

TL2160 – glaspaneel 1200*1250 mm bij [0.5 kN/m | 1.0 kN]

statische berekening glaspaneel

4018-20005-TL2160-003 rev. A



TL2160 – glaspaneel 1200*1250 mm bij [0.5 kN/m | 1.0 kN]

4018-20005-TL2160-003 rev. A

statische berekening glaspaneel

Opdrachtgever:

ONLEVEL GmbH

Budberger Straße 5
46446 Emmerich am Rhein

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2020-03-17	WG	



ing. W.L.G van de Gaar

ADVIESBUREAU BREKELMANS

ingenieurs voor bouwconstructies
wilhelminasingel 102
6221 BL maastricht
tel. +31 (0)43 3254637
e-mail info@adviesbureau-brekelmans.nl



Inhoud

1	Van toepassing zijnde normen	3
2	Omschrijving	3
3	Uitgangspunten berekening	4
3.1	Gevolgklasse - belastingfactoren	4
3.2	Belastingen	4
3.2.1	Belasting door personen/meubilair	4
3.2.2	Windbelasting	4
3.3	Materialen	5
3.3.1	TL2160 adapter	5
3.3.2	Glas (thermisch gehard)	5
4	Berekening enkel glaspaneel bij een fictieve dikte van 10 mm	8
5	Berekening glaspanelen met doorgaande handregel	12
6	Berekening glaspanelen met doorgaande handregel & reststerkte	14
7	Toetsing TL2160 adapter	16
8	Toetsing glassamenstellingen	17
8.1	Glas 10104 thermisch gehard	17
8.2	Glas 12124 thermisch gehard	17
9	Conclusie	18

1 Van toepassing zijnde normen

De berekening is gebaseerd op de Eurocodes, in het bijzonder:

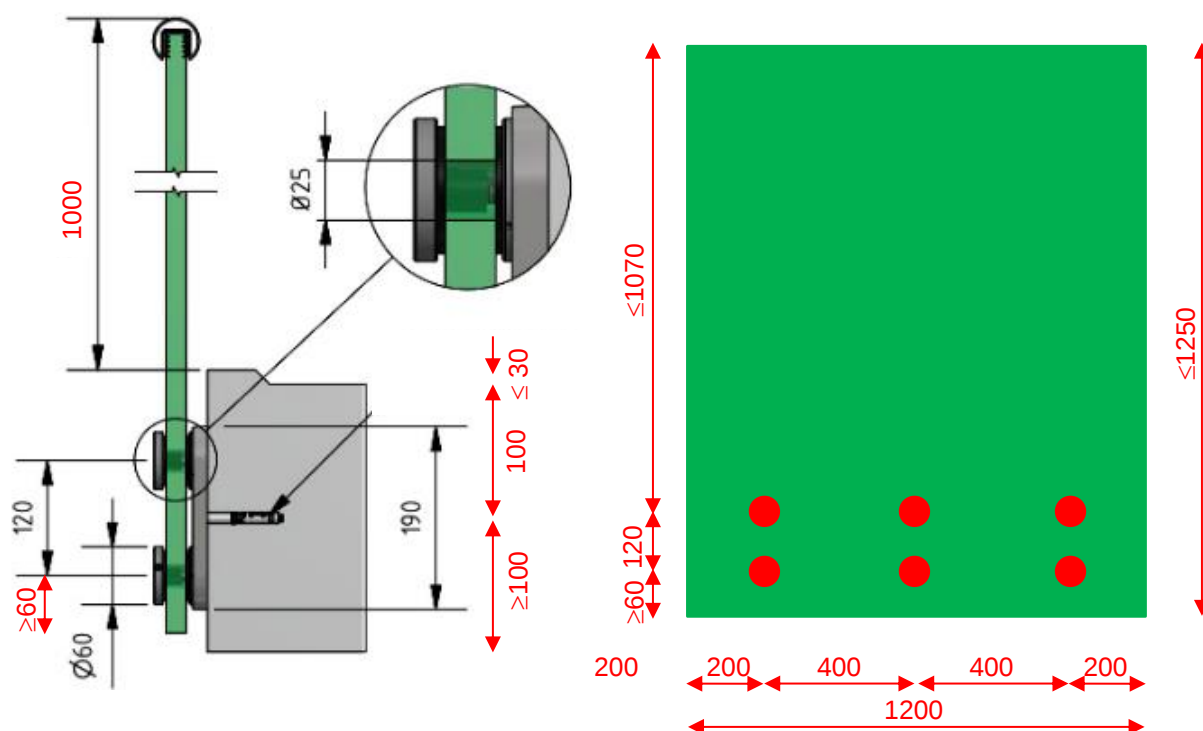
NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: algemeen
NEN-EN 1993-1-4:2011	aanvullende regels voor corrosie-vaste staalsoorten
NEN-EN 1993-1-8:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: verbindingen
NEN 2608:2014	vlakglas voor gebouwen – eisen en bepalingsmethoden

Bij deze normen is consequent de Nederlandse nationale bijlage (NB) gebruikt.

2 Omschrijving

In dit rapport is een glaspaneel van 1200*1250 mm berekend bij [0,5 kN/m | 1,0 kN] belasting.

Voor de berekening van de capaciteit van de TL2160 adapter wordt verwezen naar rapport 4018-20005-TL2160-001.



Mogelijke glassamenstellingen:

- 10104 en 12124 thermisch gehard veiligheidsglas voldoet alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel
- De TL2160 adapters voldoen alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel

De doorgaande handregel moet op uiteinden/hoeken gekoppeld zijn aan de aansluitende bouwconstructie. Handregel minimaal aluminium U26*23*2.

Eventuele onderbrekingen in de handregel midden boven glaspaneel aanbrengen.



3 Uitgangspunten berekening

3.1 Gevolgklasse - belastingfactoren

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)

Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:

Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1.2$ $\gamma_Q = 1.50$

3.2 Belastingen

3.2.1 Belasting door personen/meubilair

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
niet-gemeenschappelijke ruimten met een woonfunctie (appartementen/woningen):

lijnlast	$q_{rep} = 0.5 \text{ kN/m}$	(1min = 60 sec)	zone a	
geconcentreerde belasting	$F_{rep} = 1.0 \text{ kN}$	(1min = 60 sec)	zone a	
	$F_{rep} = 0.5 \text{ kN}$	(10 sec)	zone b	- niet maatgevend
	$F_{rep} = 0.3 \text{ kN}$	(24h = 86400 sec)	zone a+b	- niet maatgevend

3.2.2 Windbelasting

n.v.t.



3.3 Materialen

3.3.1 TL2160 adapter

Voor de dubbele punthouder en benodigde boorankers, zie rapport 4018-20005-TL2160-001.
De capaciteit van de punthouder is bij de in dit rapport vermelde boorankers: $F_{tRd} = 5.0 \text{ kN}$

3.3.2 Glas (thermisch gehard)

REKENWAARDE BUIGTREKSTERKTE GLAS vlg. 8.3 van NEN 2608

"NEN2608:2014 Glasberekening" ©WG versie 1.10

Materiaal 5. Floatglas – thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 12150-1 en 'heat soaked' thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 14179-1

$$f_{mt;u;d} = \frac{k_e \times k_a \times k_{mod} \times k_{sp} \times f_{g;k}}{\gamma_{m,A}} + \frac{k_e \times k_z \times (f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k})}{\gamma_{m,V}} \quad \text{verg. (7)}$$

$f_{mt;u;d}$ N/mm² rekenwaarde buigtreksterkte (niet-)voorgespannen glas
loodrecht op vlak belast

$k_e = 1,00$ factor randkwaliteit van de ruit vlg. 8.3.3(2) tabel 4

$k_a = 1,037$ 1,000 factor voor het oppervlakte-effect vlg. 8.3.3: (3) - lijn- en geconc. last / (5) overige situaties

$k_{mod} = \left(\frac{5}{t}\right)^{\frac{1}{c}}$, waarbij $0,25 \leq k_{mod} \leq 1$ difficatiefactor afh. belastingduur en referentieperiode volgens 8.3.3(4)

$k_{sp} = 1,00$ factor voor de oppervlaktestructuur van de ruit vlg. 8.3.3(1) tabel 3

$f_{g;k} = 45,0 \text{ N/mm}^2$ karakteristieke waarde buigtreksterkte van glas

$\gamma_{m,A} = 1,8$ 1,6 materiaalfactor van glas (1,6 als wind of isoch.druk overheersende v.b.; 1,8 voor overige situaties)

