



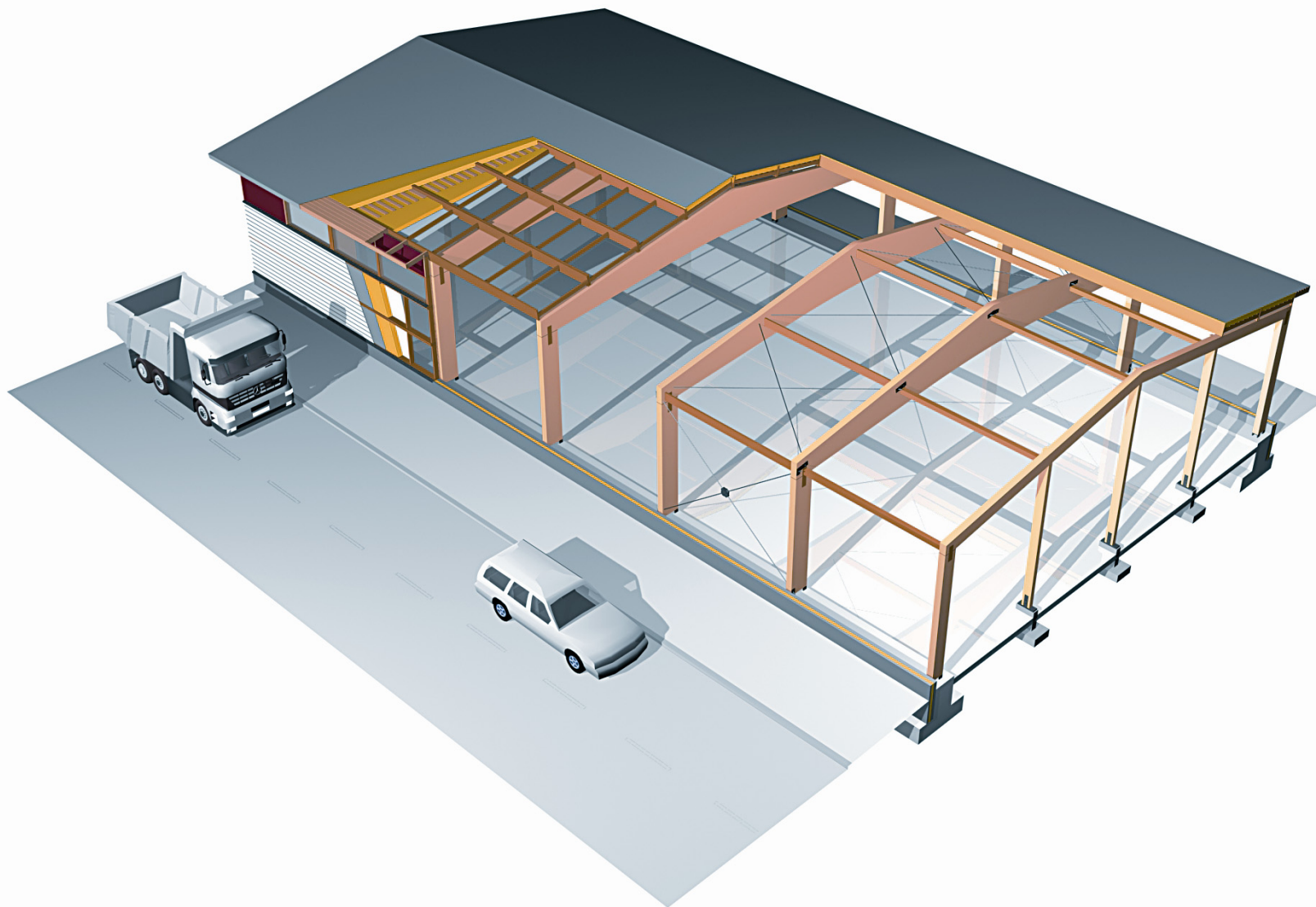
Mastopilarihallin jäykistys

Vaativien puurakenteiden suunnittelu -koulutus 2018

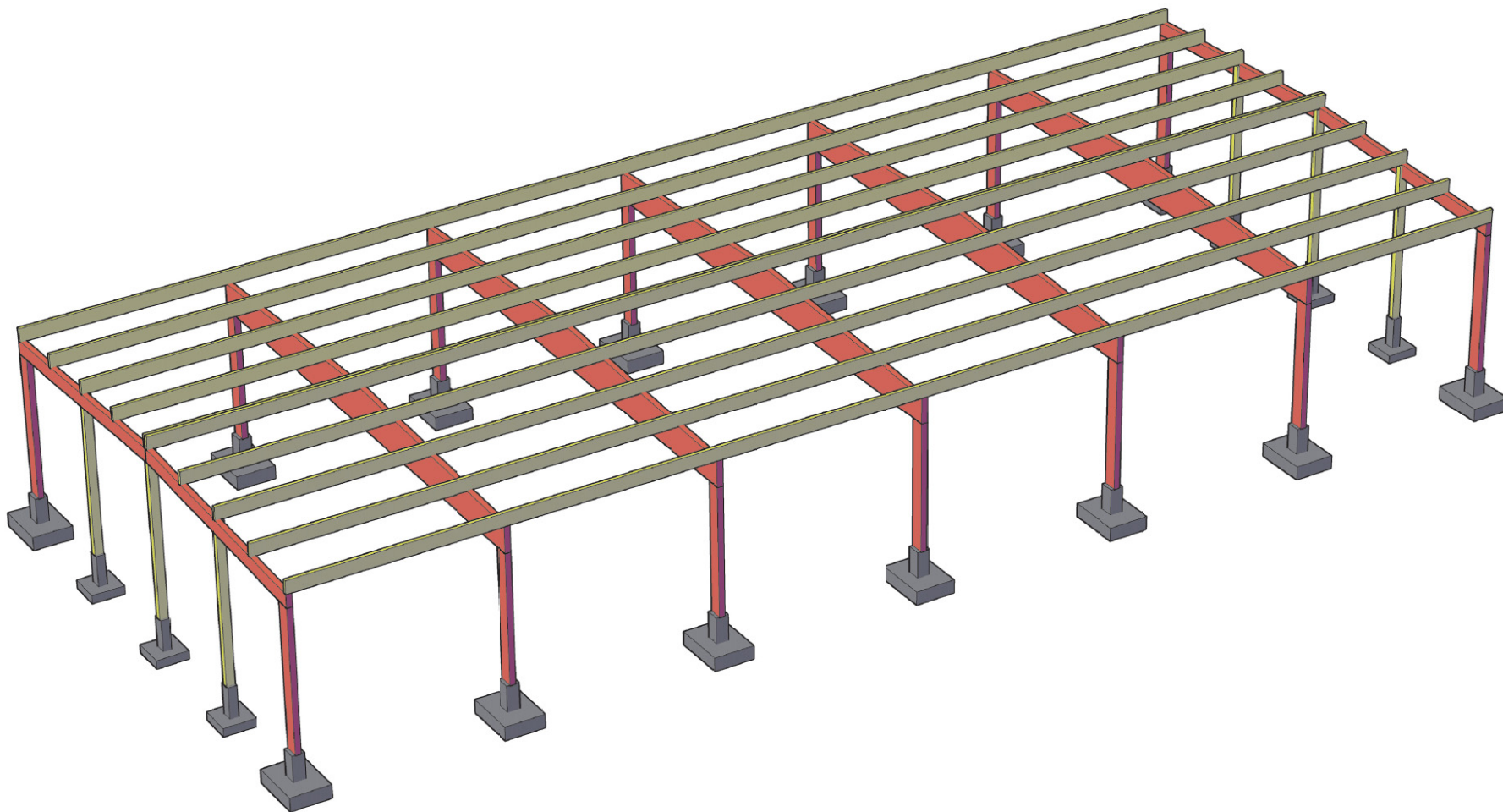
Moduuli 3

Tero Lahtela

Mastopilarihalli



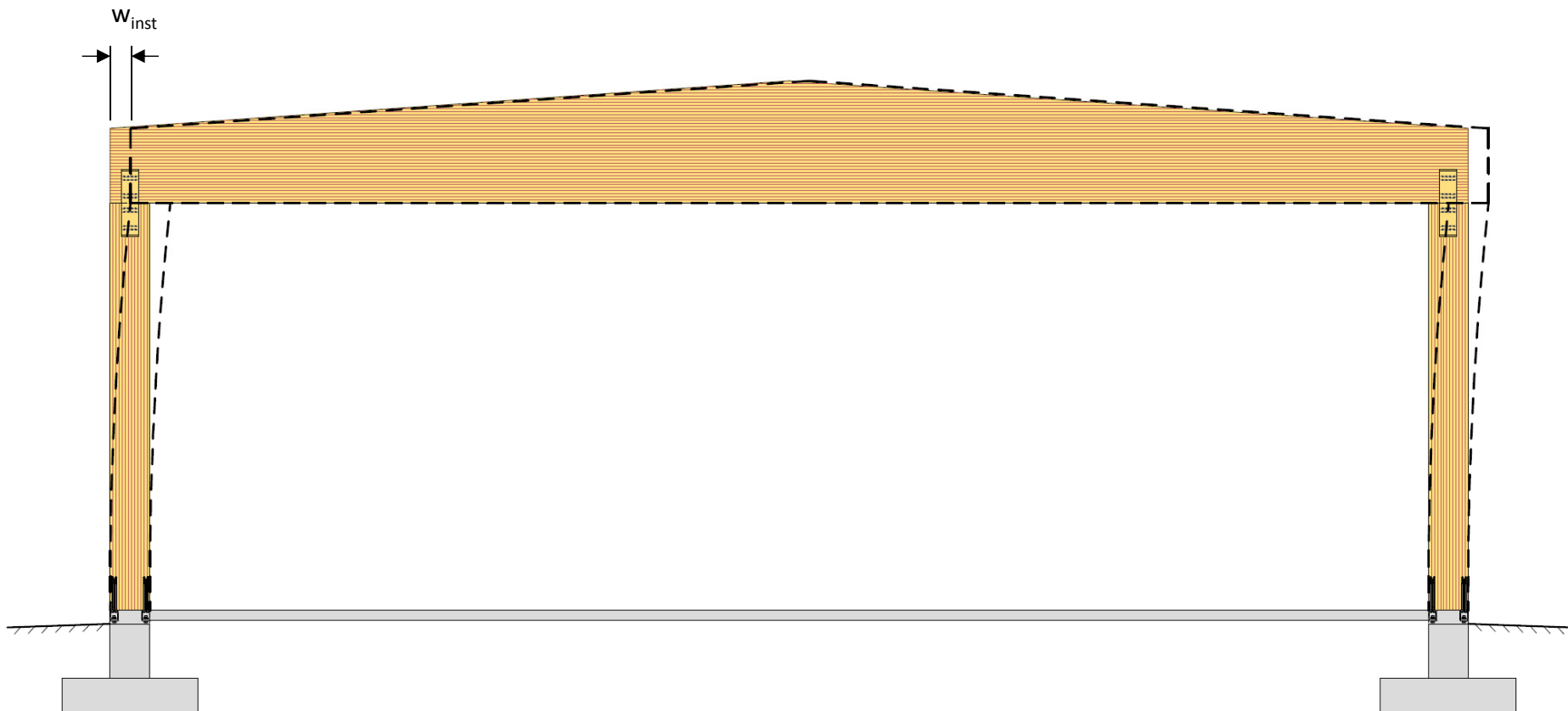
Poikittaissuunta

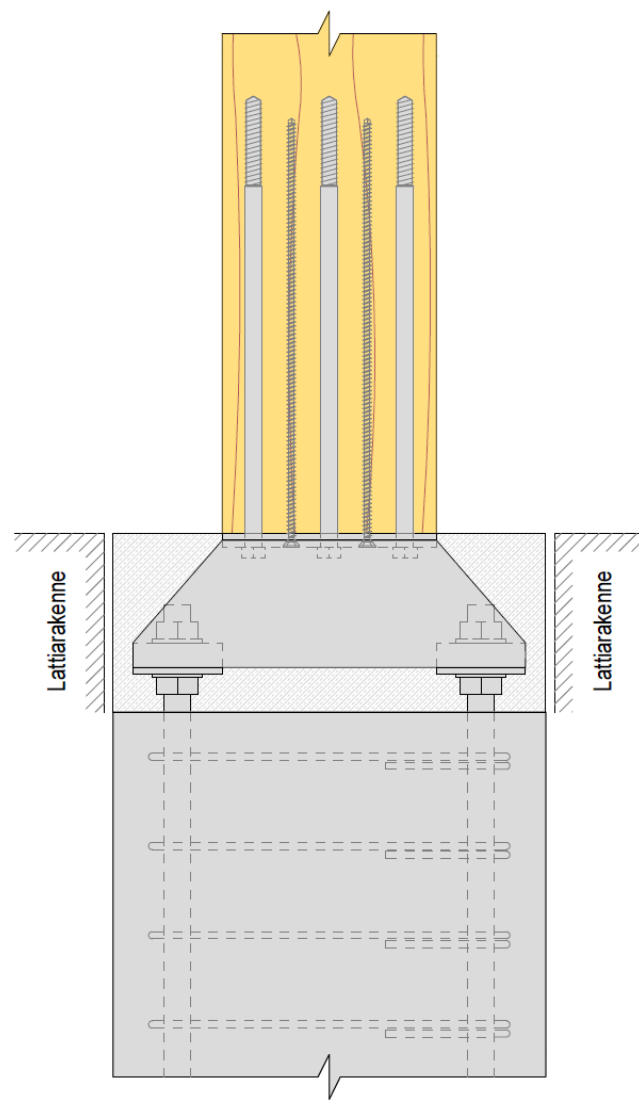
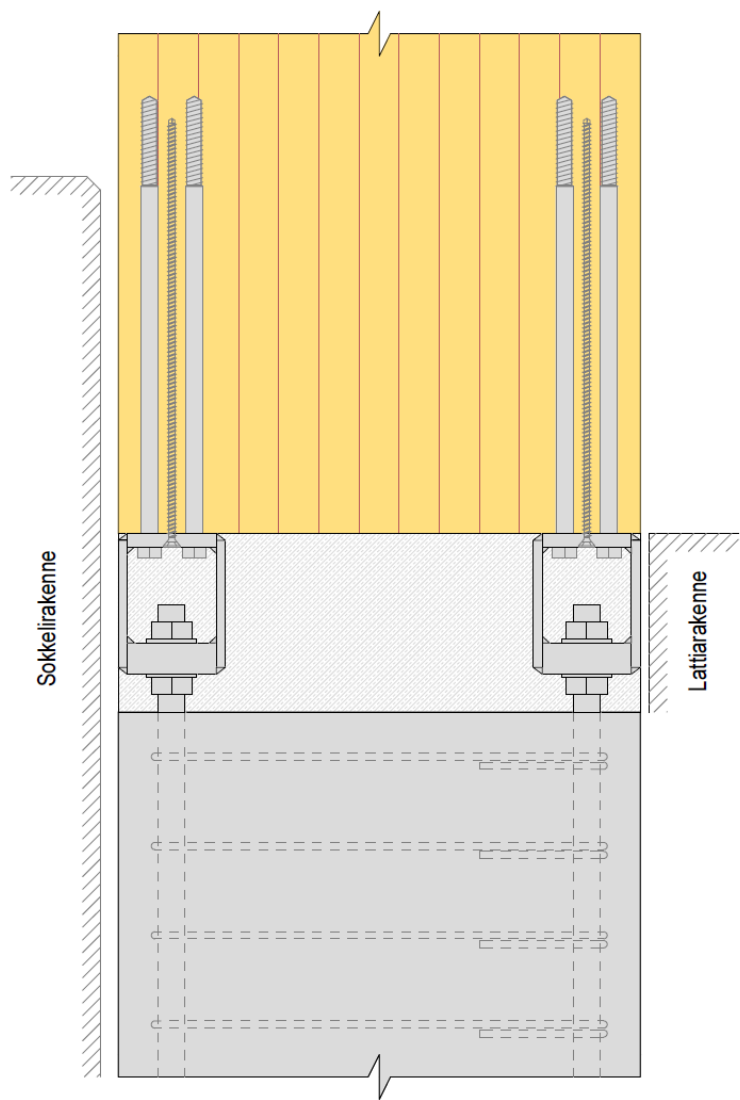


RIL 205-1-2017

Rakennuksen vaakasiirtymä⁴⁾ $H/300$

⁴⁾ Hallirakennuksissa vaakasiirtymästä ei ole yleensä haittaa, jolloin sitä ei tarvitse tarkistaa.



