

CEN/TS 19100-2:2021

Lasirakenteiden suunnittelu. Osa 2: Tasoja vastaan kohtisuoraan kuormitettujen lasikomponenttien suunnittelu

Kansallinen liite julkaisuun CEN/TC 19100-2:2021

Sisällys

	Sivu
Sisällys	2
1 Soveltamisala	3
2 Käyttörajatiluokat - 4.1(1) huomautus.....	3
3 FLS-rajatilan kuormien yhdistely - 4.2.1(2) huomautus.....	3
4 Isku ja iskuenergia, ympäristön lämpötila, hyväksymiskriteerit - 4.2.1(3) huomautus 2.....	4
5 Kokeellisten ehtojen määrittely - 4.2.2(1) huomautus.....	4
6 Iskun vaikutuksen numeerinen määrittäminen - 4.2.3(1) huomautus 2.....	4
7 Teoreettisen arvioinnin lisäsääntöjen määrittäminen FLS:ssä - 4.2.3(1) huomautus 3.....	4
8 PFLS rajatilan kuormitusyhdistelmän määrittely - 4.3.1(2) huomautus	5
9 Murtumisenjälkeinen kestävyys (PFLS) - 4.3.1(3) huomautus.....	5
10 Jakautunut kuorma testattaessa - 4.3.2(6) huomautus 1	5
11 Seuraavien lasikerrosten murtuminen - 4.3.2(6) huomautus 2	5
12 Murtumisen jälkeinen kantokykyaika t_p - 4.3.2(7) huomautus 1.....	6
13 Teoreettisen arvioinnin lisäsääntöjen määrittäminen PFLS:ssä - 4.3.3(2) huomautus 3.....	6
14 Taulukon 9.1 käyttörajatilan taipuman raja-arvot - 9(3) huomautus.....	6
15 Taulukon 9.2 lasin reunatuen minimimitat - 9(6) huomautus.....	7
16 Pistekiinnityksen lisäsäännöt - 10.3.2(11) huomautus.....	8
17 Klipsikiinnityksen lisäsäännöt - 10.3.3(3) huomautus.....	8
18 Ulokkeellisten lasikomponenttien lisäsäännöt - 10.4(3) huomautus 2.....	8
19 Opastava liite A.....	8
20 Opastava liite B.....	8

1 Soveltamisala

Julkaisun CEN/TS 19100-2:2021 osalta noudatetaan kyseisessä julkaisussa esitettyjä suositusarvoja ja kaikkia sen liitteitä, ellei tässä kansallisessa liitteessä toisin esitetä.

Lasirakenteita koskeva kansallinen valinta sallitaan julkaisun CEN/TS 19100-2:2021 seuraavissa kohdissa:

- 4.1(1) huomautus
- 4.2.1(2) huomautus
- 4.2.1(3) huomautus 2
- 4.2.2(1) huomautus
- 4.2.3(1) huomautus 2
- 4.2.3(1) huomautus 3
- 4.3.1(2) huomautus
- 4.3.1(3) huomautus
- 4.3.2(6) huomautus 1
- 4.3.2(6) huomautus 2
- 4.3.2(7) huomautus 1
- 4.3.3(2) huomautus 3
- 9(3) huomautus
- 9(6) huomautus
- 10.3.2(39) huomautus
- 10.3.3(3) huomautus
- 10.4(3) huomautus
- Opastava liite A
- Opastava liite B

Kansallinen valinta on tehty symbolilla • merkityissä kohdissa.

2 Rajatilaluokat - 4.1(1) huomautus

4.1(1) For an out-of-plane loaded glass component the Limit State Scenario (LSS) should be chosen according to CEN/TS 19100-1:2021, 4.2.4.

NOTE For a glass component the LSS can be set by the National Annex, see CEN/TS 19100-1:2021, 4.2.4.

Katso CEN/TS 19100-1:2021, 4.2.4.

3 FLS-rajatilan kuormien yhdistely - 4.2.1(2) huomautus

4.2.1(2) In the FLS, an appropriate load combination should be used for the static loading that arises during the event of impact.

NOTE The load combination in the FLS is the accidental load combination according to EN 1990 unless the National Annex gives a different load combination.

Käytetään suositusarvoa. Ks. Osan 1 määritelmä FLS:lle (3.1.9)

4 Isku ja iskuenergia, ympäristön lämpötila, hyväksymiskriteerit - 4.2.1(3) huomautus 2

4.2.1(3) In the FLS the supported glass component may be verified by experimental testing (4.2.2) or alternatively, by a theoretical assessment (4.2.3) provided equivalence is given.

NOTE 2 The National Annex can specify type of impactor, energy, ambient temperature and acceptance criteria.

Erilaisille lasirakenteille on olemassa eri kriteerit ja testit, tämän vuoksi iskukoe määritetään tuotekohtaisesti. Kokeellisen heiluritestin tilalla voidaan käyttää laskennallista menetelmää, jos tarvittavat kertoimet määritetään. EN 12600 määrittää vain, että lasi rikkoutuu turvallisesti.

HUOM. Kokeellinen ja laskennallinen mitoitukset ovat vaihtoehtoisia suunnittelumenetelmiä. Mitoituksessa käytettyjen kuormien tulee luonnollisesti olla yhdenmukaisia. Kun kokeessa käytetään heilurikuormaa, kuorma määritetään julkaisun CEN/TS 19100-1 kansallisen ohjeen liitteen A perusteella. Laskennassa voidaan käyttää tätä samaa kuormaa kerrottuna dynaamisella kuormakertoimella, jos laskenta tehdään staattisena laskentana staattista korvauskuormaa käyttäen. Jos laskenta tehdään dynaamisena analyysinä laminoitikalvon ajasta ja lämpötilasta riippuvat ominaisuudet huomioon ottaen, laskennassa voidaan käyttää kokeessa käytettyä kuormaa.