$k_z = 0,9$ 1,0 factor voor de zone van de ruit vlg. 8.3.3(7) tabel 6: rand (zone 2) en rond gat (zone 4) | midden (zone 1)

$f_{b;k} = 120,0 \text{ N/mm}^2$ karakteristieke waarde buigtreksterkte van voorgespannen glas vlg. tabel 2

$f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k} = 75,0 \text{ N/mm}^2$ karakteristieke waarde buigtreksterkte van voorgespannen glas vlg. tabel 2

$\gamma_{m,V} = 1,2$ materiaalfactor van de voorspanning van voorgespannen glas

$c = 16$ corrosieconstante vlg. tabel 5 (overige situaties)

Rekenwaarde buigtreksterkte gerelateerd aan belastingduur

t	k _{mod}	k _a	aandeel			f _{mt;u;d}	
			midden	rand		midden zone 1	rand/gat zone 2+4
sec			niet-voorg.	oorgespannen	gespannen	N/mm ²	N/mm ²
5	1,00	1,000	28,1	62,5	56,3	90,6	84,4 wind
10	0,96	1,037	24,8	62,5	56,3	87,3	81,1
60	0,86	1,037	22,2	62,5	56,3	84,7	78,4 lijn- en geconc. last bij woon/cel/logies-functie (A+B)
300	0,77	1,037	20,1	62,5	56,3	82,6	76,3 lijn- en geconc. last bij overige functies (C+D)
86400	0,54	1,037	14,1	62,5	56,3	76,6	70,3 24 uur - lijn- en geconc. last bij woon/cel/logies-functie (A+B)
604800	0,48	1,000	12,0	62,5	56,3	74,5	68,3 7*24 uur - lijn- en geconc. last bij overige functies (C+D)

Elasticiteitsmodulus en poissongetal glas:

$E_g = 70000 \text{ N/mm}^2$
 $\nu_g = 0,23$



TL2160 – glaspaneel 1200*1250 mm bij [0.5 kN/m | 1.0 kN]
[4018-20005-TL2160-003 rev. A] blad 6

Glas 10104

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:
Glasopbouw met standaard PVB folie "NEN2608:2014 Glasberekening" ©WG versie 1.10

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tw
tpl;1	10	9,7	4	1,52
tpl;2	10	9,7	0	0
tpl;3	0	0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

t = 60 sec = belastingduur vlg. bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelfactor vlg. bijlage C:

standaard PVB-folie volgens tabel C.1

C1 =	20,7
C2 =	91,1
To =	20 gr C
Go =	471 N/mm ²
Goo =	0,05 N/mm ²
v _{PVB} =	0,50
Tg =	17 gr C = temperatuur van het glas tijdens belasten

Berekening glijdingsmodulus tussenlaag Gtl van standaard PVB-folie vlg. C.2 met WLF-constanten vlg. table C.1:

i	Gi/Go	Tref;i	TT;i	(Gi/Go)*e ^[-t/(TT;i)]
1	0,1606000	3,255700E-11	1,650157E-10	0,000000E+00
2	0,0787770	4,941000E-09	2,504354E-08	0,000000E+00
3	0,2912000	7,242700E-08	3,670974E-07	0,000000E+00
4	0,0711550	9,863500E-06	4,999331E-05	0,000000E+00
5	0,2688000	2,805900E-03	1,422175E-02	0,000000E+00
6	0,0895860	1,644100E-01	8,333147E-01	4,812143E-33
7	0,0301830	2,264800E+00	1,147917E+01	1,620942E-04
8	0,0076056	3,536400E+01	1,792430E+02	5,441984E-03
9	0,0009634	9,367500E+03	4,747932E+04	9,621833E-04
10	0,0004059	6,414100E+05	3,250997E+06	4,058925E-04
11	0,0006143	4,134700E+07	2,095679E+08	6,142998E-04
				7,586454E-03

→ Gtl = 3,62
E_{PVB} [N/mm²] = 10,87

De berekening van de mate van samenwerking is afgeleid van de vormfactoren voor tweezijdig opgelegde ruiten vlg. C.4.2.

Daarbij wordt voor de overspanningslengte 2 x de lengte van de uitkraging aangehouden.

Verschil wordt gemaakt tussen de mate van samenwerking in UGT en BGT:

UGT = i.v.m. de spanningsconcentraties langs de inklemming wordt voor de berekening van lo aangehouden: lo = 2*H_{ink;rek}

BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: lo = 2*H_{balustrade}

glasafmeting:

B =	1000 mm	BGT: lo = 2*H _{balustrade} =	2000 mm
H _{balustrade} =	1000 mm	UGT: lo = 2*H _{insteek} =	420 mm
H _{ink;rek} =	210 mm		

(H_{ink;rek} en H_{1(ink;rek)} gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalculeerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastafmeting:

B1 =	1000 mm	BGT: z =	550 mm
H1 =	100 mm	UGT: z =	605 mm
H _{1(ink;rek)} =	210 mm		

BGT	Lw =	0,919	LA =	2000 mm
UGT	Lσ =	1,500	LA =	420 mm
	X =	14,74	{(vlg. form. C.4a):	14,74
			(vlg. form. C.4b):	14,74 }

glas Eg = 70000 N/mm² vg = 0,23

Berekening koppelfactoren:

BGT:	β =	0,371	ω _w =	0,712 (doorbuiging)
UGT:	β =	8,415	ω _s =	0,151 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:

Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)

t_{gg;ser} = 17,89 mm t_{gg;ser} = 17,89 mm (doorbuiging)

Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)

Σtpl;i =	19,4 mm		
tpl;i	tm;i	tgg;i;u	
9,7	4,85	15,42	
9,7	4,85	15,42	
0	0		

→ t_{gg;u} = MIN(t_{gg;i;u}) = 15,42 mm (spanning)

Voor de berekening van de doorbuiging aan bovenzijde balustrade wordt gerekend met t_{gg;ser} = 17,89 mm
De grootste spanningen treden op rond de gaten bij de punthouder (zone 4). In dit gebied is de koppeling d.m.v. de interlayer nihil.

Derhalve wordt gerekend met ω_σ = 0

→ t_{gg;u} = √(9.7²+9.7²) = 13.72 mm



Glas 12124

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:
Glasopbouw met standaard PVB folie "NEN2608:2014 Glasberekening" ©W/G versie 1.10

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpl,i	aantal lagen folie	tv
tpl;1	12	11,7	4	1,52
tpl;2	12	11,7	0	0
tpl;3	0	0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

t = 60 sec = belastingduur vgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:

standaard PVB-folie volgens tabel C.1

C1 =	20,7
C2 =	91,1
To =	20 gr C
Go =	471 N/mm ²
Goo =	0,05 N/mm ²
V _{PVB} =	0,50
Tg =	17 gr C = temperatuur van het glas tijdens belasten

Berekening glijdingsmodulus tussenlaag Gtl van standaard PVB-folie vlg. C.2 met WLF-constanten vlg. table C.1:

i	Gi/Go	Tref,i	TT,i	(Gi/Go)*e ^{-(t/TT,i)}
1	0,1606000	3,255700E-11	1,650157E-10	0,000000E+00
2	0,0787770	4,941000E-09	2,504354E-08	0,000000E+00
3	0,2912000	7,242700E-08	3,670974E-07	0,000000E+00
4	0,0711550	9,863500E-06	4,999331E-05	0,000000E+00
5	0,2688000	2,805900E-03	1,422175E-02	0,000000E+00
6	0,0895860	1,644100E-01	8,333147E-01	4,812143E-33
7	0,0301830	2,264800E+00	1,147917E+01	1,620942E-04
8	0,0076056	3,536400E+01	1,792430E+02	5,441984E-03
9	0,0009634	9,367500E+03	4,747932E+04	9,621833E-04
10	0,0004059	6,414100E+05	3,250997E+06	4,058925E-04
11	0,0006143	4,134700E+07	2,095679E+08	6,142998E-04
				7,586454E-03

→ Gtl = 3,62
E_{PVB} [N/mm²] = 10,87

De berekening van de mate van samenwerking is afgeleid van de vormfactoren voor tweezijdig opgelegde ruiten vlg. C.4.2.

Daarbij wordt voor de overspanningslengte 2 x de lengte van de uitkraging aangehouden.