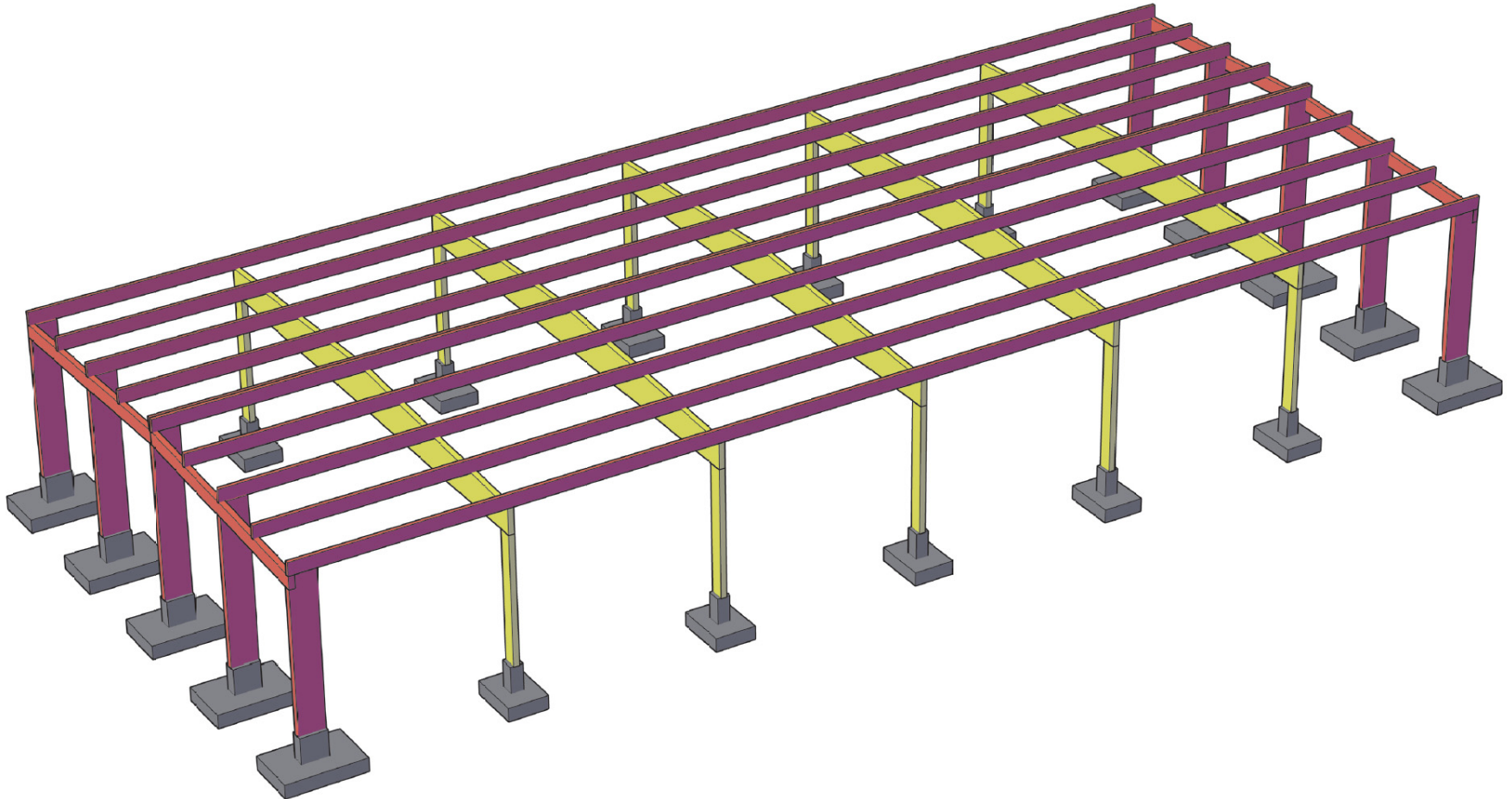




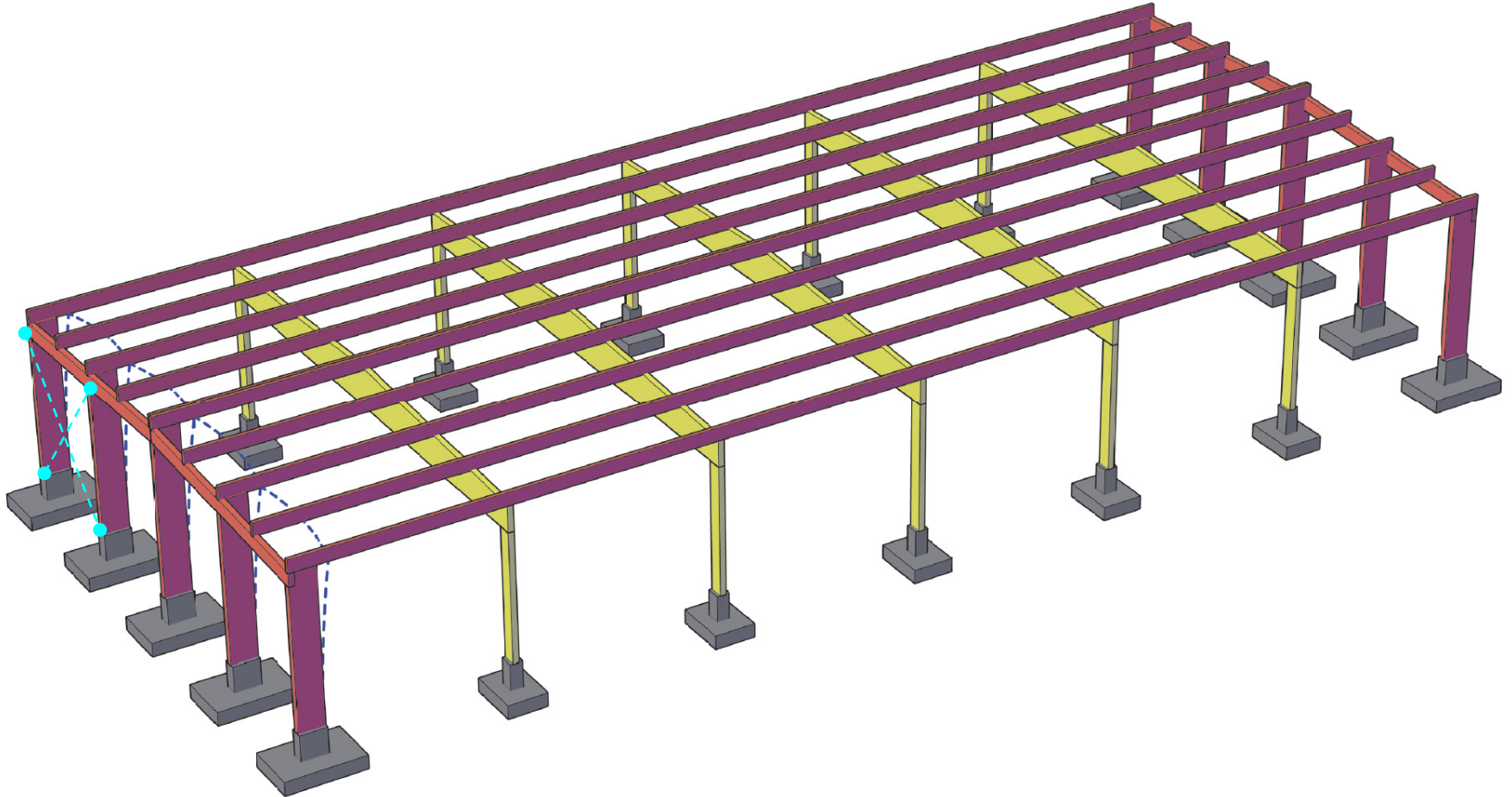


Pituussuunta

Mastopilarit



- Päädyn mastopilareista tulee suuria, koska vaakasiirtymäraja jäykistyskuormalle q_d on $L/500$ (MRT)
- Päädyn mastopilarianturoista tulee suuria, koska pilarissa on vähän pystykuormaa
- Päädyn mastopilareiden jäykistyskapasiteetti hallin poikittaissuunnassa ei saata riittää



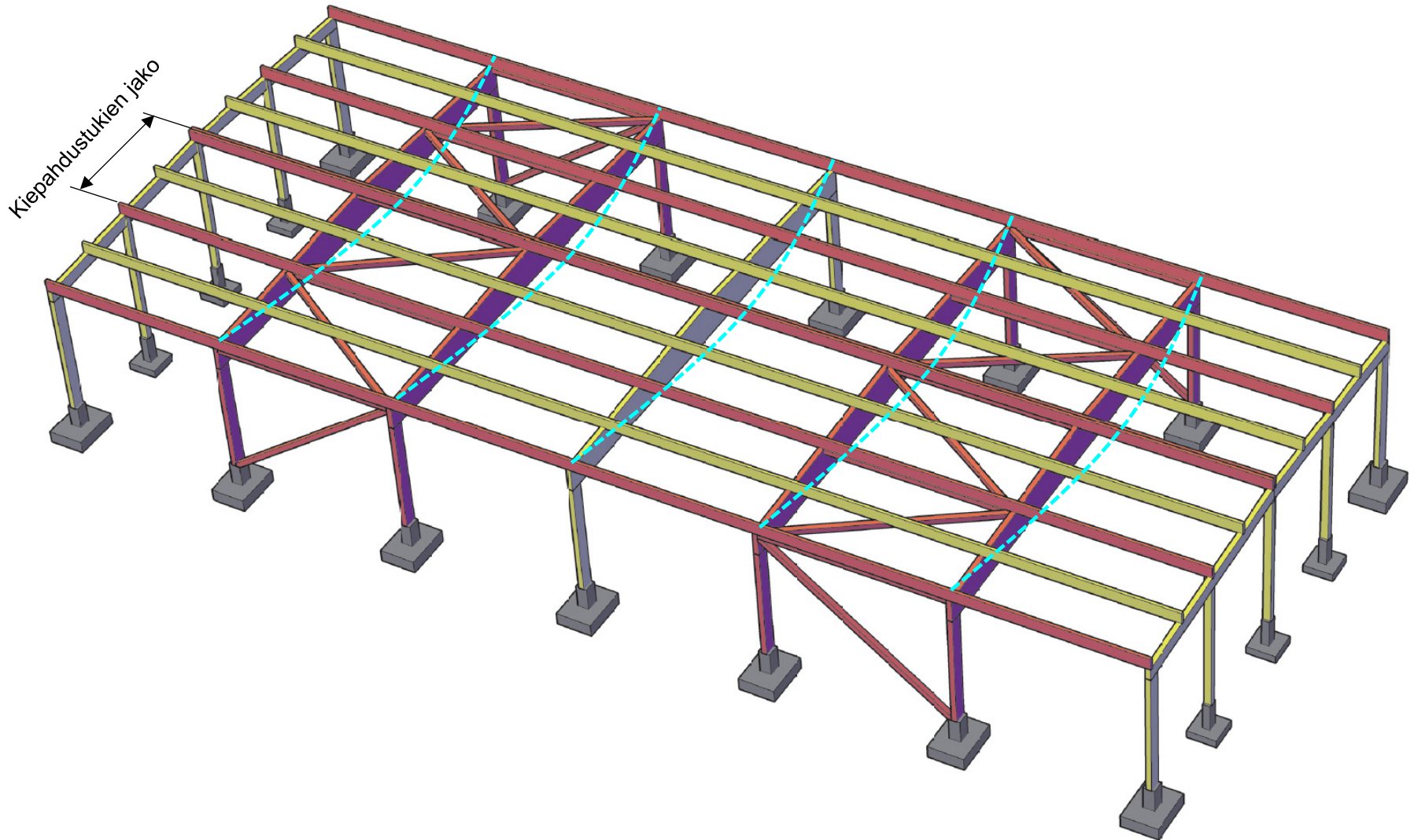






Pituussuunta

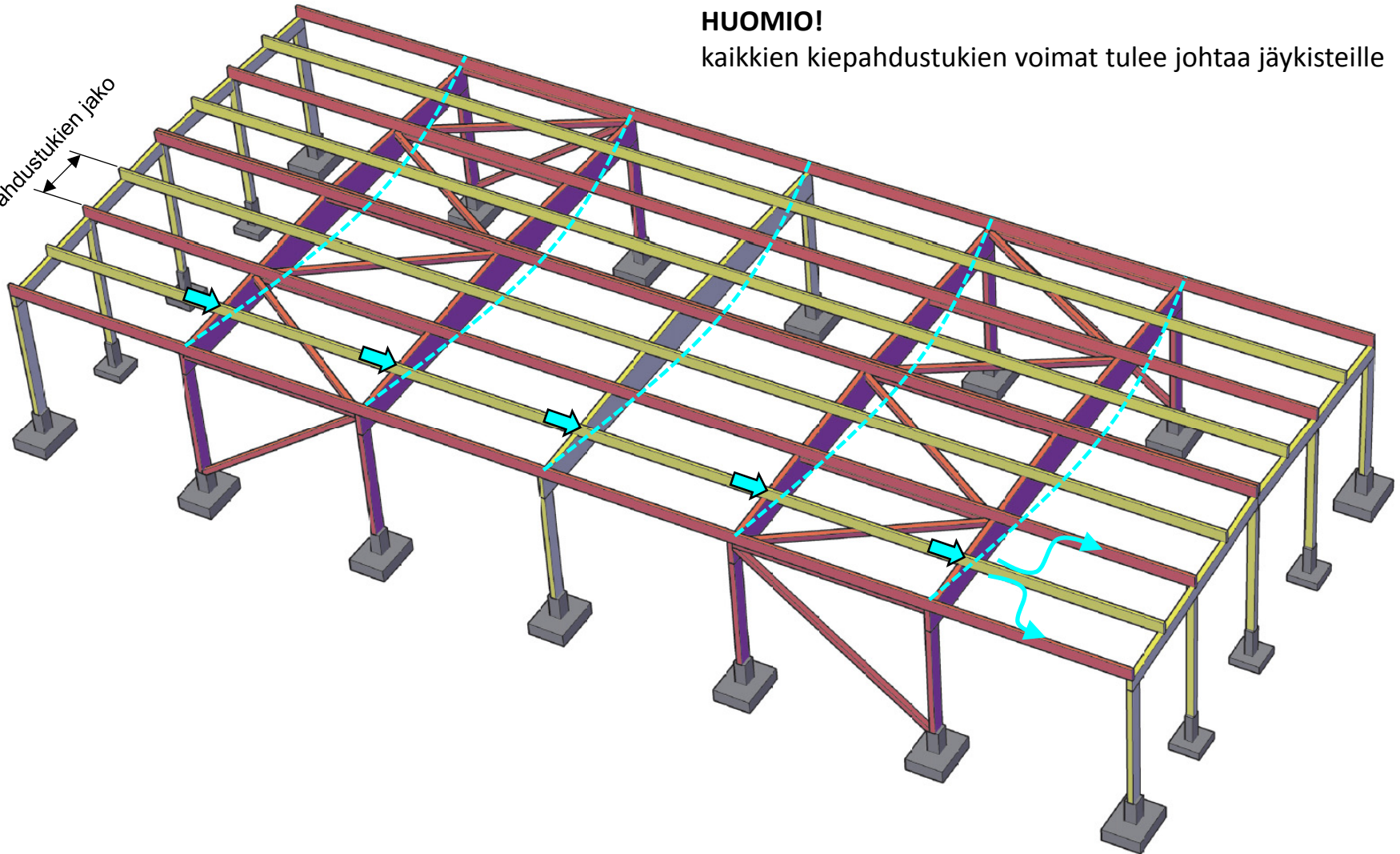
Jäykisteristikot



HUOMIO!