5 Kokeellisten ehtojen määrittely - 4.2.2(1) huomautus

4.2.2(1) If the FLS is verified by experimental testing, this may be performed either on the original (as built) structure in situ or on an appropriate test specimen or on an appropriate equivalent laboratory specimen. Further provisions may be as specified by the relevant authority or, where not specified, agreed for a specific project by the relevant parties.

NOTE Provisions on experimental testing can be given in the National Annex.

Kaikki kokeen kannalta oleelliset asiat identifioidaan ja raportoidaan. Näitä ovat testattavan lasirakenteen kokoonpanon mitat, lasikerrokset ja niiden lujuus, laminoitikalvot, reunatyöstöt, mahdolliset reiät ja lasipintojen käsittely.

Kokeet ja kokeessa käytetyn kuorman suuruus valitaan lasirakenteen käyttötarkoituksen mukaan.

6 Iskun vaikutuksen numeerinen määrittäminen - 4.2.3(1) huomautus 2

4.2.3(1) If the FLS is verified by a theoretical assessment all static and dynamic effects originating from impact and/or damage/fracture of parts of the glass component or of the whole shall reasonably be taken into account for the short time of impact.

NOTE 2 A method for the numerical verification of impact effects can be given in the National Annex.

Dynaaminen iskukuorma mallinnetaan annetun voima-aika-kuvaajan tai kiihtyvyyso-aika-kuvaajan perusteella. Dynaamisen kuorman sijasta voidaan käyttää erikseen määritettyä ekvivalenttia staattista korvauskuormaa.

7 Teoreettisen arvioinnin lisäsääntöjen määrittely FLS:ssä - 4.2.3(1) huomautus 3

4.2.3(1) If the FLS is verified by a theoretical assessment all static and dynamic effects originating from impact and/or damage/fracture of parts of the glass component or of the whole shall reasonably be taken into account for the short time of impact.

NOTE 3 Further provisions for the theoretical assessment in the FLS can be given in the National Annex.

Rakenteeseen kohdistuva kuorma sisältää kyseisen onnettomuusrajatilan mukaisen pysyvän ja muuttuvan kuorman ja lisäksi vaurion aiheuttaman ja vaurioitumisen aikana syntyvän dynaamisen iskukuorman.

8 PFLS rajatilan kuormitusyhdistelmän määrittely - 4.3.1(2) huomautus

4.3.1(2) In the PFLS an appropriate load combination should be used.

NOTE The load combination in the PFLS is the accidental load combination according to EN 1990 and CEN/TS 19100-1 unless the National Annex gives different specification.

Käytetään suositusarvoa. Ks. Osan 1 määritelmä PFLS:lle (3.1.10).

9 Murtumisenjälkeinen kestävyys (PFLS) - 4.3.1(3) huomautus

4.3.1(3) Aspects that should be considered for the determination of the time period can originate from the following: time to secure the environment, temporary support, time to replace, time to remove the load etc. The time limited characteristic variable actions may be reduced according to EN 1991-1-6.

NOTE Post fracture time periods in the PFLS can be set by the National Annex.

Lasirakenteen kestävyys murtumisenjälkeisessä kuormitustilanteessa voidaan arvioida seuraavien skenaarioiden perusteella:

- korjataan tai tuetaan välittömästi, kuten katutason ikkuna, tai välitöntä vaaraa aiheuttava kohde, 1 vrk kuluessa
- vauriosta ei välitöntä vaaraa, vaatii korjaus- tai tukemistyön suunnittelun, 2 vko kuluessa
- korjaus- tai tukemistyö vaatii suotuisat olosuhteet (saumausten ja liimausten vaatimukset lämpötilalle ja suhteelliselle kosteudelle, tilavaraukset, kalusto, korvaavien lasirakenteiden toimitus, jne.), rakennuskohteesta ja lasirakenteesta riippuen 2-6 kk kuluessa

Vaihtoehtoisesti tilan käyttöä voidaan rajoittaa tai rikkoutunut lasirakenne voidaan tukea, jos suunnittelija on varmistanut, että sellainen on mahdollista. Jos tilalle on asetettu käyttörajoituksia niin rikkoutuneen lasirakenteen on kestävä vähintään oman painon suuruinen kuorma.

10 Jakautunut kuorma testattaessa - 4.3.2(6) huomautus 1

4.3.2(6) To determine the residual load bearing capacity time the glass component should be loaded by an appropriate load pattern with an appropriate magnitude.

NOTE 1 If the load pattern is a distributed load p , the value of p is 0,5 kPa unless the National Annex gives different values.

Käytetään onnettomuusrajatilan kuormaa PFLS-rajatilassa.

11 Seuraavien lasikerrosten murtuminen - 4.3.2(6) huomautus 2

4.3.2(6) To determine the residual load bearing capacity time the glass component should be loaded by an appropriate load pattern with an appropriate magnitude.

NOTE 2 The National Annex can specify requirements on breakage of further glass plies.

Rikkoutuneella laminoidulla lasirakenteella tarkoitetaan yleensä rakennetta, jossa yksi lasikerros on rikkoutunut. Rikkoutuneella lasipilarilla tarkoitetaan pilaria, jossa on vähintään kolme lasikerrosta ja jonka molemmat ulommat lasikerrokset ovat rikkoutuneet. Rikkoutuneella lasilattiaa laatu tarkoitetaan rakennetta, jossa on vähintään kolme lasikerrosta ja jonka kaksi ylintä lasikerrosta on rikkoutunut.

12 Murtumisen jälkeinen kantokykyaika t_p - 4.3.2(7) huomautus 1

4.3.2(7) The remaining time t_p to occurrence of total failure of the glass component shall meet the requirements, see 4.3.1.

NOTE 1 The value of t_p can be set in the National Annex.

Kantokykyajalla tarkoitetaan tässä aikaa, jonka rakenteen tulee kantaa onnettomuusrajatilan mukainen kuorma murtumisen jälkeen. Ks. kohta 9 (4.3.1(3) HUOM.).