Verschil wordt gemaakt tussen de mate van samenwerking in UGT en BGT:

UGT = i.v.m. de spanningsconcentraties langs de inklemming wordt voor de berekening van lo aangehouden: lo = 2*Hink;rek

BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: lo = 2*Hbalustrade

glasafmeting:

B =	1000 mm	BGT: lo = 2*Hbalustrade =	2000 mm
Hbalustrade =	1000 mm	UGT: lo = 2*Hinsteek =	420 mm
Hink;rek =	210 mm	(Hink;rek en H1(ink;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalculeerd m.b.v. SJ Mepla)	

Lastafmeting:

B1 =	1000 mm	BGT: z =	550 mm
H1 =	100 mm	UGT: z =	605 mm
H1(ink;rek) =	210 mm		

BGT	Lw =	0,919	LA =	2000 mm
UGT	Lσ =	1,500	LA =	420 mm

X = 17,78 {(vlg. form. C.4a): 17,78 (vlg. form. C.4b): 17,78 }

glas Eg = 70000 N/mm² vg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,448	ωw =	0,672 (doorbuiging)
UGT:	β =	10,150	ωσ =	0,129 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:

Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)

tggser = 21,30 mm tggser = 21,30 mm (doorbuiging)

Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)

Σtpl,i = 23,4 mm

tpl,i	tm,i	tgg,i,u
11,7	5,85	18,34
11,7	5,85	18,34
0	0	

→ tgg,u = MIN(tgg,i,u) = 18,34 mm (spanning)

Voor de berekening van de doorbuiging aan bovenzijde balustrade wordt gerekend met t_{gg;ser} = 21.30 mm
De grootste spanningen treden op rond de gaten bij de punthouder (zone 4). In dit gebied is de koppeling d.m.v. de interlayer nihil.

Derhalve wordt gerekend met ω_σ = 0

→ t_{gg,u} = √(11.7²+11.7²) = 16.55 mm

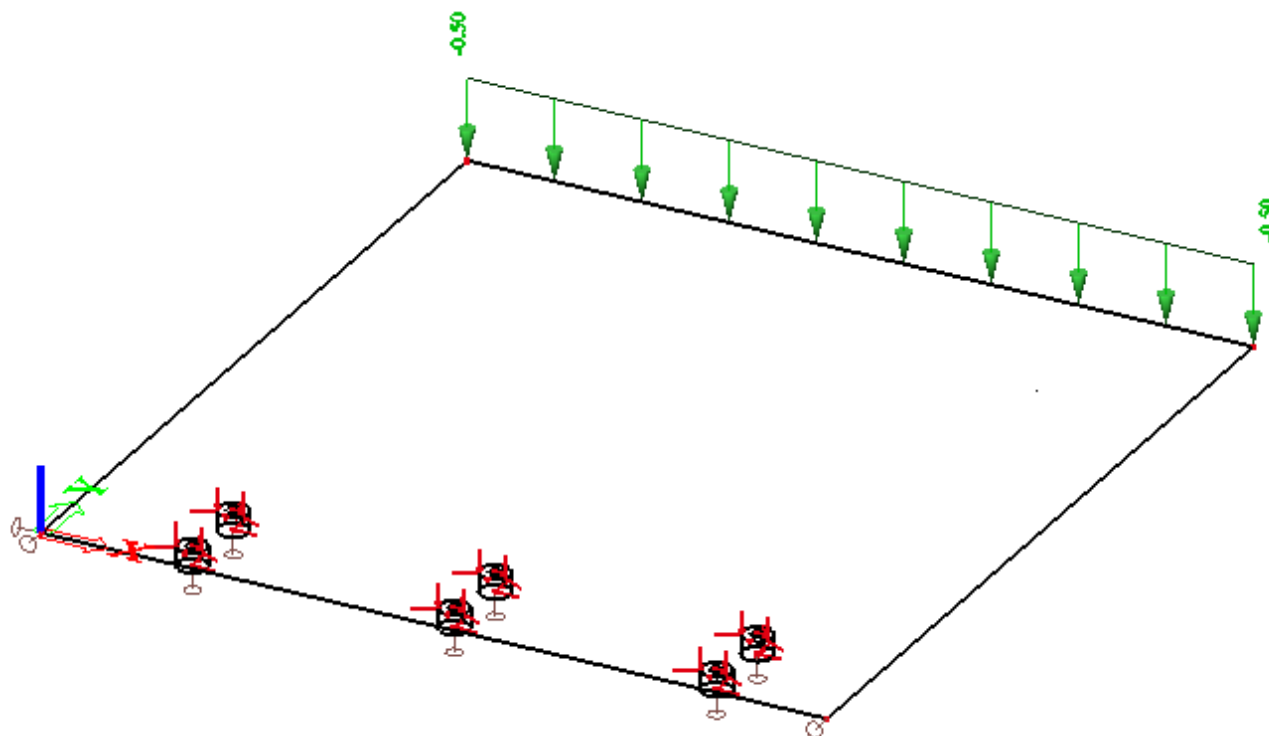


4 Berekening enkel glaspaneel bij een fictieve dikte van 10 mm

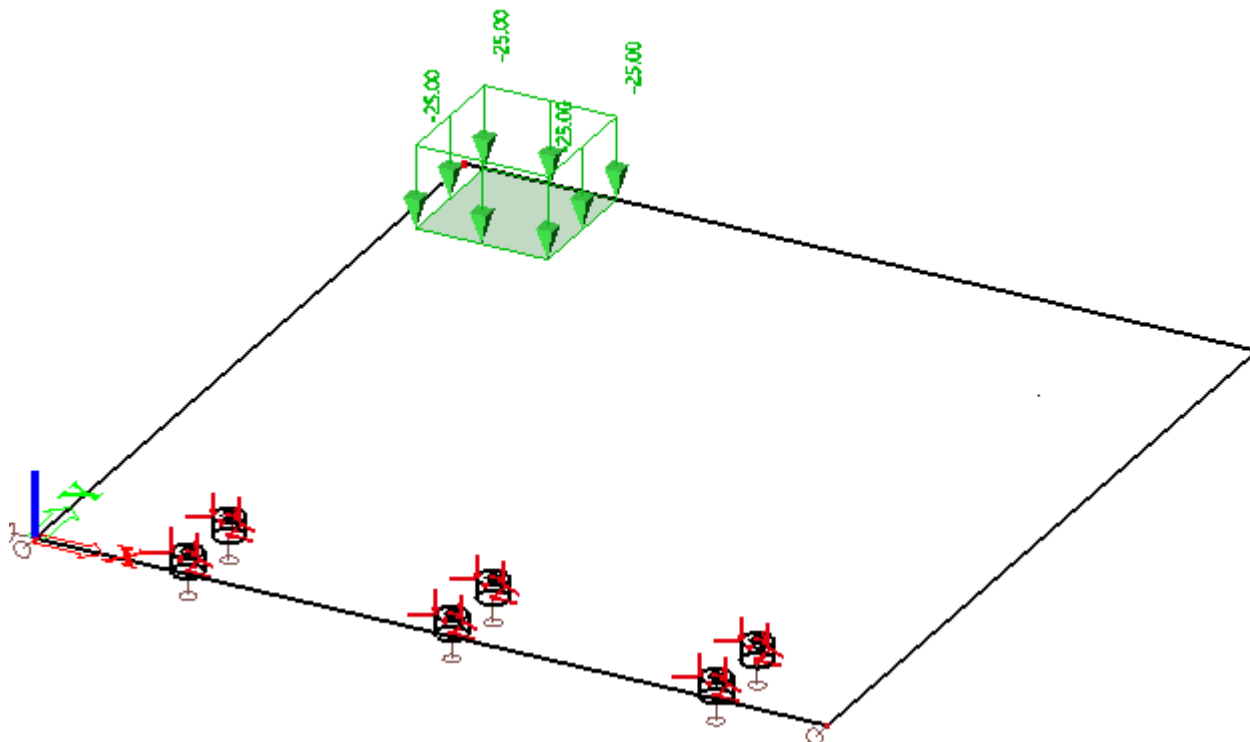
Het glaspaneel is berekend met SCIA Engineer, zonder het effect van een doorgaande, constructieve handregel

Belastinggevallen (maatgevend):