kaikkien kiepahdustukien voimat tulee johtaa jäykisteille

Kiepahdustukien jako







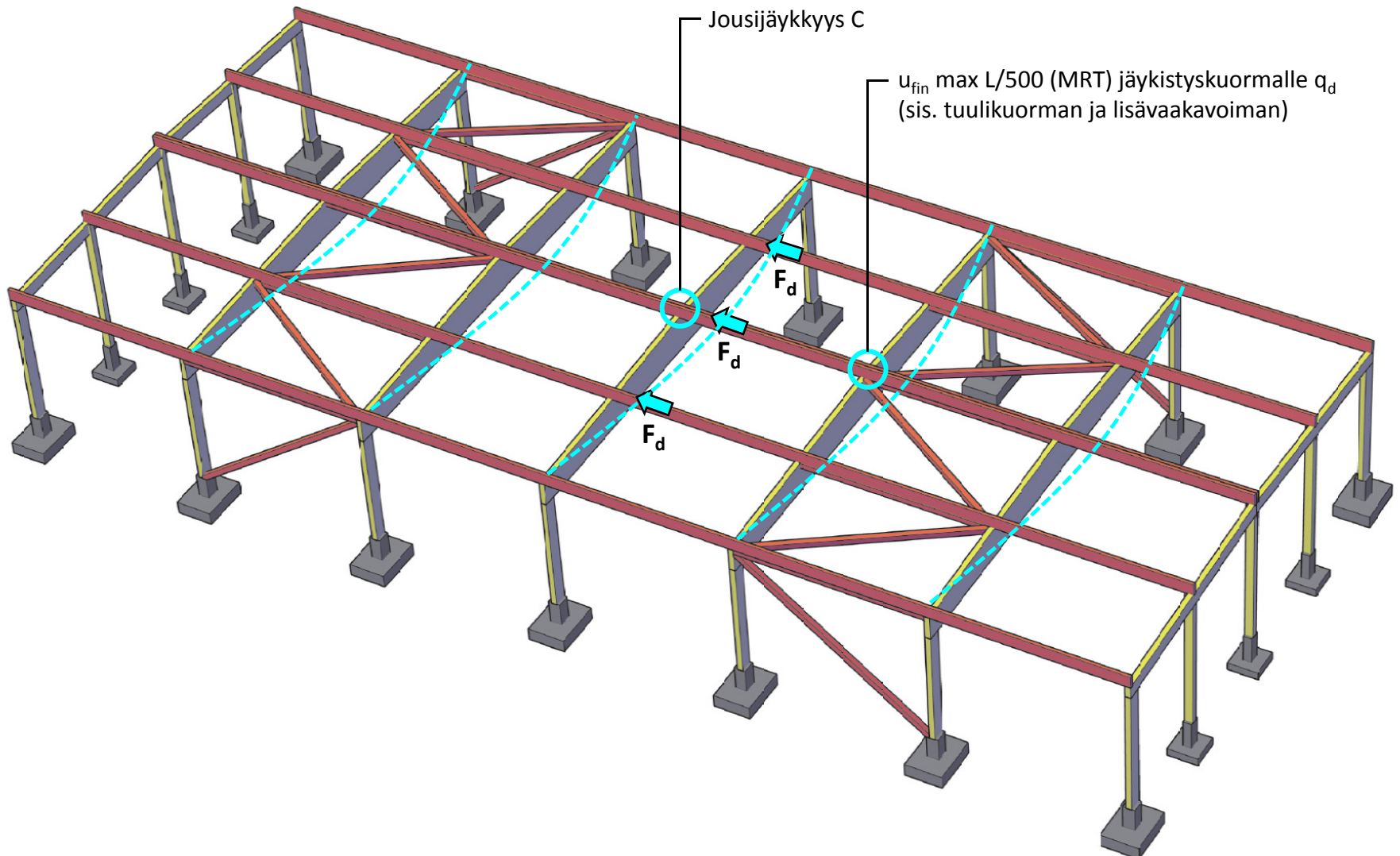




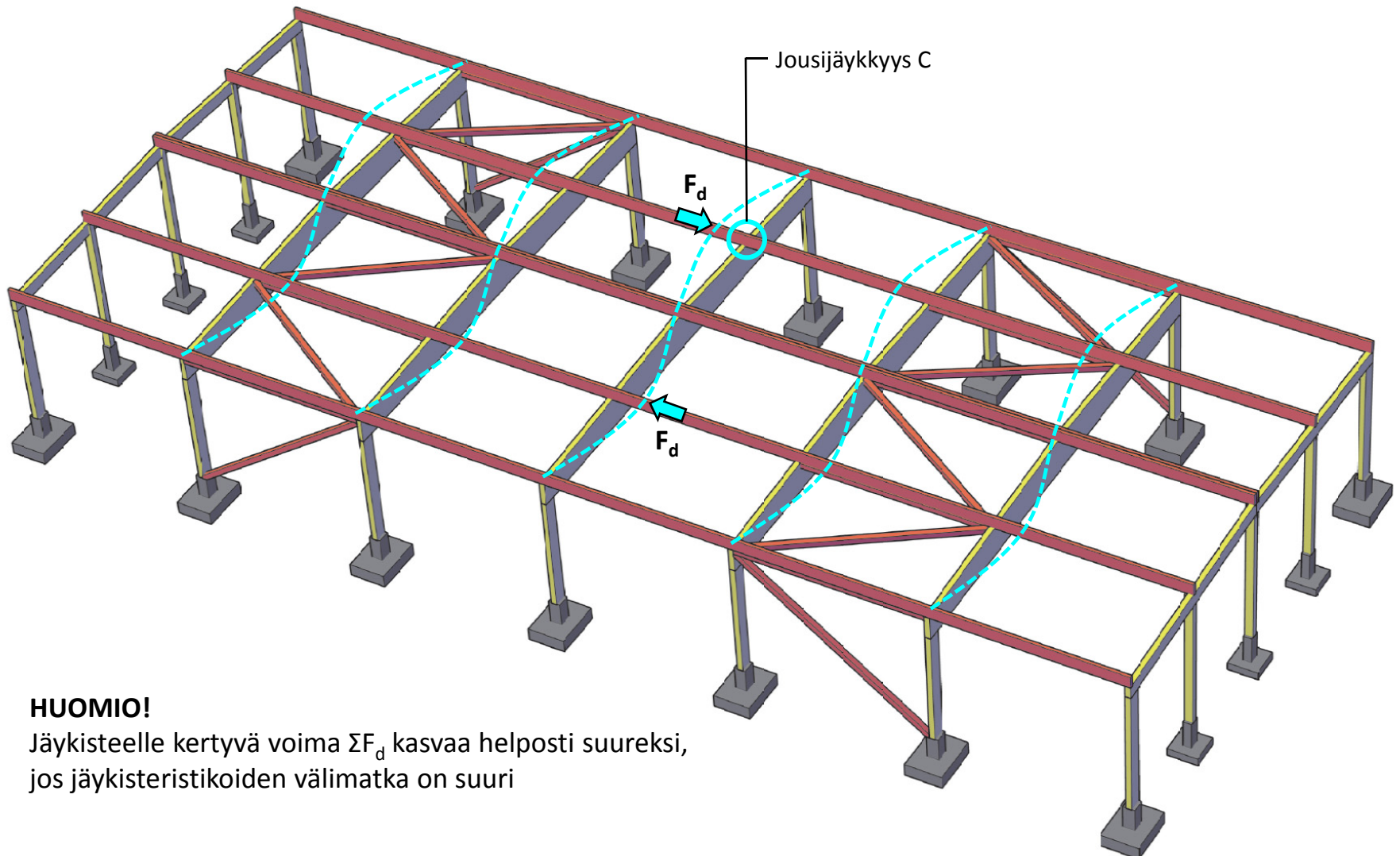




Kiepahduksen 1. muoto



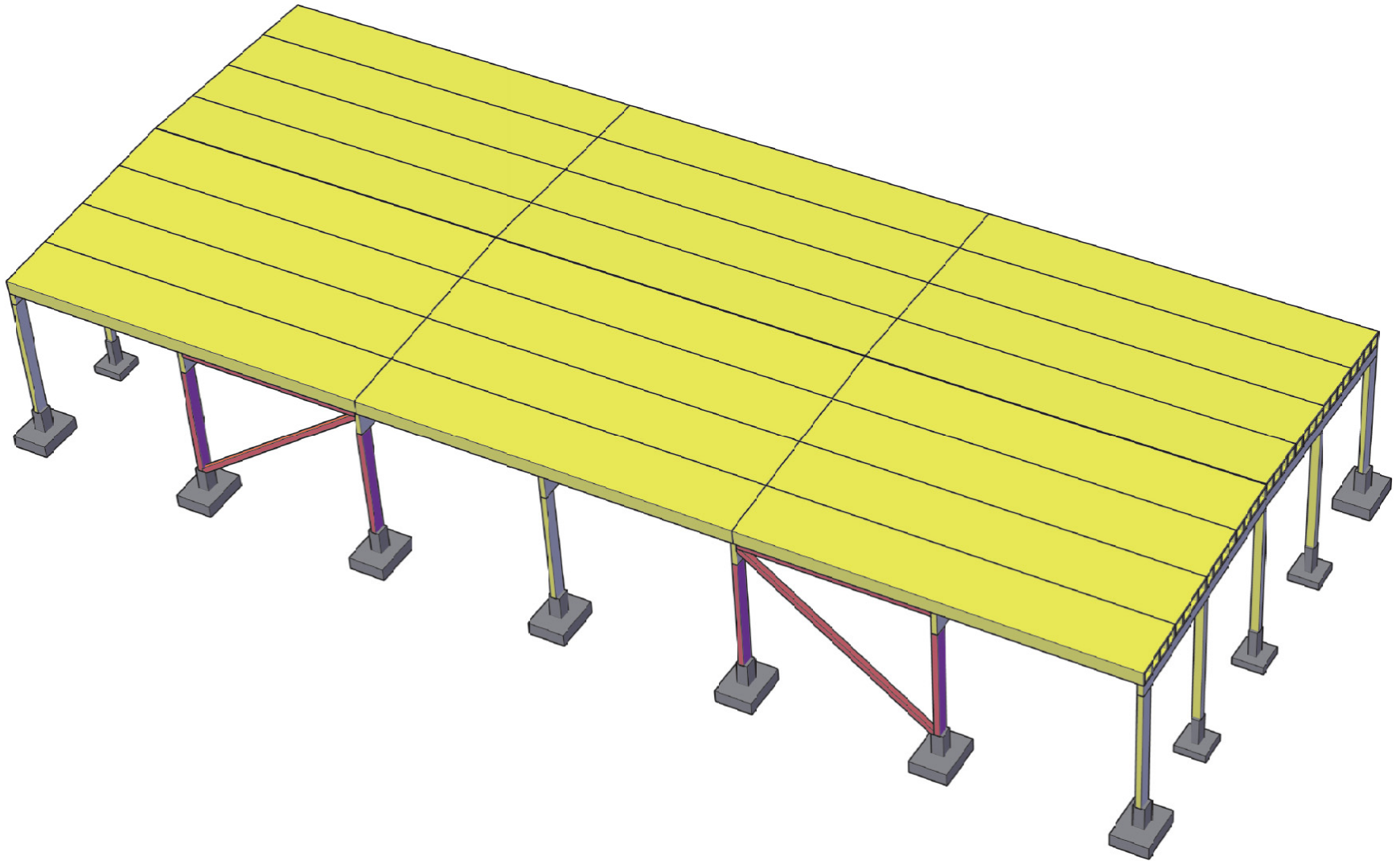
Kiepahduksen 2. muoto

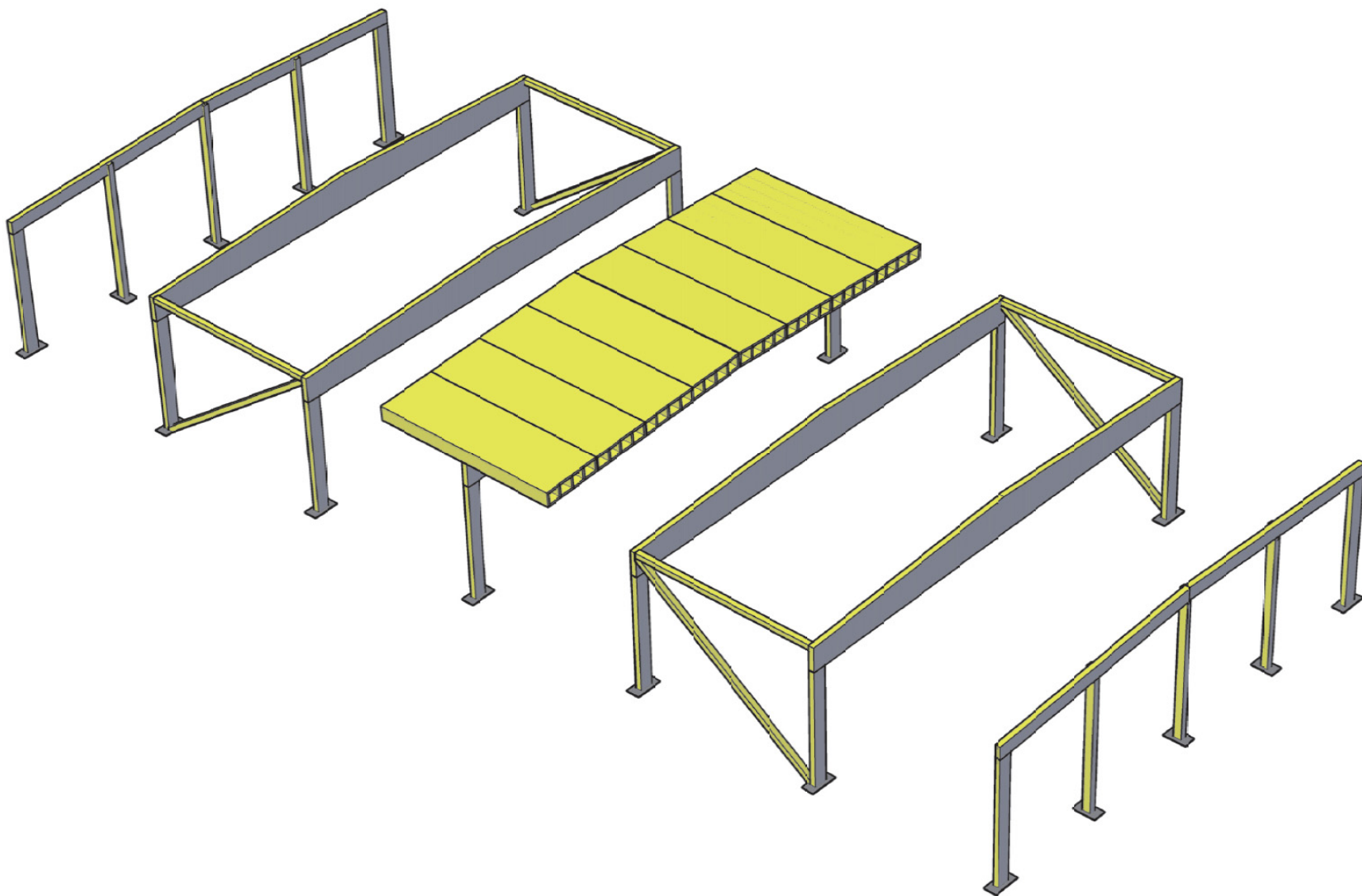


HUOMIO!

Jäykisteelle kertyvä voima ΣF_d kasvaa helposti suureksi, jos jäykisteristikoiden välimatka on suuri

Levyjäykistys



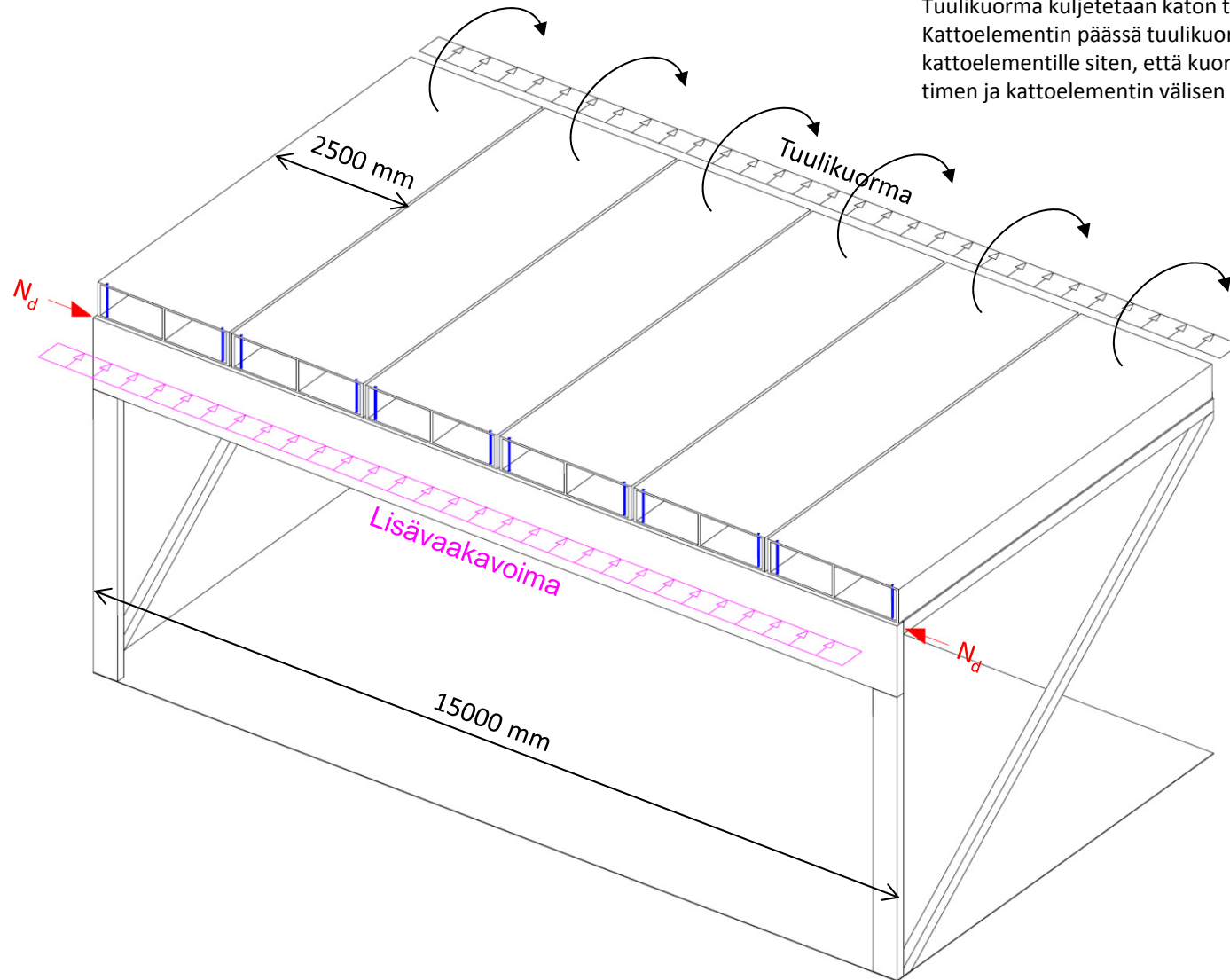




Kuormitus

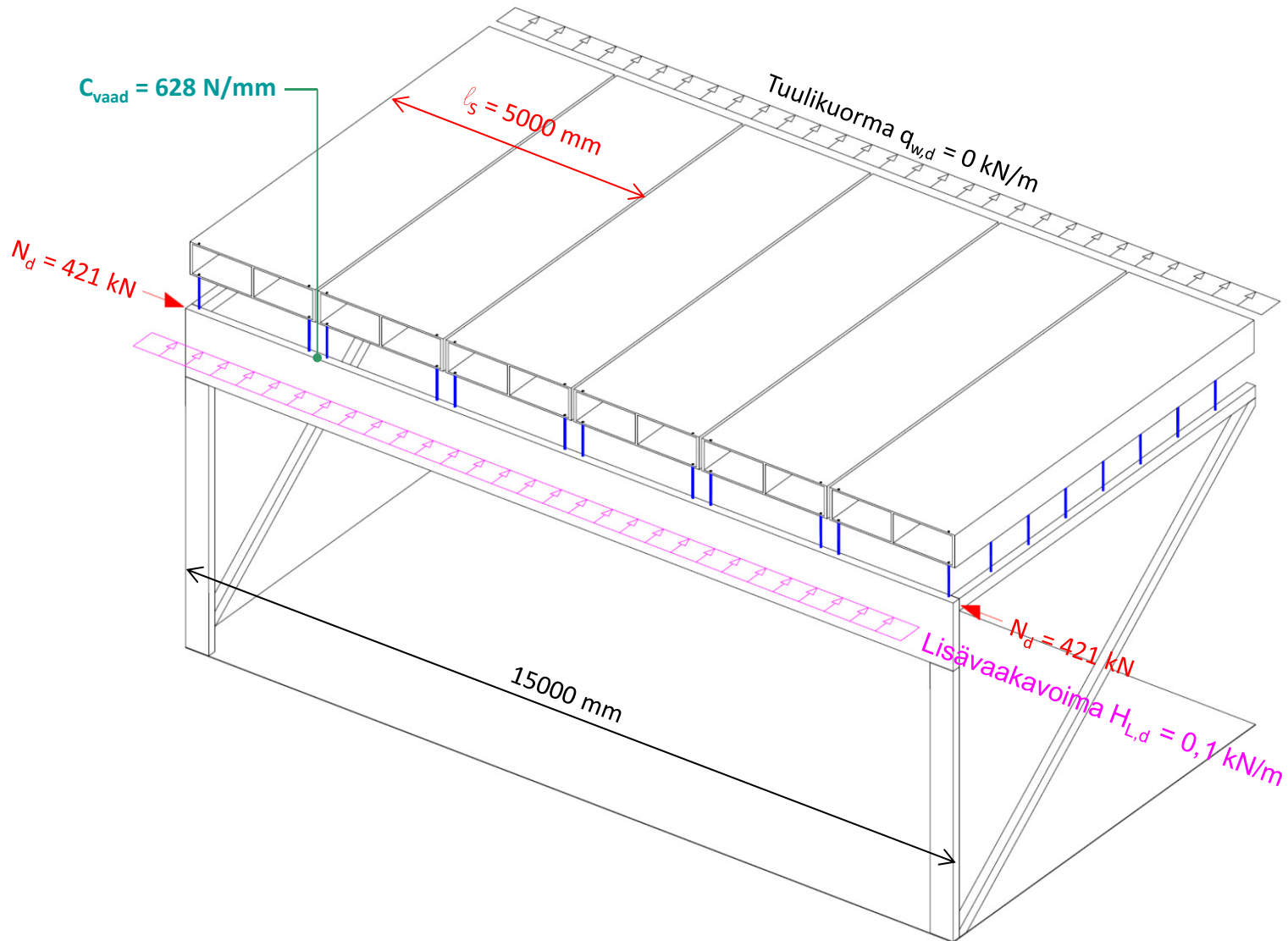
Suunnitteluvalinta

Tuulikuorma kuljetetaan katon tasossa pystyjäykisteille. Kattoelementin päässä tuulikuorma siirtyy seuraavalla kattoelementille siten, että kuorma **ei kulje** pääkannattimen ja kattoelementin välisen liitoksen kautta.