13 Teoreettisen arvioinnin lisäsäätöjen määrittäminen PFLS:ssä - 4.3.3(2) huomautus 3

4.3.3(2) Generally, in case of accessibility, the glass ply directly in contact with actions should be assumed as fractured (e.g. the upper ply of a glass roof or a glass floor).

NOTE 3 Further provisions for the theoretical assessment in the PFLS can be given in the National Annex.

Laskentamallin pitää pystyä arvioimaan rikkoutuneen lasirakenteen kuormankantokyky rikkoutumisen jälkeen. Kuormitusajasta ja ympäristöstä riippuvaiset tekijät, kuten laminointikalvon viruminen ja lämpötilan vaikutus, pitää ottaa huomioon.

14 Taulukon 9.1 käyttörajatilan taipuman raja-arvot - 9(3) huomautus

9(3) For deformation class 2 (see CEN/TS 19100-1:2021, Table 9.1) - SLS, this document gives typical deflection limits depending on application and boundary conditions. Due to the technical circumstances like sealant or edge design the limits may alter. Differences may also arise from different habits of the individual countries.

NOTE Typical values for deflections limits for deformation class 2 of SLS to be used together with the characteristic load combination are given in Table 9.1 (NDP) unless other values or other deflection limitation approaches are given by the National Annex.

Taulukko 9.1 korvataan alla olevalla taulukolla.

CEN/TS 19100-2, taulukko 9.1 - Tyypillisiä muodonmuutosluokan SLS-2 lasirakenteiden taipumarajoja

Lasirakenne	Kuvaus	Taipumaraja
lasilaatta (1k)	itsenäinen monoliittinen tai laminoitu lasilaatta, jatkuva tuki tai pistekiinnitys, keskikohdan tai reunan taipuma	a/100, kuitenkin enintään 25 mm
eristyslasielementti	itsenäinen elementti, jatkuva tuki tai pistemäinen kiinnitys, keskikohdan tai reunan taipuma	a/100, kuitenkin enintään 25 mm
kaidelasilaatta	pistemäisesti tuettu tai neljältä, kolmelta tai kahdelta sivultaan jatkuvasti tuettu	– yleensä: H/100, kuitenkin enintään 25 mm – karkaistulle lasille: H/65, kuitenkin enintään 25 mm
ulokekaidelasi-laatta	alareunastaan tuettu uloke	Lasi käsijohteella – taipuma enintään 30 mm Lasi ilman käsijohdetta – taipuma enintään 30 mm Kaiteen taipuma määritetään kaiteen yläreunan tasolla, kuitenkin enintään 1000 mm korkeudella lattiatasosta. Huomioitava tukirakenteen aiheuttama lisätaipuma.

lattialaatta	kaikilta sivuiltaan jatkuvasti tuettu	L/300, kuitenkin enintään 10 mm
lasipilari	päistään nivelellisesti tuettu ns. tuulipilari, joka toimii seinäelementtien (IGU) tukena	L/300, kuitenkin enintään 20 mm, otettava huomioon myös seinäelementtien (IGU) mekaaniset ja fysikaaliset vaatimukset
lasipalkki	pystykuormia kantava nivelellisesti tuettu palkki	L/300, kuitenkin enintään 20 mm, otettava huomioon myös kattoelementtien (IGU) mekaaniset ja fysikaaliset vaatimukset
a on suorakaiteen muotoisen lasilaatan lyhyin sivumitta H on kaidelasilaatan korkeus L on lasipilarin ja -palkin jännemitta		

15 Taulukon 9.2 lasin reunatuen minimimitat - 9(6) huomautus

9(6) For deformation class 3 - ULS, the actual retained depth of the deformed glass pane inside the edge cover shall be verified accounting for the glass chord shortening due to its deflection and to the tolerances.

NOTE Recommended minimum nominal mechanical edge cover is given in Table 9.2 (NDP) unless the National Annex gives other values.

Taulukko 9.2 korvataan alla olevalla taulukolla.

Taulukko 9.2 - Reunalimitys eli kyntteen ja lasilevyn välisen limityksen vähimmäismitta muodonmuutosluokan ULS-3 rakenteille

Lasirakenne	Määritelmä	Reunalimitys ^{a, b} s mm
Monoliittinen tai laminoitu lasilevy	Pystysuora	12
	Ei-pystysuora	12
Lattia		30
Parvekekaidelasi	4 sivulta jatkuvasti tuettu	12
	2 sivulta jatkuvasti tuettu	15
	1 sivulta jatkuvasti tuettu (kiertymäjäykä alareuna)	70
	pistemäinen klipsikiinnitys	toimittajan ohjeiden mukaan
Eristyslaselementti (IGU)	Pystysuora	12
	Ei-pystysuora ^c	12
^a Ks. kuva 9.1. ^b Vähimmäismittoja käytetään, ellei limityksmitan laskenta johda suurempiin arvoihin. ^c Vain huoltoa varten; muuten ks. lattia.		

Esimerkkilaskelmia esitetään tämän asiakirjan liitteissä 1 ja 2.

Reunalimityksellä tarkoitetaan lasin tukipintaa ympäröivään rakenteeseen.

16 Pistekiinnityksen lisäsäännöt - 10.3.2(12) huomautus

10.3.2(12) A point fixing system should be analysed in view of both the glass and the fitting assembled together, taking into account the effective structural system, the stiffness of the fitting, its interface with the glass, the glass combination and the application of forces to both the glass and the fitting. All sectional forces including internal moments should be verified.

NOTE The National Annex can give further rules on materials of point fixings.