- 1) Lijnlast $q_k = 0.5 \text{ kN/m}$

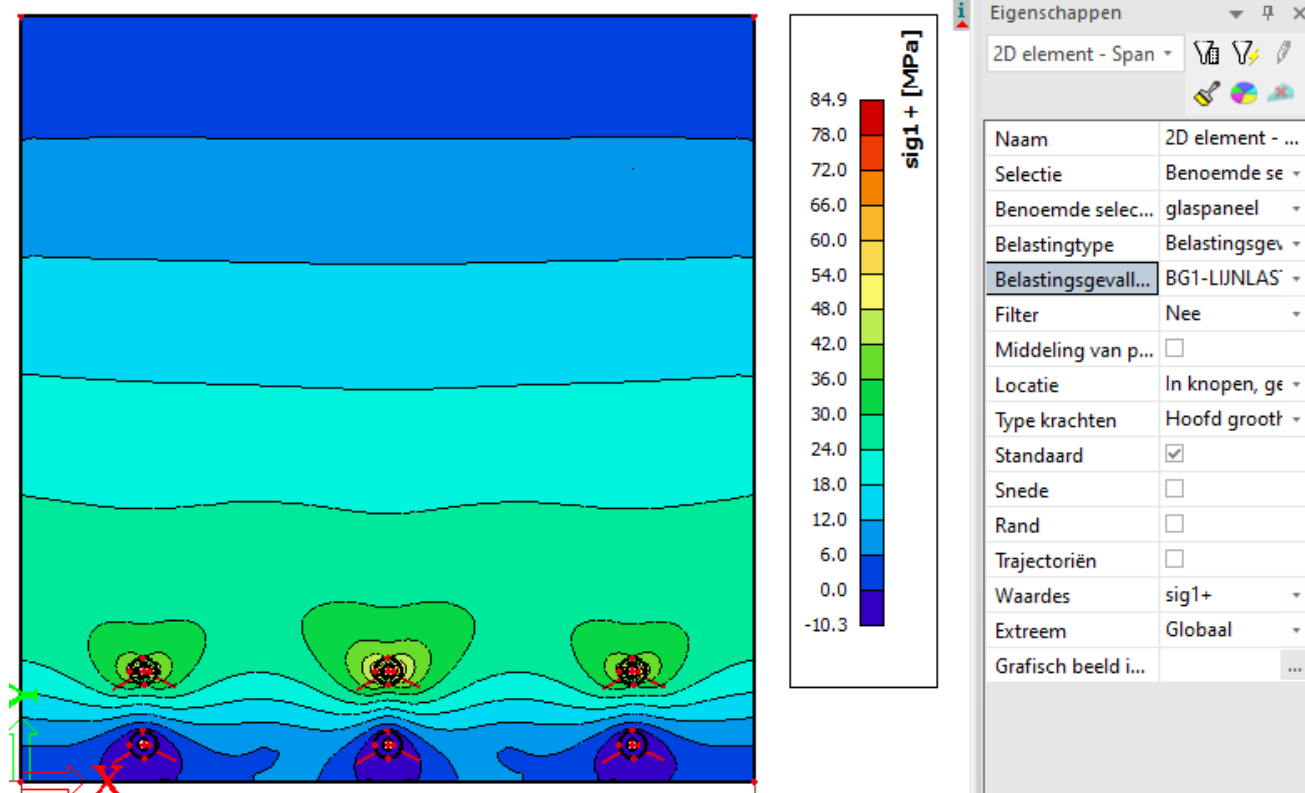


- 2) Puntlast $Q_k = 1.0 \text{ kN}$ op $0.2 \times 0.2 \text{ m}^2$ in bovenhoek