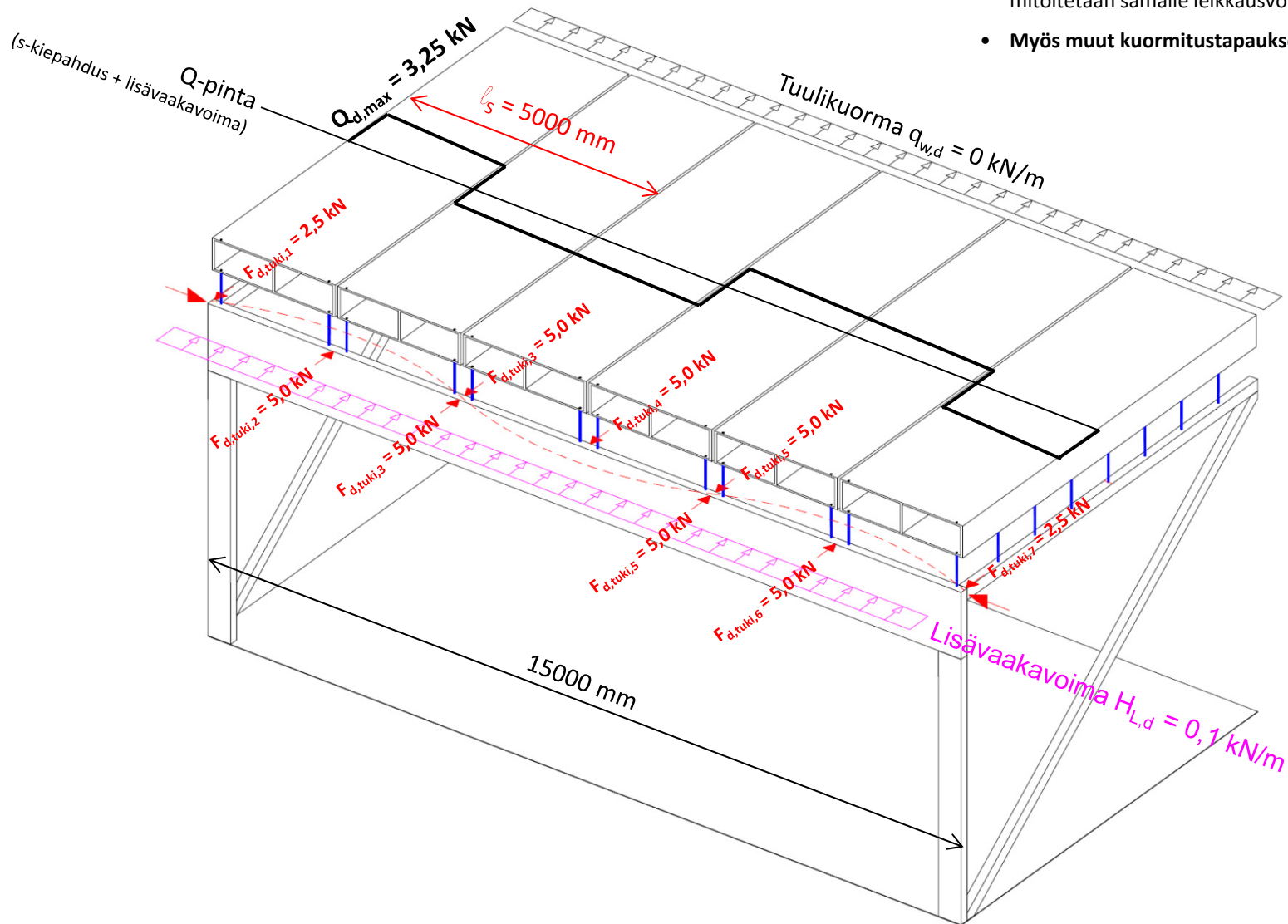
Kiepahduksen 2. muoto

Kuormitustapaus pysyvä 100 % + lumi 100 % (keskipitkä)



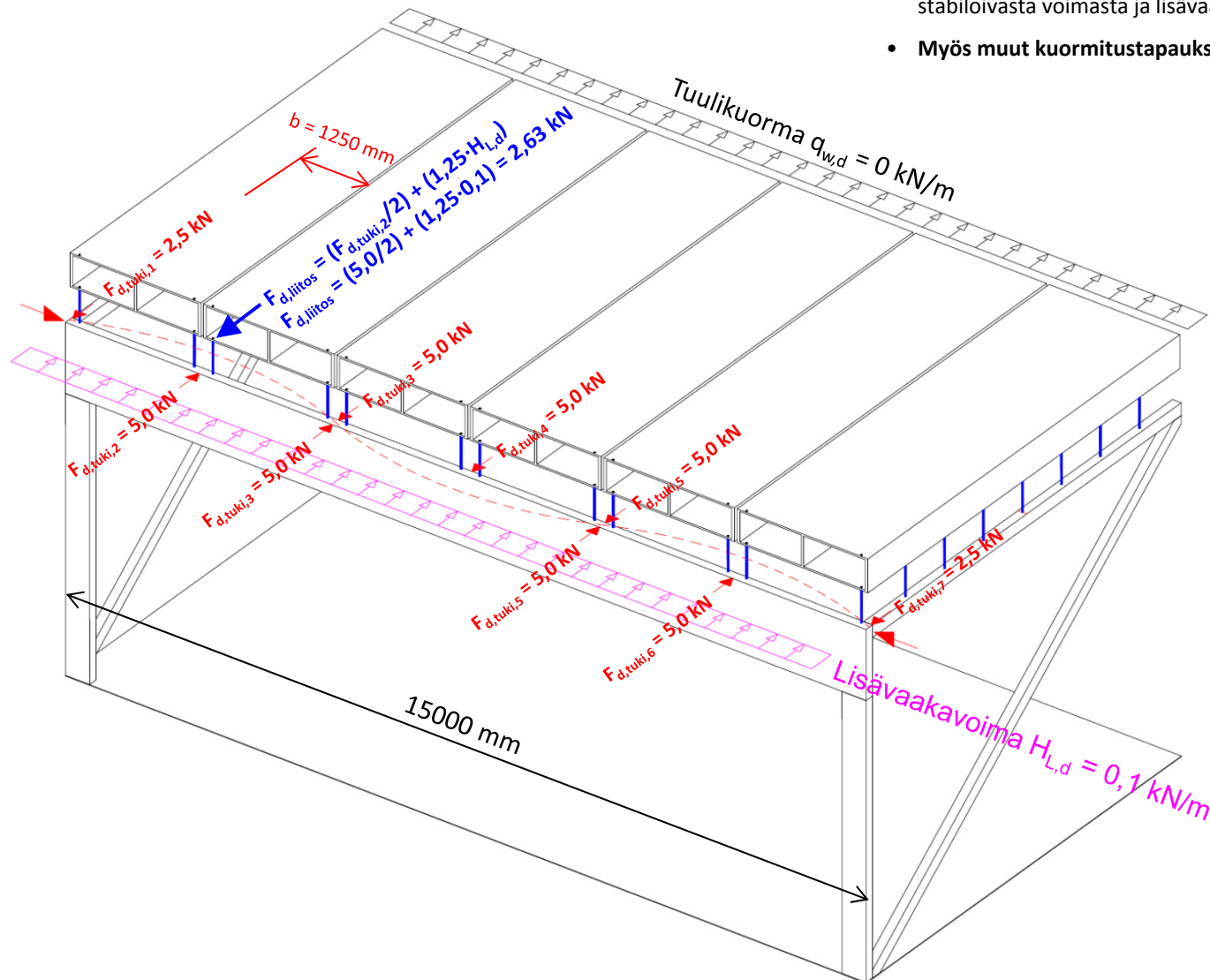
Levyjäykisteen mitoittava leikkausvoima

- Suurin leikkausvoima $Q_{d,max} = 3,25 \text{ kN}$ on reunimmaisissa kattoelementeissä. Käytännön toteutuksen kannalta kaikki kattoelementit mitoitetaan samalle leikkausvoimalle.
- Myös muut kuormitustapaukset tulee tutkia.



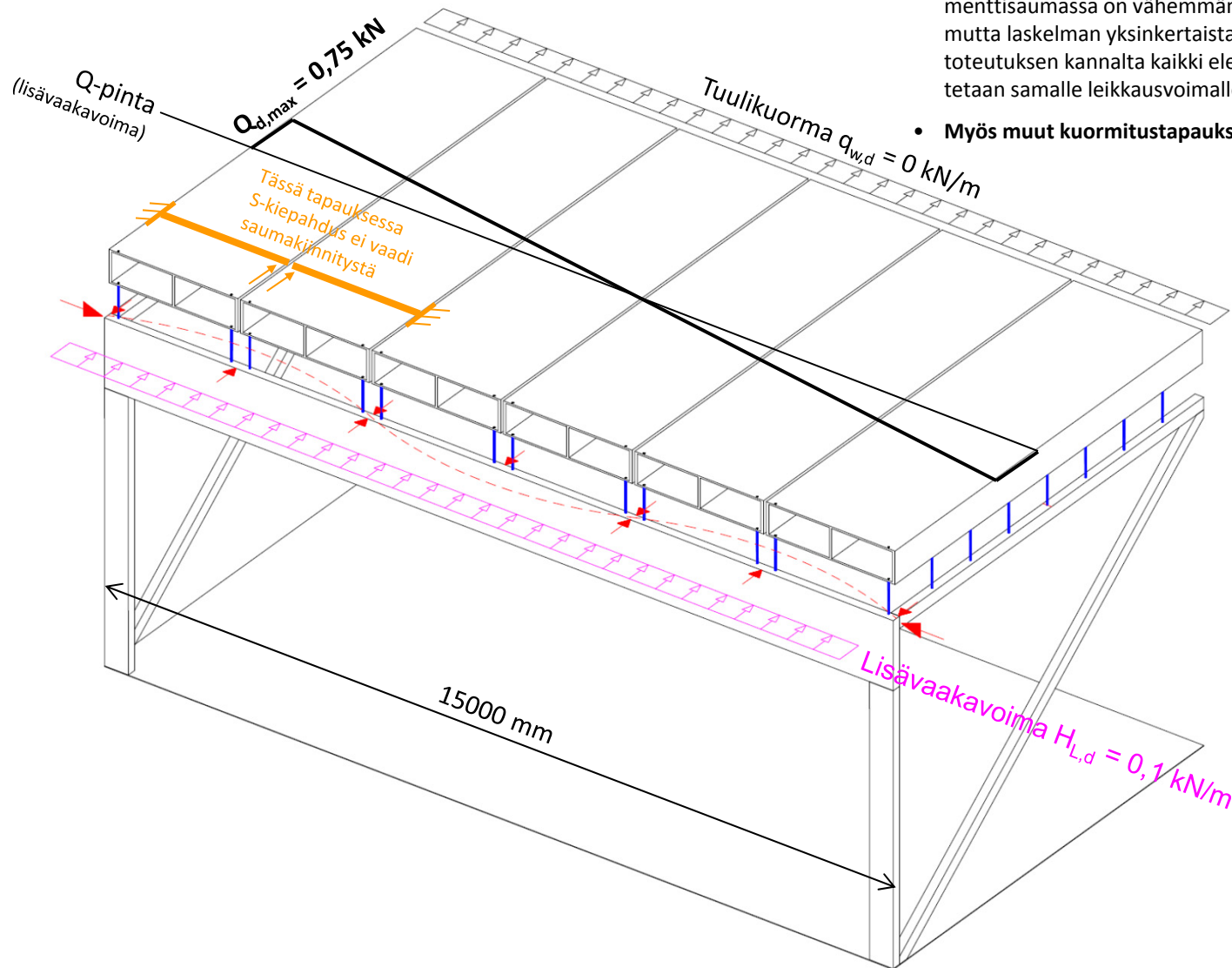
Pääkannattimen ja kattoelementin välisen liitoksen mitoittava voima

- Lähtötietojen mukaan tuulikuorma ei kulje kyseisen liitoksen kautta. Liitosvoima $F_{d, \text{liitos}} = 2,63 \text{ kN}$ syntyy stabiiloivasta voimasta ja lisävaakavoimasta.
- Myös muut kuormitustapaukset tulee tutkia.



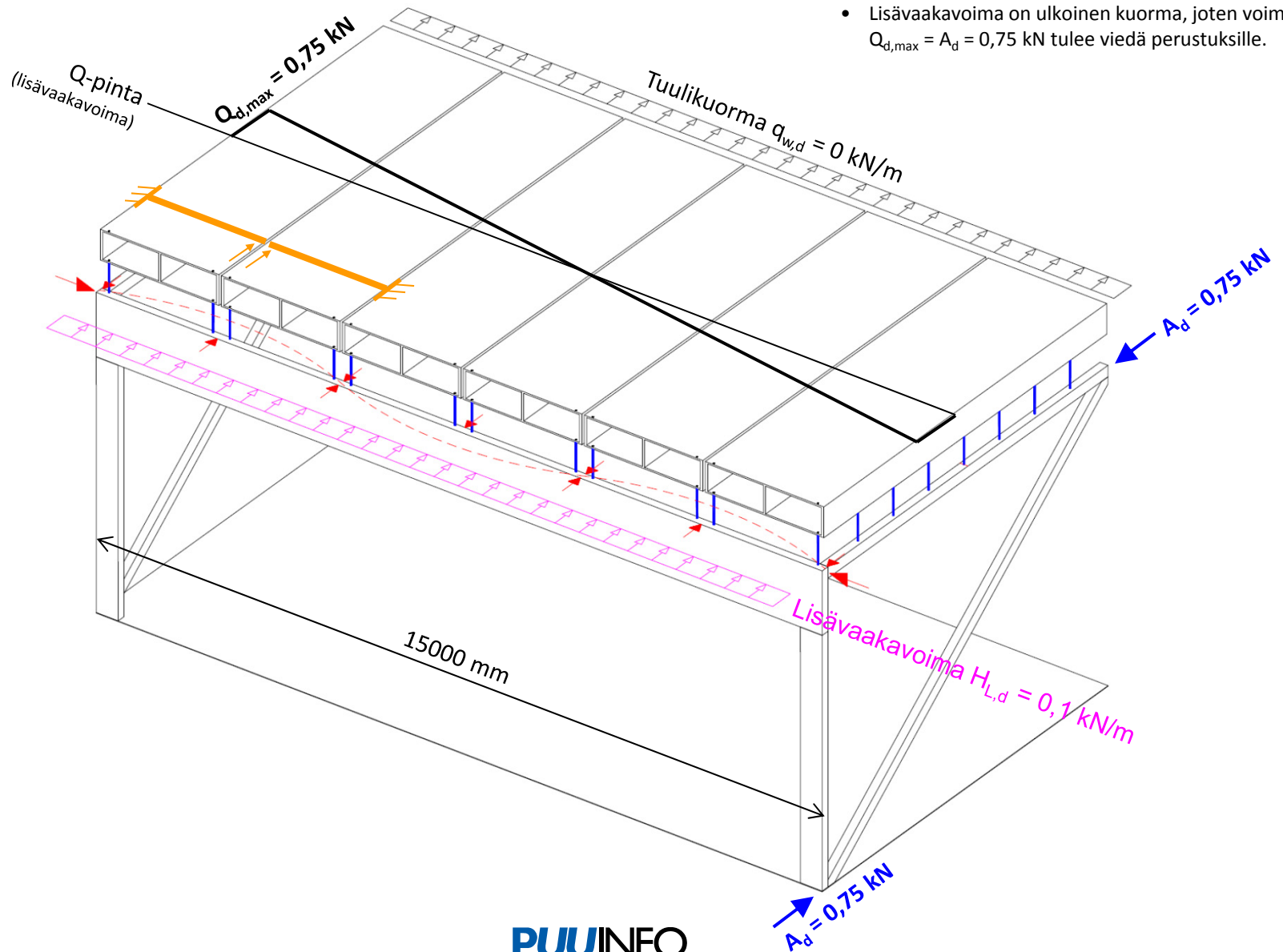
Kattoelementtien välisen pituussuuntaisen sauman mitoittava voima

- Suurin leikkausvoima $Q_{d,max} = 0,75 \text{ kN}$ on reunimmaisissa kattoelementeissä. Todellisuudessa elementtisaumassa on vähemmän leikkausvoimaa, mutta laskelman yksinkertaistamiseksi ja käytännön toteutuksen kannalta kaikki elementtisaumat mitoitetaan samalle leikkausvoimalle.
- Myös muut kuormitustapaukset tulee tutkia.



Perustuksille viettävät voimat

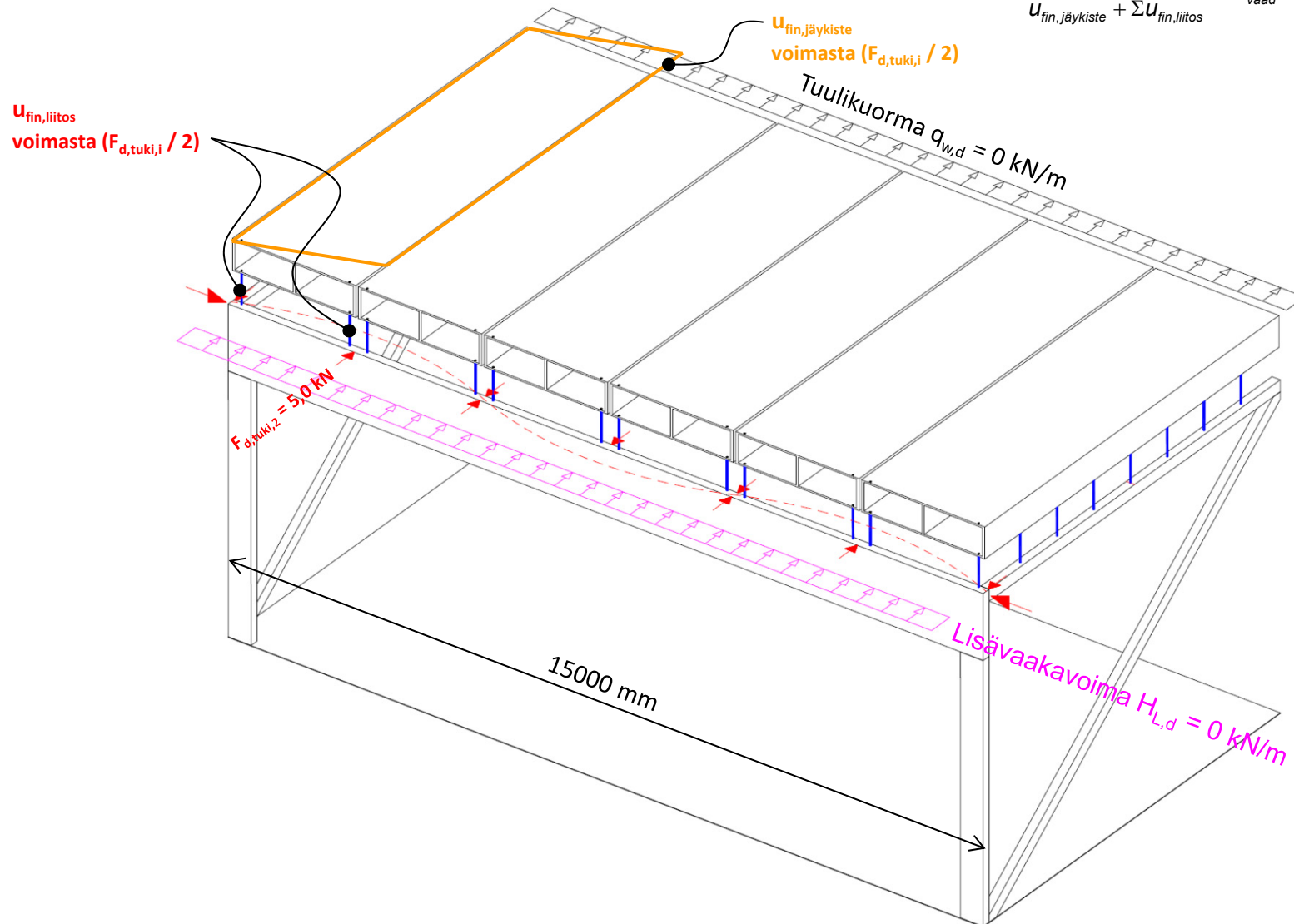
- Jäykistysjärjestelmä on suljettu, joten S-kiepahduksesta syntyvät voimat ovat sisäisiä voimia, joita ei tarvitse viettää perustuksille.
- Lisävaakavoima on ulkoinen kuorma, joten voima $Q_{d,max} = A_d = 0,75 \text{ kN}$ tulee viettää perustuksille.