Rakennesuunnittelussa on otettava huomioon liitoksessa käytettyjen materiaalien mekaaniset ominaisuudet ja mittavaihtelun. Liitokseen syntyvät primaariset ja sekundaariset jännitykset otetaan huomioon. Käytettyjen materiaalien pitää säilyttää ominaisuutensa ja niiden tulee olla mekaanisesti ja kemiallisesti yhteensopivia ottaen huomioon käyttöolosuhteet ja suunniteltu käyttöikä. Komponentit pitää mahdollisuuksien mukaan pystyä vaihtamaan. Liitoksen suunnittelu, huomioiden pitkäaikaiskestävyys, voidaan tehdä laskennallisesti tai kokeellisesti.

17 Klipsikiinnityksen lisäsäännöt - 10.3.3(3) huomautus

10.3.3(3) The glass bite shall be calculated taking manufacturing and assembly tolerances into account, as well as the deformation condition in ULS. The sum of the chord contraction (chord shortening) occurring on both sides should be ascribed to just one single side only.

NOTE The National Annex can give further specifications on point supported glass components with clamps at edges or at the corners.

Ks. kohta 16.

18 Ulukkeellisten lasikomponenttien lisäsäännöt - 10.4(3) huomautus 2

10.4(3) Generally, laminated safety glass should be used. In specific cases, e.g. for fire safety, other glass material may be used.

NOTE 2 The National Annex can give further specification for cantilevered glass components.

Ks. kohta 16.

19 Opastava liite A

Determination of the effective thickness according the enhanced effective thickness approach (EET)

Otetaan käyttöön sellaisenaan.

HUOM. Julkaisun CEN/TS 19100-2 liitteen A laskentaesimerkit eivät vastaa hyötykuormien kansallisessa liitteessä (YM:n asetus 4/16) pistekuormalle esitettyä kuormitusalaä eikä esimerkiksi kahdelta sivulta tuetun lasilaatan reunaan kohdistuvaa pistekuormaa.

20 Opastava liite B

Verification of the natural frequency of the glass component

Otetaan käyttöön sellaisenaan.

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma float 66.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite

Lasilaatan kyntesyvyys

Laatan taipuma ja laatan reunan liukuma murtorajatilassa ja onnettomuusrajatilassa
Esimerkkilaskelma, ala- ja yläreunastaan jatkuvasti tuettu

Laminoitu float kaidelasilaatta 66.2, kaiteen korkeus 1450 mm

Lasin mekaaniset ominaisuudet

Lasin kimmokerroin

$$E := 70 \text{ GPa}$$

Lasilaatan mitat

kaide-elementin korkeus

$$H := 1450 \text{ mm}$$

Lasilaatan pituuden vähennys yläreunassa

$$h_{yläv} := 25 \text{ mm}$$

Lasilaatan pituuden vähennys alareunassa

$$h_{alav} := 12 \text{ mm}$$

Lasilaatan minimitukileveys

$$L_j := 5 \text{ mm}$$

Lasilaatan reunan pyöristys

$$r_{reuna} := 2 \text{ mm}$$

Lasilaatan kyntteen reunan pyöristys (Al profiili)

$$r_{Al} := 0.5 \text{ mm}$$

laminoitujen float lasilaatan lasikerrosten paksuudet

$$h_1 := 6 \text{ mm} \quad h_2 := 6 \text{ mm}$$

Lasilaatan mittavaihtelu määritetään tapauskohtaisesti. Tässä esimerkissä valittu

Laminoitujen lasilaatan korkeustoleranssi (-)

$$u_{lasilaatta} := -2 \text{ mm}$$

Lasilaatan asennustoleranssi (-)

$$u_{asenmus} := -2 \text{ mm}$$

Lasilaatan kuormat

tuulikuorma, ominaisarvo

$$q_{tuuli.k} := 0.6 \text{ kPa}$$

vaakasuuntainen viivakuorma, ominaisarvo

$$q_{viiva.k} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kuormien osavarmuuskertoimet

Toleranssien osavarmuuskertoimen arvoksi murtorajatilassa on tähän laskelmaan valittu 1.4.

Tarkennetaan Lasirakenteiden Eurokoodin kansallisissa ohjeissa.

Onnettomuusrajatilassa toleranssien ja kuorman osavarmuuskertoimet saavat arvon 1.0.

$$\gamma_{G.tol.ULS} := 1.4 \quad \gamma_{F.ULS} := 1.5$$

Lasilaatan taipuma käyttörajatilassa, tuulikuorma ja vaakasuuntainen viivakuorma

lasilaatan jäyhyysmomentti, $\omega = 0$

$$I_{Laatta} := \frac{1}{12} \cdot (h_1^3 + h_2^3) = 36000 \frac{\text{mm}^4}{\text{m}}$$

lasilaatan korkeus

$$H_{lasilaatta} := H - h_{yläv} - h_{alav} = 1413 \text{ mm}$$

Tuulikuorman aiheuttama taipuma ja suhteellinen taipuma käyttörajatilassa SLS

$$w_{tuuli.SLS} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{tuuli.k} \cdot H_{lasilaatta}^4}{E \cdot I_{Laatta}} = 12.36 \text{ mm}$$

$$< \frac{H_{lasilaatta}}{100} = 14.13 \text{ mm} \quad \text{ok} \quad \text{viite TS 19100-2 Taulukko 9.1}$$