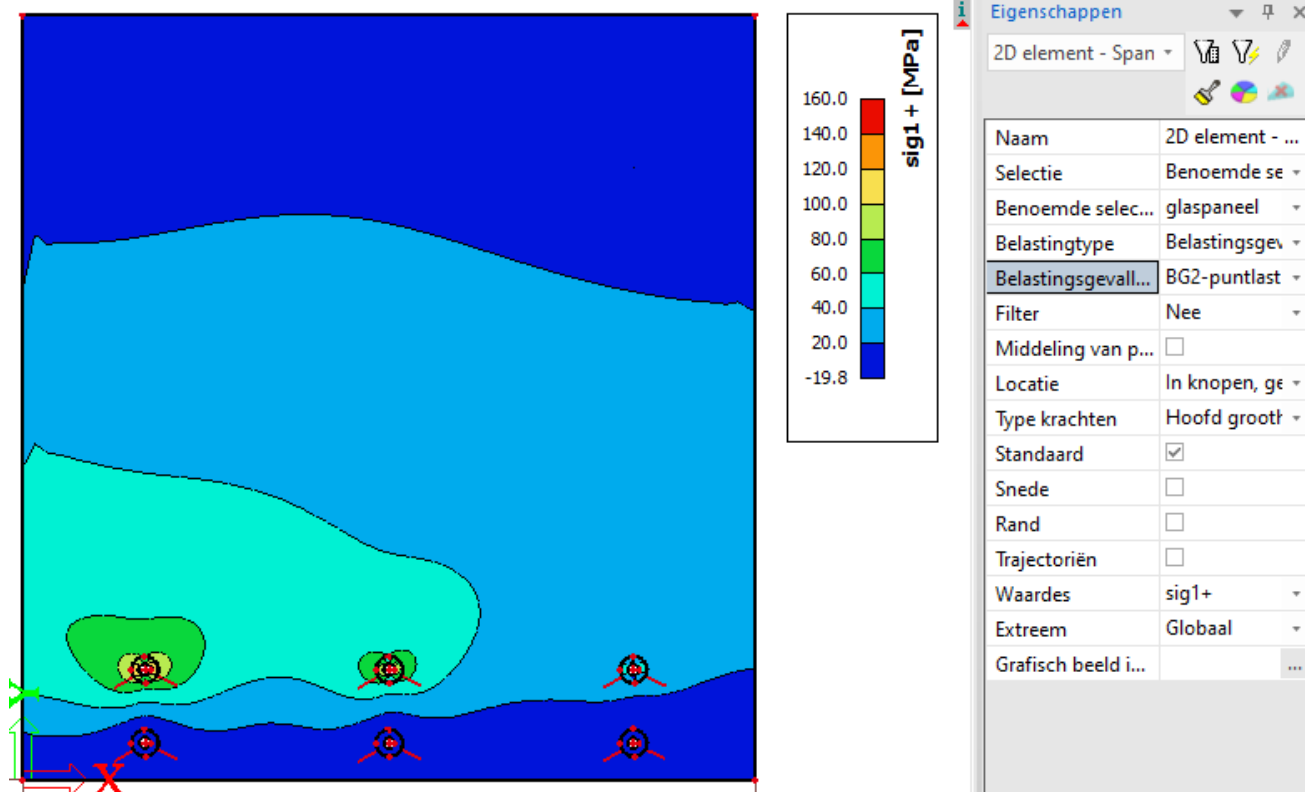




Spanningen bij fictieve dikte 10 mm en karakteristieke belastingen
BG1-lijnlast

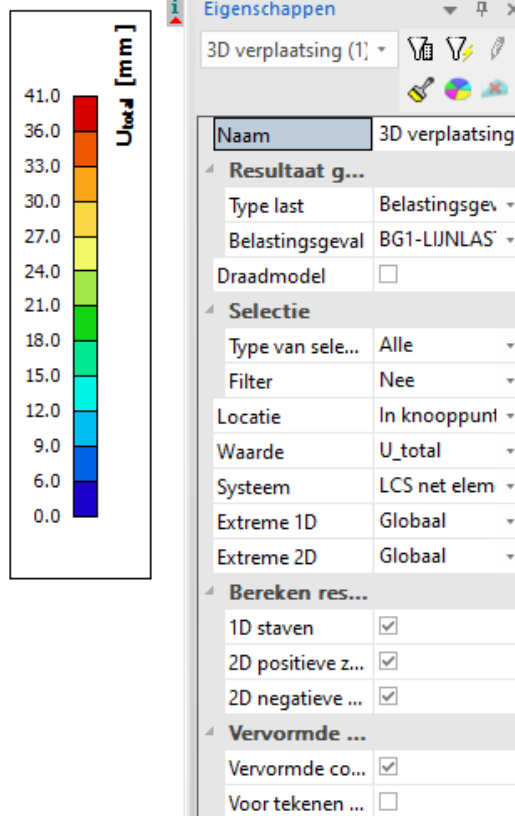
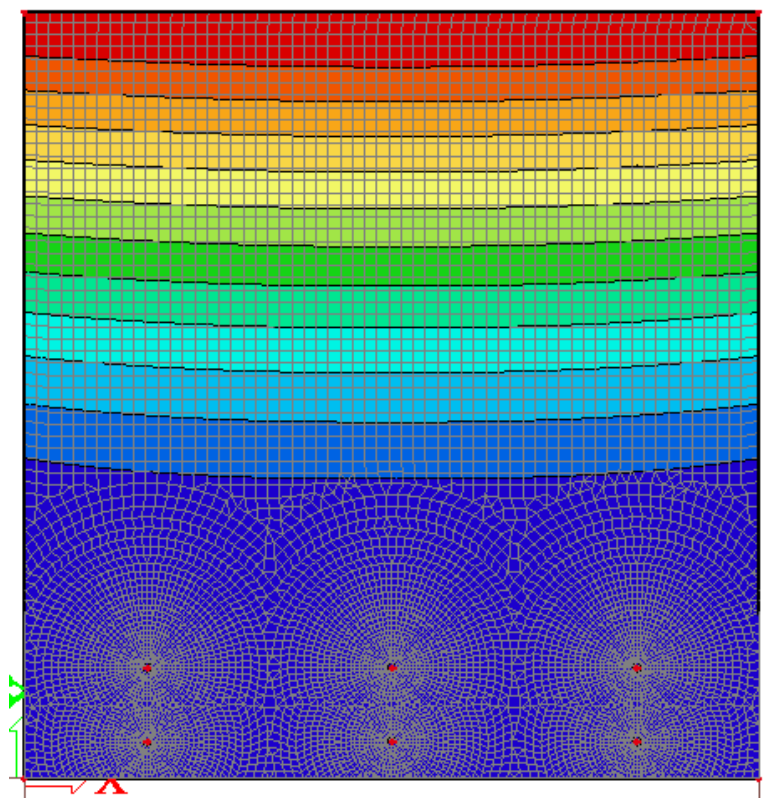


BG2 – puntlast

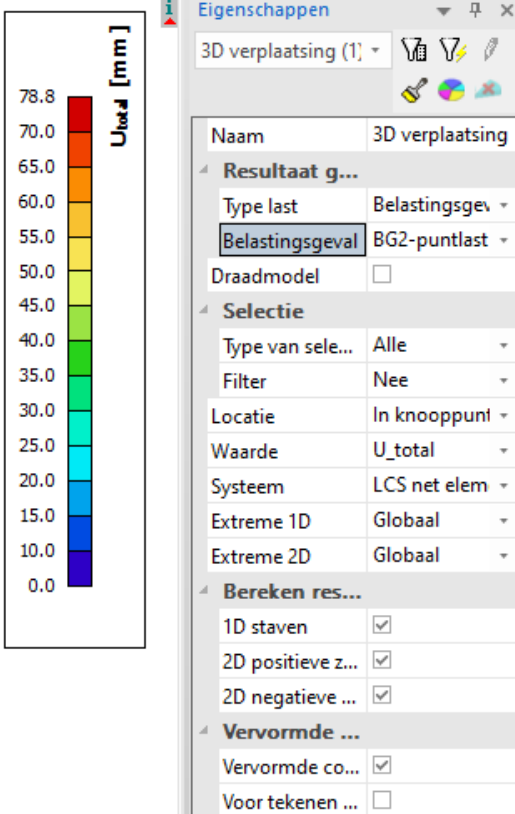
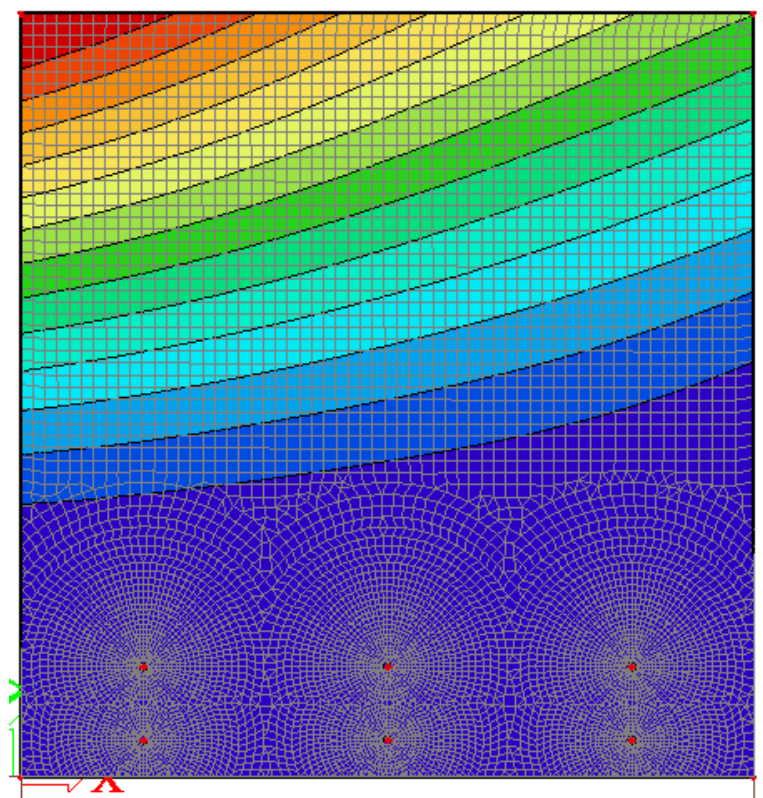




Doorbuiging bij fictieve dikte 10 mm en karakteristieke belastingen
BG1-lijnlast



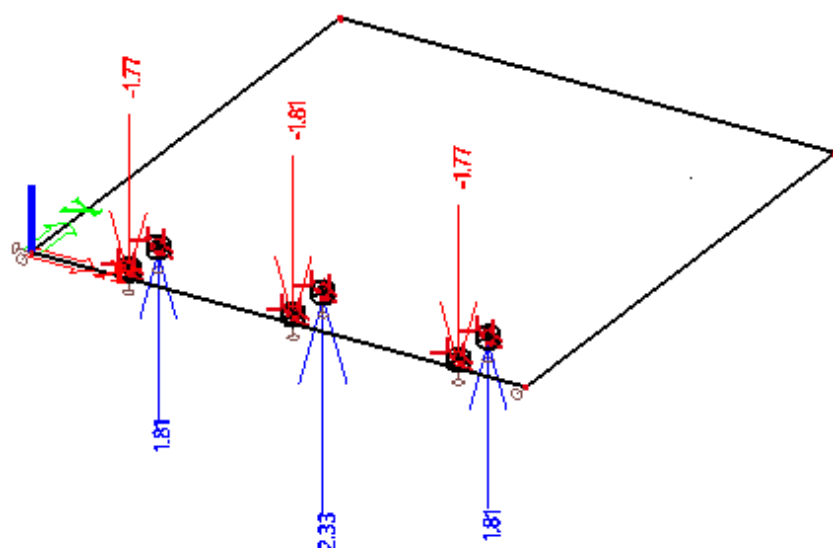
BG2-puntlast





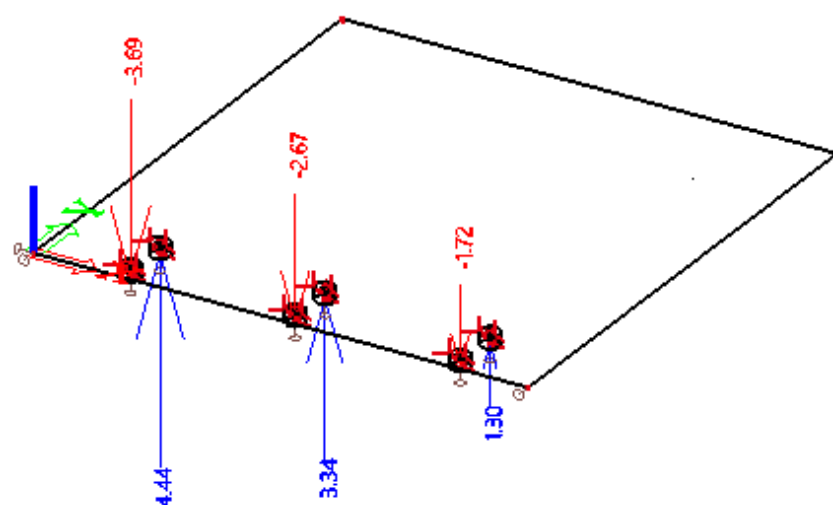
Krachten in glasadapter bij karakteristieke belastingen