Stabiloivan tukipisteen jousijäykkyys

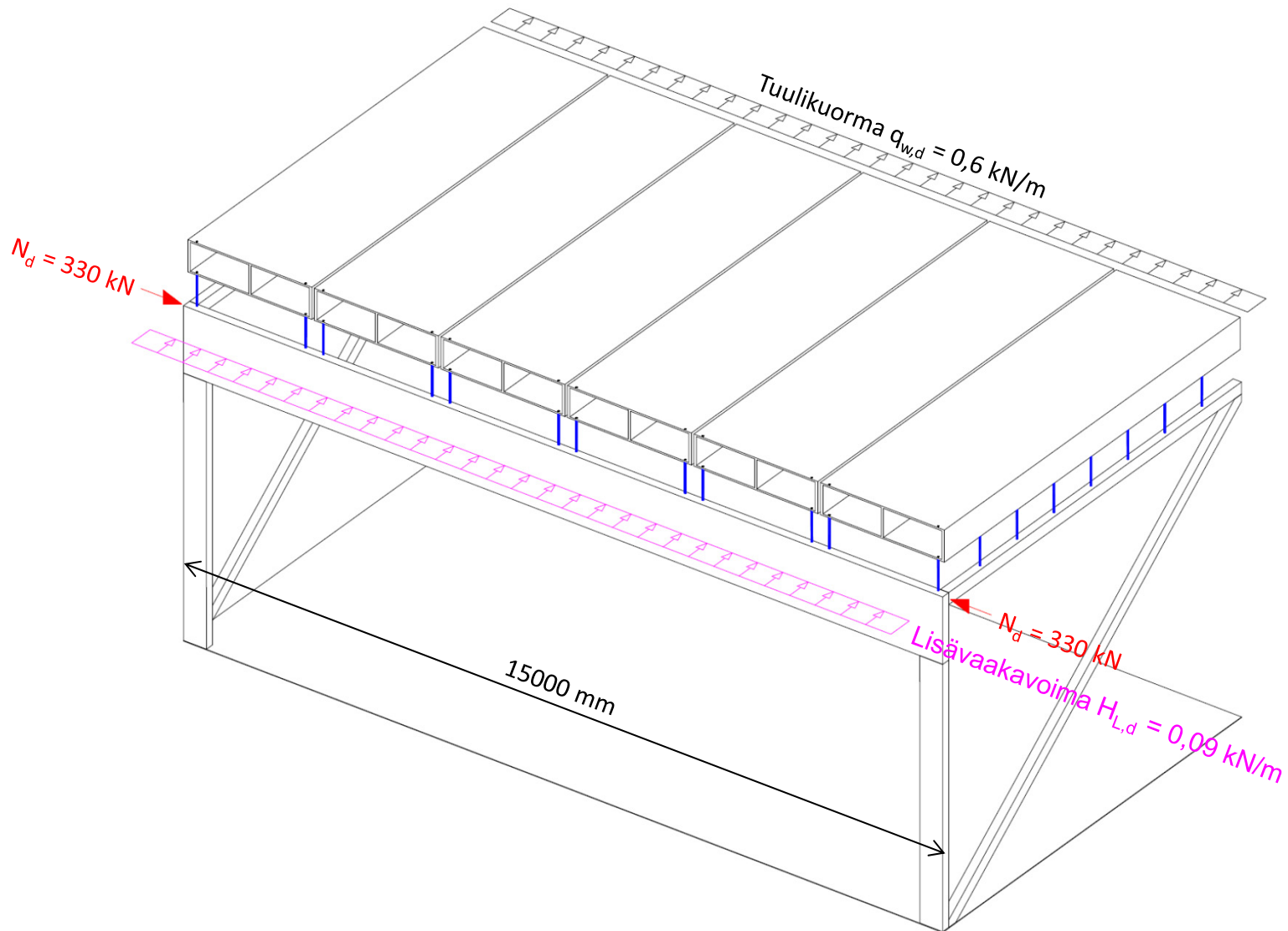
- Jousijäykkyys tarkastetaan voimalle $F_{d,tuki,i}$

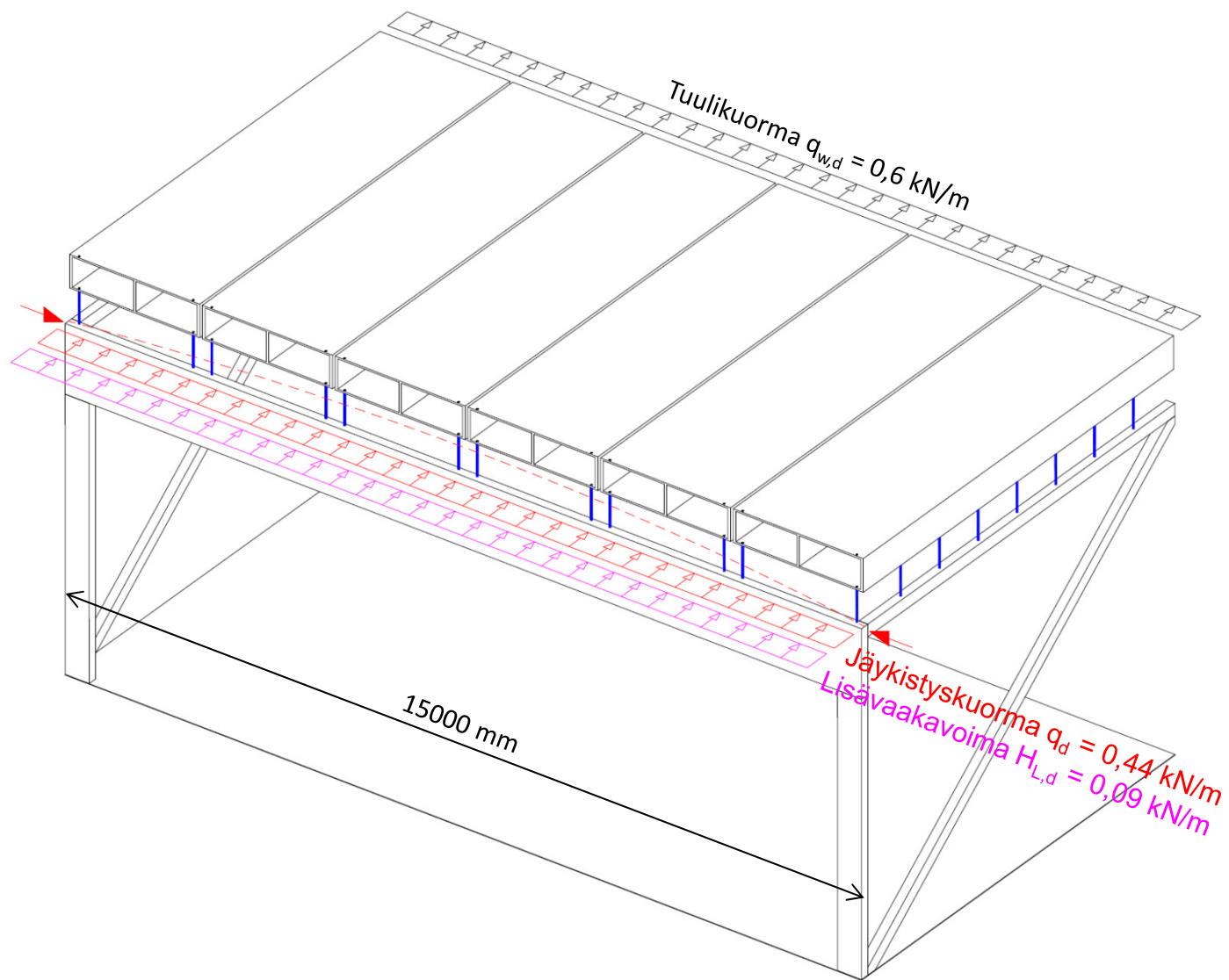
$$\frac{\frac{F_{d,tuki,i}}{2}}{u_{fin,jäykiste} + \sum u_{fin,liitos}} \geq C_{vaad}$$



Kiepahduksen 1. muoto

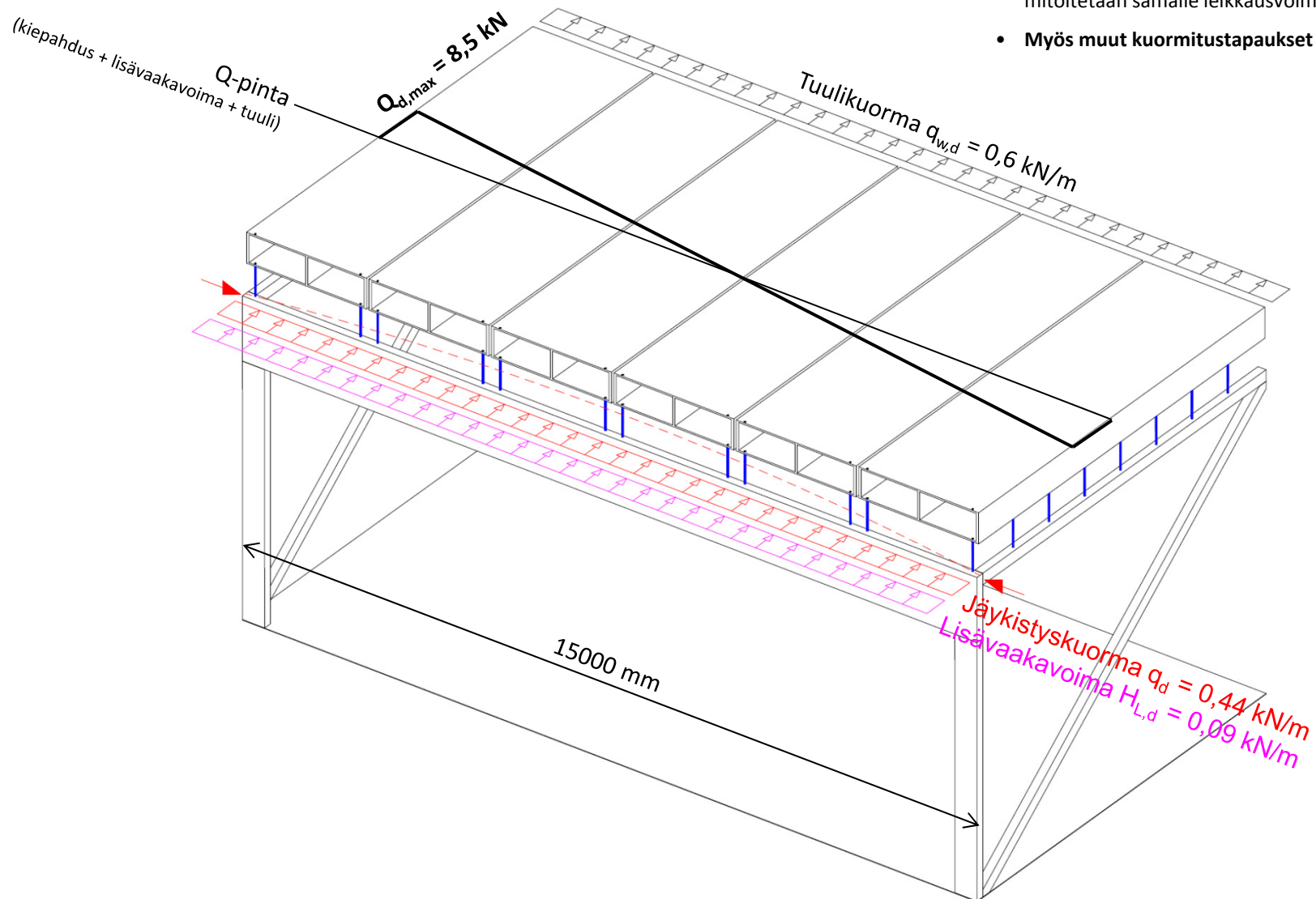
Kuormitustapaus pysyvä 100 % + tuuli 100 % + lumi 70 % (hetkellinen)





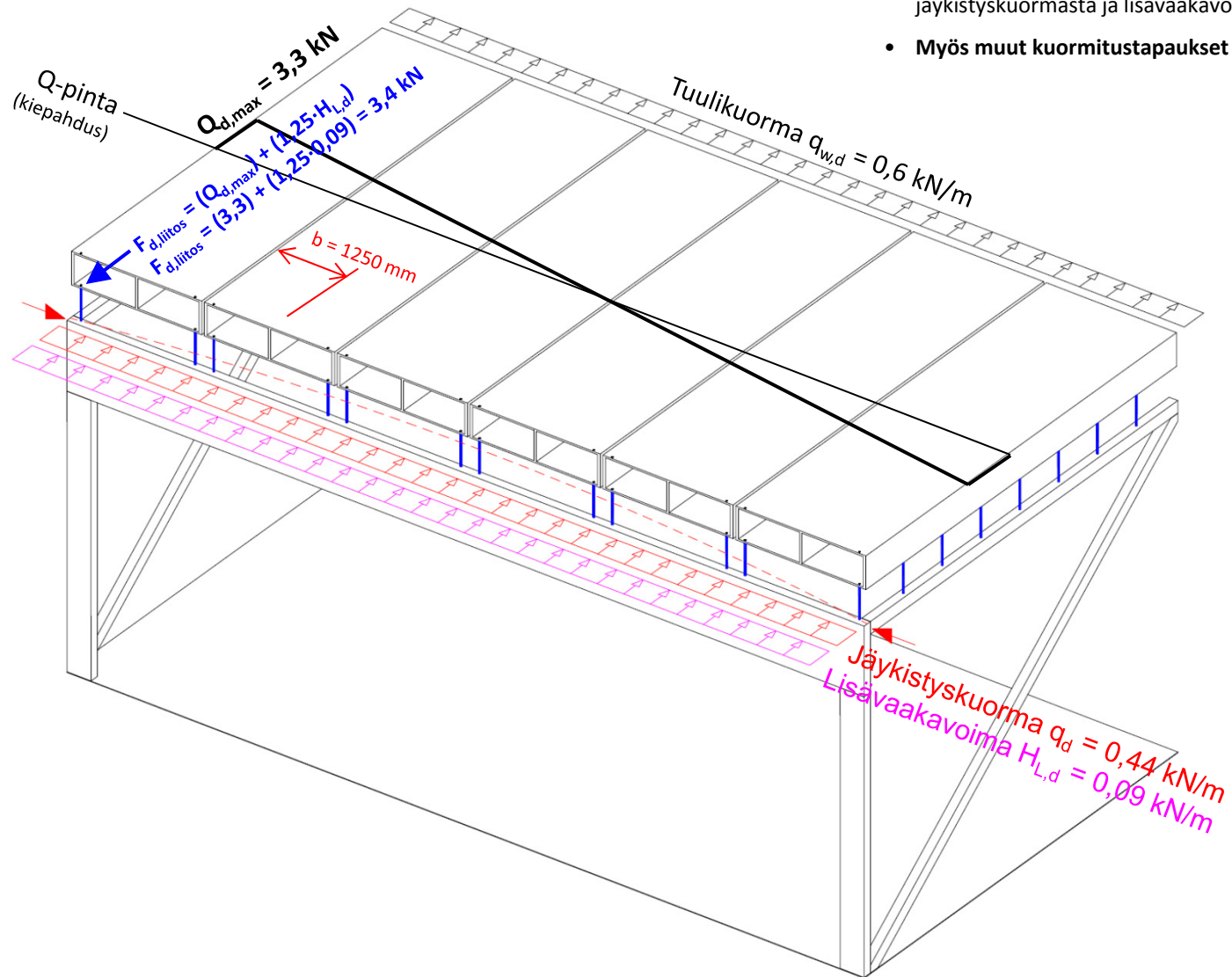
Levyjäykisteen mitoittava leikkausvoima

- Suurin leikkausvoima $Q_{d,max} = 8,5 \text{ kN}$ on reunimmaisissa kattoelementeissä. Käytännön toteutuksen kannalta kaikki kattoelementit mitoitetaan samalle leikkausvoimalle.
- Myös muut kuormitustapaukset tulee tutkia.



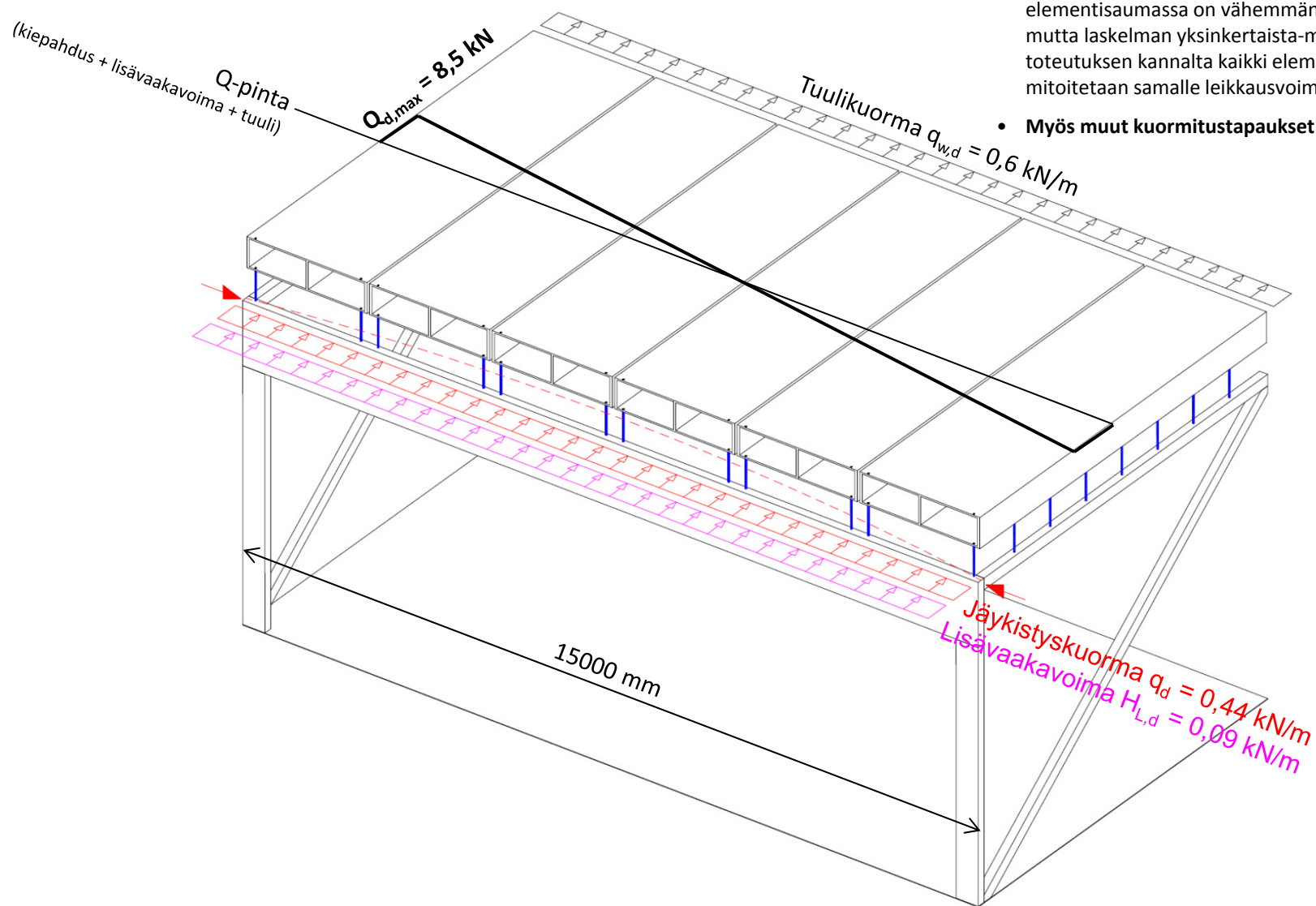
Pääkannattimen ja kattoelementin välisen liitoksen mitoittava voima

- Lähtötietojen mukaan tuulikuorma ei kulje kyseisen liitoksen kautta. Liitosvoima $F_{d, \text{liitos}} = 3,4 \text{ kN}$ syntyy jäykistyskuormasta ja lisävaakavoimasta.
- Myös muut kuormitustapaukset tulee tutkia.



