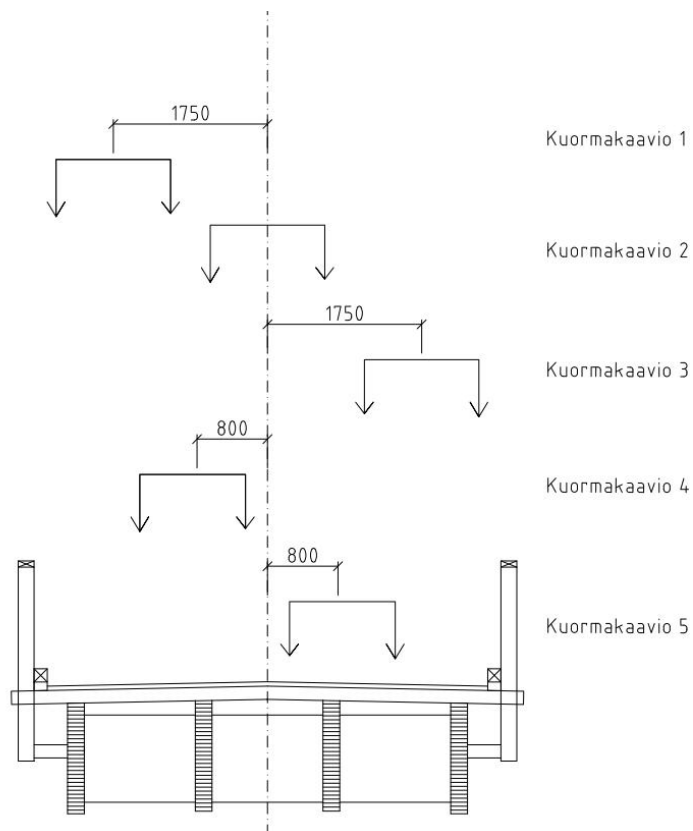
Kuva 9. Ruuhkakuorman kuormakaaviot.

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.

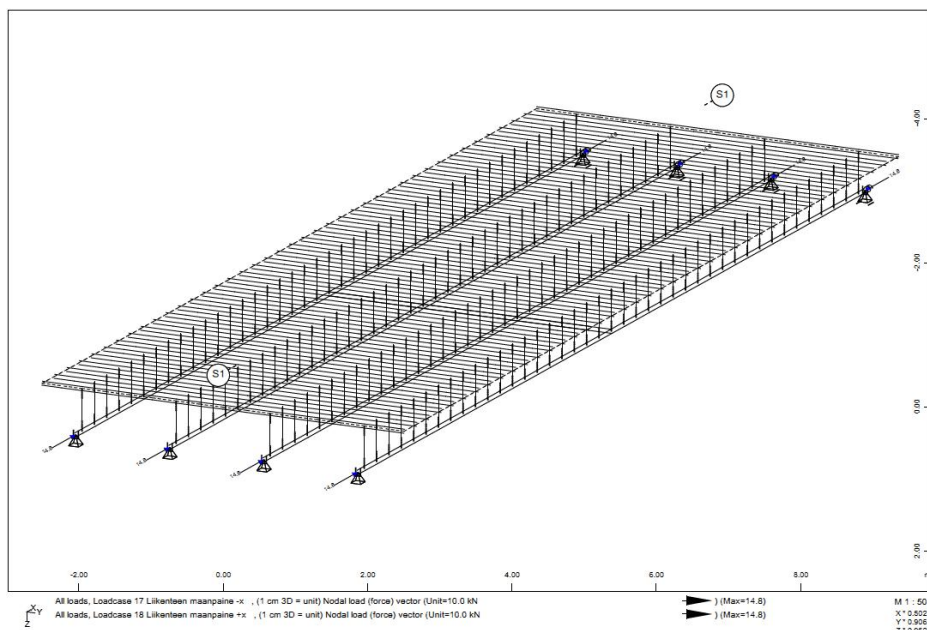


Kuva 11. Huoltoajoneuvon kuormakaaviot.

A.5.2.3 Vaakakuormat:

Liikennekuorman aiheuttama maanpaine.

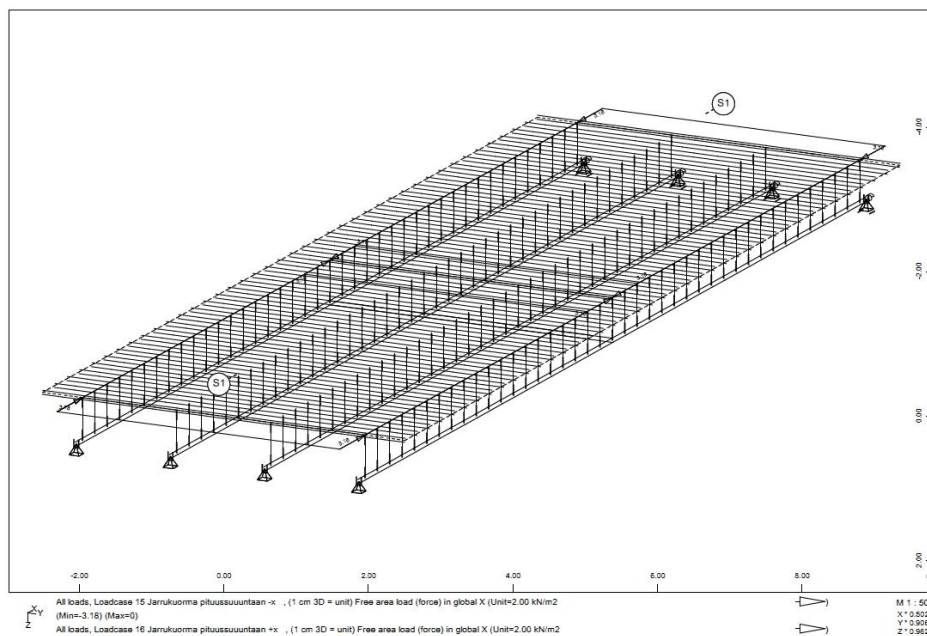
Pystykuorma on 10 kN/m^2 . Päätypalkille vaakakuorma $4,7 \text{ kN/m}^2$. Lepopaine mallinnetaan puristavana pistekuormana liimapuupalkille. Yhdelle liimapuupalkille saadaan puristava voima $19,8 \text{ kN}$.



Kuva 12. Liikennekuorman maanpaine pistekuormina palkeille.

Pituussuuntainen kuorma.

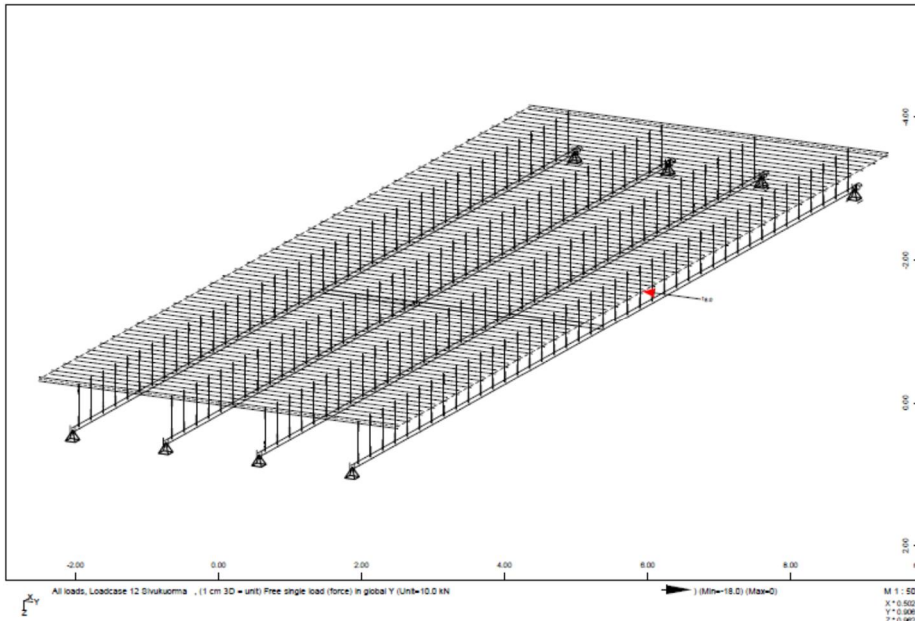
Q_{flk} 96kN. Mallinnetaan sillan suuntaisena pintakuormana kannen puolikkaalle $(96/(5,850 \cdot 4,35))\text{kN/m}^2$ $3,8\text{kN/m}^2$.



Kuva 13. Pituussuuntainen kuorma pinta-alakuormana kannelle.

Sivukuorma.

Sivukuorma mallinnetaan pistekuormana kansilankuille. $F=24\text{kN}$ $(0,25 \cdot 96\text{kN})$. Kuorma voi sijaita palkin keskellä tai päädyssä.



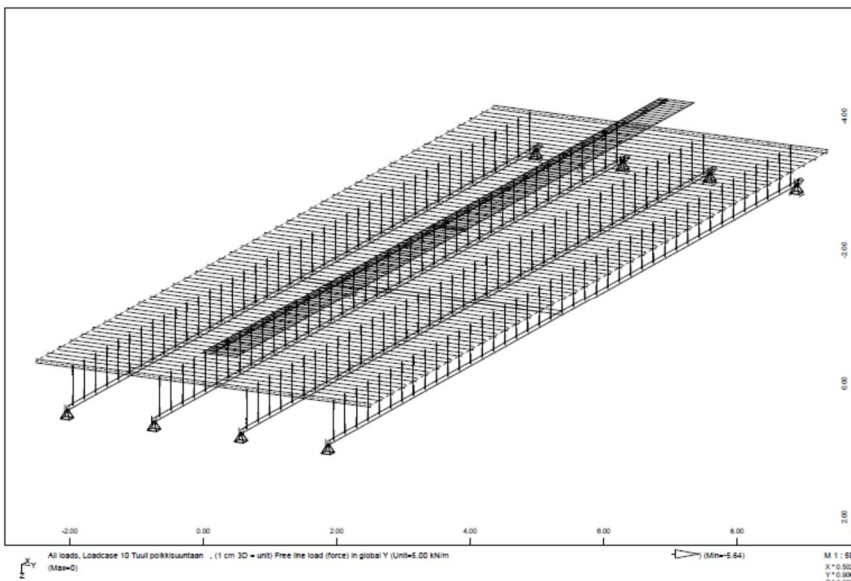
Kuva 14. Poikittainen kuorma pistekuormana kansilankuille. Pistekuorma vaikuttaa vaihtoehtoisesti kannen toisessa päädyissä tai keskellä.

A.5.2.4 Muut muuttuvat kuormat

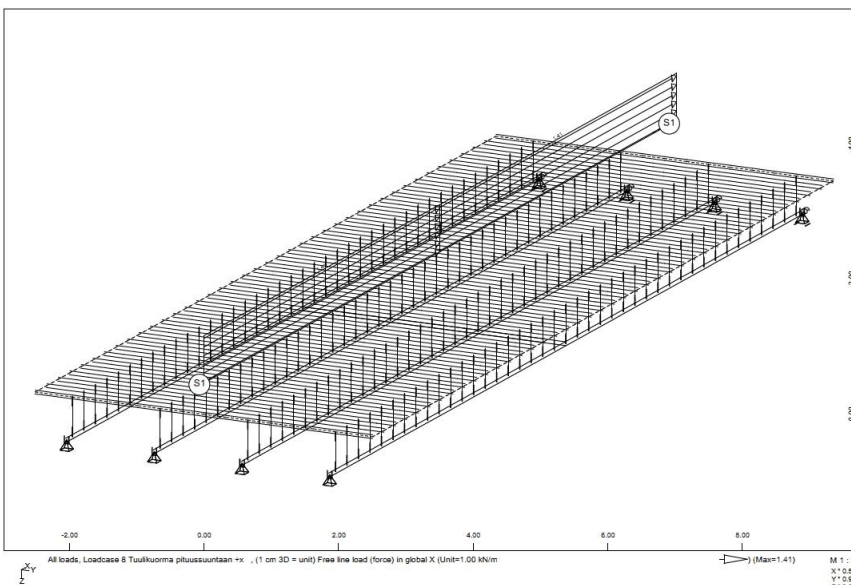
Tuulikuorma.

Kannen etäisyys maanpinnasta oletetaan olevan alle 20m ja maastoluokka II. Tuulikuorma mallinnetaan sillan kannelle poikkisuuntaisena viivakuormana 2,1 kN/m, mallinnetulle pinnalle. Kuorman epäkeskisyys pystysuunnassa kannen keskilinjalta on 0,21m.

Pituussuuntainen tuulikuorma mallinnetaan sillan kannelle, pituussuuntaisena viivakuormana 0,5 kN/m, mallinnetulle pinnalle. Kuorman epäkeskisyys pystysuunnassa kannen keskilinjalta on 0,21m.



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 0,80 mm ja puristava normaalivoima N_x on 248 kN, josta puolet 124 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 3 mm. Kun huomioidaan viruma, saadaan vastaavasti lämpötilamuutos +/- 30°C ja pituudenmuutos 1,5 mm. Jousivoimalla 285824kN/m, palkin pään siirtymä on 0,75 mm ja puristava normaalivoima N_x on 245 kN, josta puolet 122 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

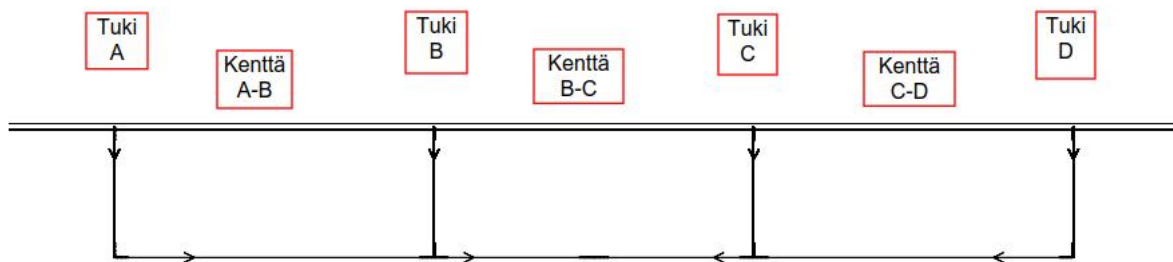
Taulukko 3. Yhdistelyjen verhoikäyrät.

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	-0.48
Pintakuorma, q _{fk}	-0.54
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}	-47.30
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	-0.16
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.00
Sivukuorma	-0.17
Jarrukuorma	0.00
Määrittävä kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	-47.90
Määrittävä kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-64.60
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:	-51.00
Momentti	Kenttä A-B
	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	15.23
Pintakuorma, qfk	28.95
Huoltoajoneuvo, Q.serv	86.35
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuunta	0.99
Tuulikuorma, F,wk	0.05
Sivukuorma	2.05
Jarrukuorma	1.04
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0.00
Liikennekuorman maanpaine	0.00
Maaraava kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	105.0
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	140.3
Momentti, My	Kenttä
	kNm
Omapaino	37.47
Pintakuorma, qfk	79.99
Huoltoajoneuvo, Q.serv	182.95
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuunta	0.15
Tuulikuorma, F,wk	0.01
Sivukuorma	0.46
Jarrukuorma	4.62
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0.00
Liikennekuorman maanpaine	0.00
Maaraava kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	225.5
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	300.8
Taivutusmomenttia My vastaavat rasitukset:	
Normaalivoima, N	
	Kenttä
	kN
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-132.0
Taivutusmomentti, Mz	
	Kenttä
	kNm
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	8.9
Onnettomuusyhdistely	
Leikkausvoima, Vz	
Tukivoima	Tuki
	kN
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	148.9
Momentti, My	Kenttä
	kNm
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	356.9

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]	y ₀	g	e _x [m]	e _y [m]
Omapaino				58.90		30.33		1.00	1,25/0,9	0.52	
Perustukset				370.71		-101.57		1.00	1,25/0,9	-0.27	
Pintakuorma, q _{fk}											
R _{max}				123.40		63.55		1/0,4	0/1,35	0.52	
M _{max}				43.80	70.53	22.56	1.15	1/0,4	0/1,35	0.52	1.61
R _{min}											
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}											
R _{max}		1.10	138.90	242.09	71.53	4.05	1.00	0/1,35		0.52	1.74
M _{max}		1.10	138.90	242.09	71.53	4.05	1.00	0/1,35		0.52	1.74
R _{min}											
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan			10.30		4.47		17.44	0.30	1.50		
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	5.30			0.20		0.10		0.30	1.50	0.52	
Sivukuorma			23.10		10.01		25.98	1/0,4	1.50		
Jarrukuorma	96.00			4.20		2.16		1/0,4	1.50	0.52	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma								1/0,6	1.50		
Liikennekuorman maanpaine	39.60							0.40	1.50		

KRT_1a										
Kuorma		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			58.90		30.33		0.52		
Perustukset	1.00			370.71		-101.57		-0.27		
Pintakuorma, q _{fk}	1.00									
R _{max}				123.40		63.55		0.52		
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	0.30		3.09		1.34		5.23			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.30	1.59		0.06		0.03		0.52		
Sivukuorma	1.00		23.10		10.01		25.98			
Jarrukuorma	1.00	96.00		4.20		2.16		0.52		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

MRT_1										
Kuorma		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			73.63		37.92		0.52		
Perustukset	1.25			463.39		-126.97		-0.27		
Pintakuorma, q _{fk}	1.35									
R _{max}				166.59		85.79		0.52		
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	1.50		4.64		2.01		7.85			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	1.50	2.39		0.09		0.05		0.52		
Sivukuorma	1.35		31.19		13.51		35.07			
Jarrukuorma	1.35	129.60		5.67		2.92		0.52		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

KRT_2a										
Kuorma		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			58.90		30.33		0.52		
Perustukset	1.00			370.71		-101.57		-0.27		
Pintakuorma, q _{fk}										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}	1.00		1.10	138.90	242.09	71.53	4.05	0.52	1.74	
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	0.30		3.09		1.34		5.23			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.30	1.59		0.06		0.03		0.52		
Sivukuorma	1.00		23.10		10.01		25.98			
Jarrukuorma	1.00	96.00		4.20		2.16		0.52		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

MRT_2										
Kuorma		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			73.63		37.92		0.52		
Perustukset	1.25			463.39		-126.97		-0.27		
Pintakuorma, q _{fk}										
R _{max}										
M _{max}										
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}										
M _{max}	1.35		1.49	187.52	326.82	96.57	5.47	0.52	1.74	
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	1.50		4.64		2.01		7.85			
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	1.50	2.39		0.09		0.05		0.52		
Sivukuorma	1.35		31.19		13.51		35.07			
Jarrukuorma	1.35	129.60		5.67		2.92		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]	y ₀	g	e _x [m]	e _y [m]
Omapaino			58.90		24.44		1.00	1,25/0,9	0.42	
Perustukset			370.71		-81.19		1.00	1,25/0,9	-0.22	
Pintakuorma, q _{fk}										
R _{max}			123.40		51.21		1/0,4	0/1,35	0.42	
M _{max}			43.80	70.53	18.18	1.15	1/0,4	0/1,35	0.42	1.61
R _{min}										
Huoltoajoneuvo, Q _{serv}										
R _{max}	1.10	138.90	242.09	57.64	4.05	1.00	0/1,35	0.42	1.74	
M _{max}	1.10	138.90	242.09	57.64	4.05	1.00	0/1,35	0.42	1.74	
R _{min}										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan		10.30		4.47		17.44	0.30	1.50		
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	5.30		0.20		0.08		0.30	1.50	0.42	
Sivukuorma		23.10		10.01		25.98	1/0,4	1.50		
Jarrukuorma	96.00		4.20		1.74		1/0,4	1.50	0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma							1/0,6	1.50		
Liikennekuorman maanpaine	39.60						0.40	1.50		

KRT_1a										
Kuorma			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	e _x	e _y
	y _o		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.00				58.90		24.44		0.42	
Perustukset	1.00				370.71		-81.19		-0.22	
Pintakuorma, q/fk										
Rmax	1.00				123.40		51.21		0.42	
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	0.30			3.09		1.34		5.23		
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.30	1.59			0.06		0.02		0.42	
Sivukuorma	1.00			23.10		10.01		25.98		
Jarrukuorma	1.00	96.00			4.20		1.74		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

MRT_1										
Kuorma			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	e _x	e _y
	g		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.25				73.63		30.55		0.42	
Perustukset	1.25				463.39		-101.48		-0.22	
Pintakuorma, q/fk										
Rmax	1.35				166.59		69.13		0.42	
Mmax										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	1.50		4.64			2.01		7.85		
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	1.50	2.39		0.09		0.04		0.42		
Sivukuorma	1.35	31.19			13.51		35.07			
Jarrukuorma	1.35	129.60		5.67		2.35		0.42		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

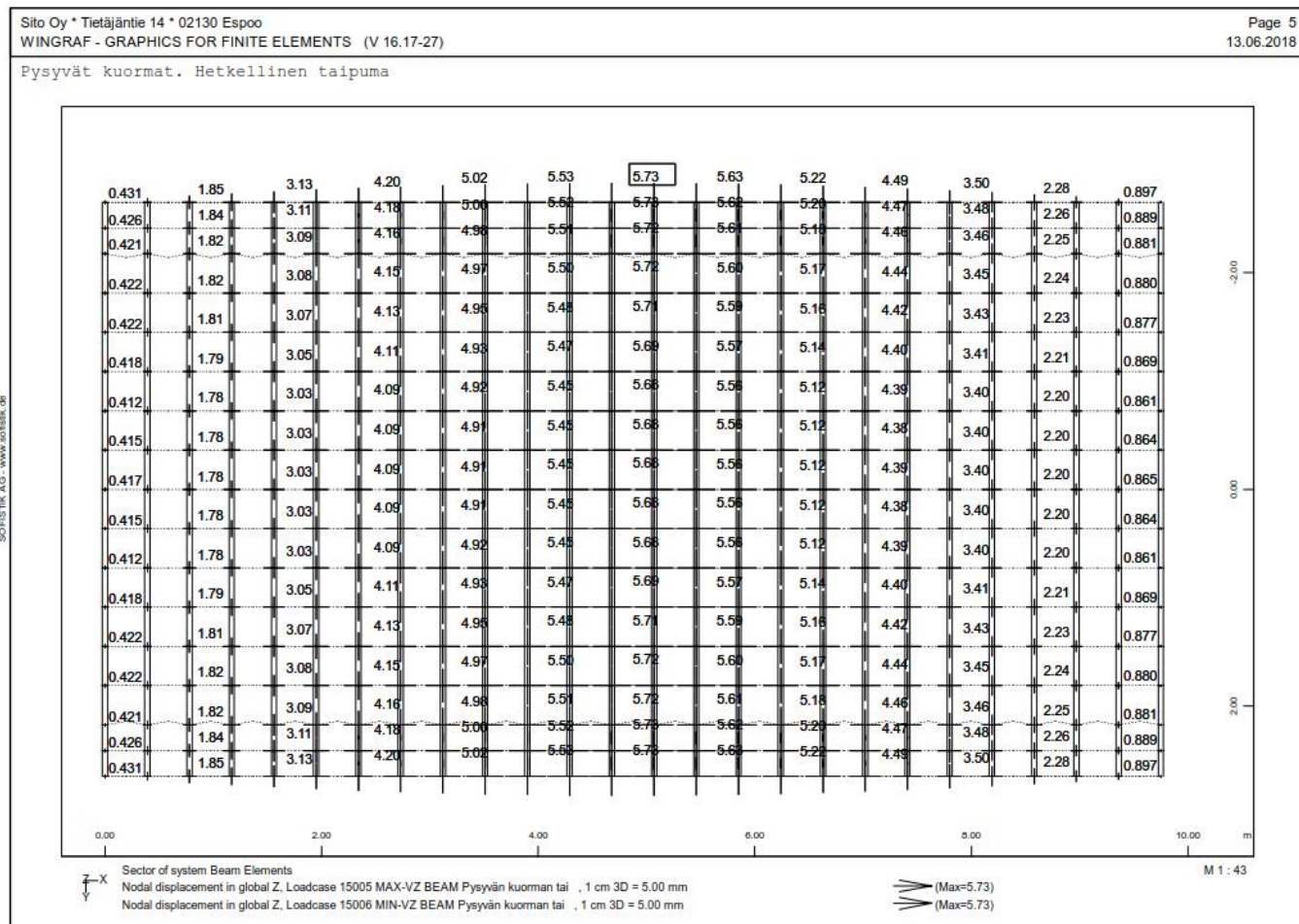
KRT_2a										
Kuorma			F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	e _x	e _y
	y _o		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.00				58.90		24.44		0.42	
Perustukset	1.00				370.71		-81.19		-0.22	
Pintakuorma, q/fk										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax	1.00		1.10	138.90	242.09	57.64	4.05	0.42	1.74	
Rmin										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	0.30			3.09		1.34		5.23		
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	0.30	1.59			0.06		0.02		0.42	
Sivukuorma	1.00			23.10		10.01		25.98		
Jarrukuorma	1.00	96.00			4.20		1.74		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	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
	g		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.25				73.63		30.55		0.42	
Perustukset	1.25				463.39		-101.48		-0.22	
Pintakuorma, q/fk										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax	1.35	1.49	187.52	326.82	77.82	5.47	0.42	1.74		
Rmin										
Tuulikuorma, F _{wk} , poikkisuuntaan	1.50		4.64			2.01		7.85		
Tuulikuorma, F _{wk} , pituussuuntaan	1.50	2.39		0.09		0.04		0.42		
Sivukuorma	1.35	31.19			13.51		35.07			
Jarrukuorma	1.35	129.60		5.67		2.35		0.42		
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

A.5.4.4 Taipumat

Taipumat käyttörajatiloissa.

Taipumat. Pysyvän kuorman lopputilan taipuma.



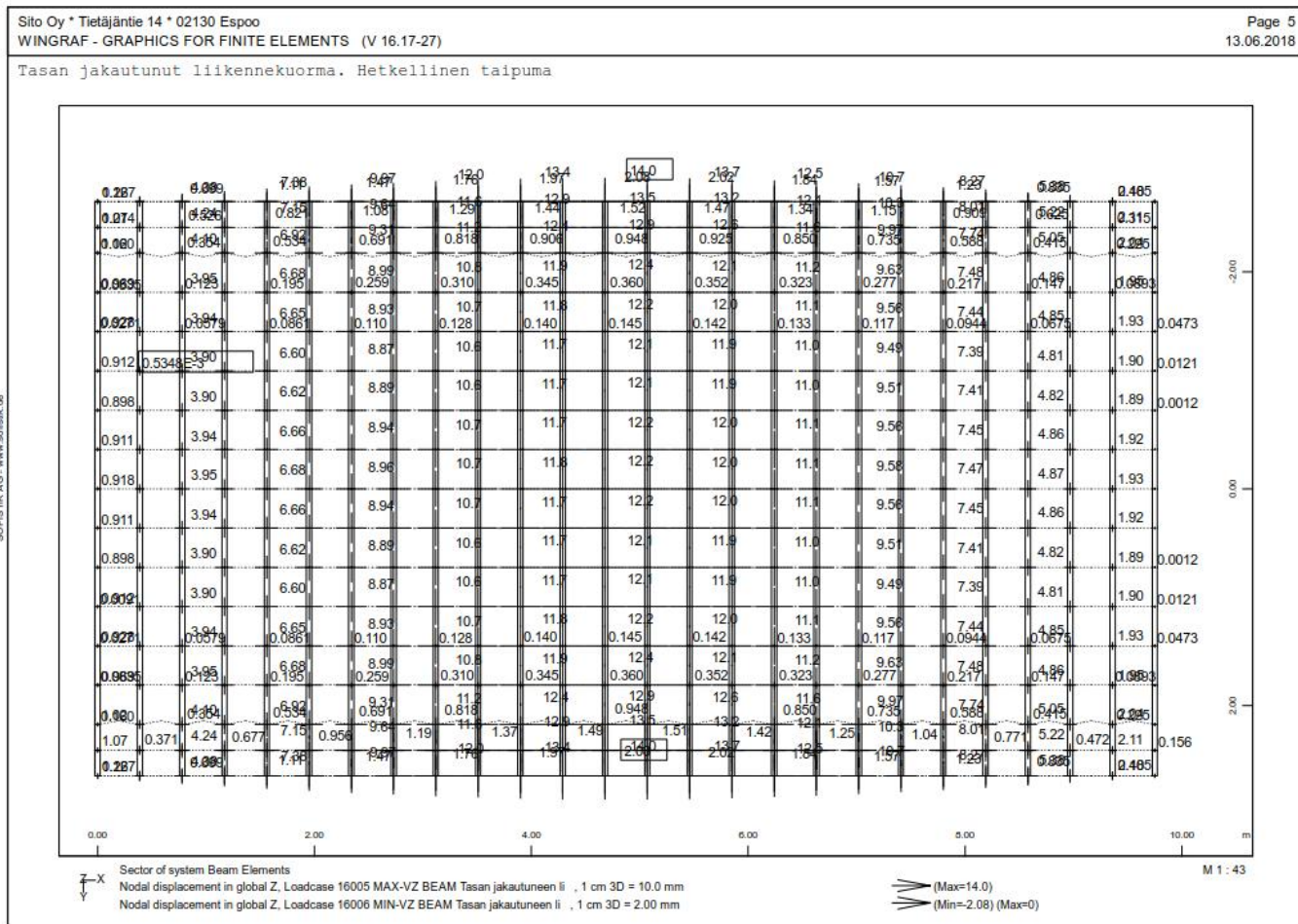
Taipumat z-suuntaan: Loadcase 15005 MAX-Vz BEAM maksimi taipuma 5,7 mm

Loppumuodonmuutoksen kuormakohtainen lauseke pysyvälle kuormalle NCCI5 2.2.3 mukaan on

$$u_{fin.G} = u_{inst.G} * (1 + k_{def}) = 5,7 \text{ mm} * (1 + 2) = 17,1 \text{ mm}$$

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 14,0 mm

Tasaisesti jakautuneen liikennekuorman tavallisen arvon aiheuttama hetkellinen taipuma on

$$w_{\text{inst.gr1}} = 14,0 \text{ mm} * 0,4 = 5,6 \text{ mm}$$

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]	g[kN/m ³]	kpl	KN		
Kansi	5.30	0.15	10.00	6.00	1.00	47.70		
Pintarakenne	5.00	0.05	10.00	6.00	1.00	15.00		
Palkki	0.19	0.72	10.00	6.00	4.00	32.83		
Kiepahdustuki	0.14	0.68	4.31	6.00	1.00	2.44		
Kaiteet ja törmäyspalkki			10.00	1.00	2.00	20.00		
Yhteensä:						117.98		
Fem:						118.90		
ero						0.78%		
Tukireaktiot							Fem:	ero
	F [kN/m]		L [m]			[kN]		
Tuulikuorma poikkisuuntaan -Y	2.1		10			21	21	0.00%
Tuulikuorma poikkisuuntaan +Y	2.1		10			21	21	0.00%
Tuulikuorma pituussuuntaan -X	0.525		10			5.25	5.3	0.94%
Tuulikuorma pituussuuntaan +X	0.525		10			5.25	5.3	0.94%
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	39.6					39.6	39.6	0.00%
Liikenteen maanpaine +X	39.6					39.6	39.6	0.00%
	b [m]		L [m]	g[kN/m ²]		[kN]		
Ruuhkakuorma	5		10	5		250	250.2	0.08%
Akselikuorma huoltoajoneuvo	160					160	160	0.00%
Onnettomuus telikuorma	260					260	260.1	0.04%

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	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ * g	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
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_1a_max					
KRT:	366,00		366,00				
Määrävä 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	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ * g	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
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_1a_min					
KRT:	87,12		87,12				
Määrävä 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	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ *g	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
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	3,13		3,11				
Määrävä 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	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ *g	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
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-0,50		-0,50				
Määrävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_min						MRT_2_min
MRT:	-0,67						-0,67
Ero Fem:iin			-0,40 %				0,00 %

Kiepahdustuki elementti 1, x = 0mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ *g	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 = 0mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ *g	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 = 0mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ * g	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
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	21,64		21,63				
Määrävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_max						MRT_2_max
MRT:	30,69						30,69
Ero Fem:iin			-0,04 %				-0,01 %
Kiepahdustuki elementti 1, x = 0mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ * g	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
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-12,32		-12,32				
Määrävä 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	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ *g	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	y ₀	kNm	y ₀	g	y ₀ *g	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

$$M_d := 15.3 \text{ kNm}$$

leikkausvoima

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

tukivoima

$$F_d := V_d \cdot 0.9 \text{ kN} \quad F_d = 63.7 \text{ kN}$$

Kannen taivutusvastus:

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

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

Taivutusjännitys:

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

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

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

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

Leikkausjännitys:

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

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

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

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

Leimapaine:

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{eff} \cdot b_{palkki}} = 859.225 \frac{kN}{m^2}$$

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

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

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{c.90.d}}{f_{c.90.d}} = 31.823\%$$

A6.1.1.2 Liimapuupalkin mitoitus:

Palkkien rasitukset: Murtorajatila MRT

taivutusmomentti

$$M_d := 300.8 \text{ kNm}$$

$$M_{d,z} := 8.9 \text{ kNm}$$

normaalivoima

$$N_d := 132 \text{ kN}$$

leikkausvoima

$$V_d := 140.3 \text{ kN}$$

tukivoima

$$F_d := 140.3 \text{ kN}$$

Palkin jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 5.812 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Palkin taivutusvastus:

$$W_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.016 \text{ m}^3$$

Taivutusjännitys: kiepahdus huomioitu

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

palkin tehollinen pituus:

NCCI 5: taulukko 7

$$l_{\text{ef}} := 0.5 \cdot L_{\text{palkki}} + 2 \cdot h_{\text{palkki}} = 6.432 \text{ m}$$

kriittinen taivutusjännitys:

$$c := 0.71$$

0.78 on havupuusahatavaralle ja siitä valmistetulle 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

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c_b^2 \cdot b_{palkki}^2}{h_{palkki} \cdot I_{ef}} \cdot E_{0.05} = 6.011 \cdot 10^4 \times \frac{kN}{m^2}$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 0.706$$

kiepahduskerroin:

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

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_d}{W_{palkki}} = 1.853 \cdot 10^4 \times \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{m.z.d} := \frac{M_{d.z}}{W_{palkki}} = 548.229 \times \frac{kN}{m^2}$$

$$k_{crit} \cdot f_{m.d} = 2.25 \cdot 10^4 \times \frac{kN}{m^2}$$

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

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{m.y.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} = 82.351\%$$

Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus:

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

puristusjännitys:

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{h_{palkki} \cdot b_{palkki}} = 970.303 \times \frac{kN}{m^2}$$

nurjahduspituus:

$$L_c := l_{ef} = 6.432 \text{ m}$$

jäyhyysäde:

$$i_y := \sqrt{\frac{I_{\text{palkki}}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.207 \text{ m}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{\frac{h_{\text{palkki}}^3 \cdot b_{\text{palkki}}}{12}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.055 \text{ m}$$

hoikkuus:

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 31.119$$

$$\lambda_z := \frac{L_c}{i_z} = 117.269$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.y}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 0.477$$

$$\lambda_{\text{rel.z}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.796$$

nurjahduskerroin:

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

$$k_y := 0.5 \times \frac{1}{\beta_c} + \beta_c (\lambda_{\text{rel.y}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.y}}^2 = 0.622$$

$$k_z := 0.5 \times \frac{1}{\beta_c} + \beta_c (\lambda_{\text{rel.z}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.z}}^2 = 2.187$$

$$k_{c.y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel.y}}^2}} = 0.978$$

$$k_{c.z} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel.z}}^2}} = 0.291$$

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

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

$$k_m \times \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \times f_{c.0.d}} = 0.892$$

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

Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys: kiepahdus ja nurjahdus

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

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} \times \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \times f_{c.0.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \times f_{c.0.d}} = 0.856$$

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

Taivutetun ja puristetun palkin kestävyys: taivutus ja puristus

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

$$\frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \times \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 0.601$$

$$k_m \times \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 0.842$$

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

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:

$$b_{\text{ef.palkki}} := k_{cr} b_{\text{palkki}} = 0.127 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d} := \frac{3V_d}{2(b_{\text{ef.palkki}} b_{\text{palkki}})} = 2.309 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

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

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = 87.959\%$$

Leimapaine:

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

tehollinen kosketuspinnan pituus:

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

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

$$b_{ef} := \min(b_{palkki}, b_{laakeri} + 2x_k) = 0.19 \text{ m}$$

tukipainekerroin:

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

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{l_{ef} b_{ef}} = 2.051 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

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

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.90} f_{c.90.d}} = 44.688\%$$

Taipuma:

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

$$u_{\text{inst.G}} := 5.7 \text{ mm}$$

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

$$u_{\text{fin.G}} := u_{\text{inst.G}} (1 + k_{\text{def}}) = 17.1 \text{ mm}$$

pysyvä optinen korotus

$$w_{\text{c.opt}} := 19 \text{ mm}$$

esikorotus

$$w_{\text{c}} := u_{\text{fin.G}} + w_{\text{c.opt}} = 36.1 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \text{valitaan esikorotuksen arvoksi 35 mm}$$

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.

$$w_{\text{inst.gr1}} := 14 \text{ mm} \cdot 0.4 = 5.6 \text{ mm}$$

$$\frac{L_{\text{palkki}}}{w_{\text{inst.gr1}}} = 1786$$

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

Värähtely:

SFS-EN 1995-2: 7.3

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

$$g_{\text{palkki}} := \gamma_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}} = 0.816 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{massa}} := \frac{(g_{\text{kansi}} + g_{\text{palkki}} \cdot l_{\text{palkki}})}{g} = 1.043 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

alin ominaistajuus:

$$f_1 := \frac{\pi}{2 \times l_{\text{palkki}}} \times \sqrt{\frac{1.2 \times E_{0.\text{mean}} \times \frac{b_{\text{palkki}} \times h_{\text{palkki}}^3}{12} \times l_{\text{km}}}{m_{\text{massa}}}} = 9.264 \text{ Hz}$$

$$\frac{5 \text{ Hz}}{f_1} = 0.54$$

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

A.6.1.1.3 Kiepahdustuen mitoitus:

Murtotilan rasitukset:

$$V_{d,z} := 21.9 \text{ kN} \quad V_{d,y} := 0.2 \text{ kN}$$

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:

$$b_{\text{ef.palkki}} := k_{\text{cr}} \times b_{\text{palkki}} = 0.094 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d,z} := \frac{3 V_{d,z}}{2 (b_{\text{ef.palkki}} \times h_{\text{palkki}})} = 518.834 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

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

$$\text{käyttöaste}_z := \frac{\tau_{v,d,z}}{f_{v,d}} = 19.765 \%$$

$$\tau_{v.d.y} := \frac{3V_{d.y}}{2(b_{ef.palkki} \cdot h_{kpalkki})} = 4.738 \frac{kN}{m^2}$$

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

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

$$käyttöaste_y := \frac{\tau_{v.d.y}}{f_{v.d}} = 0.181 \%$$

kahteen suuntaan rasitetun rakenteen käyttöasteiden summaus

$$käyttöaste := käyttöaste_z + käyttöaste_y = 19.946 \%$$

Lankkujen rasitukset: Onnettomuusrajatila Ad

$$M_{Ad} := 12.7 \text{ kNm}$$

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

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

Kannen taivutusvastus:

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

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

Taivutusjännitys:

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

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

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

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

Palkkien rasitukset: Onnettomuusrajatila Ad

$$M_{Ad} := 356.9 \text{ kNm} \quad N_d := 3.4 \text{ kN}$$

$$V_{Ad} := 148.9 \text{ kN}$$

$$F_{Ad} := 148.9 \text{ kN}$$

Palkin jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 5.812 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Palkin taivutusvastus:

$$W_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.016 \text{ m}^3$$

Taivutusjännitys: kiepahdus huomioitu

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

palkin tehollinen pituus:

NCCI 5: taulukko 7

$$l_{\text{ef}} := 0.5 \cdot L_{\text{palkki}} + 2 \cdot h_{\text{palkki}} = 6.432 \text{ m}$$

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

$$\sigma_{\text{m.crit}} := \frac{c \cdot b_{\text{palkki}}^2}{h_{\text{palkki}} \cdot l_{\text{ef}}} \cdot E_{0.05} = 6.011 \cdot 10^4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.m}} := \sqrt{\frac{f_{\text{m.k}}}{\sigma_{\text{m.crit}}}} = 0.706$$

kiepahduskerroin:

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

$$\sigma_{\text{m.y.Ad}} := \frac{M_{\text{Ad}}}{W_{\text{palkki}}} = 2.198 \cdot 10^4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{\text{crit}} \sigma_{\text{m.d}} = 2.25 \cdot 10^4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{k_{\text{crit}} \sigma_{\text{m.Ad}}} = 97.709\%$$

Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus:

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

puristusjännitys:

$$\sigma_{\text{c.0.d}} := \frac{N_{\text{d}}}{h_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}}} = 24.993 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

nurjahduspituus:

$$L_{\text{c}} := l_{\text{ef}} = 6.432 \text{ m}$$

jäyhyssäde:

$$i_{\text{y}} := \sqrt{\frac{I_{\text{palkki}}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.207 \text{ m}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{\frac{h_{\text{palkki}}^3 \cdot b_{\text{palkki}}}{12}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.055 \text{ m}$$

hoikkuus:

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 31.119$$

$$\lambda_z := \frac{L_c}{i_z} = 117.269$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.y}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 0.477$$

$$\lambda_{\text{rel.z}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.796$$

nurjahduskerroin:

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

$$k_y := 0.5 \times \frac{f_{t.0.k}}{E_{0.05}} + \beta_c (\lambda_{\text{rel.y}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.y}}^2 \times \frac{f_{t.0.k}}{E_{0.05}} = 0.622$$

$$k_z := 0.5 \times \frac{f_{t.0.k}}{E_{0.05}} + \beta_c (\lambda_{\text{rel.z}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.z}}^2 \times \frac{f_{t.0.k}}{E_{0.05}} = 2.187$$

$$k_{c.y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel.y}}^2}} = 0.978$$

$$k_{c.z} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel.z}}^2}} = 0.291$$

Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys: taivutus ja nurjahdus

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

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

$$k_m \times \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \times f_{c.0.d}} = 0.689$$

$$\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \times f_{c.0.d}} = 0.978$$

$$\begin{aligned} \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } k_m \times \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \times f_{c.0.d}} \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \times f_{c.0.d}} \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys: kiepahdus ja nurjahdus

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

$$\frac{\sigma_{m.y.Ad} \ddot{\sigma}}{\zeta_{e^{k_{crit}}} \times f_{m.d} \varnothing} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \times f_{c.0.d}} = 0.959$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{m.y.Ad} \ddot{\sigma}}{\zeta_{e^{k_{crit}}} \times f_{m.d} \varnothing} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \times f_{c.0.d}} \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Taivutetun ja puristetun palkin kestävyys: taivutus ja puristus

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

$$k_m \times \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d} \ddot{\sigma}}{\zeta_{e^{f_{c.0.d}}} \varnothing} = 0.684$$

$$\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d} \ddot{\sigma}}{\zeta_{e^{f_{c.0.d}}} \varnothing} = 0.977$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } k_m \times \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d} \ddot{\sigma}}{\zeta_{e^{f_{c.0.d}}} \varnothing} \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

ehto

:=

"Ok"

if

σ_{m.y.Ad}

f_{m.d}

æ

ö

c.0.d

÷

£ 1

æ

ö

c.0.d

÷

£ 1

c.0.d

÷

£ 1

= "Ok"

"Ehto ei täyty"

otherwise

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:

$$b_{ef,palkki} := k_{cr} \cdot b_{palkki} = 0.127 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d} := \frac{3 \cdot V_{Ad}}{2 \cdot (b_{ef,palkki} \cdot h_{palkki})} = 2.45 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

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

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

Leimapaine:

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

tehollinen kosketuspinnan pituus:

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

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

$$b_{ef} := \min(b_{palkki}, b_{laakeri} + 2 \cdot l_k) = 0.19 \text{ m}$$

tukipainekerroin:

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

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_{Ad}}{l_{ef} \cdot b_{ef}} = 2.177 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

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

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

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{c.90.Ad}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.Ad}} = 10.091\%$$

A.6.2 Alusrakenne

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

Rakennemallin jouset

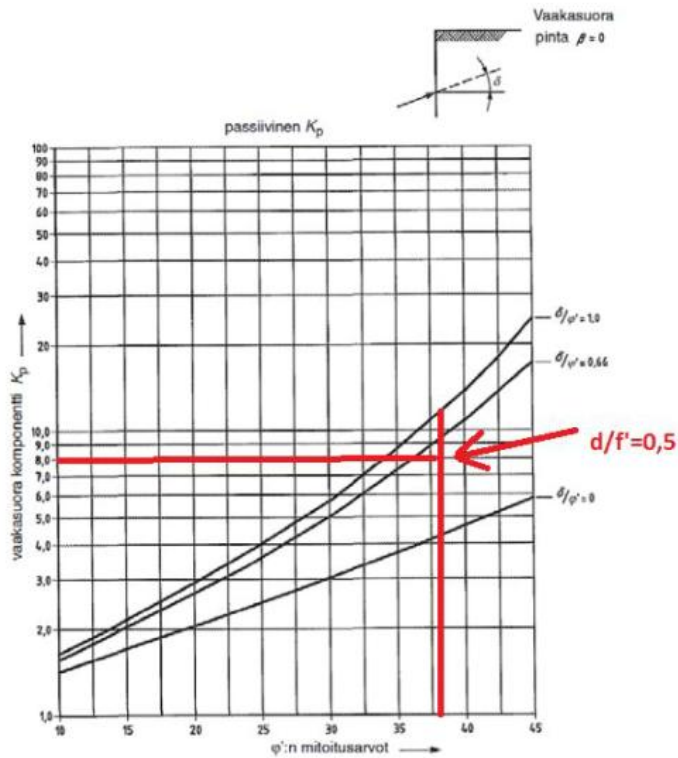
Taustatäytön ominaisuudet

Maan ominaispaino

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

Kitkakulma taustatäytössä
(murske)

$$\varphi := 38^\circ$$



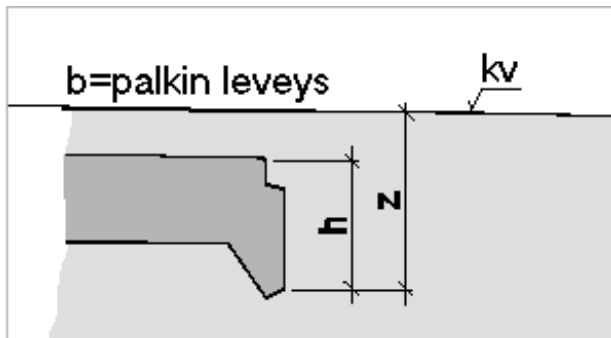
Kuva C.2.1 Kertoimet K_p passiiviselle maanpaineelle: tuettu pinta vaakasuora ($\beta = 0$)

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:

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

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

Puolet passiivipaineesta siirtymästä:

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

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

Kulmakertoimet:

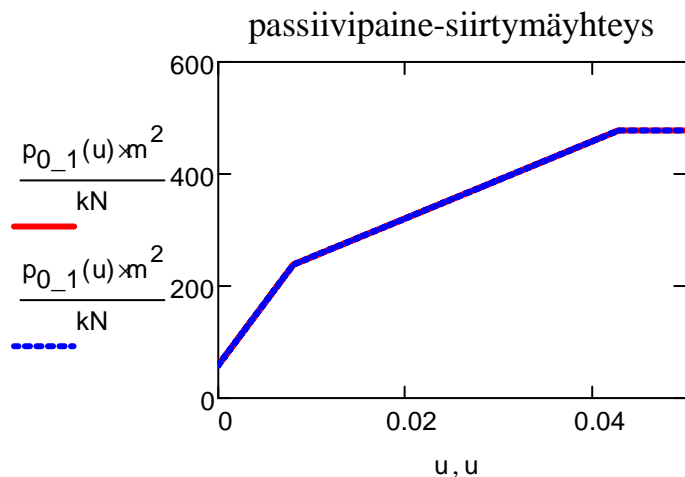
$$k_{0_1} := \frac{0.5 \times p_u}{y_{50}} = 22400 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$k_{1_u} := \frac{p_{50}}{y_u - \frac{p_u}{8 \times k_{0_1}}} = 6892 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Suorat:

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

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



FEM-mallin kuormat

Sillan mitoituksessa puskupalkin liike penkereessä vaikuttaa mitoitukseen
 - Suuret muodonmuutokset -> Yllä oleva kuva -> annetaan kuormina malliin
 - Pienet siirtymät -> lineaariset jouset mallissa -> kuorma siirtymän funktiona

SUURET MUODONMUUTOKSET

Pääpalkeille kosteudesta

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

$$y_{\Delta T} := \alpha_T \times \Delta T_{\text{kosteus.vir}} \times C \times \frac{L_{\text{palkki}}}{2} = 0.75 \text{ mm} < y_{\text{raja}} := y_{50} - \frac{p_u}{8k_{0_1}} = 8.02 \text{ mm}$$

$$p_{0_1}(y_{\Delta T}) = 76.65 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \frac{p_{0_1}(y_{\Delta T})}{p_u} = 16\%$$

Pääpalkkeja rasittaa n. 17 % passiivipaineen maksimista

$$F_{\Delta T} := p_{0_1}(y_{\Delta T}) \times h \times L_{\text{paatypalkki}} = 978 \text{ kN}$$

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:

$$\frac{F_{\Delta T}}{4} \times \frac{1}{2} = 122 \text{ kN}$$

Pääpalkeille lämpöliikkeestä

Oletetaan, että puukannen lämpöliike vastaa NCC11 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).

$$\Delta T := 32 \text{ C} \quad \alpha_T = 5.00 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

$$y_{\Delta T} := \alpha_T \times \Delta T \times \frac{L_{\text{palkki}}}{2} = 0.80 \times \text{mm} < y_{\text{raja}} = 8.02 \times \text{mm}$$

$$p_{0_1}(y_{\Delta T}) = 77.77 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \frac{p_{0_1}(y_{\Delta T})}{p_u} = 16\%$$

Pääpalkkeja rasittaa n. 18 % passiivipaineen maksimista

$$F_{\Delta T} := p_{0_1}(y_{\Delta T}) \times h \times L_{\text{paatypalkki}} = 992 \times \text{kN}$$

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).

Voima pääpalkille:

$$\frac{F_{\Delta T}}{4} \times \frac{1}{2} = 124 \times \text{kN}$$

PIENET SIIRTYMÄT

Kulmakertoimet:

Malliin:

$$k_{\text{jarru}} := \frac{p_u}{0.005z} = 33600 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$k_{\text{jarru}} \times h \times L_{\text{paatypalkki}} = 428736 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

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

A.7 VARUSTEET JA LAITTEET

Kumilevylaakereiden mitoitus standardin SFS-EN 1337-3 mukaan.

Viittaukset standardiin SFS-EN 1337-3.

Koska liimapuupalkit kiilataan päatypalkkien 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:

$$F_{z,d} := 105 \text{ kN}$$

Laakeri:

Kovuus:

$$\text{Shore} := 50$$

liukumoduuli G,g Kohta D2:

$$G_g := \begin{cases} 0.7 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 50 \\ 0.9 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 60 \\ 1.15 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 70 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} = 700 \times \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

paksuus

$$t := 10 \text{ mm}$$

pituus

$$a' := 300 \text{ mm}$$

leveys

$$b' := 190 \text{ mm}$$

$$A_0 := a' \times b' = 570 \times \text{cm}^2$$

$$l_p := 2 \times (a' + b') = 980 \times \text{mm}$$

tehollinen paksuus 5.3.3.1

$$t_e := 1.8 \times 10 = 18 \text{ mm}$$

muotokerroin kohta 5.3.3.1

$$S_0 := \frac{A_0}{l_p \times e}$$

keskimääräinen suunnittelupaine kohta 5.4.2

$$\sigma_{cd} := \frac{F_{z,d}}{A_0} \quad \sigma_{cd} = 1.842 \times \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$G_d := G_g$$

$$1.4 \times G_d \times S_0 = 3.167 \times \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$7 \times G_d = 4.9 \times \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{cd} \leq \min(1.4 \times G_d \times S_0, 7 \times G_d) \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{\min(1.4 \times G_d \times S_0, 7 \times G_d)} = 0.582$$

liukuma

$$\varepsilon_{q,d} := 0$$

kiertymä

$$\varepsilon_{\alpha,d} := 0$$

nurjautaminen kohta 5.4.4

$$t = 10 \text{ mm} < \frac{a'}{4} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } t \leq \frac{a'}{4} \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{t}{a'} = 0.133$$

Pystysuuntainen kokoonpuristuma kohta 5.3.3.7

$$E_b := 2000 \text{ MPa}$$

$$v_c := \frac{F_{z,d} \times e}{A_0} + \frac{1}{E_b} \times \frac{F_{z,d}}{A_0} = 0.907 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{c,d} := v_c$$

$$K_L := 1$$

maksimisuunnittelumuodonmuutos kohta 5.3.3

$$\varepsilon_{t,d} := K_L (\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{\alpha,d}) = 0.907 \text{ mm}$$

sallittu pystysuuntainen kokoonpuristuma

$$\gamma_m := 1$$

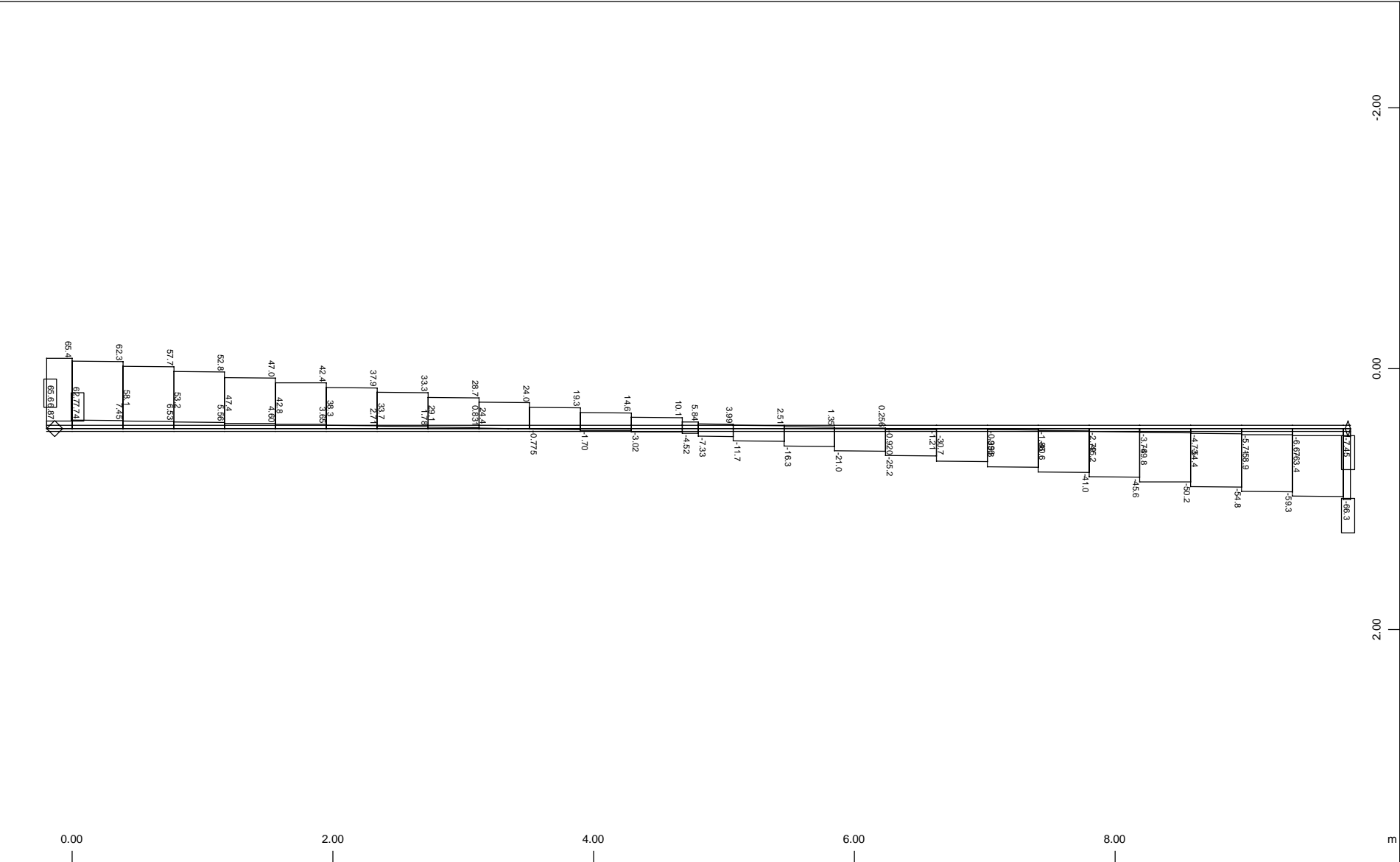
$$\varepsilon_{u,k} := 0.15 \times 10 = 1.5 \text{ mm} \quad \text{sallittu arvo 15 \% laakerin paksuudesta}$$

$$\varepsilon_{u,d} := \frac{\varepsilon_{u,k}}{\gamma_m} = 1.5 \text{ mm}$$

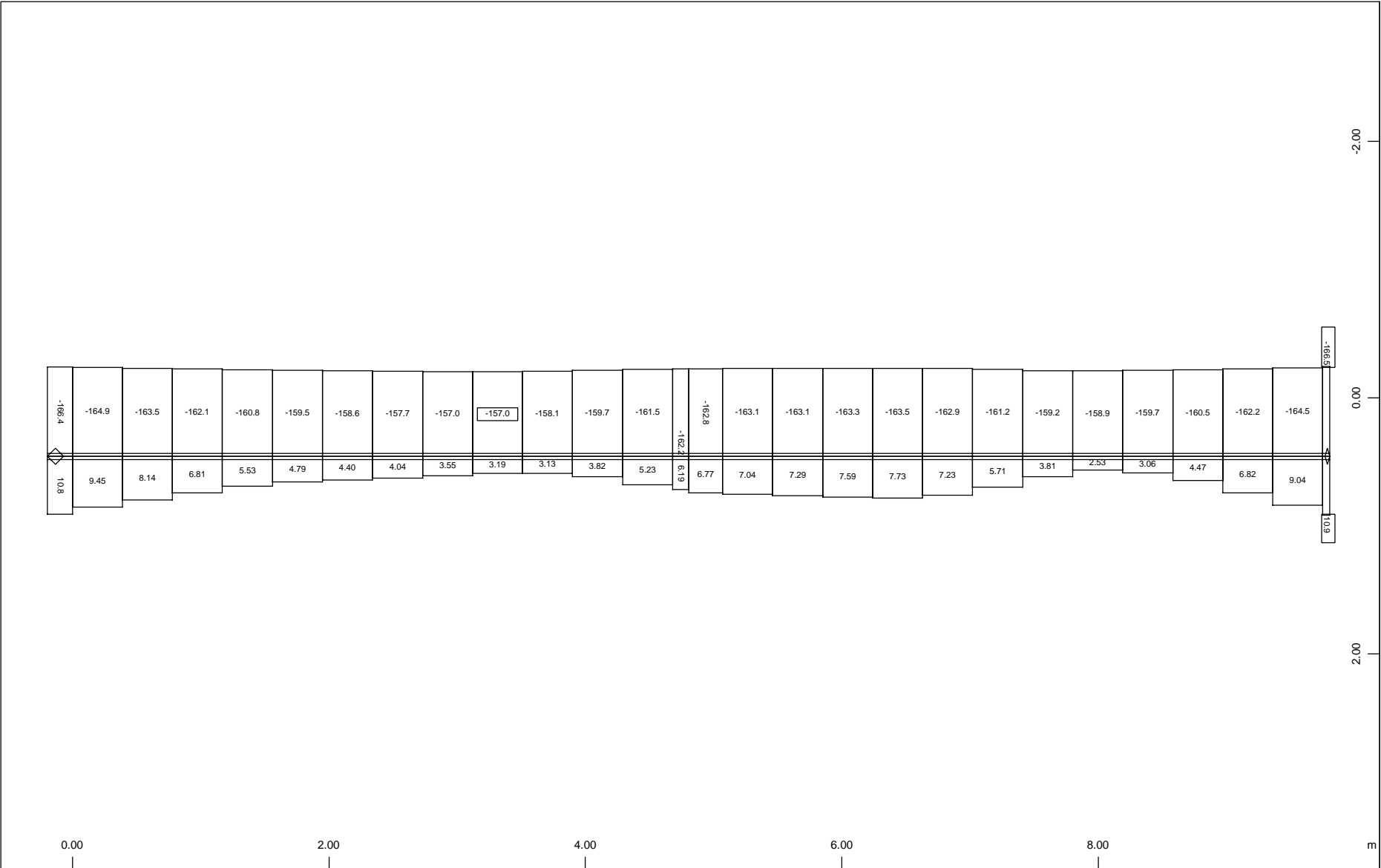
$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \varepsilon_{t,d} \leq \varepsilon_{u,d} \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{\varepsilon_{t,d}}{\varepsilon_{u,d}} = 0.605$$

MRT_1. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Normaalivoima: Nx

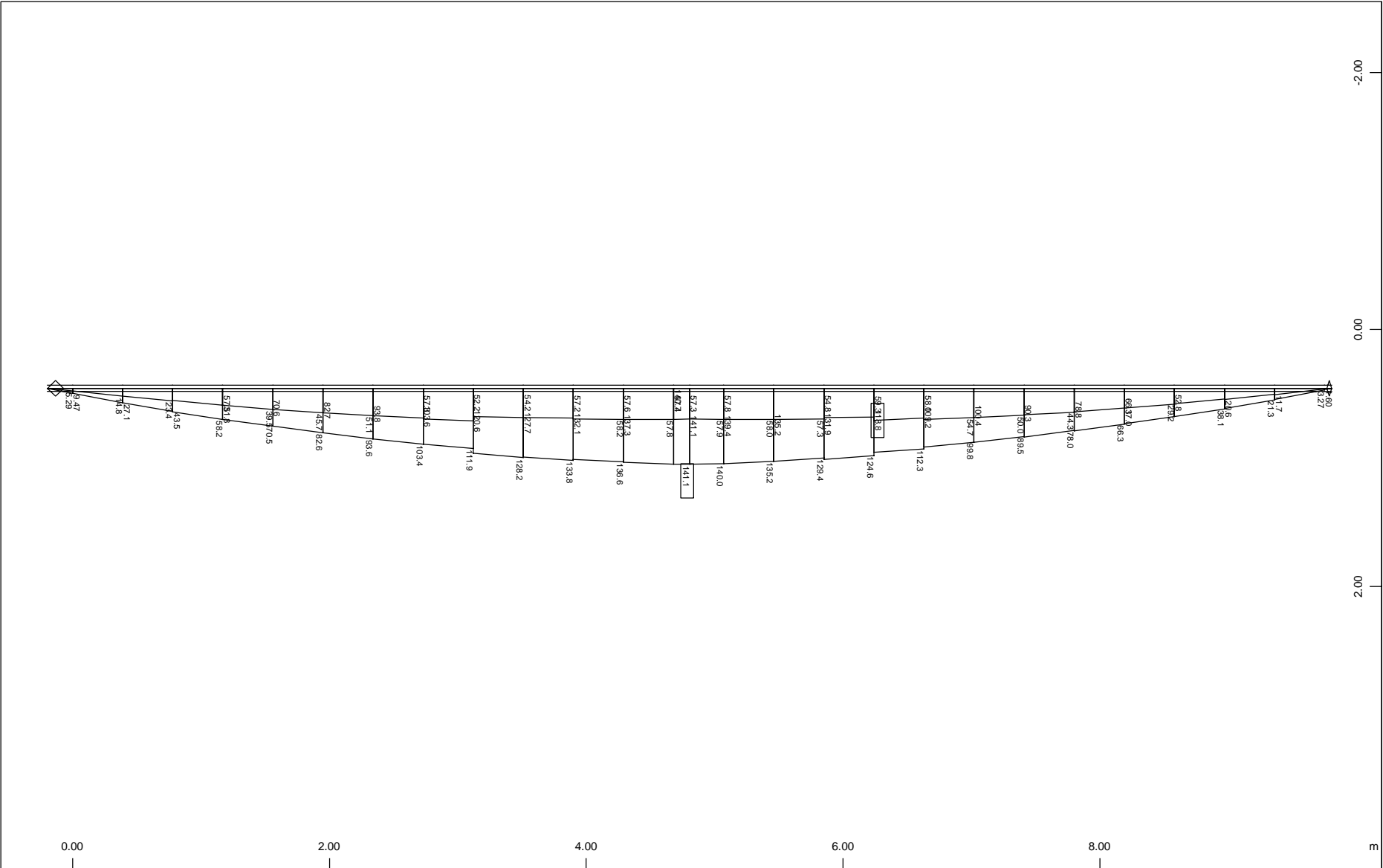


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=10.9)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-166.5) (Max=-157.0)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

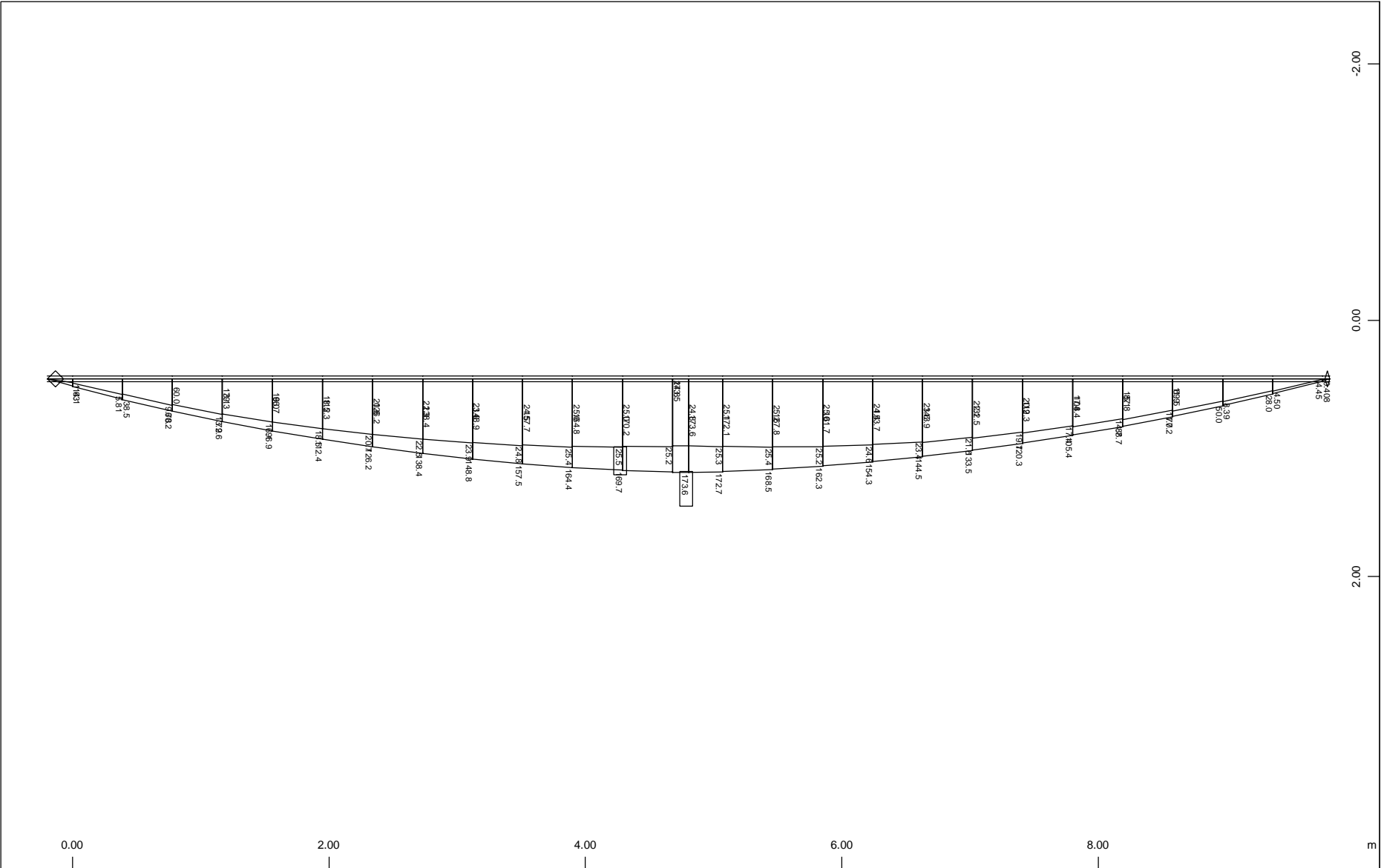


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=118.8)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=141.1)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