BG1 - lijnlast



Eigenschappen	
Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG1-LIJNLAS
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	...
Schuine steunp...	☐

BG2 – puntlast



Eigenschappen	
Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	...
Schuine steunp...	☐

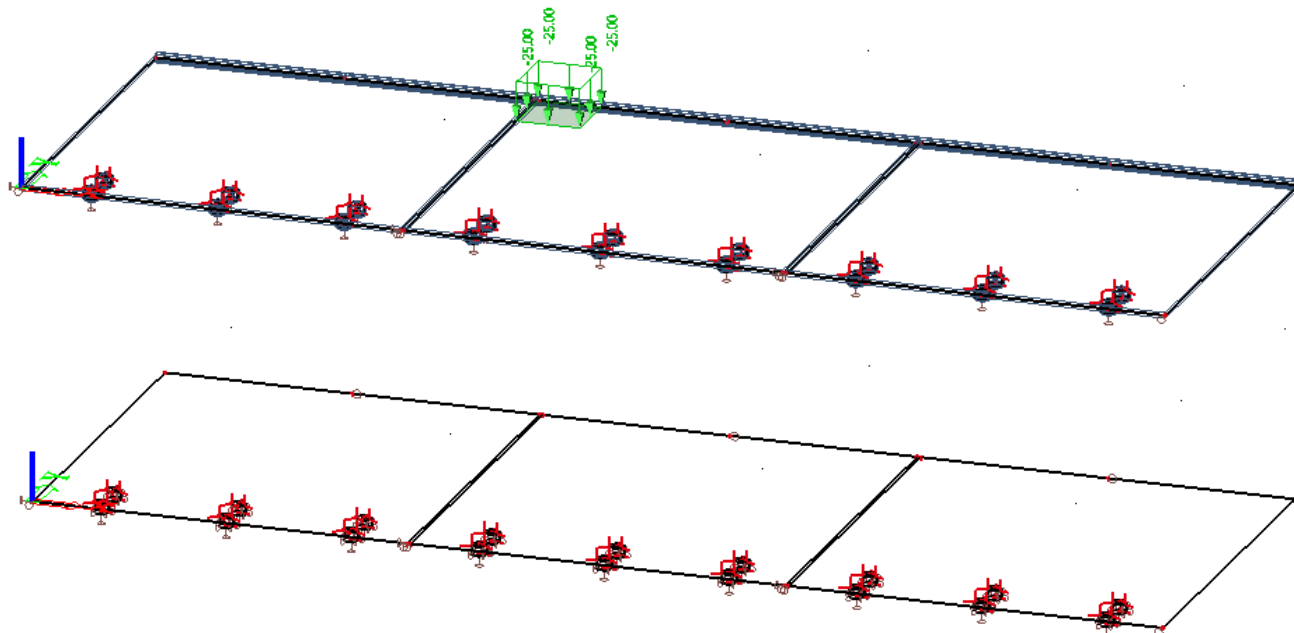


5 Berekening glaspanelen met doorgaande handregel

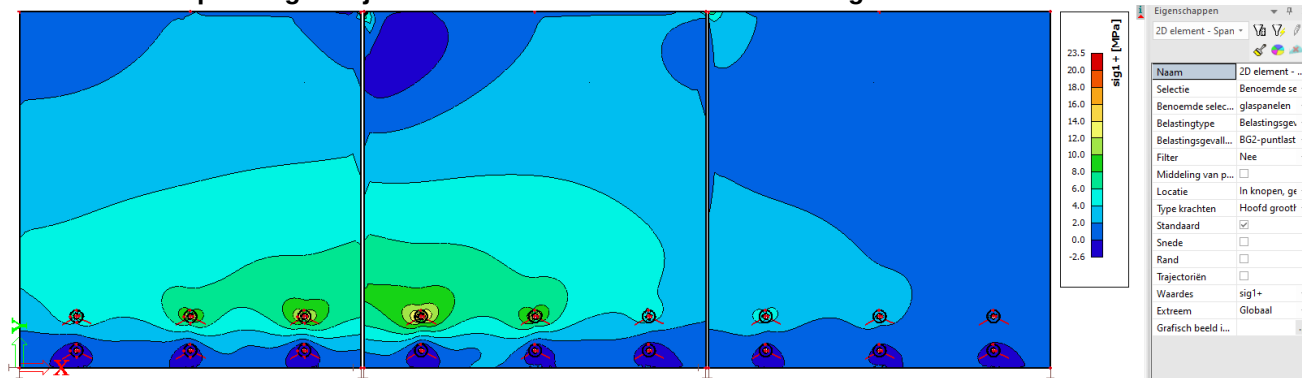
Berekening van 3 glaspanelen met glasdikte $t_{gg,ser} = 17.89$ mm (t.b.v. stijfheid) en min. aluminium handregel U26/23/2.

De handregel is midden boven de glaspanelen voorzien van een scharnier, waarmee eventueel noodzakelijke koppelingen zijn gesimuleerd.

Berekening alleen t.b.v. verdeling puntlast 1.0 kN

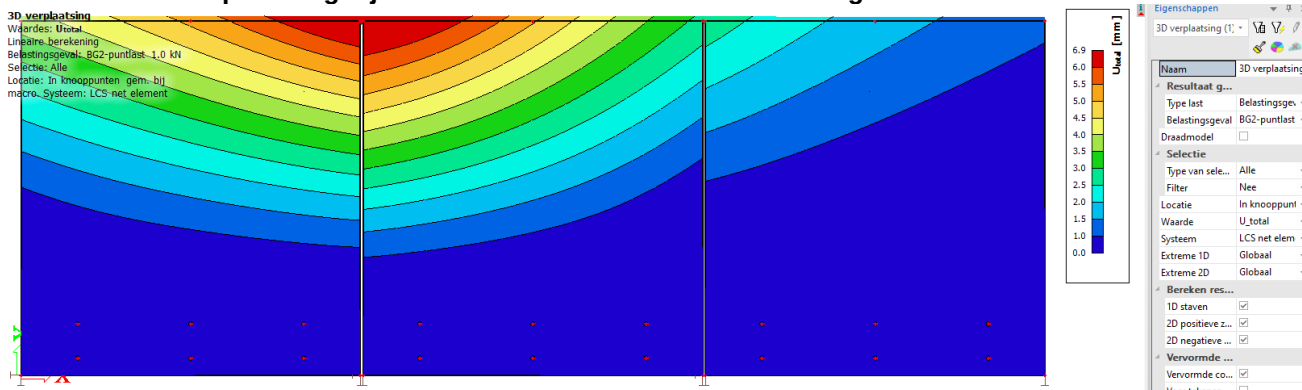


Resulterende spanningen bij 17.89 mm en karakteristieke belasting



Omgerekend naar de spanningen rond de gaten bij $t_{gg,u} = 13.72$ mm: $\sigma = 23.5 \cdot (17.89/13.72)^2 = 39.9$ MPa

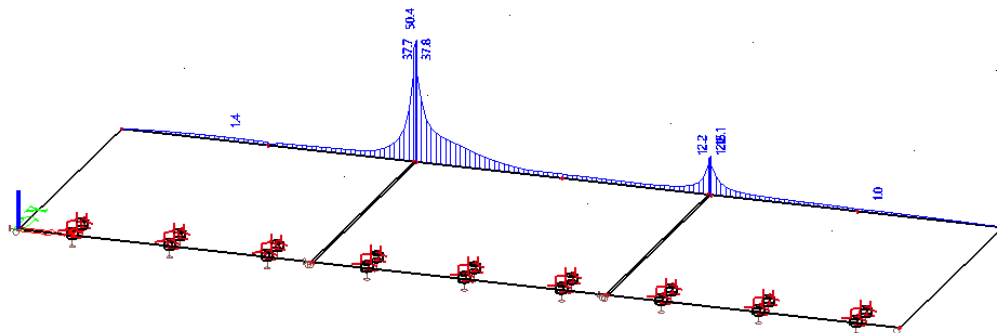
Resulterende verplaatsing bij 17.89 mm en karakteristieke belasting





TL2160 – glaspaneel 1200*1250 mm bij [0.5 kN/m | 1.0 kN]
[4018-20005-TL2160-003 rev. A] blad 13