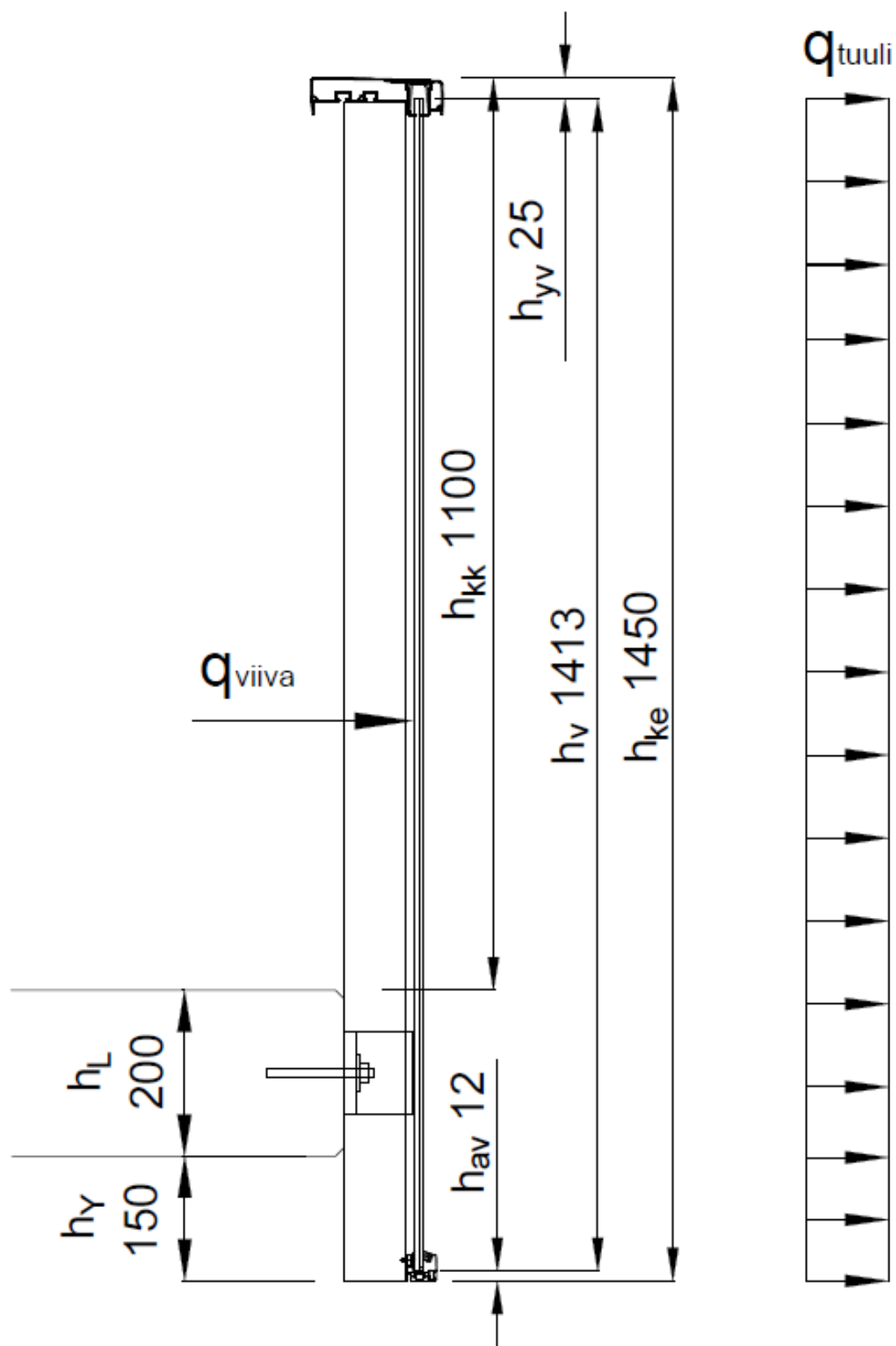
Vaakasuuntaisen viivakuorman aiheuttama taipuma ja suhteellinen taipuma käyttörajatilassa SLS

$$w_{viiva.SLS} := \frac{1}{48} \cdot \frac{q_{viiva.k} \cdot H_{lasilaatta}^3}{E \cdot I_{Laatta}} = 11.66 \text{ mm}$$

$$< \frac{H_{lasilaatta}}{100} = 14.13 \text{ mm} \quad \text{ok} \quad \text{viite TS 19100-2 Taulukko 9.1}$$

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma float 66.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite



Kuva 1. Esimerkkilaskelmassa käytetty lasirakenne

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma float 66.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite

Lasilaatan taipumasta aiheutuva yläpään lyhenemä murtorajatilassa, kuormana tuulikuorma ja vaakasuuntainen viivakuorma

$$w_{tuuli.ULS} := \frac{5}{384} \cdot \frac{\gamma_{F.ULS} \cdot q_{tuuli.k} \cdot H_{lasilaatta}^4}{E \cdot I_{Laatta}} = 18.54 \text{ mm}$$

tuulikuorman aiheuttama lasilaatan taipuma murtorajatilassa, ULS lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

$$dH_{tuuli.ULS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{tuuli.ULS}^2}{H_{lasilaatta}} = 0.649 \text{ mm}$$

Tuulikuorman aiheuttama lasilaatan yläpään lyheneminen murtorajatilassa ULS **Mitoitusperiaate**, ks FprCEN / TS 19100-1, kohta 9, taulukko 9.1.

$$u_{kynte.vaadittu.ULS} = L_j + r_{reuna} + r_{Al} + \gamma_{G.tol.ULS} u_{tol} + \gamma_F u_F \leq u_{kynte.tod}$$

Laskentamallin geometrisen epälineaarisuuden vuoksi kuorman osavarmuuskerroin on mukana jo lyhenemän dH määrittämistä varten lasketussa taipuman w arvossa.

$$u_{tuuli.ULS} := \gamma_{G.tol.ULS} \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asenmus}|) + dH_{tuuli.ULS} = 6.249 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, **tuulikuorma**, ULS

$$s_{vaad.tuuli.ULS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{tuuli.ULS} = 13.75 \text{ mm}$$

Vaakasuuntaisen viivakuorman vaikutus

$$w_{viiva.ULS} := \frac{1}{48} \cdot \frac{\gamma_{F.ULS} \cdot q_{viiva.k} \cdot H_{lasilaatta}^3}{E \cdot I_{Laatta}} = 17.49 \text{ mm}$$

viivakuorman aiheuttama lasilaatan taipuma murtorajatilassa, ULS lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

$$dH_{viiva.ULS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{viiva.ULS}^2}{H_{lasilaatta}} = 0.577 \text{ mm}$$

Vaakasuuntaisen viivakuorman aiheuttama lasilaatan yläpään lyheneminen, ULS

$$u_{viiva.ULS} := \gamma_{G.tol.ULS} \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asenmus}|) + dH_{viiva.ULS} = 6.18 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, **viivakuorma**, ULS

$$s_{vaad.viiva.ULS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{viiva.ULS} = 13.68 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys murtorajatilassa ULS

$$s_{vaad.ULS} := \max(s_{vaad.tuuli.ULS}, s_{vaad.viiva.ULS}) = 13.7 \text{ mm}$$

< 15 mm, ok

viite TS 19100-2 Taulukko 9.2

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma float 66.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite

Lasilaatan taipumasta aiheutuva yläpään lyhenemä onnettomuusrajatilassa, kuormana tuulikuorma ja vaakasuuntainen viivakuorma

Tässä laskelmassa onnettomuushetkellä vaikuttava muuttuva kuorma ja onnettomuuden aiheuttama ja onnettomuuden aikana syntyvä ajasta riippuva (iskumainen) kuorma on korvattu tuulikuorman ja viivakuorman ominaisarvoilla, jotka oletetaan vastaaviksi staattisiksi korvauskuormiksi (= staattinen kuorma + dynaaminen kuorma).

ehjäksi jäänyt lasikerros, lasilaatan jäyhyyshmomentti onnettomuusrajatilassa, $\omega = 0$

$$I_{ALS} := \frac{1}{12} \cdot h_1^3 = 18000 \frac{mm^4}{m}$$

$$w_{tuuli.ALS} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{tuuli.k} \cdot H_{lasilaatta}^4}{E \cdot I_{ALS}} = 24.717 \text{ mm}$$

tuulikuorman aiheuttama taipuma onnettomuusrajatilassa ALS

$$dH_{tuuli.ALS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{tuuli.ALS}^2}{H_{lasilaatta}} = 1.153 \text{ mm}$$

lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

Tuulikuorman aiheuttama lasilaatan yläpään liukuminen, ALS (accidental limit state)

$$u_{tuuli.ALS} := 1.0 \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asenmus}|) + dH_{tuuli.ALS} = 5.15 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, tuulikuorma, ALS

$$s_{vaad.tuuli.ALS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{tuuli.ALS} = 12.65 \text{ mm}$$

$$w_{viiva.ALS} := \frac{1}{48} \cdot \frac{q_{viiva.k} \cdot H_{lasilaatta}^3}{E \cdot I_{ALS}} = 23.32 \text{ mm}$$

vaakasuuntaisen viivakuorman aiheuttama taipuma onnettomuusrajatilassa ALS

$$dH_{viiva.ALS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{viiva.ALS}^2}{H_{lasilaatta}} = 1.027 \text{ mm}$$

lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

Vaakasuuntaisen viivakuorman aiheuttama lasilaatan pään liukuminen, ALS

$$u_{viiva.ALS} := 1.0 \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asenmus}|) + dH_{viiva.ALS} = 5.03 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, viivakuorma, ALS

$$s_{vaad.viiva.ALS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{viiva.ALS} = 12.53 \text{ mm}$$

Lasilaatan vaadittu kyntesyvyys

$$s_{vaad} := \max(s_{vaad.tuuli.ULS}, s_{vaad.viiva.ULS}, s_{vaad.tuuli.ALS}, s_{vaad.viiva.ALS}) = 13.75 \text{ mm}$$

< 15 mm, ok

viite TS 19100-2 Taulukko 9.2

kyntesyvyudeksi valitaan 15 mm

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma karkaistu 55.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite

Lasilaatan kyntesyvyys

Laatan taipuma ja laatan reunan liukuma murtorajatilassa ja onnettomuusrajatilassa
Esimerkkilaskelma, ala- ja yläreunastaan jatkuvasti tuettu

Laminoitu karkaistu kaidelasilaatta 55.2, kaiteen korkeus 1450 mm

Lasin mekaaniset ominaisuudet

Lasin kimmokerroin $E := 70 \text{ GPa}$

Lasilaatan mitat

kaide-elementin korkeus $H := 1450 \text{ mm}$
 Lasilaatan pituuden vähennys yläreunassa $h_{yläv} := 25 \text{ mm}$
 Lasilaatan pituuden vähennys alareunassa $h_{alav} := 12 \text{ mm}$
 Lasilaatan minimitukileveys $L_j := 5 \text{ mm}$
 Lasilaatan reunan pyöristys $r_{reuna} := 2 \text{ mm}$
 Lasilaatan kyntteen reunan pyöristys (Al profiili) $r_{Al} := 0.5 \text{ mm}$
 laminoitujen karkaistun lasilaatan lasikerrosten paksuudet $h_1 := 5 \text{ mm}$ $h_2 := 5 \text{ mm}$

Lasilaatan mittavaihtelu

Laminoitujen lasilaatan korkeustoleranssi (-) $u_{lasilaatta} := -2 \text{ mm}$
 Lasilaatan asennustoleranssi (-) $u_{asennus} := -2 \text{ mm}$

Lasilaatan kuormat

tuulikuorma, ominaisarvo $q_{tuuli.k} := 0.6 \text{ kPa}$
 vaakasuuntainen viivakuorma, ominaisarvo $q_{viiva.k} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Kuormien osavarmuuskertoimet

Toleranssien osavarmuuskertoimen arvoksi murtorajatilassa on tähän laskelmaan valittu 1.4.
Tarkennetaan lasirakenteiden Eurokoodin kansallisissa oheissa.

Onnettomuusrajatilassa toleranssien ja kuorman osavarmuuskertoimet saavat arvon 1.0.

$$\gamma_{G.tol.ULS} := 1.4 \quad \gamma_F := 1.5$$

Lasilaatan taipuma käyttörajatilassa, tuulikuorma ja vaakasuuntainen viivakuorma

lasilaatan jäyhyysmomentti, $\omega = 0$ $I_{ULS} := \frac{1}{12} \cdot (h_1^3 + h_2^3) = 20833.33 \frac{\text{mm}^4}{\text{m}}$

lasilaatan korkeus $H_{lasilaatta} := H - h_{yläv} - h_{alav} = 1413 \text{ mm}$

Tuulikuorman aiheuttama taipuma ja suhteellinen taipuma, käyttörajatila SLS

$$w_{tuuli.SLS} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{tuuli.k} \cdot H_{lasilaatta}^4}{E \cdot I_{ULS}} = 21.355 \text{ mm}$$

$$< \frac{H_{lasilaatta}}{65} = 21.738 \text{ mm} \quad \text{ok} \quad \text{viite TS 19100-2 Taulukko 9.1}$$

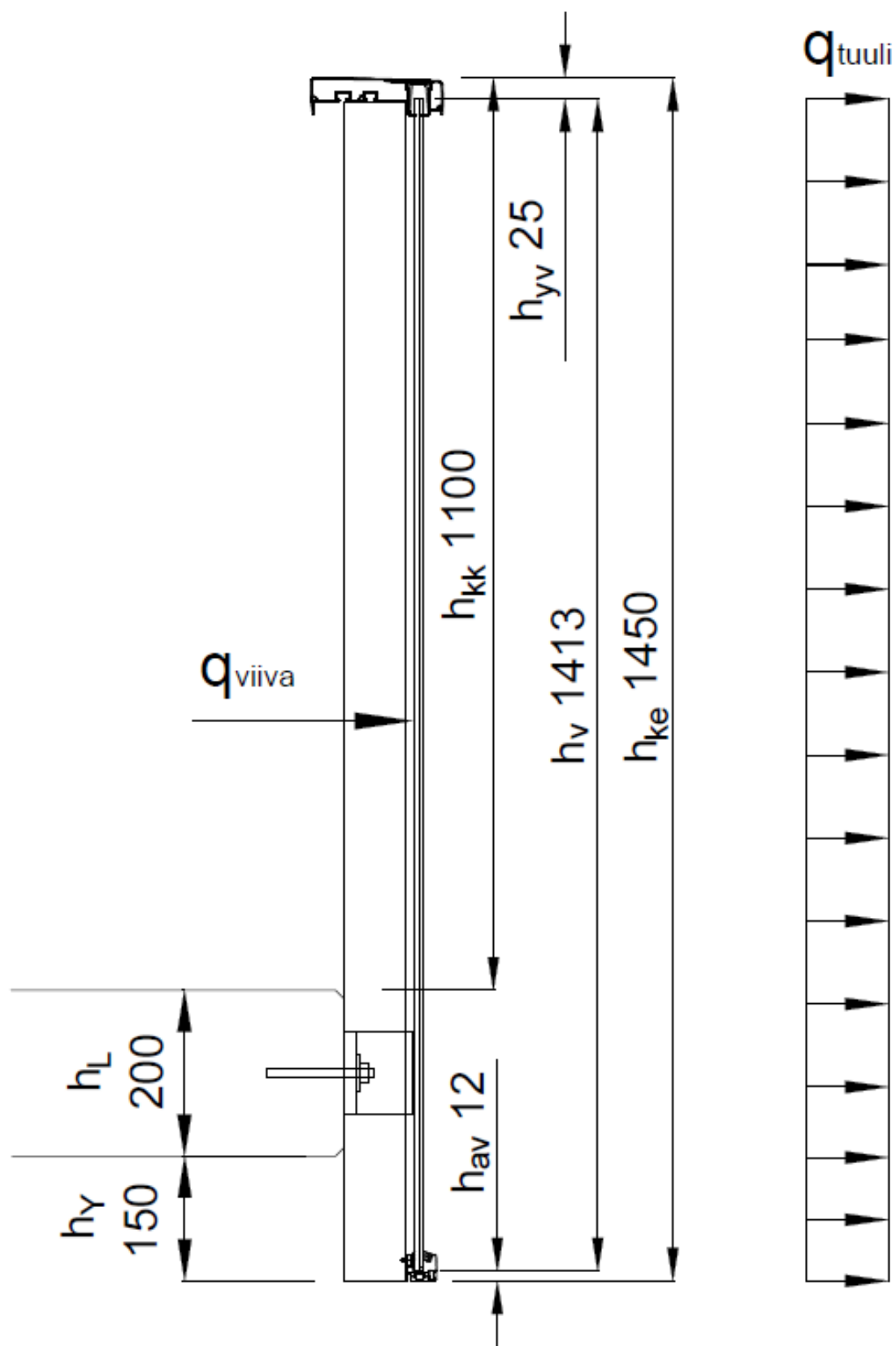
Vaakasuuntaisen viivakuorman aiheuttama taipuma ja suhteellinen taipuma, käyttörajatila SLS

$$w_{viiva.SLS} := \frac{1}{48} \cdot \frac{q_{viiva.k} \cdot H_{lasilaatta}^3}{E \cdot I_{ULS}} = 20.151 \text{ mm}$$

$$< \frac{H_{lasilaatta}}{65} = 21.738 \text{ mm} \quad \text{ok} \quad \text{viite TS 19100-2 Taulukko 9.1}$$

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma karkaistu 55.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite



Kuva 1. Esimerkkilaskelmassa käytetty lasirakenne

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma karkaistu 55.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite

Lasilaatan taipumasta aiheutuva yläpään lyhenemä murtorajatilassa (ULS), kuormana tuulikuorma ja vaakasuuntainen viivakuorma

$$w_{tuuli.ULS} := \frac{5}{384} \cdot \frac{\gamma_F \cdot q_{tuuli.k} \cdot H_{lasilaatta}^4}{E \cdot I_{ULS}} = 32.033 \text{ mm}$$

$$dH_{tuuli.ULS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{tuuli.ULS}^2}{H_{lasilaatta}} = 1.936 \text{ mm}$$

tuulikuorman aiheuttama lasilaatan taipuma murtorajatilassa, ULS lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

Tuulikuorman aiheuttama lasilaatan pään lyheneminen murtorajatilassa, ULS
Mitoitusperiaate, ks. FprCEN / TS 19100-1, kohta 9, taulukko 9.1.

$$u_{kynte.vaadittu.ULS} = L_j + r_{reuna} + r_{Al} + \gamma_{G.tol.ULS} u_{tol} + \gamma_F u_F \leq u_{kynte.tod}$$

Laskentamallin geometrisen epälineaarisuuden vuoksi kuorman osavarmuuskerroin on mukana jo lyhenemän dH määrittämistä varten lasketussa taipuman w arvossa.

$$u_{tuuli.ULS} := \gamma_{G.tol.ULS} \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asenmus}|) + dH_{tuuli.ULS} = 7.54 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, **tuulikuorma**, ULS

$$s_{vaad.tuuli.ULS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{tuuli.ULS} = 15.04 \text{ mm}$$

Vaakasuuntaisen viivakuorman vaikutus

$$w_{viiva.ULS} := \frac{1}{48} \cdot \frac{\gamma_F \cdot q_{viiva.k} \cdot H_{lasilaatta}^3}{E \cdot I_{ULS}} = 30.227 \text{ mm}$$

$$dH_{viiva.ULS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{viiva.ULS}^2}{H_{lasilaatta}} = 1.724 \text{ mm}$$

viivakuorman aiheuttama lasilaatan taipuma murtorajatilassa, ULS lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

Vaakasuuntaisen viivakuorman aiheuttama lasilaatan pään liukuminen, ULS

$$u_{viiva.ULS} := \gamma_{G.tol.ULS} \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asenmus}|) + dH_{viiva.ULS} = 7.32 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, **viivakuorma**, ULS

$$s_{vaad.viiva.ULS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{viiva.ULS} = 14.82 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys murtorajatilassa ULS

$$s_{vaad.ULS} := \max(s_{vaad.tuuli.ULS}, s_{vaad.viiva.ULS}) = 15 \text{ mm} \quad = 15 \text{ mm, ok}$$

viite TS 19100-2 Taulukko 9.2

Lasilaatan pään lyhenemä, esimerkkilaskelma karkaistu 55.2

Cen/TS 19100-1:2021 Table 9.1 ja Cen/TS 19100-2:2021 Table 9.1 ja 9.2 Kansallinen liite

Lasilaatan taipumasta aiheutuva yläpään lyhenemä onnettomuusrajatilassa, tuulikuorma ja vaakasuuntainen viivakuorma

Tässä laskelmassa onnettomuushetkellä vaikuttava muuttuva kuorma ja onnettomuuden aiheuttama ja onnettomuuden aikana syntyvä ajasta riippuva (iskumainen) kuorma on korvattu tuulikuorman ja viivakuorman ominaisarvoilla, jotka oletetaan vastaaviksi staattisiksi korvauskuormiksi (= staattinen kuorma + dynaaminen kuorma).

ehjäksi jäänyt lasikerros, $I_{ALS} := \frac{1}{12} \cdot h_1^3 = 10416.67 \frac{mm^4}{m}$
lasilaatan jäyhyyshmomentti, $\omega = 0$

$$w_{tuuli.ALS} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{tuuli.k} \cdot H_{lasilaatta}^4}{E \cdot I_{ALS}} = 42.71 \text{ mm}$$

tuulikuorman aiheuttama lasilaatan taipuma murtorajatilassa, ULS lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

$$dH_{tuuli.ALS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{tuuli.ALS}^2}{H_{lasilaatta}} = 3.443 \text{ mm}$$

Tuulikuorman aiheuttama lasilaatan yläpään liukuminen, ALS (accidental limit state)

$$u_{tuuli.ALS} := 1.0 \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asennus}|) + dH_{tuuli.ALS} = 7.44 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, tuulikuorma, ALS

$$s_{vaad.tuuli.ALS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{tuuli.ALS} = 14.94 \text{ mm}$$

Vaakasuuntaisen viivakuorman vaikutus

$$w_{viiva.ALS} := \frac{1}{48} \cdot \frac{q_{viiva.k} \cdot H_{lasilaatta}^3}{E \cdot I_{ALS}} = 40.3 \text{ mm}$$

viivakuorman aiheuttama lasilaatan taipuma murtorajatilassa, ULS lasilaatan yläpään lyhenemä, likimääräinen lauseke

$$dH_{viiva.ALS} := \frac{8}{3} \cdot \frac{w_{viiva.ALS}^2}{H_{lasilaatta}} = 3.065 \text{ mm}$$

Vaakasuuntaisen viivakuorman aiheuttama lasilaatan pään liukuminen, ALS

$$u_{viiva.ALS} := 1.0 \cdot (|u_{lasilaatta} + u_{asennus}|) + dH_{viiva.ALS} = 7.07 \text{ mm}$$

Vaadittu kyntesyvyys, viivakuorma, ALS

$$s_{vaad.viiva.ALS} := L_j + r_{reuna} + r_{Al} + u_{viiva.ALS} = 14.57 \text{ mm}$$

Lasilaatan vaadittu kyntesyvyys

$$s_{vaad} := \max(s_{vaad.tuuli.ULS}, s_{vaad.viiva.ULS}, s_{vaad.tuuli.ALS}, s_{vaad.viiva.ALS}) = 15 \text{ mm}$$

= 15 mm, ok

viite TS 19100-2 Taulukko 9.2

kyntesyvyudeksi valitaan 15 mm