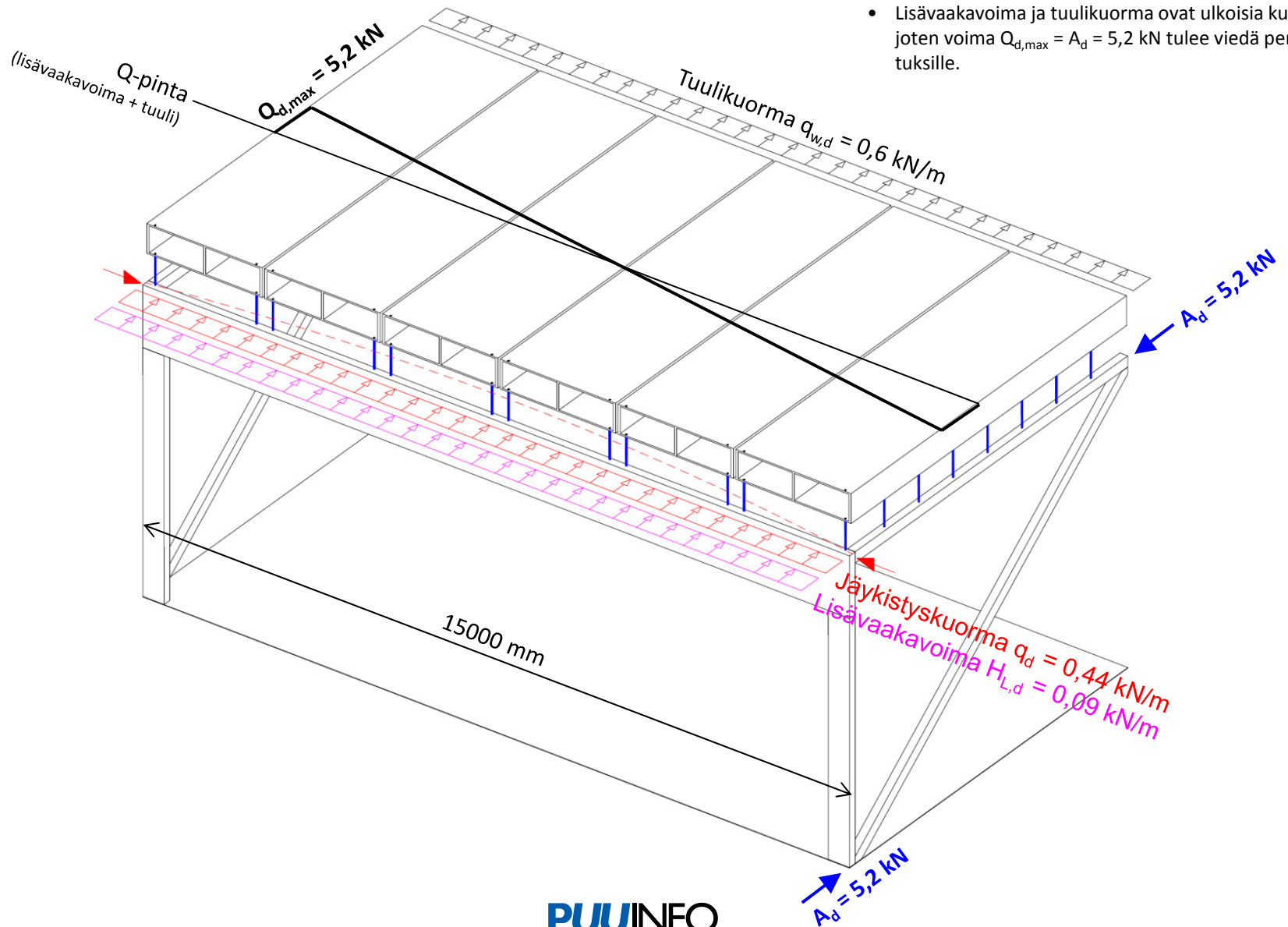
Kattoelementtien välisen pituussuuntaisen sauman mitoittava voima

- Suurin leikkausvoima $Q_{d,max} = 8,5 \text{ kN}$ on reunimmaisissa kattoelementeissä. Todellisuudessa elementisaumassa on vähemmän leikkausvoimaa, mutta laskelman yksinkertaistamiseksi ja käytännön toteutuksen kannalta kaikki elementti-saumat mitoitetaan samalle leikkausvoimalle.
- Myös muut kuormitustapaukset tulee tutkia.



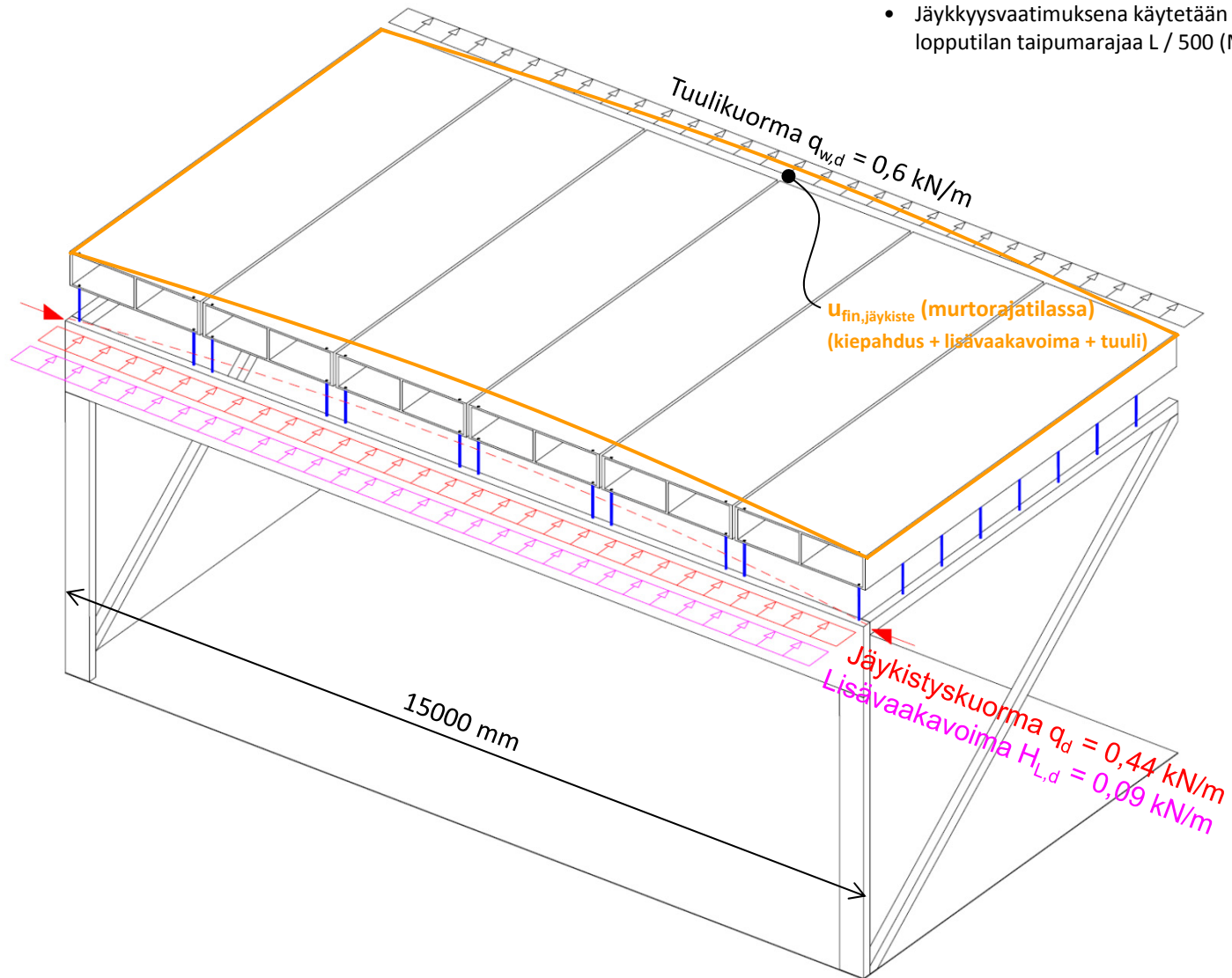
Perustuksille vietävä voima

- Jäykistysjärjestelmä on suljettu, joten kiepahduksesta syntyvät voimat ovat sisäisiä voimia, joita ei tarvitse viedä perustuksille.
- Lisävaakavoima ja tuulikuorma ovat ulkoisia kuormia, joten voima $Q_{d,max} = A_d = 5,2 \text{ kN}$ tulee viedä perustuksille.



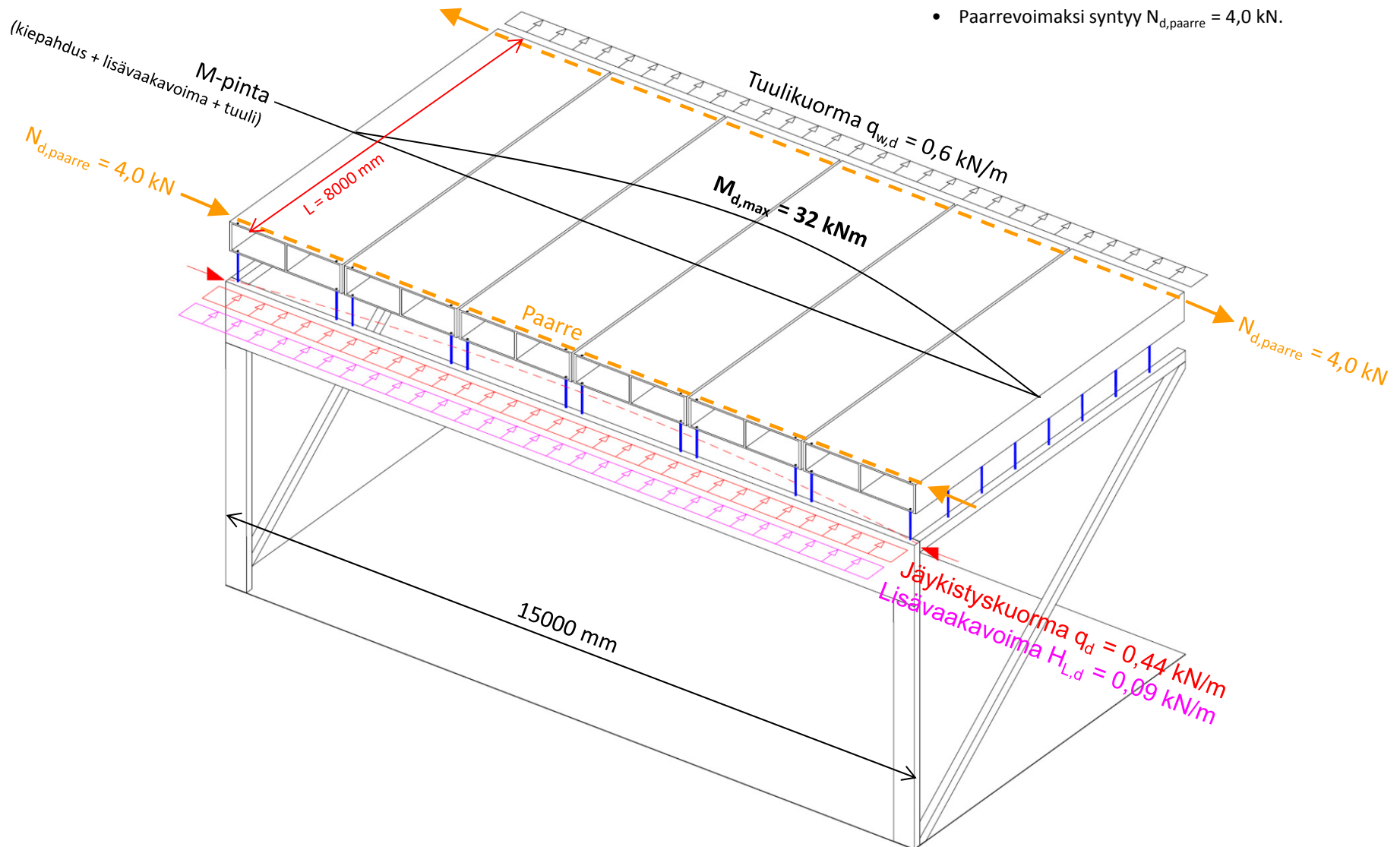
Levyjäykisteen jäykkyys

- Jäykkyys tarkastetaan murtorajatilän kuormalle, jonka muodostavat jäykistyskuorma, lisävaakavoima ja tuulikuorma.
- Jäykkyysvaatimuksena käytetään levyjäykisteen lopputilan taipumarajaa $L / 500$ (MRT).



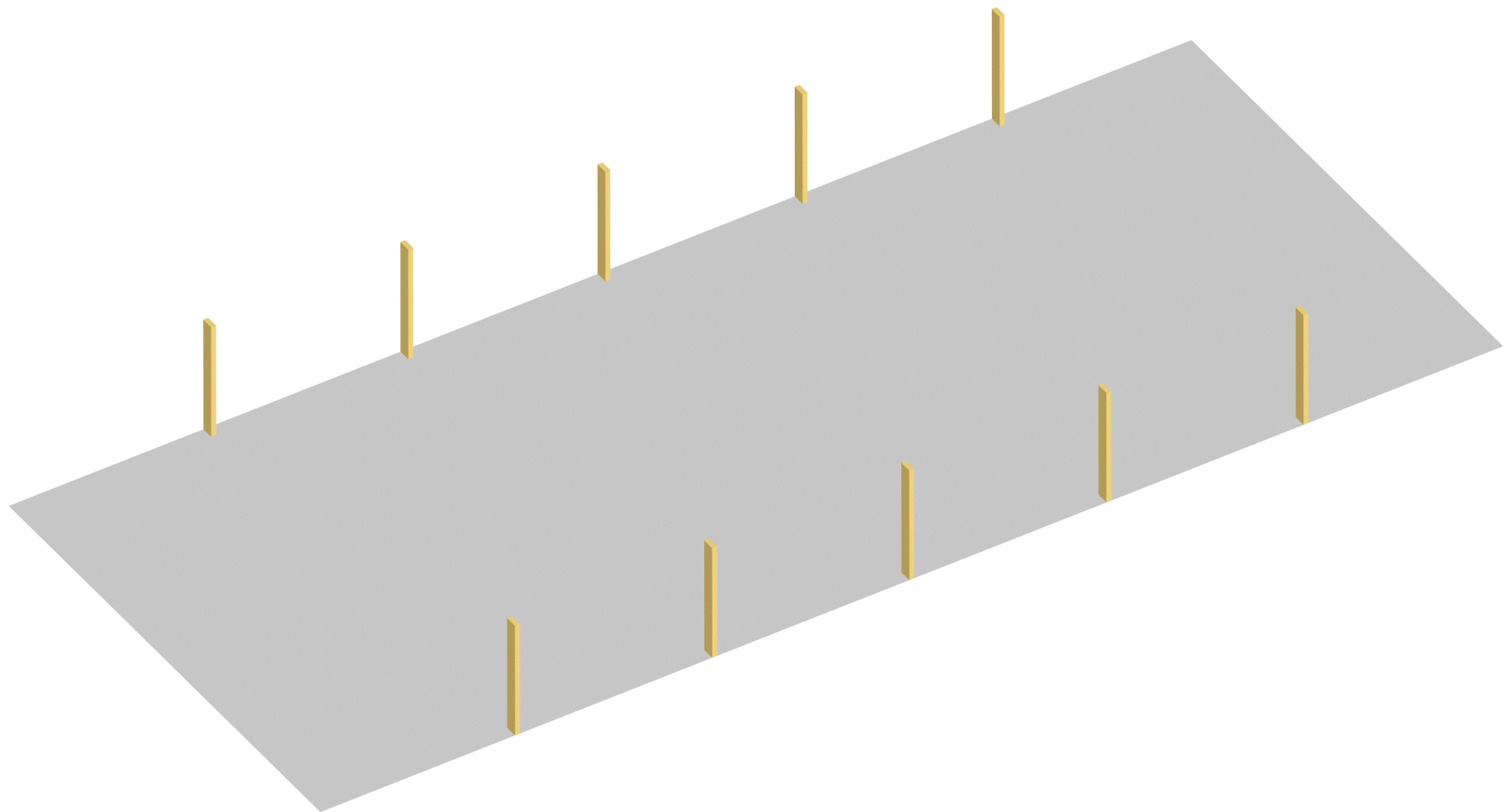
Levyjäykisteen paarteet

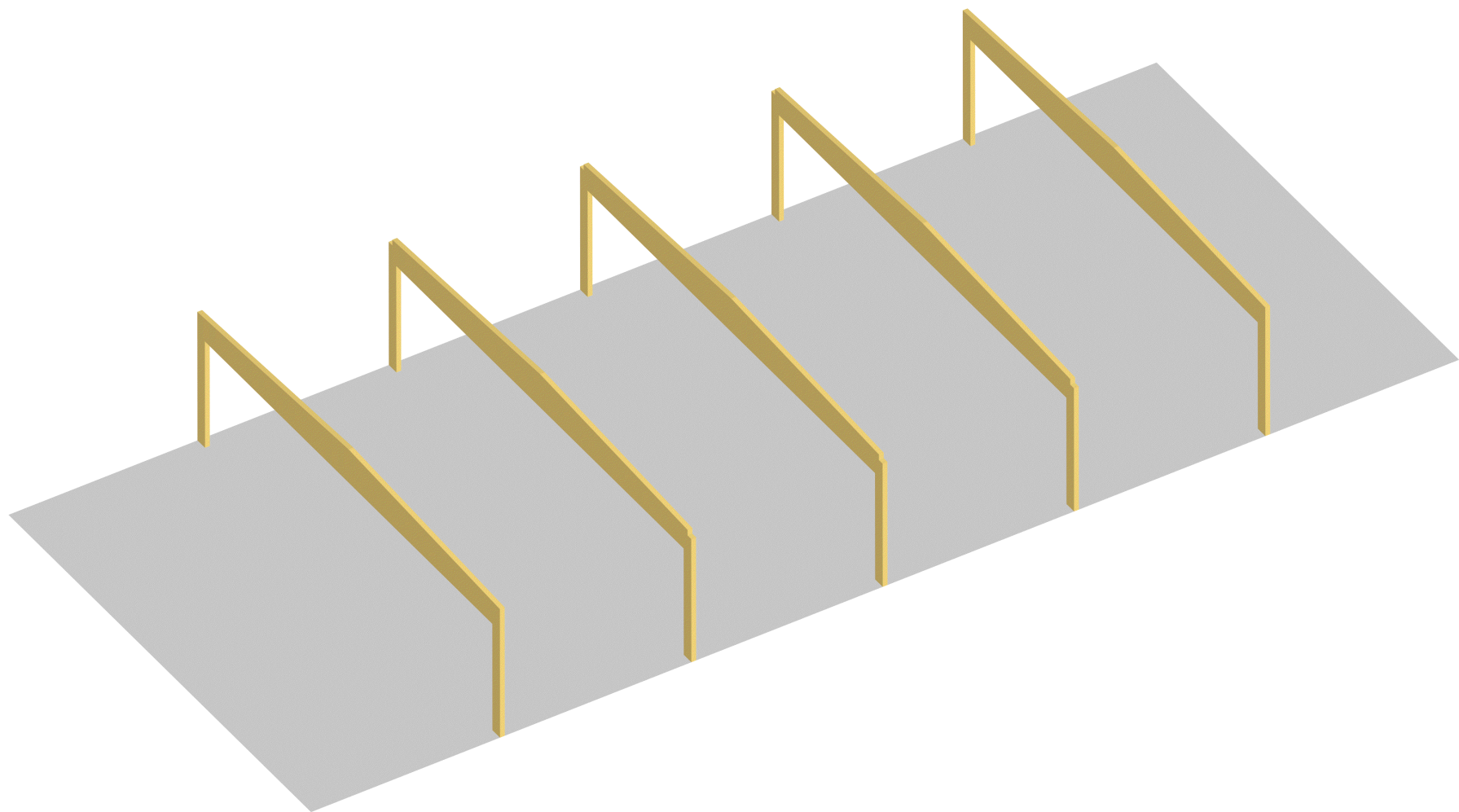
- Paarteet mitoitetaan levyjäykisteen momentille $M_{d,max} = 32 \text{ kNm}$, jonka muodostavat jäykistyskuorma, lisävaakavoima ja tuulikuorma.
- Paarrevoimaksi syntyy $N_{d,paarre} = 4,0 \text{ kN}$.

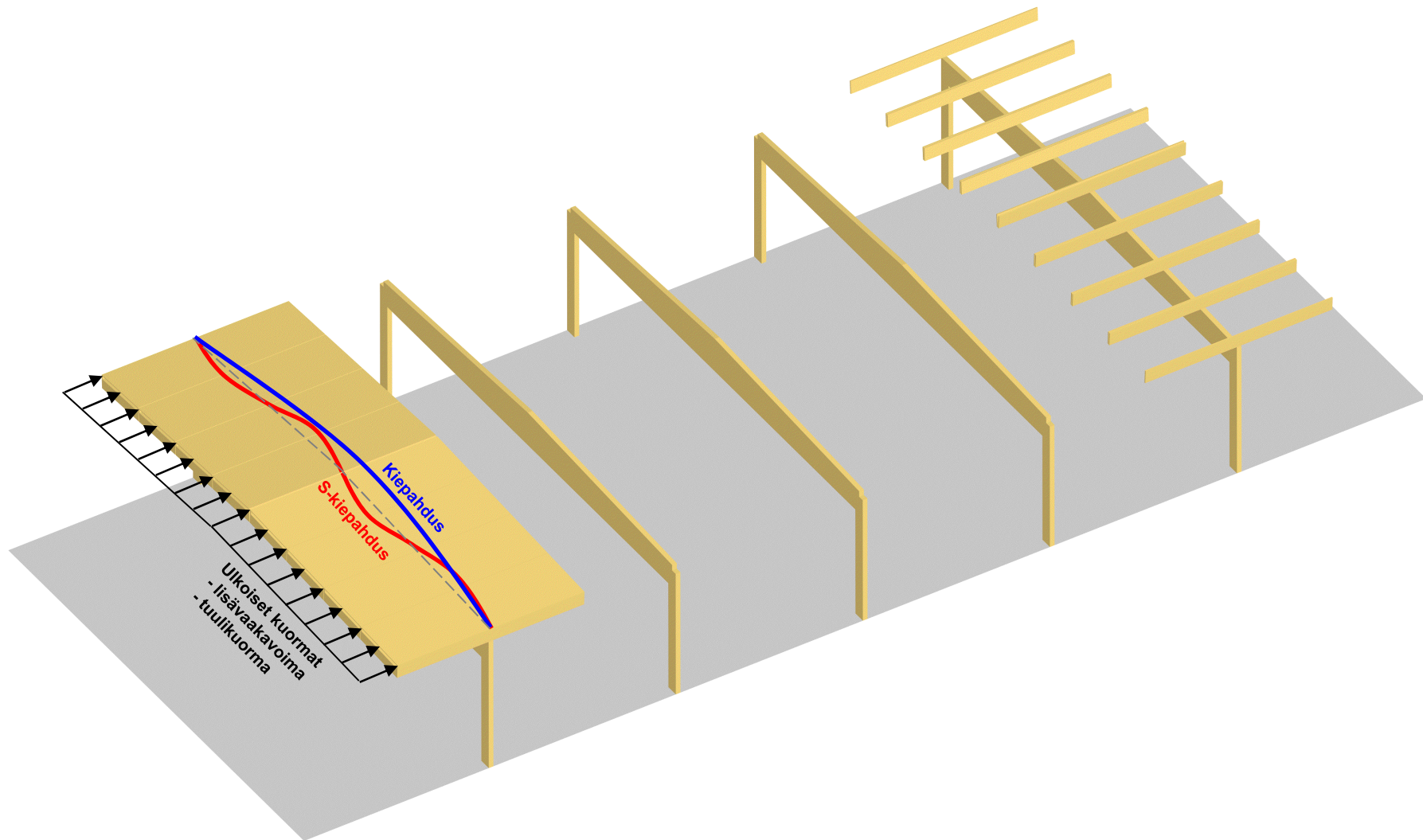


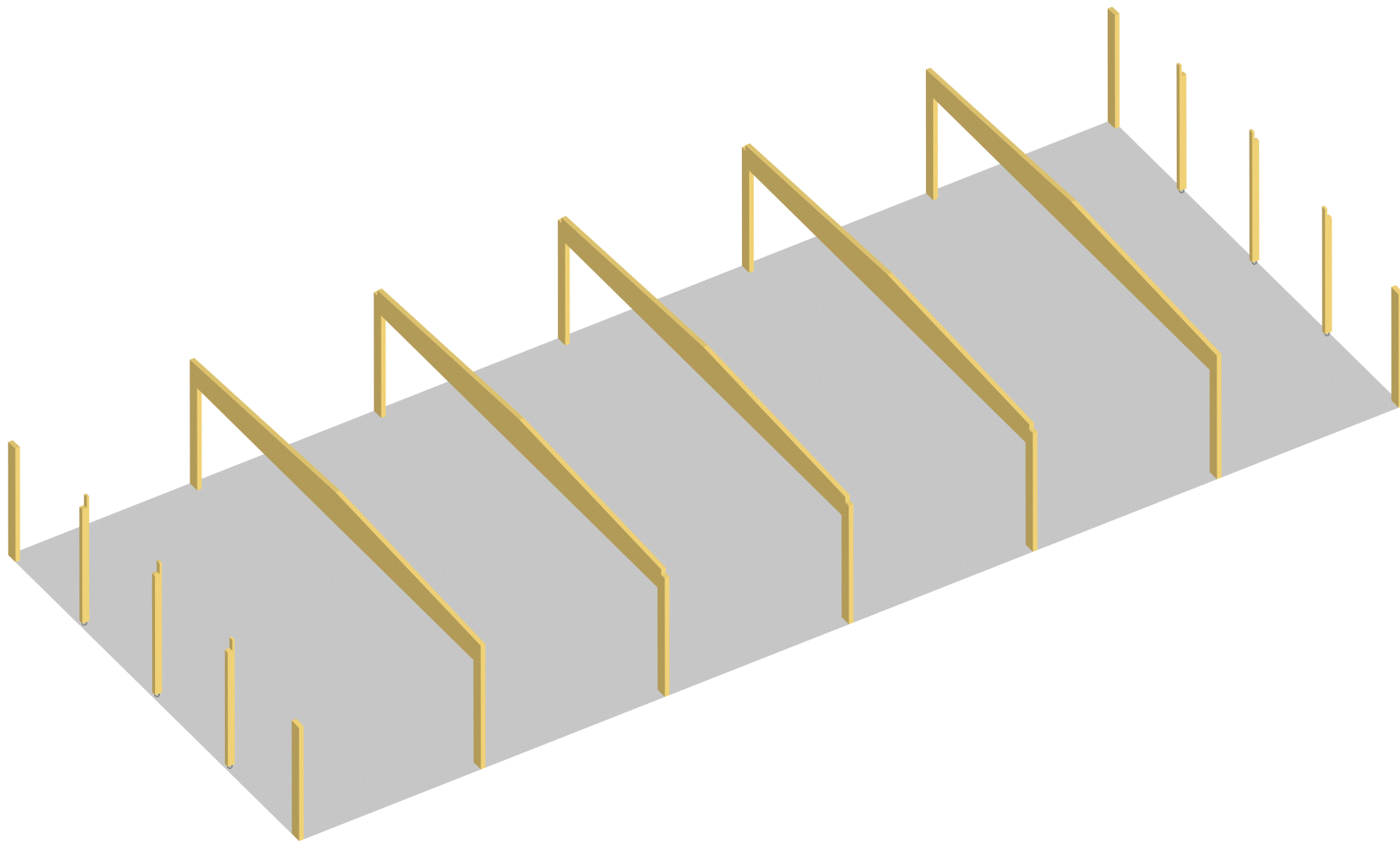
Yhteenveto

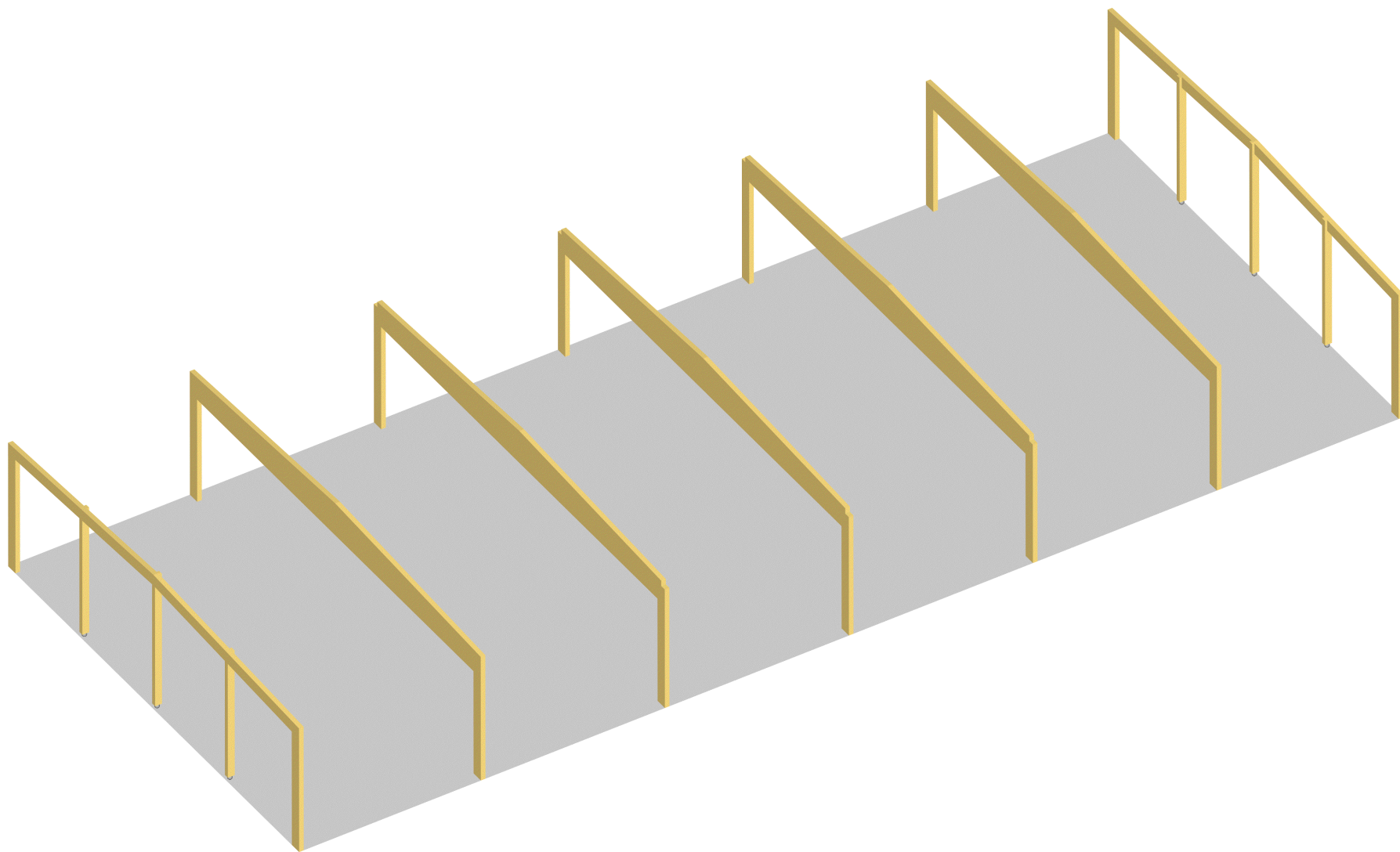


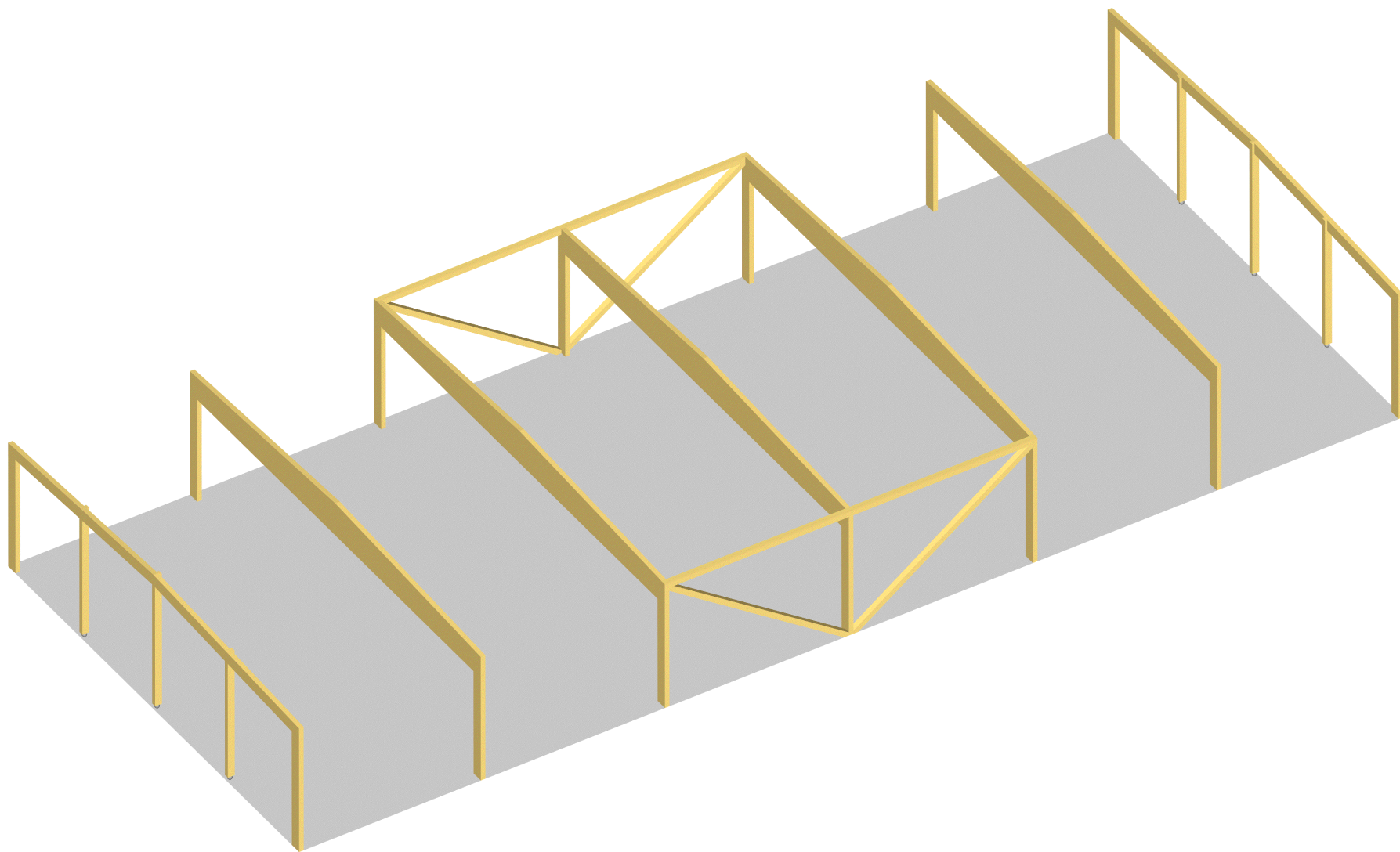


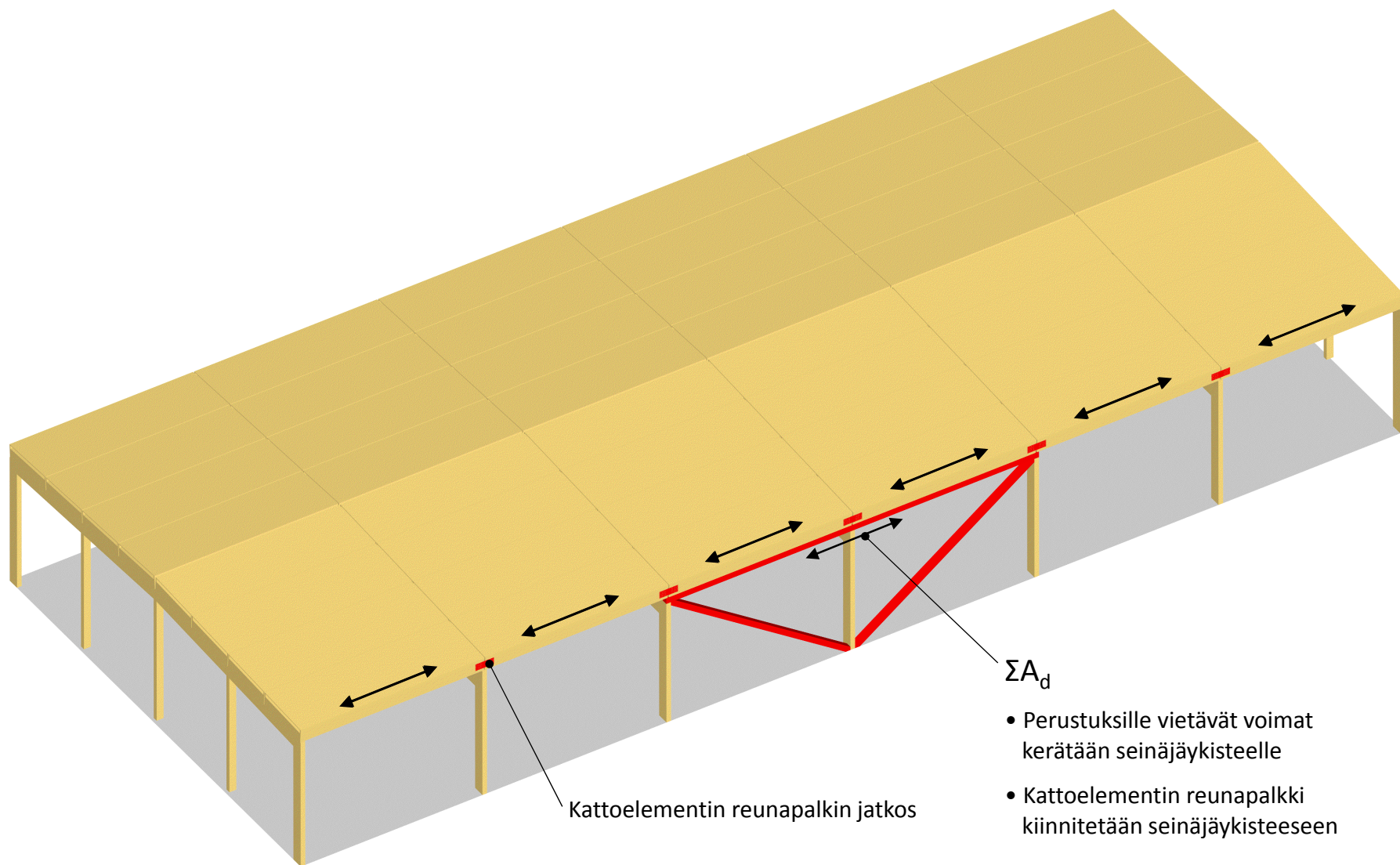










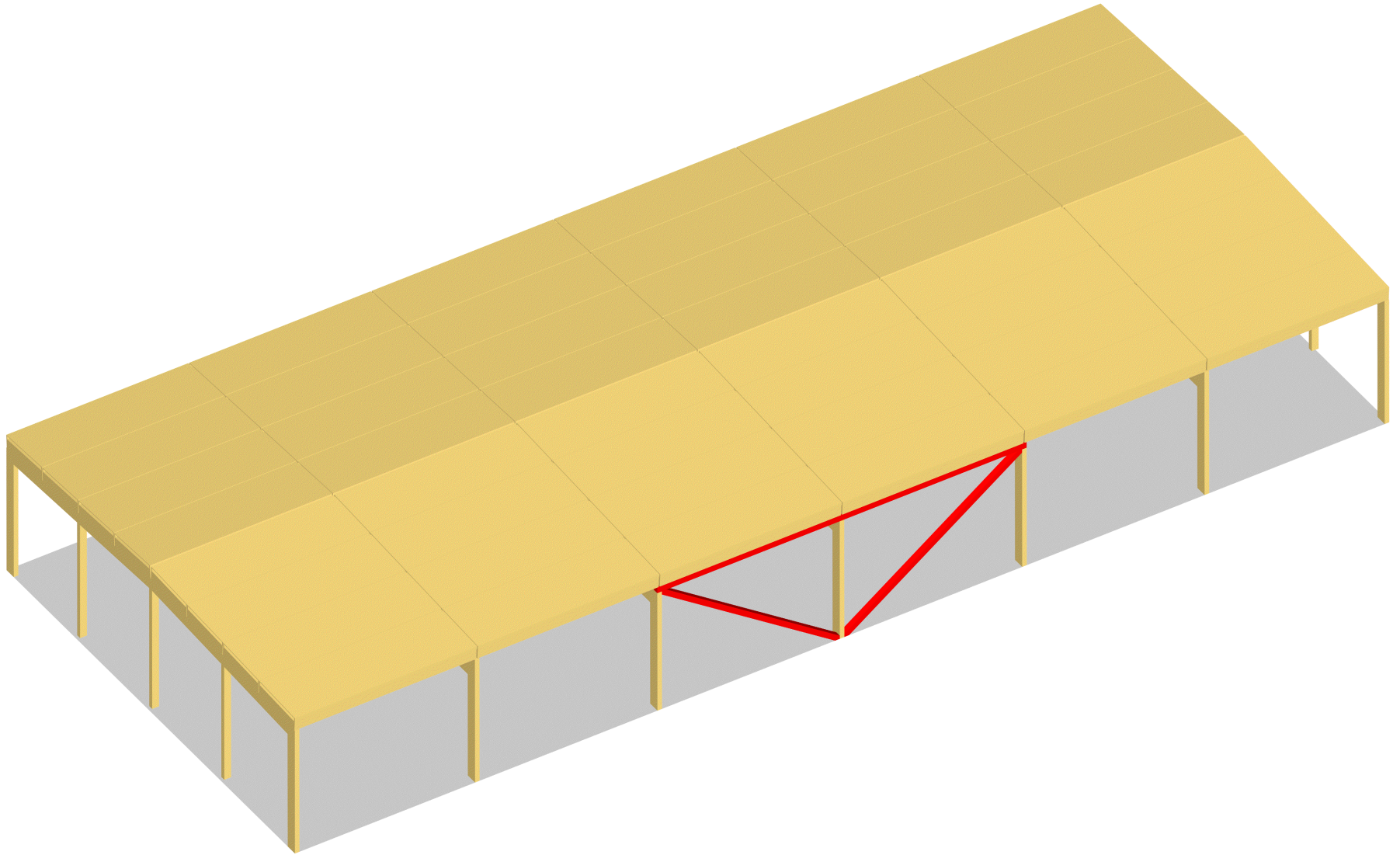


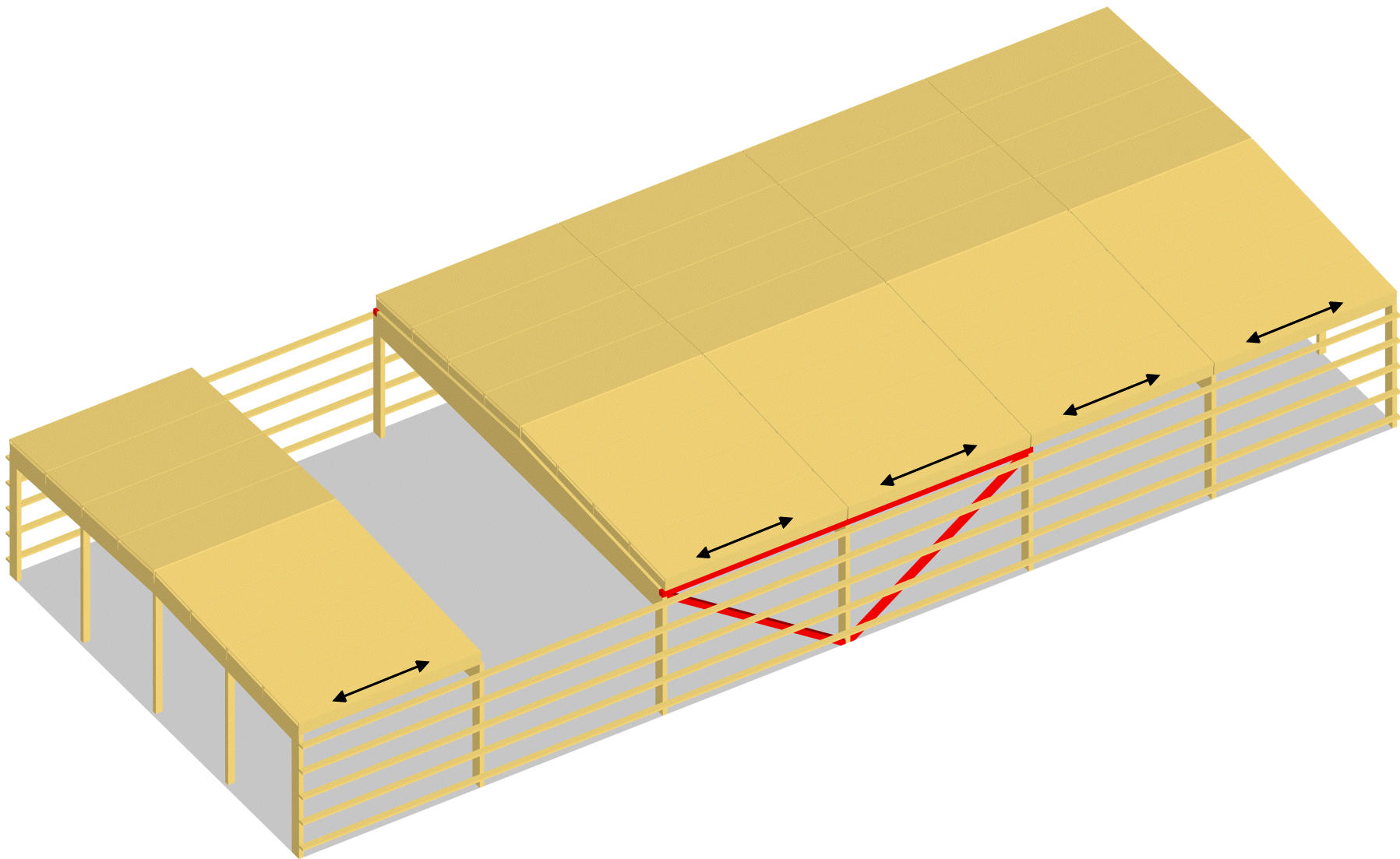
Kattoelementin reunapalkin jatkos

ΣA_d

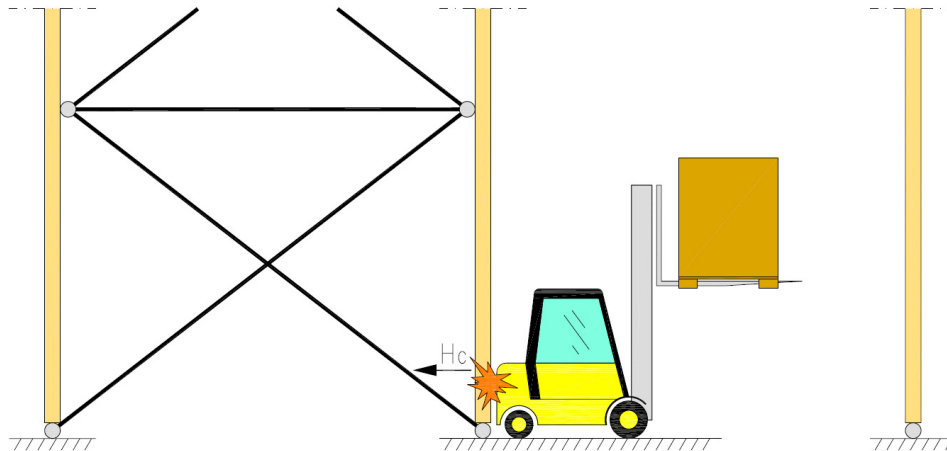
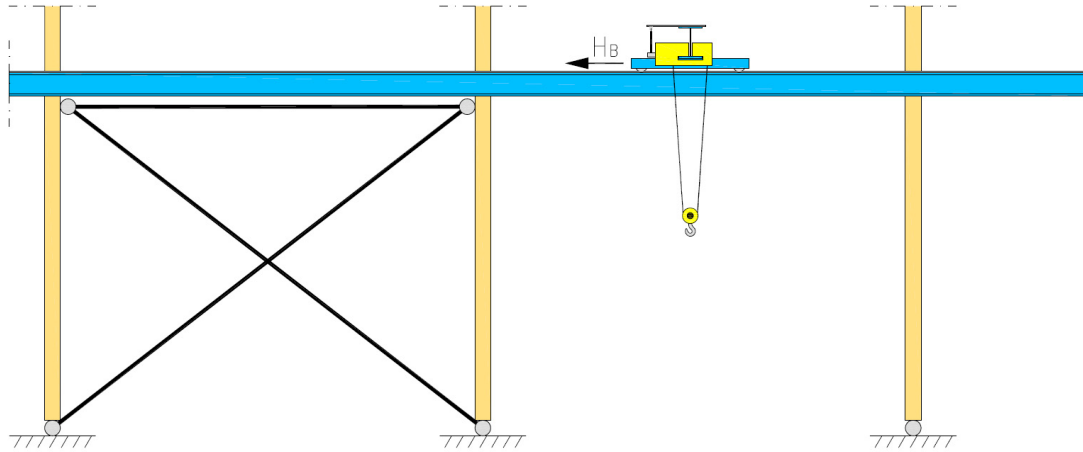
- Perustuksille vietävät voimat kerätään seinäjäykisteelle
- Kattoelementin reunapalkki kiinnitetään seinäjäykisteeseen

Onnettomuustilanne

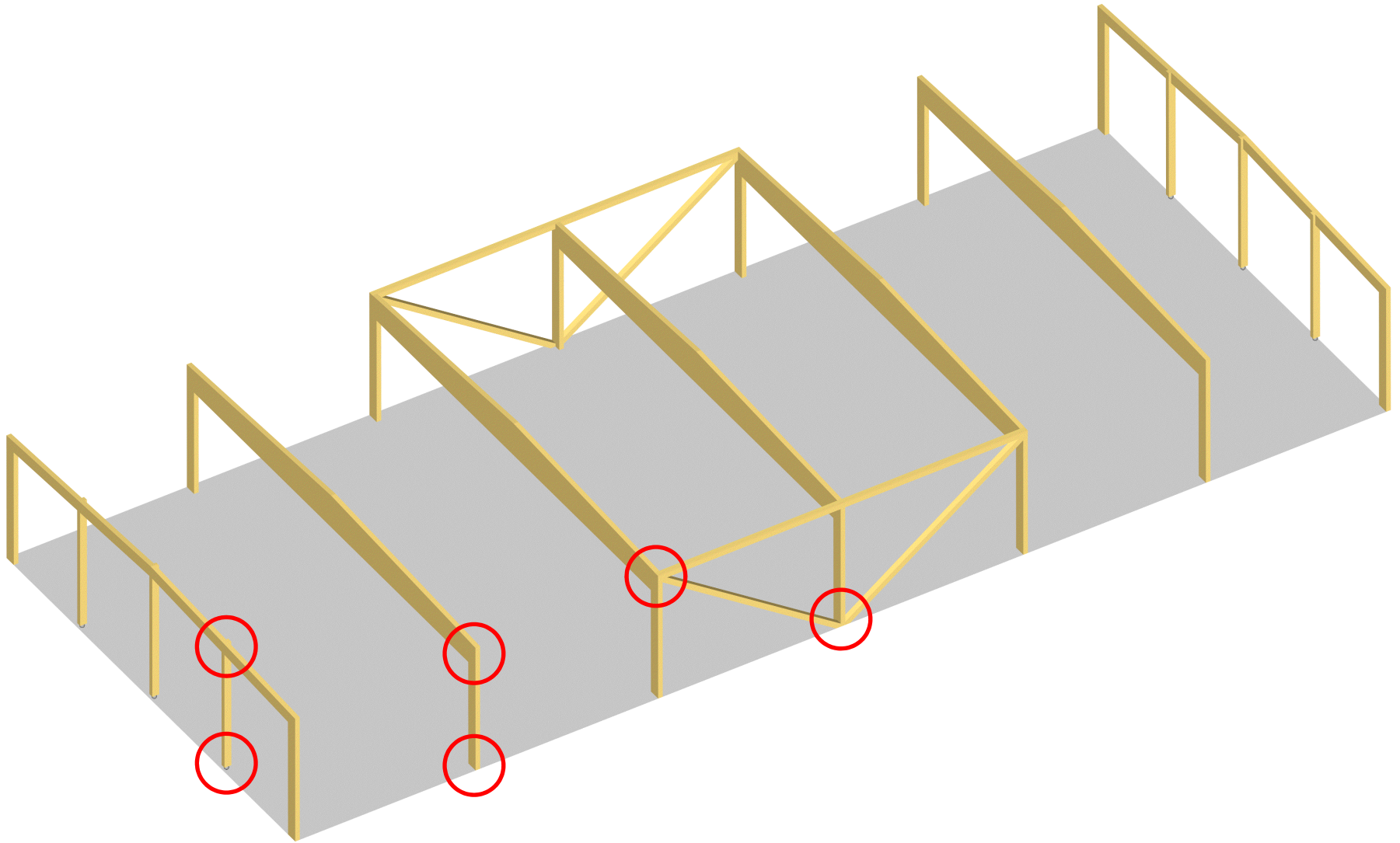




Muut vaakakuormat

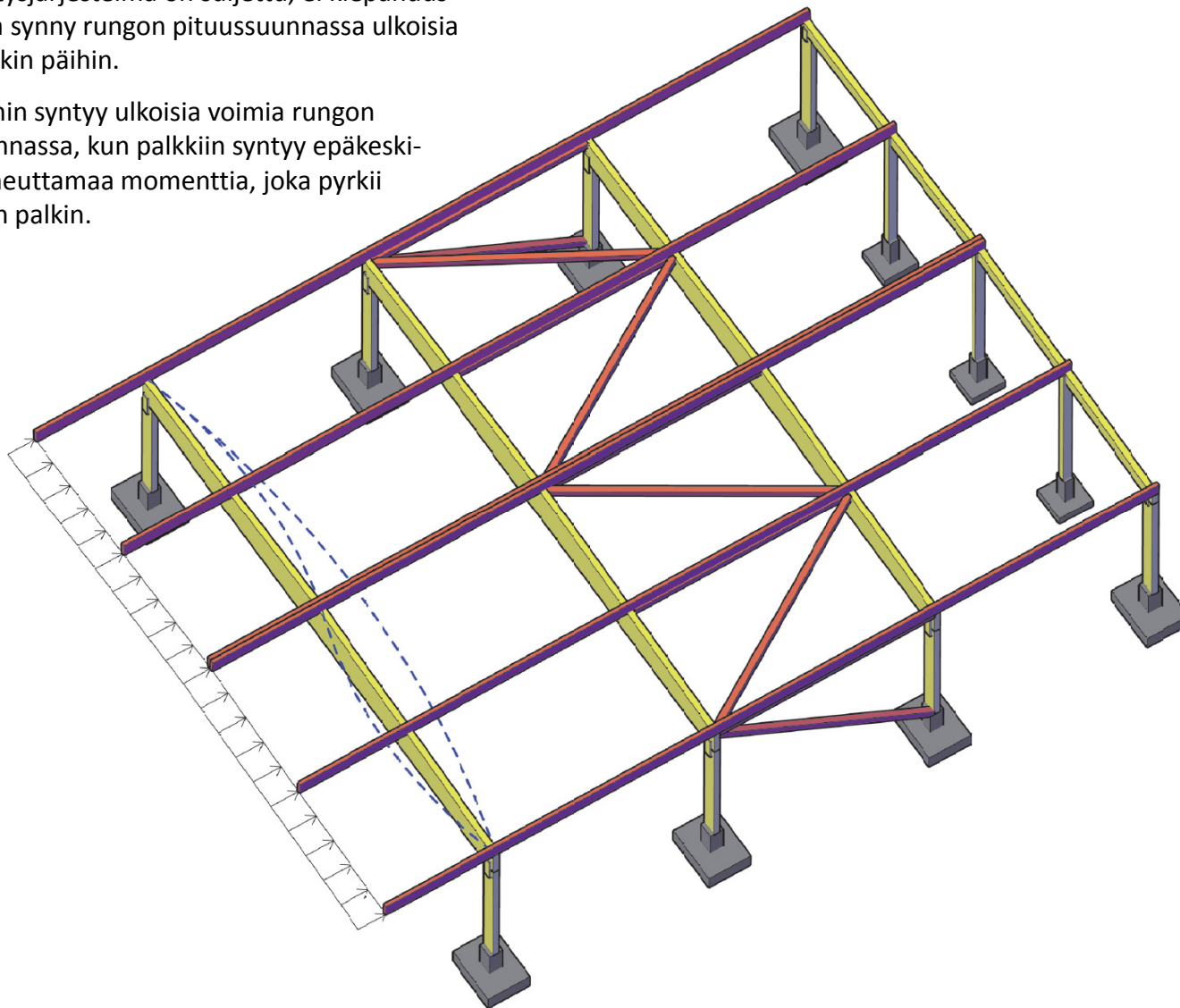


Voimaliitokset



Mastopilarin ja palkin liitos

- Kun jäykistysjärjestelmä on suljettu, ei kiepahdusmuodoista synny rungon pituussuunnassa ulkoisia voimia palkin päihin.
- Palkin päihin syntyy ulkoisia voimia rungon pituussuunnassa, kun palkkiin syntyy epäkeskisyyden aiheuttamaa momenttia, joka pyrkii kaatamaan palkin.



Tasainen kuormitus, joka aiheuttaa vaakasuuntaisen siirtymän

- Kiepahduksen 1. muoto + Lisävaakavoima + Tuulikuorma
- Käytännössä jäykistyskuorma q_d , jolle on siirtymäraja $L/500$ (MRT)