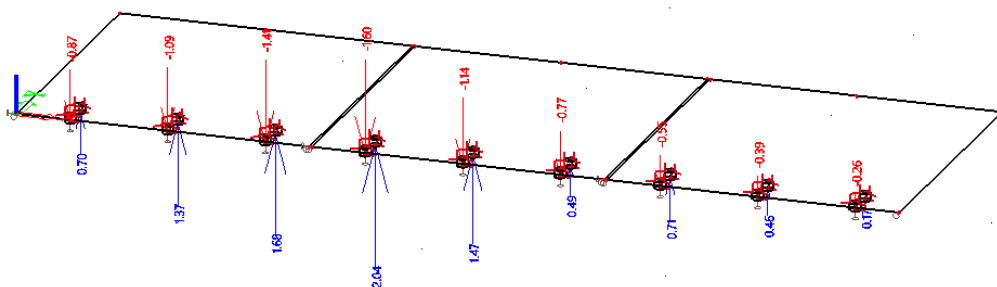
Resultierende spanningen bij karakteristieke belasting bij handregel U26/23/2



Eigenschappen	
Spanning (1)	
Naam	Spanning
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev.
Belastingsgevall...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Doorsnede ond...	Alle
Vezels	Alle
Tekenen	Standaard
Waardes	Von Mises
Extreem	Staaf
Grafisch beeld i...	...
Snede	Alle

Check spanning: $1.5 \cdot 50.4 = 75.6 \text{ MPa} \leq 160/1.1$

Resultierende reactiekrachten bij karakteristieke belasting



Eigenschappen	
Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev.
Belastingsgevall...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	...
Schuine steunp...	☐



6 Berekening glaspanelen met doorgaande handregel & reststerkte

Berekening van 3 glaspanelen met min. aluminium handregel U26/23/2.

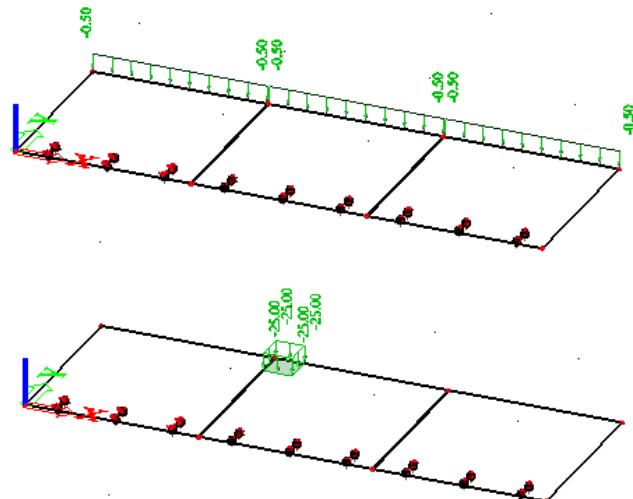
De handregel is midden boven de glaspanelen voorzien van een scharnier, waarmee eventueel noodzakelijke koppelingen zijn gesimuleerd.

Buitenste glaspanelen onbeschadigd 10104

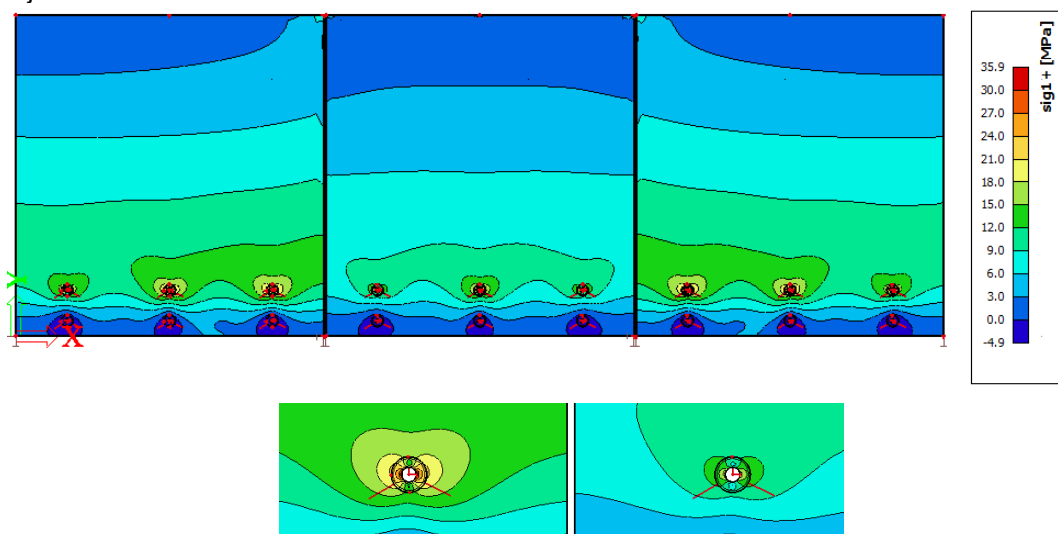
$t_{gg,ser} = 17.89 \text{ mm}$ (i.v.m. stijfheid)

Middelste glaspaneel met een beschadigde plaat

$t_{gg,ser} = t_{gg,u} = 9.7 \text{ mm}$

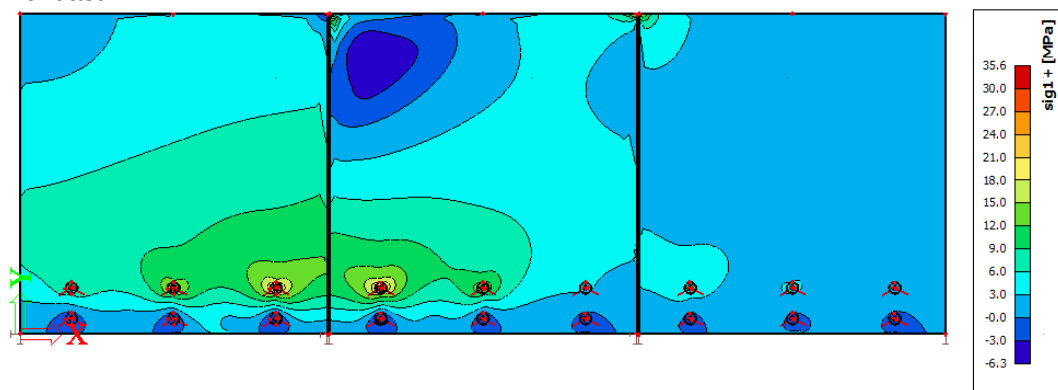


Resulterende spanningen bij karakteristieke belasting Lijnlast



Eigenschappen	
2D element - Span	
Naam	2D element - ...
Selectie	Benoemde se
Benoemde selec...	glaspanelen
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgevall...	BG1-LUNLAS
Filter	Nee
Middeling van p...	☐
Locatie	In knopen, ge
Type krachten	Hoofd grootth
Standaard	☒
Snede	☐
Rand	☐
Trajectoriën	☐
Waardes	sig1+

Puntlast



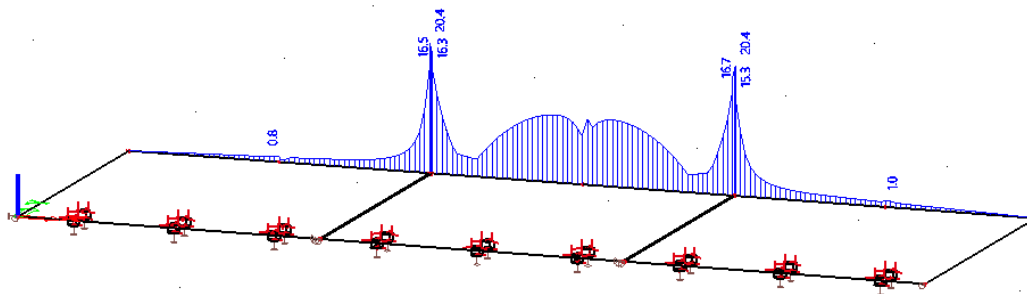
Eigenschappen	
2D element - Span	
Naam	2D element - ...
Selectie	Benoemde se
Benoemde selec...	glaspanelen
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgevall...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Middeling van p...	☐
Locatie	In knopen, ge
Type krachten	Hoofd grootth
Standaard	☒
Snede	☐
Rand	☐
Trajectoriën	☐
Waardes	sig1+