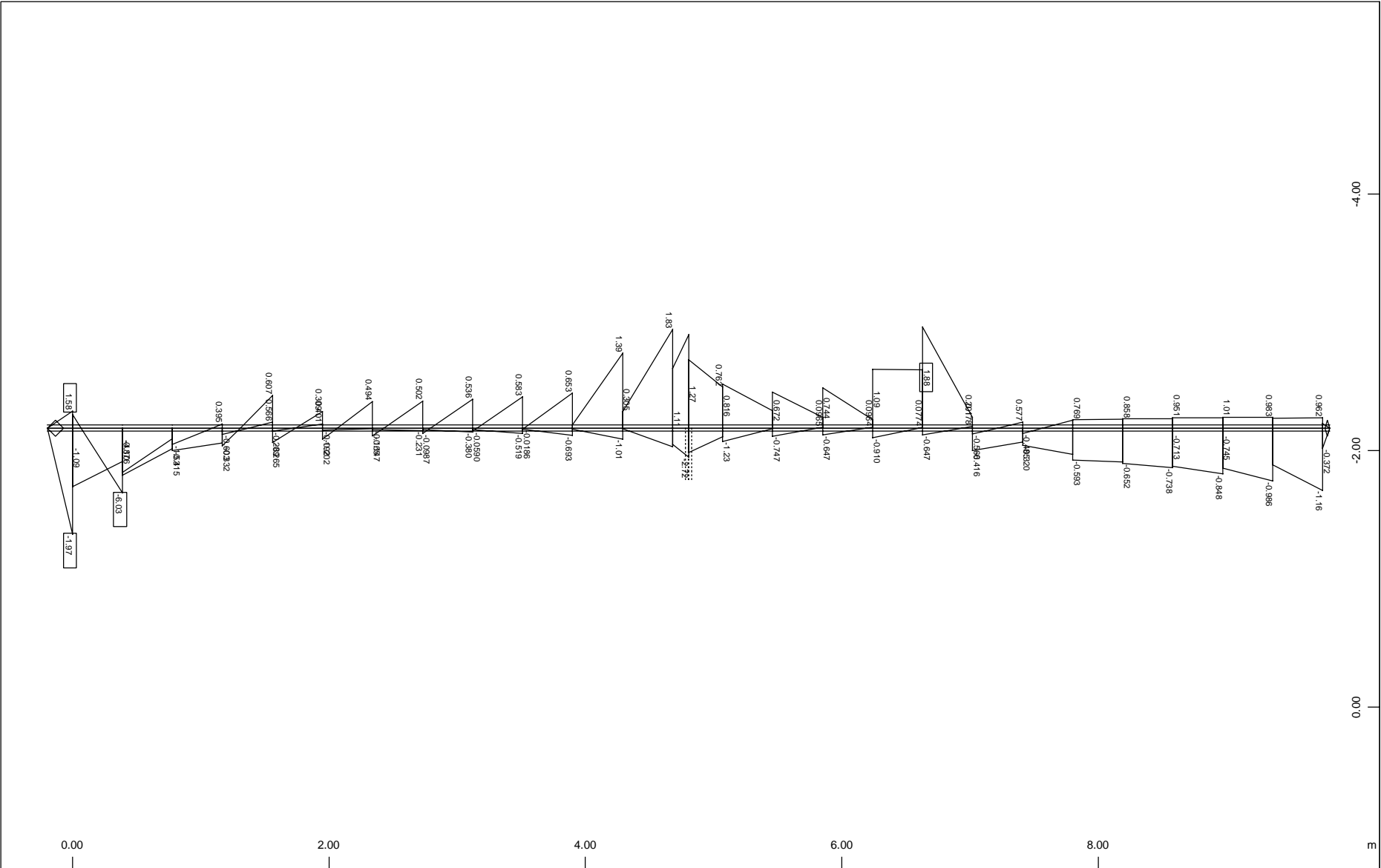


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=173.6)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=25.5)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

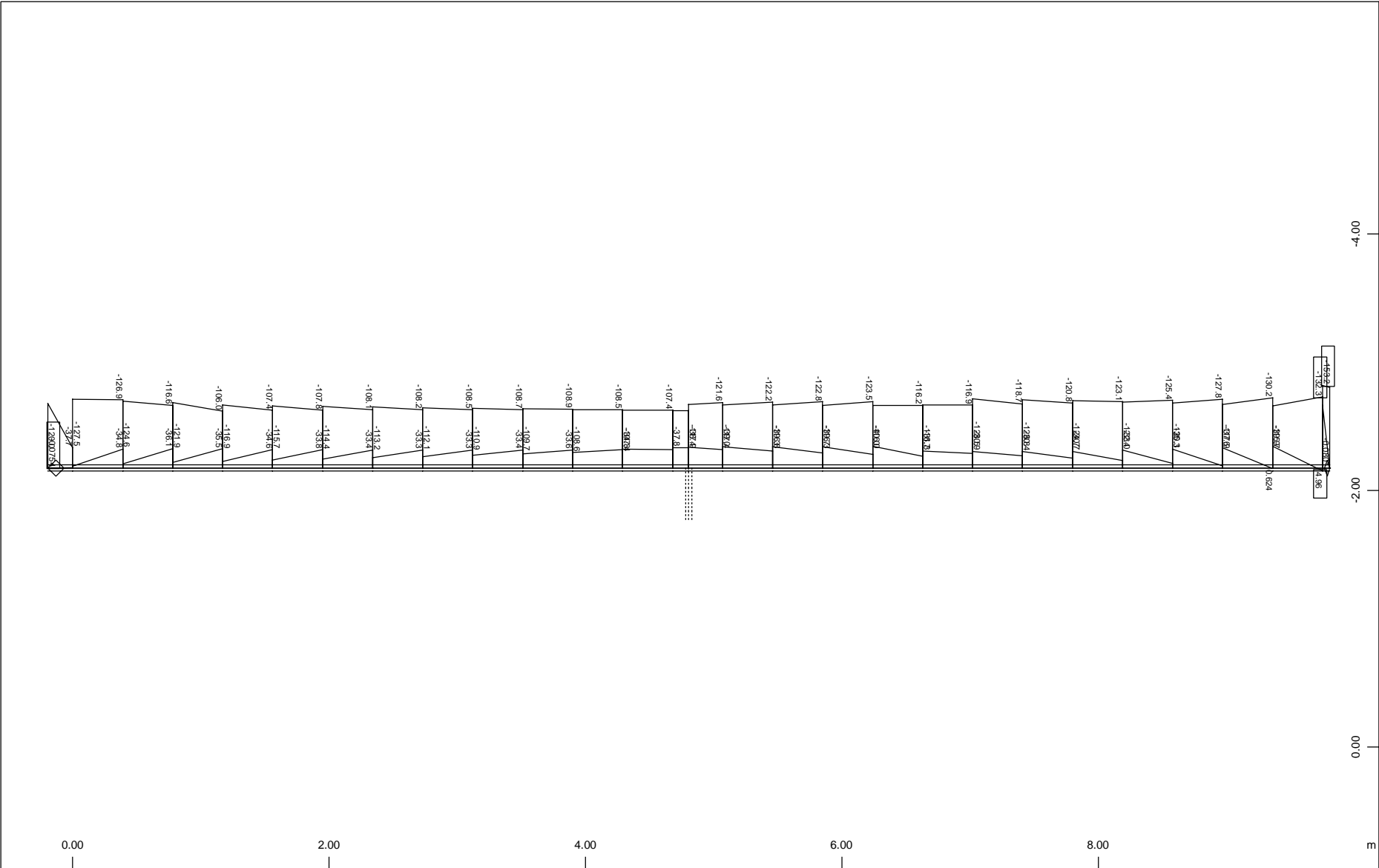


Z-X
Y

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=-6.03) (Max=1.58)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.97) (Max=1.88)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx



X
Y

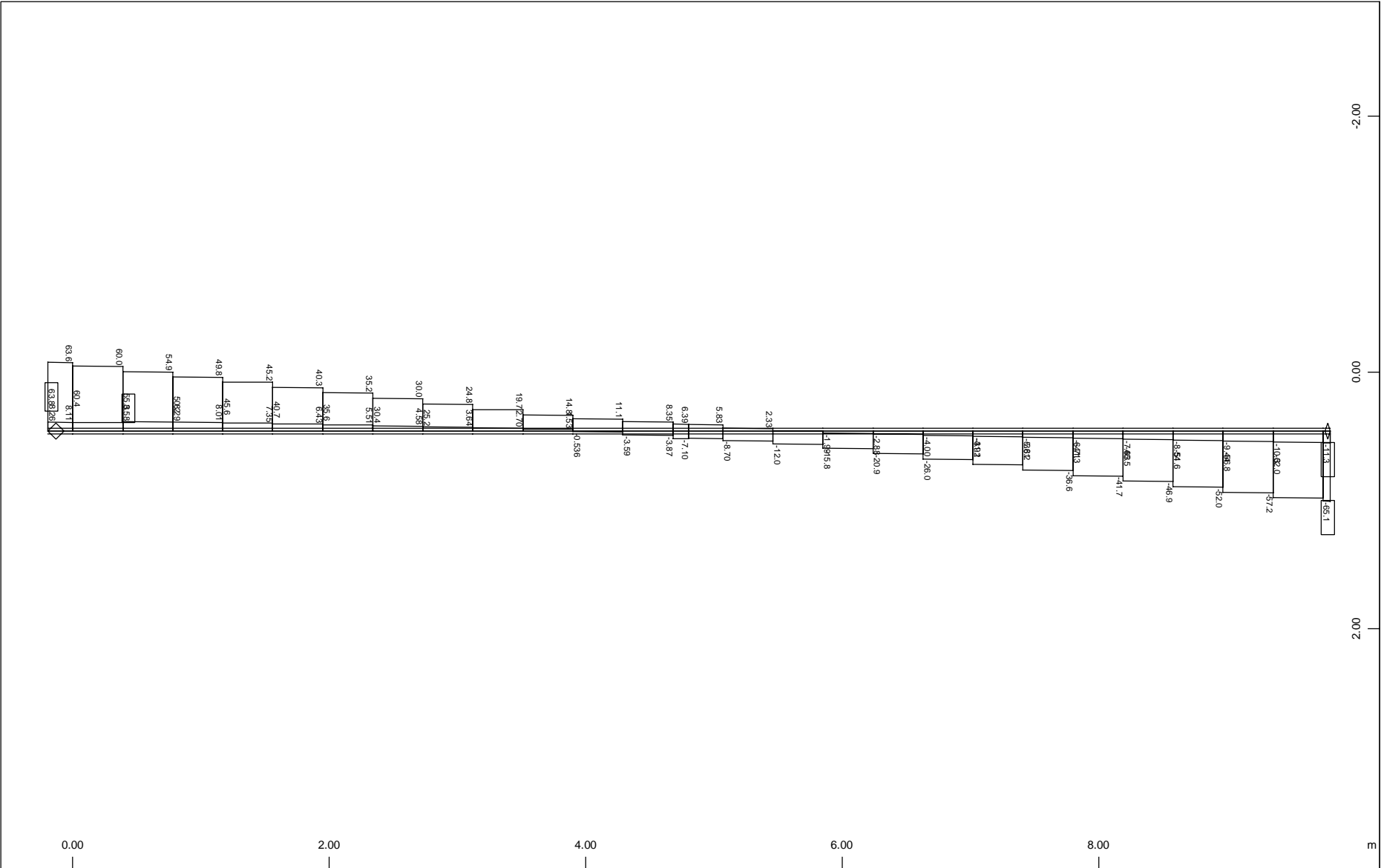
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-153.2) (Max=4.96)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-132.3) (Max=-0.0754)

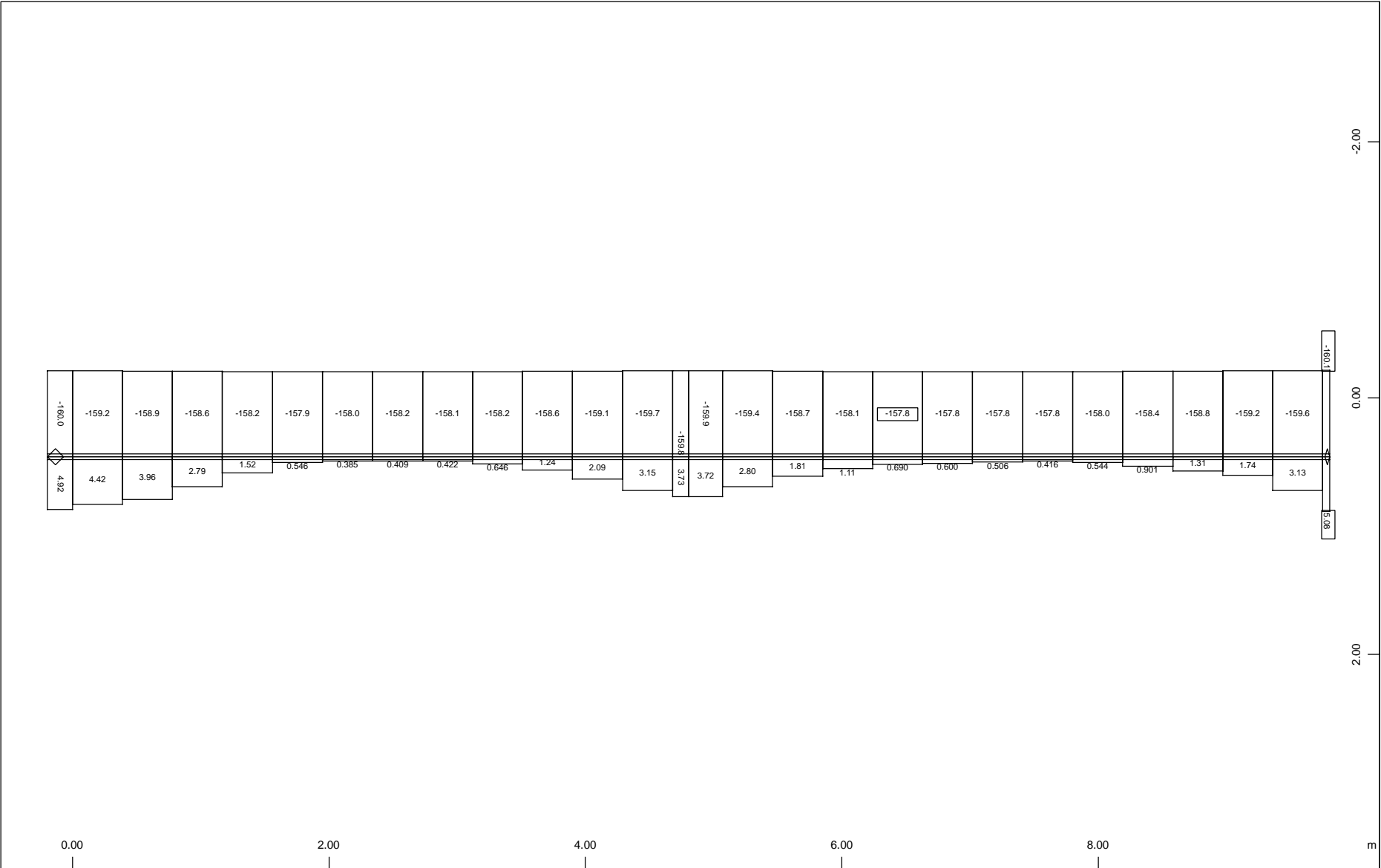
M 1 : 42

MRT_1. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz



M 1 : 42

Normaalivoima: Nx

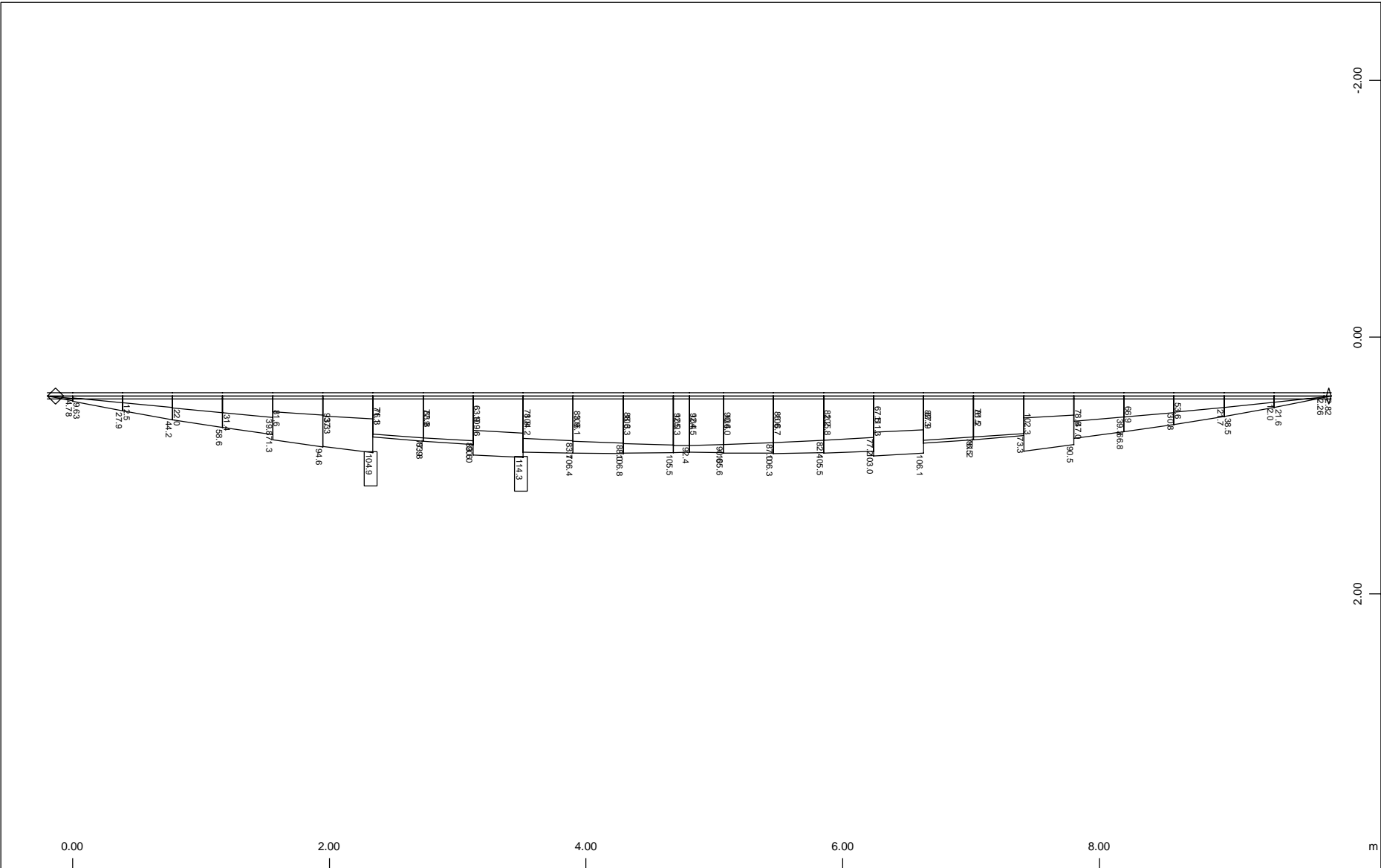


X
Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=5.08)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-160.1) (Max=-157.8)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

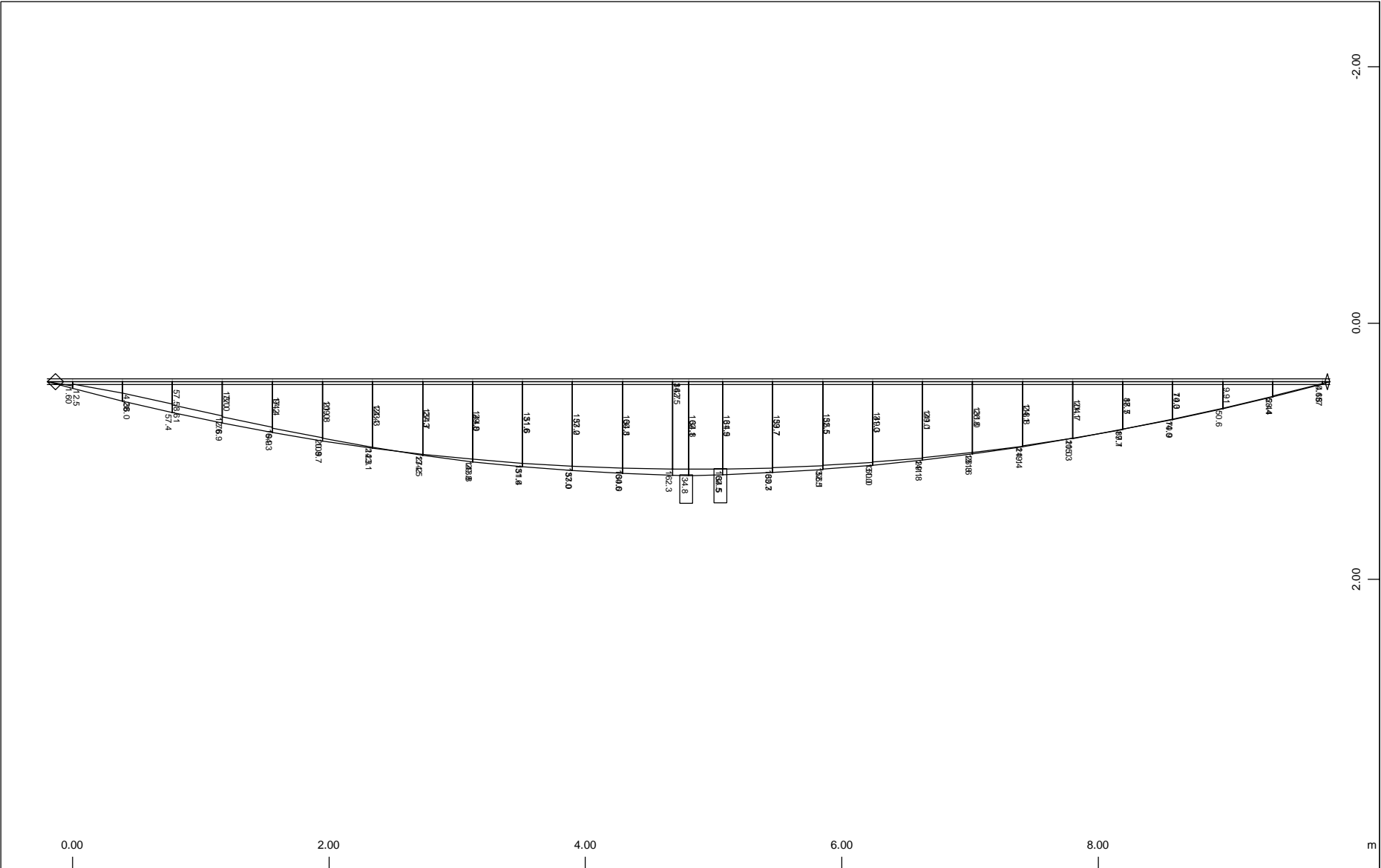


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=114.3)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=104.9)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

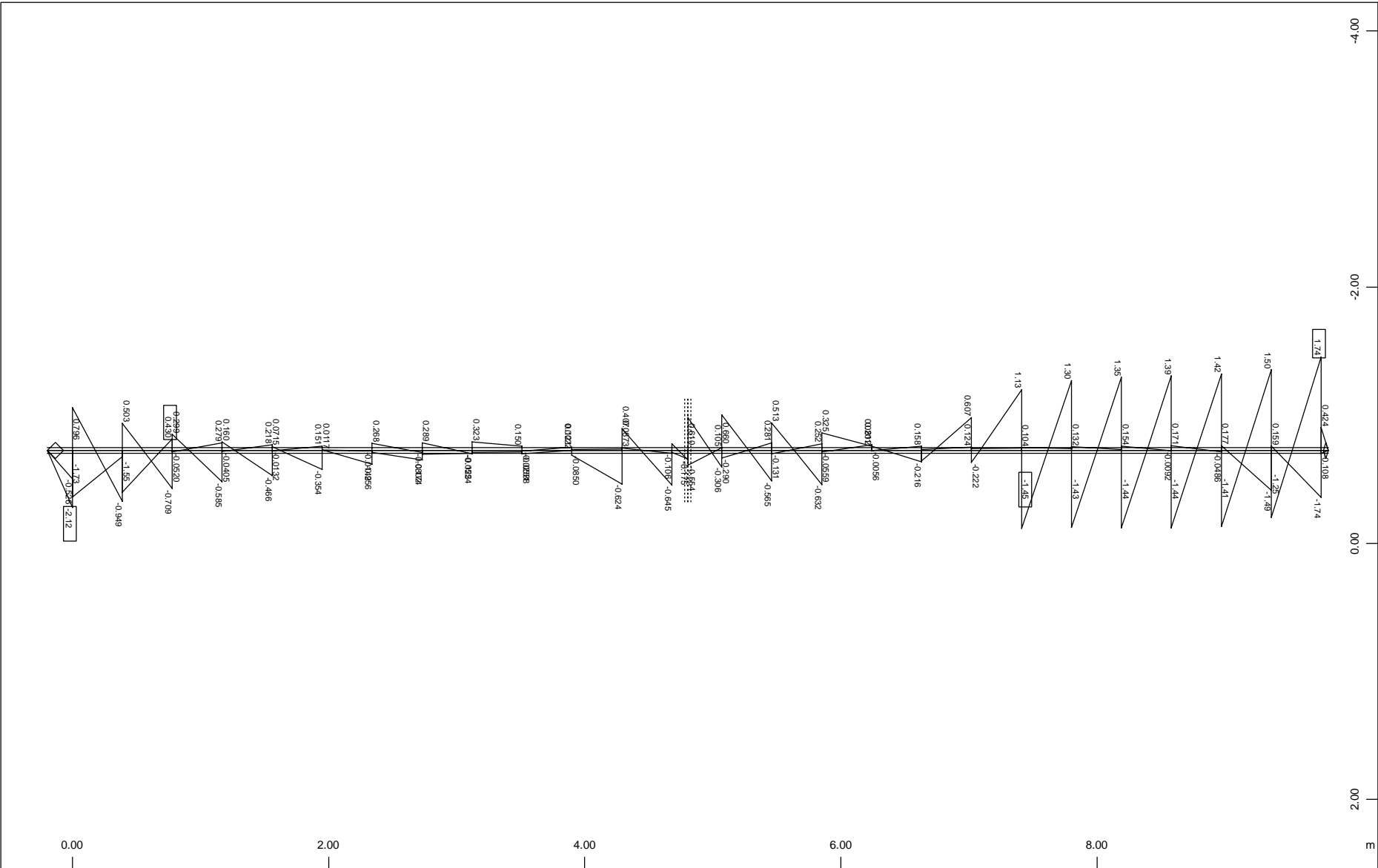


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1, 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=162.5)
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1, 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=34.8)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

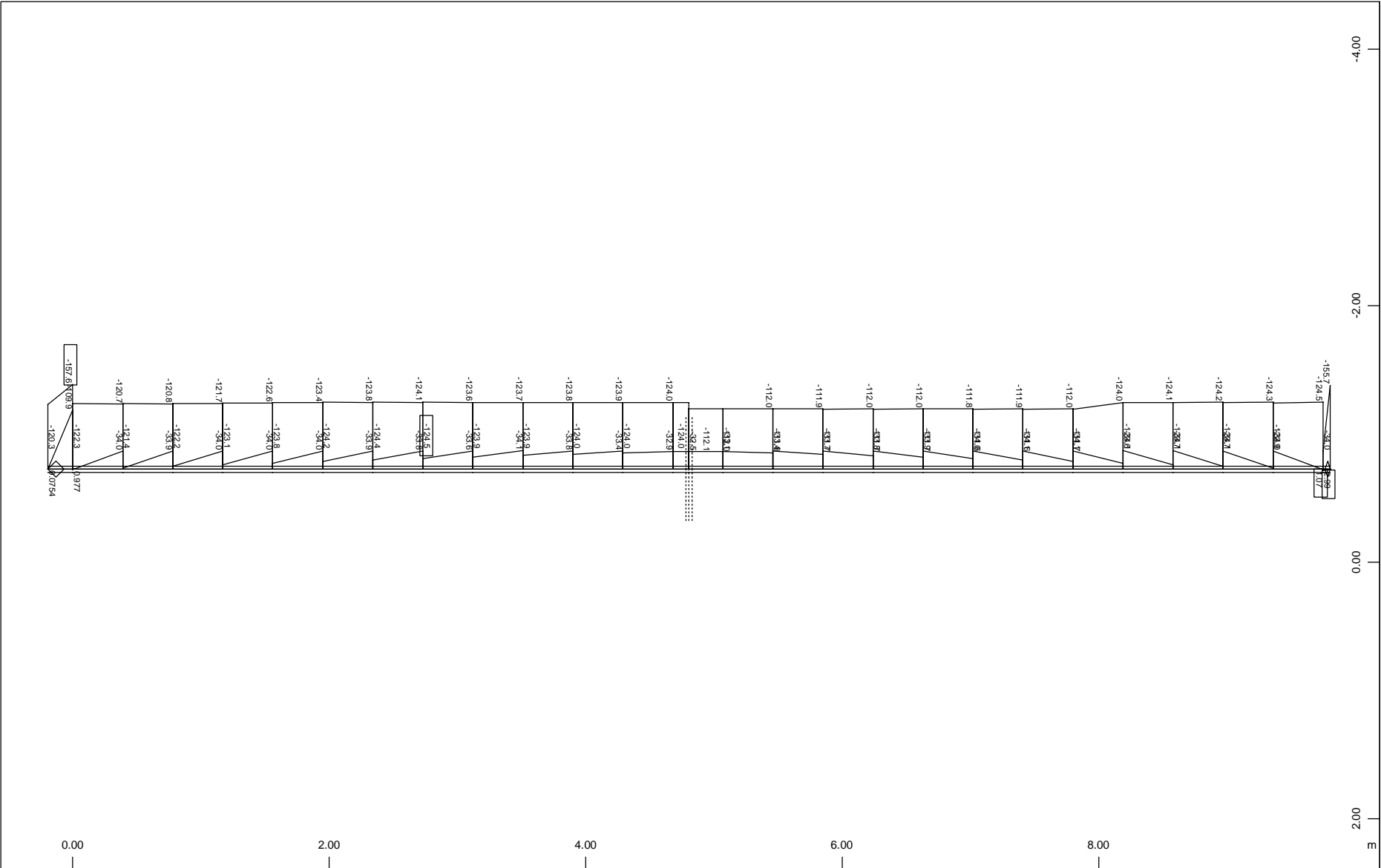


Z-X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-2.12) (Max=0.430)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.45) (Max=1.74)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx

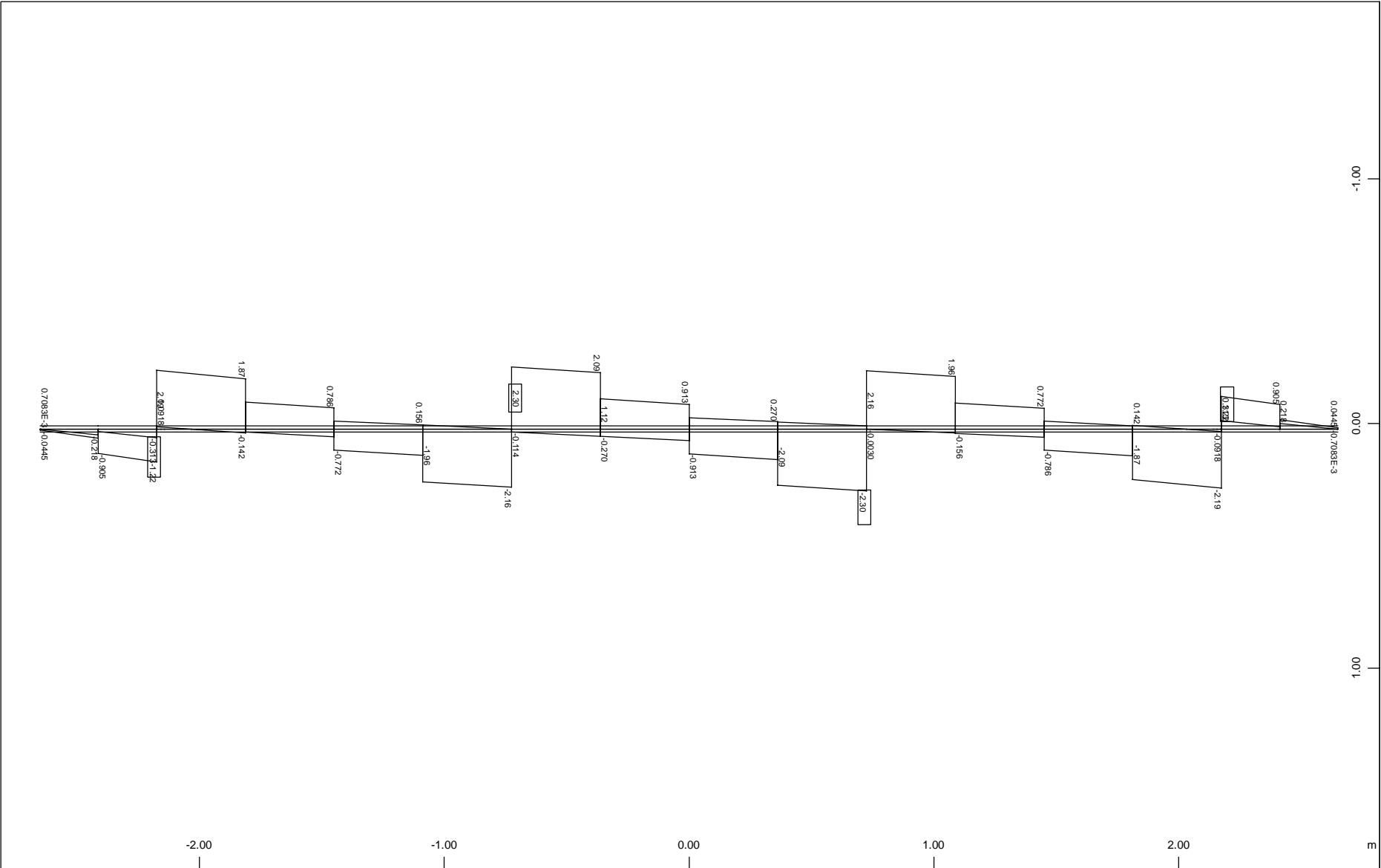


X
Y

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=-157.6) (Max=1.07)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-124.5) (Max=2.99)

M 1 : 42

MRT_1. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

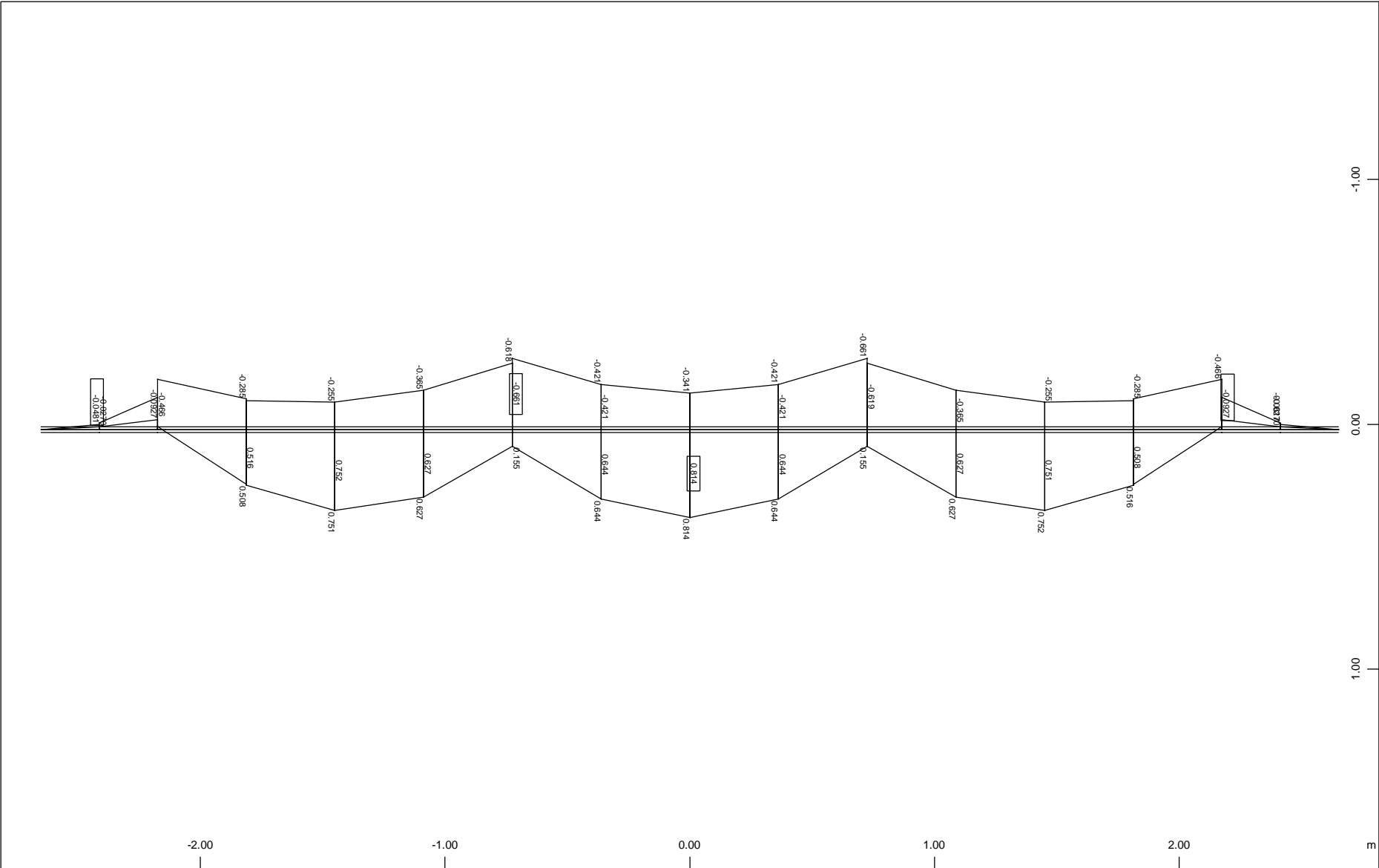


X-Y
Z

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=-0.313) (Max=2.30)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.30) (Max=0.313)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

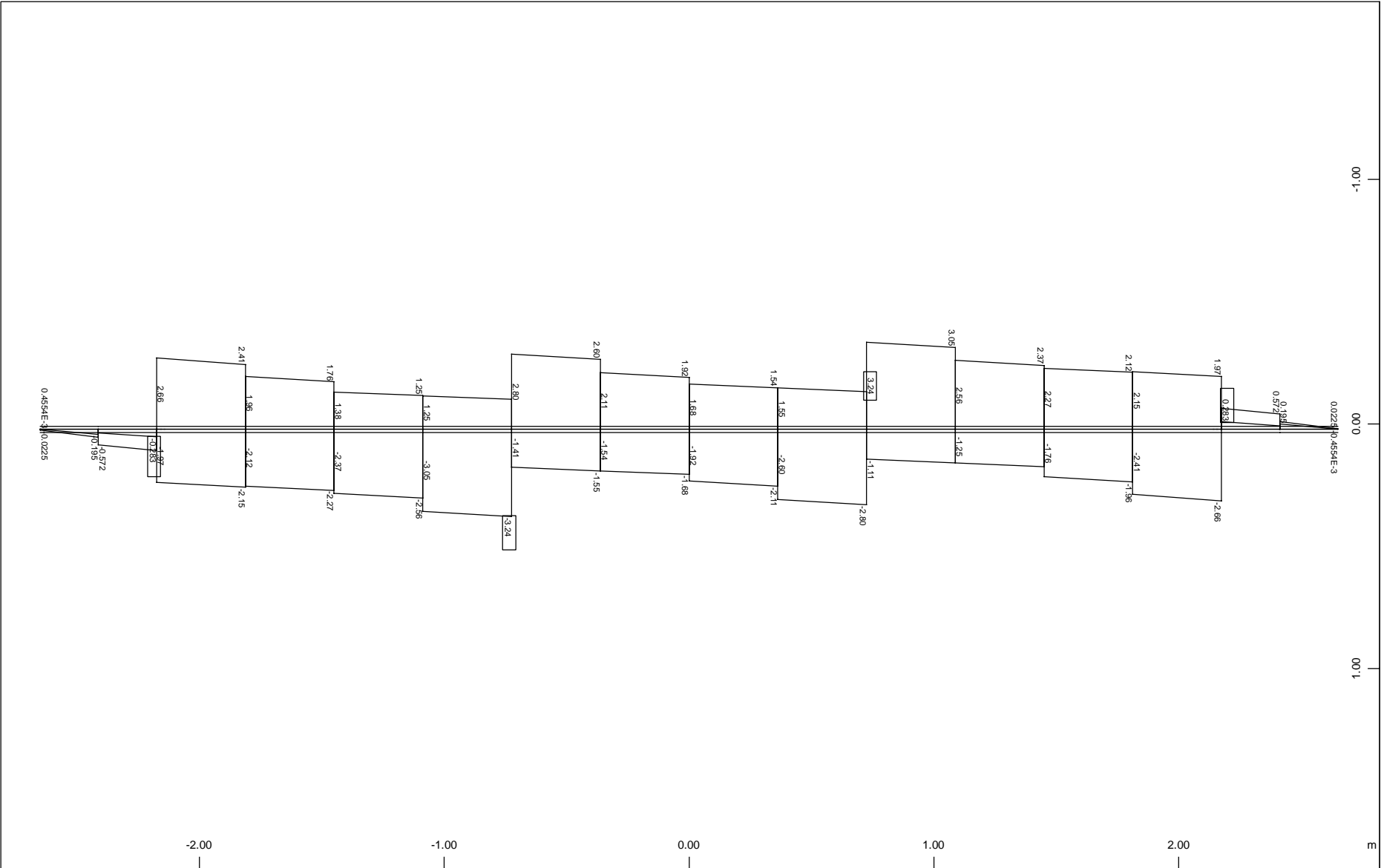


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1, 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.0927) (Max=0.814)
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1, 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.661) (Max=-6.3861e-05)

M 1 : 22

MRT_1. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

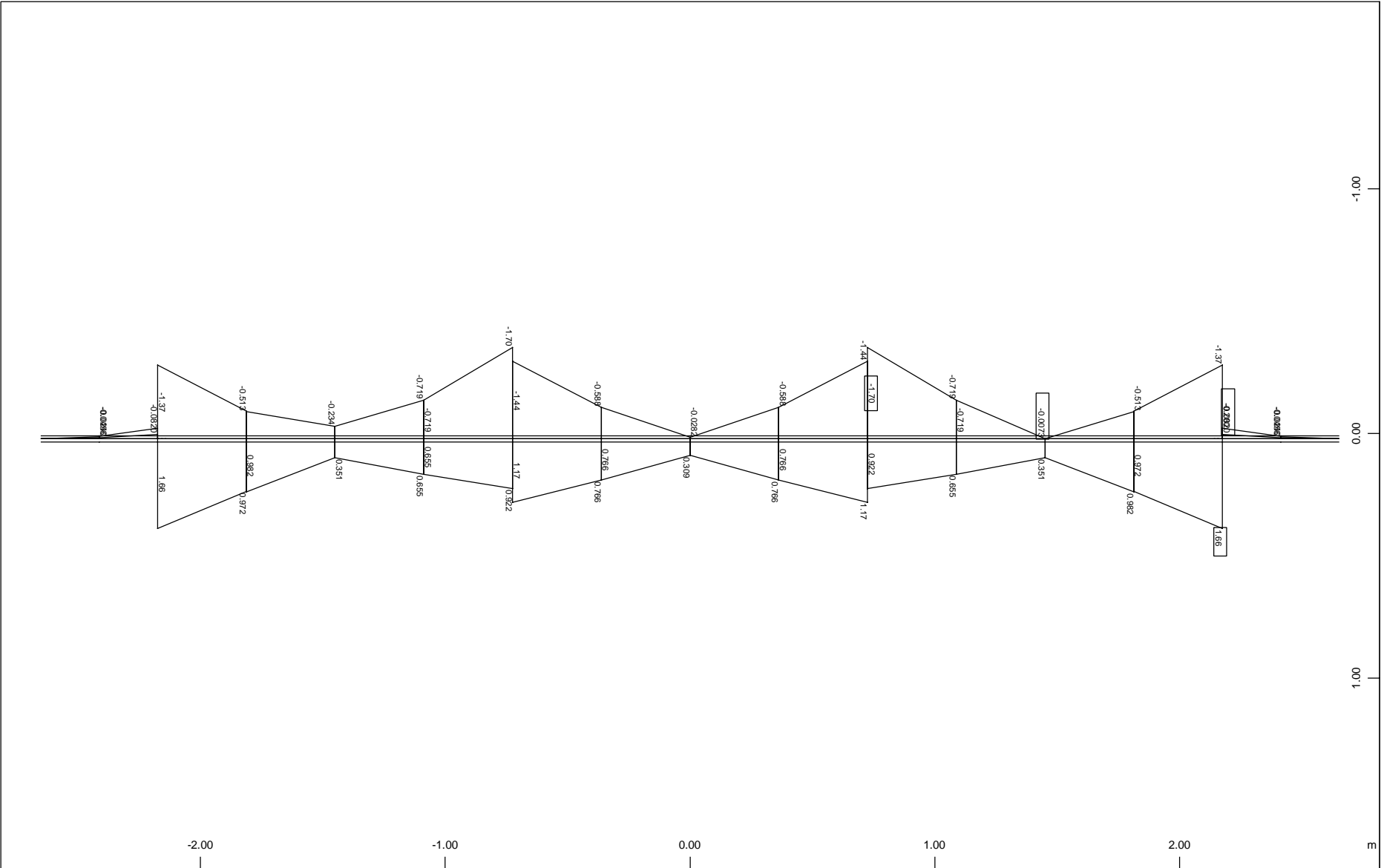


X-Y
Z

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=-0.283) (Max=3.24)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-3.24) (Max=0.283)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

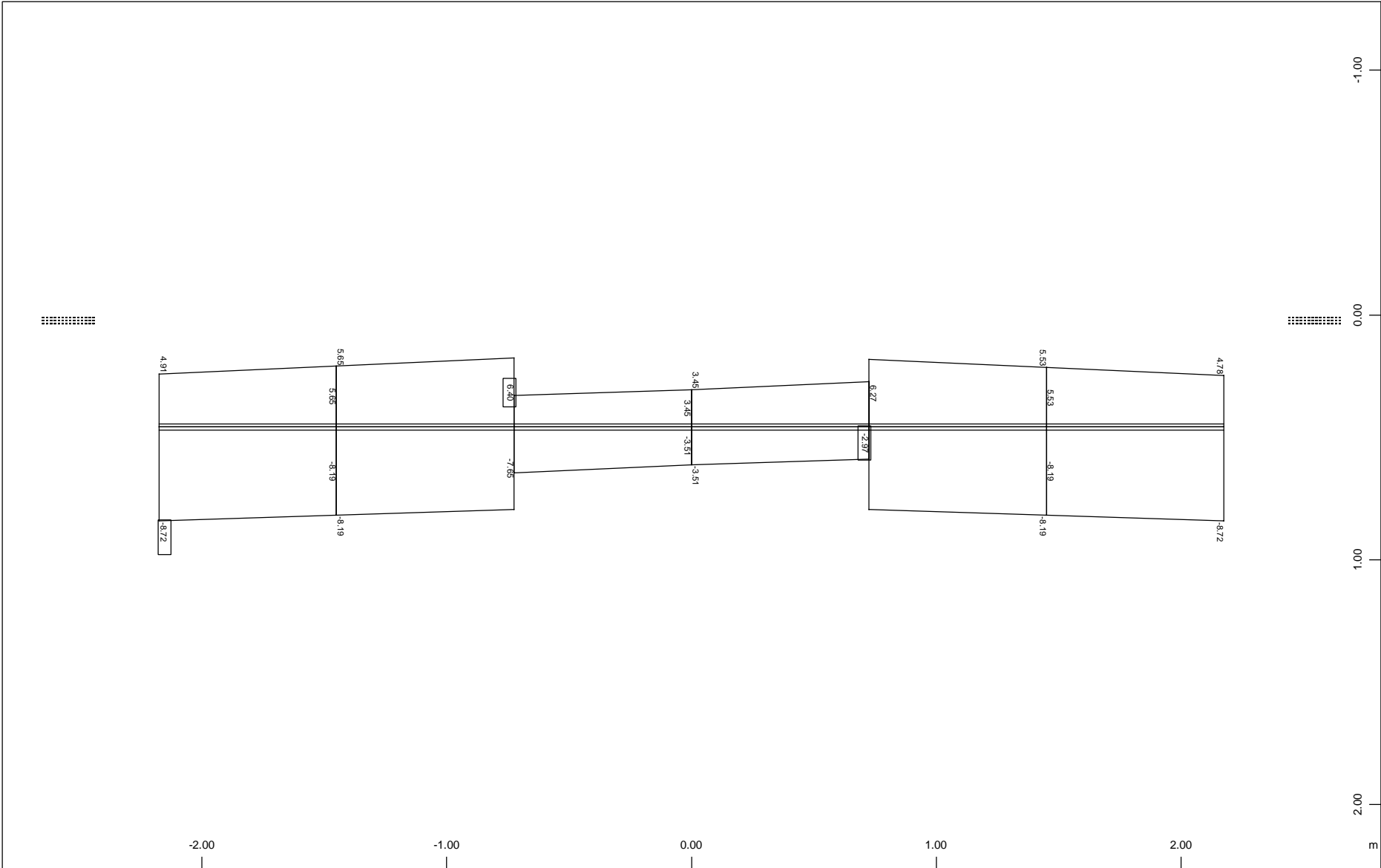


X-Y
Z

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=-0.0820) (Max=1.66)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.70) (Max=-3.4248e-05)

M 1 : 22

MRT_1. poikkituet. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=6.40)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Min=-8.72) (Max=-2.97)

M 1 : 22

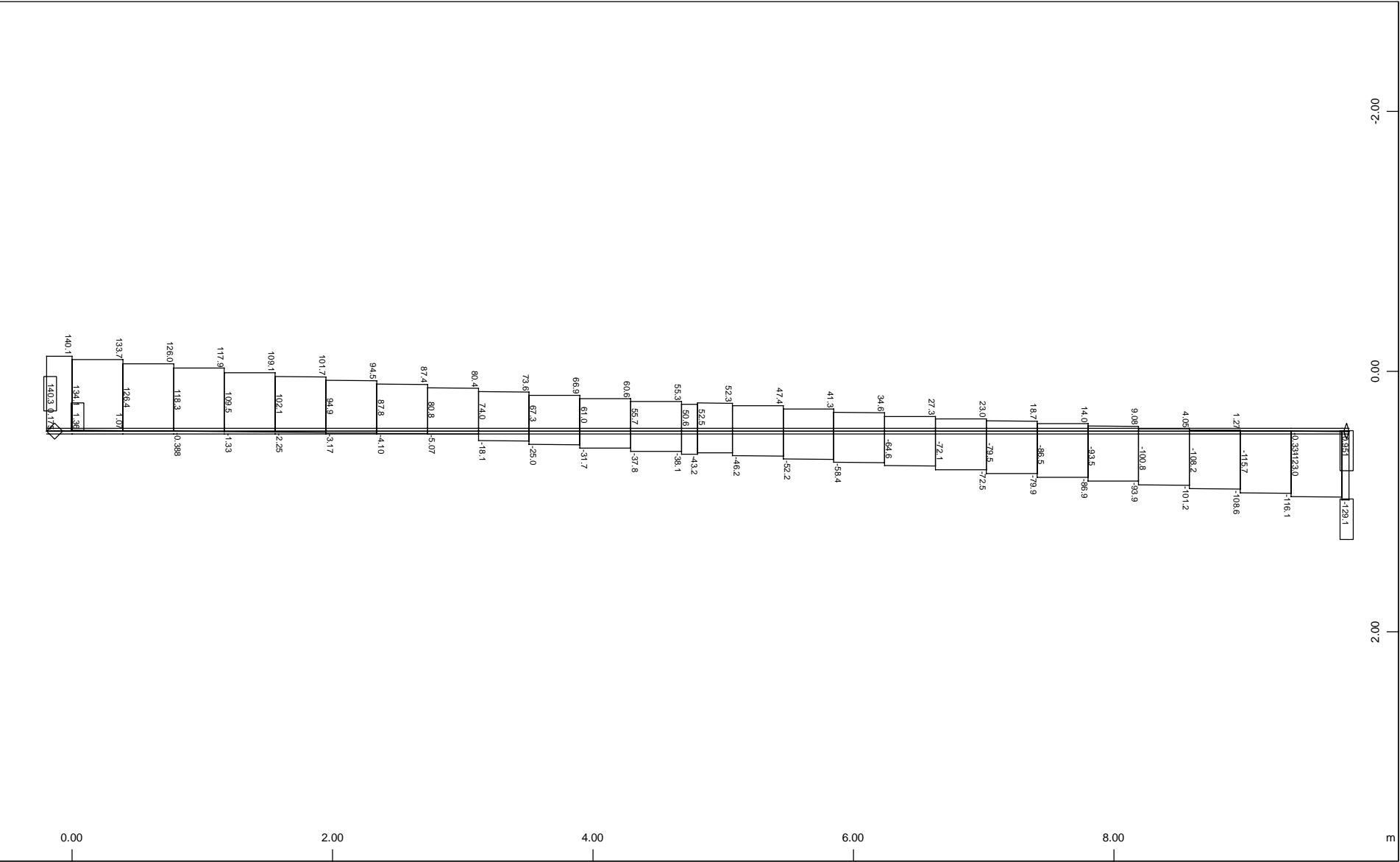
$$\begin{array}{c} \text{X}-\text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Max=11.5)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT_1 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-8.07) (Max=-0.905)

M 1 : 22

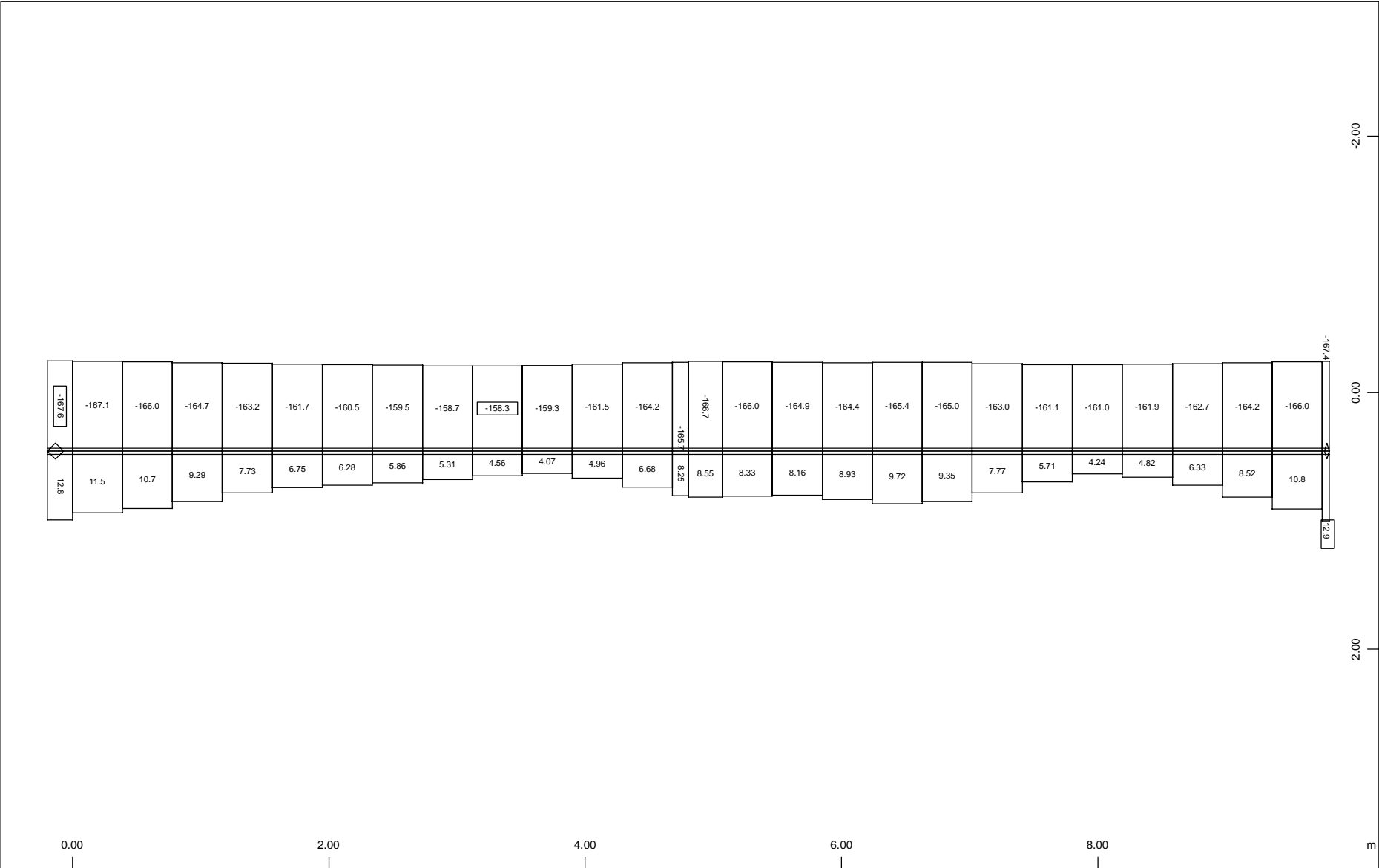
MRT_2. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



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=-0.951) (Max=140.3)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-129.1) (Max=1.36)

M 1 : 41

Normaalivoima: Nx

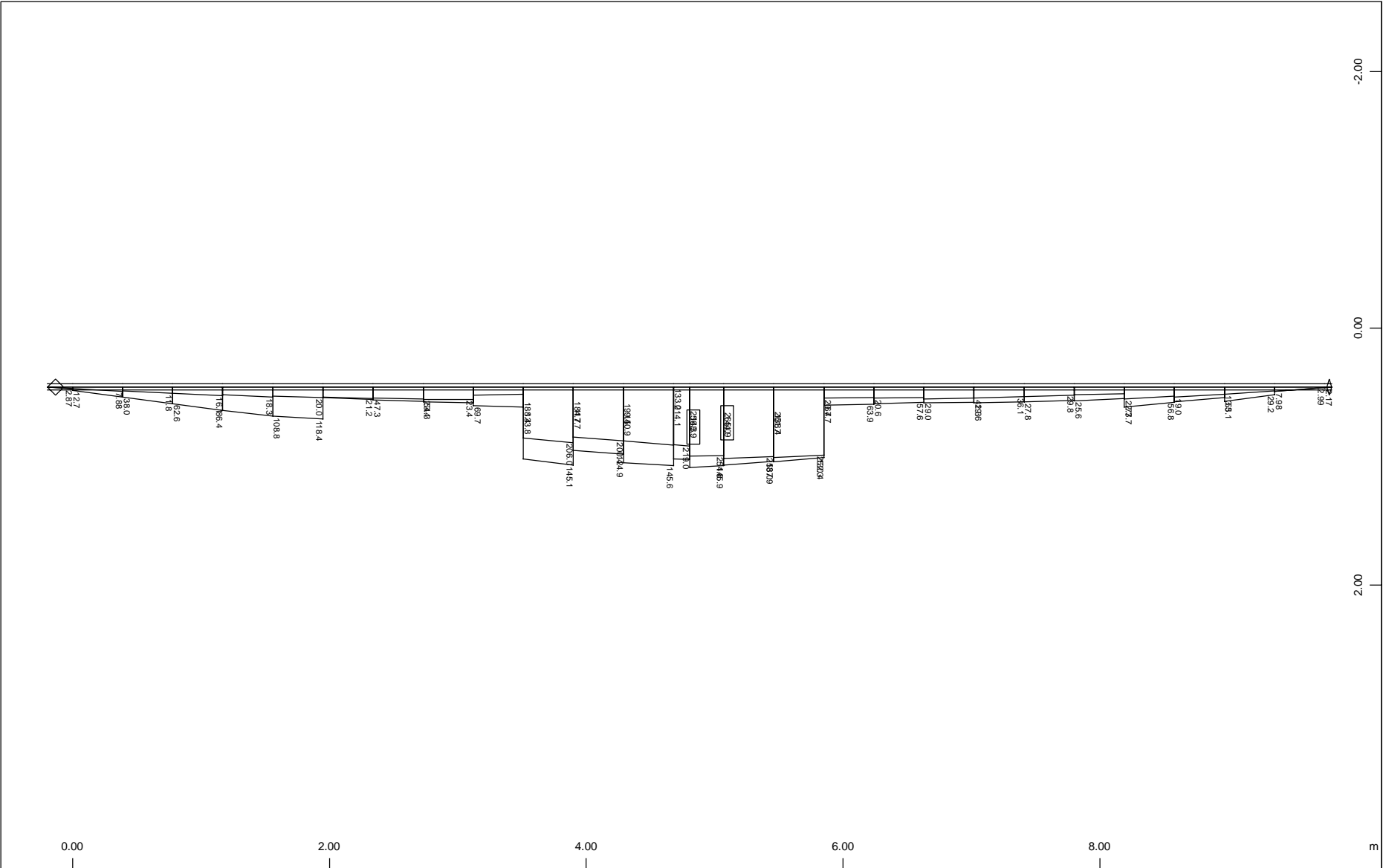


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=12.9)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-167.6) (Max=-158.3)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

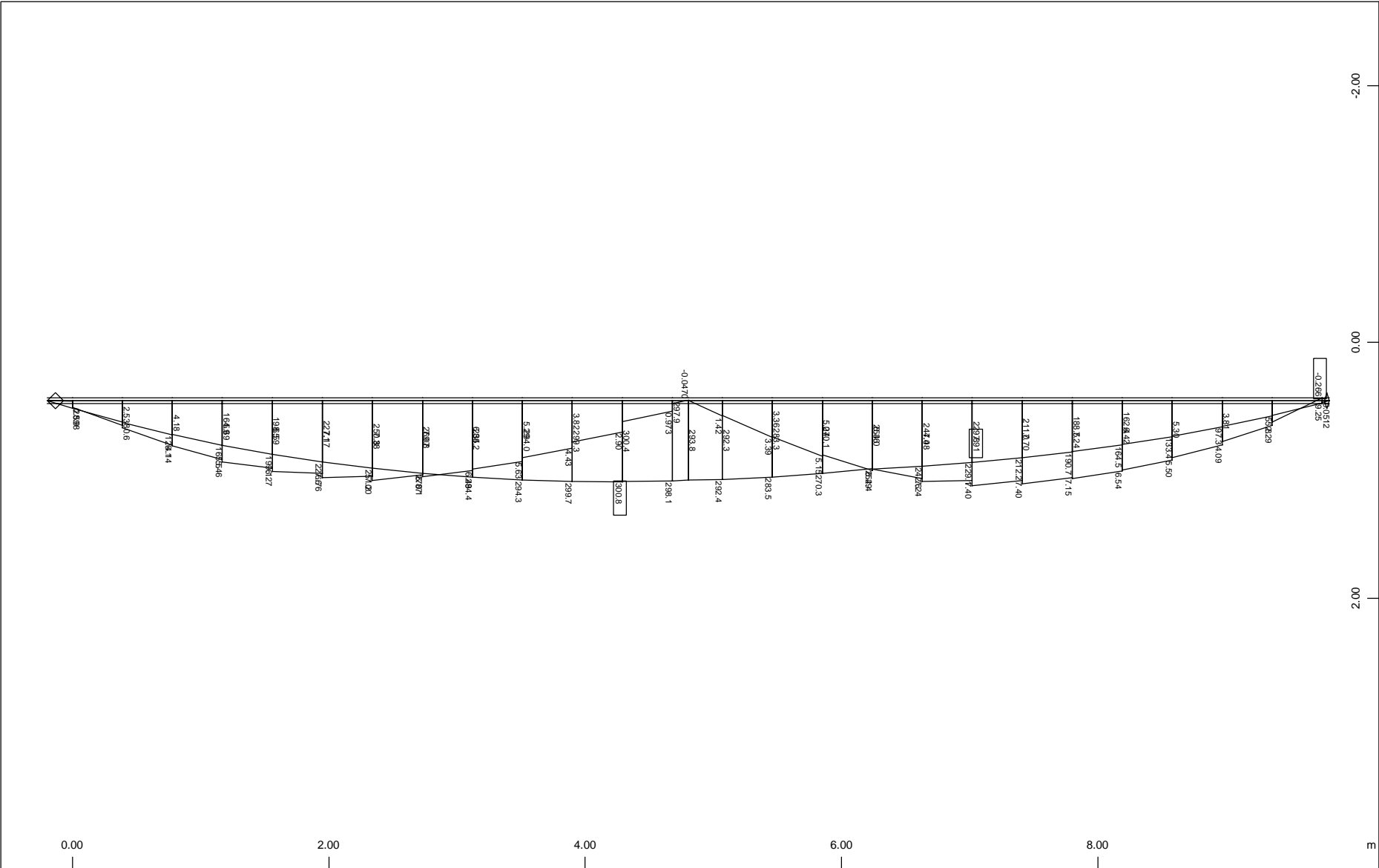


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT_2, 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=265.0)
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2, 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=148.9)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

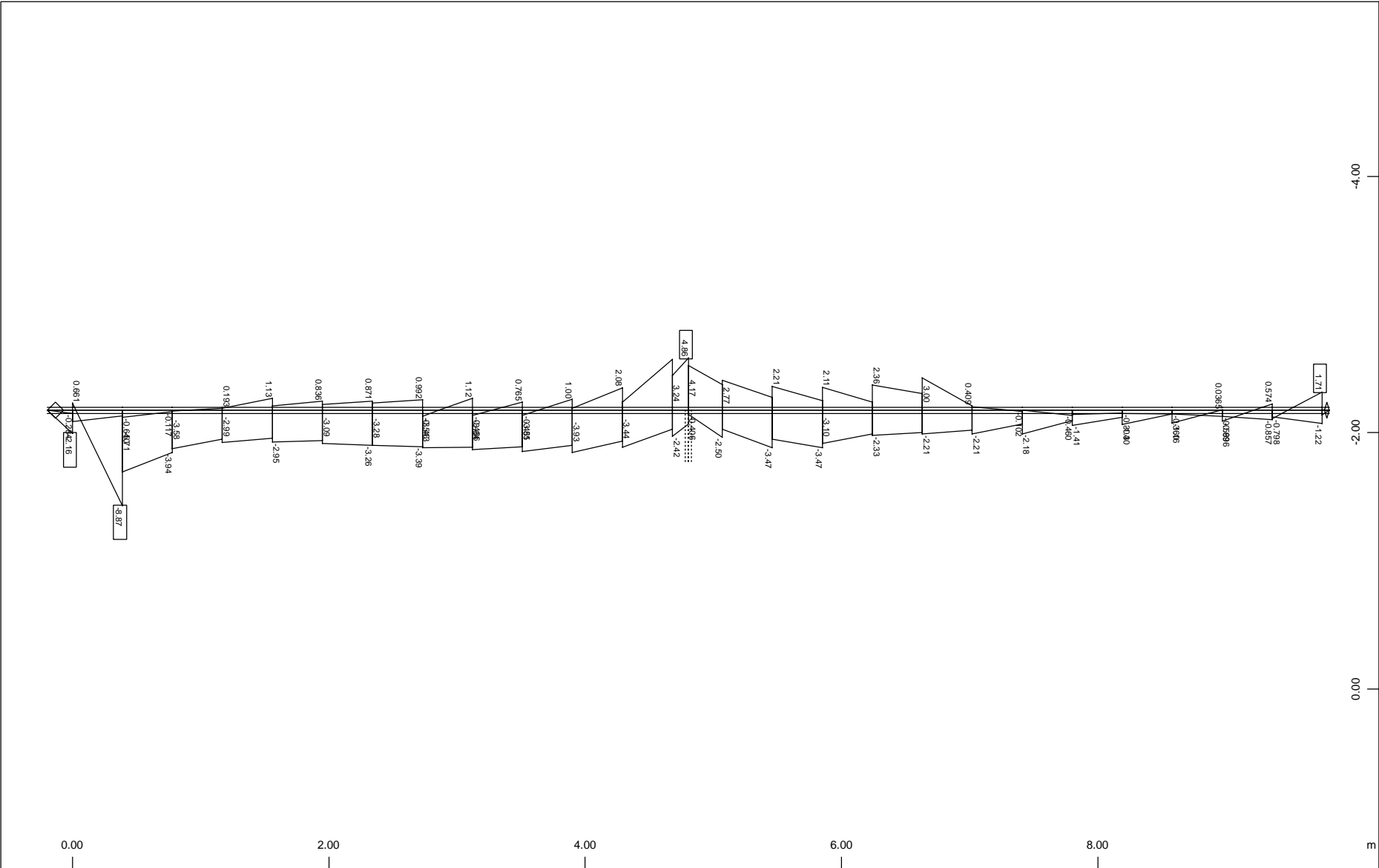


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=300.8)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-0.266) (Max=7.91)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

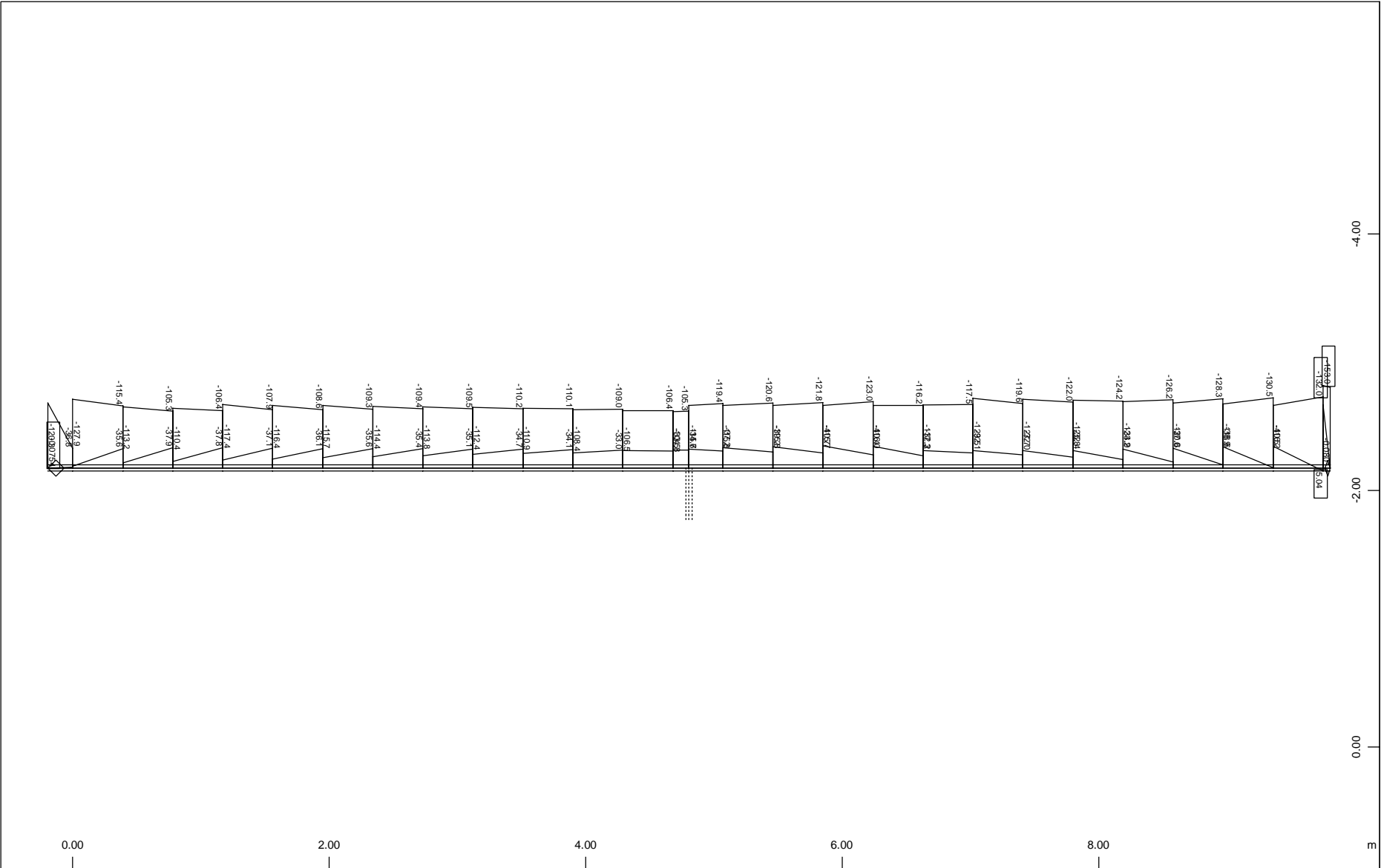


X
Y

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=-8.87) (Max=1.71)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-2.16) (Max=4.86)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx



X
Y

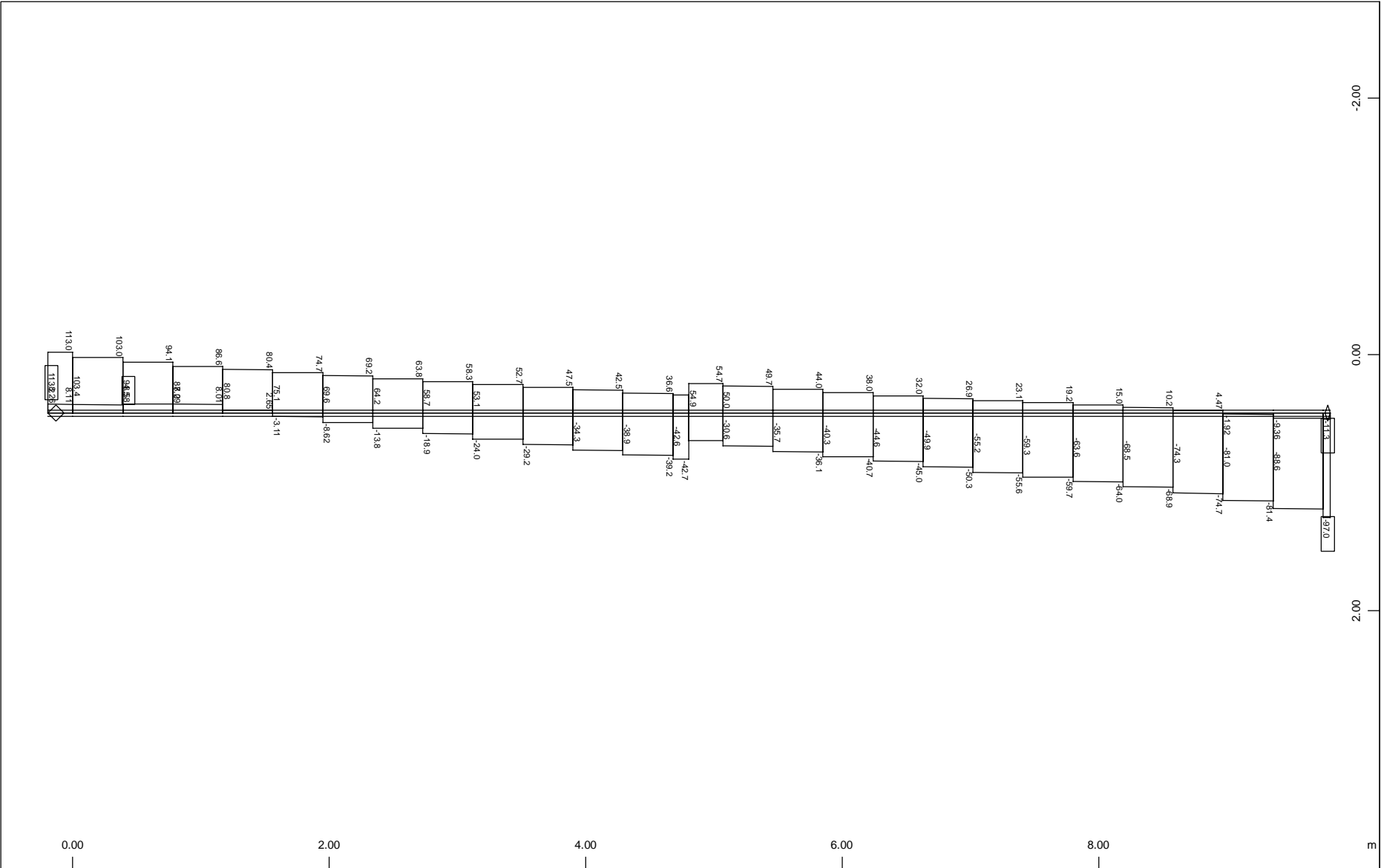
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-153.0) (Max=5.04)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-132.0) (Max=-0.0754)

M 1 : 42

MRT_2. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

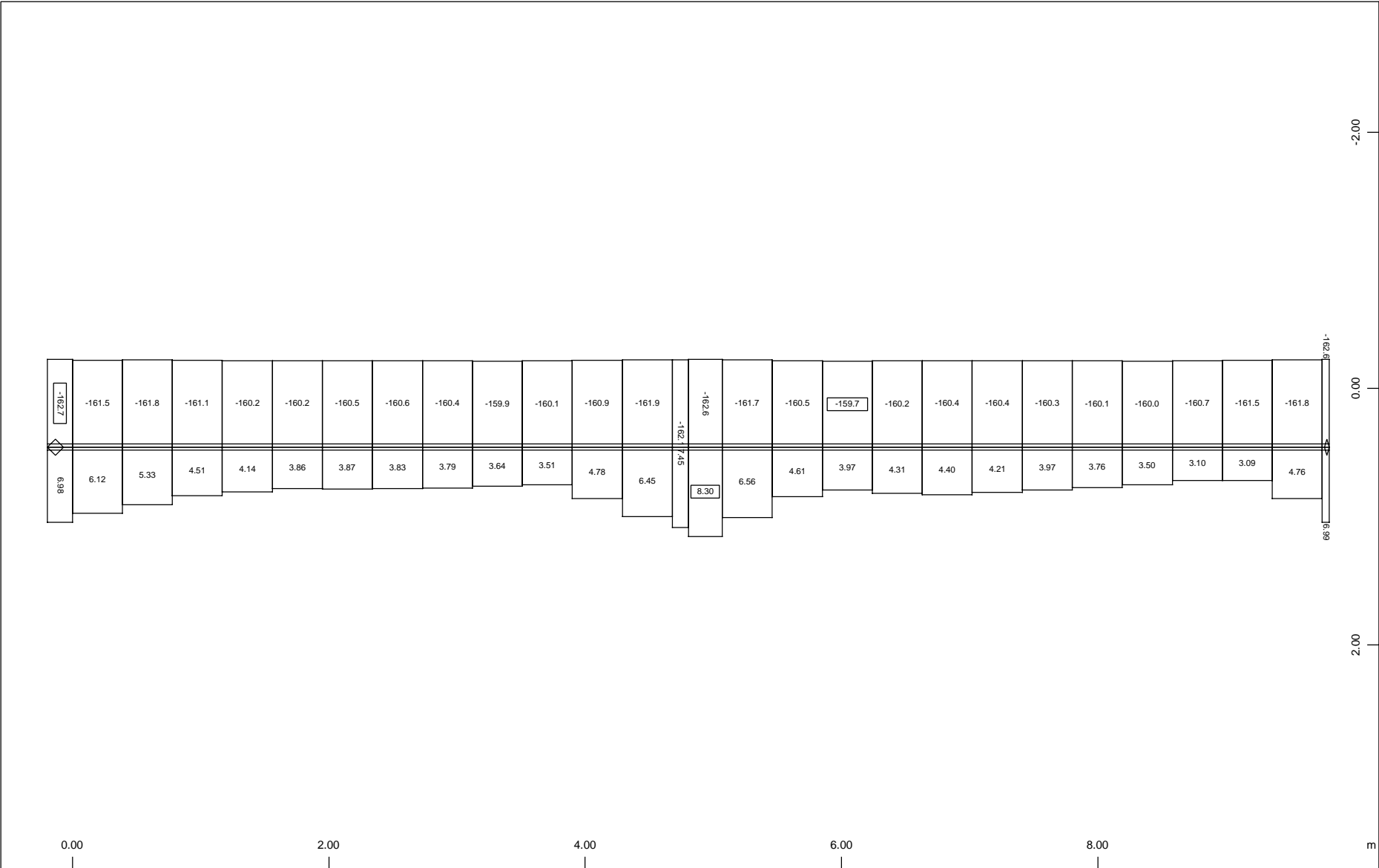


Y-X
Z

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=-11.3) (Max=113.2)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-97.0) (Max=8.58)

M 1 : 42

Normaalivoima: Nx

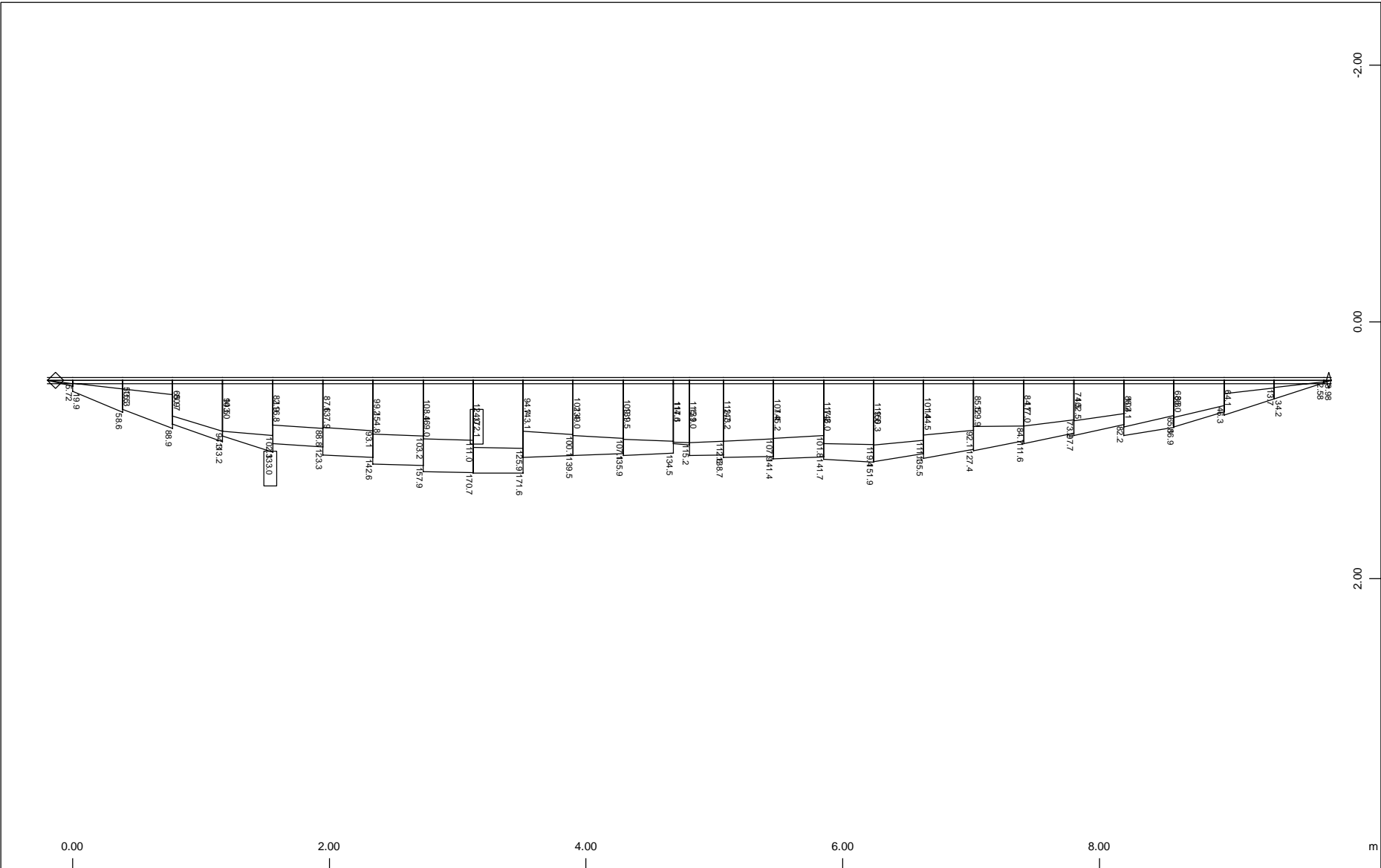


Y-X
Z

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=8.30)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-162.7) (Max=-159.7)

M 1 : 42

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 = 100.0 kNm (Max=172.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=133.0)

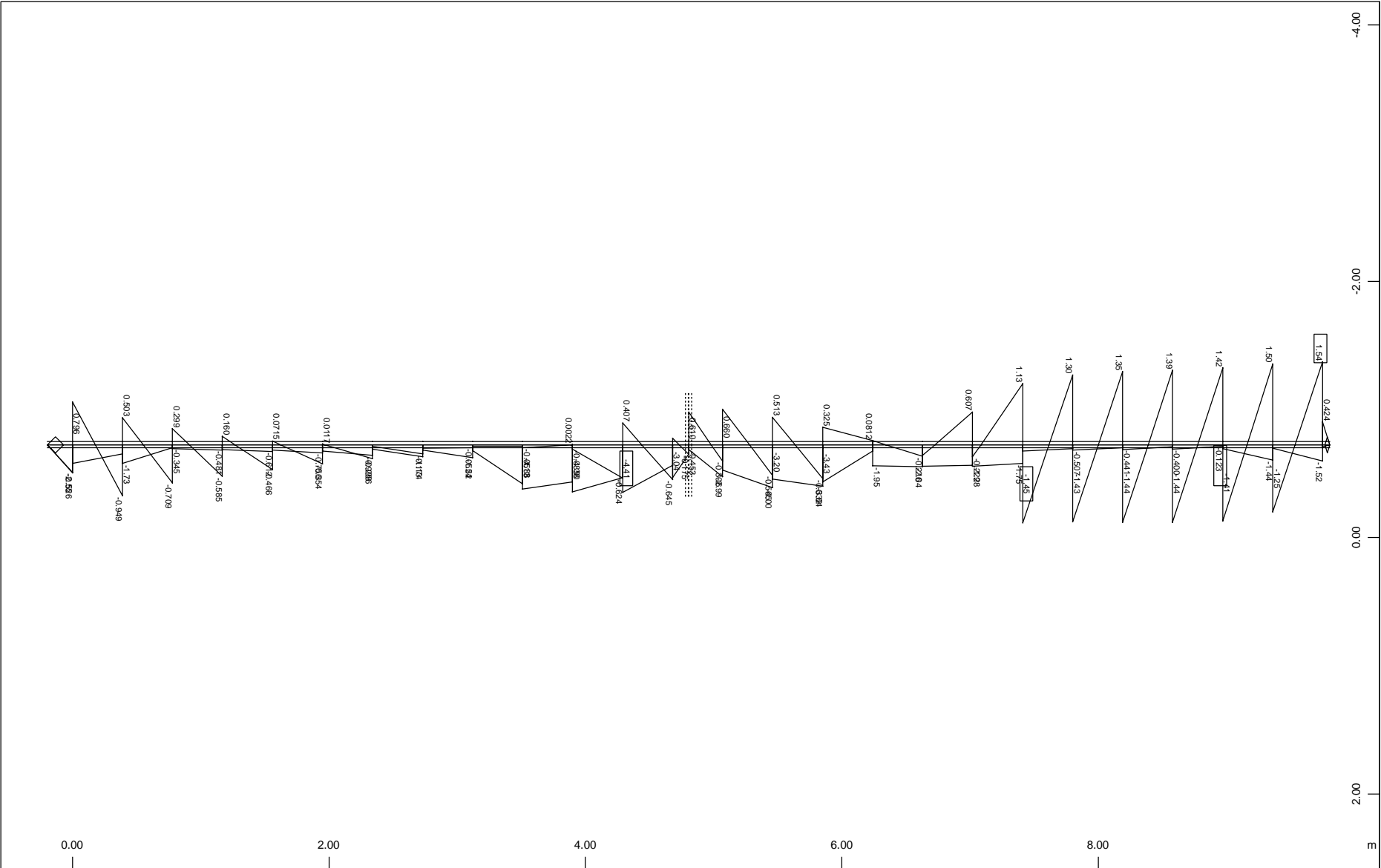
M 1 : 42


$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=209.0)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=34.8)

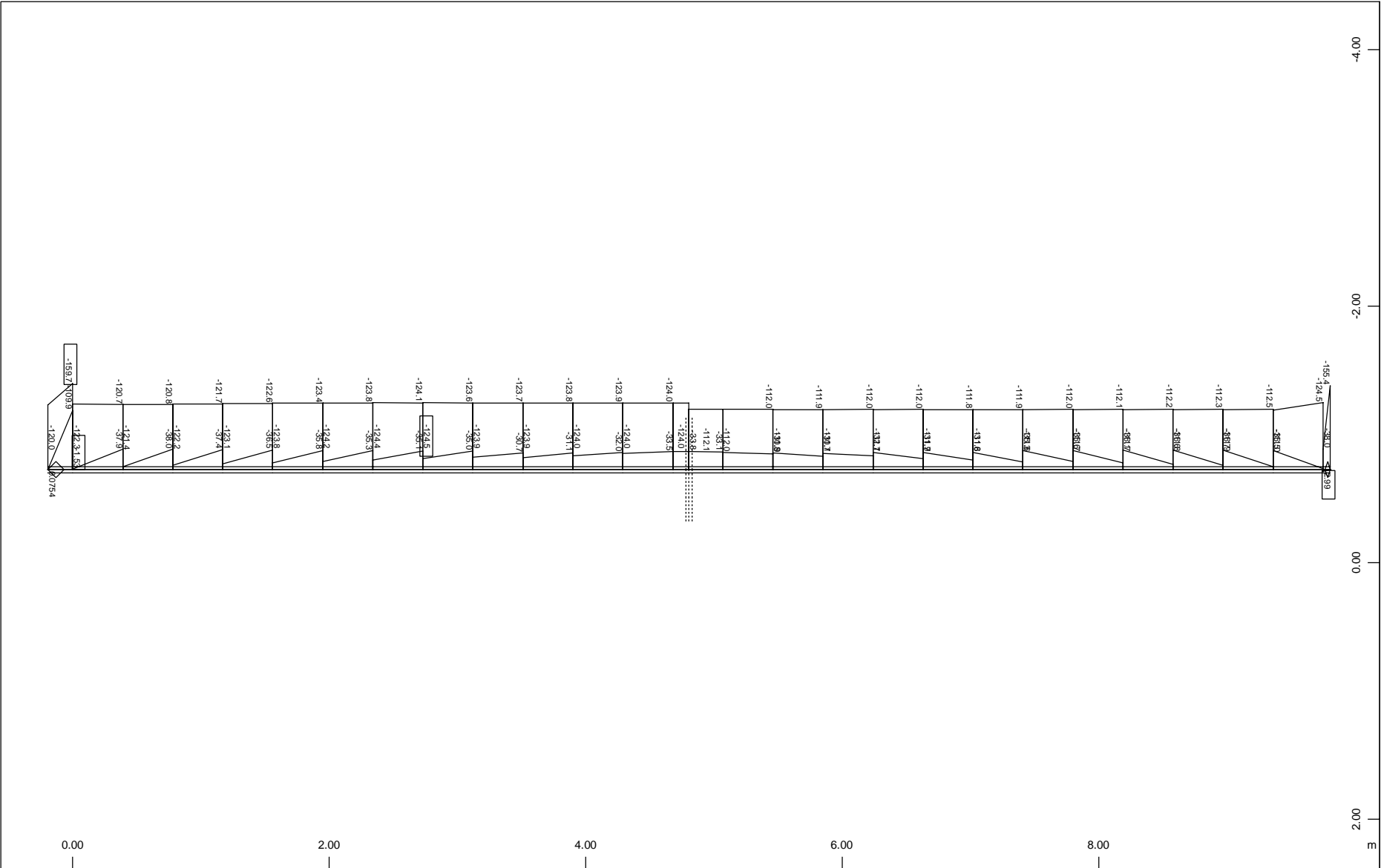
My vastaava taivutusmomentti: Mz



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=-4.41) (Max=0)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.45) (Max=1.54)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx

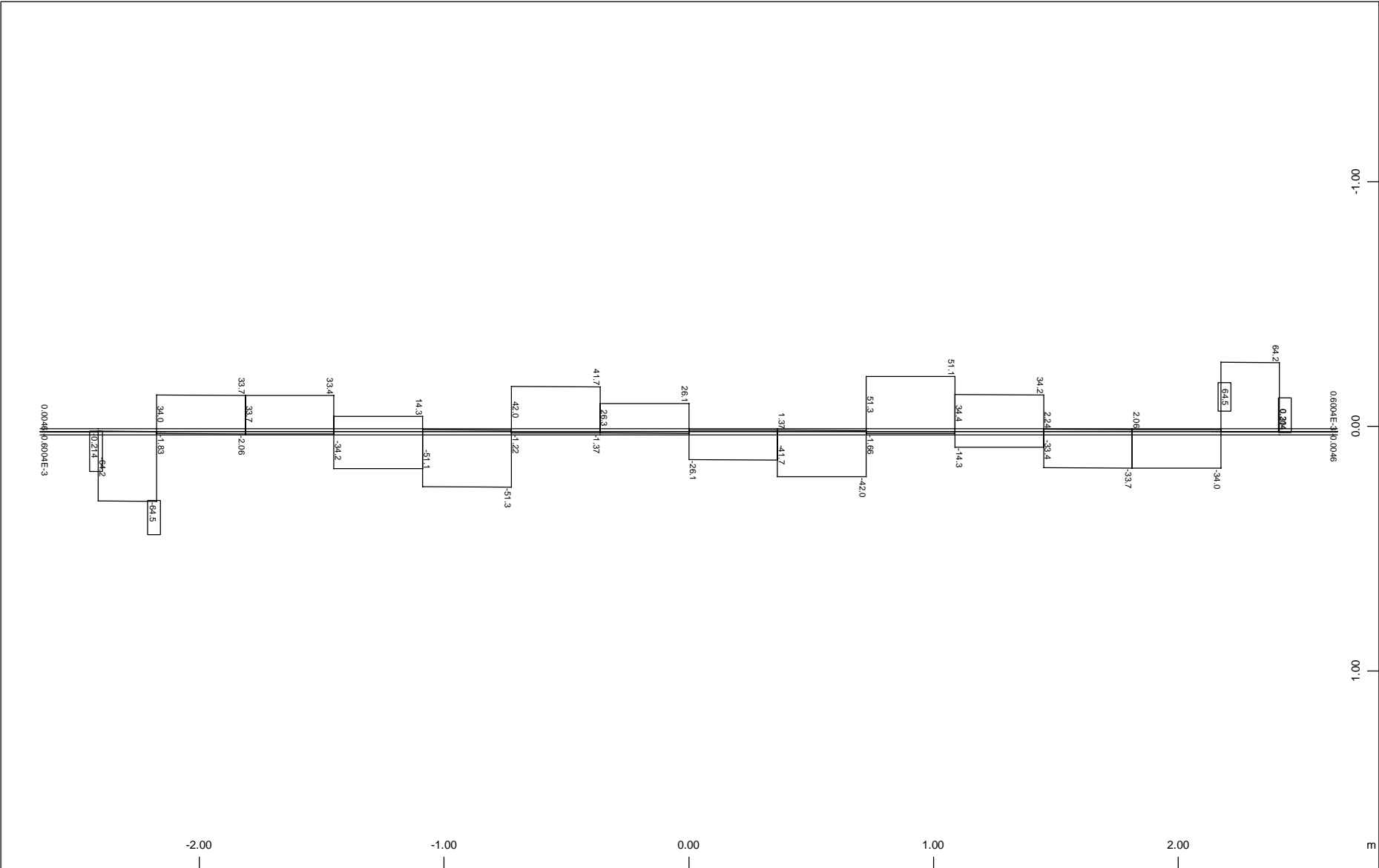


X
Y

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=-159.7) (Max=-1.53)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-124.5) (Max=2.99)

M 1 : 42

MRT_2. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

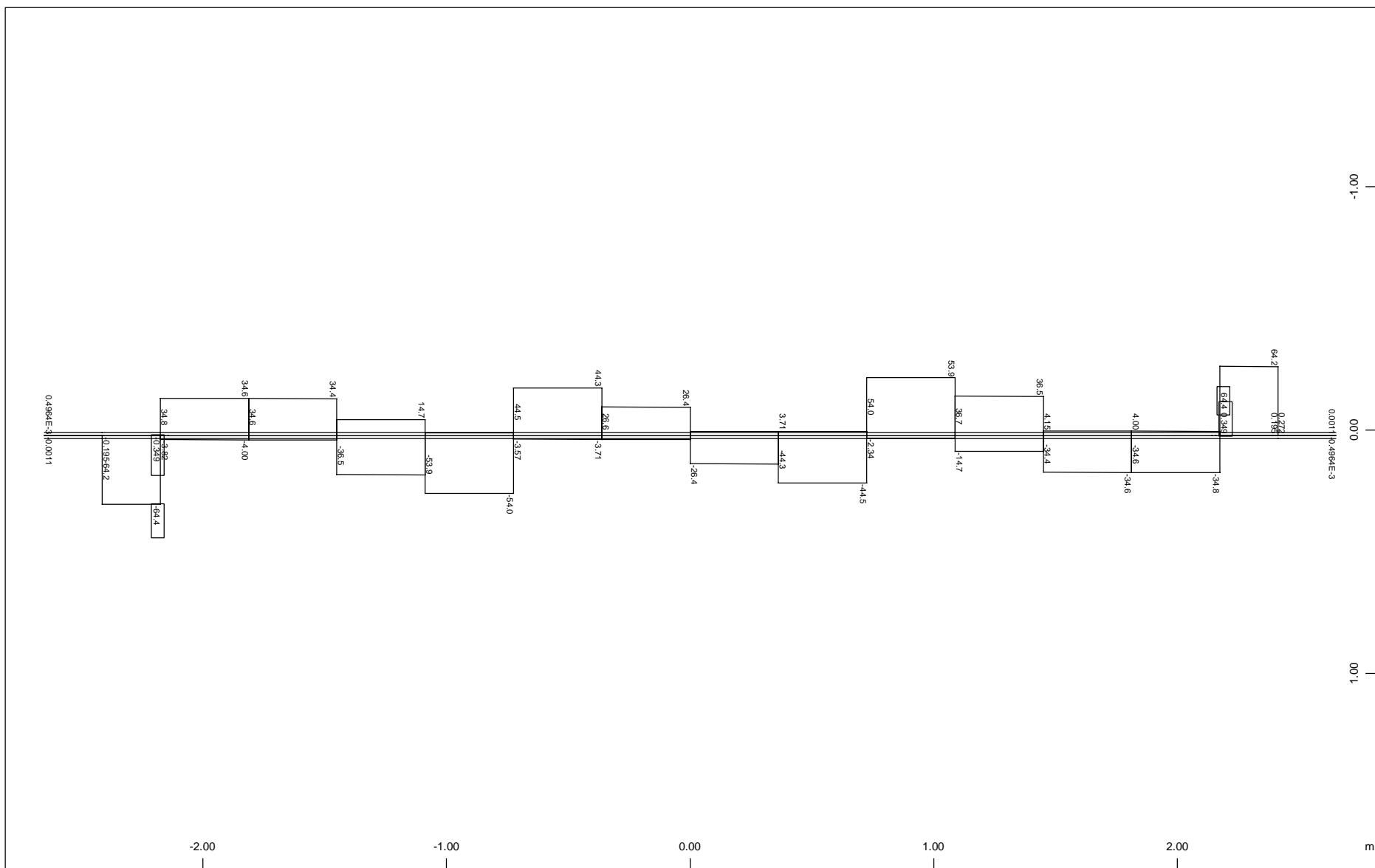
Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.214) (Max=64.5)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-64.5) (Max=0.214)

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=-3.1057e-04)

MRT_2. Päätyalue laatta. Leikkausvoima V_z


$$\begin{array}{c} X - Y \\ | \\ Z \end{array}$$

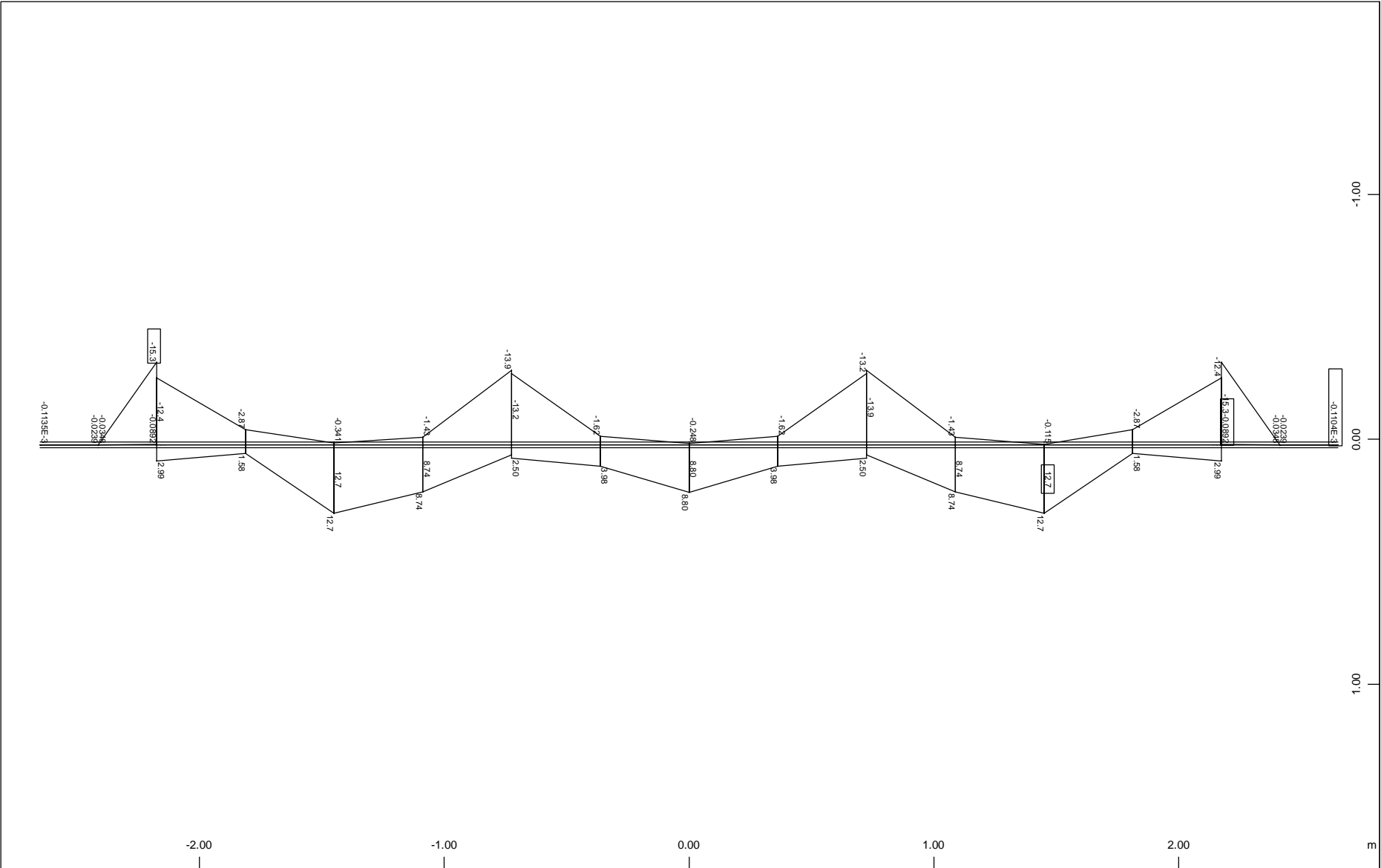
Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.349) (Max=64.4)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-64.4) (Max=0.349)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

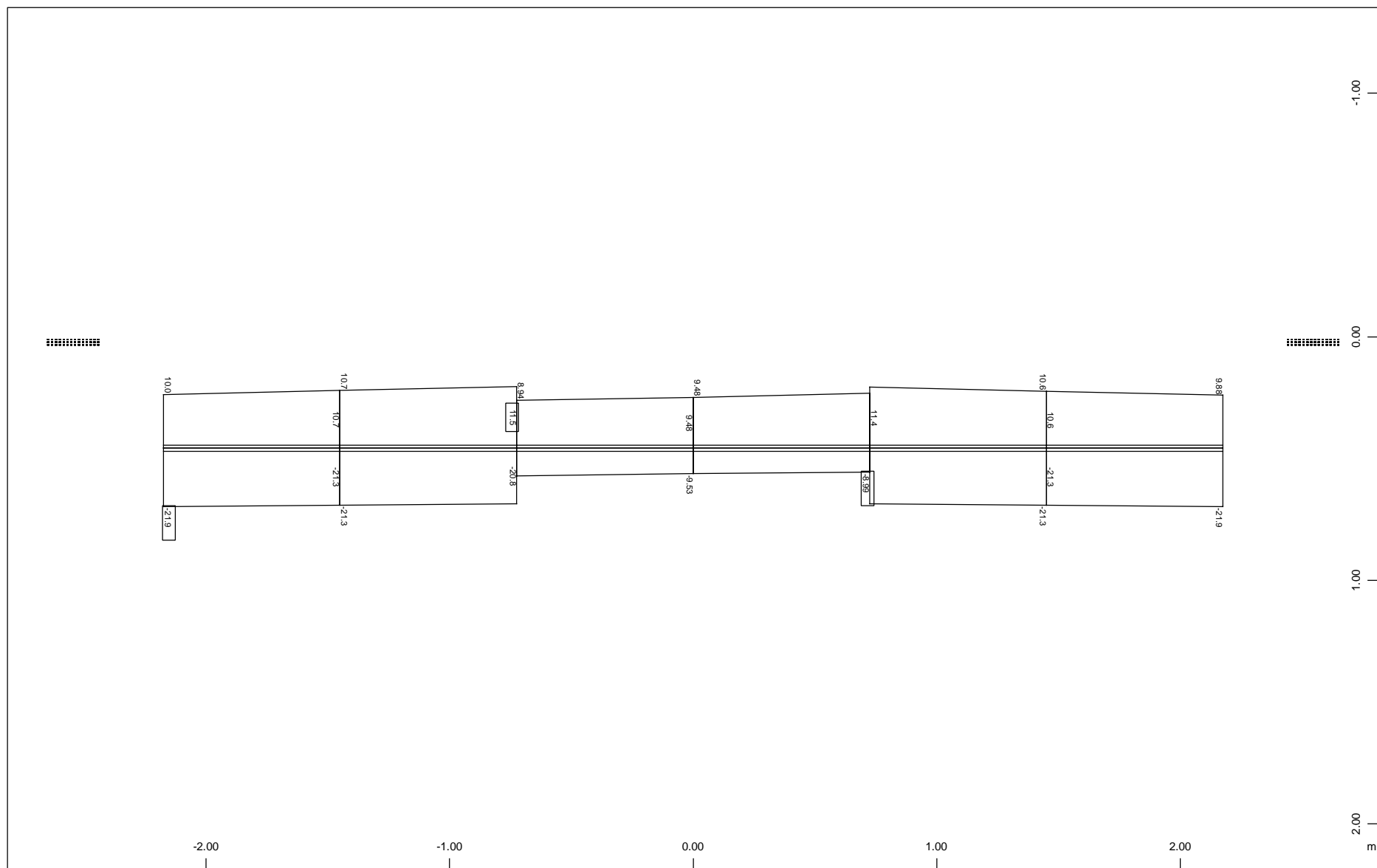


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment M_y , Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.0892) (Max=12.7)
Beam Elements , Bending moment M_y , Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-15.3) (Max=-1.1037e-04)

M 1 : 22

MRT_2. poikkituet. Leikkausvoima Vz


$$\begin{array}{c} \text{X} - \text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

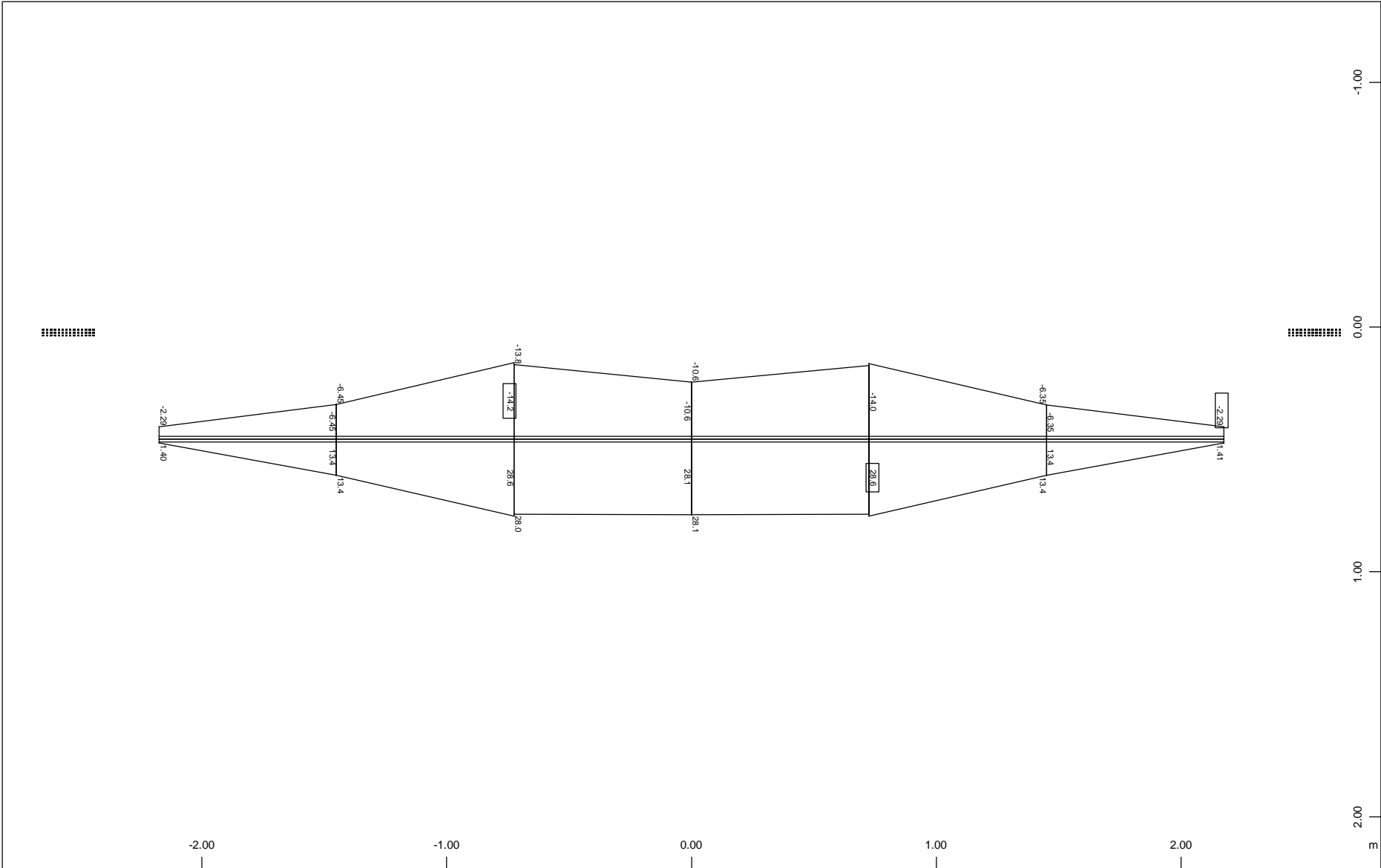
Sector of system Beam Elements Group 0

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=11.5)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-21.9) (Max=-8.99)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

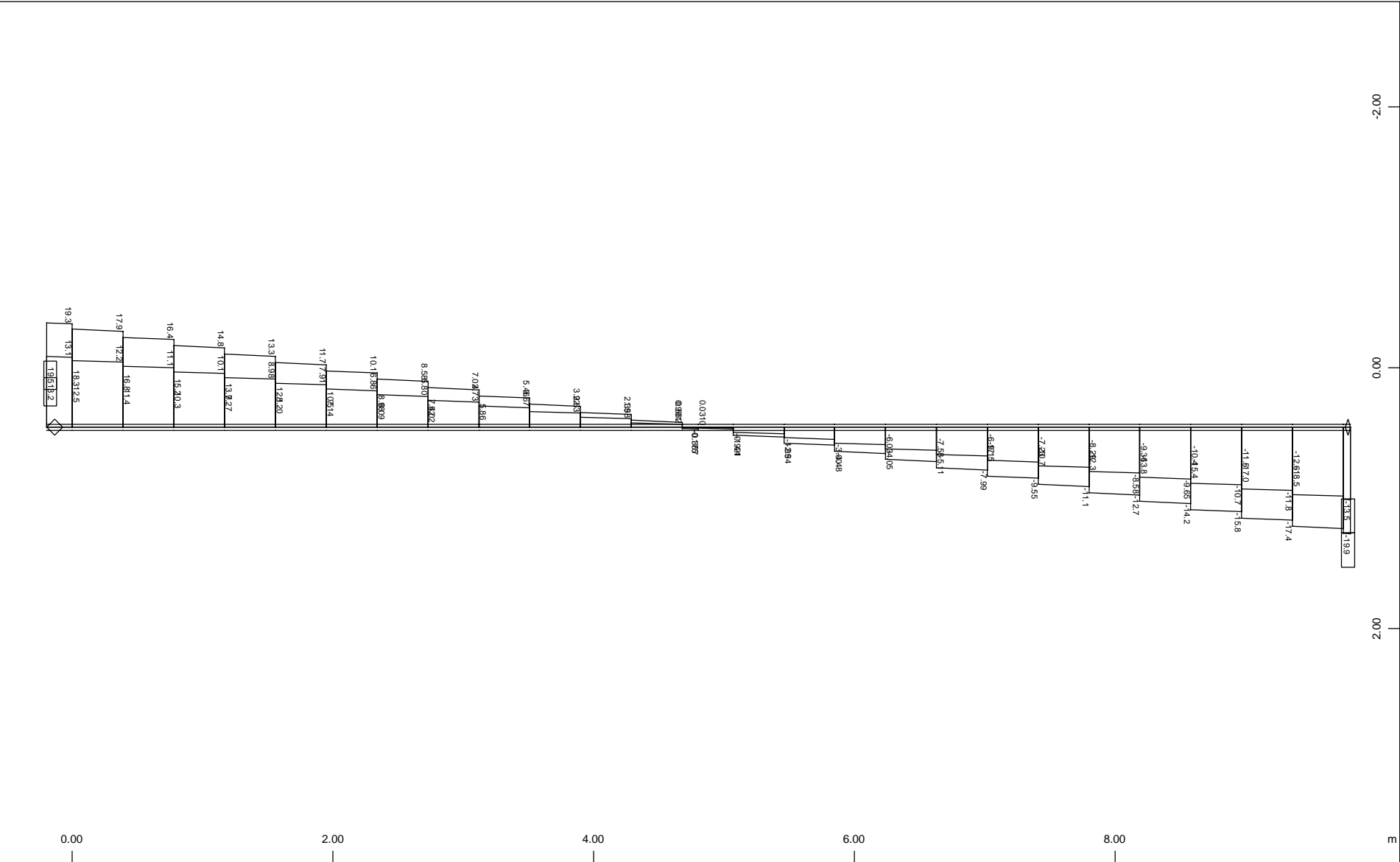


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=28.6)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-14.2) (Max=-2.29)

M 1 : 22

MRT_4. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz

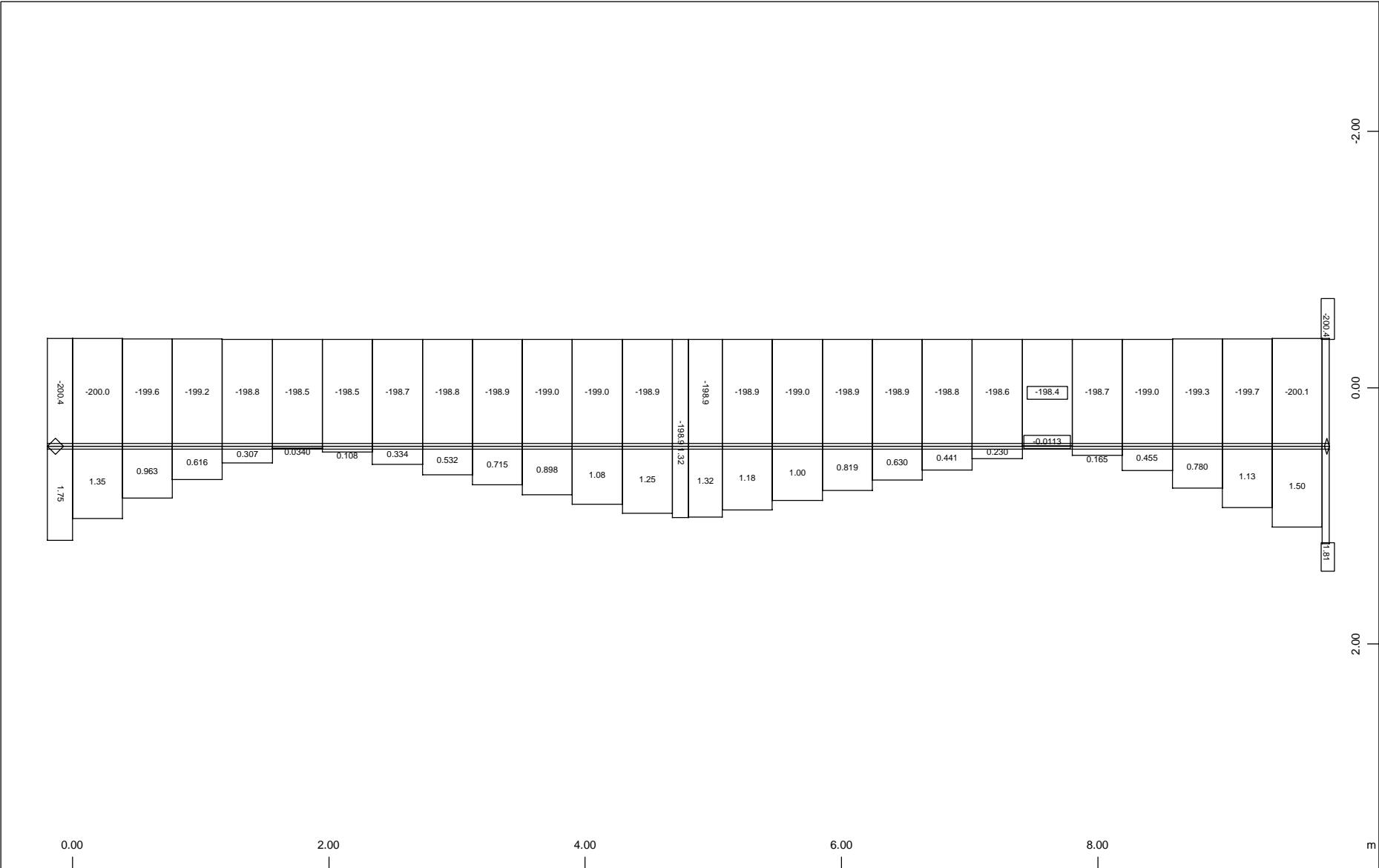


X
Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-13.5) (Max=19.5)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-19.9) (Max=13.2)

M 1 : 41

Normaalivoima: Nx

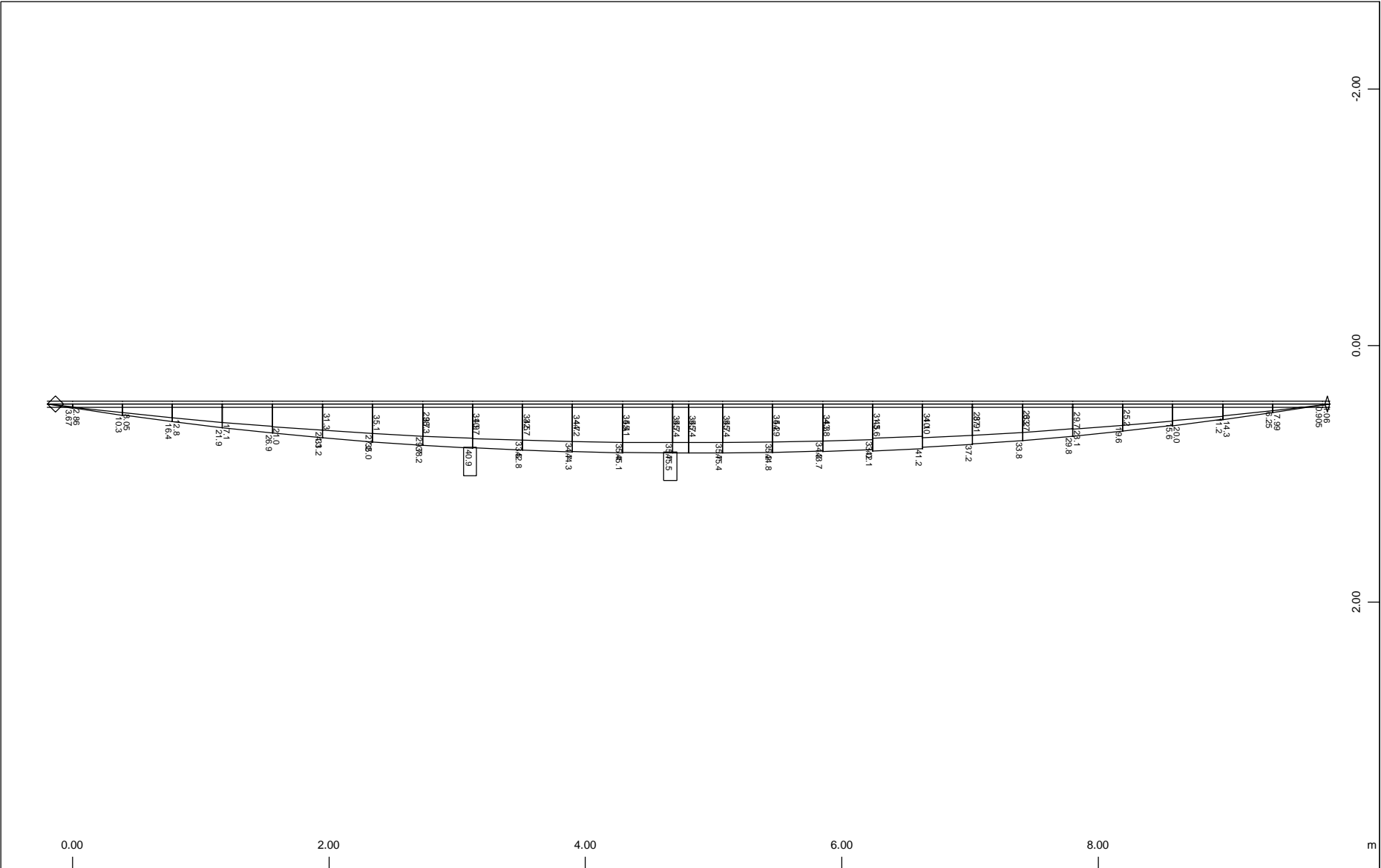


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.0113) (Max=1.81)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-200.4) (Max=-198.4)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

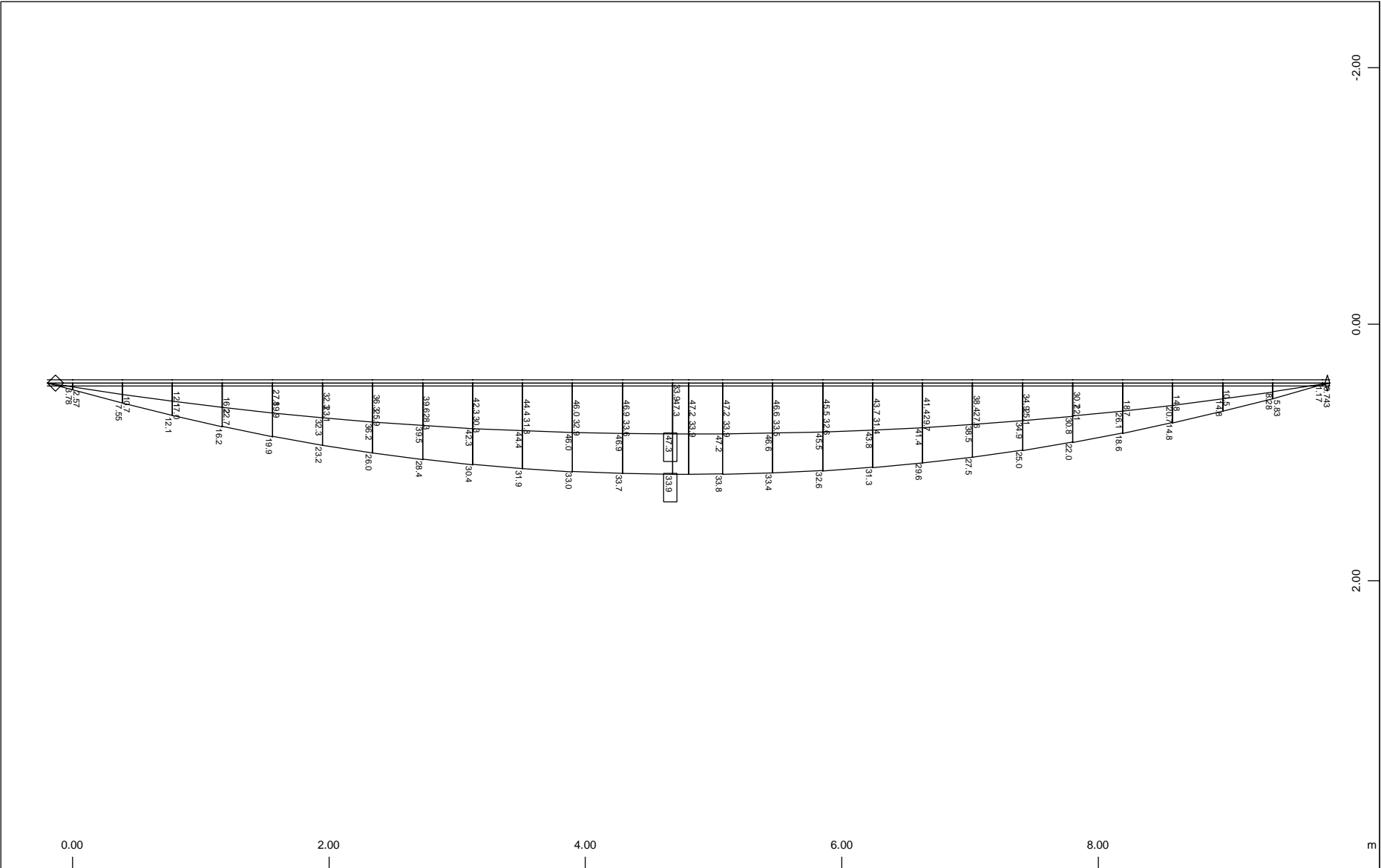


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=45.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=40.9)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

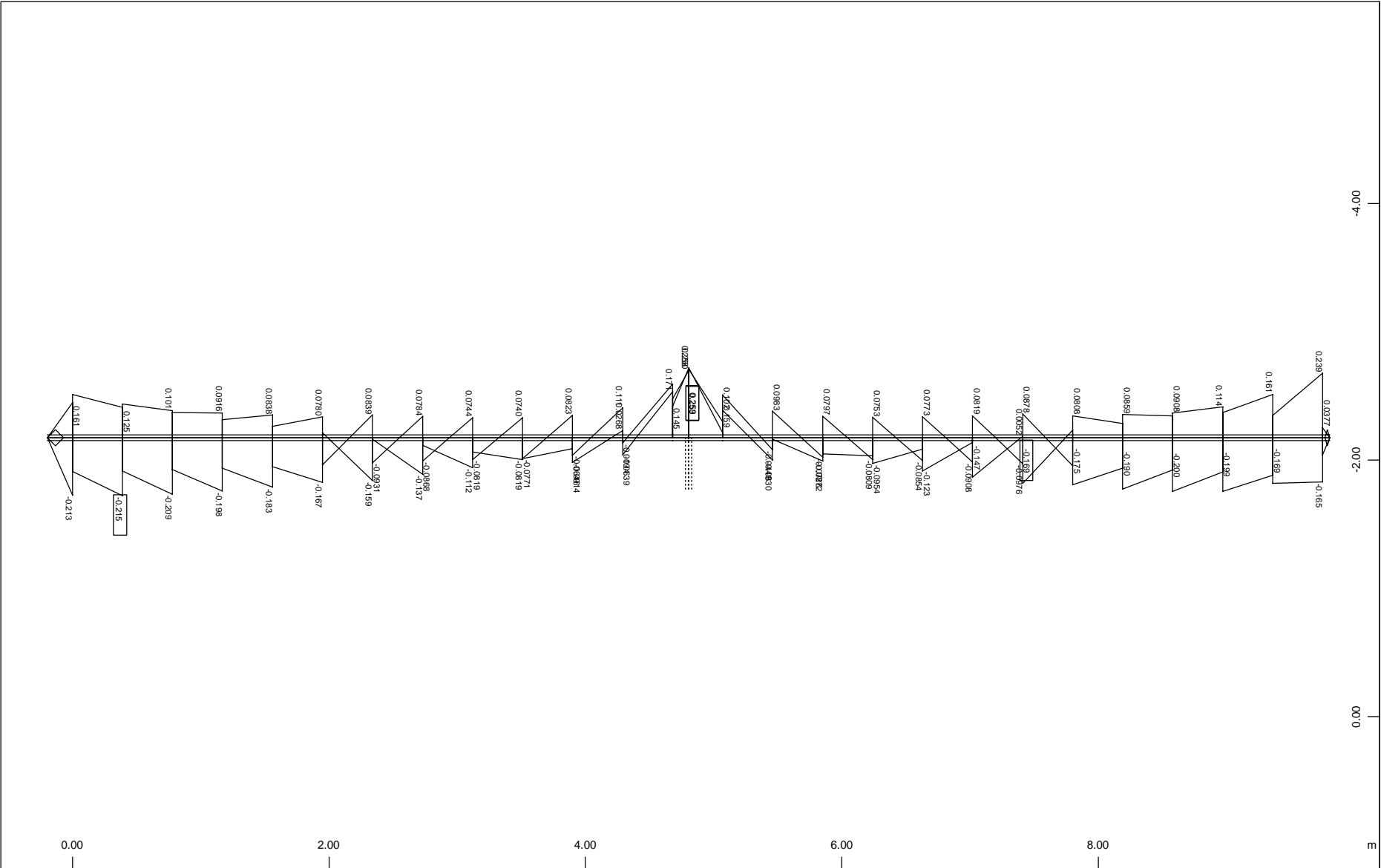


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=47.3)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=33.9)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

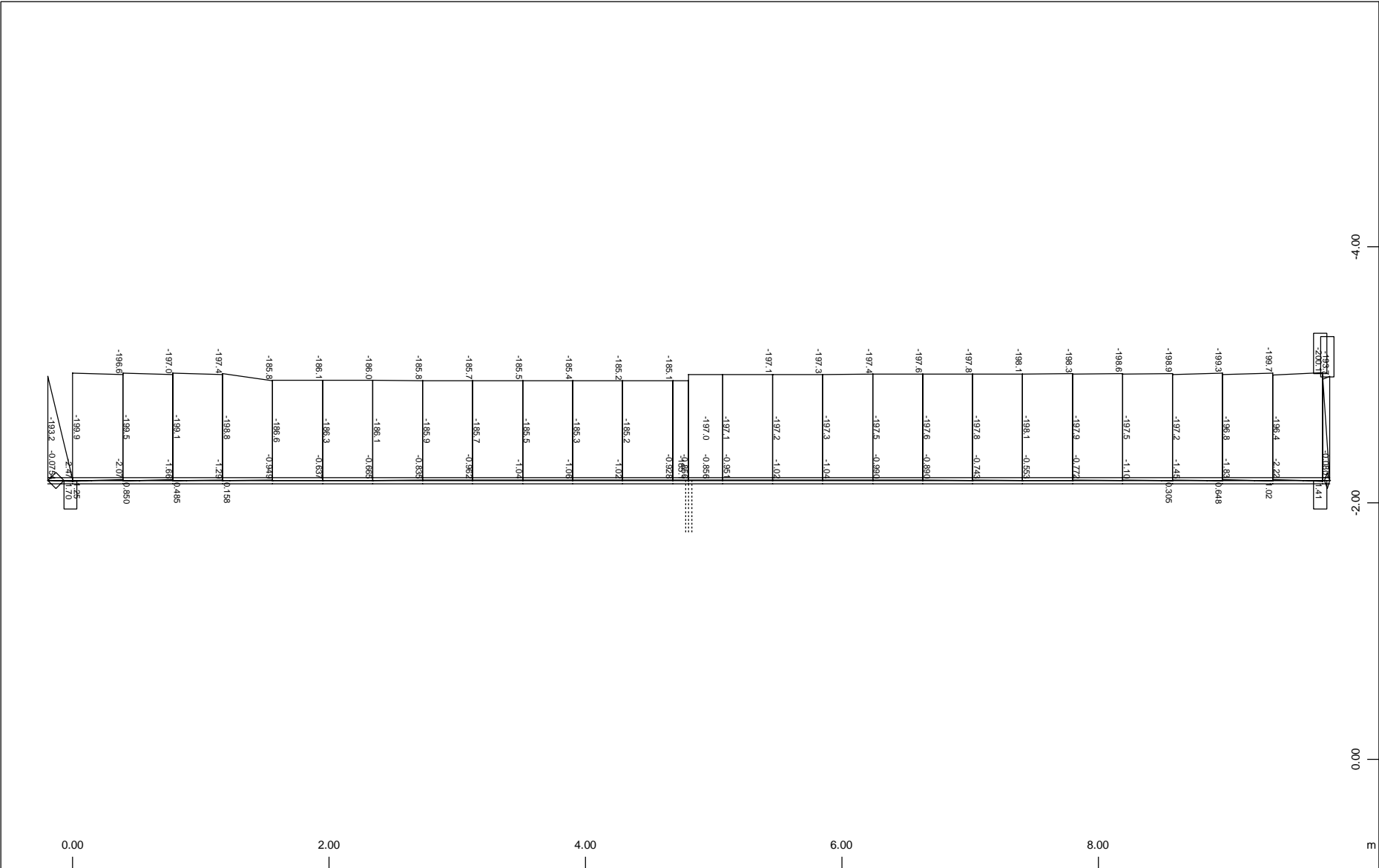


X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.169) (Max=0.259)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.215) (Max=0.253)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx

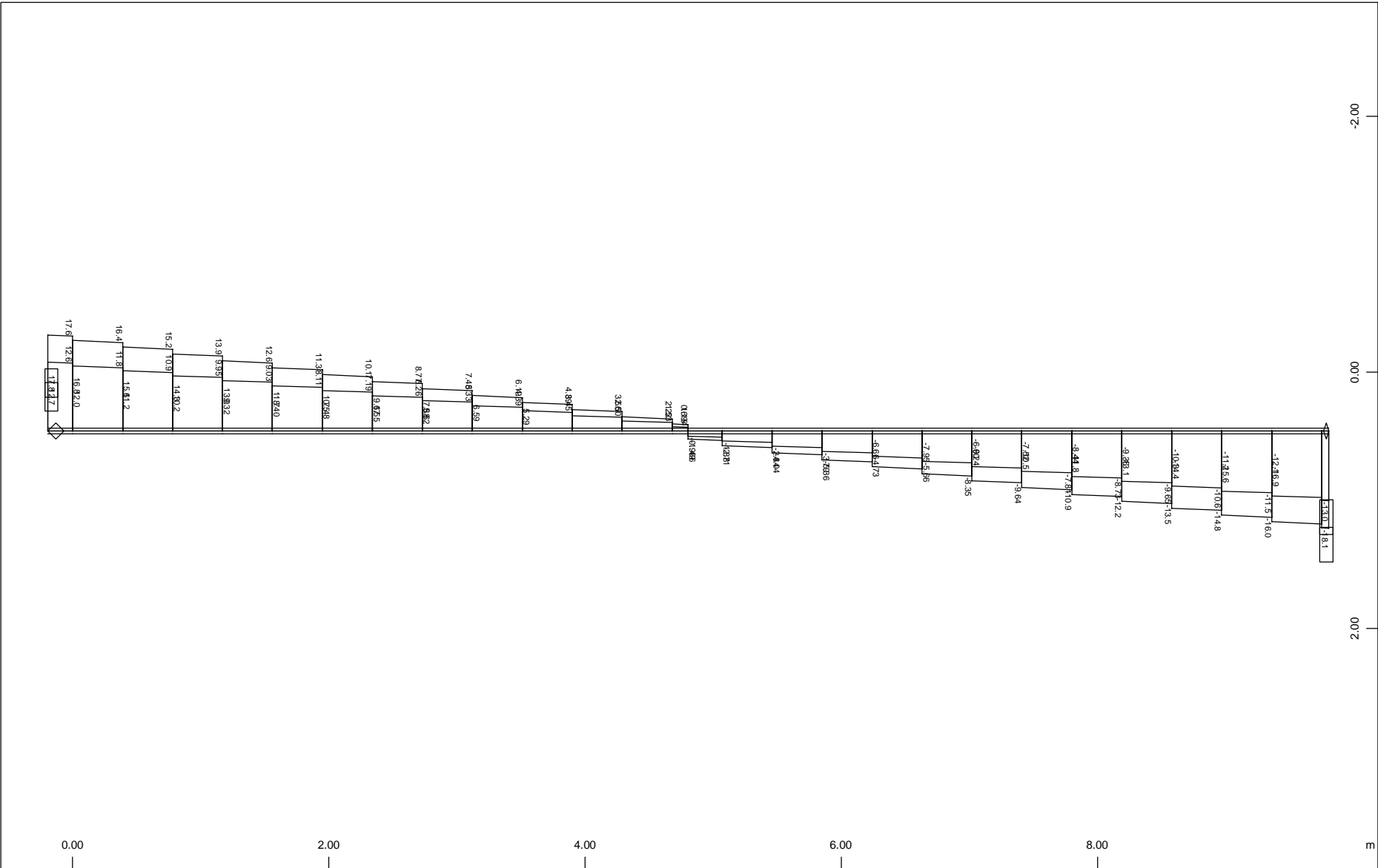


X
Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-193.7) (Max=1.41)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-200.1) (Max=1.70)

M 1 : 42

MRT_4. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

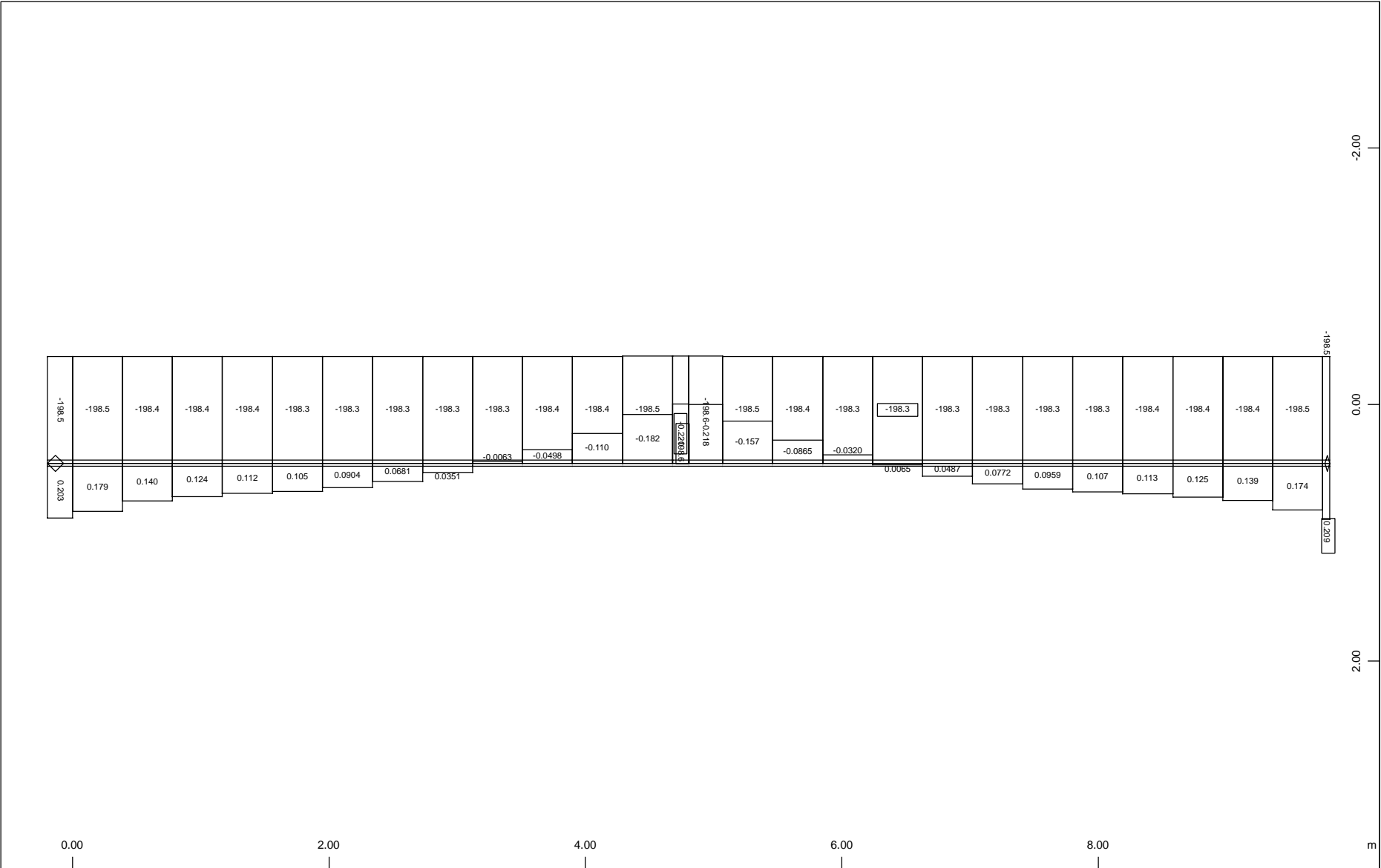


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4, 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-13.0) (Max=17.8)
Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4, 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-18.1) (Max=12.7)

M 1 : 42

Normaalivoima: Nx

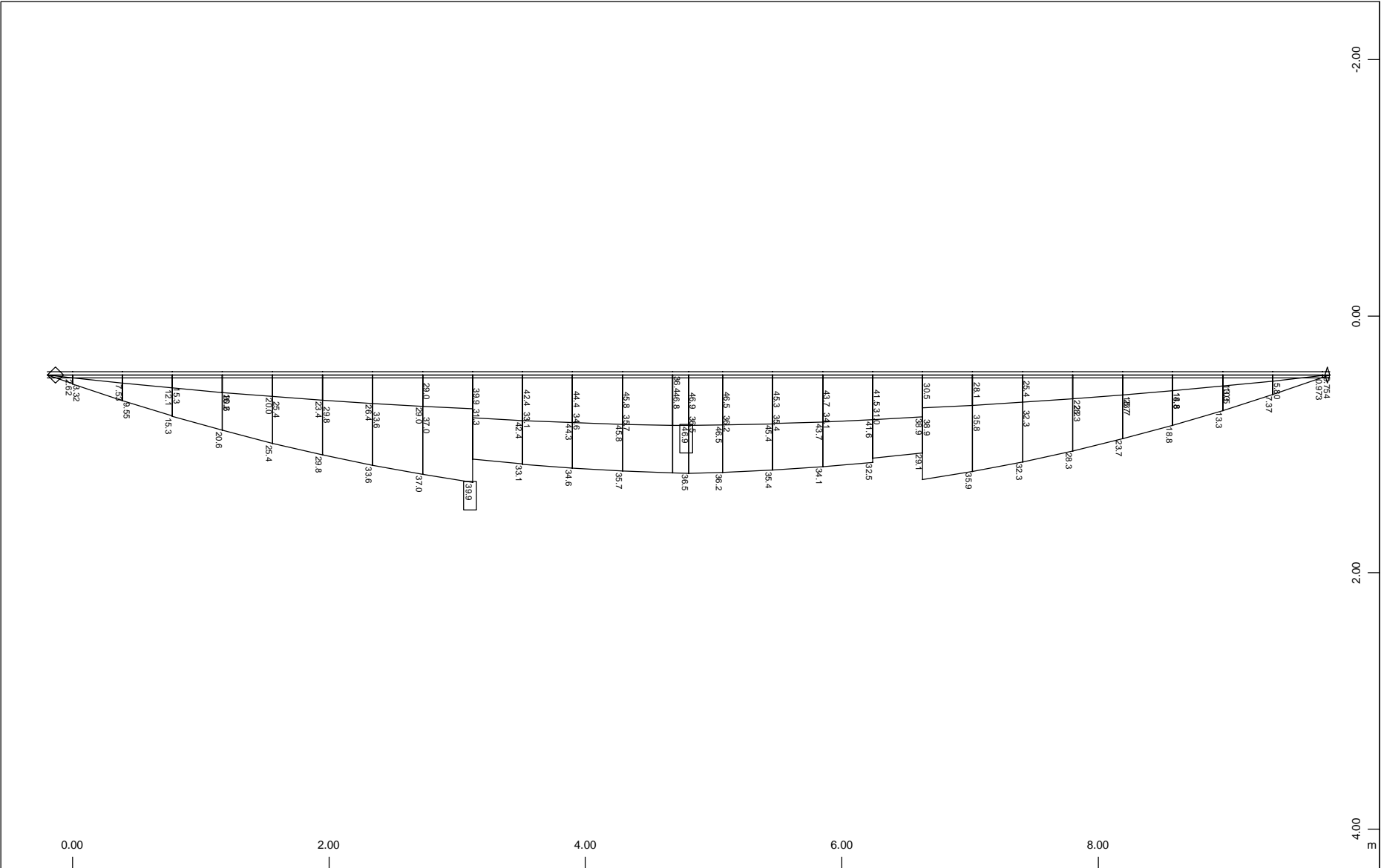


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.200 kN (Min=-0.220) (Max=0.209)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-198.6) (Max=-198.3)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

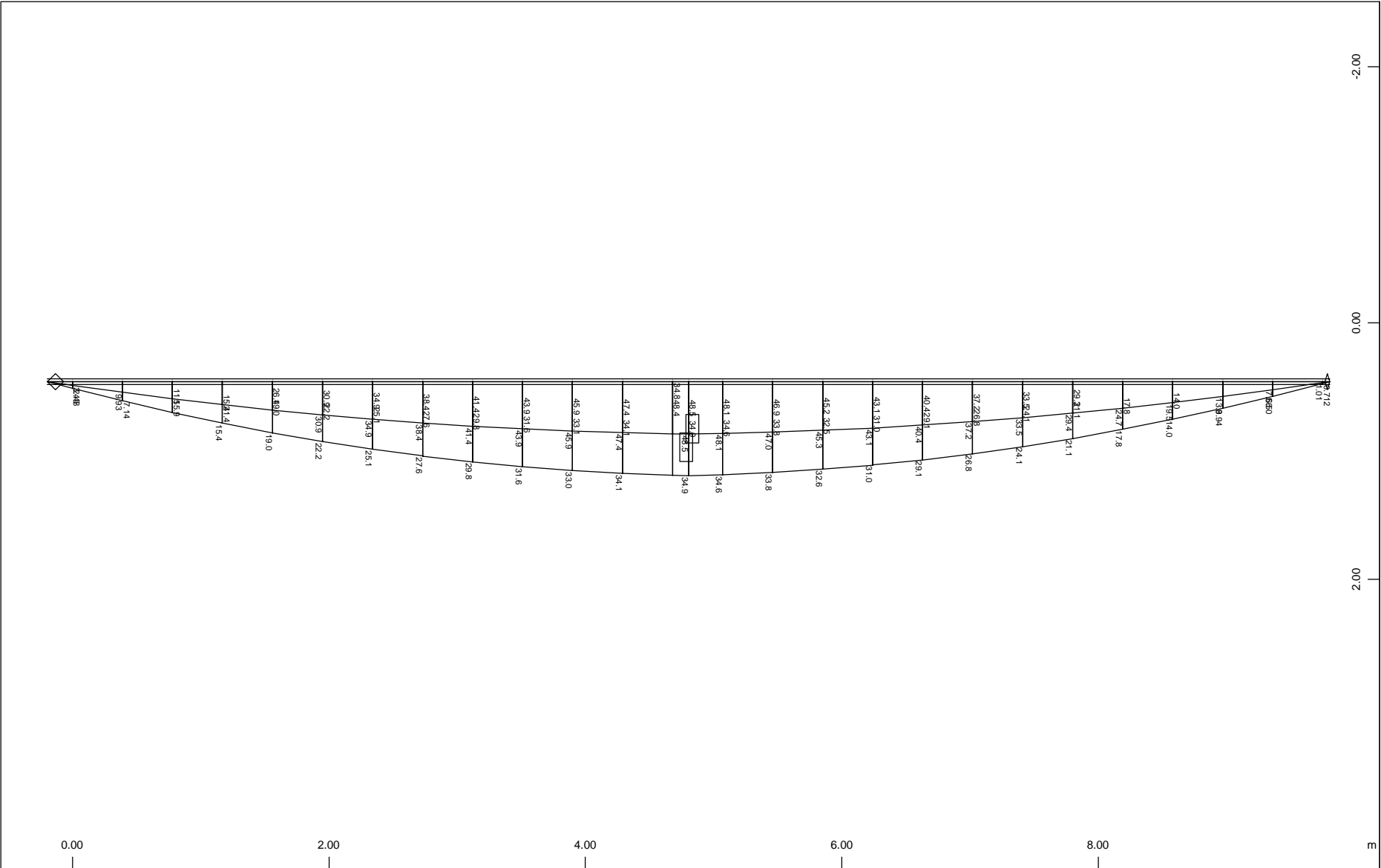


X
Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=39.9)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=46.9)

M 1 : 42

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 = 50.0 kNm (Max=48.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=34.9)

M 1 : 42

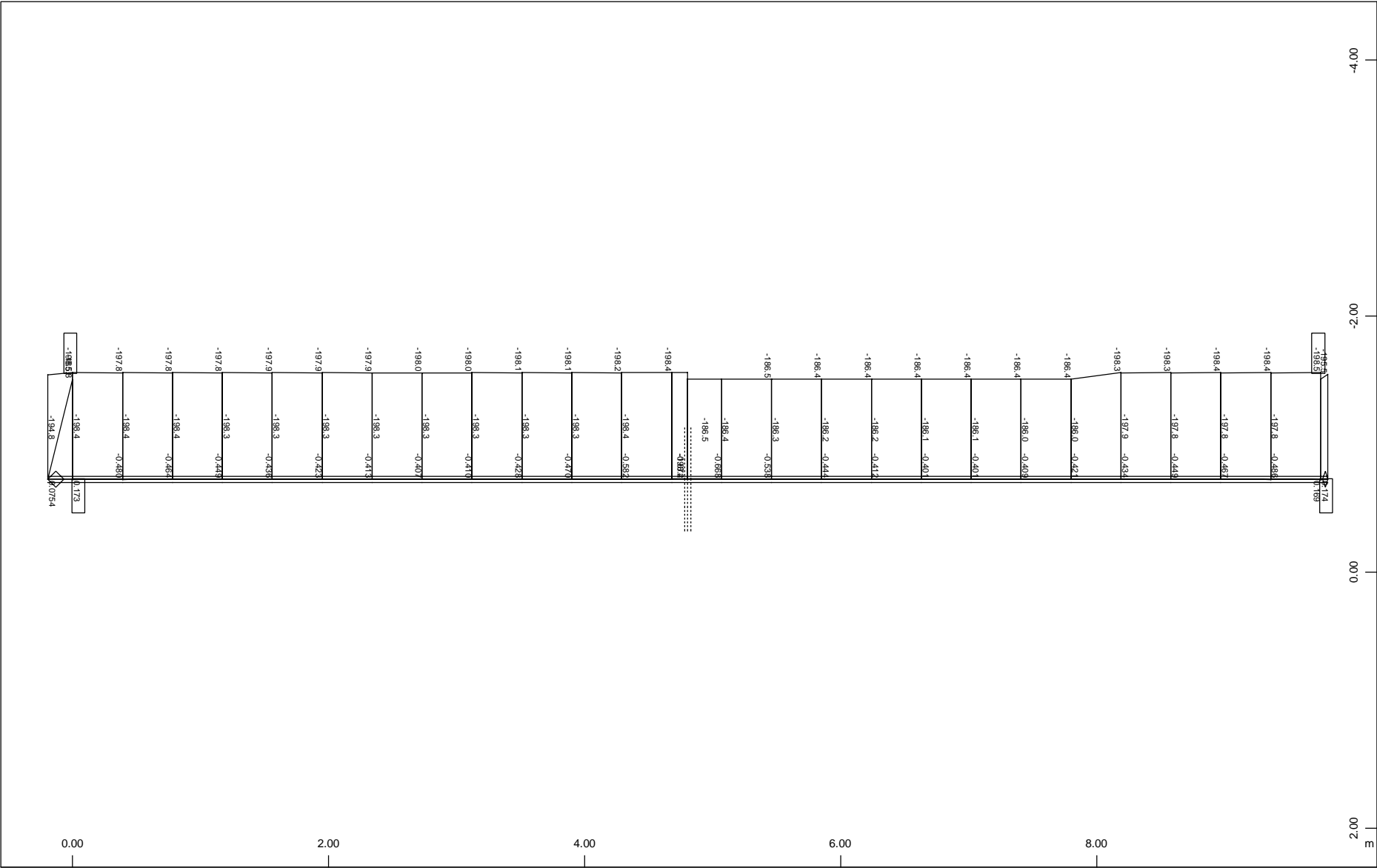


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.292) (Max=0.237)

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.278) (Max=0.304)

My vastaava normaalivoima: Nx

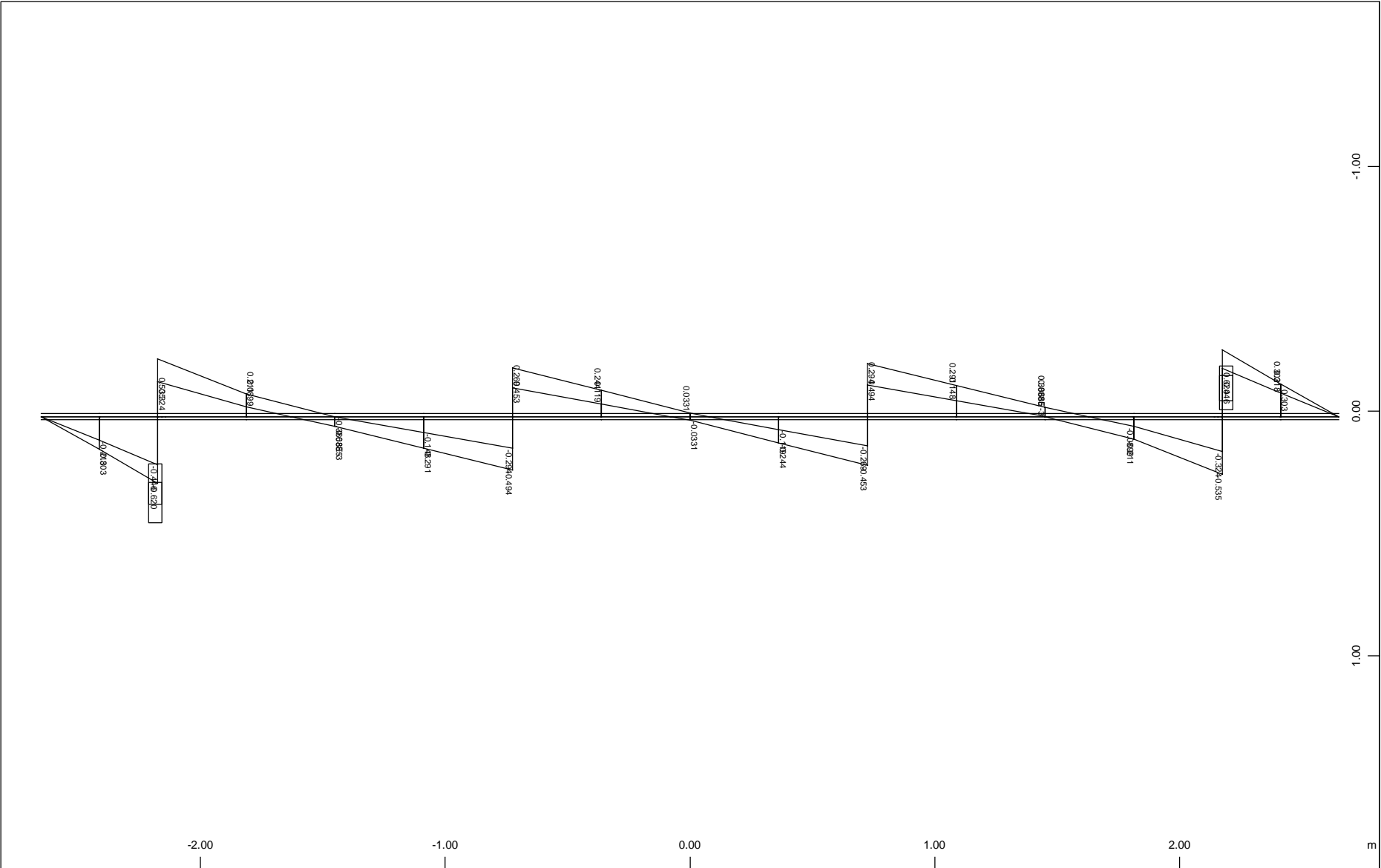


X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-198.5) (Max=0.173)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-198.5) (Max=0.174)

M 1 : 42

MRT_4. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

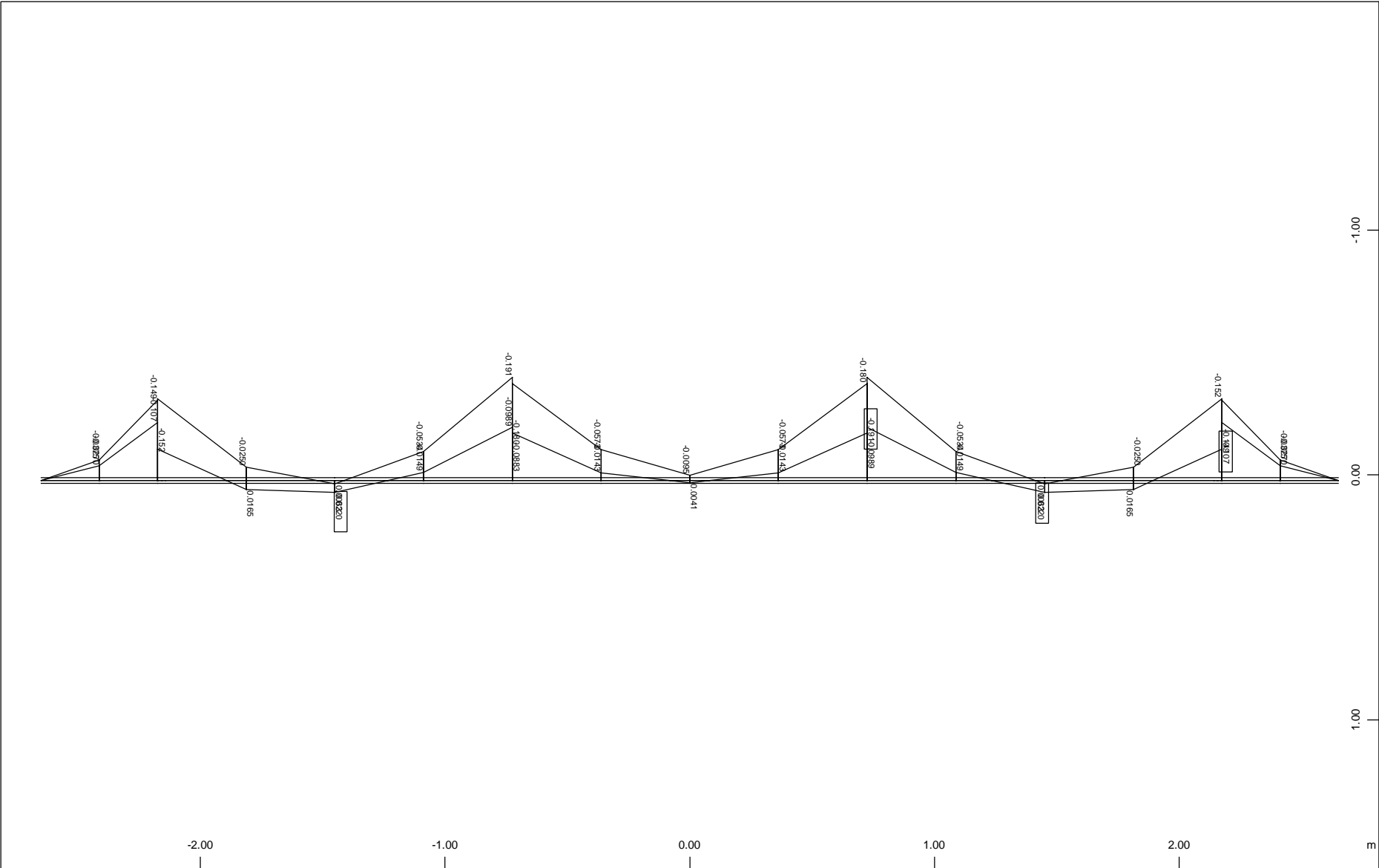


X-Y
Z

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=-0.446) (Max=0.620)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.620) (Max=0.446)

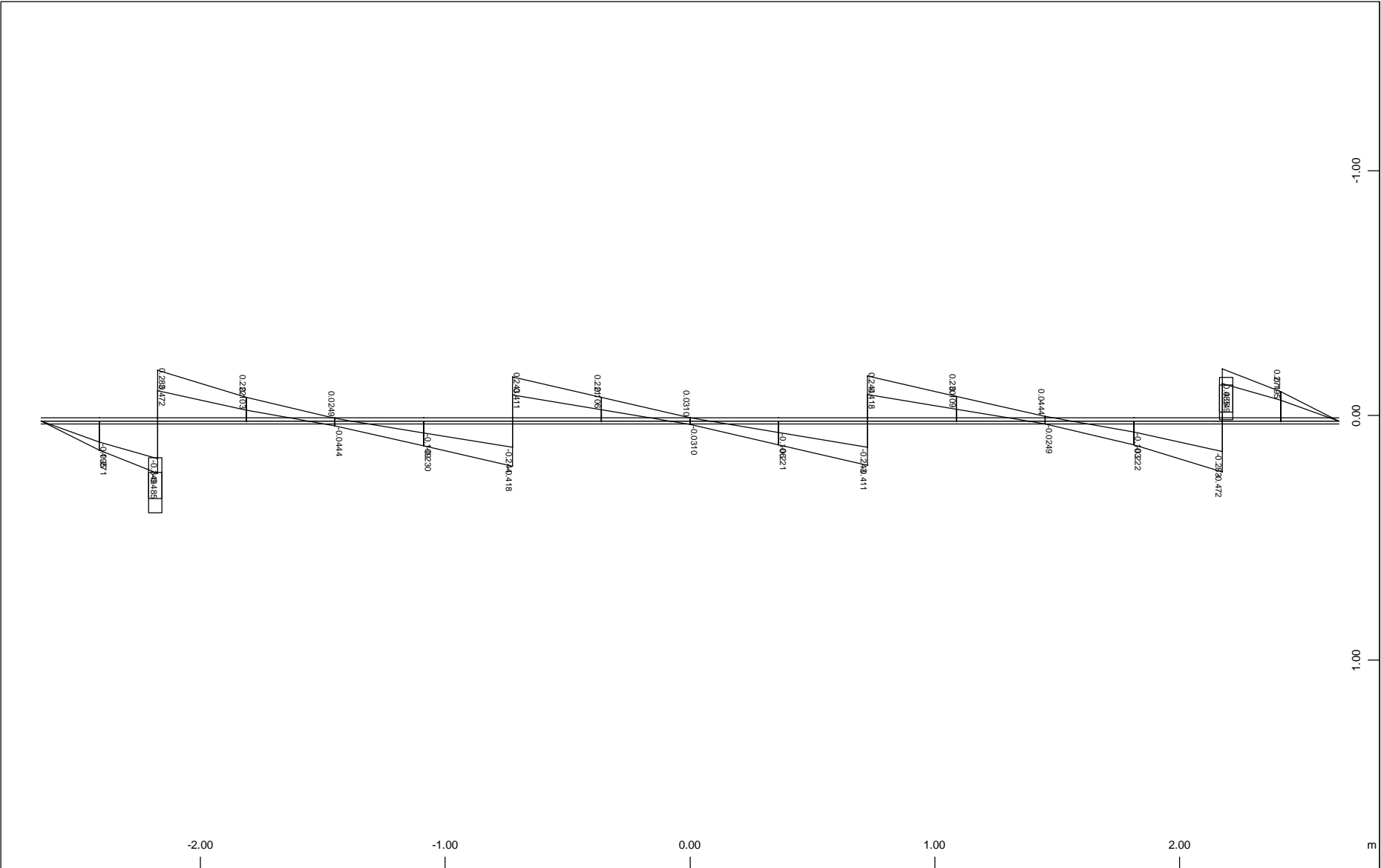
M 1 : 22

Taivutusmomentti: My



M 1 : 22

MRT_4. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

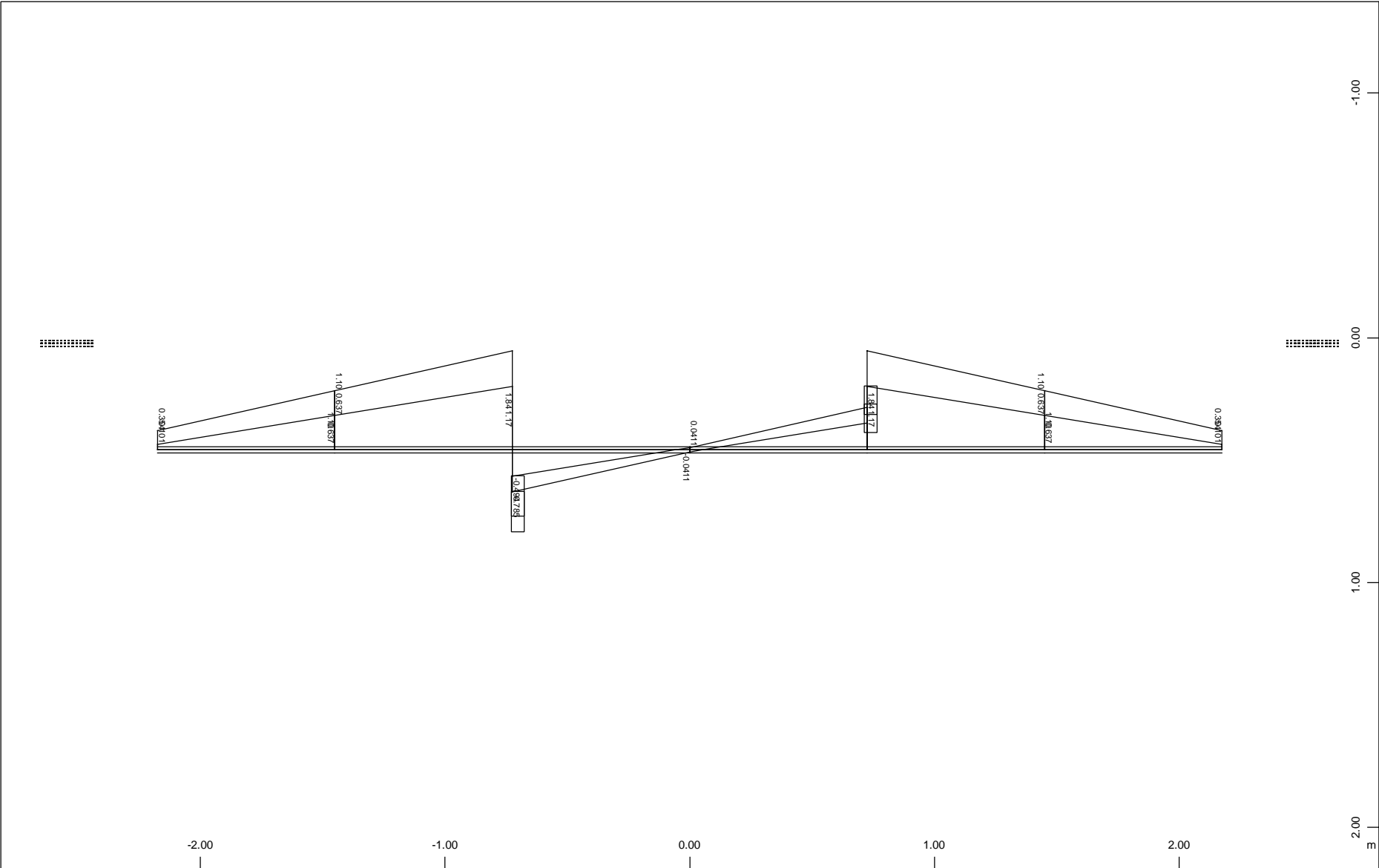
Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.349) (Max=0.485)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.485) (Max=0.349)

M 1 : 22



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.100 kNm (Min=-0.126) (Max=0.0292)

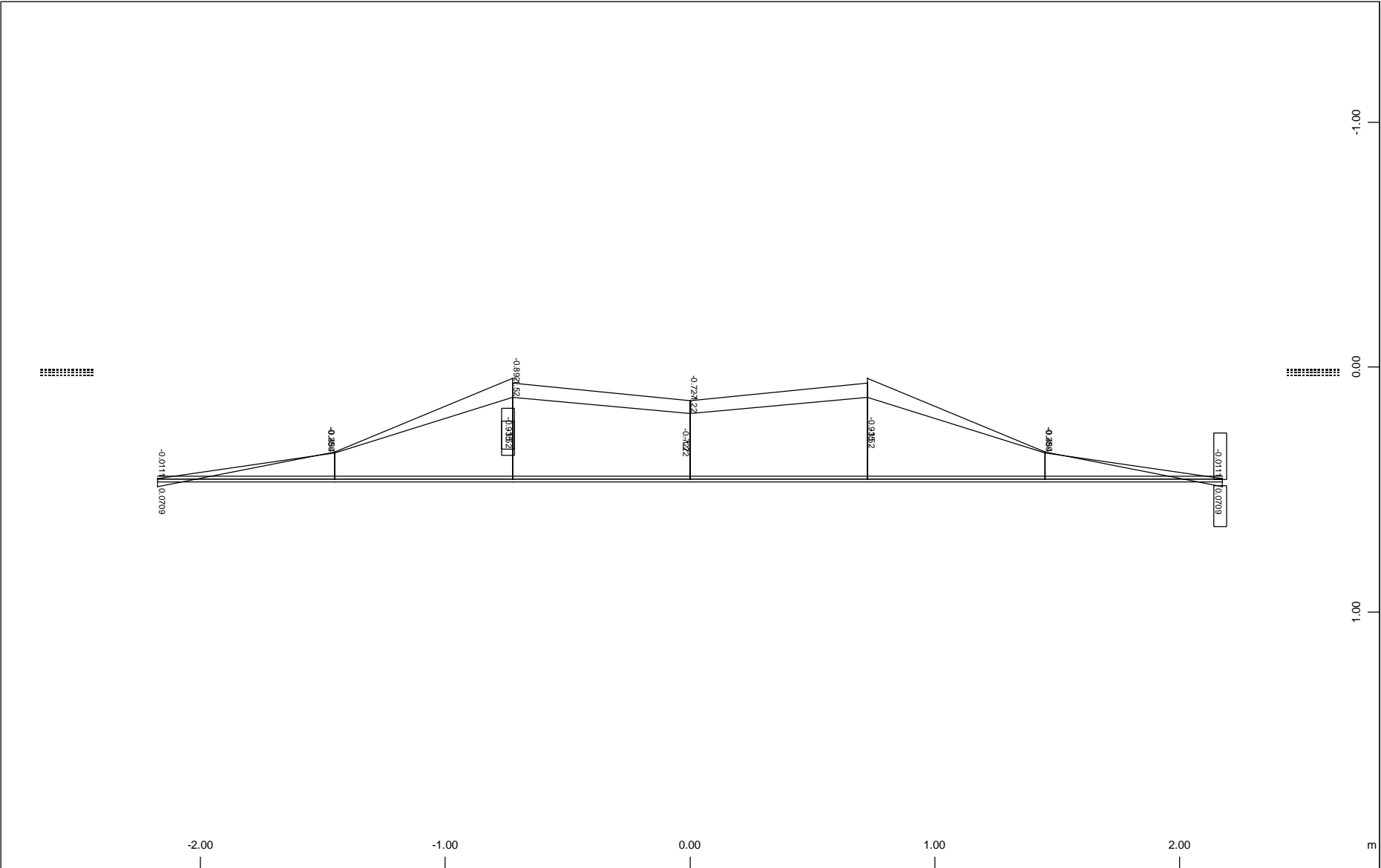
MRT_4. poikkituet. Leikkausvoima Vz



X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.494) (Max=1.84)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.785) (Max=1.17)

Taivutusmomentti: My

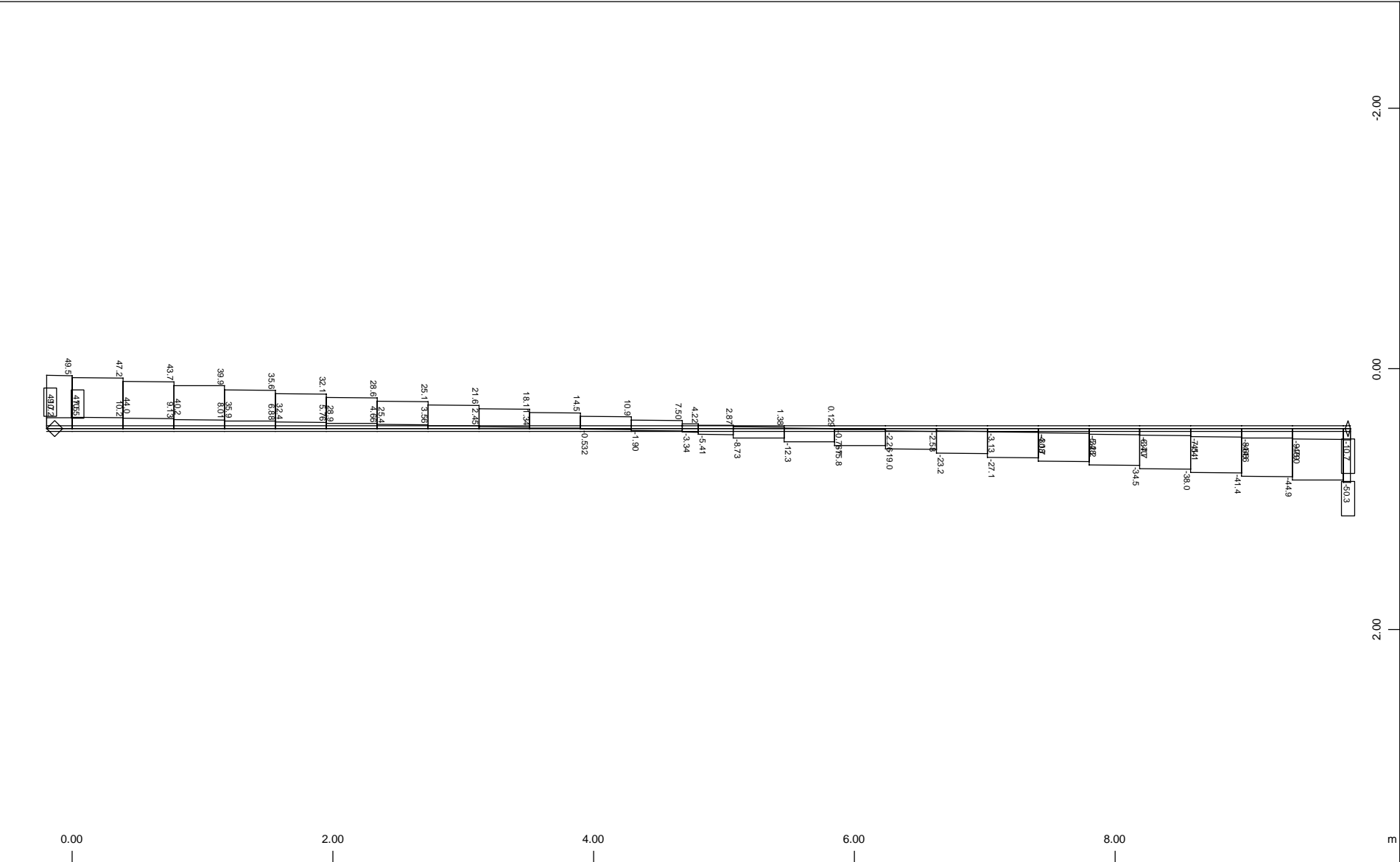


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.935) (Max=0.0709)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT_4 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.52) (Max=-0.0111)

M 1 : 22

KRT_1a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz

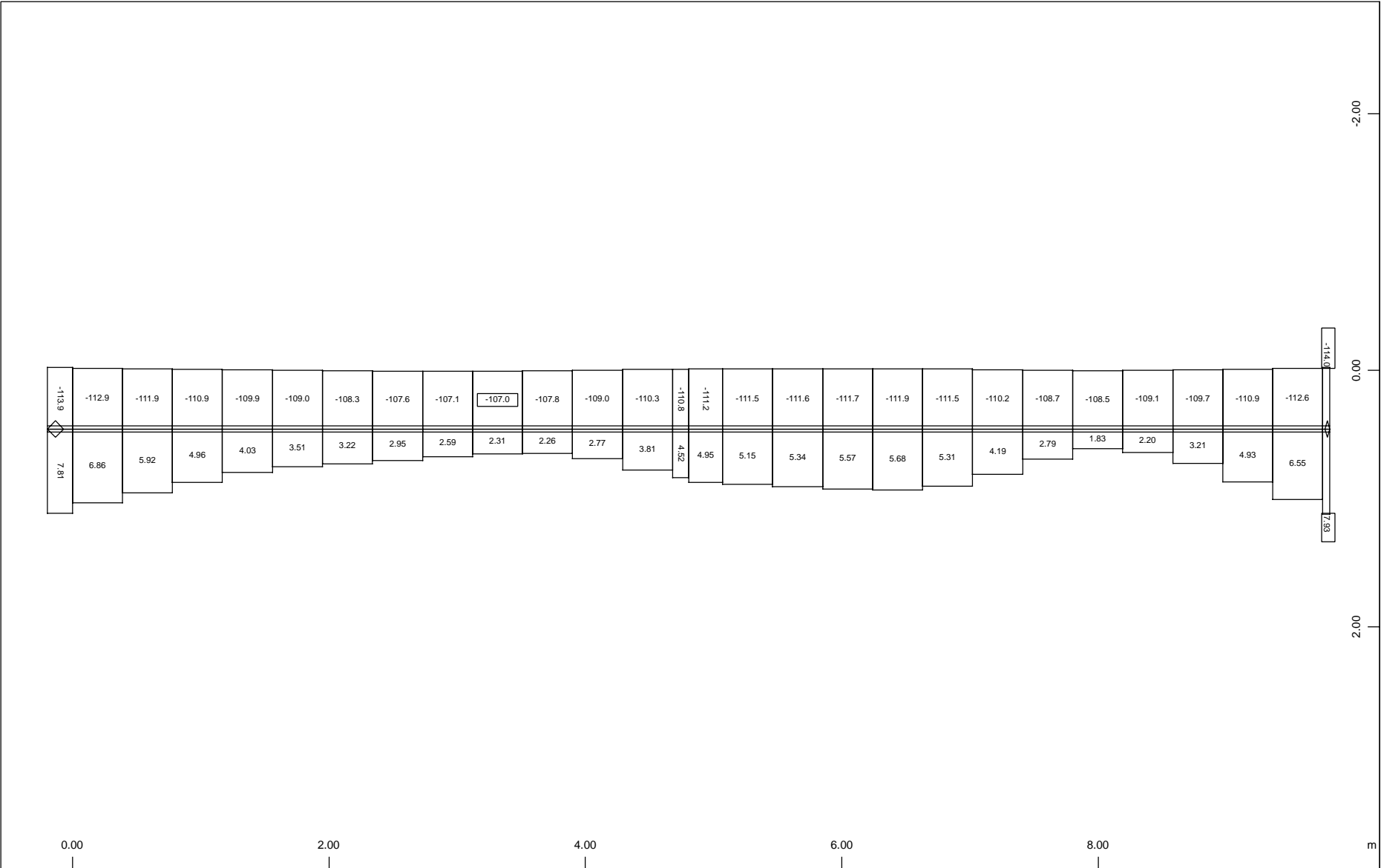


X
Y
Z

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=-10.7) (Max=49.7)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-50.3) (Max=10.5)

M 1 : 41

Normaalivoima: Nx

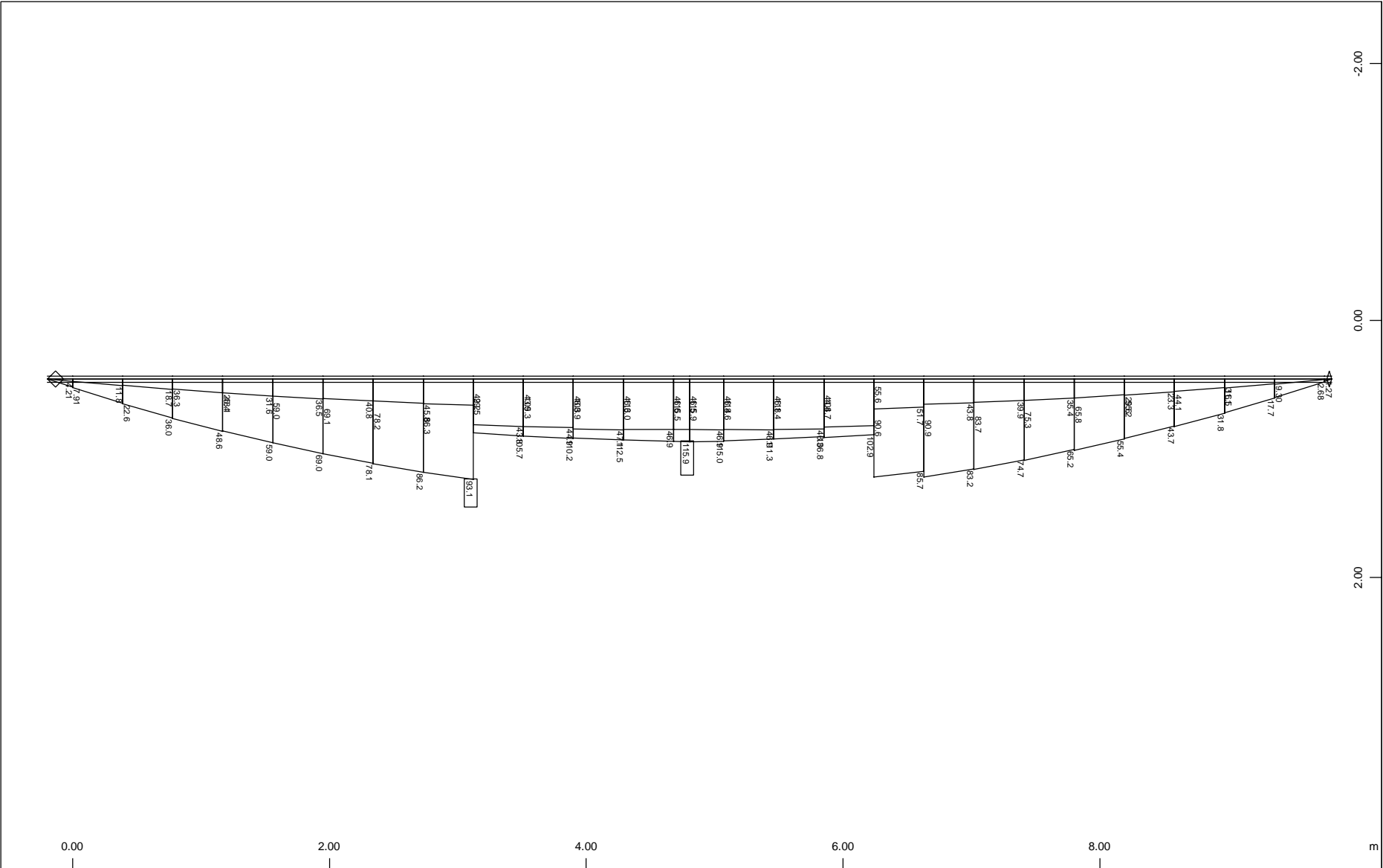


Y-X
Z

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=7.93)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-114.0) (Max=-107.0)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

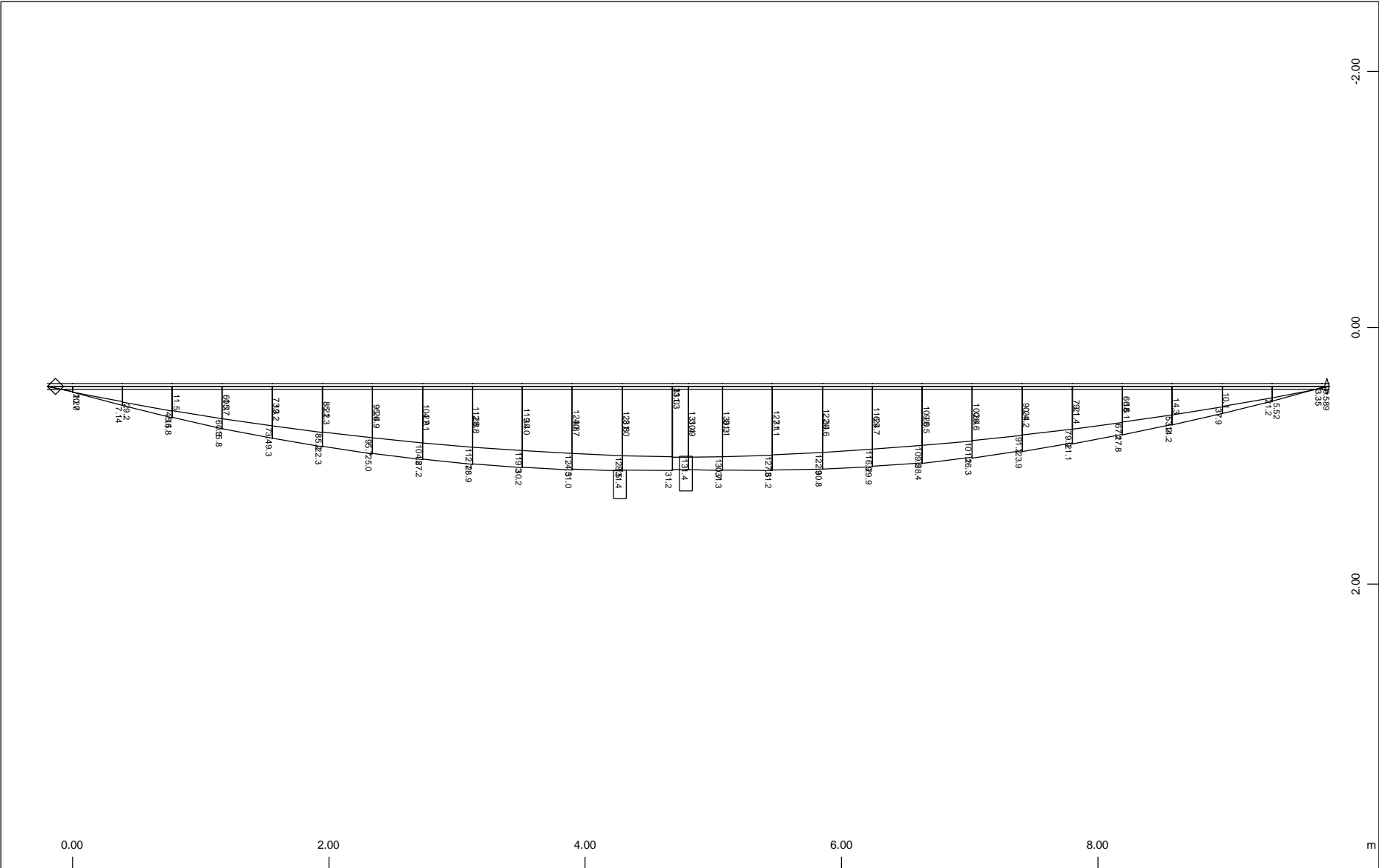


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=93.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=115.9)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

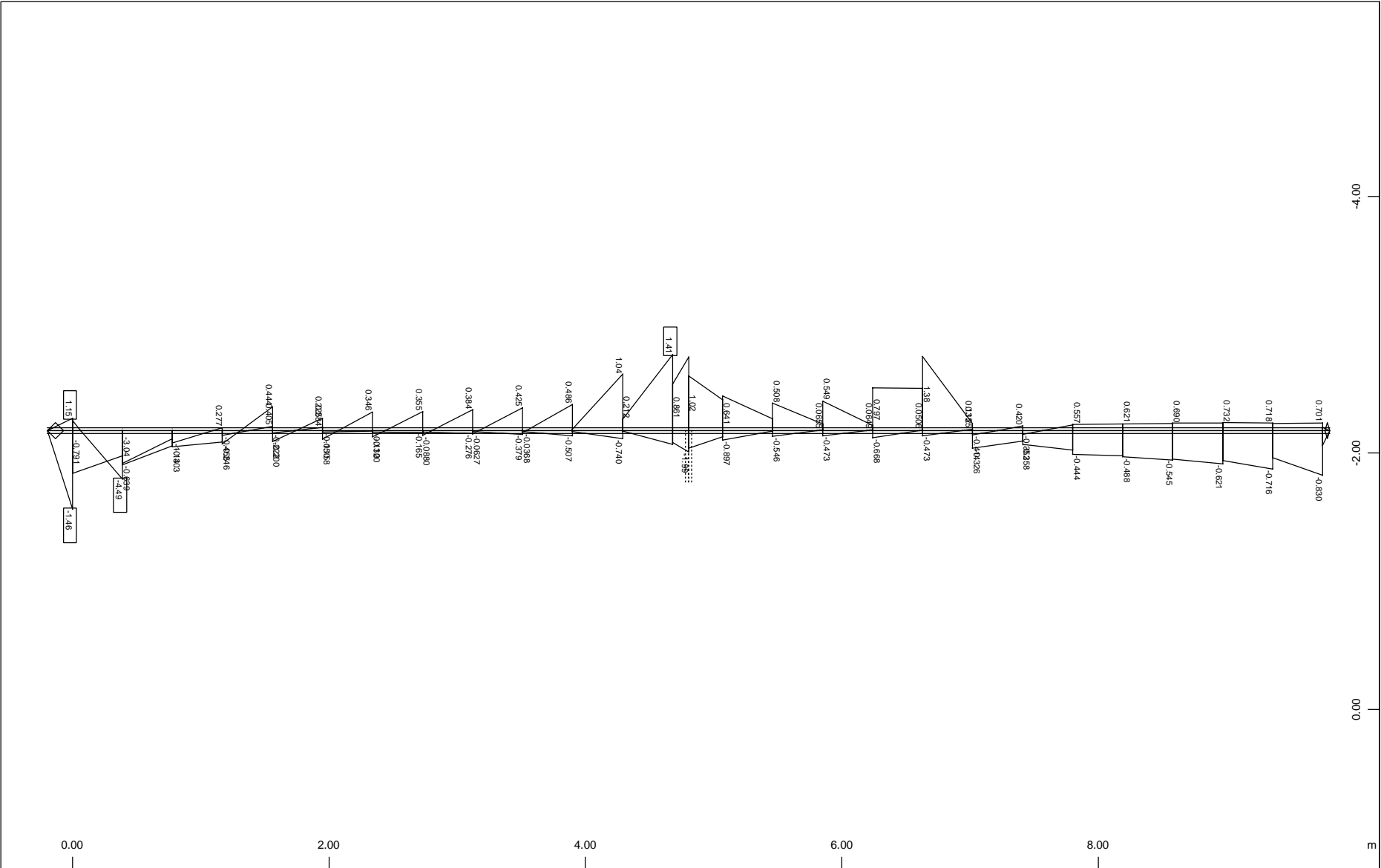


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=131.4)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=31.4)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

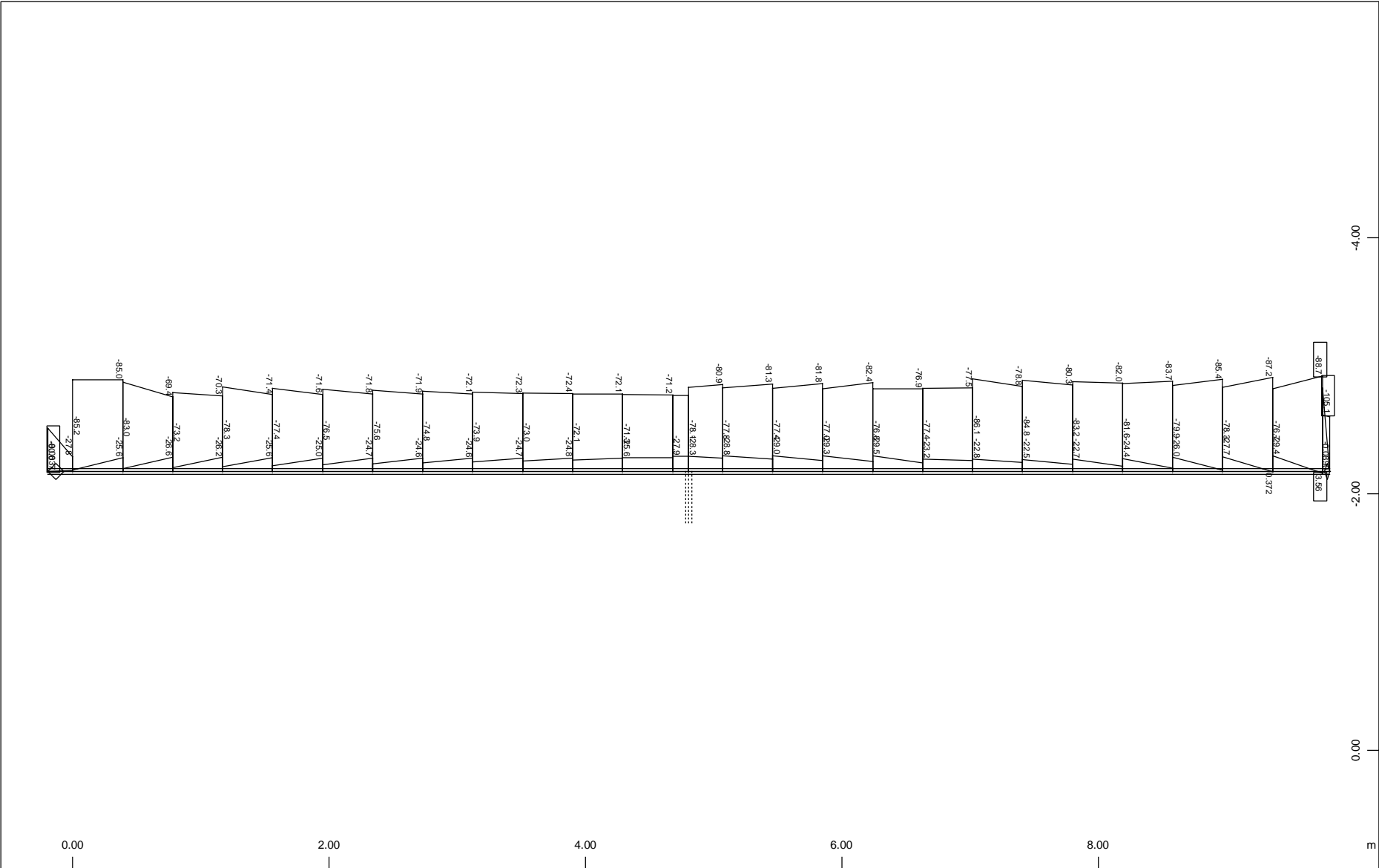


Z-X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.49) (Max=1.15)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.46) (Max=1.41)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx



X
Y

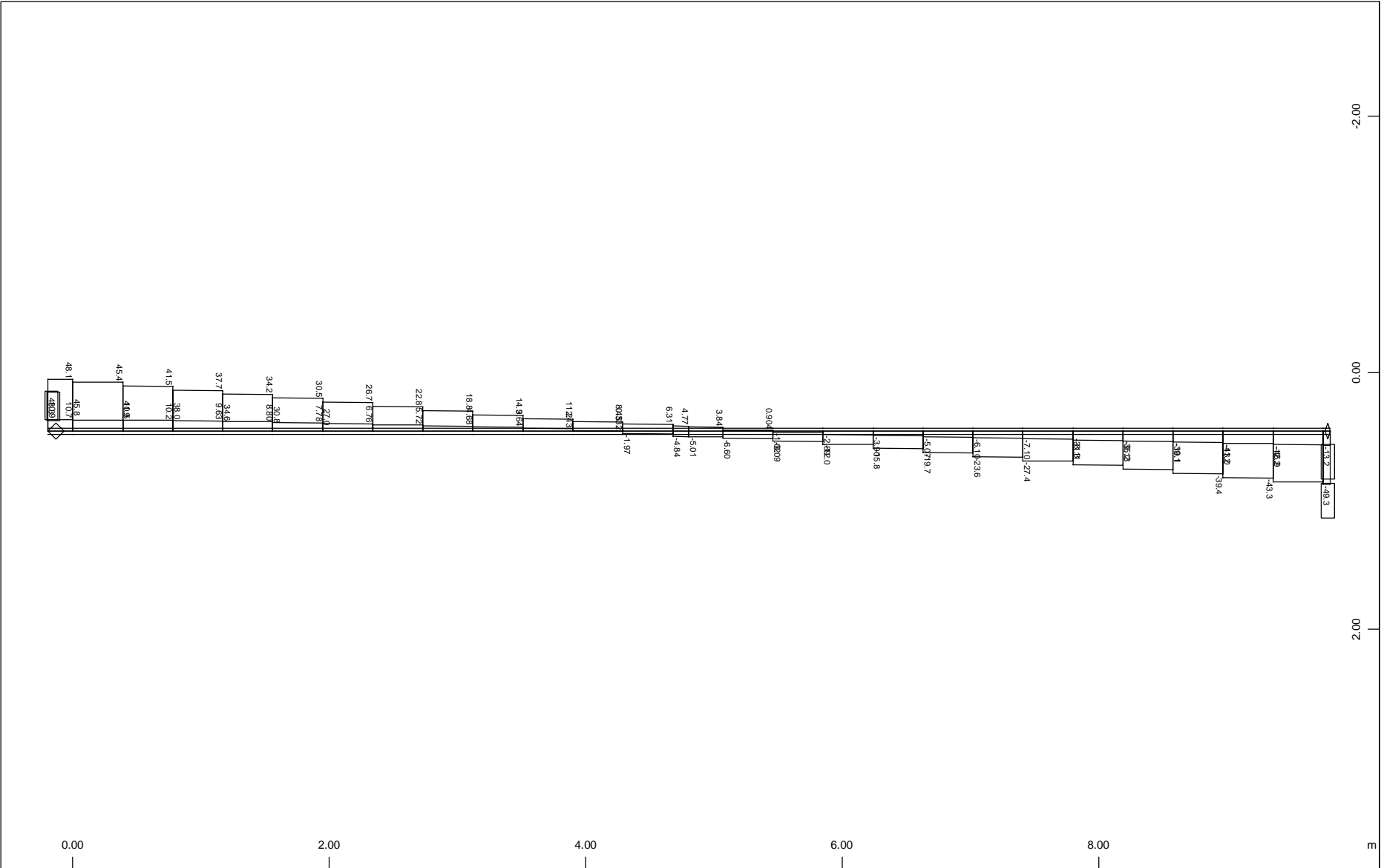
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-105.1) (Max=3.56)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-88.7) (Max=-0.0837)

M 1 : 42

KRT_1a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

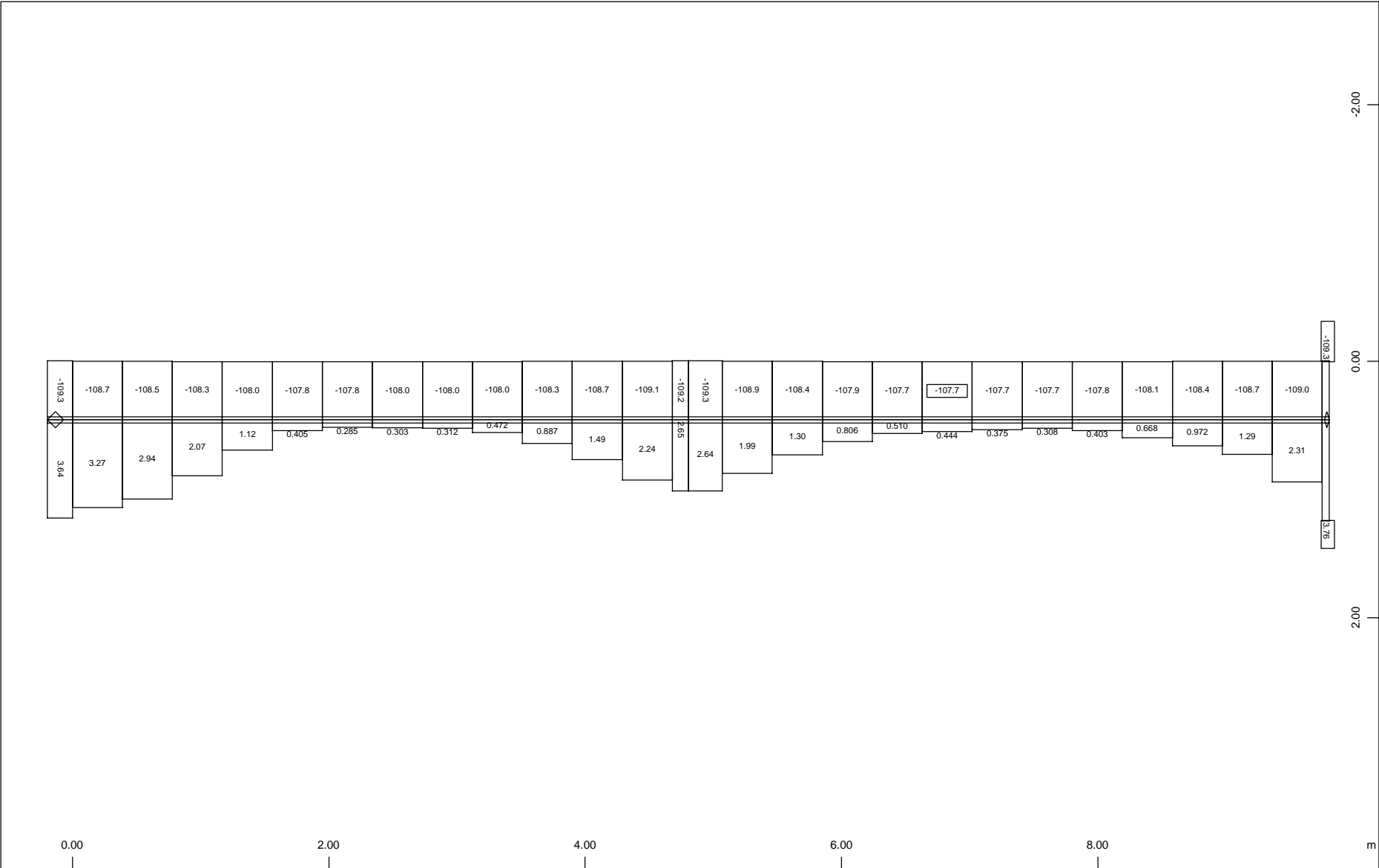


Y-X
Z

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=-13.2) (Max=48.3)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-49.3) (Max=10.9)

M 1 : 42

Normaalivoima: Nx

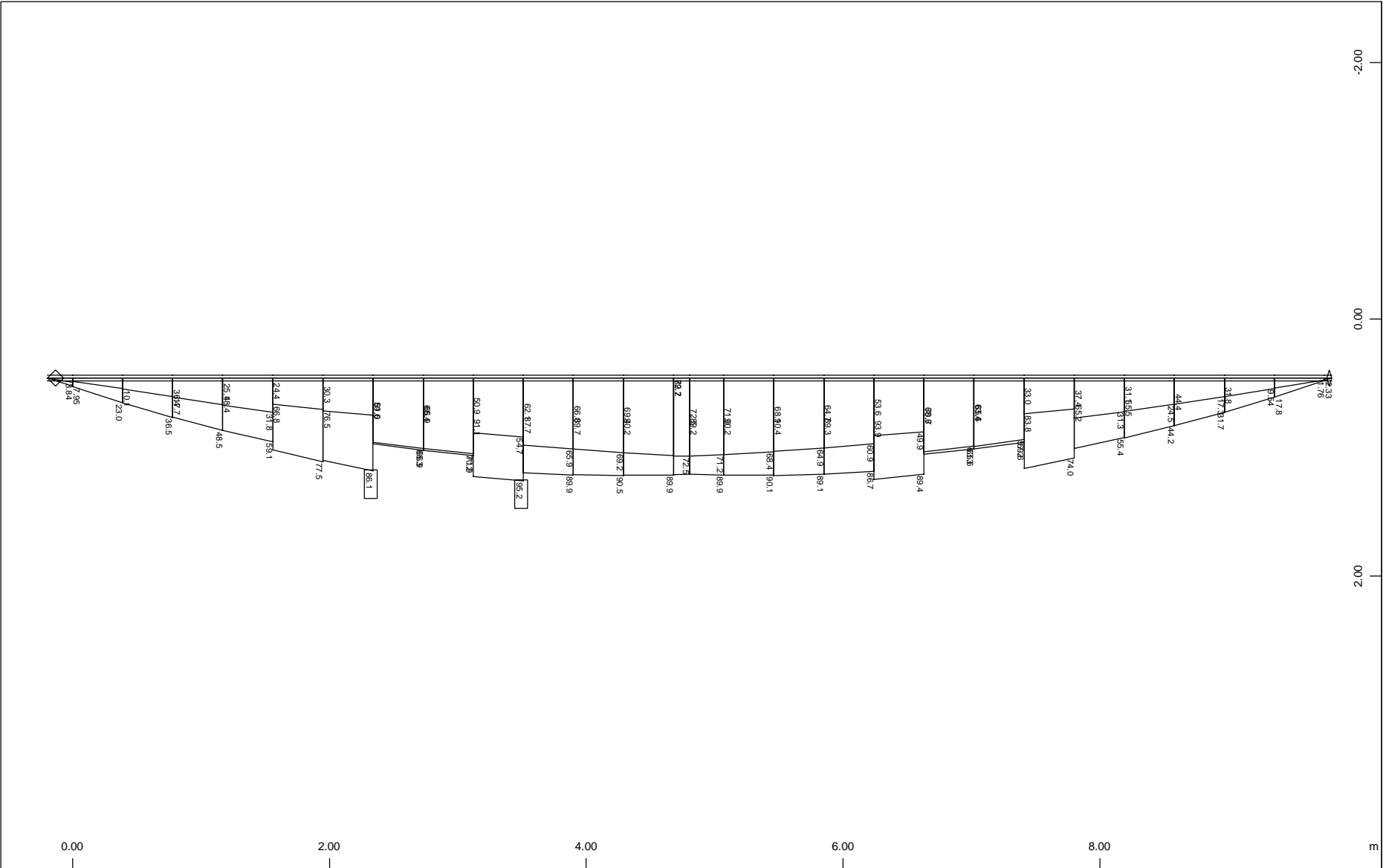


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Max=3.76)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-109.3) (Max=-107.7)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

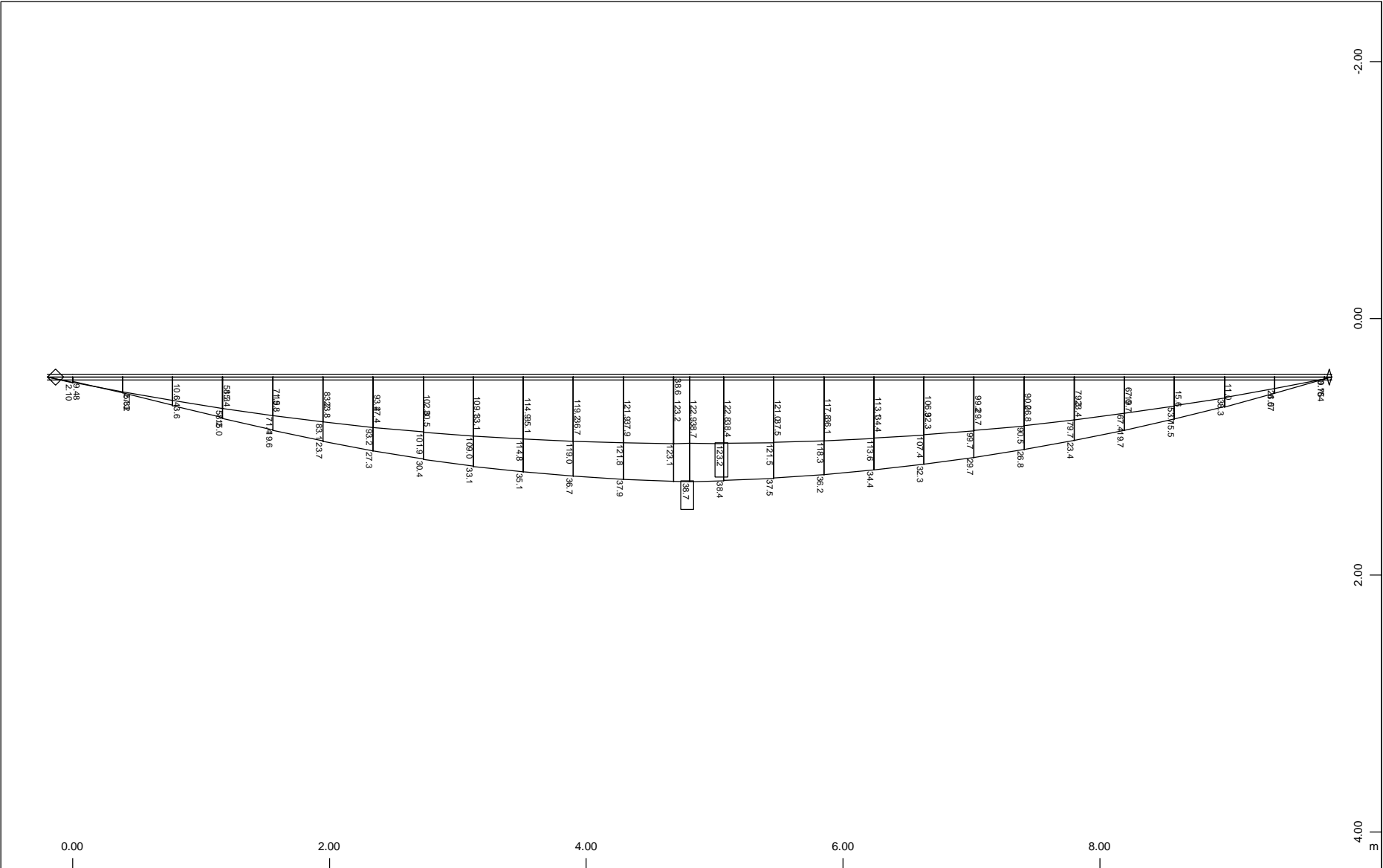


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=95.2)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=86.1)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

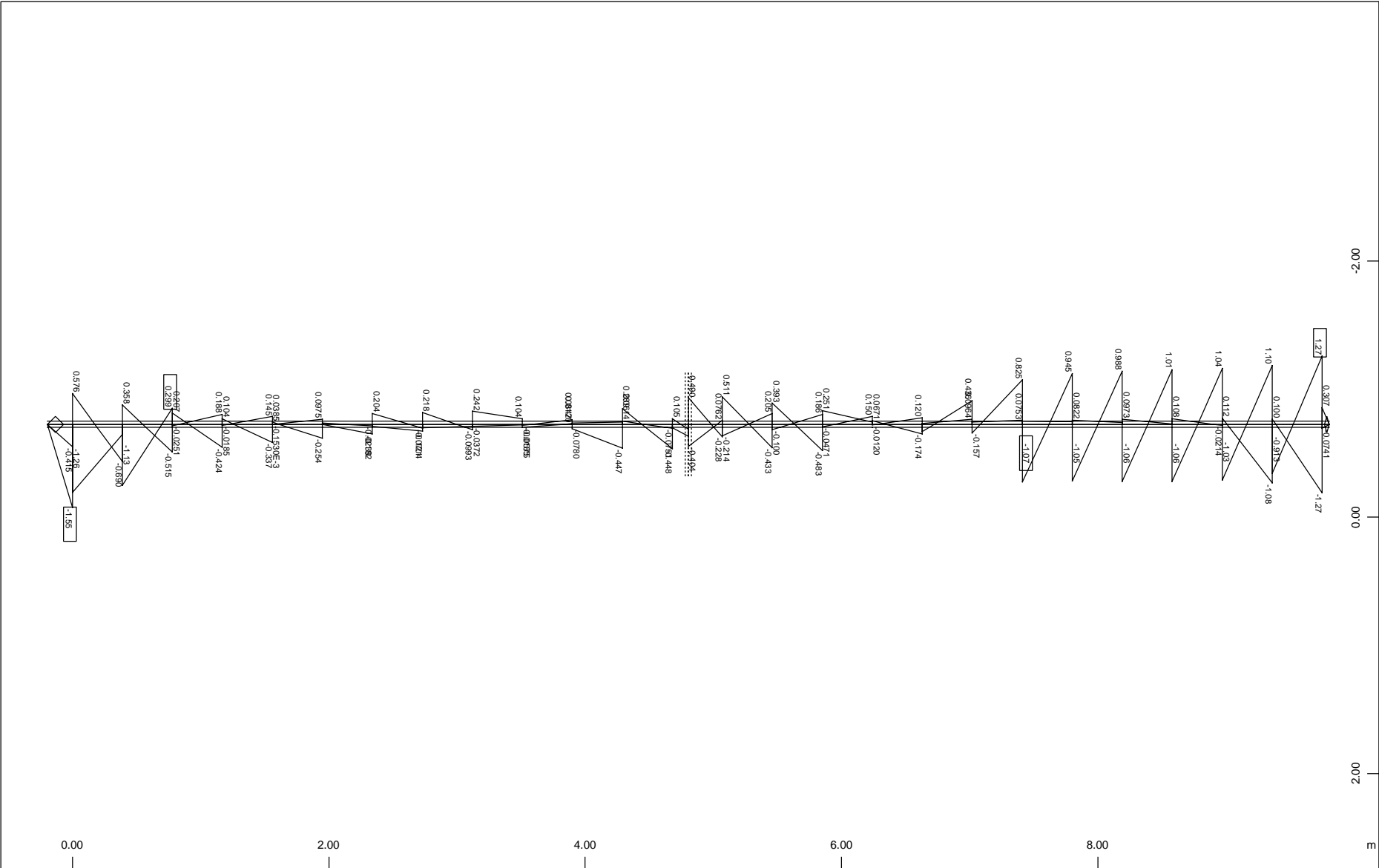


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=123.2)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=38.7)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

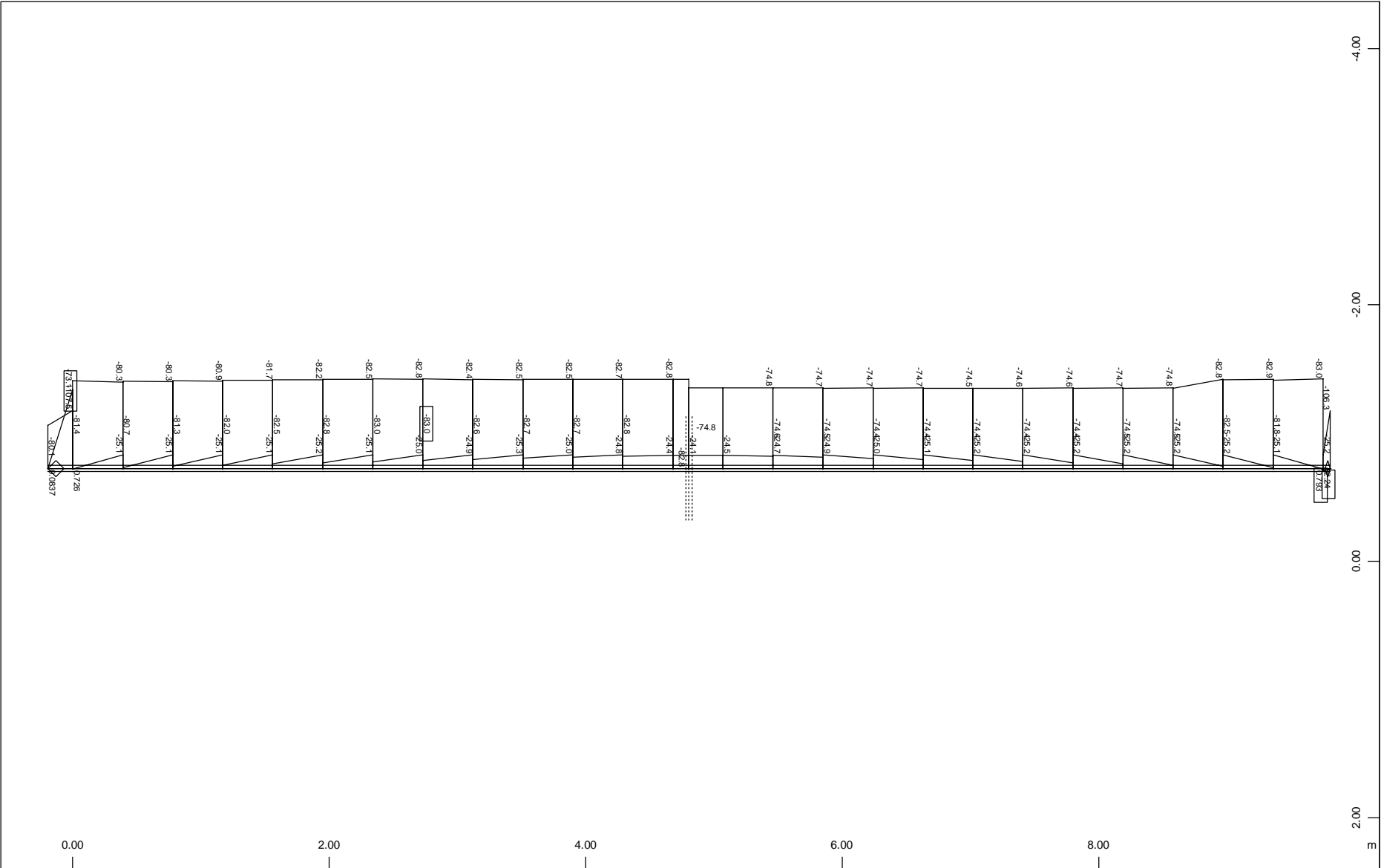


Z-X
Y

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.55) (Max=0.299)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.07) (Max=1.27)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx



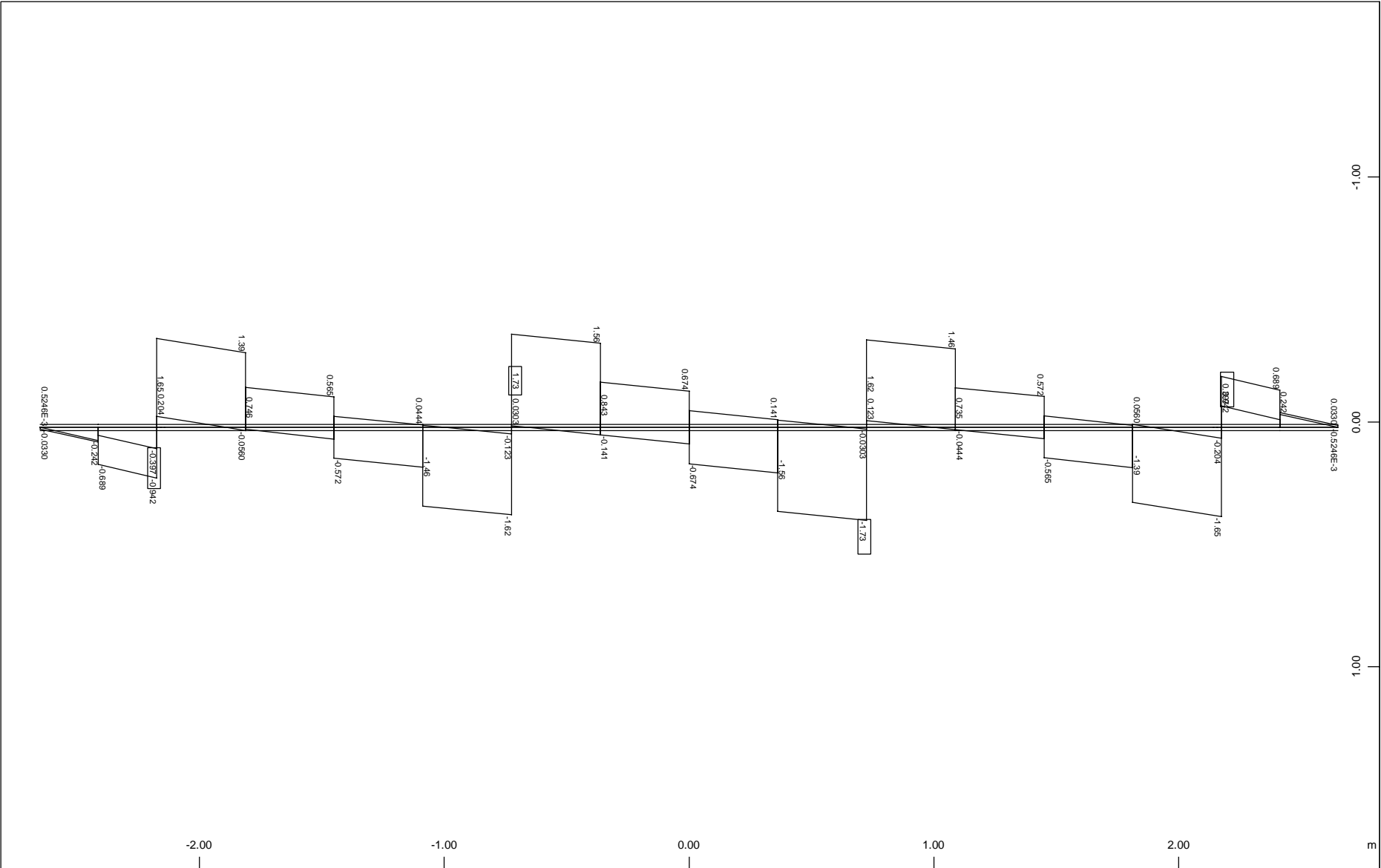
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-107.5) (Max=0.793)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-83.0) (Max=2.24)

M 1 : 42

KRT_1a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

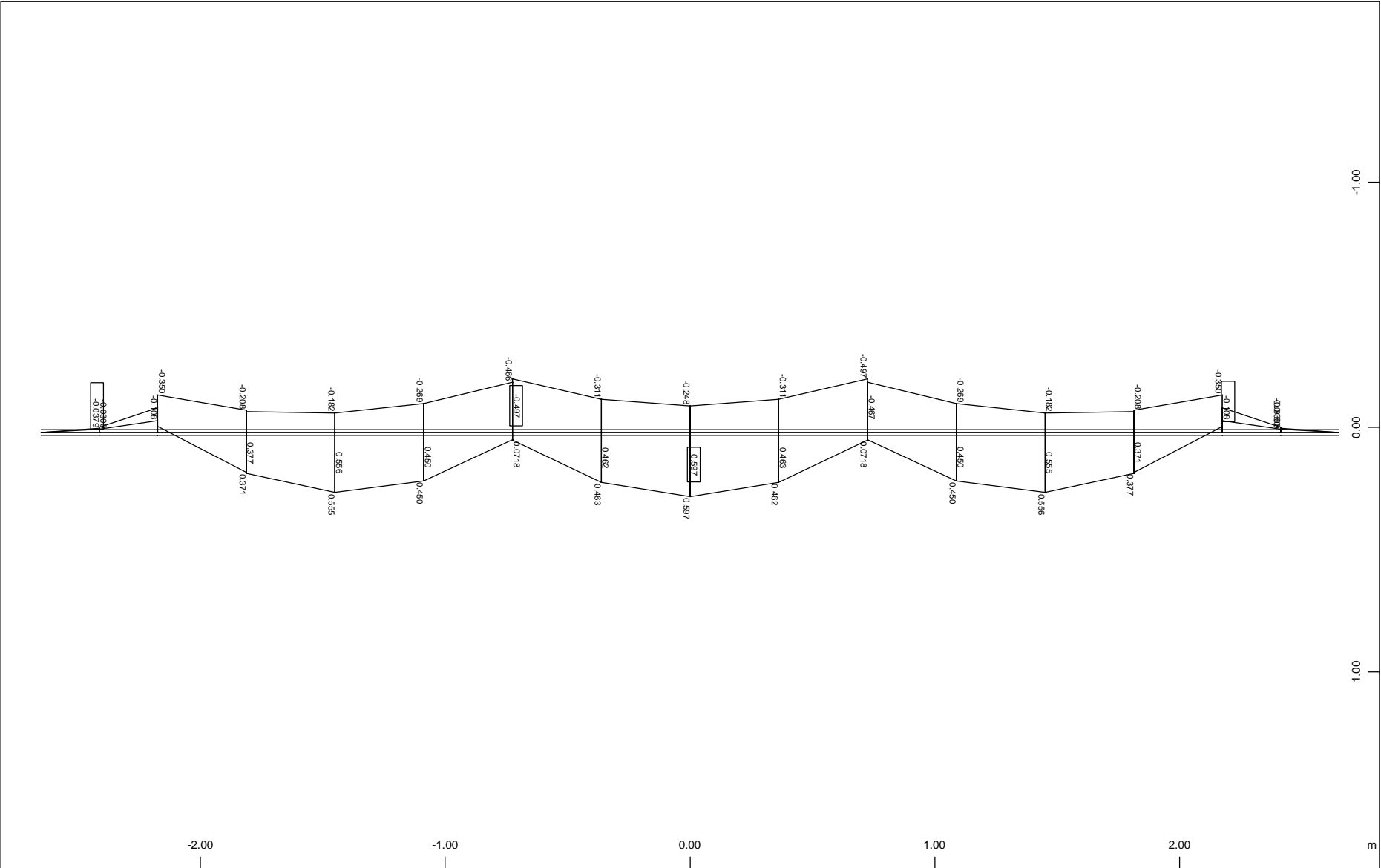


X-Y
Z

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=-0.397) (Max=1.73)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-1.73) (Max=0.397)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

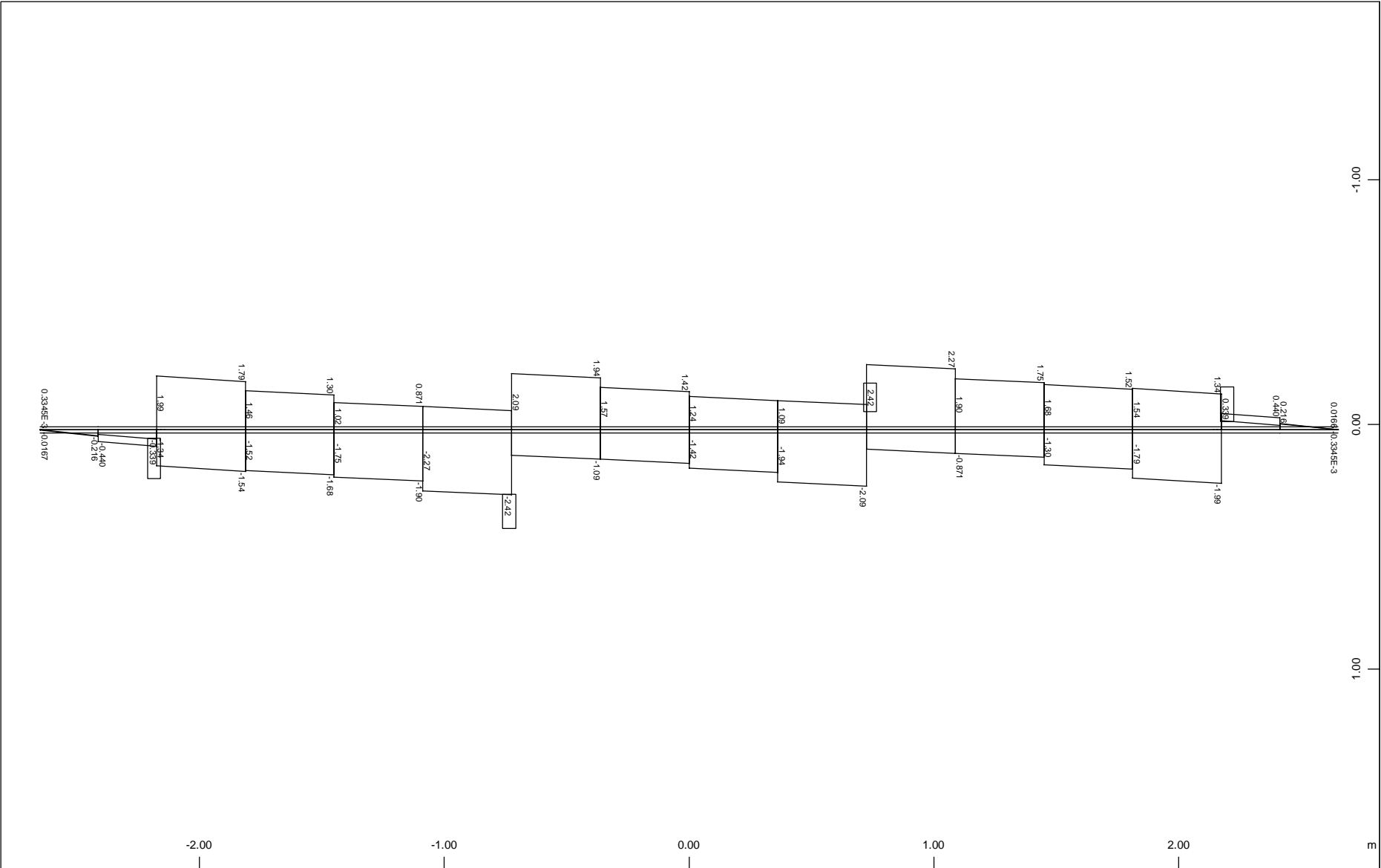


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.108) (Max=0.597)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.497) (Max=-4.7250e-05)

M 1 : 22

KRT_1a. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

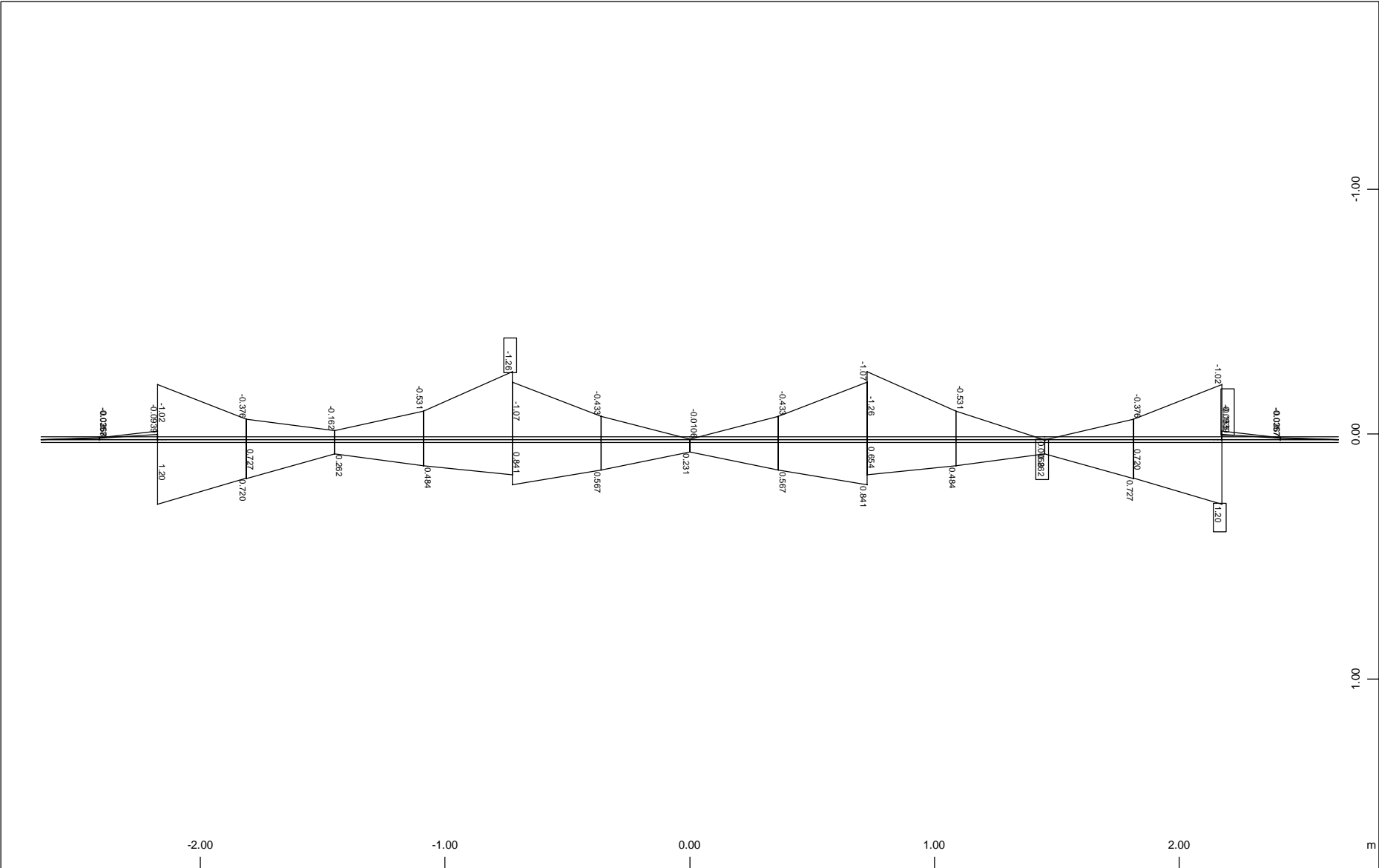


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.339) (Max=2.42)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.42) (Max=0.339)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

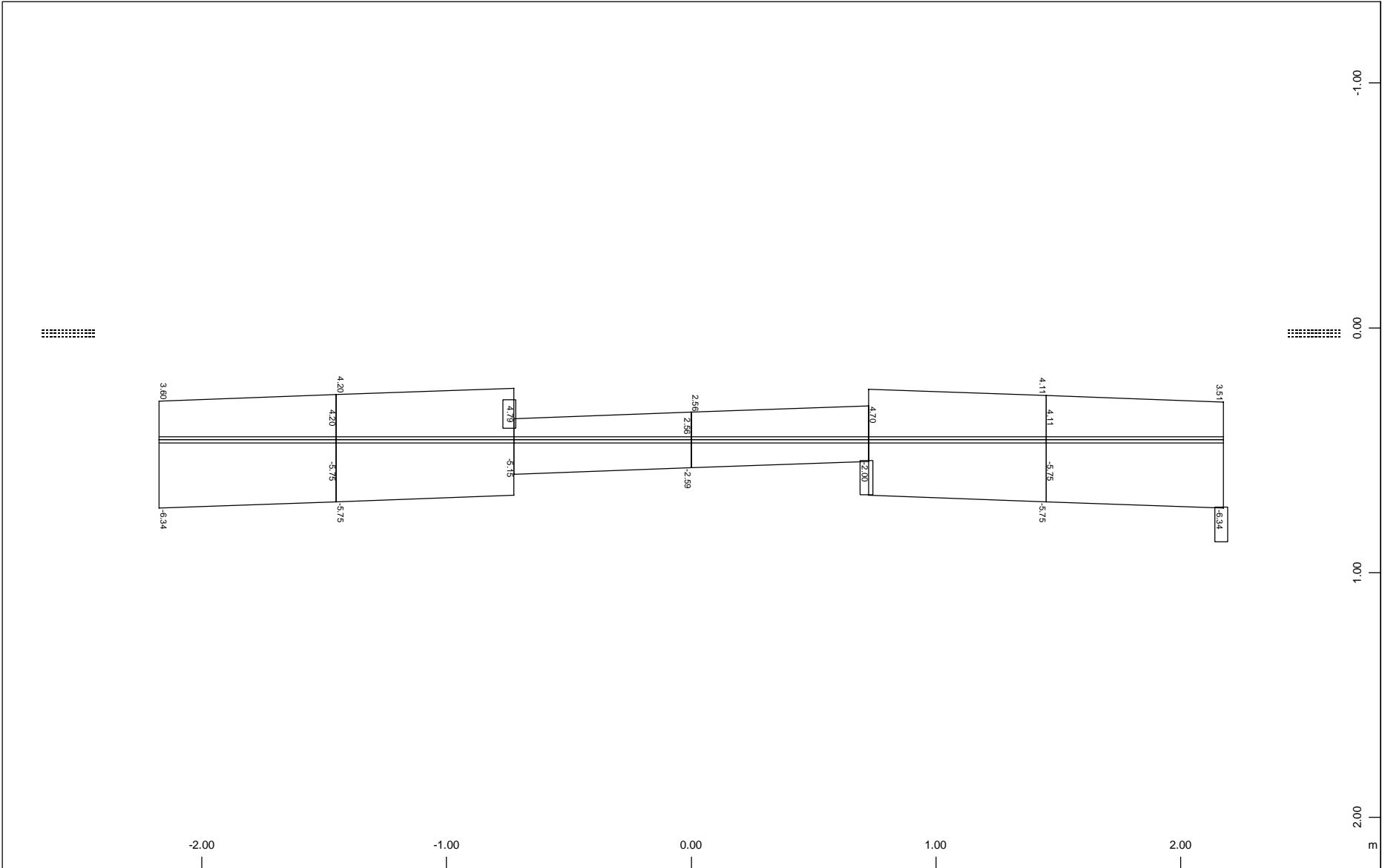


X-Y
Z

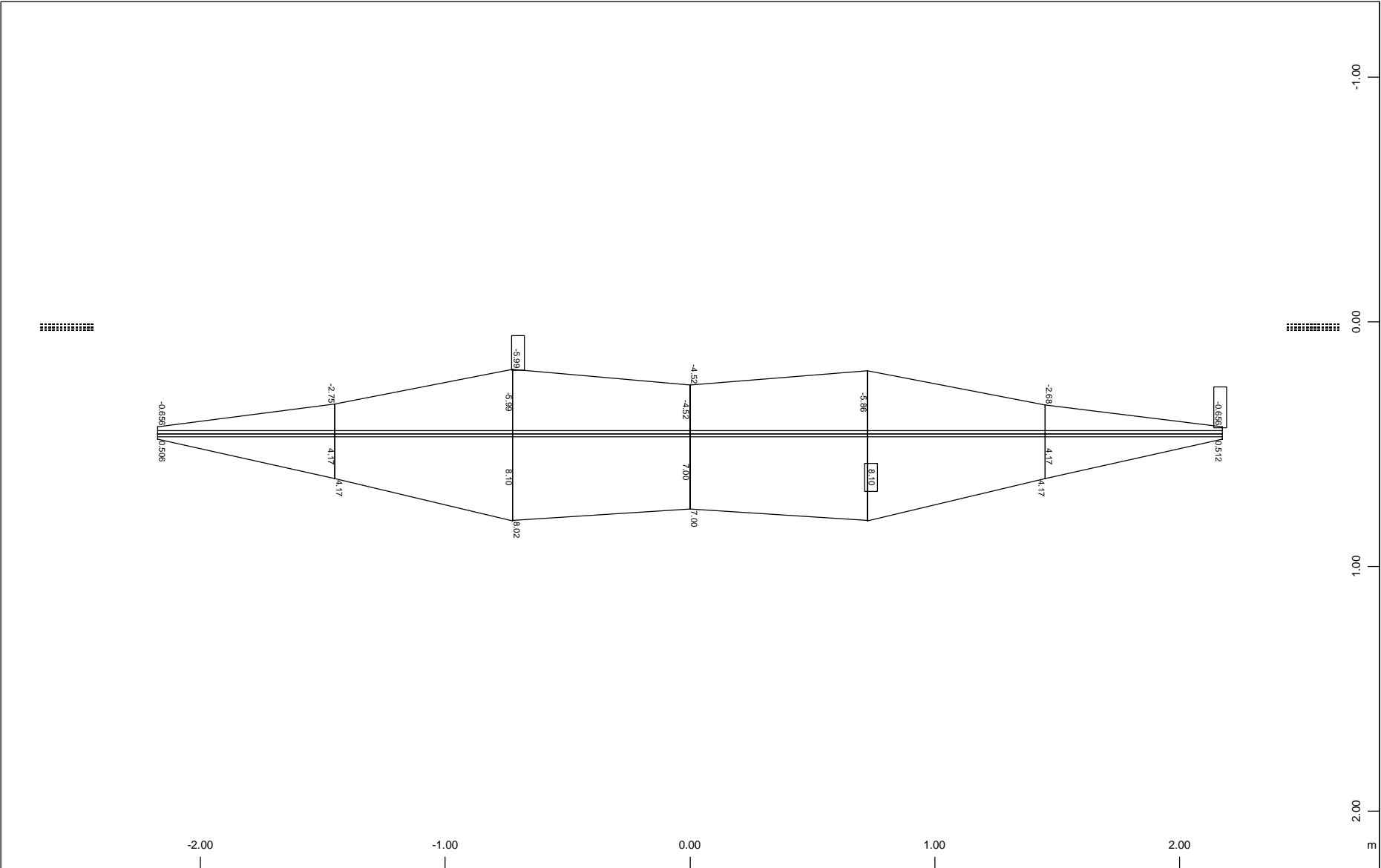
Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.0939) (Max=1.20)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.26) (Max=0.0058)

M 1 : 22

KRT_1a. poikkituet. Leikkausvoima Vz



Taivutusmomentti: My

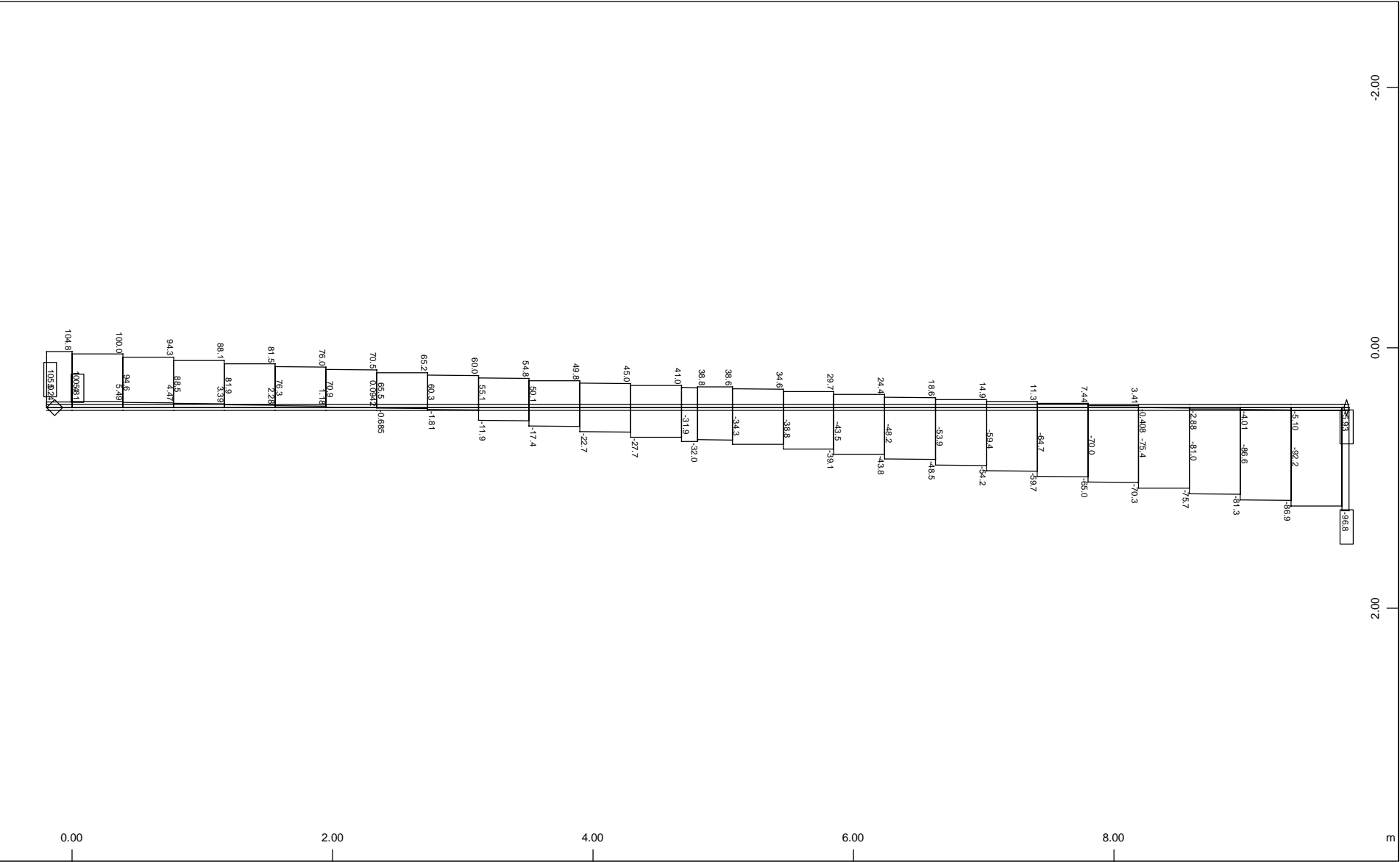


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Max=8.10)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT_1a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.99) (Max=-0.656)

M 1 : 22

KRT_2a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz

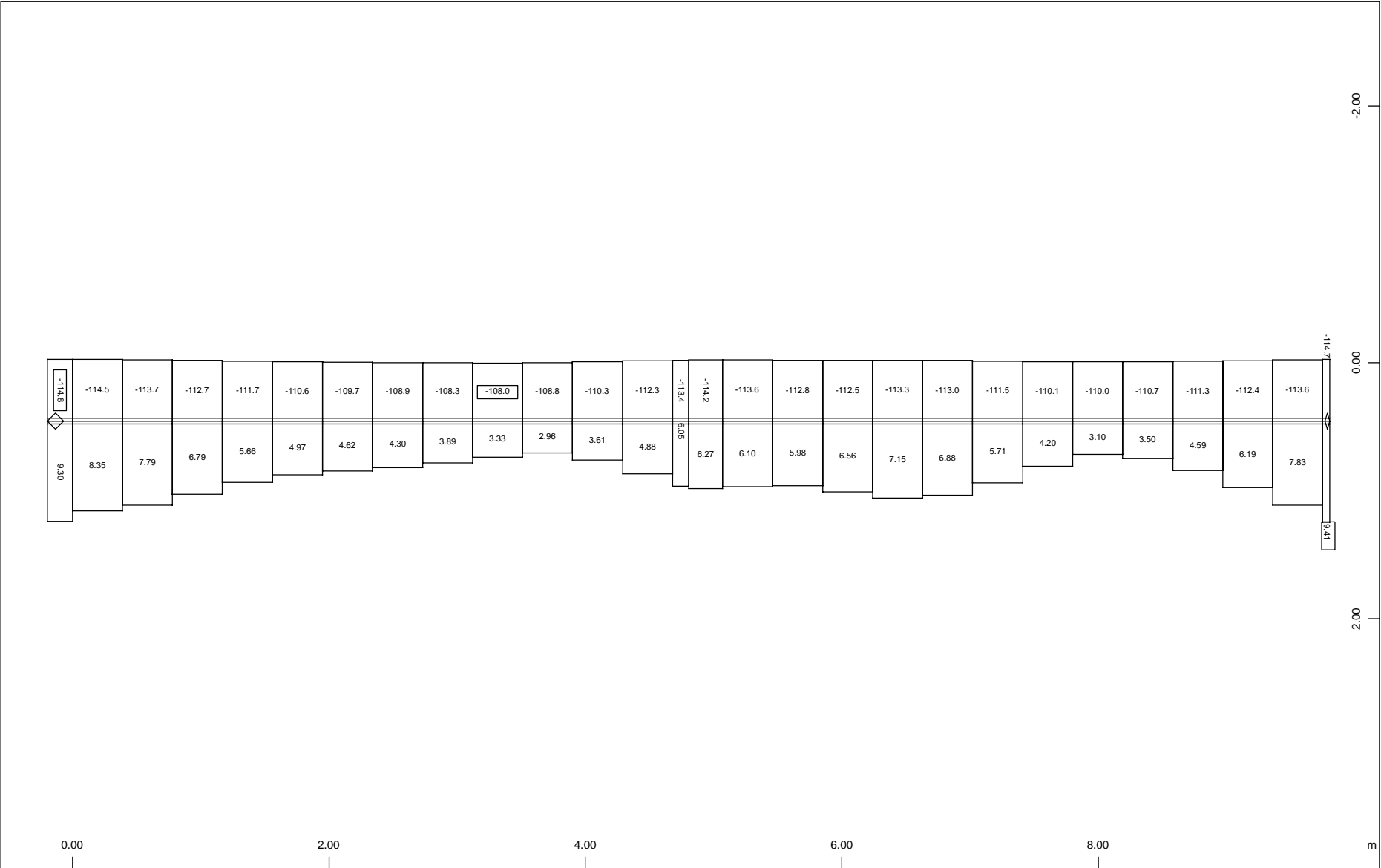


X
Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-5.93) (Max=105.0)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-96.8) (Max=5.81)

M 1 : 41

Normaalivoima: Nx



Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=9.41)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-114.8) (Max=-108.0)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

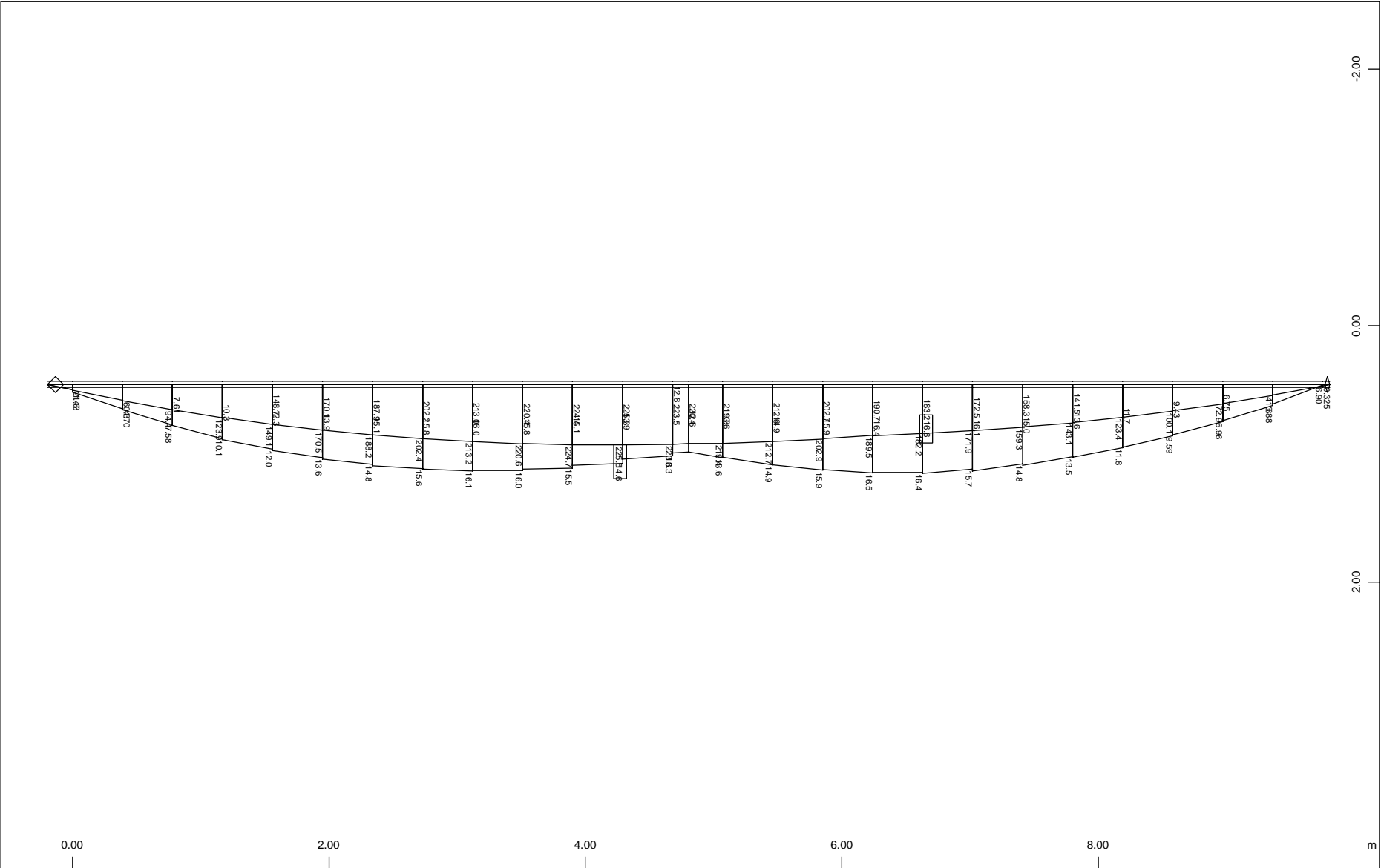


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=200.3)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=121.7)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

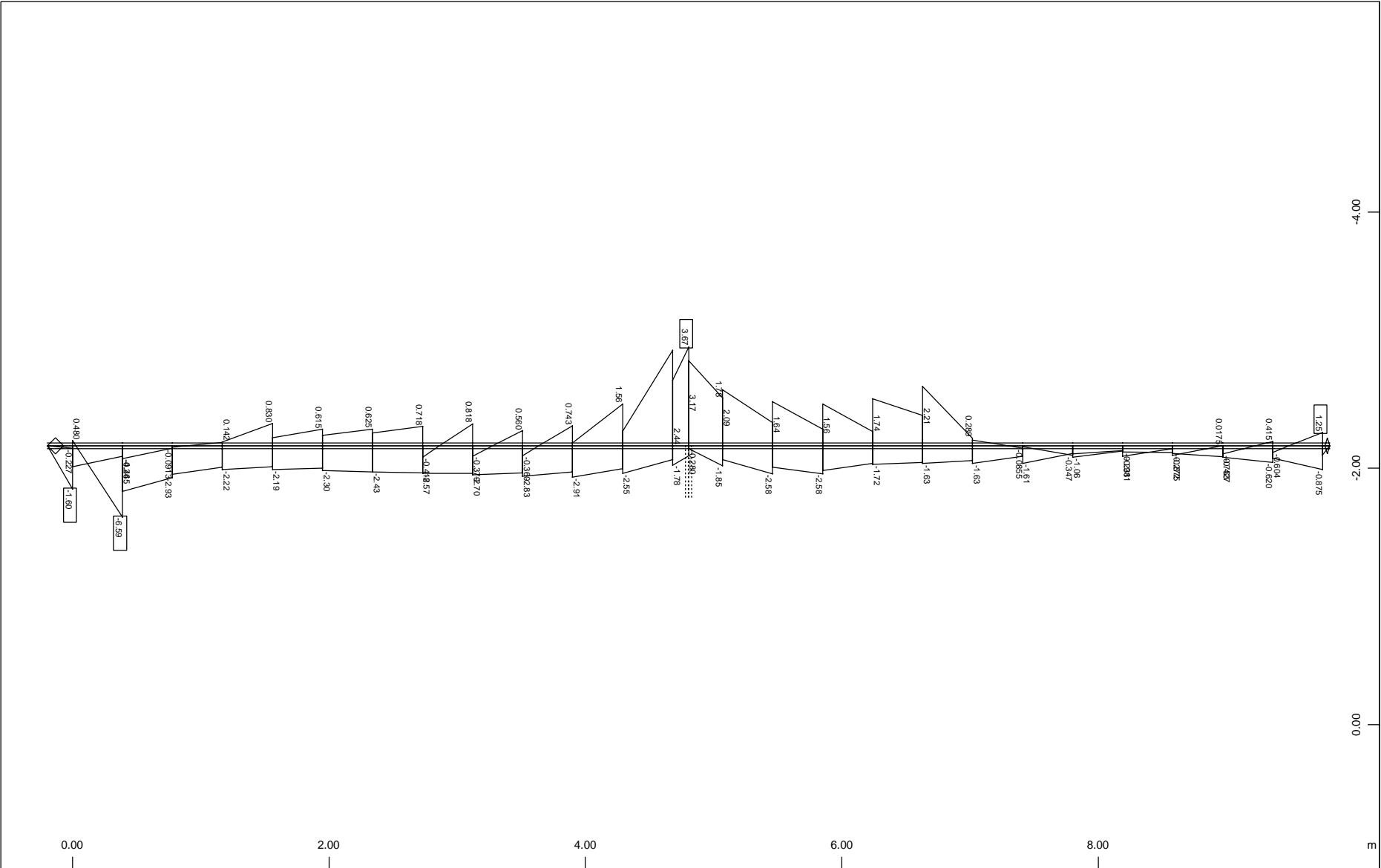


Y-X
Z

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 (Max=225.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Max=16.6)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

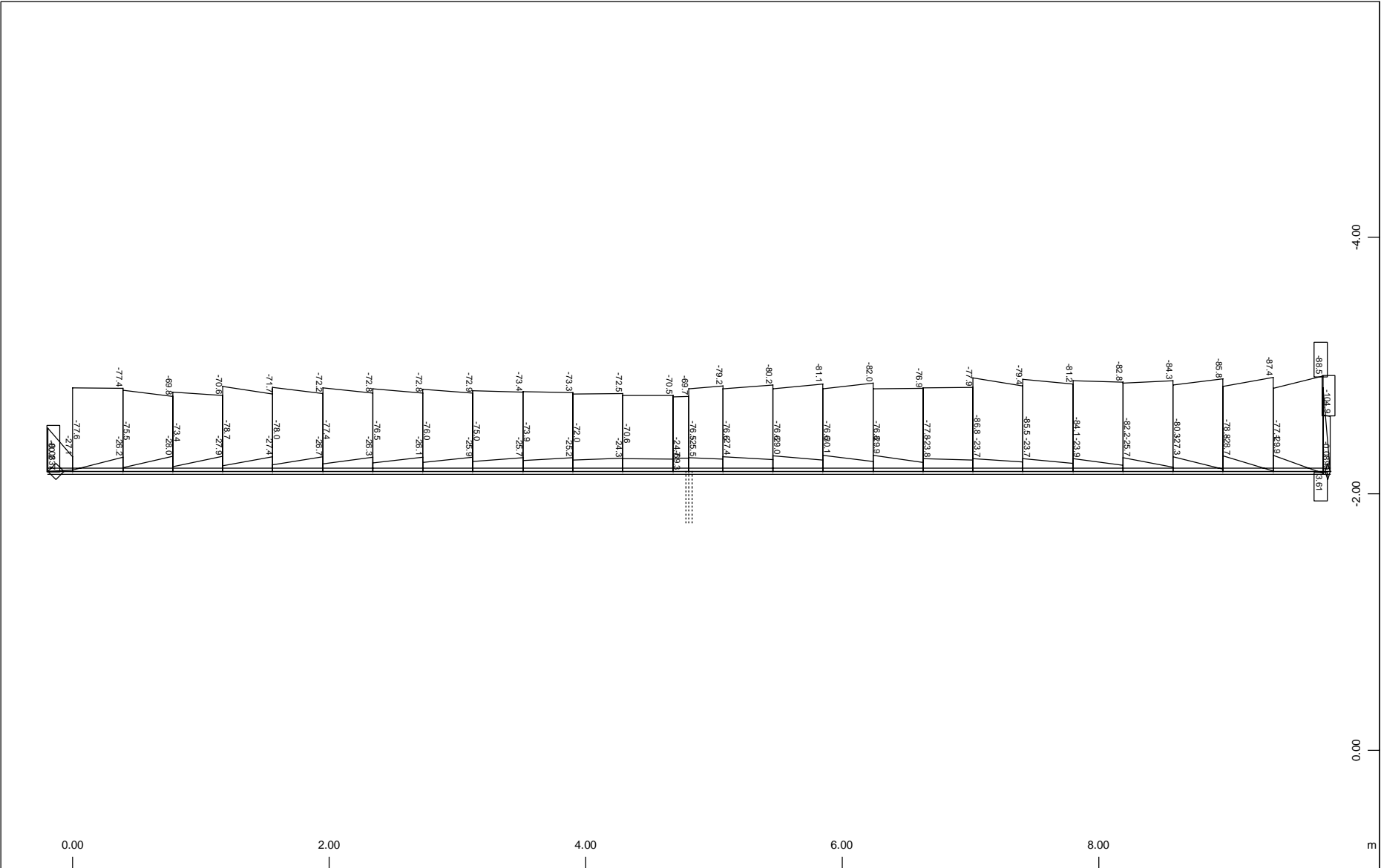


X
Y

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=-6.59) (Max=1.25)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-1.60) (Max=3.67)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx

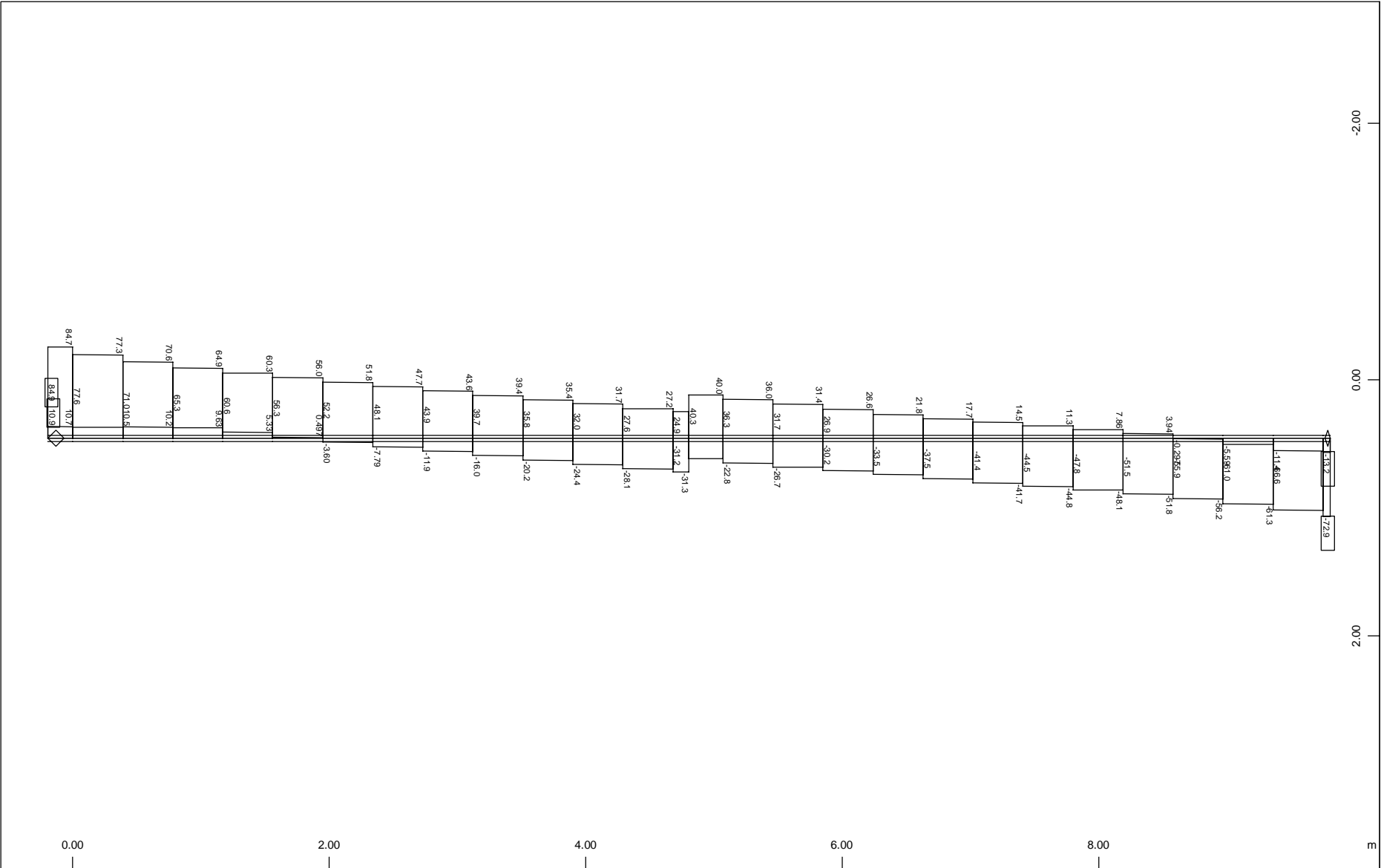


X
Y

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=-104.9) (Max=3.61)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-88.5) (Max=-0.0837)

M 1 : 42

KRT_2a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

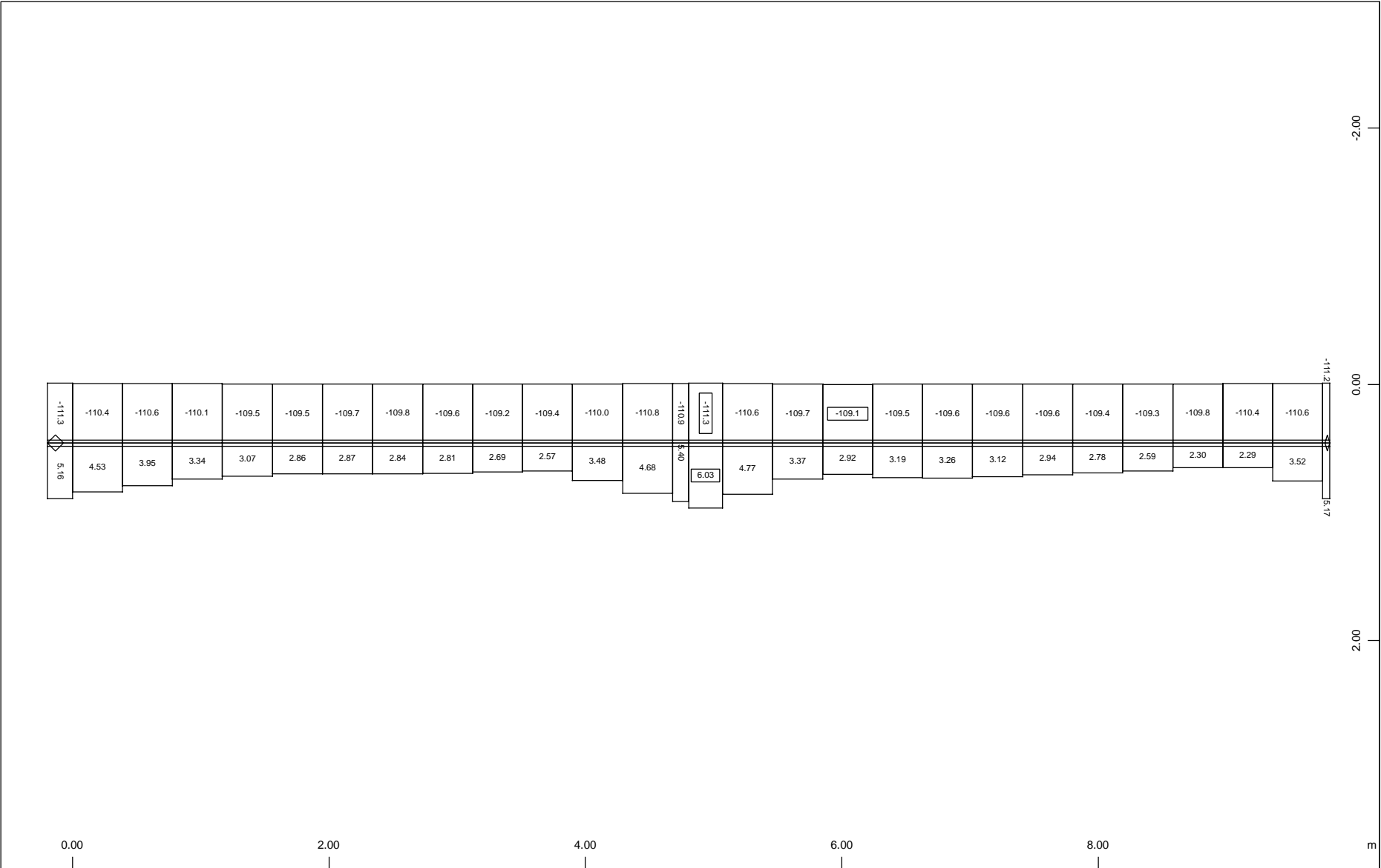


Y-X
Z

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=-13.2) (Max=84.9)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-72.9) (Max=10.9)

M 1 : 42

Normaalivoima: Nx

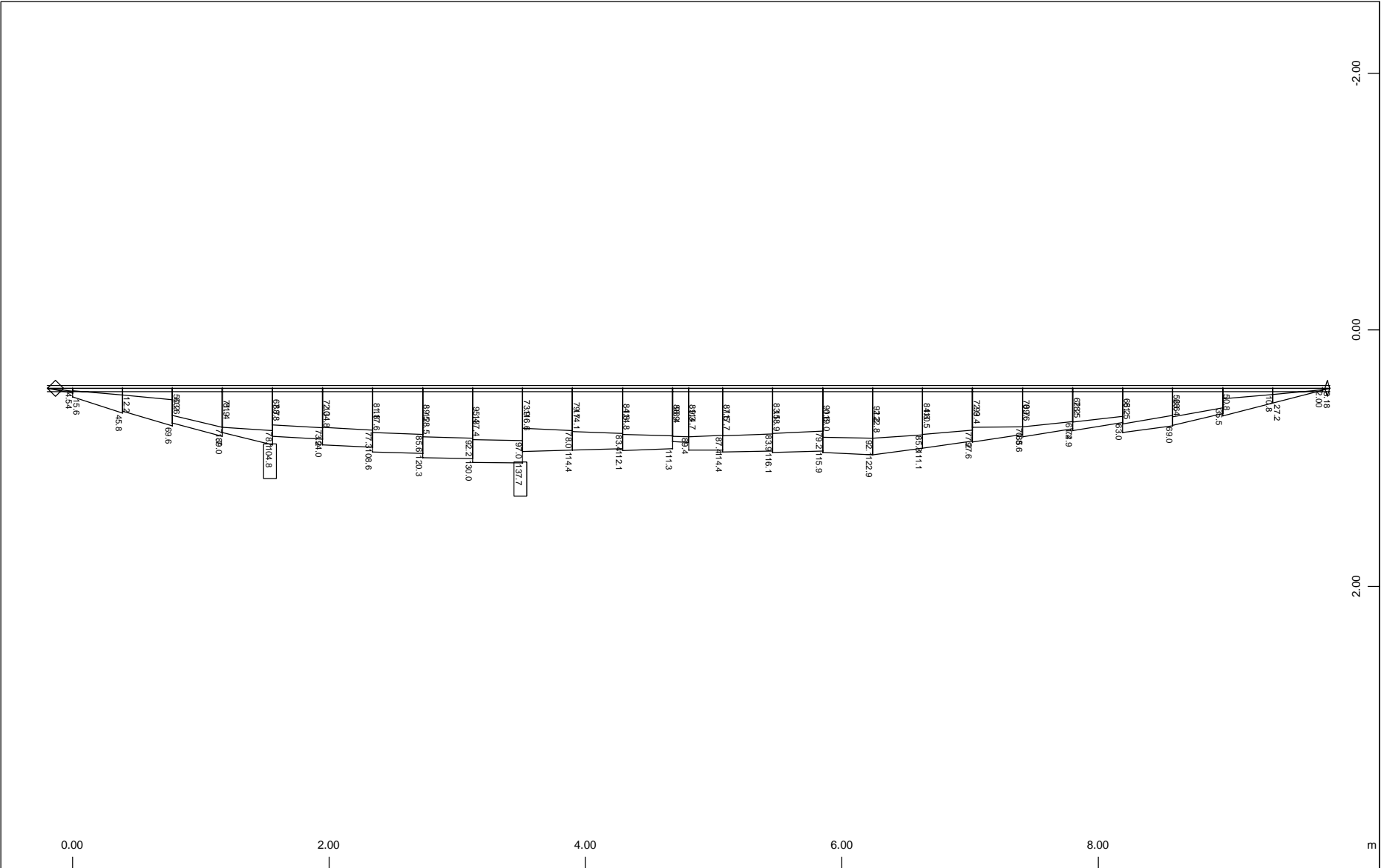


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=6.03)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-111.3) (Max=-109.1)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

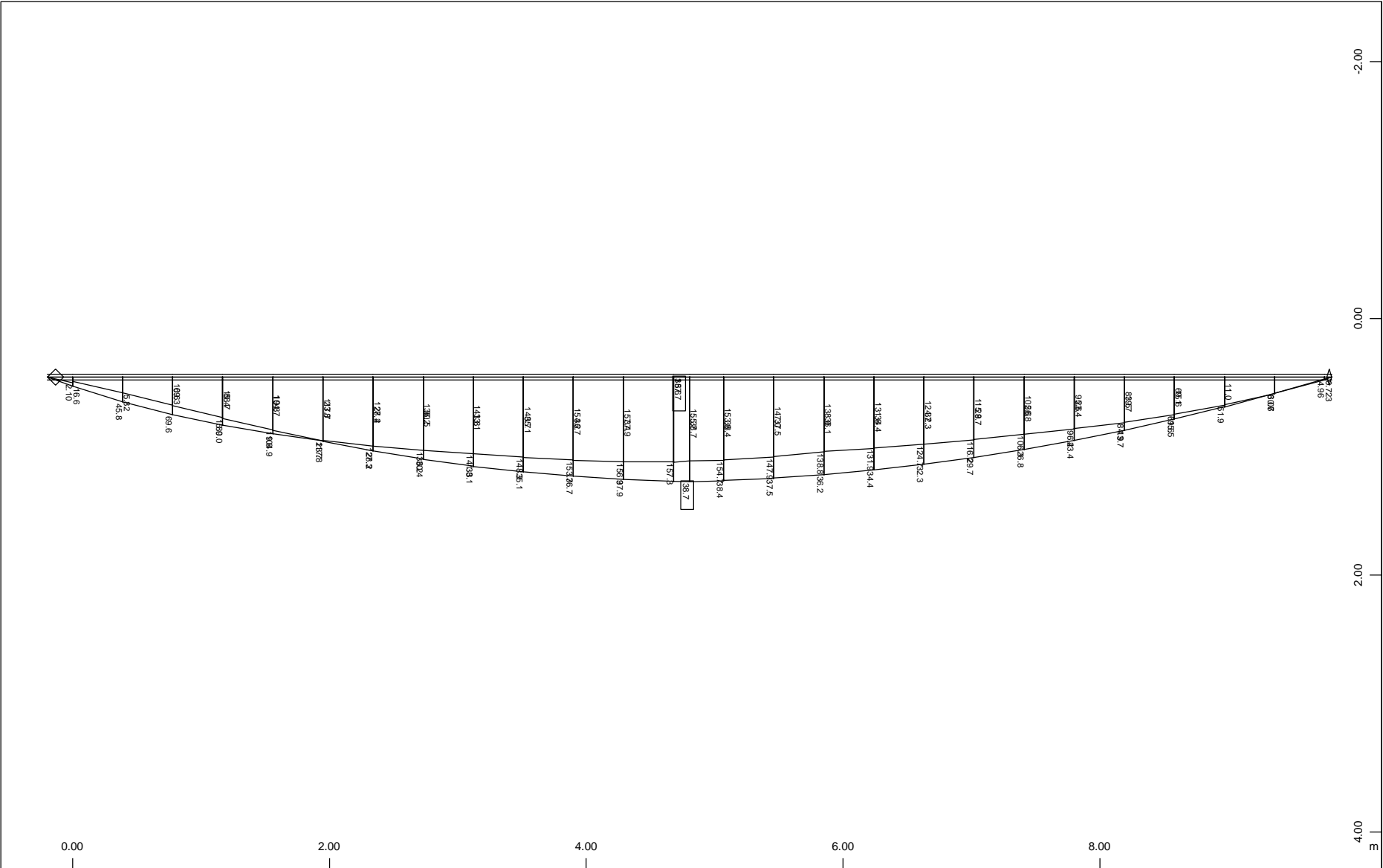


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=137.7)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=104.8)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

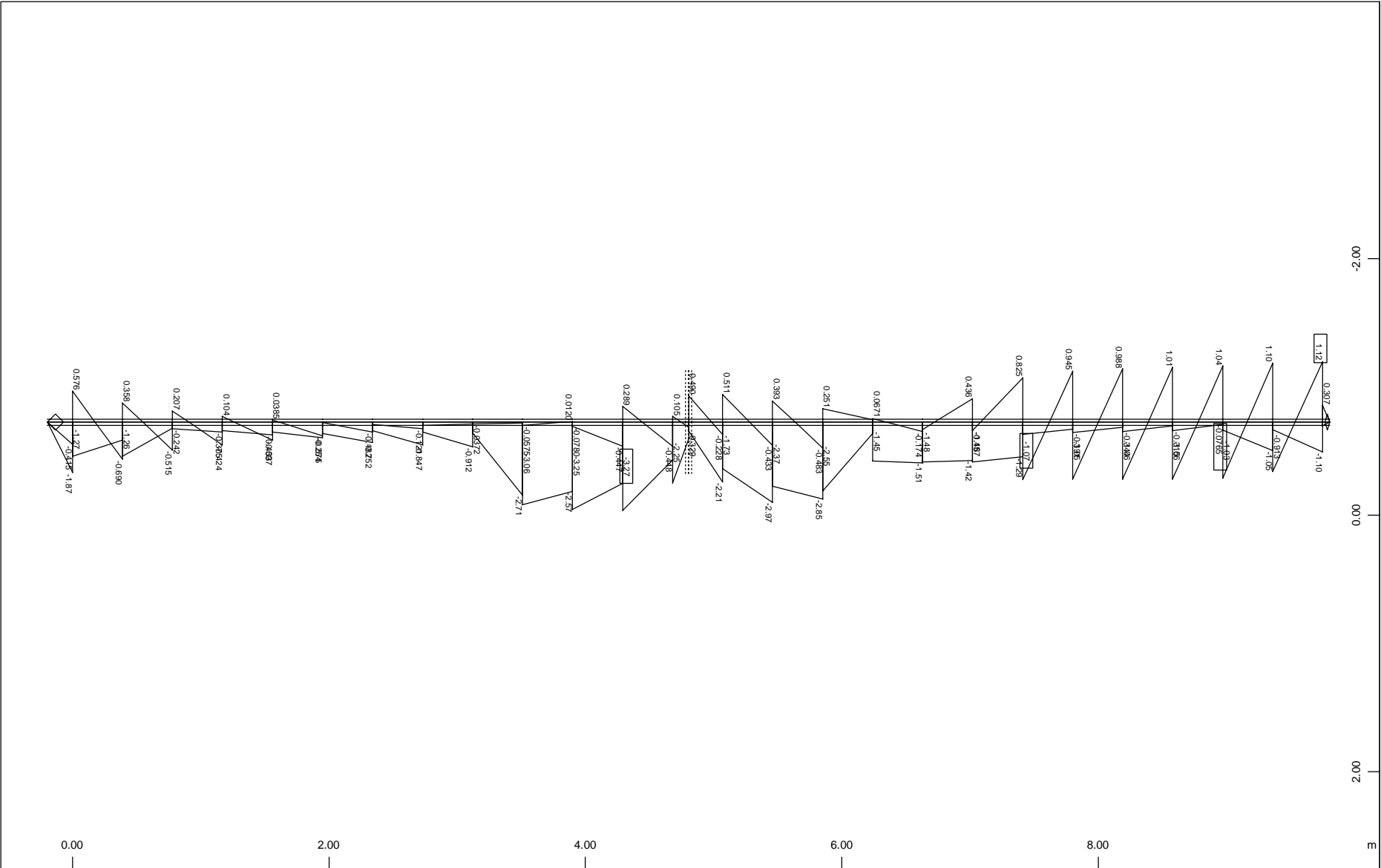


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=157.7)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=38.7)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

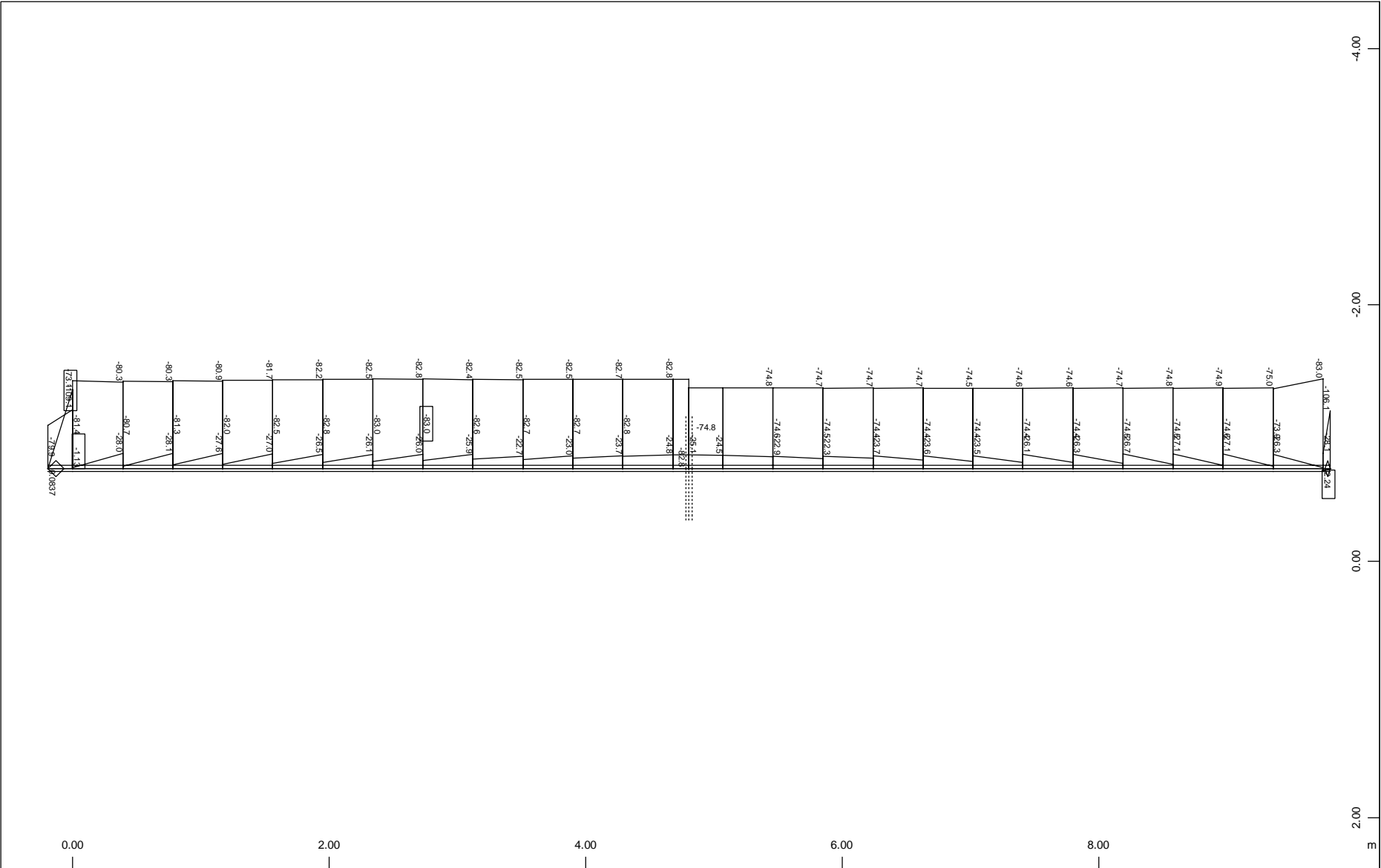


X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-3.27) (Max=0)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.07) (Max=1.12)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx



X
Y

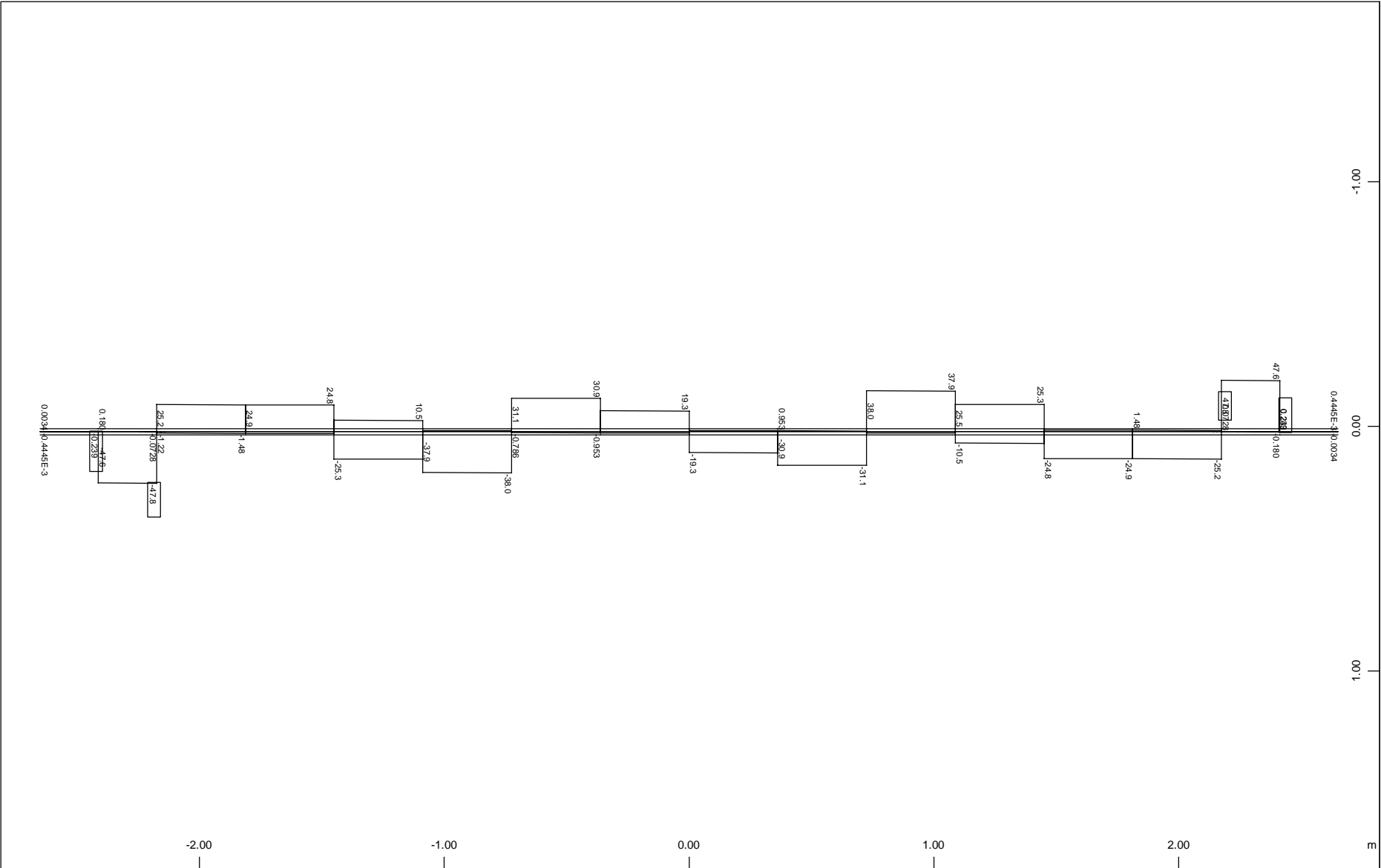
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-109.1) (Max=-1.13)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-83.0) (Max=2.24)

M 1 : 42

KRT_2a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

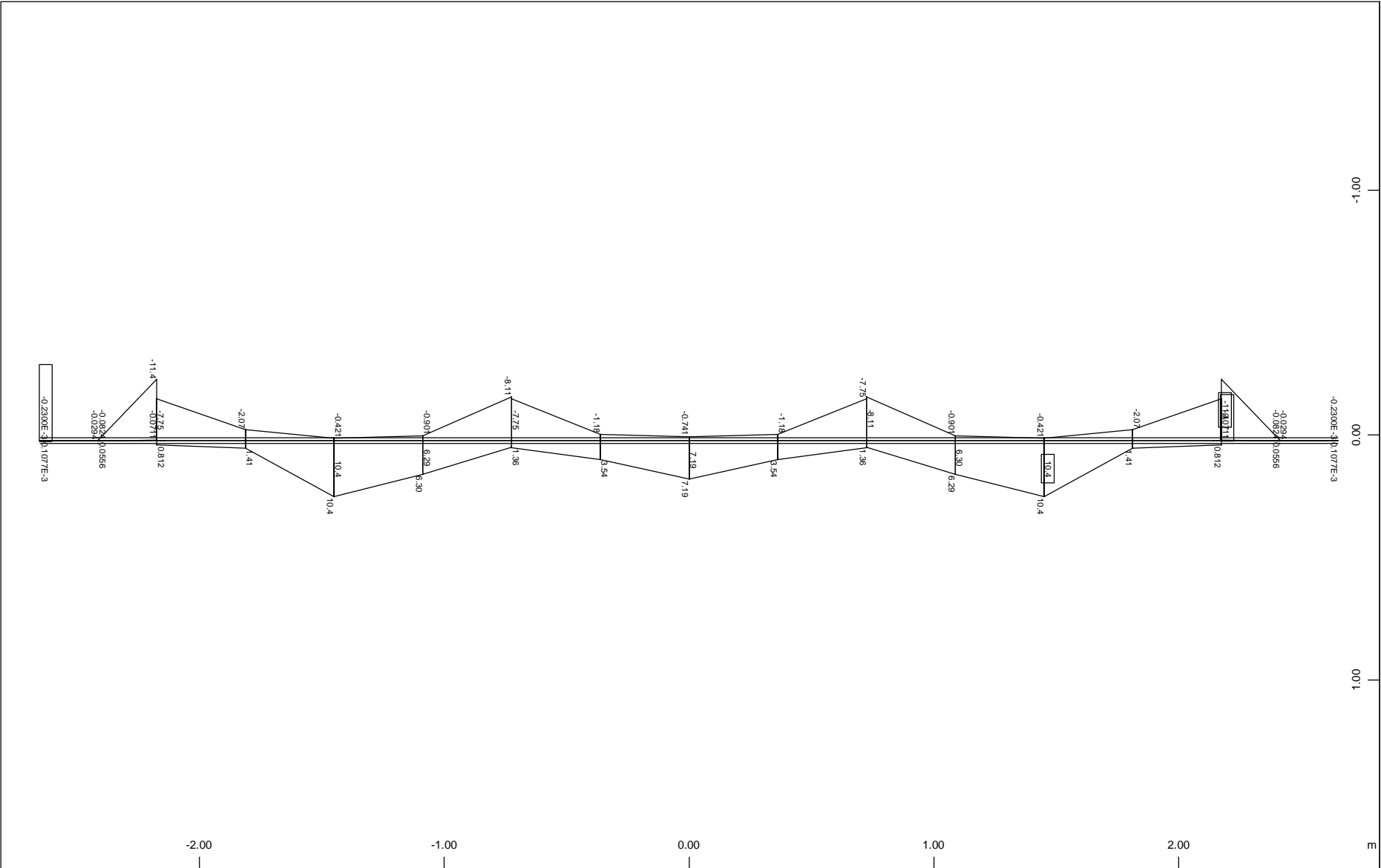


X-Y
Z

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=-0.239) (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=0.239)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My



X-Y
Z

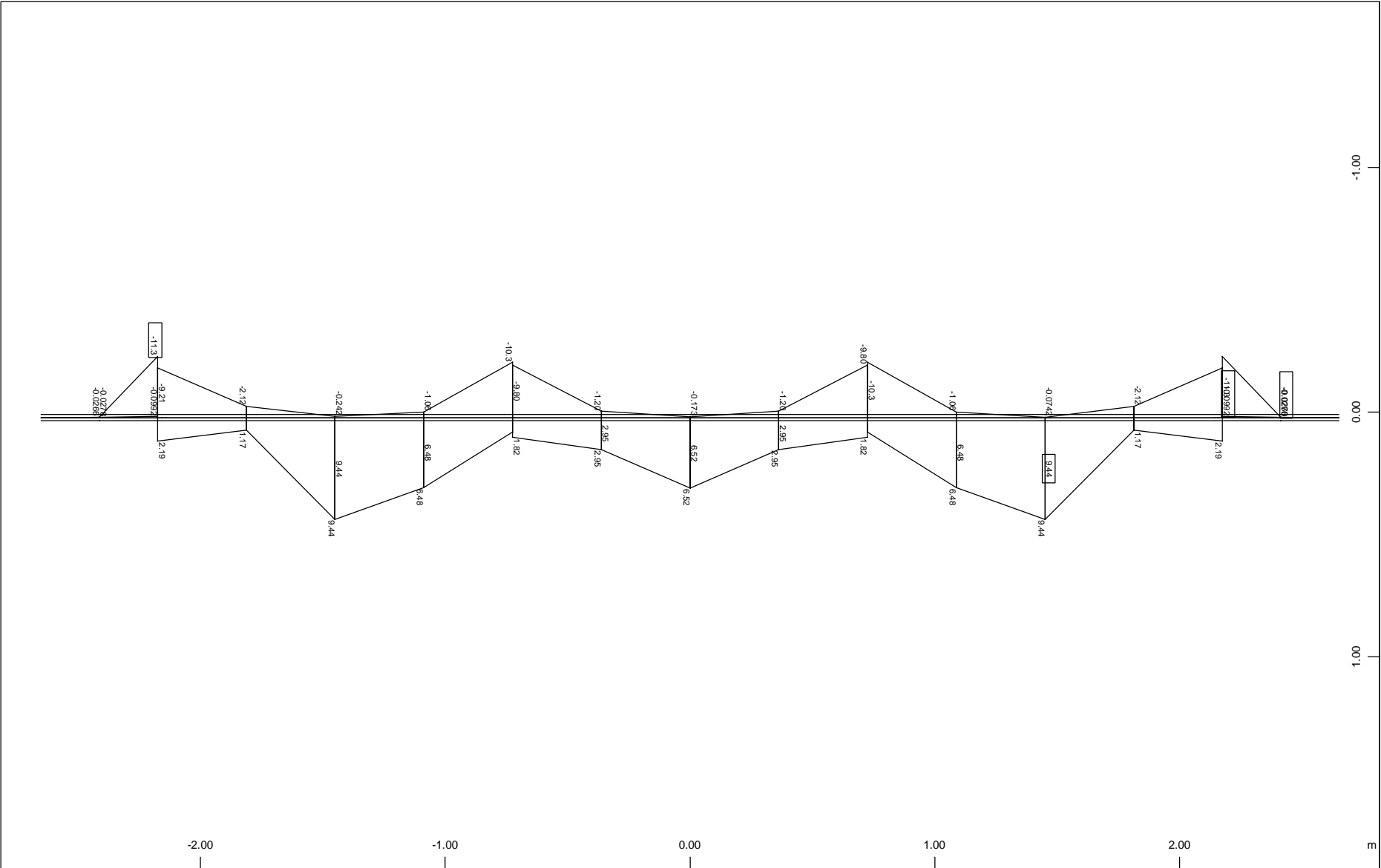
Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.0711) (Max=10.4)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-11.4) (Max=-2.3000e-04)

M 1 : 22



Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-47.7) (Max=0.388)

Taivutusmomentti: My

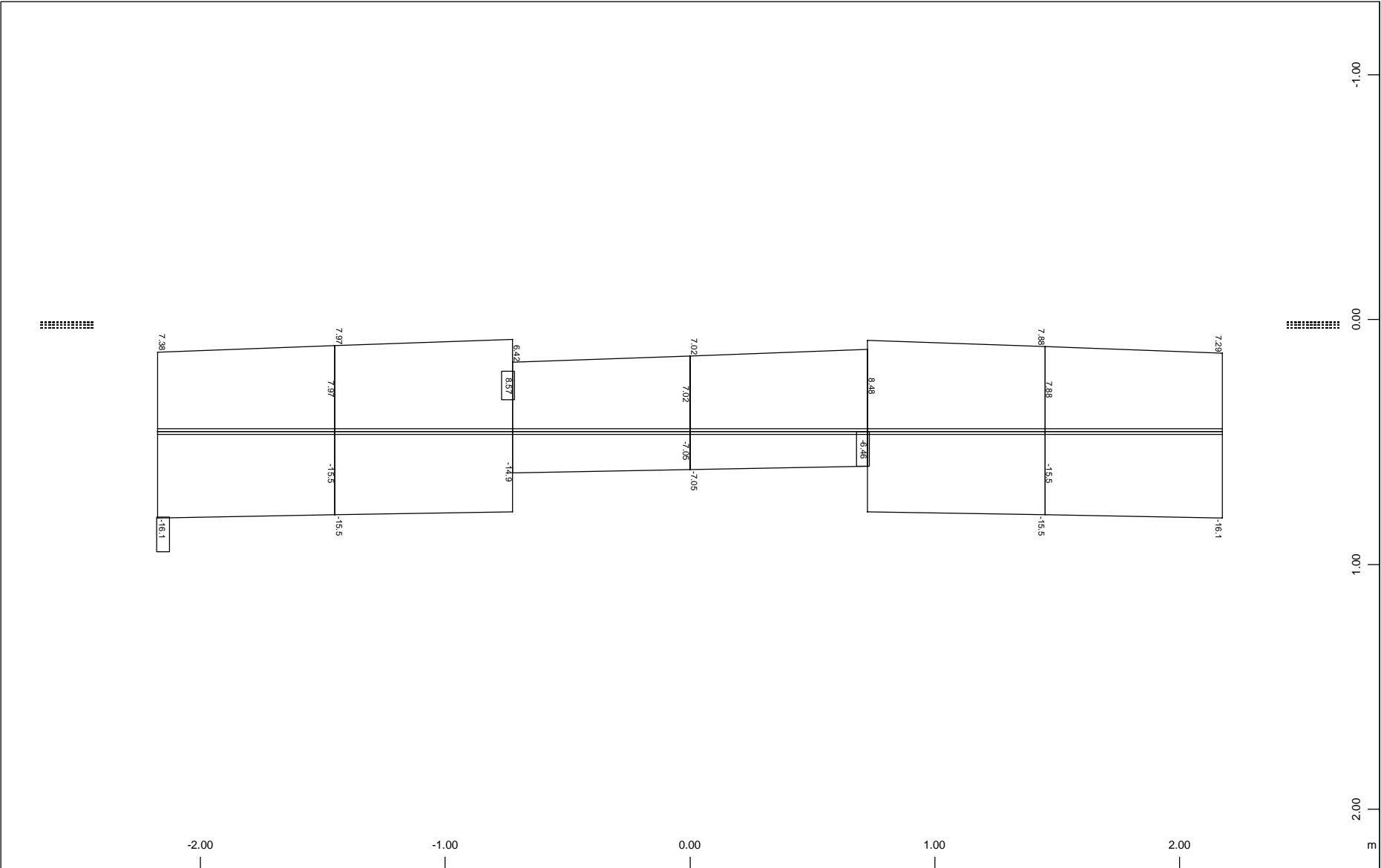


X-Y
Z

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=-0.0992) (Max=9.44)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-11.3) (Max=-8.1739e-05)

M 1 : 22

KRT_2a. poikkituet. Leikkausvoima Vz

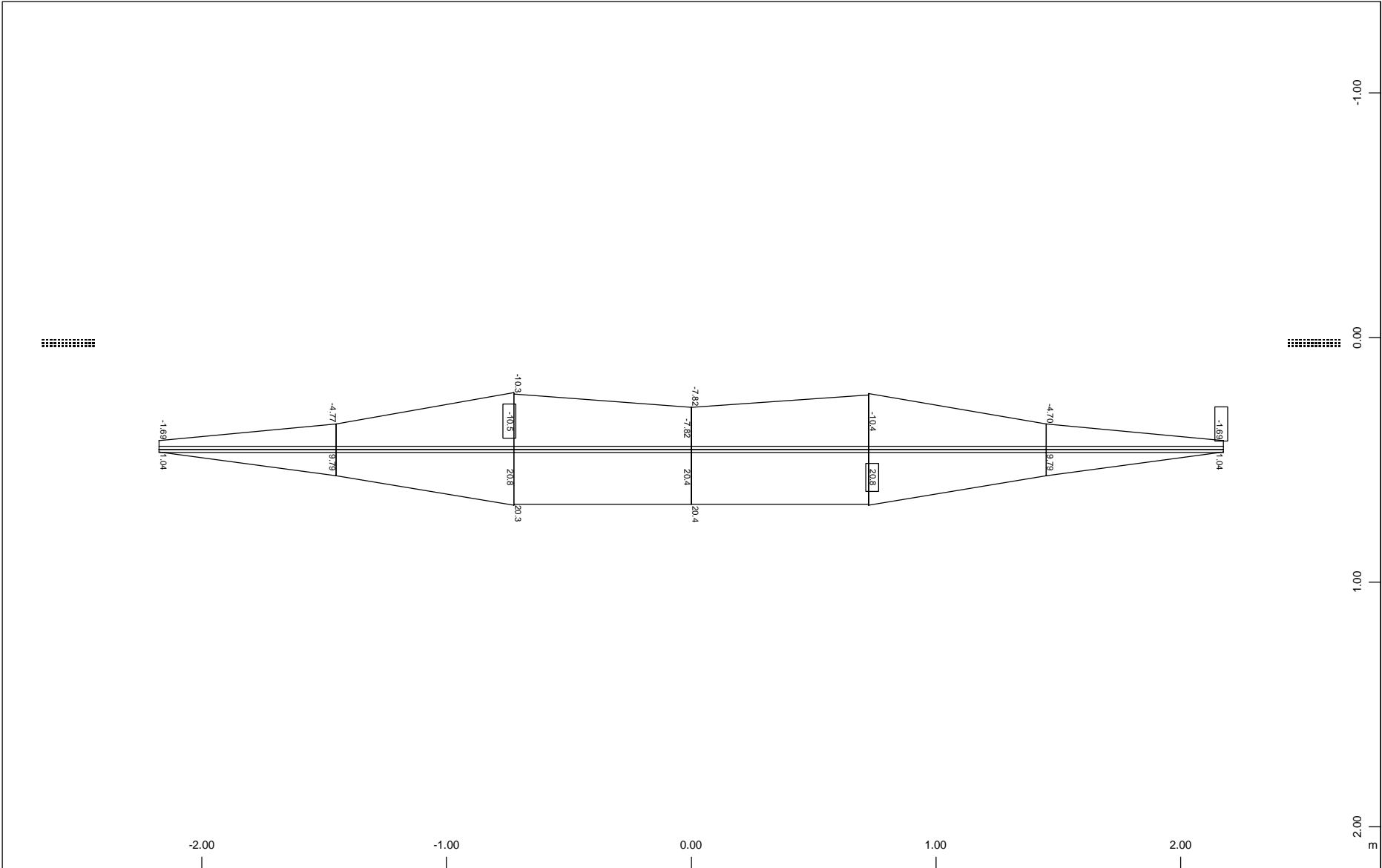


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=8.57)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-16.1) (Max=-6.46)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

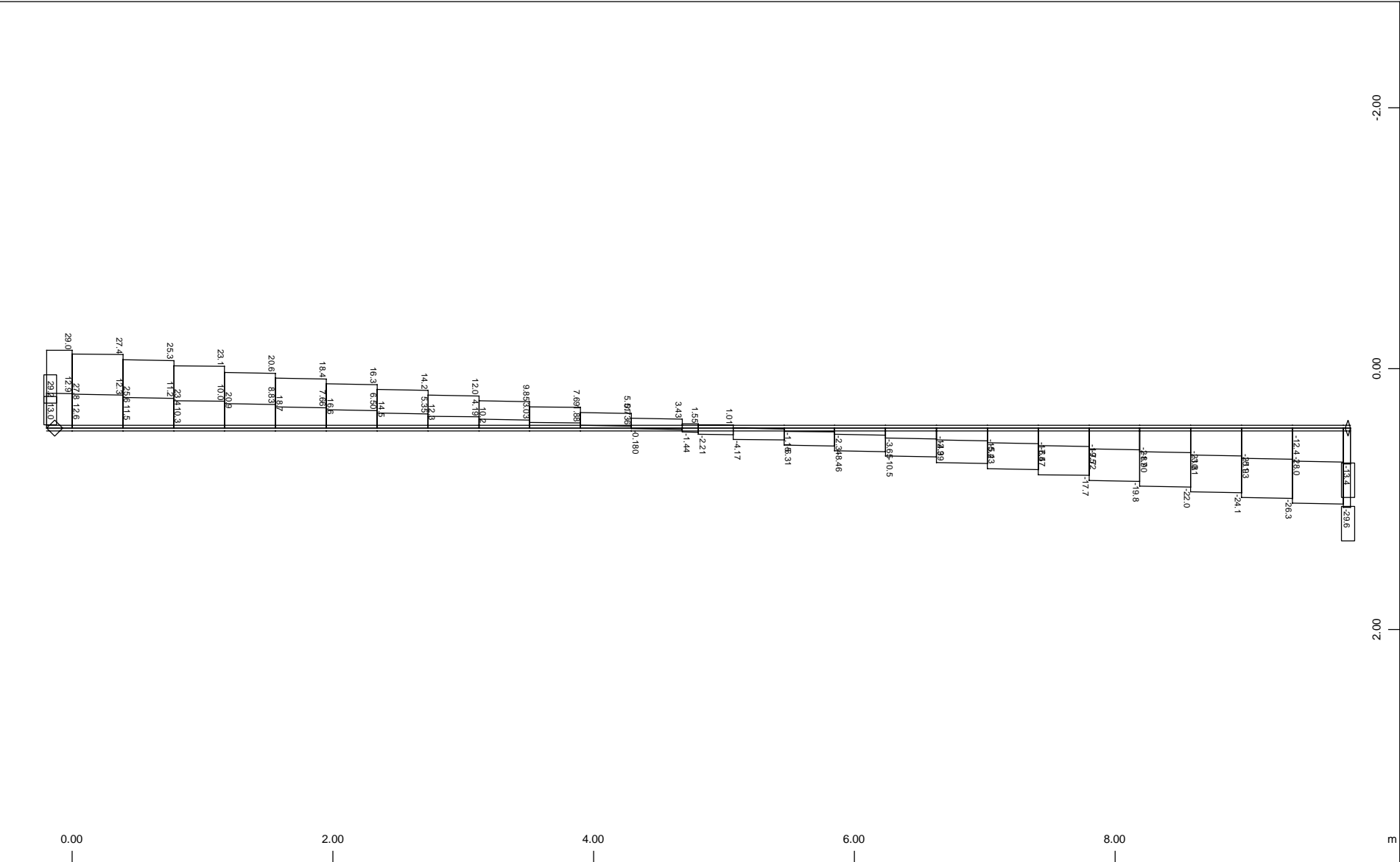


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=20.8)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-10.5) (Max=-1.69)

M 1 : 22

KRT_4a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz

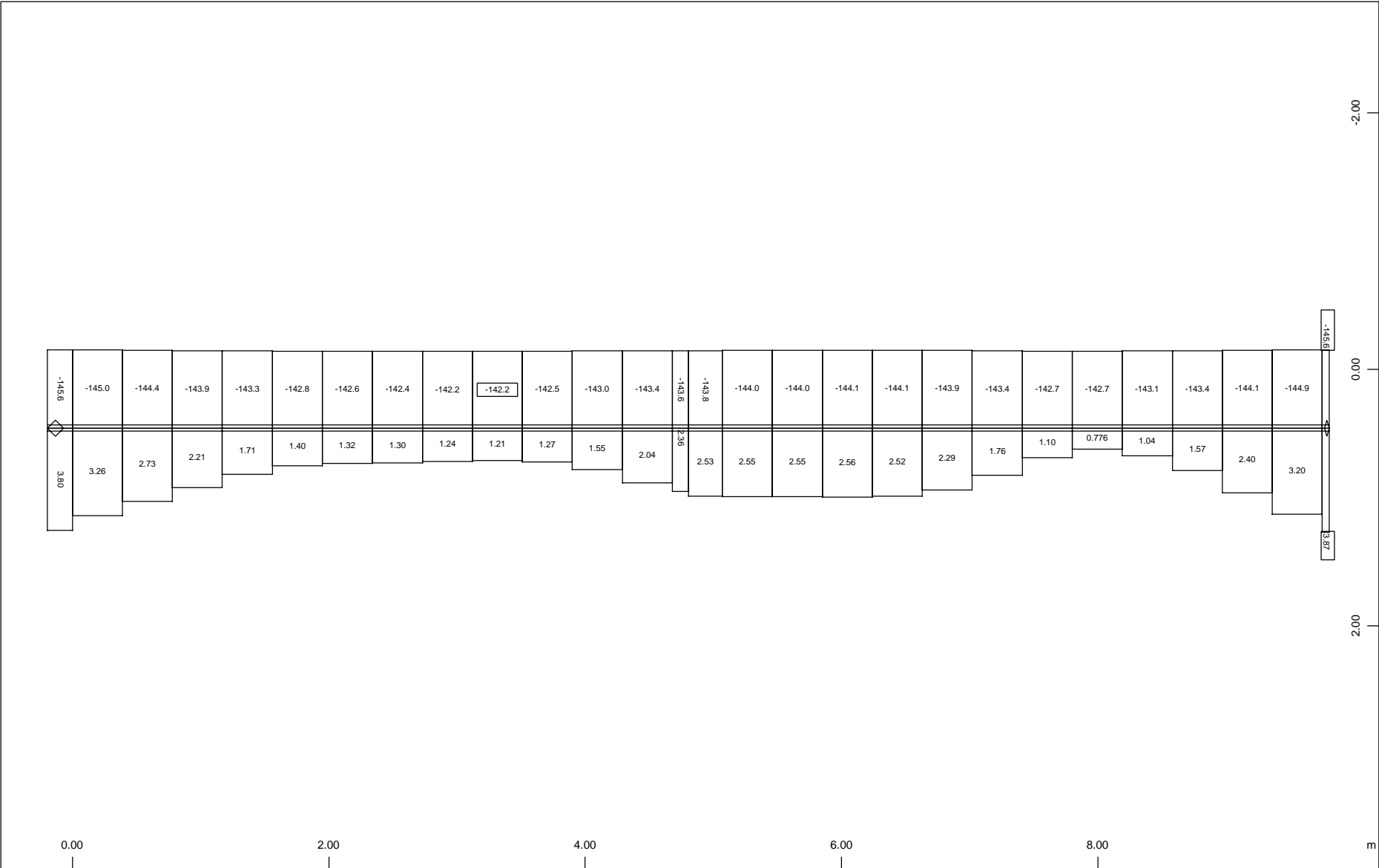


Y
X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-13.4) (Max=29.2)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-29.6) (Max=13.0)

M 1 : 41

Normaalivoima: Nx

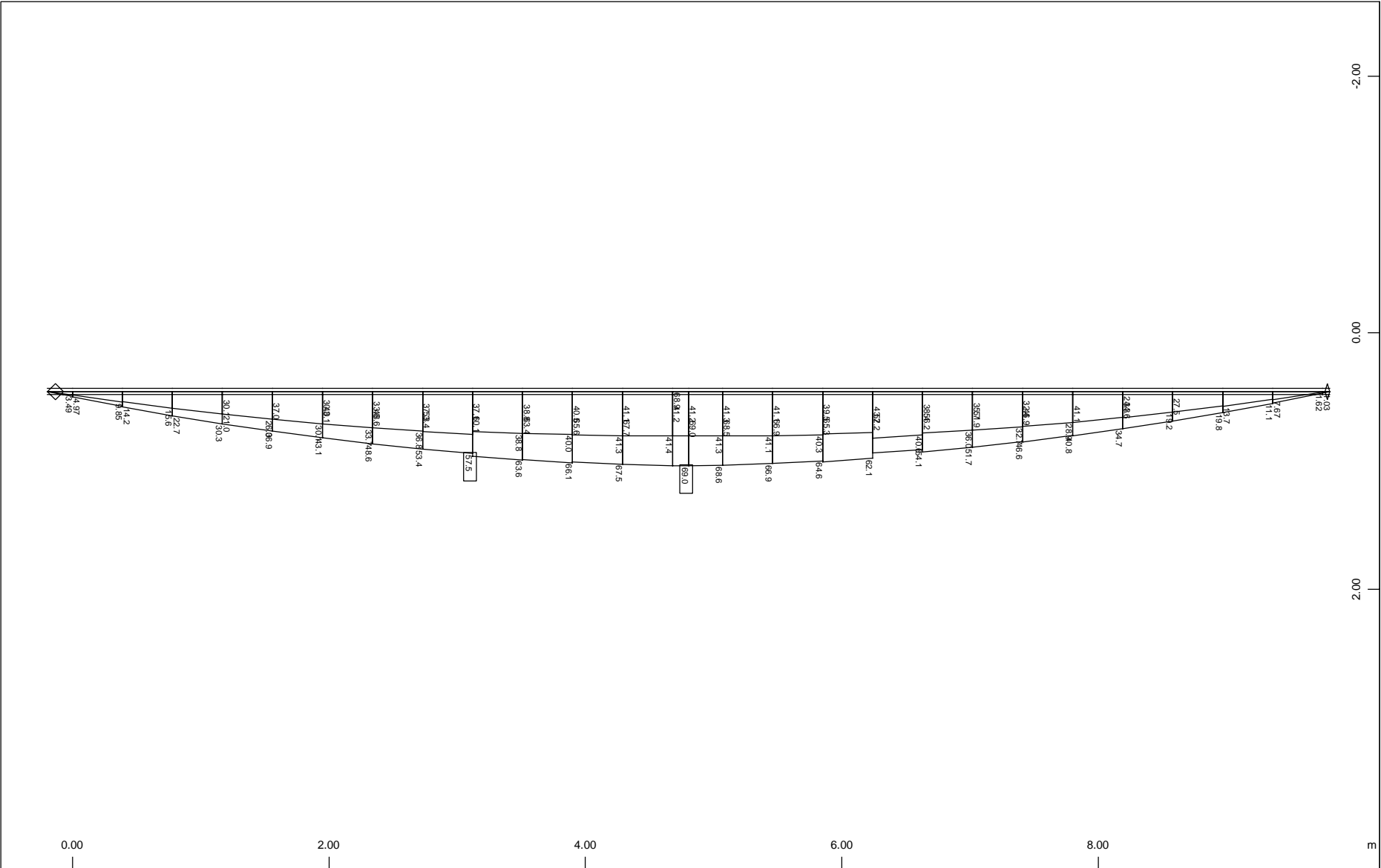


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Max=3.87)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-145.6) (Max=-142.2)

M 1 : 42

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 = 50.0 kNm (Max=57.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=69.0)

M 1 : 42

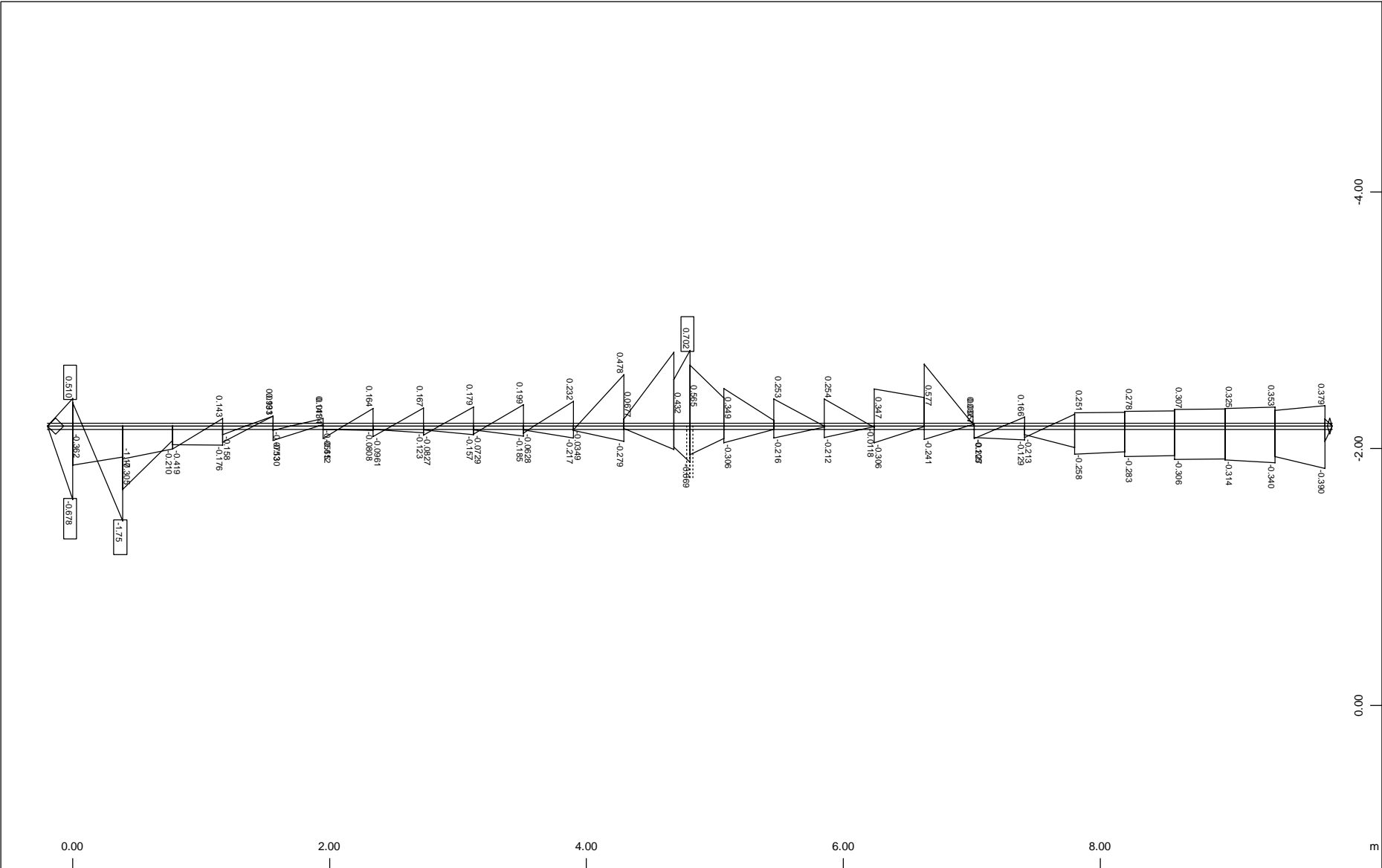
[illegible]
$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=75.2)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=35.1)

M 1 : 42

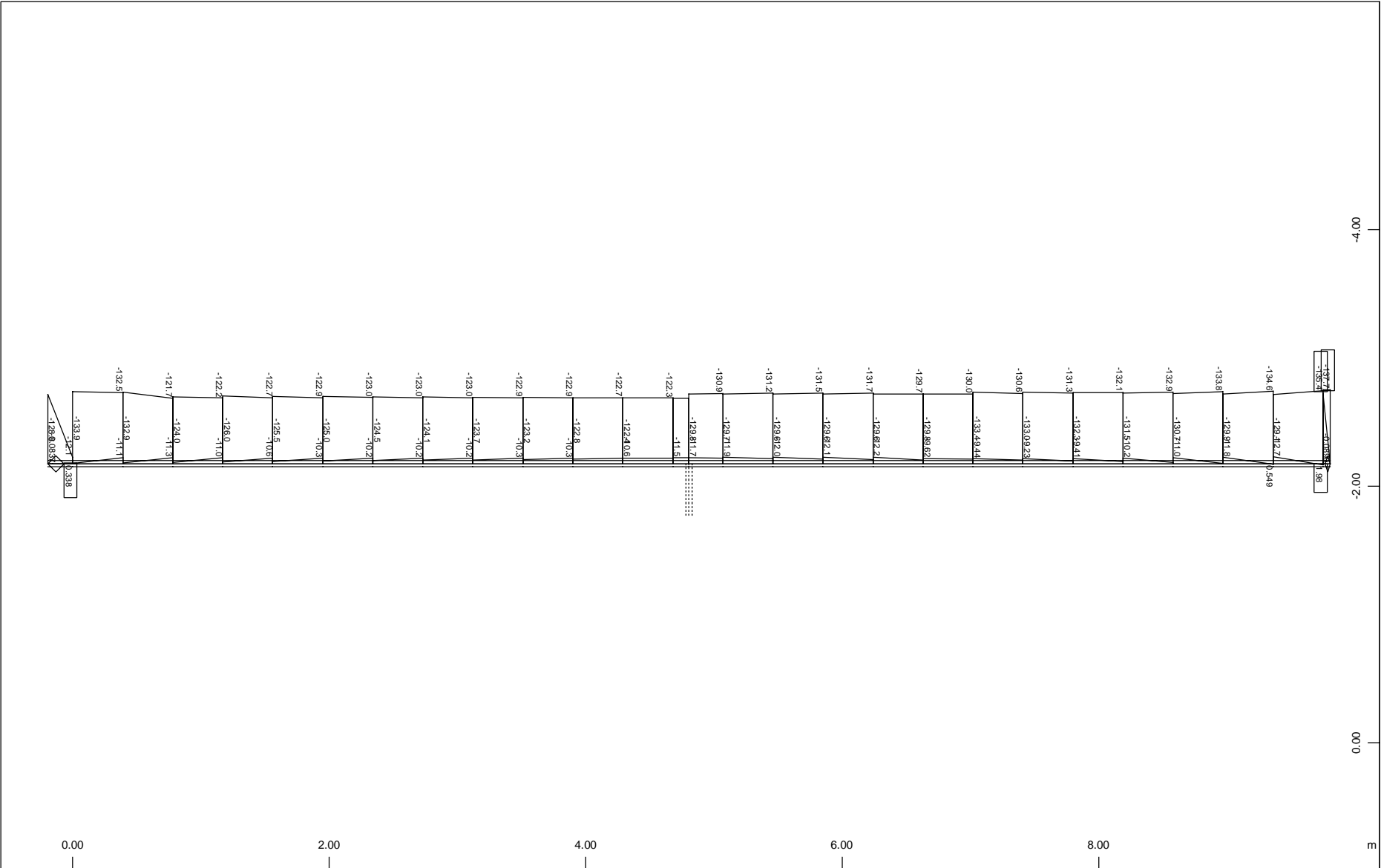
My vastaava taivutusmomentti: Mz



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=-1.75) (Max=0.510)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.678) (Max=0.702)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx



X
Y

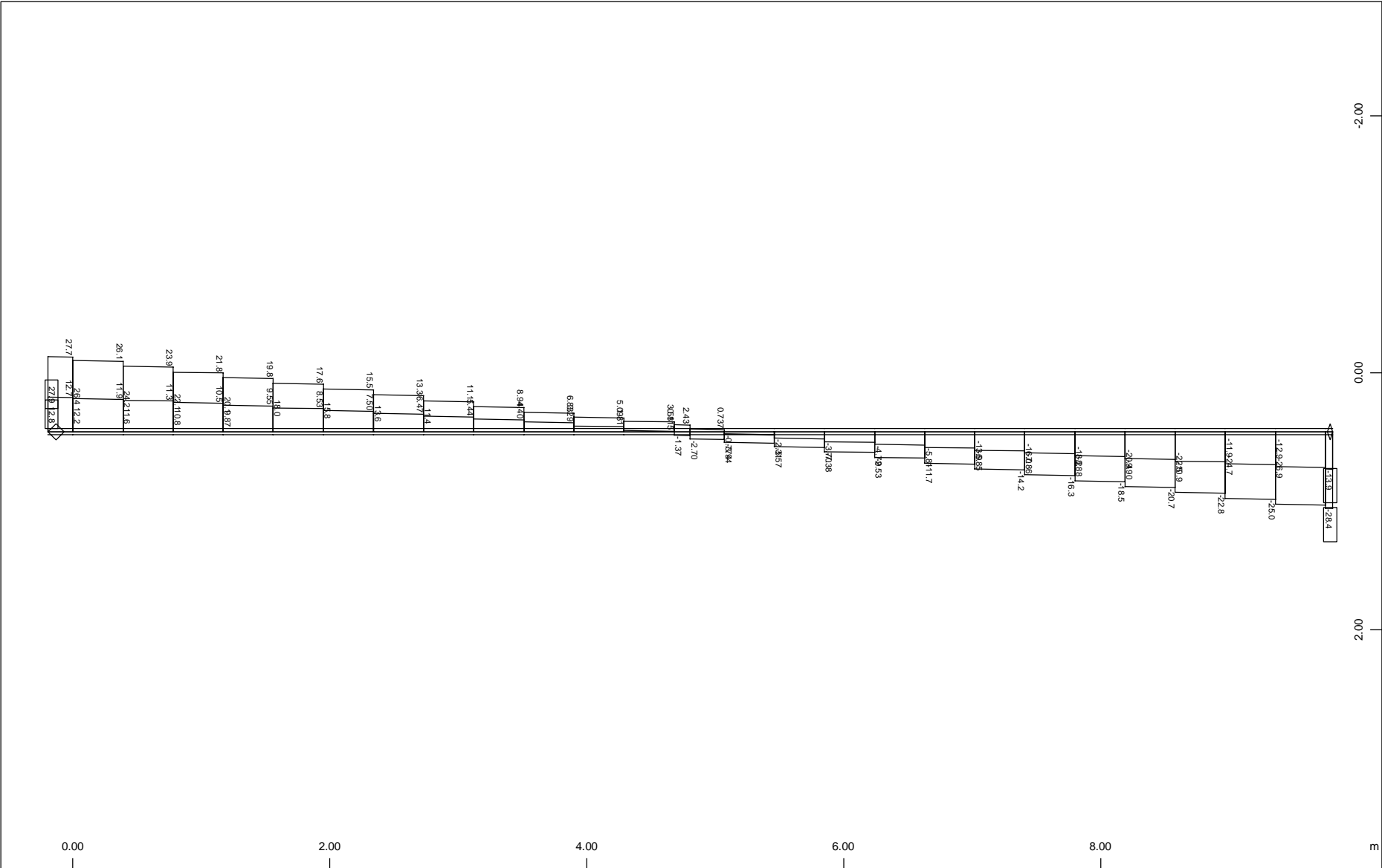
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-137.7) (Max=1.98)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-135.4) (Max=0.338)

M 1 : 42

KRT_4a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

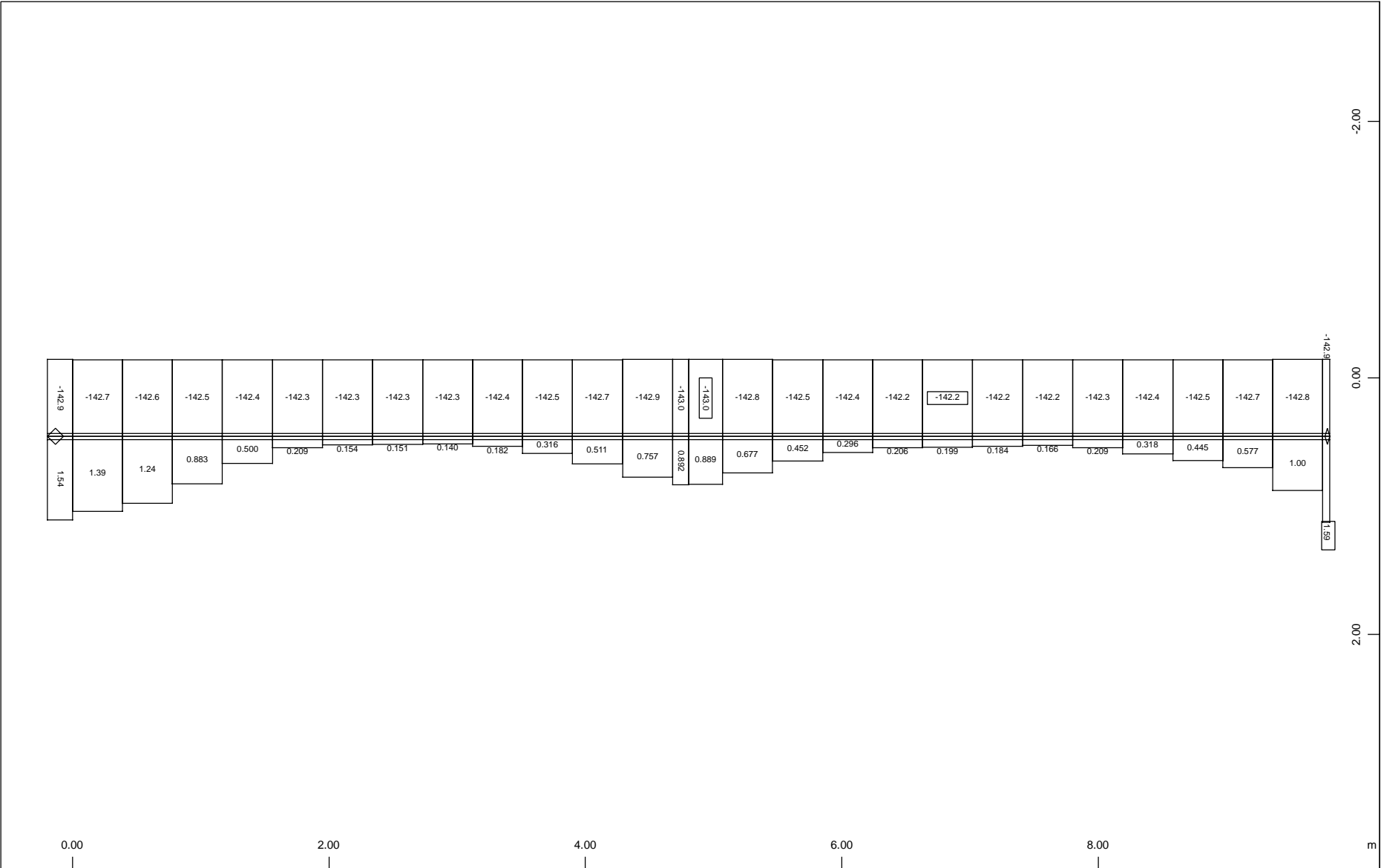


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-13.9) (Max=27.9)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-28.4) (Max=12.8)

M 1 : 42

Normaalivoima: Nx

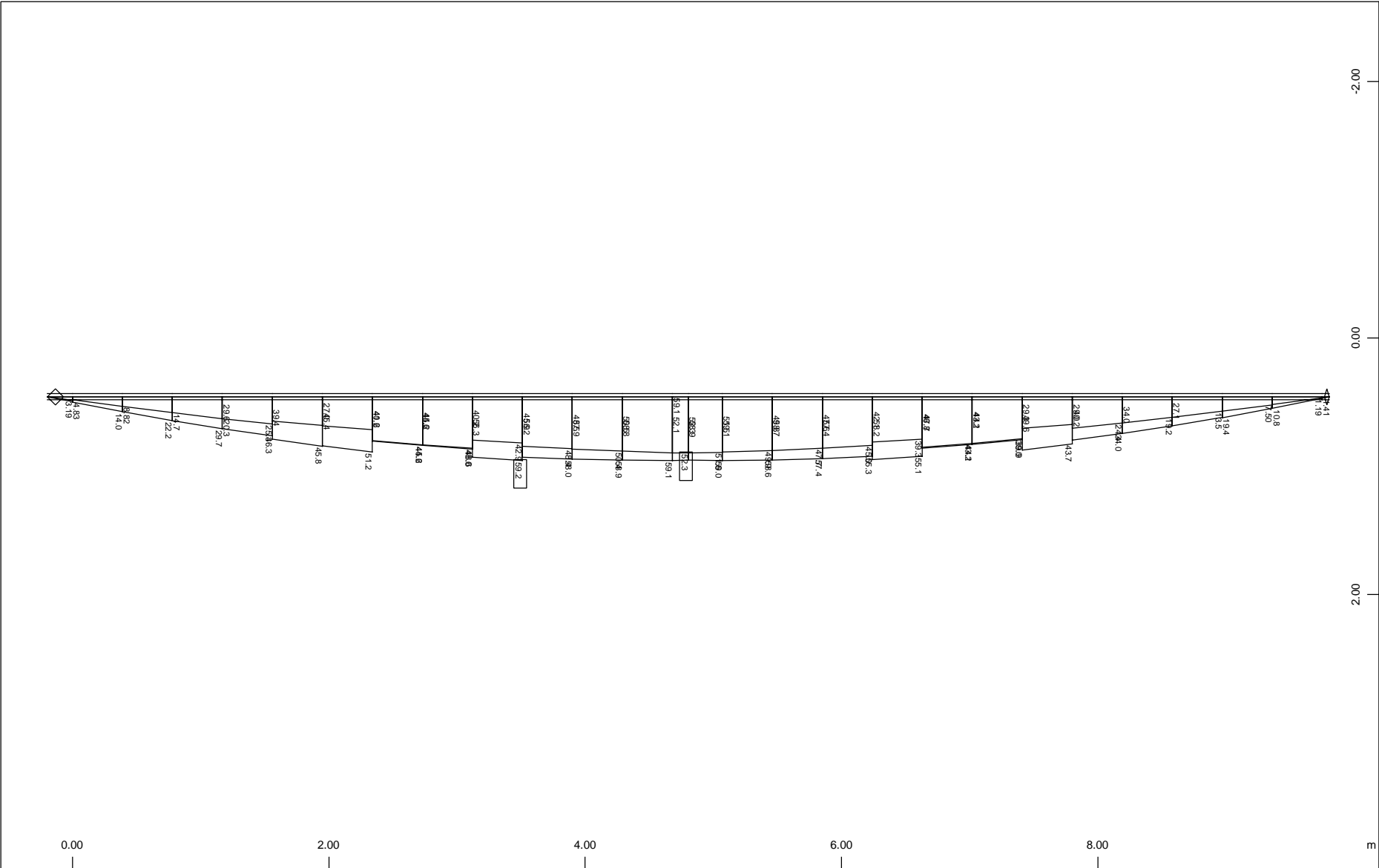


Y-X
Z

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=1.59)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-143.0) (Max=-142.2)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

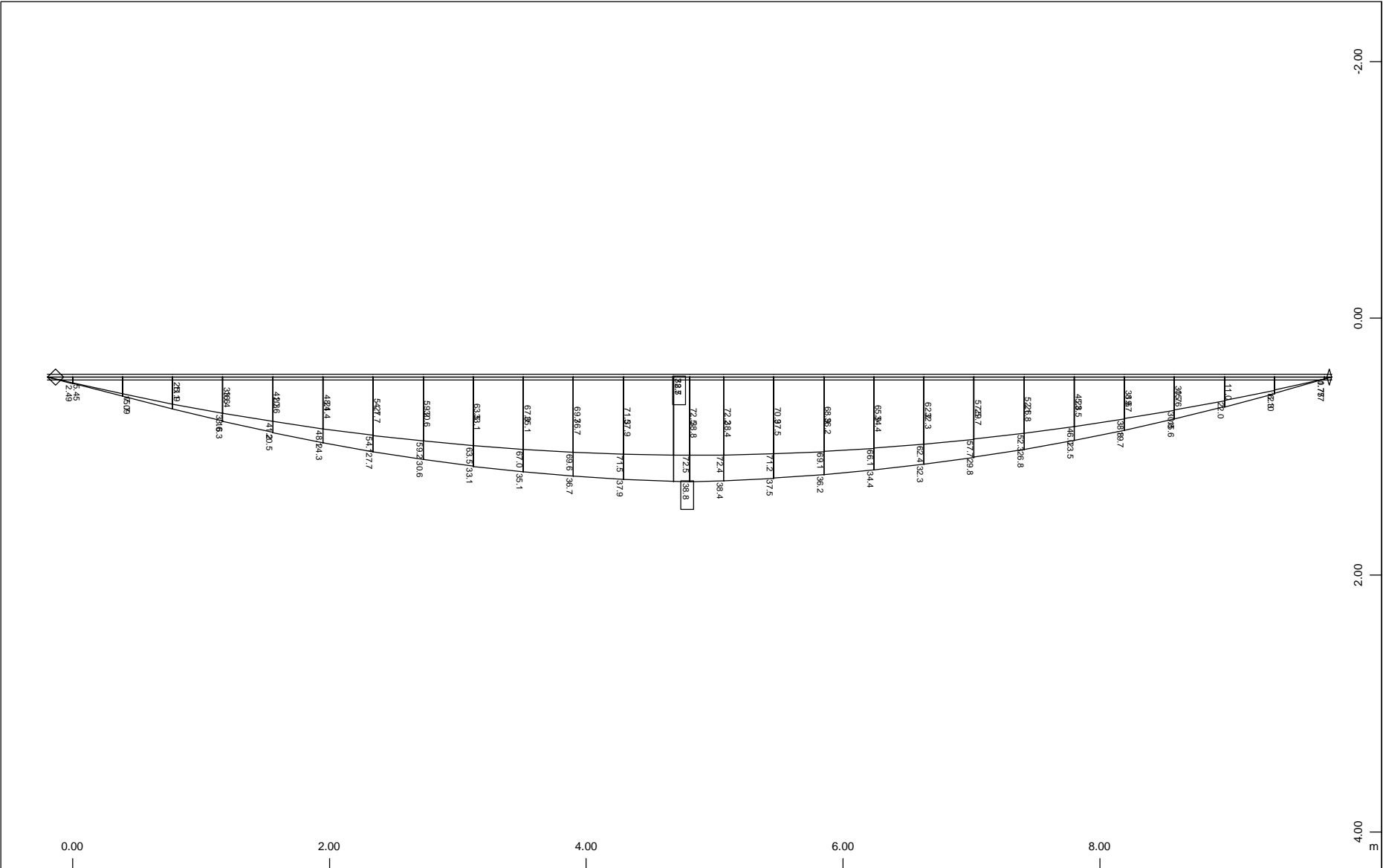


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=59.2)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=52.3)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

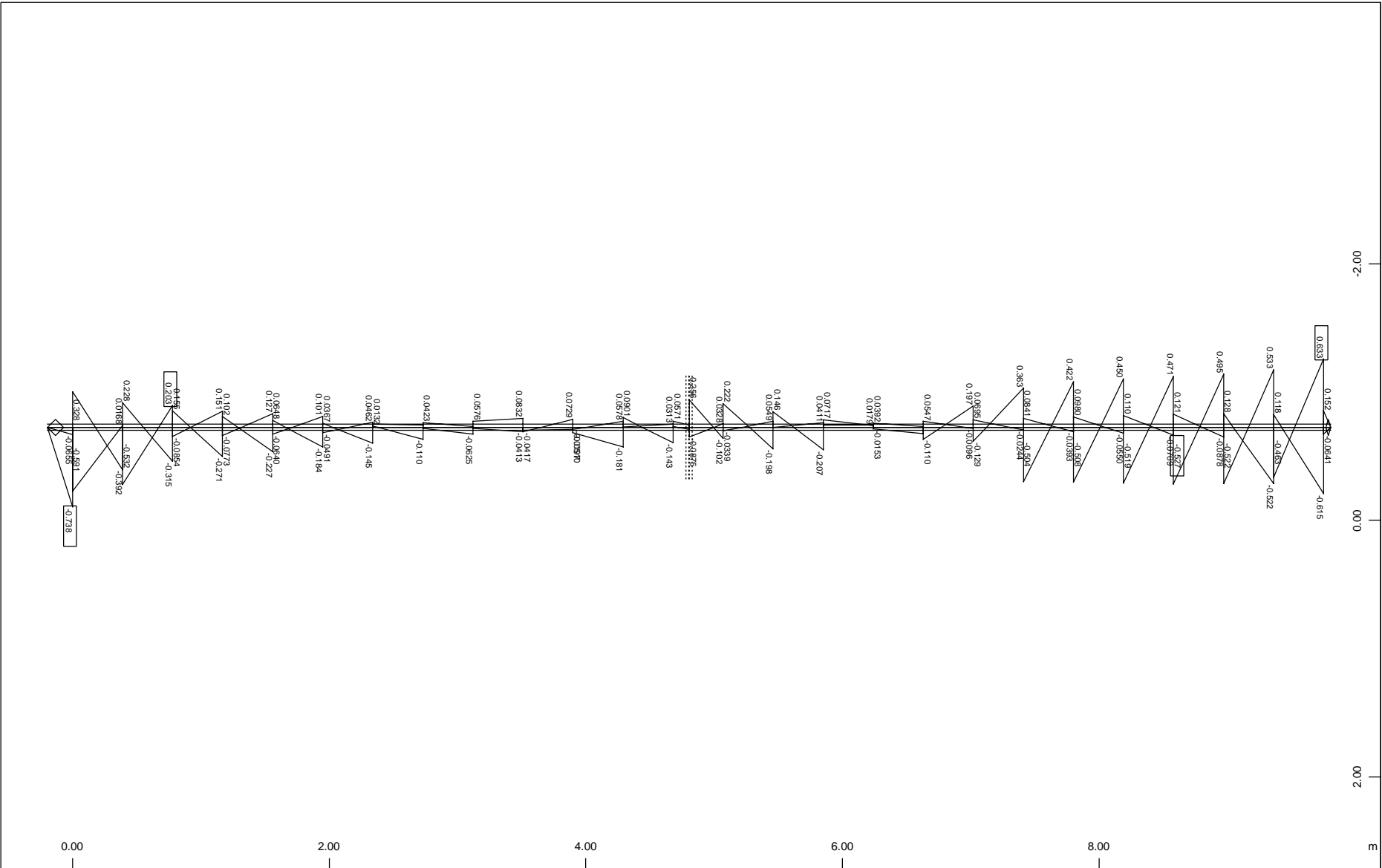


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=72.5)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=38.8)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

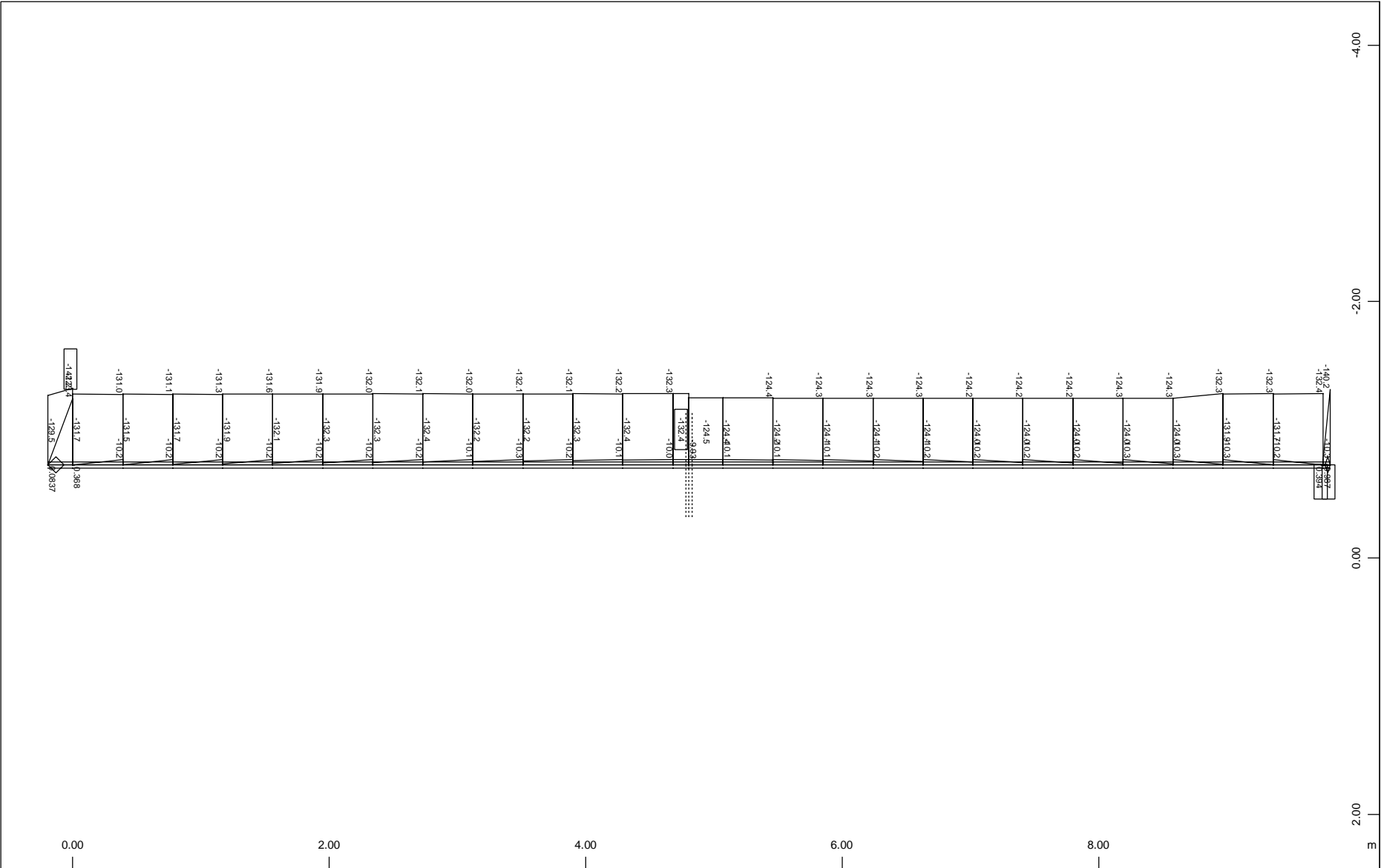


Z
X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.738) (Max=0.203)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.527) (Max=0.633)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx

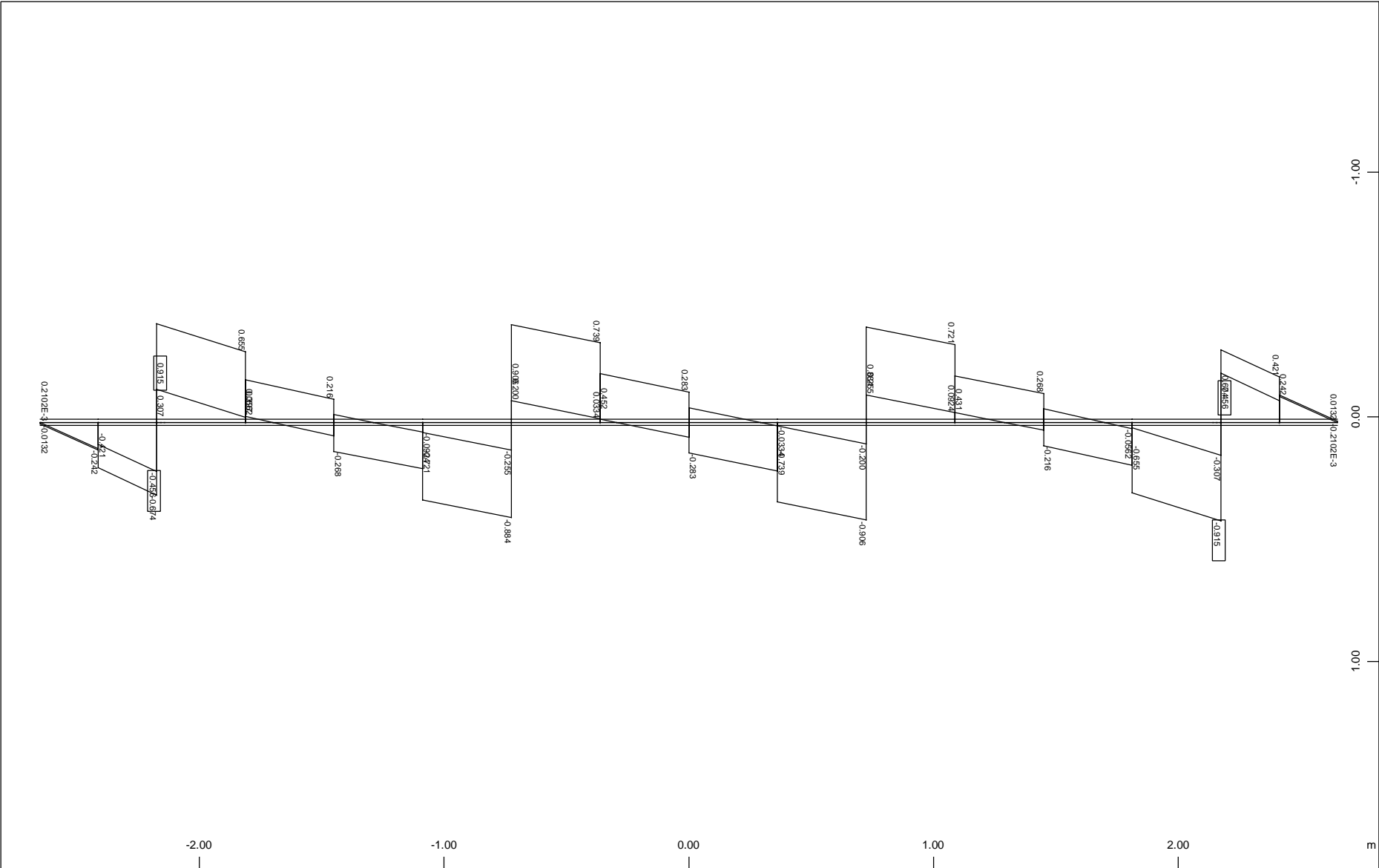


X
Y

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=-142.2) (Max=0.394)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-132.4) (Max=0.987)

M 1 : 42

KRT_4a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

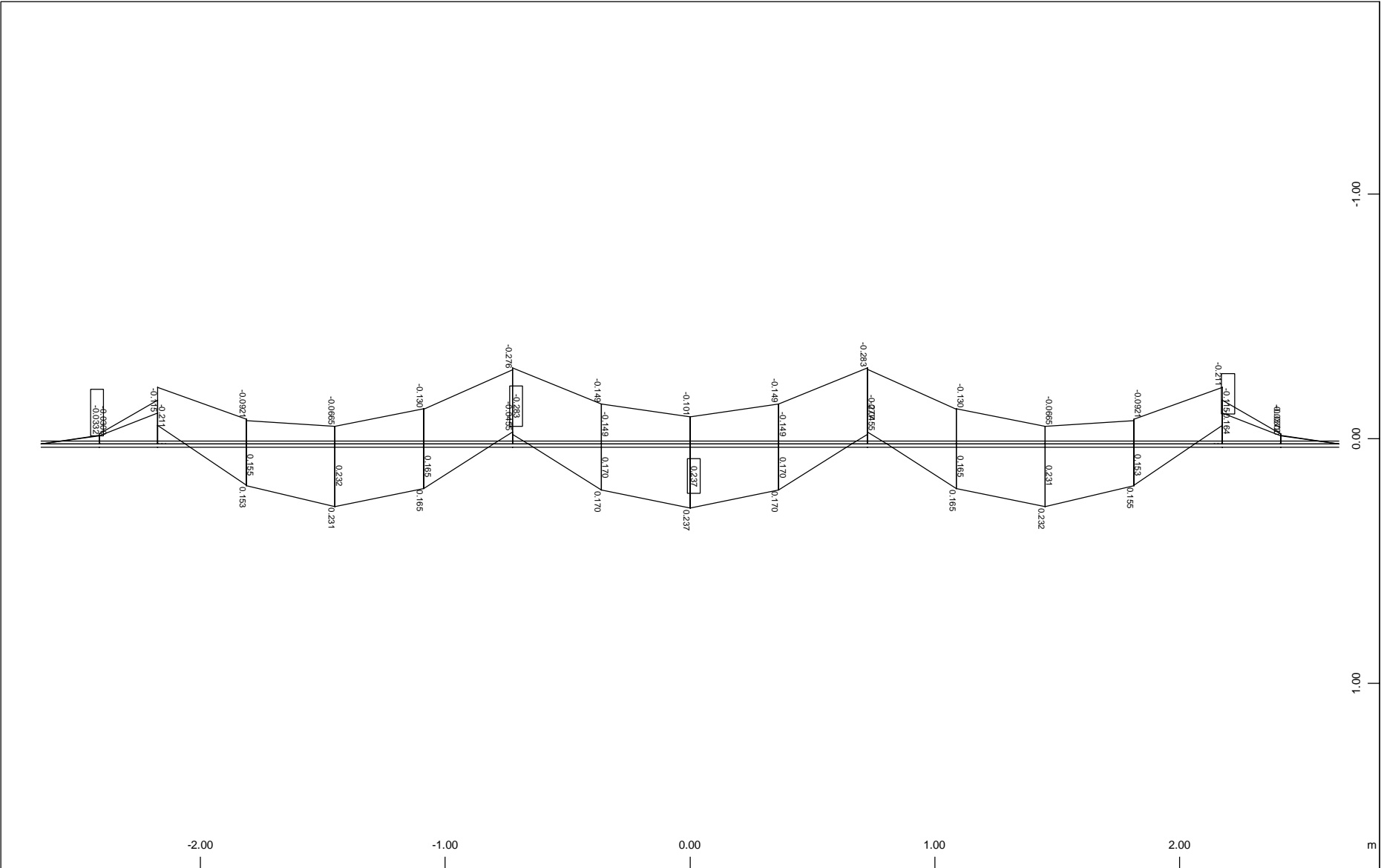


X-Y
Z

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=-0.456) (Max=0.915)
Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a, 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.915) (Max=0.456)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

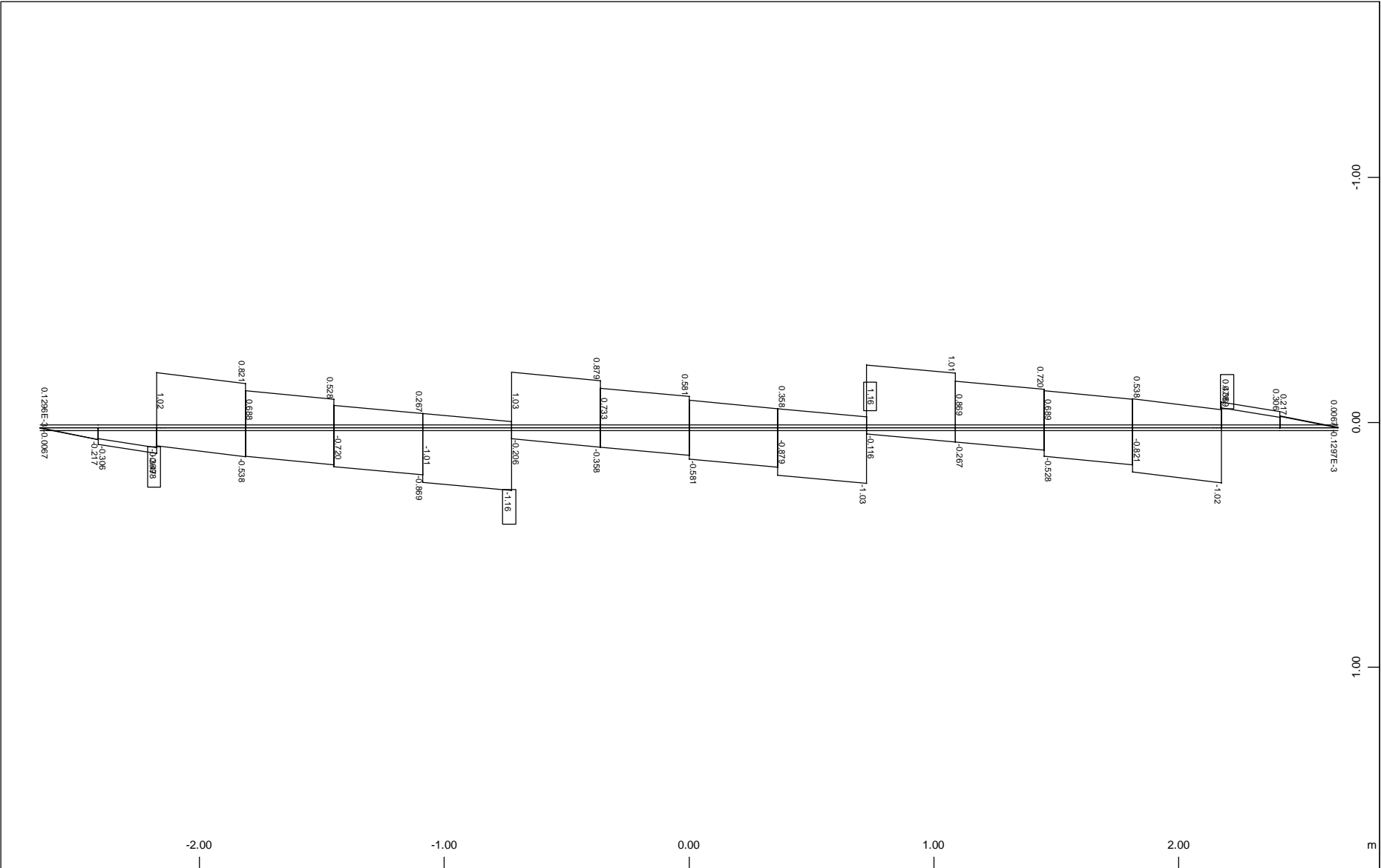


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.115) (Max=0.237)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.283) (Max=-1.8814e-05)

M 1 : 22

KRT_4a. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

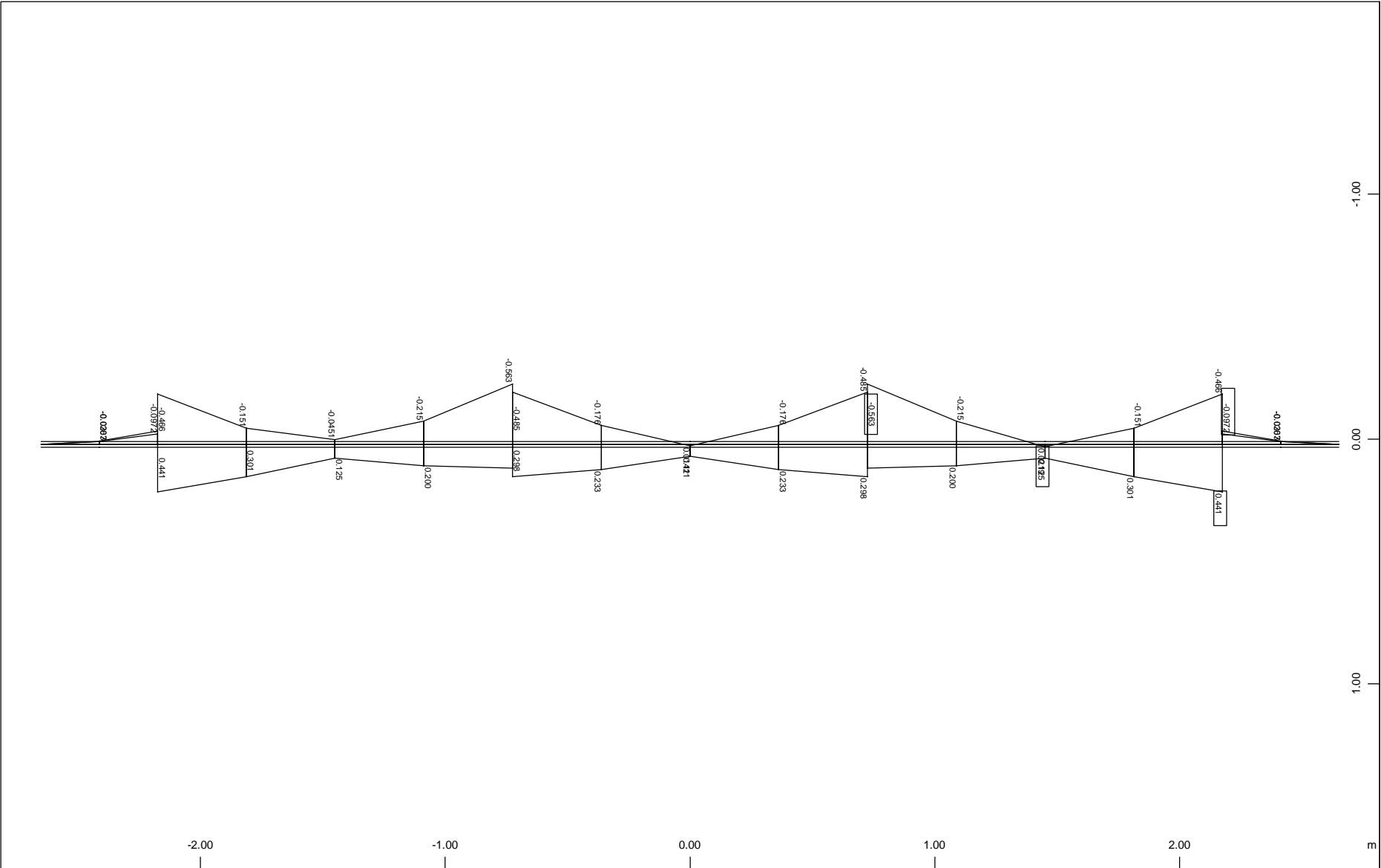


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.369) (Max=1.16)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-1.16) (Max=0.369)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

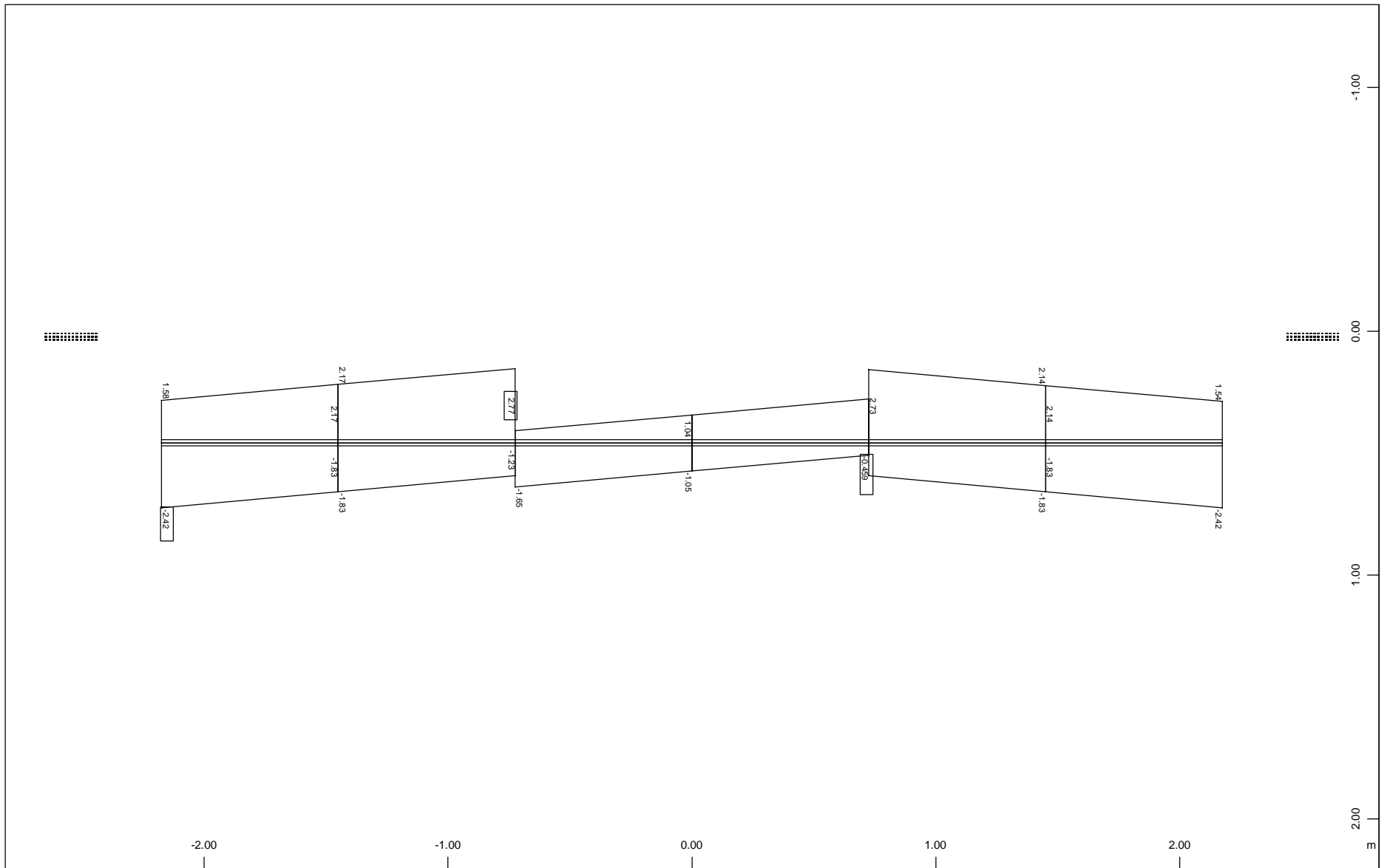


X-Y
Z

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=-0.0972) (Max=0.441)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.563) (Max=0.0219)

M 1 : 22

KRT_4a. poikkituet. Leikkausvoima Vz


$$\begin{array}{c} \text{X} - \text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

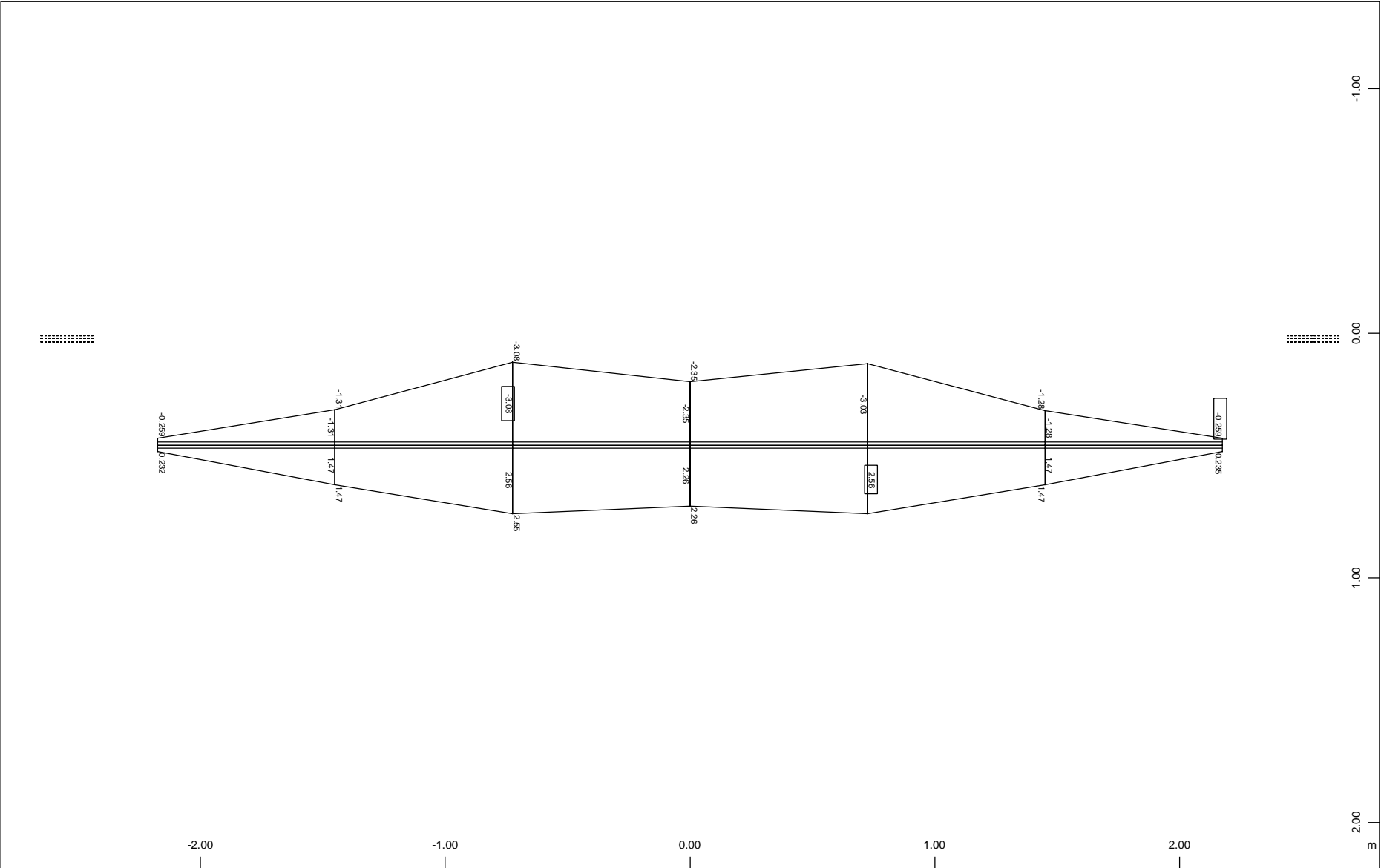
Sector of system Beam Elements Group 0

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Max=2.77)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.42) (Max=-0.459)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

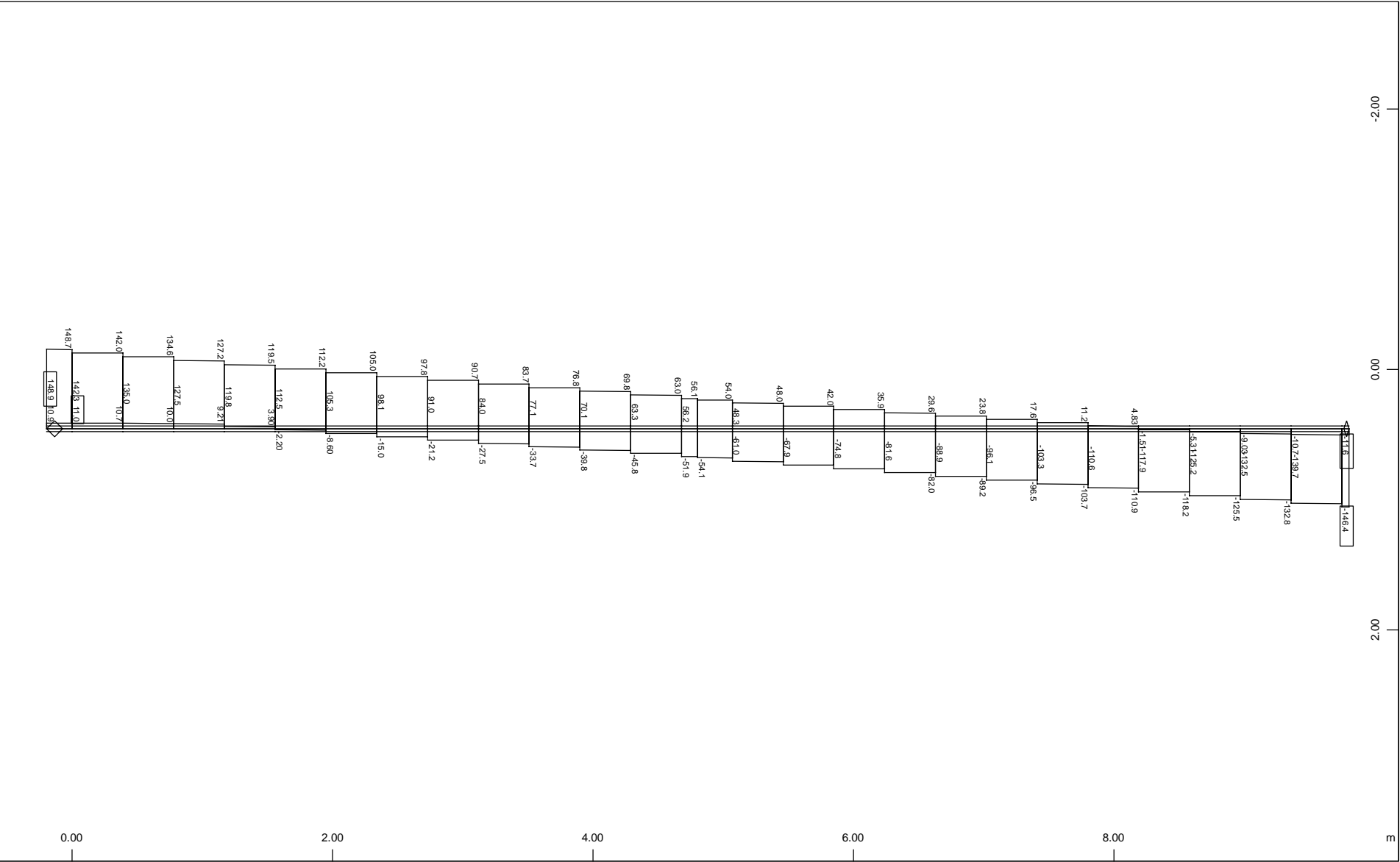


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Max=2.56)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT_4a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-3.08) (Max=-0.259)

M 1 : 22

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=-11.6) (Max=148.9)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-146.4) (Max=11.0)

M 1 : 41

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

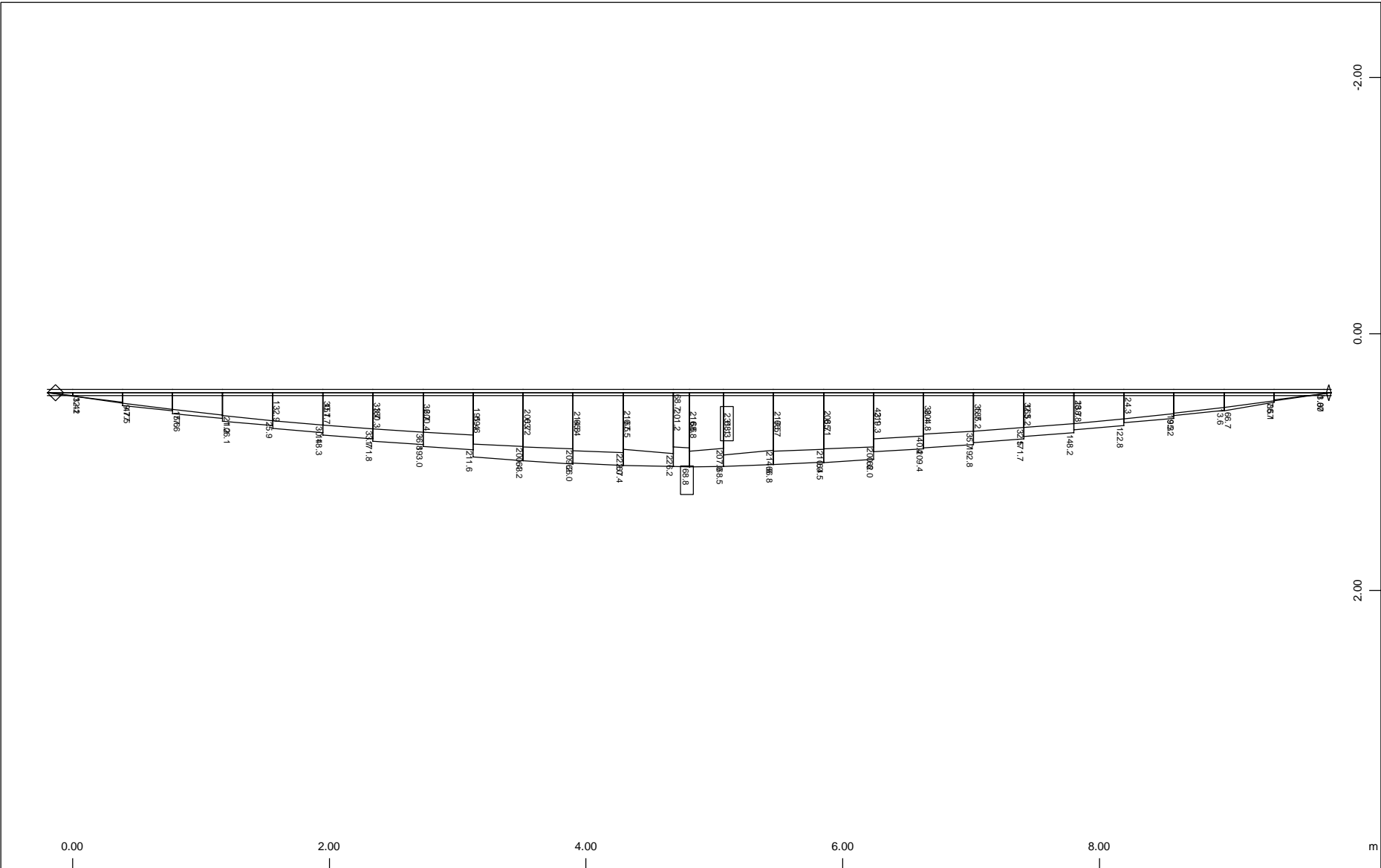


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=5.97)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-71.8) (Max=-71.4)

Nx vastaava taivutusmomentti: My

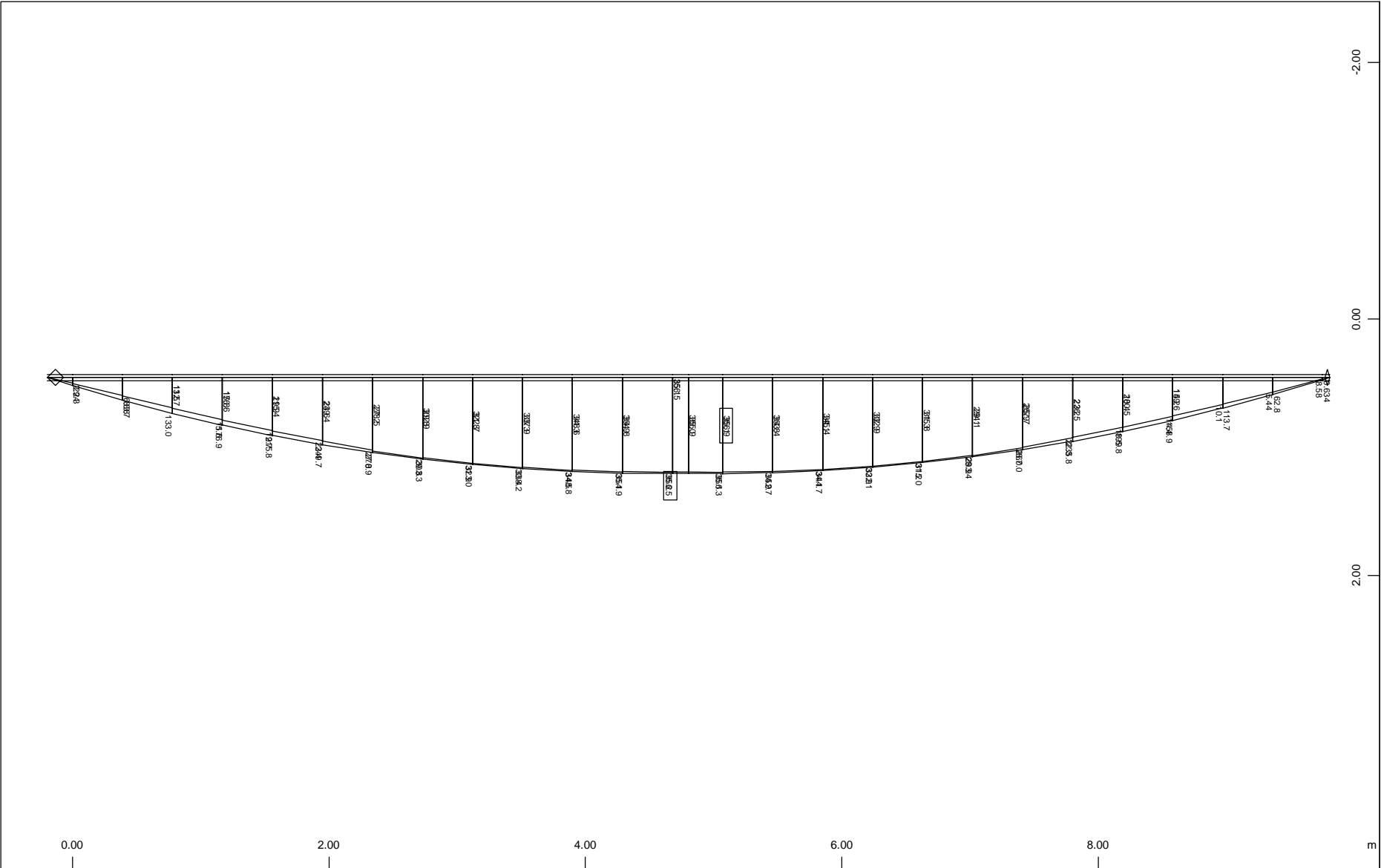


X
Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=231.1)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=68.8)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

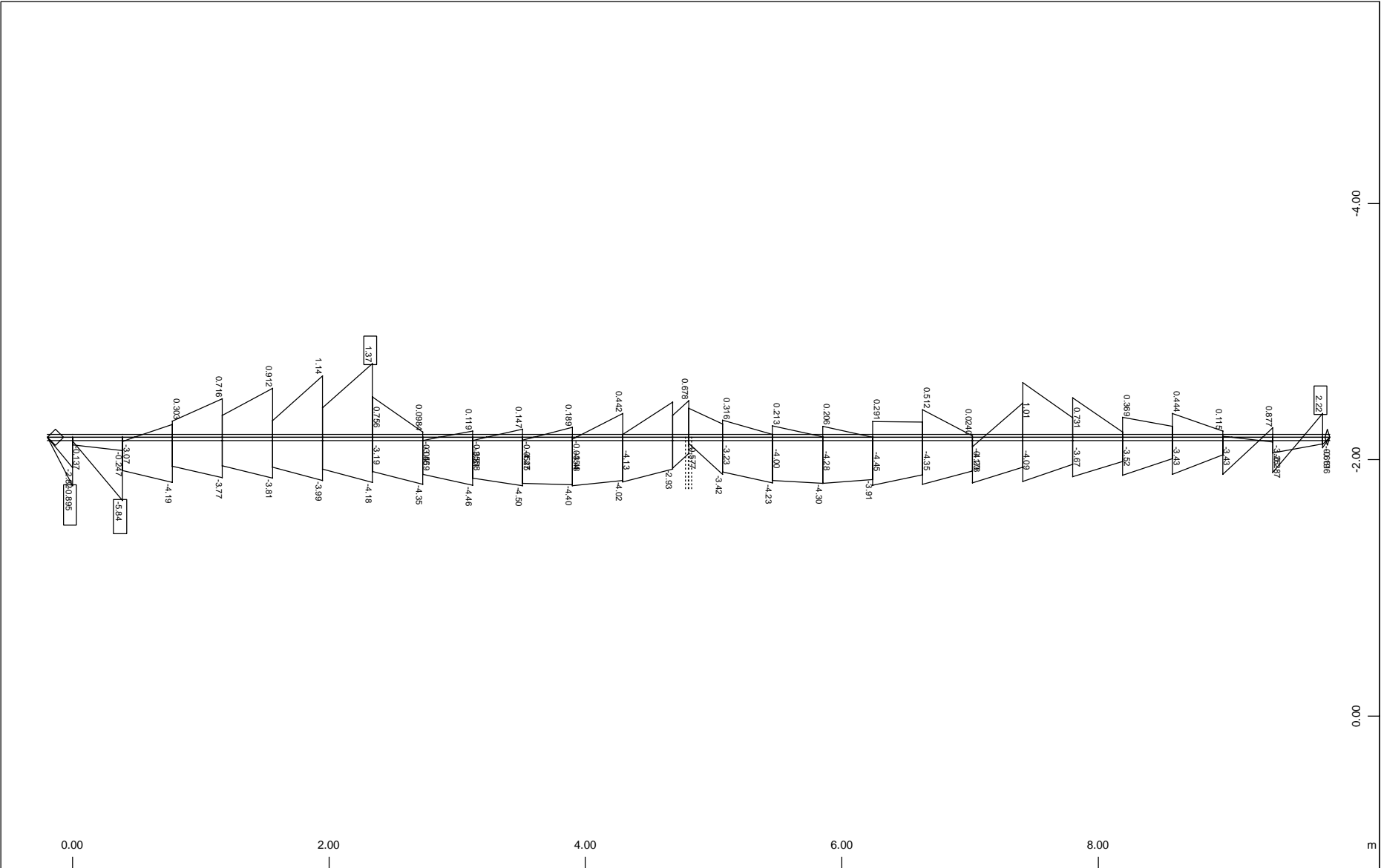


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=356.9)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=35.2)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

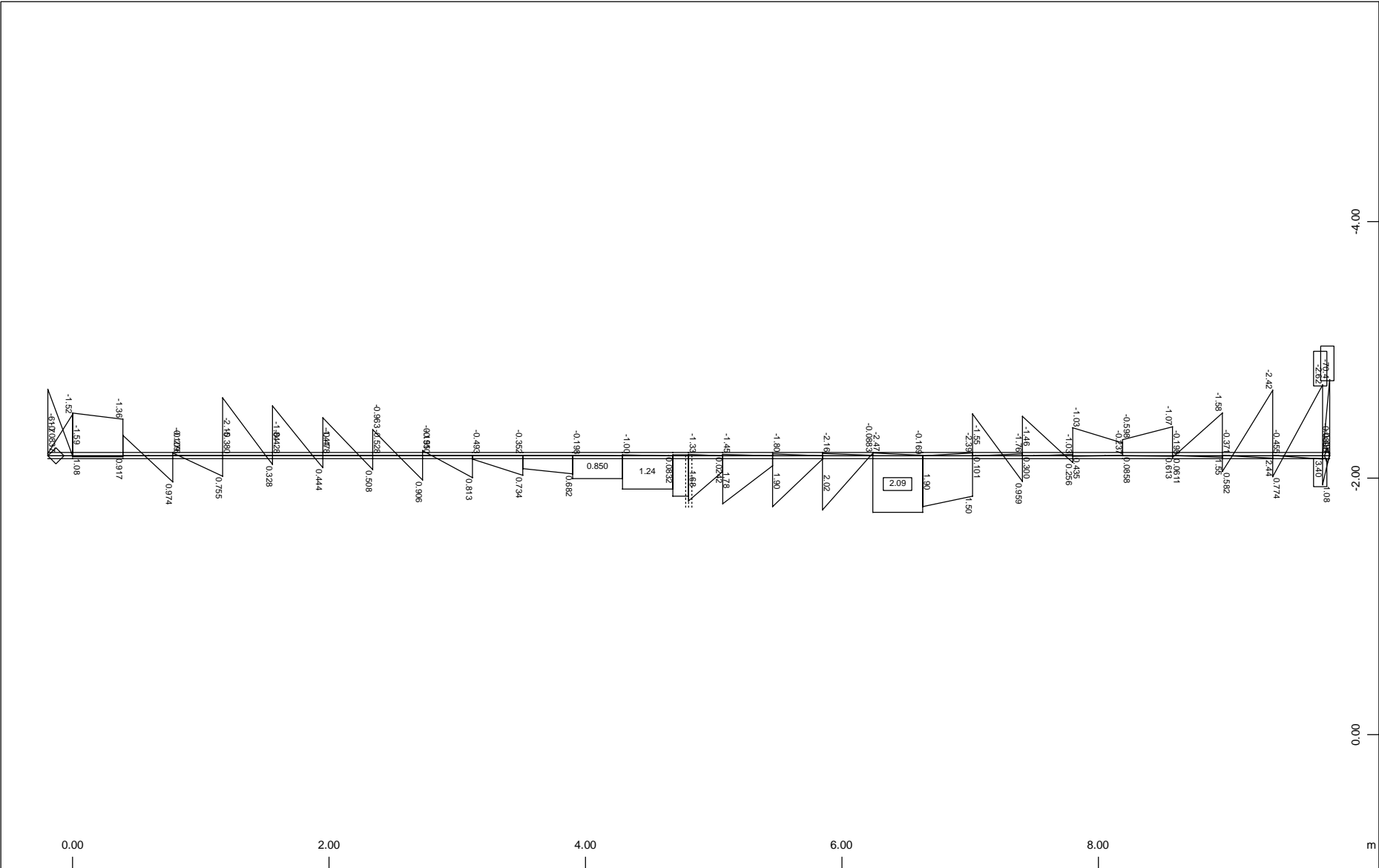


X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajailla , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.84) (Max=2.22)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajailla , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.895) (Max=1.37)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx



M 1 : 42

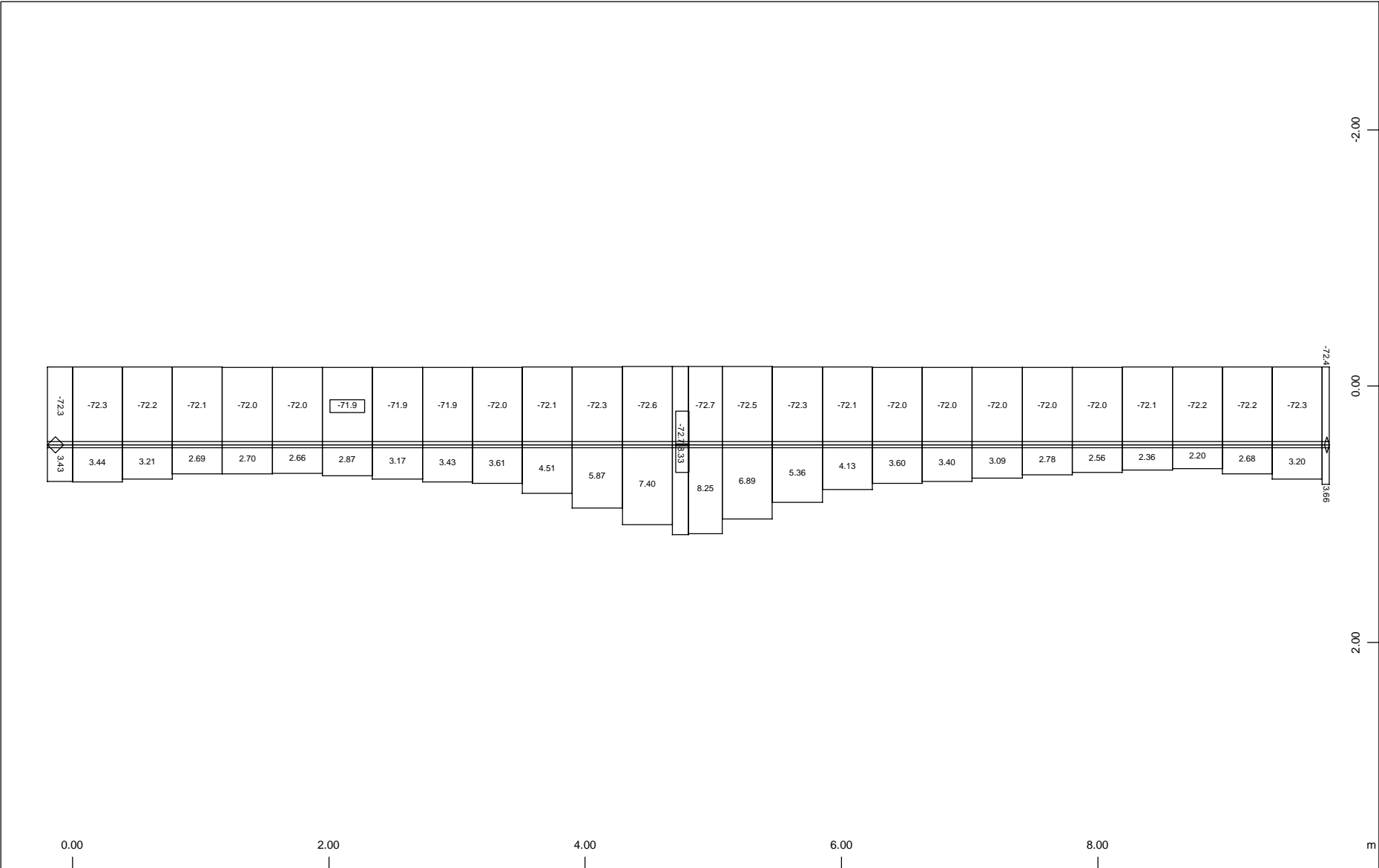


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-13.9) (Max=120.2)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-115.8) (Max=12.9)

Normaalivoima: Nx

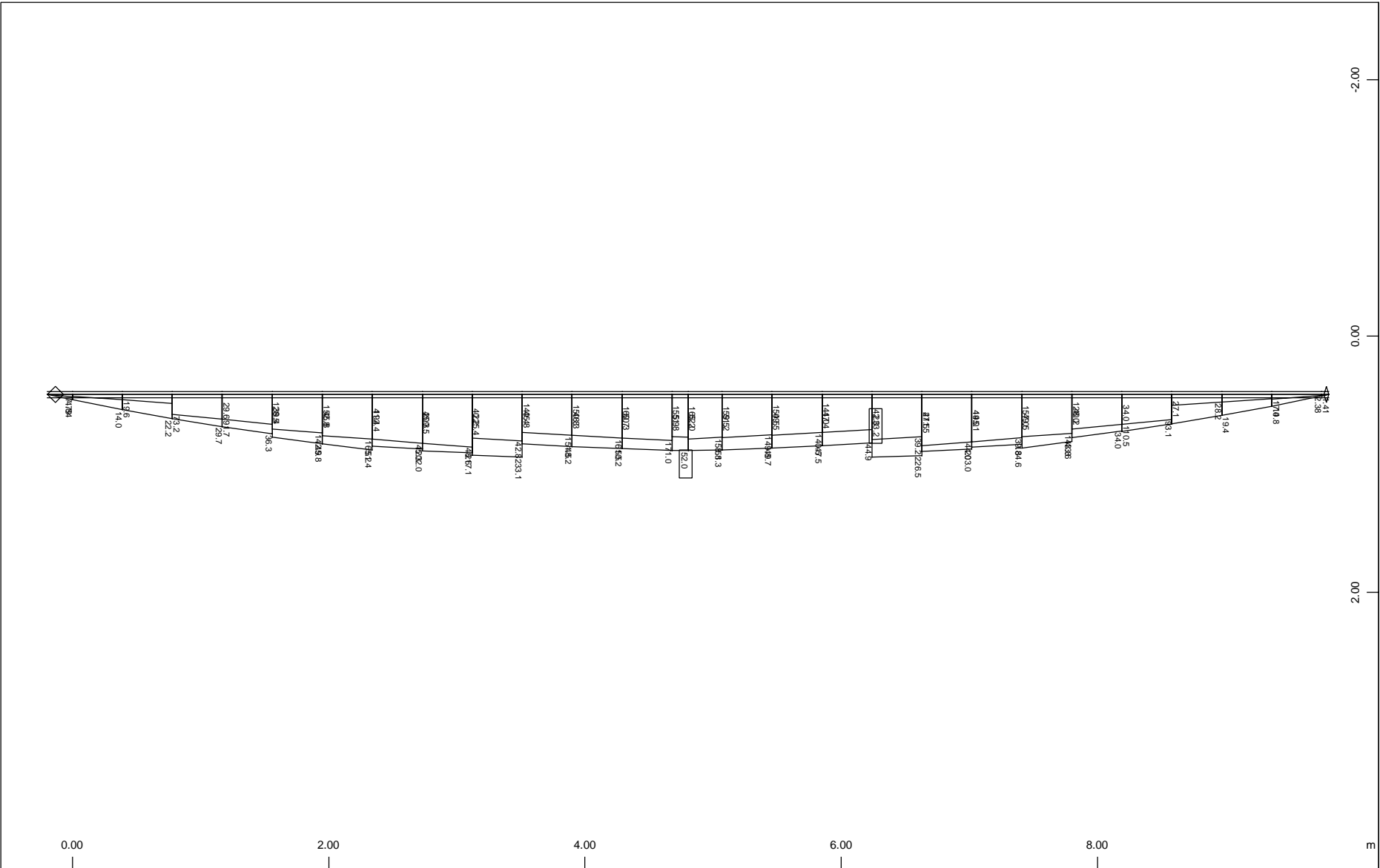


Y-X
Z

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=8.33)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-72.7) (Max=-71.9)

M 1 : 42

Nx vastaava taivutusmomentti: My

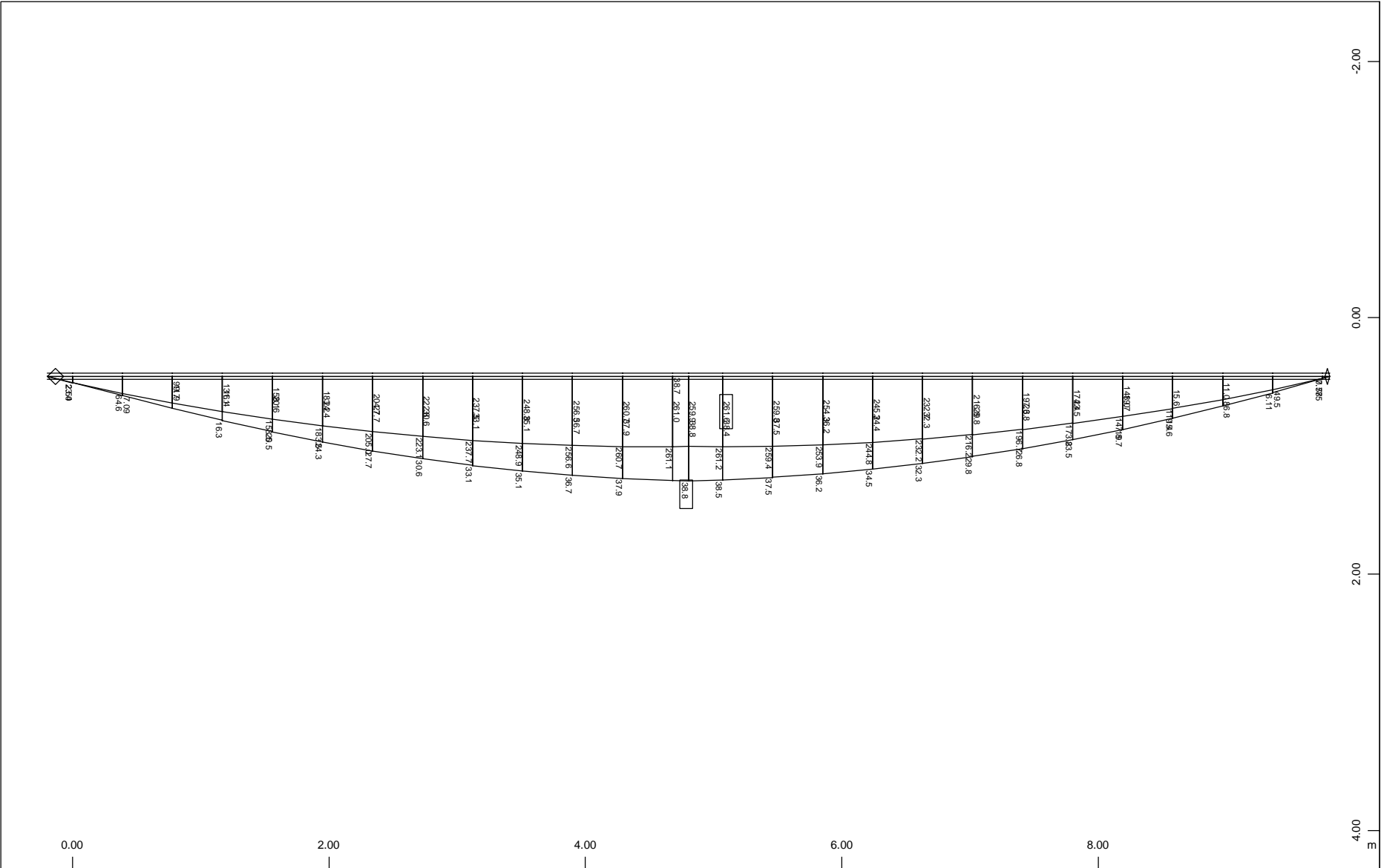


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=233.2)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=52.0)

M 1 : 42

Taivutusmomentti: My

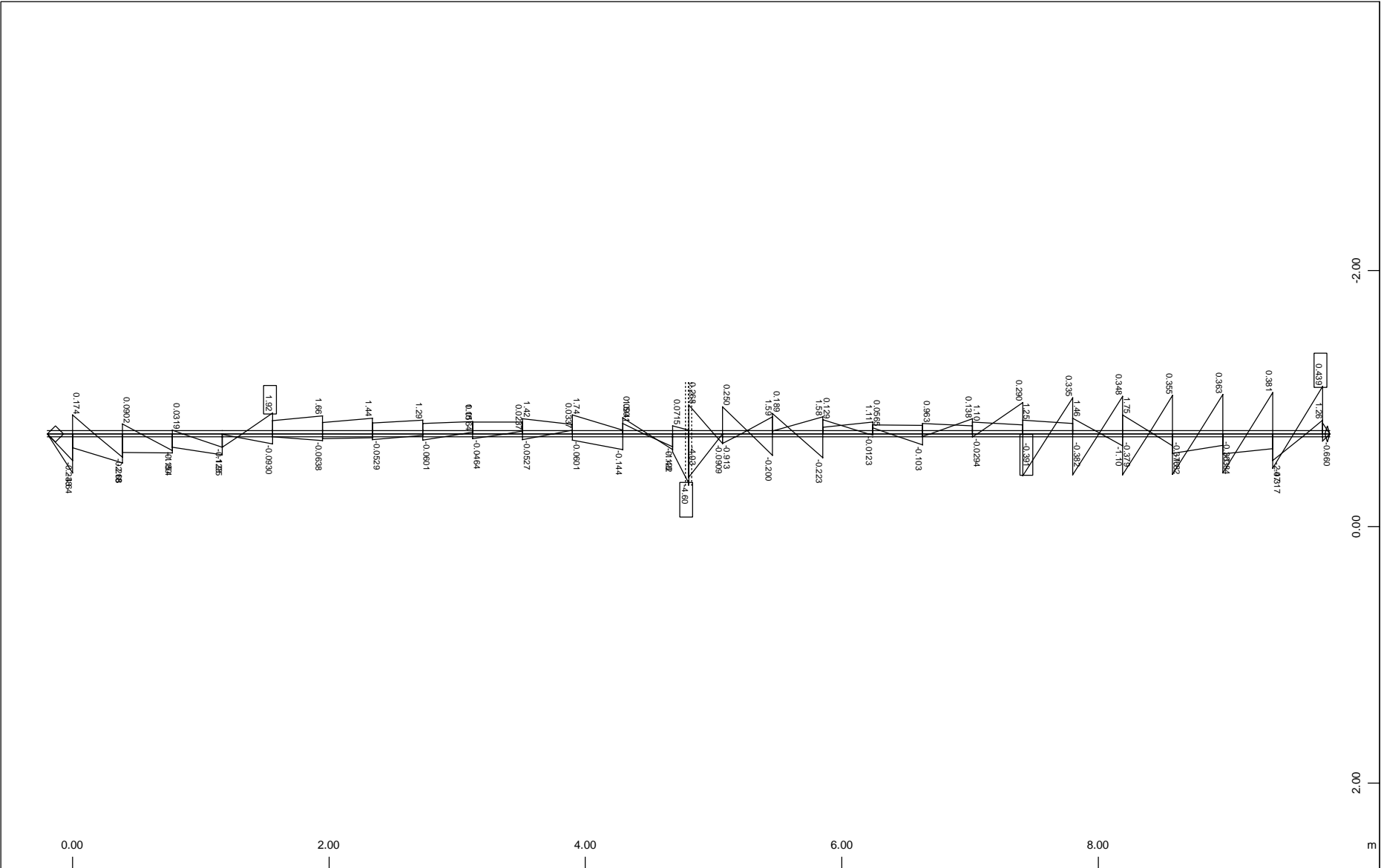


Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=261.6)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=38.8)

M 1 : 42

My vastaava taivutusmomentti: Mz

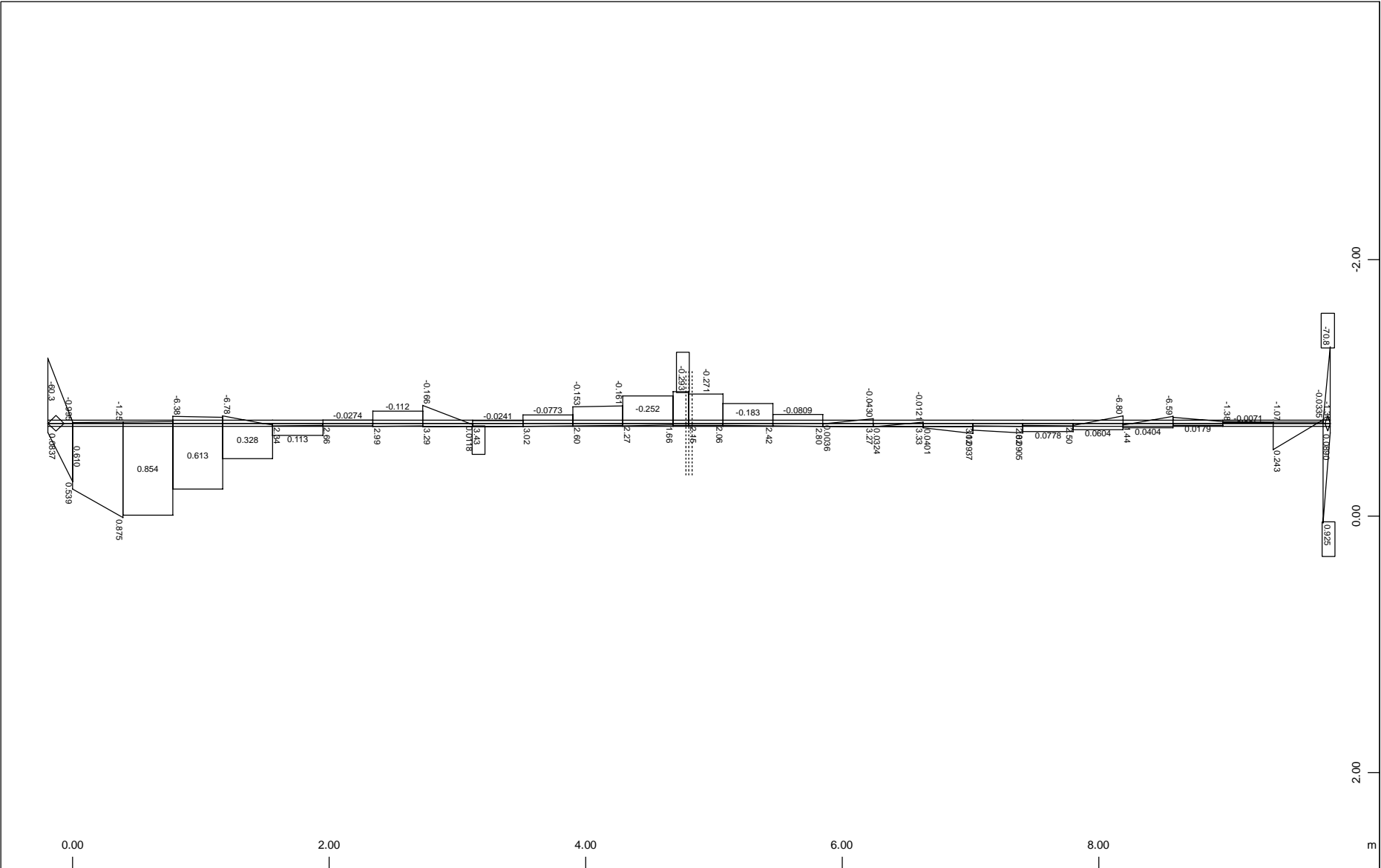


X
Y

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=-4.60) (Max=1.92)
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.391) (Max=0.439)

M 1 : 42

My vastaava normaalivoima: Nx

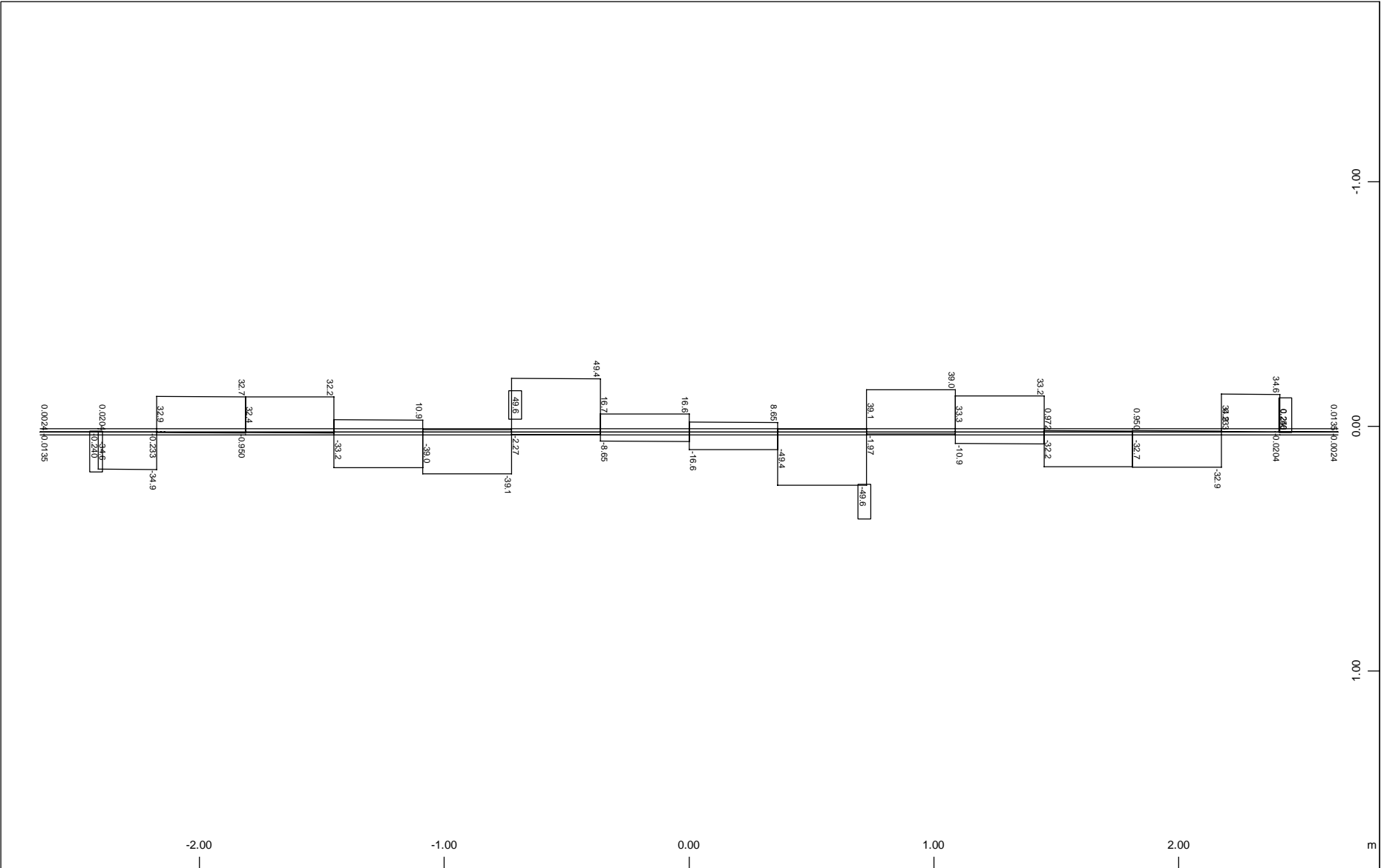


Z-X
Y

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=-70.8) (Max=3.43)
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.293) (Max=0.925)

M 1 : 42

Onnettomuusrajatila. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

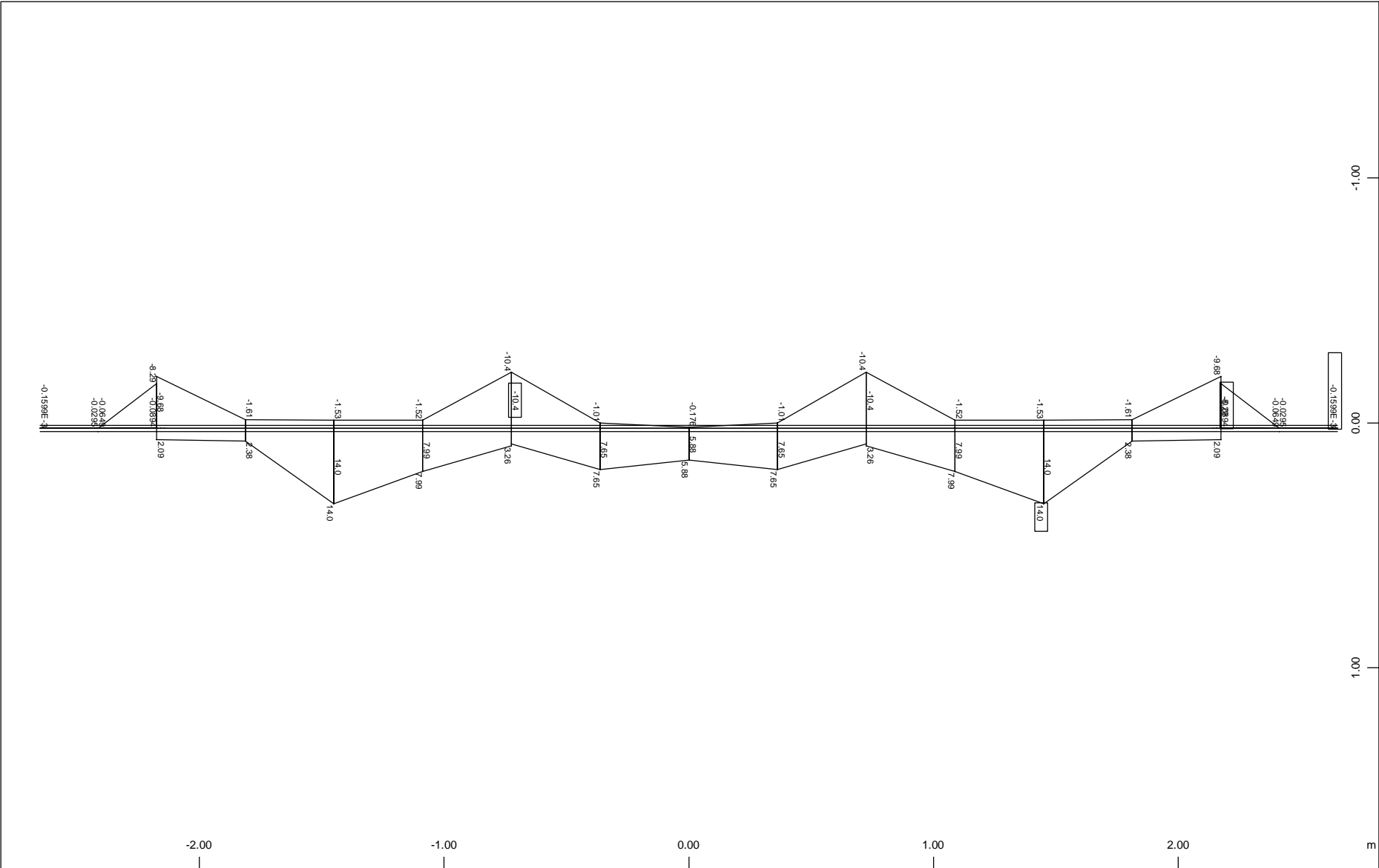


X-Y
Z

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=-0.240) (Max=49.6)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-49.6) (Max=0.240)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My



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=-0.0894) (Max=14.0)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-10.4) (Max=-1.5986e-04)

M 1 : 22

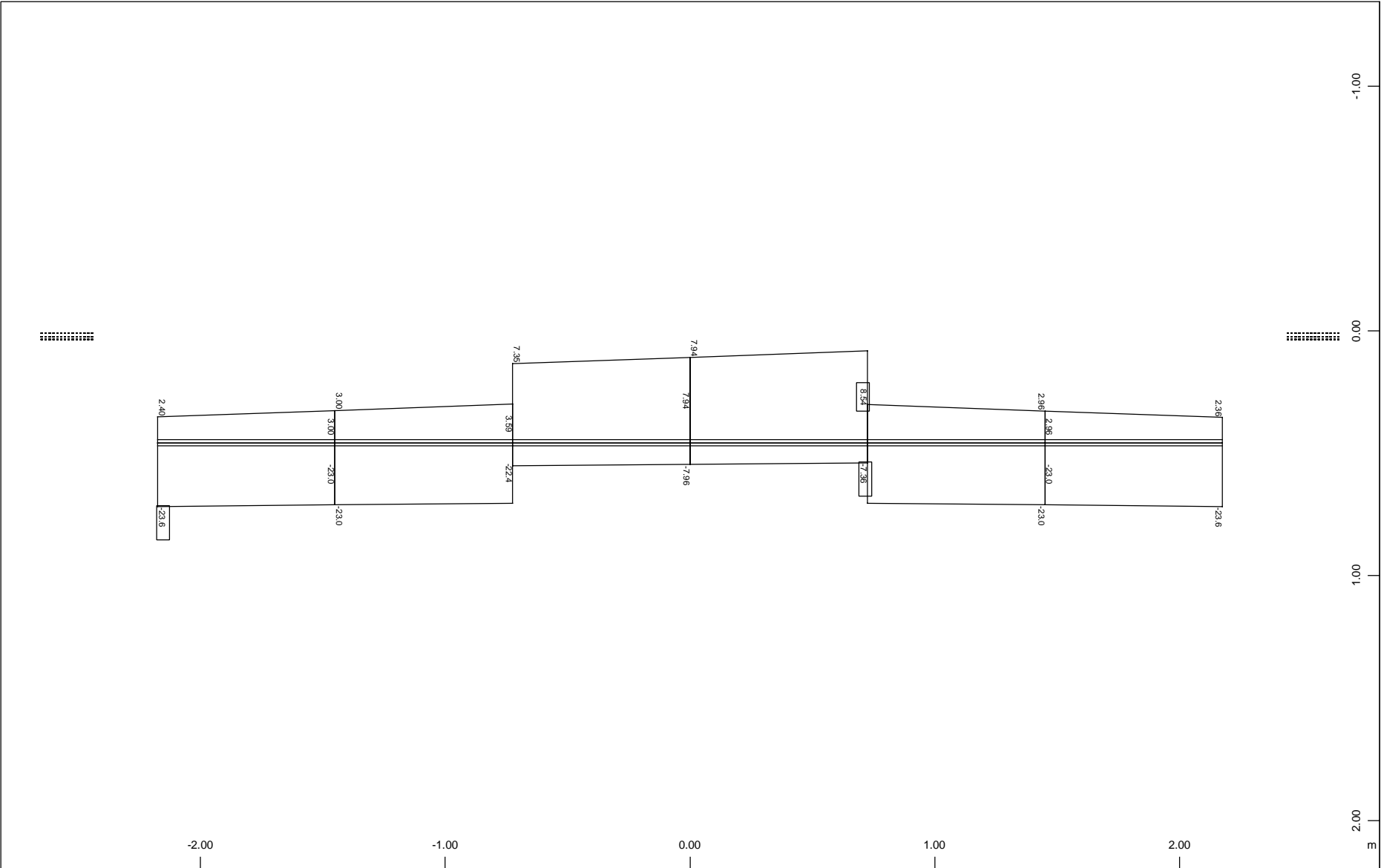


Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-50.9) (Max=0.368)



Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-12.3) (Max=-7.2632e-05)

Onnettomuusrajatila. poikkituet. Leikkausvoima Vz

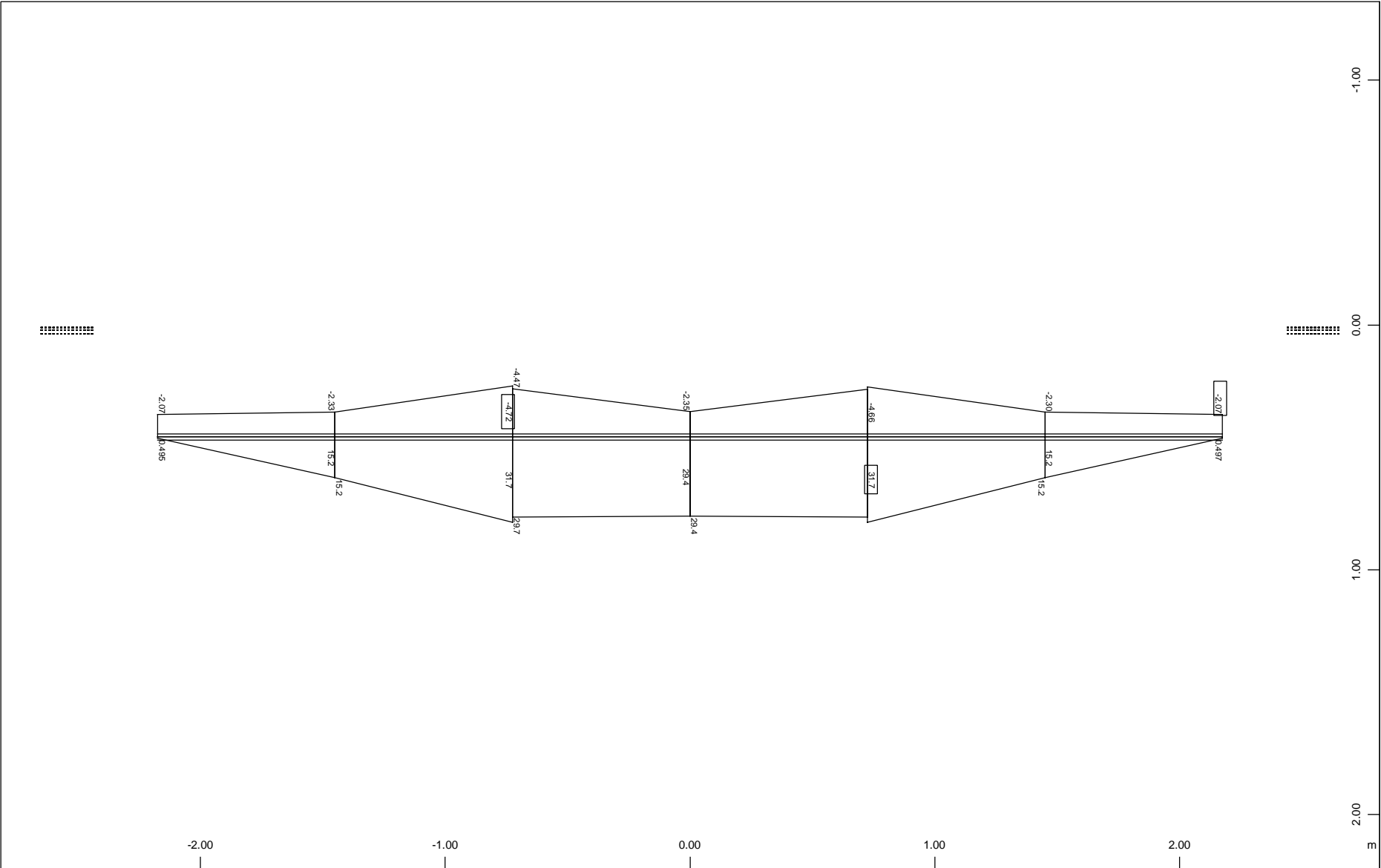


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=8.54)
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.6) (Max=-7.36)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

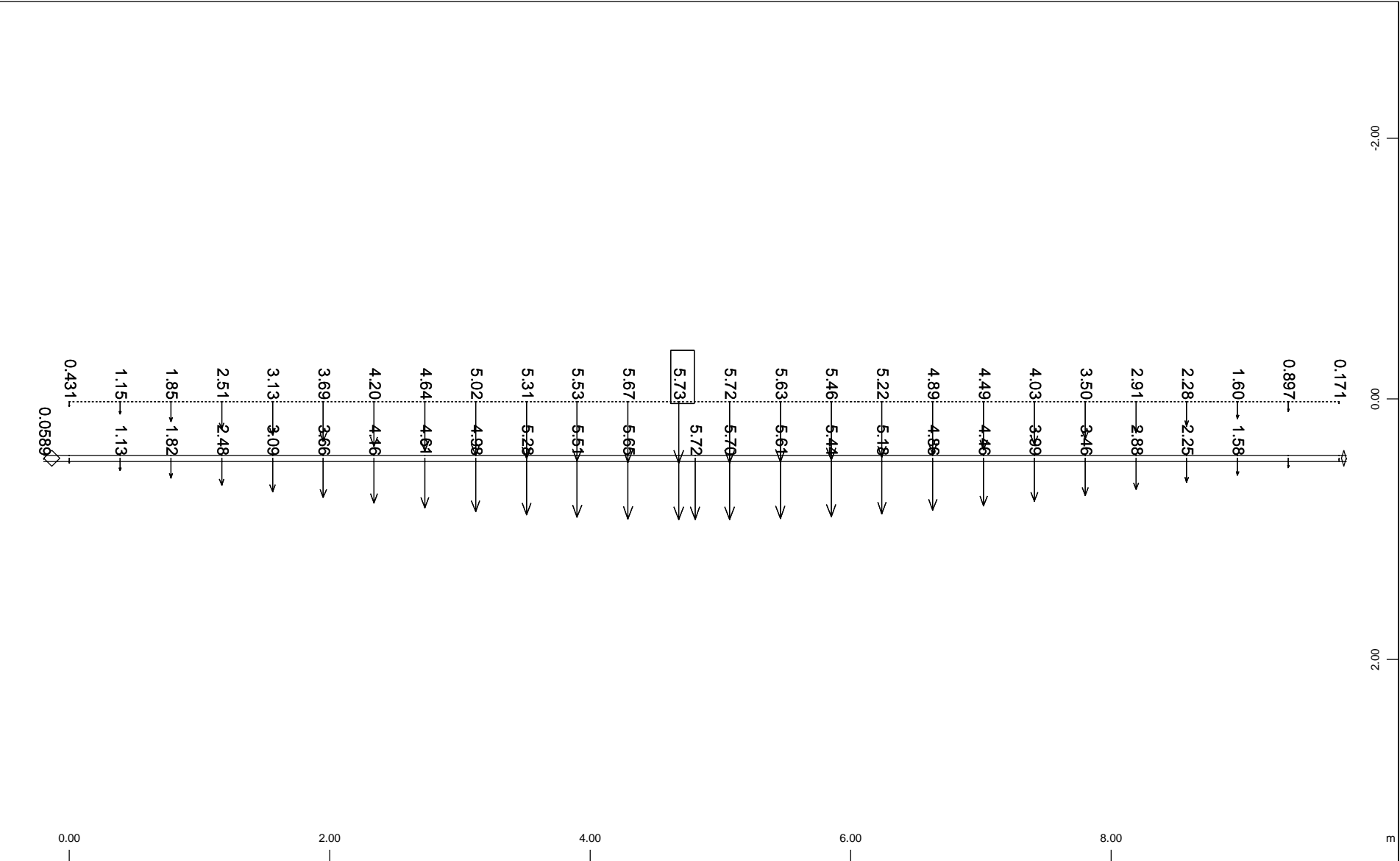


X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 0
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=31.7)
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.72) (Max=-2.07)

M 1 : 22

Pysyvät kuormat. Reunimmaisiet palkit. Hetkellinen taipuma

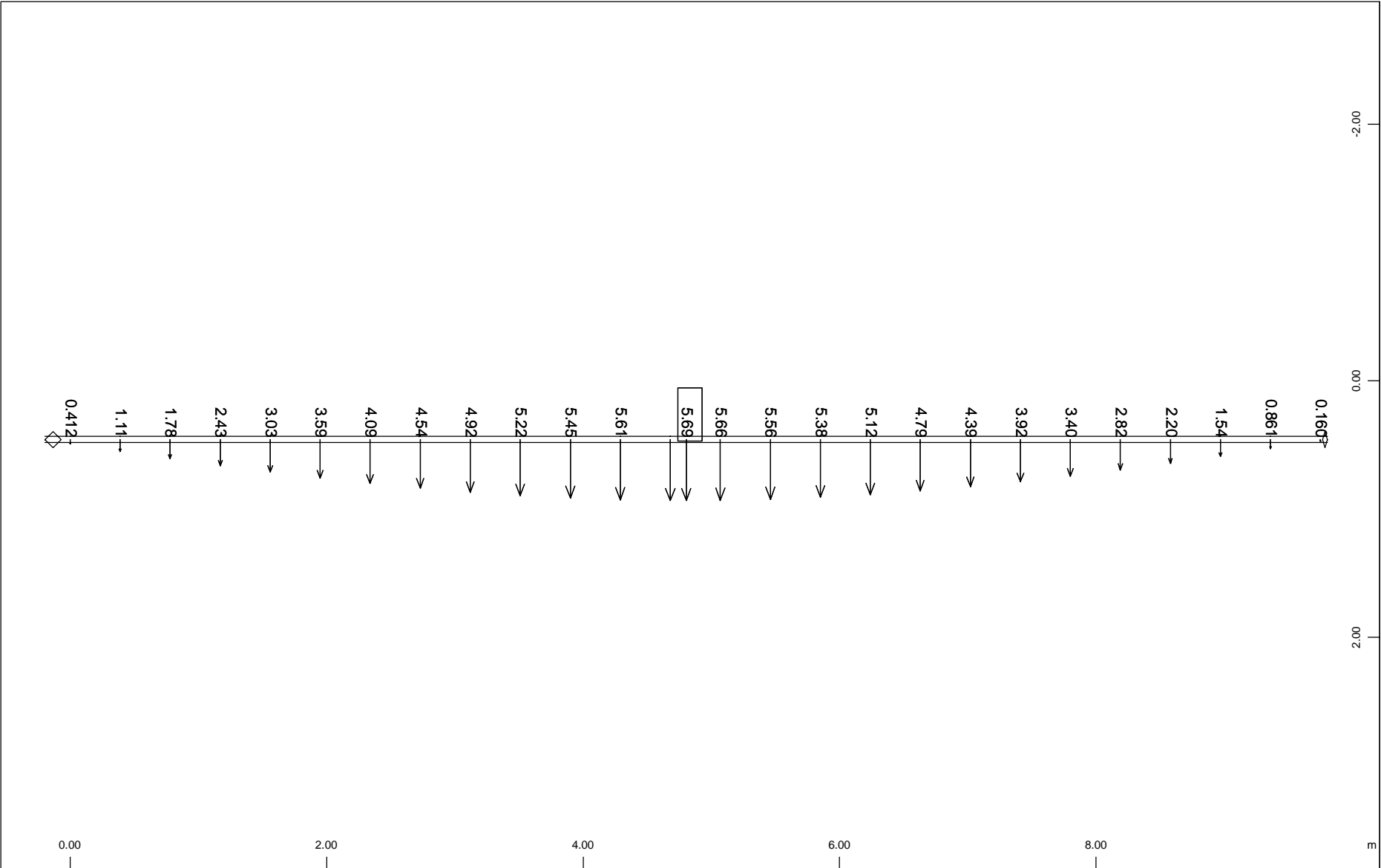


Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

(Max=5.73)
(Max=5.73)

M 1 : 41

Pysyvät kuormat. Keskimmäiset palkit. Hetkellinen taipuma



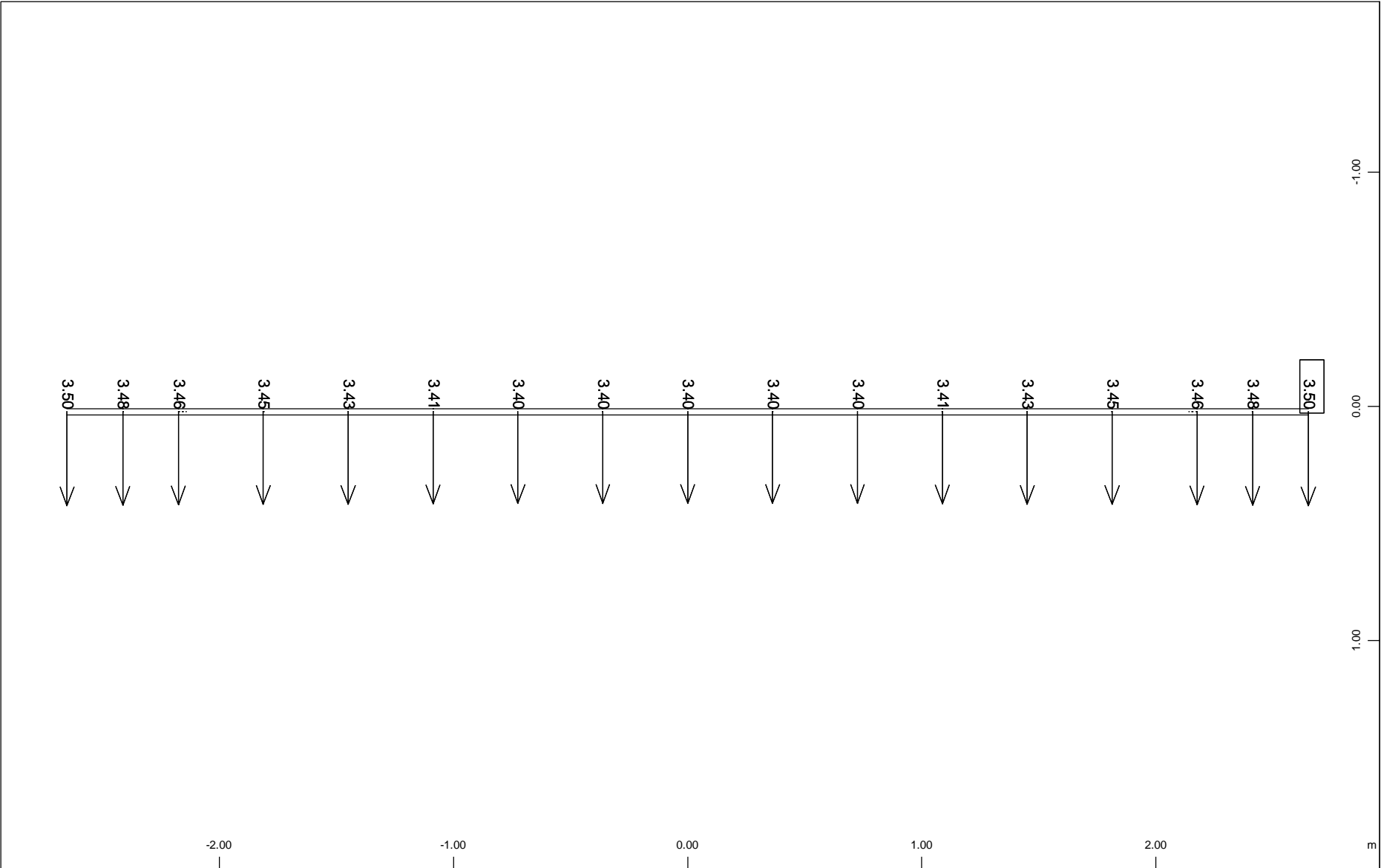
Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

(Max=5.69)
(Max=5.69)

M 1 : 42

Pysyvät kuormat. Keskialue laatta. Hetkellinen taipuma



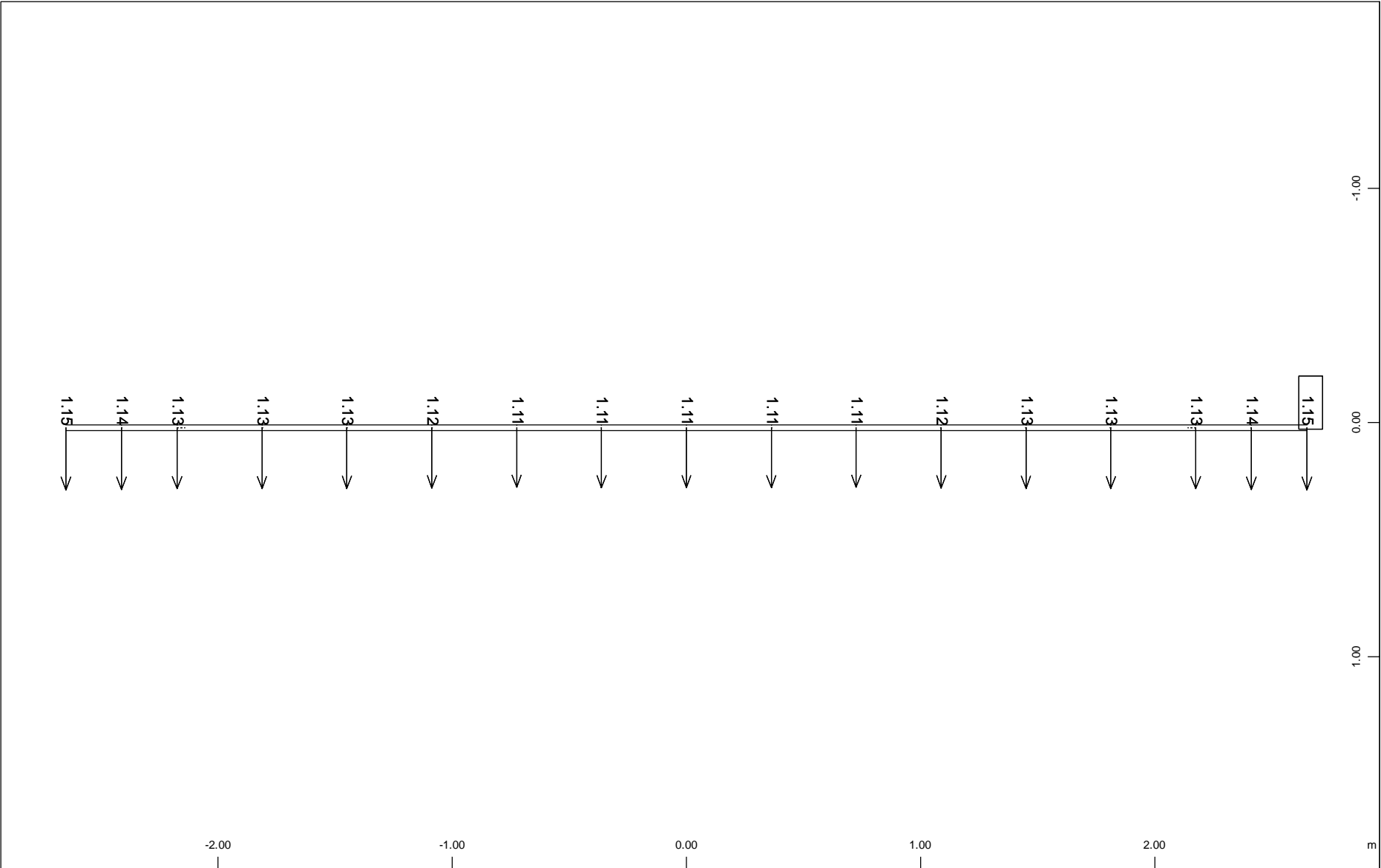
X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 2.00 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 2.00 mm

(Max=3.50)
(Max=3.50)

M 1 : 23

Pysyvät kuormat. Päätyalue laatta. Hetkellinen taipuma



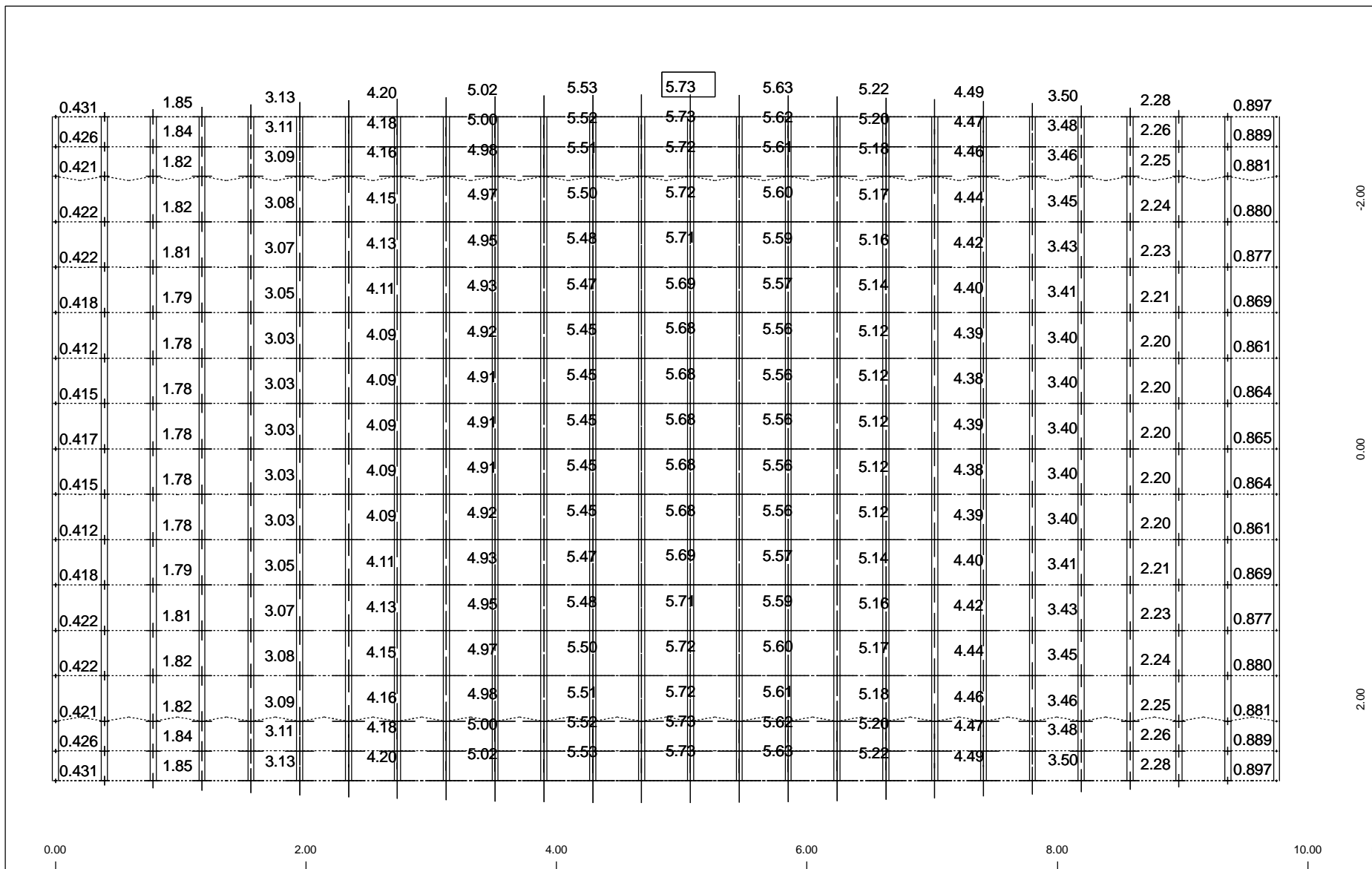
X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
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=1.15)
(Max=1.15)

M 1 : 23

Pysyvät kuormat. Hetkellinen taipuma



Z-X
Y

Sector of system Beam Elements

Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

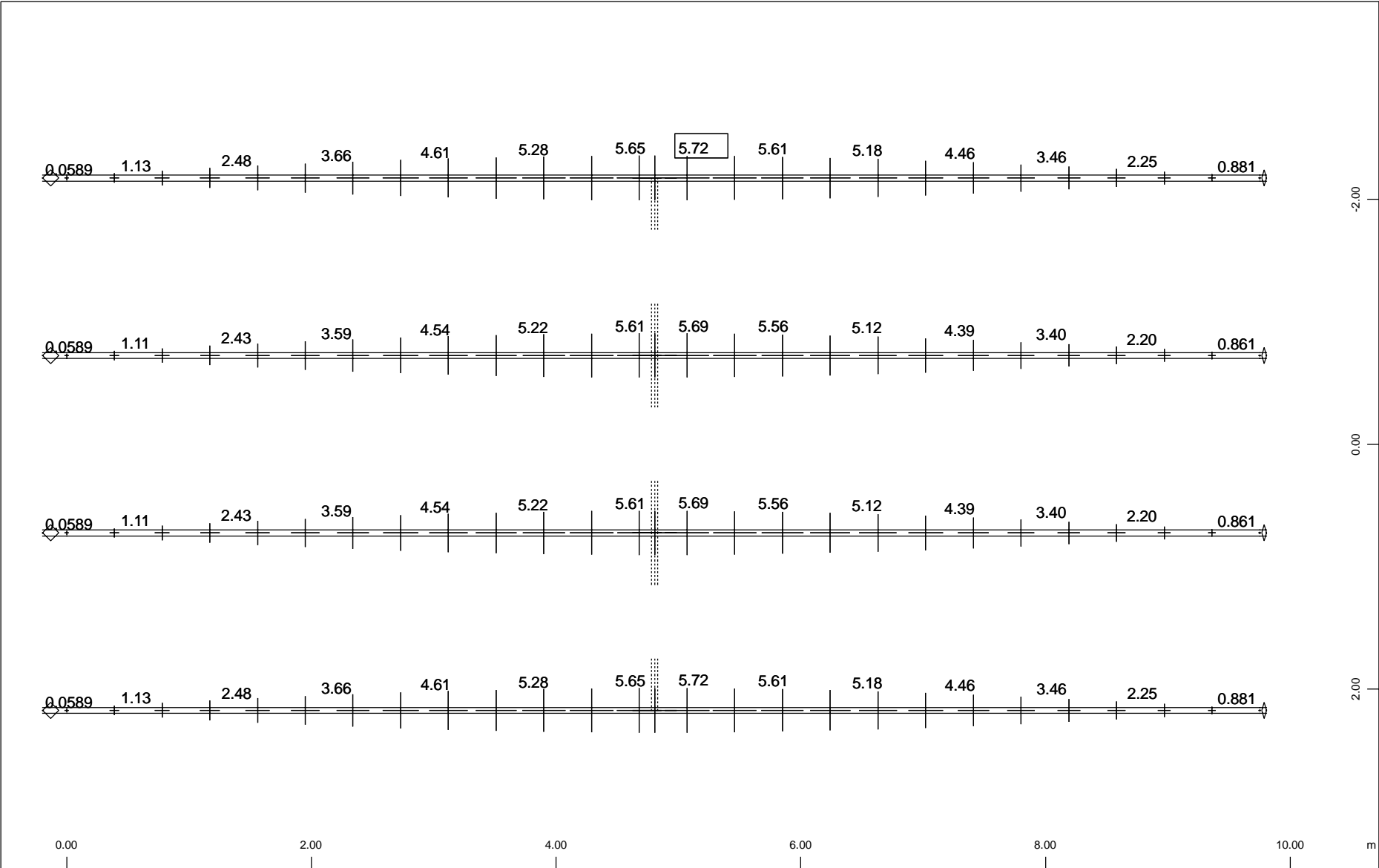
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

➤ (Max=5.73)

➤ (Max=5.73)

M 1 : 43

Pysyvät kuormat. Hetkellinen taipuma



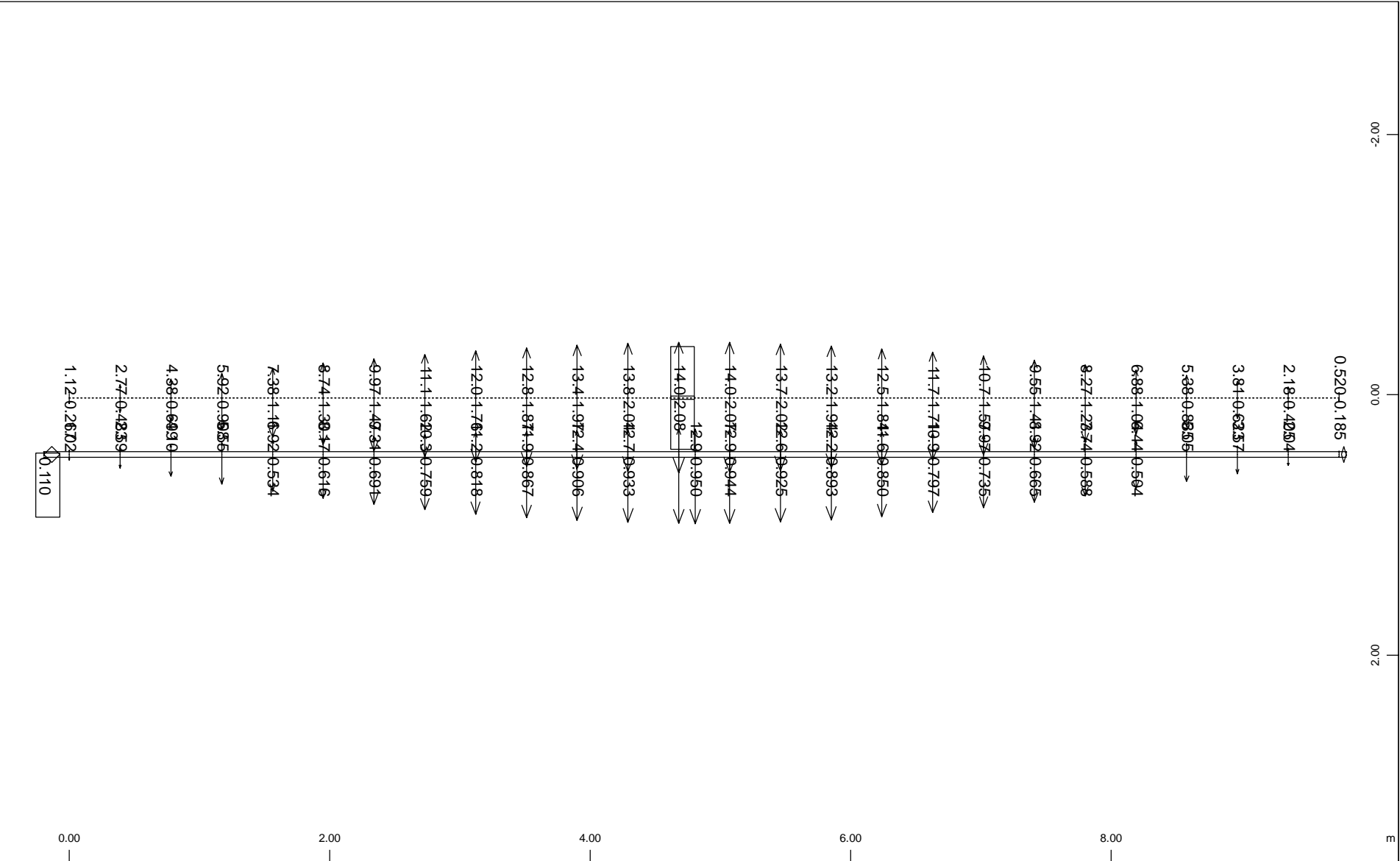
Z-X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

➤ (Max=5.72)
➤ (Max=5.72)

M 1 : 44

Tasan jakautunut liikennekuorma. Reunimmaisiet palkit. Hetkellinen taipuma

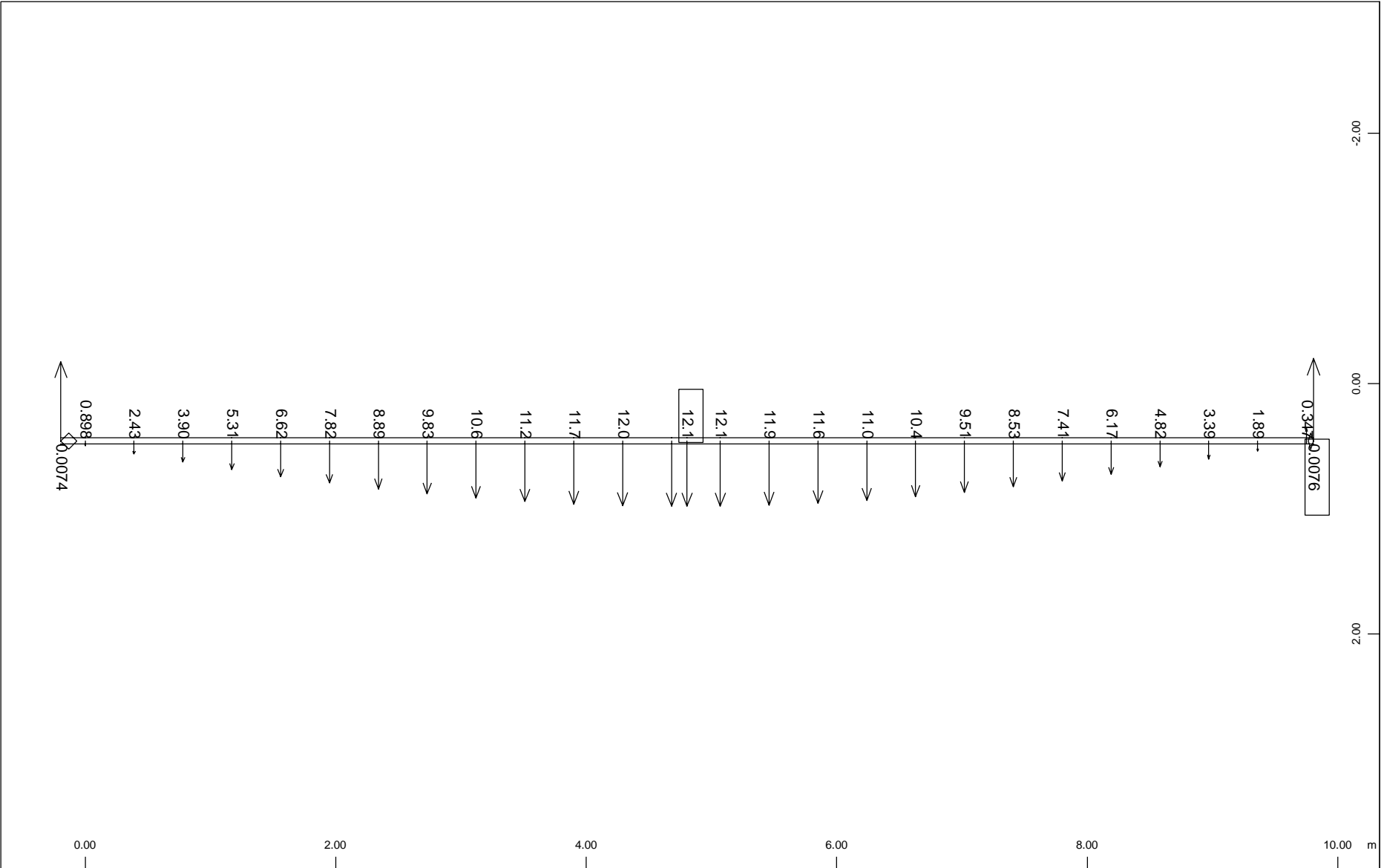


Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 10.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

(Max=14.0)
(Min=-2.08) (Max=-0.110)

M 1 : 41

Tasan jakautunut liikennekuorma. Keskimmäiset palkit. Hetkellinen taipuma



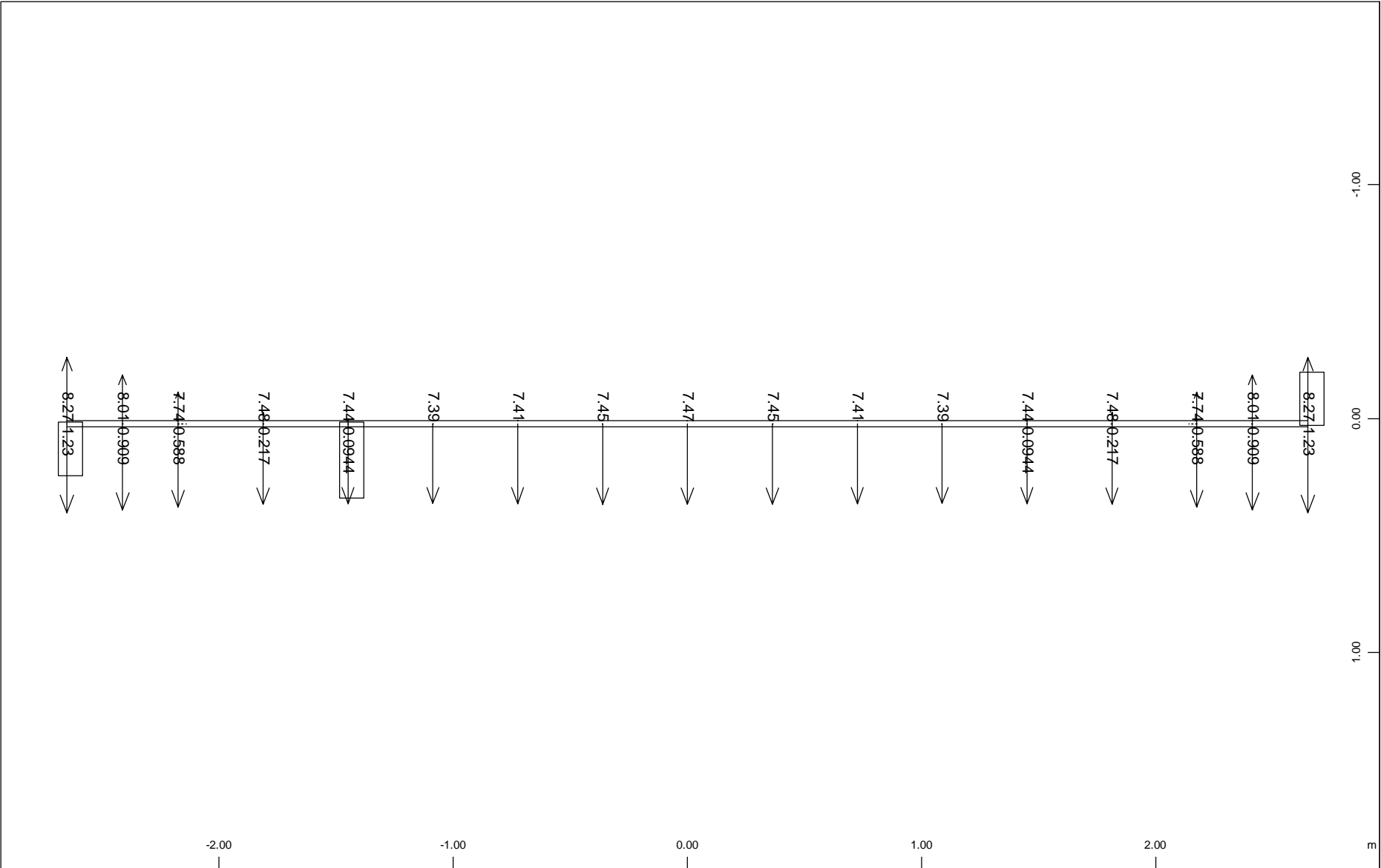
Y-X
Z

Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 10.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 0.0050 mm

(Max=12.1)
(Min=-0.0076) (Max=0)

M 1 : 43

Tasan jakautunut liikennekuorma. Keskialue laatta. Hetkellinen taipuma



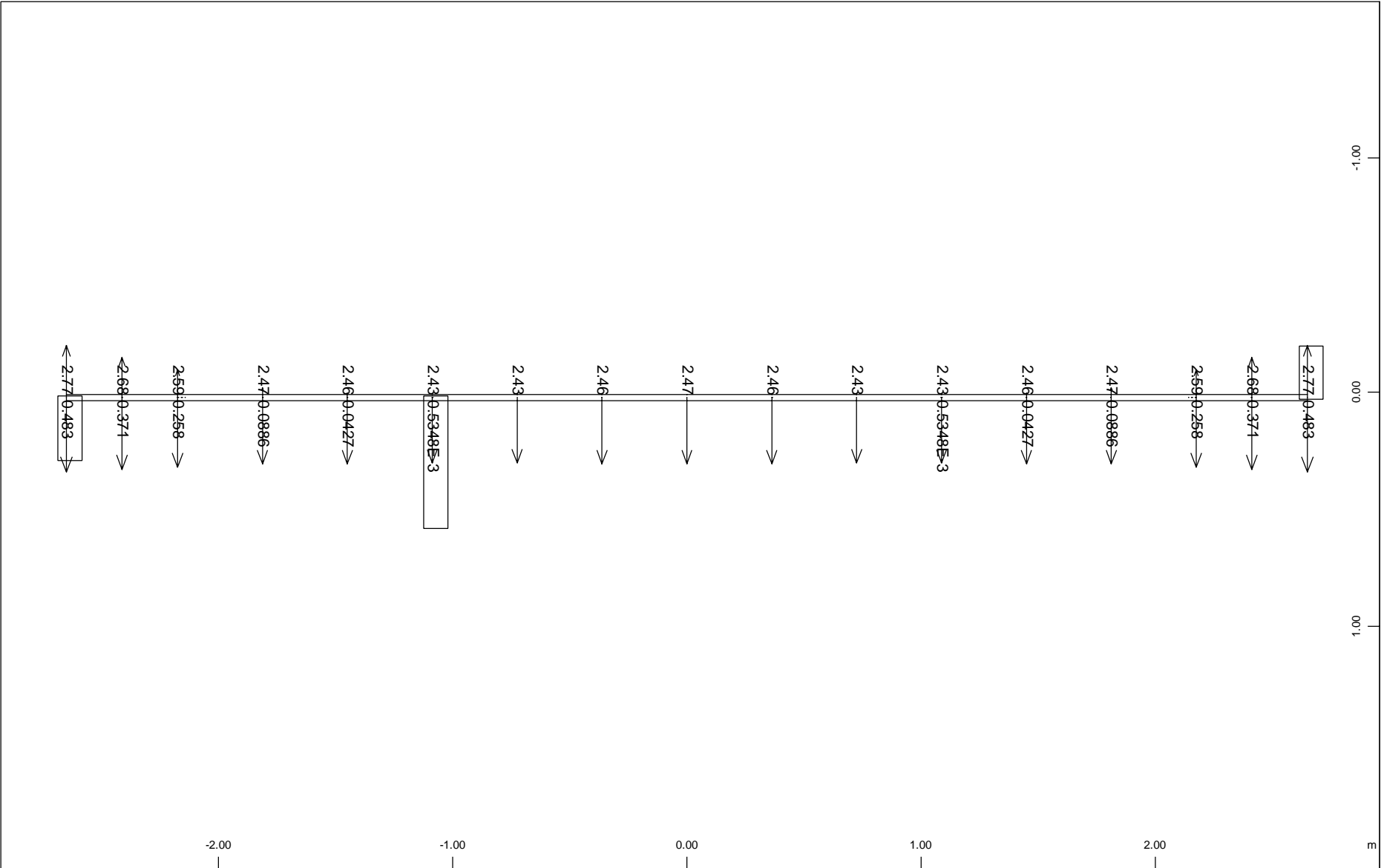
X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 5.00 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 1.00 mm

(Max=8.27)
(Min=-1.23) (Max=0)

M 1 : 23

Tasan jakautunut liikennekuorma. Päätyalue laatta. Hetkellinen taipuma



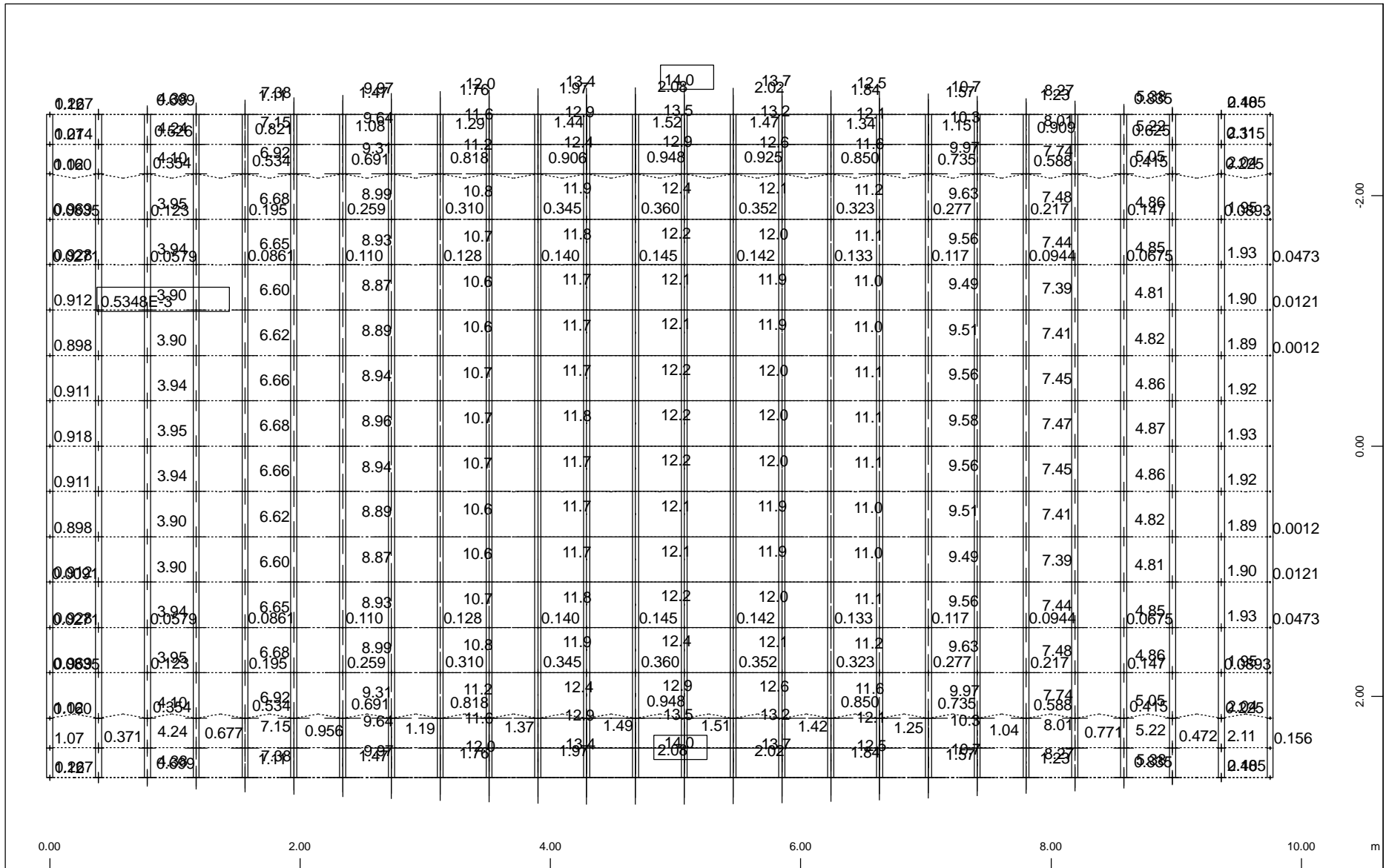
X-Y
Z

Sector of system Beam Elements Group 1
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=2.77)
(Min=-0.483) (Max=0)

M 1 : 23

Tasan jakautunut liikennekuorma. Hetkellinen taipuma



Z-X
Y

Sector of system Beam Elements

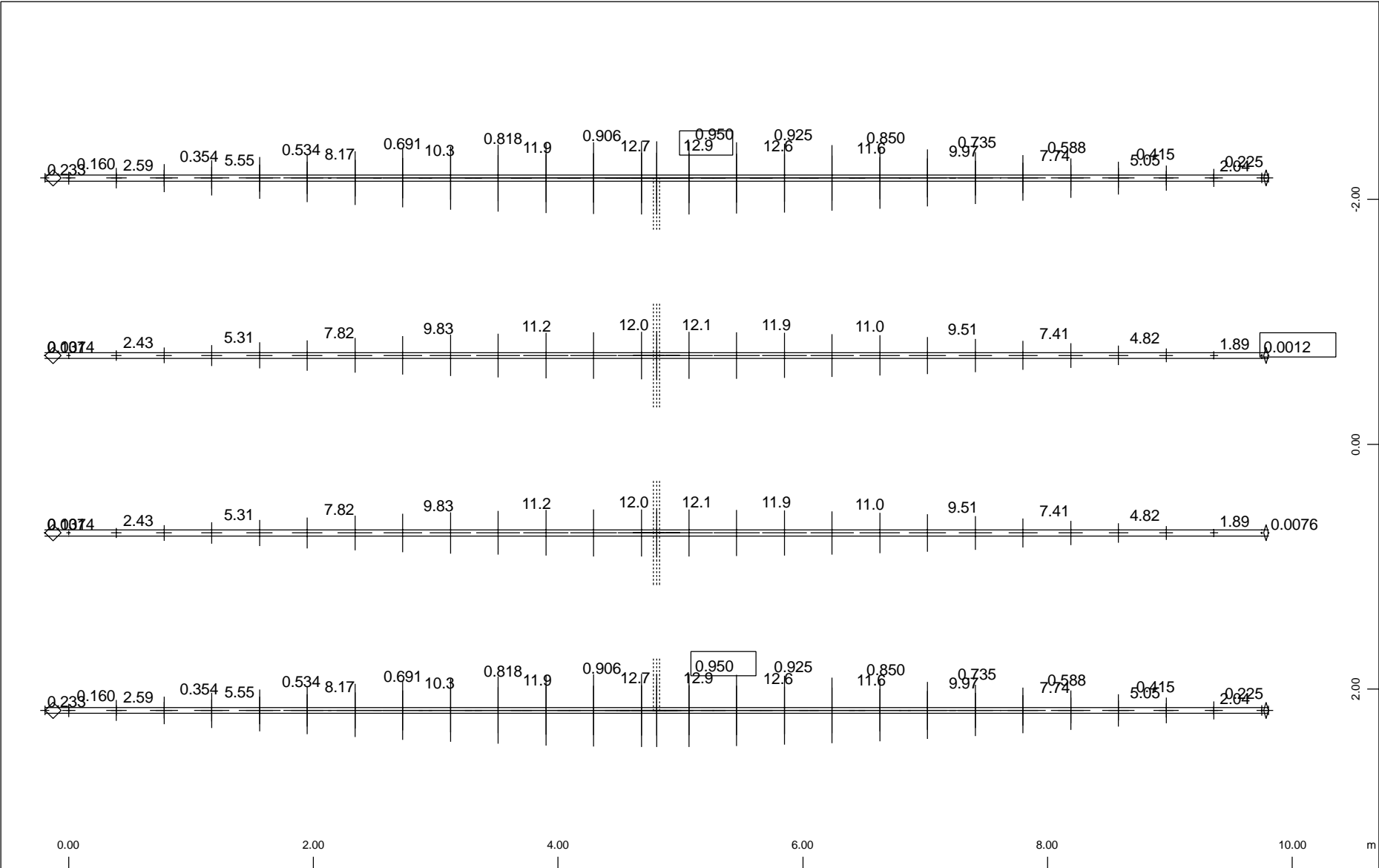
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 10.0 mm

Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

➤ (Max=14.0)
➤ (Min=2.08) (Max=0)

M 1 : 43

Tasan jakautunut liikennekuorma. Hetkellinen taipuma



Z-X
Y

Sector of system Beam Elements Group 2
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 10.0 mm
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 0.500 mm

➤ (Max=12.9)
➤ (Min=-0.950) (Max=0)

M 1 : 44