Herleiding naar spanning in 10104 plaat rond gat: $35.9 \cdot (17.89/13.72)^2 = 61.1 \text{ MPa}$



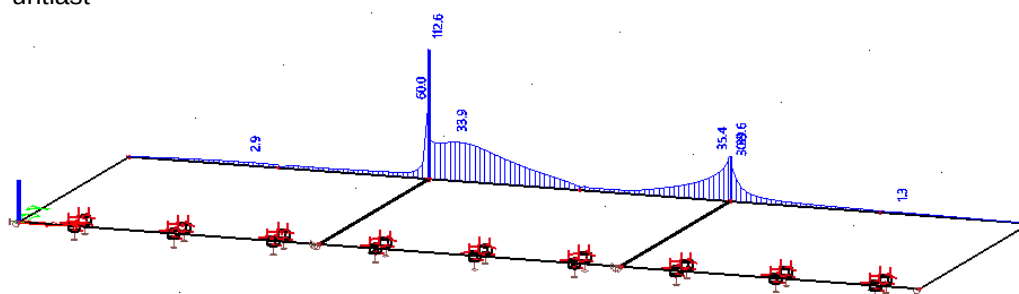
Spanningen in handregel U25/15/1.5

Lijnlast



Eigenschappen	
Spanning (1)	
Naam	Spanning
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG1-LIJNLAS
Filter	Nee
Doorsnede ond...	Alle
Vezels	Alle
Tekenen	Standaard
Waardes	Von Mises
Extreem	Staaft

Puntlast

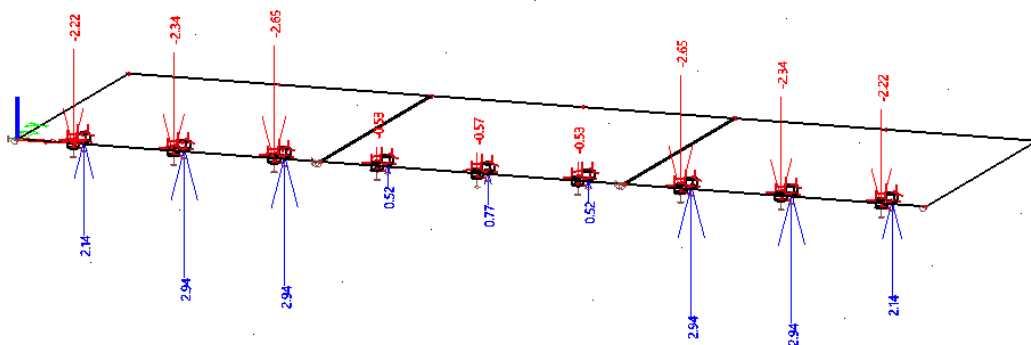


Eigenschappen	
Spanning (1)	
Naam	Spanning
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Doorsnede ond...	Alle
Vezels	Alle
Tekenen	Standaard
Waardes	Von Mises
Extreem	Staaft

Check spanning: $1.0 \cdot 90.3 = 90.3 \text{ MPa} \leq 160/1.1$

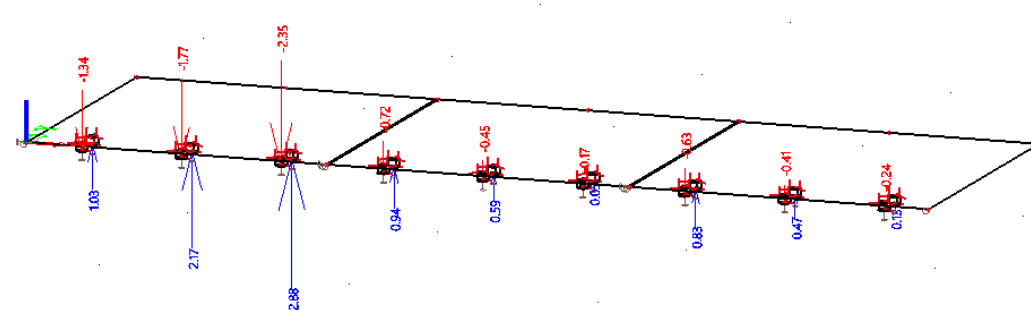
Resulterende reactiekrachten

Lijnlast



Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG1-LIJNLAS
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	
Schuine steunp...	☐

Puntlast



Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	
Schuine steunp...	☐

$F_{d,max} = 2.88 \text{ kN}$



7 Toetsing TL2160 adapter

Toetsing sterkte bij balustrade zonder constructieve handregel

- lijnlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 2.33 = 3.49 \text{ kN}$ $\leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN}$ ✓
- puntlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 4.44 = 6.66 \text{ kN}$ $\leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN}$ ✗

→ Glasadapter onvoldoende sterk bij balustrade zonder constructieve handregel

Toetsing sterkte bij balustrade met constructieve handregel

- lijnlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 2.33 = 3.49 \text{ kN}$ $\leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN}$ ✓
- puntlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 2.04 = 3.06 \text{ kN}$ $\leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN}$ ✓

→ Glasadapter voldoet bij balustrade mét constructieve handregel



8 Toetsing glassamenstellingen

8.1 Glas 10104 thermisch gehard

$t_{gg;u} = 13.72 \text{ mm}$ | $t_{gg;ser} = 17.89 \text{ mm}$ | tijdsduur 1 min. zone 4: $f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ (zie 3.3.2)

Zonder constructieve handregel

Voor berekening spanningen en doorbuigingen bij fictieve dikte 10 mm zie 4

Toetsing sterkte

- lijnlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 84.9 \cdot (10/13.72)^2 = 67.6 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✓
- puntlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 160.0 \cdot (10/13.72)^2 = 127.5 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✗
- reststerkte bij breuk van glasplaat aan aanvalszijde:
lijnlast/puntlast: $\sigma_d = 1.0 \cdot 160.0 \cdot (10/10)^2 = 160.0 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✗

Toetsing doorbuiging

- lijnlast: $w_{top} = 41.0 \cdot (10/17.89)^3 = 7.1 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm}$ ✓
- puntlast: $w_{top} = 78.8 \cdot (10/17.89)^3 = 13.8 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm}$ ✗
 $\leq 20 \text{ mm}$ ✓

→ 10104 voldoet niet zonder doorgaande, constructieve handregel

Met constructieve handregel

Voor berekening spanningen en doorbuigingen bij fictieve dikte 10 mm zie 5

Toetsing sterkte

- lijnlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 84.9 \cdot (10/13.72)^2 = 67.6 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✓
- puntlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 39.9 = 59.8 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✓
- reststerkte bij breuk van glasplaat aan aanvalszijde: (voor berekening spanningen zie 6)
lijnlast/puntlast: $\sigma_d = 1.0 \cdot 61.1 = 61.1 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✓

Toetsing doorbuiging

- lijnlast: $w_{top} = 41.0 \cdot (10/17.89)^3 = 7.2 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm}$ ✓
- puntlast: $w_{top} = 6.9 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm}$ ✓
 $\leq 20 \text{ mm}$ ✓

→ 10104 voldoet wel met doorgaande constructieve handregel

8.2 Glas 12124 thermisch gehard

$t_{gg;u} = 16.55 \text{ mm}$ | $t_{gg;ser} = 21.30 \text{ mm}$ | tijdsduur 1 min. zone 4: $f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ (zie 3.3.2)

Zonder constructieve handregel

Voor berekening spanningen en doorbuigingen bij fictieve dikte 10 mm zie 4

Toetsing sterkte

- lijnlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 84.9 \cdot (10/16.55)^2 = 46.5 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✓
- puntlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 160.0 \cdot (10/16.55)^2 = 87.6 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✗
- reststerkte bij breuk van glasplaat aan aanvalszijde:
lijnlast/puntlast: $\sigma_d = 1.0 \cdot 160.0 \cdot (10/12)^2 = 111.1 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 78.4 \text{ MPa}$ ✗

Toetsing doorbuiging

- lijnlast: $w_{top} = 41.0 \cdot (10/21.30)^3 = 4.2 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm}$ ✓
- puntlast: $w_{top} = 78.8 \cdot (10/21.30)^3 = 8.1 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm}$ ✓
 $\leq 20 \text{ mm}$ ✓

→ 12124 voldoet niet zonder doorgaande, constructieve handregel



9 Conclusie

- 10104 en 12124 thermisch gehard veiligheidsglas voldoet alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel
- De TL2160 adapters voldoen alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel