

Bimetaal effect bij aluminium schuiframen

Brecht Maerten

Student number: 01603114

Supervisors: Prof. dr. Michael Monte, dhr. Bart Coussens (Flandria)

Master's dissertation submitted in order to obtain the academic degree of
Master of Science in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Academic year 2019-2020

Bimetaal effect bij aluminium schuiframen

Brecht Maerten

Student number: 01603114

Supervisors: Prof. dr. Michael Monte, dhr. Bart Coussens (Flandria)

Master's dissertation submitted in order to obtain the academic degree of
Master of Science in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Academic year 2019-2020

Voorwoord

De masterproef “Bimetaal effect bij aluminium schuiframen” is geschreven voor het afstuderen als Master of Science in de industriële wetenschappen: elektromechanica aan de Universiteit Gent Campus Kortrijk. In deze masterproef beschrijf ik dit fenomeen en enkele mogelijke oplossingen hiervoor. Om deze masterproef tot een goed einde te brengen, zijn meerdere competenties benodigd die tijdens de vierjarige opleiding werden aangeleerd. Aangezien dit eindwerk een specifiek probleem beschrijft, was het noodzakelijk om mijn kennis uit te breiden via een uitgebreide literatuurstudie omtrent het onderwerp. Het unieke van deze masterproef, is dat deze theoretische kennis kan gelinkt worden met praktische ervaring die tijdens de opleiding wat minder aan bod kwam.

Ik heb een jaar geleden gekozen voor deze masterproef omdat ik dit probleem als een grote uitdaging zag. Hierbij kan ik testen in hoeverre ik een praktisch probleem kan oplossen. Van september 2019 tot en met juni 2020 ben ik bezig geweest met het onderzoek en schrijven van deze scriptie. Dit jaar verliep niet vlekkeloos. Zo brak in de tweede semester het coronavirus uit waardoor geen testen uitgevoerd kunnen worden. Hierbij moest ik mijn masterproef heroriënteren en volledig focussen op eindige elementen analyses. Soms waren de resultaten van het onderzoek niet hoe ik gedacht had, hierbij had ik het gevoel dat ik volledig de mist in ging. Desondanks ben ik zeer tevreden van het bekomen resultaat.

Uiteraard kon ik deze masterproef niet vervolledigen zonder de nodige begeleiding. Hierbij zou ik graag enkele mensen willen bedanken. Vooreerst wil ik mijn promotoren dhr. Bart Coussens, Prof. dr. Michael Monte en begeleider mevr. Julie Vandenbroucke bedanken voor hun steun en hulp gedurende dit academiejaar. Ook zou ik graag enkele bedrijven willen bedanken voor het aanbieden van informatie: Saint-Gobain, AGC, SJ Mepla, Physibel, Tot slot wil ik ook mijn familie en vrienden bedanken voor hun steun gedurende het jaar.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Brecht Maerten, 31 mei 2020

Preambule

Bij het onderzoek op het bimetaal effect bij aluminium schuiframen gaat een theoretische studie vooraf. In deze studie worden de invloeden van zowel de aluminium profielen en de beglazing onderzocht. Hierbij zal aan de hand van enkele eindige elementen analyses met de software Siemens NX de verschillende invloeden bepaald worden. Nadat deze verschillende invloeden gekend zijn, kan naar oplossingen gezocht worden om de kromtrekking van het schuifraam te verminderen. Deze oplossingen kunnen vervolgens uitgewerkt en getest worden.

Voor de testen op het bimetaal effect is nood aan een opstelling. Hiervoor werden gedurende het academiejaar 2 pistes onderzocht. Bij de eerste piste zou een opstelling ontwikkeld en intern gemaakt worden. Bij de tweede piste zouden de testen uitgevoerd worden bij een bestaande opstelling in het labo bouwfysica in Gent. Doordat de tweede piste financieel interessanter is en veel minder werk vraagt, werd geopteerd voor deze piste.

Door de uitbraak van het coronavirus wordt het labo bouwfysica tot het einde van het academiejaar niet meer ter beschikking gesteld. Hierdoor zijn de geplande testdagen in april en mei geannuleerd. Door deze annulatie kunnen de mogelijke oplossingen niet meer getest worden. Om toch een indicatie te krijgen naar de invloed van de mogelijke oplossingen, zijn de simulaties met het CAD programma Siemens NX verder uitgewerkt. Hierbij zijn simulaties uitgevoerd op volledige schuifraam vleugels. Hierop zijn vervolgens mogelijke oplossingen aangebracht om de invloed ervan te bepalen

Om de correctheid van de eindige elementen analyses na te gaan, moeten deze altijd geverifieerd worden met praktische testen. Aangezien de testdagen zijn geannuleerd, kan het model hierop niet gevalideerd worden. Gelukkig zijn in het verleden 2 testen uitgevoerd bij de CSTB en in het labo bouwfysica in Gent. Aan de hand van deze resultaten kan het model gevalideerd worden.

Abstract

De laatste jaren geldt een toenemende trend in de energie-efficiëntie van woningen. Hierbij worden woningen uitgerust met dikkere isolatie om een betere EPC score te behalen. Naast isolatie, zullen ook betere isolerende ramen, deuren en schuiframen geplaatst worden. Bij hedendaagse aluminium schuiframen zal zowel de beglazing en de profielen beter isoleren dan oudere. Hierbij kan een groter temperatuurverschil tussen de buiten en binnenkant ontstaan. Echter treedt hierdoor een nieuw ongewenst probleem op. De schuiframen kunnen op warme dagen door het groter temperatuurverschil meer kromtrekken waardoor problemen optreden bij het schuiven of het sluiten. Dit probleem is gekend als het bimetaal effect bij aluminium schuiframen. Ook komt dit probleem voor bij raam- en deurvleugels, deze zullen in deze scriptie niet beschreven worden

In deze masterproef staat het onderzoek van het bimetaal effect bij aluminium schuiframen gedocumenteerd. In dit onderzoek worden de invloeden van de beglazing en het aluminium kader beschreven. Deze invloeden zijn aan de hand van een literatuur studie en enkele eindige elementen analyses met het CAD programma Siemens NX bepaald. Vervolgens zijn ook theoretische simulaties gemaakt op volledige schuifraam vleugels om een beter inzicht te krijgen in de invloed van de beglazing op de aluminium profielen. Naast deze invloeden, zal in deze studie enkele mogelijke oplossingen beschreven en gesimuleerd worden.

Bimetal effect on aluminum sliding windows

Student: Brecht Maerten,

Promoters: Bart Coussens, Michael Monte

In association with: Flandria Aluminium

Academic year 2019 - 2020

I. INTRODUCTION

A. Flandria Aluminium

Flandria Aluminium is a family business located in the north of France. They are specialized in extruding custom made aluminum profiles for all kinds of applications in the construction, industrial, transport and hobby sector. In addition, Flandria designs modular profiles and accessories intended for the construction of aluminum windows and doors to residential extensions that can be customised to any type of house or construction.

B. Aluminium sliding windows

Sliding windows are an ideal solution to make a passage from the house to the outdoor environment. Almost no space is lost and sunlight is brought into the house. Sliding windows can be produced in different materials. Flandria Aluminium only produces sliding windows out aluminum. The advantages of aluminum sliding windows over wooden or PVC sliding windows are that they require almost no maintenance and can be produced in slim and stylish constructions. The major disadvantage of aluminum sliding windows is that they have a poorer insulation value.

To solve the problem of the poor insulation value, two or more aluminum extruded shells are separated from each other with insulators. These insulators are called insulating bars. These insulating bars are rolled into the aluminum shells. Hereby aluminum frames are obtained. Then 4 aluminum frames and the insulated glass are combined into a wing. Flandria Aluminium

produces duo- and trirail sliding windows. These sliding windows can be worked out of several wings. For two wing sliding windows, the two wings of the sliding window are worked out in the same way, whereby 1 wing is fixed. This wing is called the fixed wing. The other wing can slide and is called the sliding wing. Figure 1 shows a section of the sliding wing.

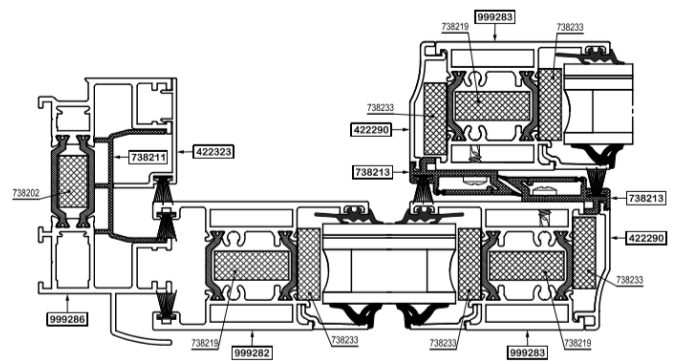


Figure 1: Section of the sliding wing

When the sun shines on the sliding window, the outer aluminum shell will heat up. Due to this heating, this shell will expand linearly as a function of the temperature. Due to the thermal separation, the inner aluminum shell will heat less. As a result, it will expand much less. Due to the fixed connection of both aluminium shells with the insulation bars, the sliding window will start to warp. This phenomenon is known as the bimetal effect on aluminum sliding windows.

This deformation is the greatest when the sliding window is half open. Hereby the sliding wing is no longer in the frame and the profiles of the fixed and sliding wing will no longer support each other. This can cause large deformations.

In France, sliding windows can only be sold in the public sector if they obtained the CSTB certificate. This is not a must for sales to private individuals. To obtain the CSTB certificate, a sliding window

must close successfully at a temperature of 60°C. In practice to obtain this CSTB certification, a sliding window is placed in front of a heat box. Then the sliding window is heated up to 60 °C and at this point it is verified whether the sliding window can still be closed smoothly.

II. GOALS AND METHOD OF WORKING

The main objective of this thesis is to research the bimetal effect on aluminum sliding windows and to work out some solutions to reduce this warping. To test the different solutions a test setup will be needed.

At the beginning of this thesis a test setup will be developed. From this test setup a cost price calculation will be made. On the base of the cost price it will be determined if this setup will be made.

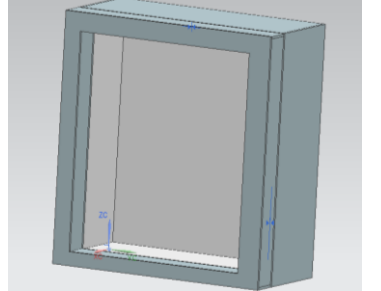
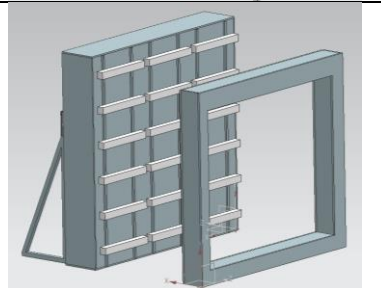
A theoretical study will be made to reduce the warping due to the temperature difference. In this theoretical study, both the influence of the insulated glass and the profiles will be investigated. This influence will be determined on the base of a finite element analysis.

In the final phase of the thesis, the various practical solutions will be produced. These will then be tested with an existing or made test setup.

III. RESULTS

At the beginning of the thesis, some concepts for test setups were developed. These concepts are shown in table 1.

Table 1: Concepts test setup

Concept 1	
Concept 2	

In the first concept, the sliding window is mounted in a frame. This frame is then mounted into a box. This box will be heated inside up until the sliding window reaches a temperature of 60 degrees Celsius. At this point there can be verified if the sliding window still can be closed smoothly. Because this concept can only test 1 size of sliding window, a second concept has been developed.

In the second concept, the sliding window is again mounted in a frame, but it is placed in front of a wall with infrared heaters. The sliding window will be heated up to 60 degrees Celsius due to the infrared heaters. Due to these heaters, the radiation from the sun is most closely approximated. For testing another type of sliding window, a new frame will have to be made. The wall with the infrared heaters can be reused.

Since heating a sliding window requires a lot of power and requires many infrared heaters, it is financially more interesting to test the solutions in the physics lab in Ghent.

Due to the coronavirus outbreak, it is not possible to test the different solutions. In order to investigate the different solutions of the profiles

and the insulated glass on the sliding window, these solutions will be simulated.

Out the finite element analysis of the wing profile can be concluded that due to a temperature difference between the 2 aluminum shells, a large deformation on the aluminum frame occurs. This deformation is the cause of the warping of a sliding window. Figure 2 shows the original and deformed wing profile.

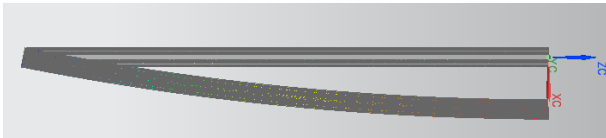


Figure 2: Curvature aluminum profile

Different variants can be created based on the original wing profile. Table 2 shows which variants gives better, the same or worse result compared to the original profile.

Table 2: Influence variant

Better
- Shorter insulation bar with a same wing depth
- Roll in less solid
- Bimetal insulation bar
- Aluminum alloy with smaller expansion coefficient
- Aluminum frames with greater wing depth
- 5 chamber profiles
- External stiffener
No influence
- Wider aluminum frames
- Form insulation bar
Worse
- Larger dimensions
- Dark colours
- Smaller aluminium chambers
- Bettere isolation value insulation bar

The deformations of insulated glass are described with the internal load. The glass deforms according to the pressure change in the cavity. If the internal and external pressure of insulating glass isn't equal, it will deform. These pressure changes in the cavity are caused by temperature changes, height differences and difference in external pressure between the place of production and the place of installation. The deformation due to the temperature increase of the glass planes is neglected by various glass manufacturers. The influence of this has been

investigated through a finite element analysis. The finite element analysis shows that the expansion of the glass plates due to an increase in temperature is mainly absorbed by the seals. As a result, the glazing will hardly warp.

From the finite element analysis of the sliding window it can be concluded that the warping of the sliding window is mainly due to the aluminum frame. The glazing will reduce the amount of warpage of the aluminum frame. Figure 3 shows a deformed sliding window wing.

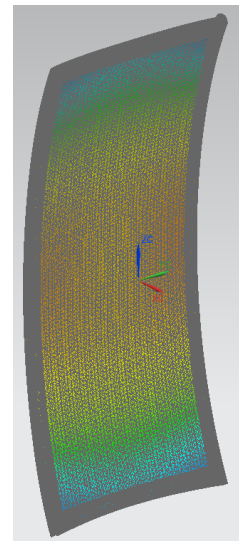


Figure 3: Bimetal effect on aluminum sliding windows

Various solutions are simulated based on this model. This shows that the thickness of the glazing has a large influence on the warping of the sliding window due to a temperature difference. External stiffeners, loosening of the insulation bars and bimetal insulation bars also reduce the deflection. Sliding windows with a larger wing depth or 5 chamber profiles will give also better result on the bimetal effect despite the better thermal insulation.

IV. CONCLUSION

Despite the complexity of the research on the bimetal effect on aluminum sliding windows, all main objectives were achieved. Based on various simulations, a clarifying document has been made about the different influences of the warping of an aluminum sliding window. More deep research into the rolling in and execution of various practical tests in the future can complete this document.

Bimetaal effect bij aluminium schuiframen

Student: Brecht Maerten,

Promotoren: Bart Coussens, Michael Monte

In samenwerking met: Flandria Aluminium

Academiejaar 2019 - 2020

I. INLEIDING

A. Flandria Aluminium

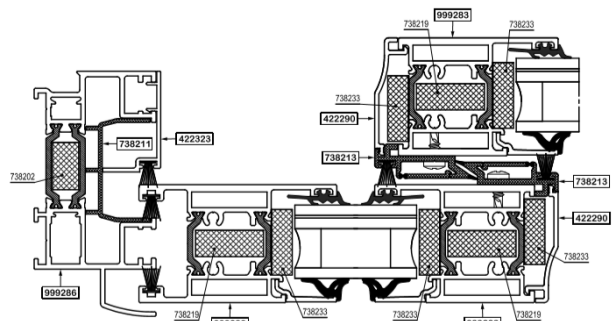
Flandria Aluminium is een familiebedrijf gevestigd in het noorden van Frankrijk. Zij zijn gespecialiseerd in het extruderen van *custom made* aluminium profielen voor allerlei toepassingen in de bouw-, industrie-, transport- en hobbysector. Daarnaast ontwerpt Flandria modulerbare profielen en accessoires bestemd voor de bouw van aluminium ramen en deuren tot woonuitbreidingen aanpasbaar aan elk type huis of constructie.

B. Aluminium schuiframen

Schuiframen zijn een ideale oplossing om een overgang te maken van de woning naar de buitenomgeving. Hierbij wordt bijna geen ruimte verloren en wordt het zonlicht in de woning binnengehaald. Schuiframen kunnen in verschillende materialen geproduceerd worden. Flandria Aluminium produceert enkel schuiframen uit aluminium. De voordelen van aluminium schuiframen ten opzichte van houten of PVC schuiframen, zijn dat deze bijna geen onderhoud vragen en geproduceerd kunnen worden in slanke en stijlvolle constructies. Het grote nadeel van schuiframen uit aluminium is dat deze een slechtere isolatiewaarde hebben.

Om het probleem van de slechte isolatiewaarde op te lossen worden twee of meerdere aluminium geëxtrudeerde schalen van elkaar gescheiden via isolatoren. Deze isolatoren worden in het vakjargon stegen genoemd. Deze stegen worden in de aluminium schalen ingerold. Hierbij worden aluminium kozijnen bekomen. Vervolgens worden

4 aluminium kozijnen en de beglazing samengevoegd tot een vleugel. Flandria Aluminium produceert duo- en trirail schuiframen. Deze schuiframen kunnen uit meerdere vleugels uitgewerkt worden. Bij schuiframen met twee vleugels worden de twee vleugels van het schuifraam hetzelfde uitgewerkt, waarbij 1 vleugel gefixeerd wordt. Deze wordt de vaste vleugel genoemd. De andere vleugel kan schuiven en wordt de schuifvleugel genoemd. Figuur 1 geeft visueel de doorsnede van de schuifvleugel weer.



Figuur 2: Doorsnede schuifvleugel

Wanneer de zon op het schuifraam schijnt, zal de buitenste aluminium schaal opwarmen. Door deze opwarming zal deze schaal lineair uitzetten in functie van de temperatuuroptoeame. De binnenste aluminium schaal zal minder opwarmen doordat deze thermische gescheiden is van de buitenste aluminium schaal. Hierdoor zal deze veel minder uitzetten. Door de vaste verbinding van beide aluminium schalen via de stegen zal het schuifraam beginnen kromtrekken. Dit fenomeen staat in de praktijk gekend als het bimetaal effect bij aluminium schuiframen.

Deze vervorming wordt het grootst als het schuifraam halfopen staat. Hierbij zit de schuifvleugel niet meer in het kader en zullen de profielen van het vaste en de schuivende vleugel elkaar niet meer ondersteunen. Hierdoor kunnen grote vervormingen optreden.

In Frankrijk worden tot op heden schuiframen in de openbare sector pas verkocht nadat deze het CSTB certificaat hebben behaald. Voor de verkoop aan particulieren is dit geen verplichting maar wint aan commerciële meerwaarde. Voor het behalen van de CSTB certificaat dient een schuifraam succesvol te sluiten bij een temperatuur van 60°C. Om te voldoen aan deze CSTB certificering, wordt in de praktijk een schuifraam voor een warmtebox geplaatst. Hierbij wordt deze opgewarmd tot 60 °C en wordt op dit punt geverifieerd of het schuifraam nog vlot gesloten kan worden.

II. Doelstellingen

Het doel van deze masterproef is onderzoek uit te voeren op het bimetaal effect bij aluminium schuiframen en hiervoor enkele oplossingen uit te werken om deze kromtrekking te verminderen. Om deze oplossingen te testen zal een opstelling nodig zijn.

Bij de start van de masterproef zal een testopstelling ontwikkeld worden. Van deze testopstelling zal een kostprijscalculatie uitgevoerd worden. Aan de hand van deze kostprijscalculatie zal bepaald worden indien deze opstelling gemaakt zal worden.

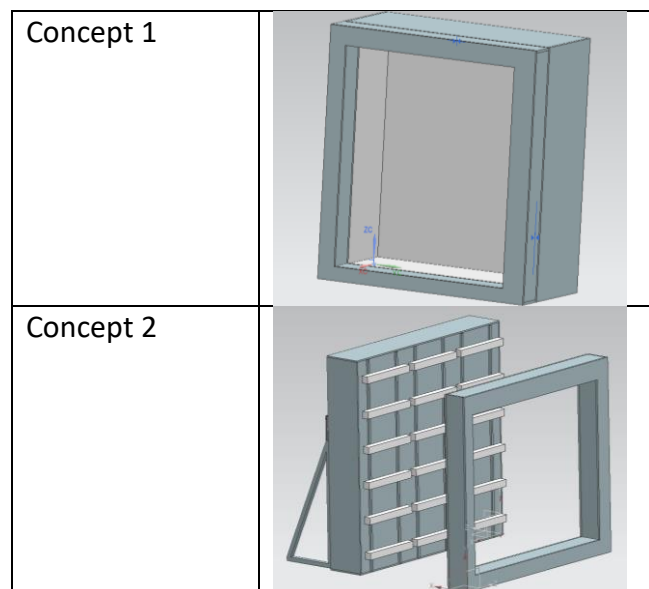
Om de kromtrekking door het temperatuurverschil te verminderen zal een theoretische studie uitgevoerd worden. In deze theoretische studie zal zowel de invloed van de beglazing en de profielen worden onderzocht. Deze invloed zal bepaald worden aan de hand van een eindige elementen analyse.

In de laatste fase van de masterproef zullen de verschillende praktische haalbare oplossingen geproduceerd worden. Deze zullen vervolgens getest worden met een testopstelling.

III. RESULTATEN

Bij de start van de masterproef werden enkele concepten voor een testopstellingen ontwikkeld. Deze concepten worden in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1: concepten testopstelling



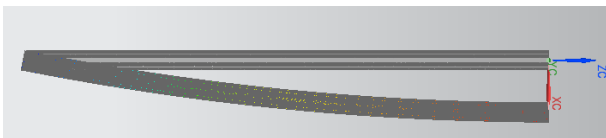
Hierbij wordt bij het eerste concept het schuifraam in een kader en vervolgens tegen een box gemonteerd. Deze box zal vanbinnen opgewarmd worden totdat het schuifraam een temperatuur van 60 graden Celsius bereikt. Op dit punt kan vervolgens geverifieerd worden als het schuifraam nog vlot gesloten kan worden. Doordat dit ontwerp enkel 1 afmeting van schuifraam kan testen, is een tweede concept ontwikkeld.

Bij het tweede concept wordt het schuifraam opnieuw in een kader gemonteerd, maar deze wordt voor een wand met infrarood stralers geplaatst. Via de infrarood stralers zal het schuifraam tot 60 graden Celsius opgewarmd worden. Hierbij wordt de straling van de zon het meest benaderd. Voor een ander type schuifraam zal wel een nieuw kader gemaakt moeten worden, de wand met de infrarood stralers kan opnieuw gebruikt worden.

Aangezien het opwarmen van een schuifraam veel vermogen vraagt en hiervoor veel infrarood stralers nodig zijn, is het financieel interessanter om de testen uit te voeren in het labo bouwfysica in Gent.

Door de uitbraak van het coronavirus, is het niet mogelijk om de verschillende oplossingen te testen. Om de verschillende oplossingen van de profielen en de beglazing op de schuifraamvleugel te onderzoeken, zullen deze gesimuleerd worden.

Uit de eindige elementen analyse van het vleugelprofiel is af te leiden dat door het temperatuurverschil tussen de 2 aluminium schalen, een grote vervorming op het aluminium kozijn optreedt. Deze vervorming is de oorzaak van het kromtrekken van een schuifraamvleugel. Figuur 2 geeft visueel de originele en vervormde vleugelprofiel weer.



Figuur 2: Kromtrekking aluminium profiel

Op basis van het origineel vleugelprofiel, kunnen verschillende varianten aangemaakt worden. Tabel 2 geeft weer welke varianten een beter, zelfde of slechter resultaat geven t.o.v. het origineel profiel.

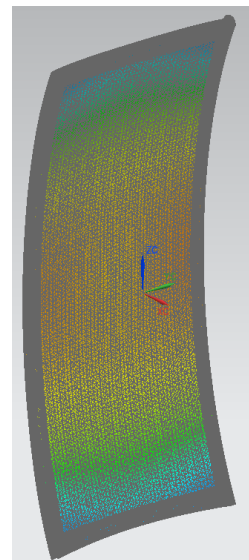
Tabel 2: Invloed verandering

Beter
<ul style="list-style-type: none"> - Kortere steeg bij dezelfde vleugeldiepte - Minder vast inrollen - Bimetaal stegen - Aluminium legering met kleinere uitzettingscoëfficiënt - Aluminium kozijnen met grotere vleugeldiepte - 5 kamer profielen - Externe verstijver
Geen invloed
<ul style="list-style-type: none"> - Bredere aluminium kozijnen - Vorm steeg
Slechter
<ul style="list-style-type: none"> - Grotere afmetingen - Donkere kleuren - Kleinere aluminium kamers - Beter isolatiewaarde steeg

De vervormingen van beglazing zijn beschreven via de inwendige belasting. Hierbij vervormt de beglazing naargelang de drukverandering in de spouw. Bij een ongelijkheid tussen de in- en uitwendige druk van isolerende beglazing zal deze vervormen. Deze drukveranderingen worden veroorzaakt door temperatuursveranderingen, hoogteverschillen en verschil van uitwendige druk

tussen de plaats van productie en de plaats van montage. De vervorming door de temperatuuroename van de glasplaten worden door verschillende glasfabrikanten verwaarloosd. De invloed hiervan is onderzocht via een eindige elementen analyse. Uit de eindige elementen analyse blijkt dat de uitzetting van de glasplaten door een temperatuuroename voornamelijk door de afsluitingen wordt opgevangen. Hierdoor zal de beglazing bijna niet kromtrekken.

Uit de eindige elementen analyse van de schuifraamvleugel is te besluiten dat de kromtrekking van het schuifraam voornamelijk komt door het aluminium kader. De beglazing zal de grote van de kromtrekking van het aluminium kader reduceren. Figuur 3 geeft de vervormde schuifvleugel weer.



Figuur 3: Bimetaal effect bij aluminium schuiframen

Op basis van het model zijn verschillende oplossingen gesimuleerd. Hieruit blijkt dat de dikte van de beglazing een grote invloed heeft op de kromtrekking van de schuifraamvleugel door een temperatuurverschil. Ook zorgen externe verstijvers, het losser inrollen van de stegen en bimetaal stegen voor een verminderde doorbuiging. Schuiframen met een grotere vleugeldiepte of 5 kamer profielen zullen ondanks de betere thermische isolatie een beter resultaat geven op het bimetaal effect.

IV. BESLUIT

Ondanks de complexiteit van het onderzoek op het bimetaal effect bij aluminium schuiframen, zijn alle doelstellingen gehaald. Op basis van verschillende simulaties, is een verhelderend document opgesteld omtrent de verschillende invloeden van het kromtrekken van een aluminium schuifraam. Grondiger onderzoek naar het inrollen en het uitvoeren van verschillende praktische testen in de toekomst kan dit document vervolledigen.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	1
1.1.	Situering	2
1.2.	Probleemstelling	2
1.3.	Doelstellingen	2
2	SCHUIFRAAM.....	3
2.1.	Monorail, duorail en trirail schuifraam	3
2.2.	Opbouw schuifraam	4
2.3.	Probleem bimetaal effect.....	4
3	BIMETAAL EFFECT BIJ ALUMINIUM SCHUIFRAMEN	5
3.1.	Thermische expansie.....	5
3.2.	Bimetaal effect	6
3.3.	Bimetaal effect bij aluminium schuiframen	6
4	WARMTEOVERDRACHT	8
4.1.1.	Warmtetransport door geleiding	8
4.1.2.	Warmtetransport door convectie	9
4.1.3.	Warmtetransport door straling.....	10
5	PROFIEL	11
5.1.	Extrusie.....	11
5.2.	Inrollen	11
5.3.	Controle inrollen	12
6	BEGLAZING	13
6.1.	Geschiedenis beglazing	13
6.2.	Productieproces van vlakglas	13
6.3.	Coating	14
6.4.	Gelaagde beglazing	14
6.5.	Opbouw dubbele beglazing.....	16
6.6.	Energetische kenmerken beglazing.....	17
6.6.1.	Warmtedoorgangscoefficiënt	17
6.6.2.	Energiefactoren.....	18
6.6.3.	Lichtfactoren	19
6.7.	Temperatuur in isolerende beglazing	20
6.8.	Belastingen beglazing.....	21
6.8.1.	Wind belasting	21
6.8.2.	Inwendige belasting in isolerende beglazing	21
6.8.3.	Uitzetting glasbladen.....	22

7	EINDIGE ELEMENTEN ANALYSE.....	23
7.1.	Eindige elementen methode.....	23
7.1.1.	Verkrijgen geometrie	24
7.1.2.	Idealiseren geometrie	24
7.1.3.	Discretiseer geometrie & definieer materialen	24
7.1.4.	Aanbrengen belastingen & opleggingen	24
7.1.5.	Oplossen & evalueren	24
8	STUDIE VLEUGELPROFIEL.....	25
8.1.	Doel	25
8.2.	Idealisering	25
8.3.	Mesh.....	25
8.4.	Analyse type.....	26
8.4.1.	Thermische simulatie	26
8.4.2.	Structurele simulatie	28
8.5.	Varianten profiel	29
8.5.1.	Lengte profiel	30
8.5.2.	Opvullen luchtkamers	30
8.5.3.	Verbreden profiel	31
8.5.4.	Versmallen exterieur- en verbreden interieurkamer	32
8.5.5.	Steeglengte bij dezelfde vleugeldiepte	32
8.5.6.	Vorm steeg	33
8.5.7.	Anti bimetaal stegen	34
8.5.8.	Materiaal steeg	35
8.5.9.	Inroldruk verminderen	35
8.5.10.	Exterieur in ander aluminium legering.....	36
8.5.11.	Bredere luchtkamers.....	36
8.5.12.	Langere steeg bij dieper profiel	37
8.5.13.	QUARTZ 125	38
8.5.14.	5 kamer profiel.....	38
8.5.15.	Externe verstijvers.....	39
9	STUDIE ISOLERENDE BEGLAZING.....	40
9.1.	Doel	40
9.2.	Idealisering	40
9.3.	Mesh.....	40
9.4.	Randvoorwaarden.....	41
9.5.	Resultaten	42
10	STUDIE SCHUIFRAAM VLEUGEL.....	44
10.1.	Doel	44
10.2.	Resultaat aluminium kader	44
10.3.	Resultaat schuifvleugel	45
10.4.	Oplossingen.....	46
11	TESTOPSTELLINGEN.....	48

11.1. Vereisten testopstelling	48
11.2. Opstelling	48
11.2.1. 1 ^{ste} concept testopstelling.....	48
11.2.2. 2 ^{de} concept testopstelling	49
11.3. Berekenen vermogen voor opstelling	50
11.4. Warmte elementen	51
11.4.1. Infraroodstraling	51
11.4.2. Korte golf infrarood straler	51
11.4.3. Midden golf infrarood straler.....	51
11.4.4. Lange golf infrarood straler.....	52
11.4.5. Keuze infrarood straler	52
12 DUURZAAMHEID	53
13 BESLUIT.....	54
14 LITERATUURLIJST	56
15 BIJLAGE 1: ENERGETISCHE KENMERKEN BEGLAZING	58
16 BIJLAGE 2: TEMPERATUUR BEREKENINGEN ISOLERENDE BEGLAZING.....	59
17 BIJLAGE 3: WINDBELASTING ISOLERENDE BEGLAZING.....	61
18 BIJLAGE 4: INWENDIGE BELASTING BEGLAZING.....	63
19 BIJLAGE 5: SIMULATIES KROMTREKKING GLAS	65
20 BIJLAGE 6: VERIFICATIE SIMULATIES VLEUGELPROFIEL.....	67
20.1. Verificatie temperatuurverloop profiel.....	67
20.2. Verificatie doorbuiging aluminium profiel door een temperatuurverschil.....	68
21 BIJLAGE 7: KOSTPRIJSBEREKENING OPSTELLING	69
22 BIJLAGE 8: EPLAN DOSSIER.....	71

Lijst van tabellen, figuren

Tabellen

3-1	Uitzettingscoëfficiënt van verschillende materialen bij 20°C	5
4-1	Waarden voor de inwendige warmteovergangcoëfficiënt	9
6-1	Equivalente dikte gelaagde beglazing	15
6-2	Temperatuur in dubbele beglazing	20
8-1	Invloed van de lengte	30
8-2	Invloed opvullen interieur kamer	31
8-3	Invloed opvullen exterieur kamer	31
8-4	Invloed verbreden profiel	31
8-5	Invloed bredere interieur en smallere exterieur kamer	32
8-6	Invloed lengte van de steeg	33
8-7	Invloed vorm steeg	33
8-8	Invloed anti bimetaal stegen	34
8-9	Invloed materiaal steeg	35
8-10	Invloed inroldruk	35
8-11	Invloed aluminiumlegering	36
8-12	Invloed grotere interieur kamer	36
8-13	Invloed grotere exterieur kamer	37
8-14	Invloed langere steeg	37
8-15	Invloed QUARTZ profiel	38
8-16	Invloed 5 kamer profiel	39
8-17	Invloed verstijver	39
9-1	Klimaat belasting isolerende beglazing	42
9-2	Kromtrekking isolerende beglazing	43
10-1	Resultaten simulaties van oplossingen op de schuifvleugel	46

Figuren

1-1	Ligging Flandria Aluminium	1
1-2	Bromfiets Flandria	1
2-1	Duorail schuifraam	3
2-2	Doorsnede schuifvleugel	4
3-1	Bimetaal effect	6
3-2	Visuele voorstelling bimetaal effect bij aluminium schuiframen	6
3-3	Test bimetaal effect	7
4-1	Drie vormen van warmtetransport	8
4-2	Temperatuurverloop samengestelde wand	8
5-1	Extrusie	11
5-2	Inrolmachine	11
5-3	Verschillende type systemen	12
6-1	Productieproces van vlakglas	13
6-2	Coating	14

6-3	Gelaagd glas	15
6-4	Breuk bij normale en gelaagde beglazing	15
6-5	Doorsnede dubbelglas	16
6-6	Warmtedoorgangscoefficiënt van verschillende type beglazingen	17
6-7	Energiefactoren	18
6-8	Lichtfactoren	19
6-9	Windbelasting	21
6-10	Invloed spouwdruk	21
7-1	Werkwijze eindige elementen methode.....	23
8-1	Vleugelprofiel.....	25
8-2	Gemeshte vleugelprofiel.....	26
8-3	Thermische randvoorwaarden vleugelprofiel.....	27
8-4	Resultaat thermische simulatie	27
8-5	Structurele randvoorwaarden profiel	28
8-6	Resultaten structurele simulatie.....	29
8-7	Opvullen luchtkamers	30
8-8	Verbreden profiel.....	31
8-9	Versmallen exterieur- en verbreden interieurkamer	32
8-10	Lengte van de steeg	32
8-11	Bredere luchtkamers	36
8-12	Langere steeg.....	37
8-13	QUARTZ vleugelprofiel.....	38
8-14	5 kamer profiel.....	38
8-15	Externe verstijving.....	39
9-1	Geïdealiseerde beglazing	40
9-2	Gemeshte beglazing.....	41
9-3	Randvoorwaarden beglazing	41
10-1	Kromtrekking aluminium kader	44
10-2	Kromtrekking schuifvleugel	45
11-1	1 ^{ste} concept testopstelling.....	48
11-2	2 ^{de} concept testopstelling	49
11-3	Infraroodspectrum.....	51
11-4	Type verwarmingsselement	52

Lijst met afkortingen

C

CAD	Computer-Aided design
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

E

e.e.m.	Eindige elementen methode
EN	Europese norm
EPDM	Ethyleen-Propyleen-Dieen-Monomeer

I

ISO	Internationale Organisatie voor Standaardisatie
-----	---

L

Low-e	Lage energie
-------	--------------

N

NBN	Bureau voor normalisatie
NF	Norme Française

W

WTCB	Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
------	--

1 Inleiding

De masterproef “bimetaal effect bij aluminium schuiframen” beschrijft de kromtrekking van aluminium schuiframen door een temperatuurverschil tussen de buiten en binnenkant. Deze masterproef wordt uitgevoerd voor de firma Flandria Aluminium. Flandria Aluminium is een familiebedrijf gevestigd in het noorden van Frankrijk (figuur 1-1) die al 4 generaties lang bouwt aan een verhaal.



Figuur 1-1 Ligging Flandria Aluminium

Flandria aluminium extrudeert *custom made* aluminium profielen voor allerlei toepassingen in de bouw-, industrie-, transport- en hobbysector. Daarnaast ontwerpt Flandria moduleerbare profielen en accessoires bestemd voor de bouw van aluminium ramen en deuren tot woonuitbreidingen aanpasbaar aan elk type huis of constructie.

Oorspronkelijk produceerde Flandria bromfietsen (figuur 1-2) te Zedelgem met vestigingen onder andere in het noorden van Frankrijk. In de jaren '70 heeft het bedrijf zich omgevormd tot aluminium extrudeur en heeft hierbij enkel zijn vestiging in het noorden van Frankrijk behouden.



Figuur 1-2 Bromfiets Flandria

Flandria Aluminium telt vandaag 180 werknemers en heeft een zakencijfer van 50 miljoen euro met klanten over heel Frankrijk, België, Nederland en Polen.

Zij transformeren aluminium om de realisaties van hun klanten waar te maken, met de focus op continuïteit, duurzaamheid en engagement waarbij de klant centraal staat.

1.1. Situering

In Frankrijk worden tot op heden schuiframen in de openbare sector pas verkocht nadat deze een CSTB certificaat hebben behaald. Bij de verkoop aan particulieren is dit geen verplichting maar wint aan commerciële meerwaarde. Voor het behalen van de CSTB certificaat in Frankrijk dient een schuifraam succesvol te sluiten bij een temperatuur van 60°C. Om te voldoen aan deze CSTB certificering, wordt een schuifraam voor een warmtebox geplaatst. Hierbij wordt deze opgewarmd tot 60 °C en wordt op dit punt geverifieerd of het schuifraam nog vlot gesloten kan worden.

1.2. Probleemstelling

Het kromtrekken van een schuifraam door de hoge temperatuurverschil, wordt het bimetaal effect bij aluminium schuiframen genoemd. Hierbij zijn in de praktijk voorbeelden gekend, waarbij schuiframen tot 1 cm kunnen kromtrekken. Bij deze grote vervorming wordt vastgesteld dat veel meer wrijving optreedt bij het schuiven van de vleugel en deze ook niet meer gesloten kan worden.

1.3. Doelstellingen

Het algemeen doel van deze masterproef is om onderzoek uit te voeren op de vervorming van schuiframen door een temperatuurverschil. Dit onderzoek kan als volgt opgesplitst worden:

1. Literatuurstudie:
In deze fase zal een studie uitgevoerd worden naar wat in de literatuur gekend is omtrent het bimetaal effect bij aluminium schuiframen.
2. Factoren van kromtrekking:
Vooraleer naar oplossingen kan gezocht worden voor de kromtrekking van het schuifraam, zal in deze fase onderzocht worden wat de invloed van de verschillende factoren zijn op de kromtrekking van het schuifraam. Zo zal in deze fase de beglazing en de aluminium profielen onderzocht worden.
3. Oplossingen voor de kromtrekking
Nadat de factoren gekend zijn, zal aan de hand van simulaties naar oplossingen voor het bimetaal effect gezocht worden.
4. Testopstelling
Om deze oplossingen te kunnen testen, zal nood zijn aan een testopstelling. In deze masterproef zullen enkele concepten voor de testopstelling uitgewerkt worden. Indien het finaal concept van de testopstelling praktisch en financieel haalbaar is, zal deze gemaakt worden.
5. Testen
De praktische en financieel haalbare oplossingen voor het bimetaal effect zullen uitgewerkt worden en getest worden met een bestaande of zelfgemaakte opstelling.

2 Schuifraam

Schuiframen zijn een ideale oplossing om een overgang te maken van de woning naar de buitenomgeving. Hierbij wordt bijna geen ruimte verloren en wordt het zonlicht in de woning binnengehaald. Schuiframen kunnen in verschillende materialen geproduceerd worden. Flandria Aluminium produceert enkel schuiframen uit aluminium. De voordelen van aluminium schuiframen ten opzichte van houten of PVC schuiframen, zijn dat deze bijna geen onderhoud vragen en geproduceerd kunnen worden in slanke en stijlvolle constructies. Het grote nadeel van schuiframen uit aluminium, is dat deze een slechtere isolatiewaarde hebben.

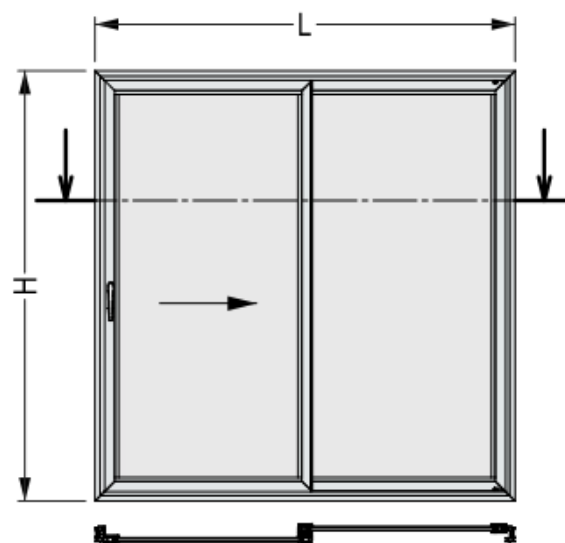
Om het probleem van de slechte isolatiewaarde op te lossen worden twee of meerdere aluminium geëxtrudeerde schalen van elkaar gescheiden via isolatoren. Deze isolatoren worden in het vakjargon stegen genoemd. Deze stegen worden in de aluminium schalen ingerold. Hierbij worden aluminium kozijnen bekomen. Vervolgens worden 4 aluminium kozijnen en een beglazing samengevoegd tot een vleugel.

Schuiframen kunnen opgebouwd worden uit meerdere vleugels. Bij schuiframen met twee vleugels wordt 1 vleugel gefixeerd, deze wordt de vaste vleugel genoemd. De andere vleugel kan schuiven en wordt de schuifvleugel genoemd. Schuiframen kunnen in verschillende uitvoeringsvormen geproduceerd worden. De 3 uitvoeringsvormen van schuiframen zijn monorail, duorail en trirail.

2.1. Monorail, duorail en trirail schuifraam

Een monorail schuifraam combineert een vaste beglazing en een schuifvleugel. Hierbij zorgt de vaste glaspartij voor een strakke en minimalistische uitzicht, deze heeft een totaal ander uitzicht dan de schuivende vleugel. Het voordeel van deze uitvoeringsvorm is dat dunnere raamprofielen kunnen gebruikt worden. Ook laat dit type schuifraam door deze dunnere raamprofielen meer zonlicht binnen.

Bij een duorial schuifraam (figuur 2-1) zal de vaste vleugel, hetzelfde worden uitgewerkt als de schuifvleugel. In tegenstelling van de schuifvleugel zal deze gefixeerd worden. Het grote voordeel van dit type schuifraam is dat deze een symmetrische opbouw bevat.



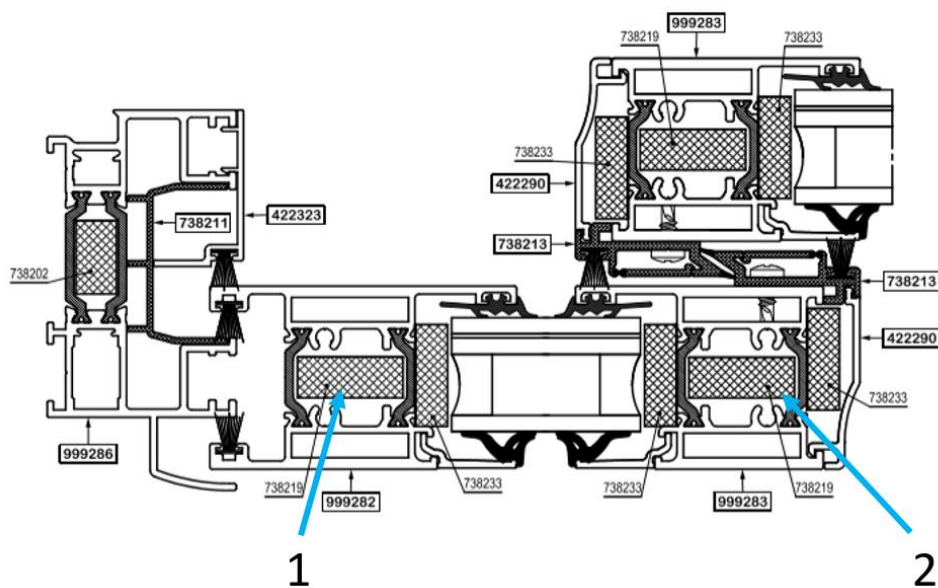
Figuur 2-1 Duorail schuifraam

Een trirail uitvoering is geschikt voor brede raampartijen. Door de derde rail kan een extra schuivende vleugel toegevoegd worden. Deze kan op zijn beurt over eerste vleugel schuiven. Het grote voordeel van deze uitvoering is dat twee derde van de raamoppervlakte geopend kan worden.

In deze masterproef zal onderzoek uitgevoerd worden op de duorail schuifraam van de GRAPHITE reeks.

2.2. Opbouw schuifraam

Op figuur 2-2 wordt een doorsnede van de schuifvleugel weergegeven. Deze is opgebouwd uit veiligheidsbeglazing die via EPDM dichtingen worden ondersteund door 2 verticale aluminium profielen. Hierbij wordt het linkse profiel die in het aluminium kader kan geschoven worden het vleugelprofiel genoemd (zie 1). Het rechtse profiel die de overlap maakt met de vaste vleugel wordt de chicane genoemd (zie 2).



Figuur 2-2 Doorsnede schuifvleugel

2.3. Probleem bimetaal effect

Het probleem van het bimetaal effect bij aluminium schuifraam wordt ervaren bij de schuivende vleugel. Hierbij wordt vastgesteld dat deze niet wrijvingsloos meer kan schuiven of gesloten worden. Dit probleem komt het vaakst voor op warme zomerdagen, waarbij de schuivende vleugel halfopen staat. Hierbij wordt deze niet meer ondersteund door het aluminium kader en de vaste vleugel. Hierdoor kan deze enkele millimeters kromtrekken. Om deze kromtrekking te verminderen zal zowel de invloed van de beglazing en de profielen worden onderzocht. Voordat deze kunnen onderzocht worden, zullen eerst enkele theoretische begrippen toegelicht worden.

3 Bimetaal effect bij aluminium schuiframen

3.1. Thermische expansie

De meeste materialen expanderen bij verhitting en krimpen bij afkoeling. De mate van het uitzetten of krimpen is afhankelijk van het materiaal. Uit experimenten is vastgesteld dat de verandering in lengte van bijna alle materialen tot op een benadering recht evenredig is met de verandering van de temperatuur, de oorspronkelijke lengte en de uitzettingscoëfficiënt. Deze verandering van lengte kan berekend worden met formule (3.1) [1].

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

Met: Δl = lengte verandering [m]
 α = uitzettingscoëfficiënt [$1/^\circ\text{C}$]
 l_0 = oorspronkelijke lengte [m]
 ΔT = temperatuursverandering [K]

De lineaire uitzettingscoëfficiënt α is een materiaal afhankelijke eigenschap. Enkele veel gebruikte uitzettingscoëfficiënten bij 20°C zijn weergegeven in tabel 3-1 [1].

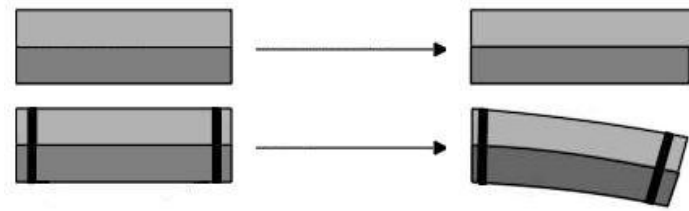
Tabel 3-1 Uitzettingscoëfficiënt van verschillende materialen bij 20°C

Materiaal	Lineaire uitzettingscoëfficiënt α ($^\circ\text{C}^{-1}$)
Aluminium	$25 \cdot 10^{-6}$
Staal	$12 \cdot 10^{-6}$
Messing	$19 \cdot 10^{-6}$
Koper	$17 \cdot 10^{-6}$
Goud	$14 \cdot 10^{-6}$
Glas	$9 \cdot 10^{-6}$
Lood	$29 \cdot 10^{-6}$
Beton	$12 \cdot 10^{-6}$

De waarden voor de lineaire uitzettingscoëfficiënt α zijn experimenteel bepaald bij een temperatuur van 20°C . In werkelijkheid zijn deze waarden geen constanten, maar afhankelijk van de temperatuur. In de studie van het bimetaal effect bij aluminium schuiframen zijn de temperatuurvariaties klein en mogen de lineaire uitzettingscoëfficiënten als constanten beschouwd worden.

3.2. Bimetaal effect

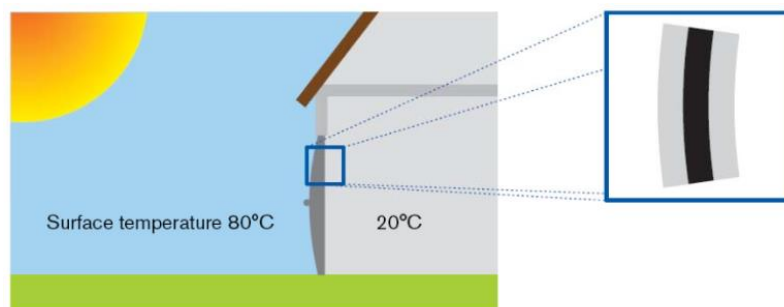
Een bimetaal bestaat uit 2 metalen strips die gemaakt zijn uit 2 verschillende materialen met verschillende uitzettingscoëfficiënten. Deze worden vervolgens met elkaar verbonden, zodat tussen beide bijna of geen verschuiving optreedt. In normale toestand zijn beide strips even lang. Wanneer een temperatuurstijging of daling optreedt, zullen beide materialen uitzetten of krimpen naargelang hun uitzettingscoëfficiënt. Doordat beide strips een verschillende uitzettingscoëfficiënt hebben, zal de lengte van beide niet meer identiek zijn. Door de verbinding en de verandering in lengte, zullen beide strips kromtrekken. Dit wordt geïllustreerd op figuur 3-1 [2].



Figuur 3-1 Bimetaal effect

3.3. Bimetaal effect bij aluminium schuiframen

Net zoals elk materiaal zet aluminium ook uit bij een temperatuurstijging. Deze is recht evenredig met de temperatuurstijging. Bij een aluminium profiel zijn 2 aluminium schalen via stegen (isolator) met elkaar verbonden. Hierdoor zijn deze thermisch sterk van elkaar gescheiden en kan een temperatuurverschil tussen beide optreden. Wanneer de zon op het schuifraam schijnt, zal de buitenste aluminium schaal opwarmen. Door deze opwarming zal deze schaal lineair uitzetten naargelang de temperatuurstijging. De binnenste aluminium schaal zal veel minder opwarmen en hierdoor veel minder uitzetten. Door de starre verbinding van beide aluminium schalen via de stegen zal het schuifraam beginnen kromtrekken. Dit wordt geïllustreerd op figuur 3-2 [3].



Figuur 3-2 Visuele voorstelling bimetaal effect bij aluminium schuiframen

In extreme gevallen kan de temperatuur in de buitenste aluminium schaal oplopen tot 80 graden. Hierbij is de buitenste aluminium schaal veel warmer dan de binnenste. De buitenste aluminium schaal zet veel meer uit en vervolgens zal het aluminiumprofiel naar buiten kromtrekken. Dit kan ook uit bovenstaande afbeelding afgeleid worden. In tegenstelling met de definitie van een bimetaal, is een aluminium schuifraam niet opgebouwd uit 2 metalen strips die gemaakt zijn uit 2 verschillende materialen. Toch staat dit fenomeen in de praktijk gekend als het bimetaal effect bij aluminium schuiframen.

In Frankrijk worden tot op heden schuiframen in de openbare sector pas verkocht nadat deze het CSTB certificaat hebben behaald. Bij de verkoop aan particulieren is dit geen verplichting. Dit certificaat wordt pas behaald als het schuifraam vlot kan sluiten bij 60 graden Celsius. Hierop worden in de praktijk veel testen uitgevoerd. Figuur 3-3 heeft een test weer waarop een vervormde schuifraam staat afgebeeld. De rode pijlen geven de vervorming weer.



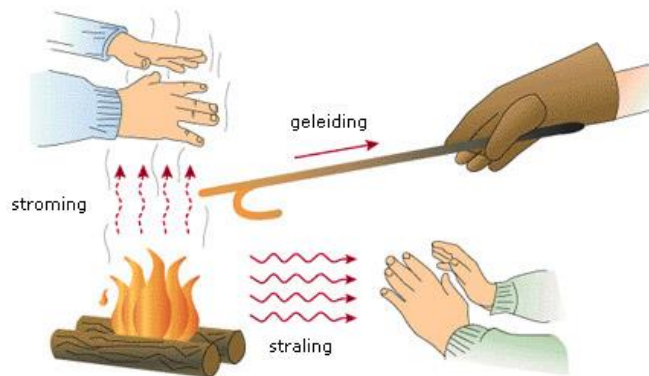
Figuur 3-3 Test bimetaal effect

Deze vervorming wordt het grootst als het schuifraam halfopen staat. Hierbij zit de schuifvleugel niet meer in het kader en zullen de profielen van het vaste en de schuivende vleugel elkaar niet meer ondersteunen.

Belangrijk om op te merken is dat het bimetaal effect een tijdelijk probleem is. Van zodra dat het temperatuurverschil weer weg is, zal het schuifraam zijn normale vorm terug aannemen. Doordat dit probleem voor tijdelijke hinder zorgt, wordt hiervoor naar oplossingen gezocht.

4 Warmteoverdracht

Bij de latere studie en simulaties van de beglazing en de aluminium profielen, zullen verschillende temperatuurverlopen berekend worden. Hiervoor moet rekening gehouden worden met de 3 vormen van warmtetransport. Deze drie warmtetransporten zijn: geleiding, stroming of convectie en straling. Figuur 4-1 geeft deze drie vormen van warmtetransport via een eenvoudig voorbeeld weer.

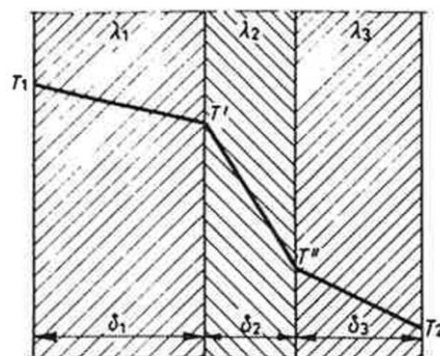


Figuur 4-1 Drie vormen van warmtetransport

4.1.1. Warmtetransport door geleiding

Bij geleiding wordt energie overgedragen door middel van rechtstreeks contact. Hierbij stroomt de warmte met de hogere kinetische energie (hoge temperatuur) naar de lagere kinetische energie. Deze warmtestroom is afhankelijk van het temperatuurverschil en de interne weerstand tegen warmtestroom van het materiaal.

Wanneer het temperatuurverloop doorheen een object niet meer verandert gedurende de tijd, is de stationaire toestand bereikt. Het temperatuurverloop van een samengestelde lichaam in stationaire toestand door geleiding wordt weergegeven op figuur 4-2.



Figuur 4-2 Temperatuurverloop samengestelde wand

De warmtestroom en vervolgens de verschillende temperaturen in een samengesteld lichaam kunnen berekend worden met formule (4.1) [4].

$$q = \frac{T_2 - T_1}{\sum \frac{d}{\lambda}} \quad (4.1)$$

Met: q = warmtestroom [W]
 T_1, T_2 = temperatuur [°C]
 d = dikte [m]
 λ = warmtegeleidingscoëfficiënt [W/mK]

4.1.2. Warmtetransport door convectie

Bij warmtetransport door convectie wordt de energie overgedragen via het verplaatsen van een warme vloeistof of gas. Hierbij neemt de vloeistof of gas de energie op om vervolgens ergens anders weer af te geven. Bij deze warmtetransport treedt het transport op over een grote afstand. De mate waarbij de stroming wordt meegevoerd wordt uitgedrukt door de warmteovergangscoefficiënt.

Bij een schuifraam is de relevante fluïdum lucht (binnen- en buitenomgeving, spouwen) en wordt opgedeeld op basis van:

- Uitwendige stroming: het stromingskanaal ligt niet vast (constructieoppervlak)
- Inwendige stroming: het stromingskanaal ligt vast (luchtsouw)

De uitwendige convectieve warmteovergangscoefficiënt h_{ce} is afhankelijk van de stromingsnelheid van het fluïdum, de aard van de stroming en de fluïdumeigenschappen. Deze is in werkelijkheid geen constante. Bij warmteverliesberekeningen mag deze wel constant beschouwd worden. De norm EN ISO 6946:2017 [5] beschrijft de waarden van inwendige warmteovergangscoefficiënt via tabel 4-1.

Tabel 4-1 Waarden voor de inwendige warmteovergangscoefficiënt

Convective surface coefficient	Direction of heat flow		
	Upwards	Horizontal	Downwards
$m^2 \cdot K/W$			
h_{ci}	5,0	2,5	0,7

De norm EN ISO 6946:2017 [5] beschrijft ook de waarde van de uitwendige warmte-overgangscoefficiënt via formule (4.2).

$$h_{ce} = 4 + 4 \cdot v \quad (4.2)$$

Met: h_{ce} = uitwendige warmteovergangscoefficiënt [m^2K/W]
 v = windsnelheid aan het oppervlak [m/s]

Aangezien de uitwendige warmteovergangscoefficiënt afhankelijk is van de wind, is deze moeilijk in te schatten. In de norm EN ISO 6946:2017 [5] wordt de uitwendige warmteovergangscoefficiënt h_{ce} dan ook gelijk gesteld aan 25.

4.1.3. Warmtetransport door straling

De laatste warmtetransport tussen lichamen met verschillende temperatuur is straling. Bij straling wordt de energie overgedragen door elektromagnetische golven zoals infraroodstraling. Bij deze vorm van warmtetransport is geen contact met de warmtebron nodig, deze warmtetransport kan zelf door vacuüm.

De hoeveelheid stralingsenergie die een lichaam uitstraalt is alleen afhankelijk van de temperatuur van het lichaam, het soort lichaam en de structuur van het oppervlak. De warmtestroom is afhankelijk van het aantal en soort objecten die in de buurt zijn. Bij bouwconstructies kan de warmtestroom en de warmteovergangscoefficiënt voor binnen en buitenomgeving geschreven worden door de formules (4.3) en (4.4) [4].

$$q_r = h_r \cdot (T_2 - T_1) \quad (4.3)$$

$$h_r = \sigma \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot f_t \quad (4.4)$$

Met: q_r = warmtestroom [W]

h_r = warmte-overgangscoefficiënt [$m^2 \cdot K/W$]

T_1, T_2 = temperatuur [$^{\circ}C$]

$\sigma = 5,67 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, de constante van Stefan-Boltzmann

ε = emissiefactor

f_t = temperatuurcorrectiefactor

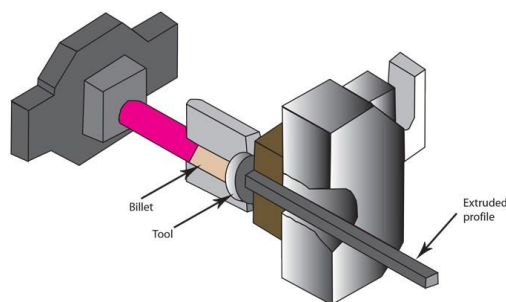
Bij formule (4.4) zijn 2 grootheden nog niet gekend om de warmteovergangscoefficiënt te berekenen. De eerste grootheid is de temperatuurcorrectiefactor f_t . De temperatuurcorrectiefactor geeft de linearisatie tussen de stralingswarmte en de temperatuur weer. Deze factor is bij kamertemperatuur ($20^{\circ}C$) gelijk aan 1,0 en is bij het vriespunt gelijk aan 0,82. De tweede grootheid die nog niet gekend is de emissiefactor. In tabellen kan een richtwaarde voor de emissiefactor voor verschillende materialen worden teruggevonden. Echter worden bij thermische berekeningen in de meeste programma's voor de emissiefactoren van zowel de koude en warme zijde van een luchtholte de waarde 0,9 ingesteld.

5 Profiel

Vooraleer naar oplossingen voor het bimetaal effect gezocht kan worden, is het belangrijk om de manier van productie van aluminium kozijnen te kennen. Deze wordt hieronder kort toegelicht.

5.1. Extrusie

De eerste stap bij het fabriceren van aluminium profielen is extrusie. Aluminium extrusie is een proces waarbij een cilindrische blok aluminium wordt voorverwarmd tot 450-500 graden Celsius en vervolgens onder grote druk door de opening van een matrijs wordt geperst. Hierdoor neemt het aluminium de vorm van de matrijs aan. Bij het verlaten van de matrijs wordt het aluminium profiel gekoeld met water of lucht zodat alle spanningen worden verwijderd. Dit proces wordt geïllustreerd op figuur 5-1 [6].



Figuur 5-1 Extrusie

Extrusie is een eenvoudig en goedkoop proces. Bij het veranderen van de matrijs kunnen andere vormen geëxtrudeerd worden.

Door het toevoegen van adjectieven aan aluminium worden aluminiumlegeringen bekomen. Niet alle aluminiumlegeringen kunnen geëxtrudeerd worden. Bij de keuze van de aluminiumlegering voor schuiframen moet rekening gehouden met dit criterium. Daarnaast moet ook rekening gehouden worden met de eigenschappen van de legering. Standaard worden de profielen gemaakt uit de aluminiumlegering 6060.

5.2. Inrollen

Na het extruderen van de aluminium schalen, kunnen deze met elkaar verbonden worden via stegen. Deze procedure wordt inrollen genoemd. Het inrollen gebeurt via een inrolmachine (figuur 5-2).



Figuur 5-2 Inrolmachine

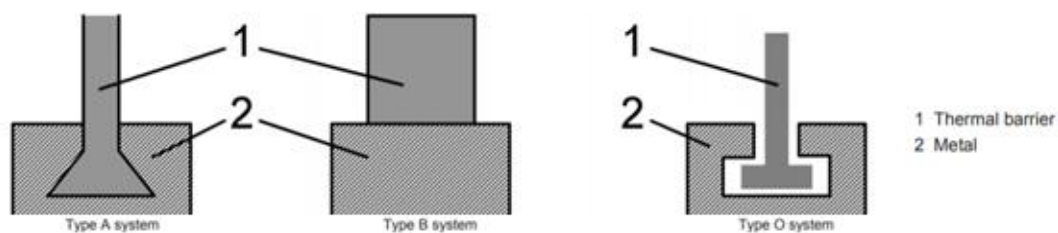
Het inrollen van de stegen in de aluminium schalen bestaat uit 3 stappen:

- 1) Aanbrengen van een karteling aan de aluminium schalen.
- 2) Stegen in de aluminium schalen schuiven
- 3) Onder grote druk inrollen van de stegen in de aluminium inroltanden

Bij deze procedure zijn de eerste en de derde stap heel belangrijk. Bij de eerste stap moet de karteling goed aangebracht worden. Indien deze niet goed wordt aangebracht zal in de laatste stap geen goede verbinding tussen de aluminium schaal en steeg gemaakt kunnen worden. De laatste stap bepaalt de sterkte van de verbinding. Via het instellen van de druk wordt bepaald hoe hard de steeg in de aluminium vertanding wordt geduwd. Bij een hoge inroldruk zal een goede verbinding gecreëerd worden tussen de steeg en de aluminium schaal en zal geen speling op beide zitten. Bij een lage inroldruk zal de verbinding tussen de steeg en de aluminium schaal minder goed zijn. Hierbij kunnen deze mogelijks ten opzichte van elkaar schuiven. De sterkte van de verbinding moet volgens de norm NF EN 14024 [7] bij fabricage gecontroleerd worden.

5.3. Controle inrollen

Na het inrollen van de aluminium profielen, moeten deze volgens de norm NF EN 14024 [7] bij productie getest worden op schuifsterkte. Hierbij schrijft de norm voor dat van het ingerolde aluminium profiel een lengte van 100 mm moet afgezaagd worden. Vervolgens moet deze getest worden op afschuiving. De norm specificeert 3 verschillende type systemen. Deze verschillende types worden weergegeven op figuur 5-3.



Figuur 5-3 Verschillende type systemen

Naargelang het type moet de aluminium kozijnen op een andere afschuivingswaarde getest worden. Standaard test Flandria Aluminium hun aluminium kozijnen volgens het type A. De norm specificeert dat de schuifsterkte van type A moeten voldoen aan vergelijking (5.1) [8].

$$\alpha \cdot (T_{moy} - 2,02 \cdot S) \geq 24 \quad (5.1)$$

Met: α = verliesfactor door veroudering = 0,8
 T_{moy} = gemiddelde schuifsterkte waarde van 10 metingen
 S = standaarddeviatie waarbij $2,02S = 10$ N/mm (waarde uit experimenten)

Uit deze vergelijking kan afgeleid worden dat bij een eenmalige meting, het aluminium profiel een afschuifsterkte van 40 N/mm moet weerstaan. Deze waarde wordt momenteel ook bij de productie getest.

Het verschil tussen type A en O is de mate waarin het systeem ontworpen is om schuifspanning op te vangen. Bij type O mag de fabrikant zelf kiezen op welke afschuiving de kozijnen worden getest. Praktisch geldt geen verschil in uitvoering tussen beide. Enkel de inroldruk is verlaagd zodat het aluminium profiel niet meer voldoet aan type A.

6 Beglazing

6.1. Geschiedenis beglazing

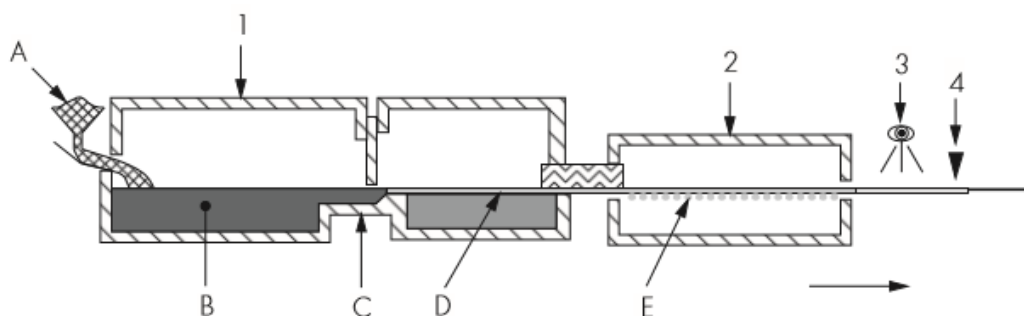
De productie van glas is een oud proces dat dateert uit ongeveer 5000 voor Christus. In oude Egyptische en Romeinse sites werden glaskralen ontdekt. Deze lagen aan de basis van een lange traditie aan teken- en vormtechnieken. Door de jaren heen werden productieprocessen waaronder glasblazer, kuilovens, potovens, ... ontwikkeld om glas te maken. Door de vernieuwende productietechnieken konden steeds grotere glasplaten gemaakt worden. Jarenlang werden glasplaten gebruikt om openingen af te sluiten die daglicht moesten doorlaten. Hierbij werd de dikte van de glasplaten gedefinieerd zodat deze de windkracht konden weerstaan.

In de 20^{ste} eeuw werd onderzoek gedaan om te warmte-isolatie te verbeteren. Hierbij werd op het einde van de jaren 40 het concept van dubbele beglazing ontwikkeld. Ondanks dat dubbele beglazing al een tijd bestond, werd deze nog niet geplaatst. De definitieve doorbraak van de dubbele beglazing kwam echter pas in de jaren 70 ten gevolge van de energiecrisis.

De laatste jaren worden geluidisolatie en zonnestraling een belangrijkere eigenschappen voor de keuze van de beglazing. De geluidisolatie van beglazing wordt verbeterd door speciale gassen of gelaagd glas. De zonnestraling kan beïnvloed worden door het aanbrengen van een coating. Een coating is een dun laagje die op een glasblad wordt aangebracht waarbij deze de eigenschappen van de beglazing sterk beïnvloeden.

6.2. Productieproces van vlakglas

Het type glasblad dat tot op de dag van vandaag in beglazing wordt gebruikt is vlakglas. Deze is beter gekend onder de Engelse naam *floatglas*. De naam *floatglas* verwijst naar het productieproces waarmee het glas wordt gemaakt. Dit productieproces wordt op figuur 6-1 afgebeeld [9].



Figuur 6-1 Productieproces van vlakglas

Het productieproces bestaat uit een aantal fasen. In de eerste fase worden de grondstoffen gedoseerd en in de smeltoven geplaatst (zie A). Door de hoge temperatuur (1550 °C) zullen de grondstoffen smelten in fase B. In fase C zal de temperatuur van het mengsel dalen tot 1100 à 1300 °C. Het mengsel heeft hierbij een temperatuur die laag genoeg is om naar fase D te gaan. In deze fase zal het gesmolten glas verspreid worden over een bad met vloeibare tin. Glas heeft een veel lagere massadichtheid dan tin en zal hierdoor drijven. Vloeibare metalen hebben een glad oppervlak. Hierdoor is het mogelijk om glasplaten van grote afmetingen met constante diktes

te produceren. Aan de uitgang van het metaalbad is de temperatuur van het glas gedaald tot 600 °C. Het glas gaat vervolgens in een uitgloeioven (zie E) waar het gecontroleerd zal afkoelen tot 50 °C. Deze geleidelijke afkoeling dient om de inwendige spanningen van het glas te verwijderen. Indien deze niet geleidelijk aan afkoelt maar bruusk, zal het glas thermisch gehard zijn. Aan de uitgang van de uitgloeioven ondergaat het glas een automatische controle naar gebreken (zie 3) alvorens deze worden gesneden (zie 4).

6.3. Coating

Voor het aanbrengen van coatings worden tot op heden twee fabricagemethoden toegepast. De eerste bestaat uit een pyrolytische neerslag van oxiden of mengsels van oxiden die aangebracht worden op het glas na het verlaten van het gesmolten metaalbad. Een tweede manier van het aanbrengen is via coating onder vacuüm. Deze coatings kunnen bestaan uit oxiden of metalen waarbij de neerslag op de beglazing gebeurt in een hermetisch afgesloten ruimte.

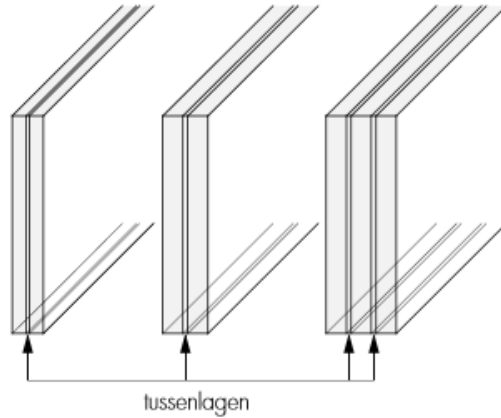
Bij de assemblage van de beglazing is de zijde waarop de coating is aangebracht heel belangrijk. Figuur 6-2 heeft een schematische doorsnede weer van een isolerende beglazing. Hierbij kan de coating op 4 zijden worden aangebracht, waarbij zijde 1 de buitenzijde. Naargelang de zijde waarop de coating is aangebracht zal deze de invloed van de volledige beglazing beïnvloeden. De invloed hiervan zal later besproken worden.



Figuur 6-2 Coating

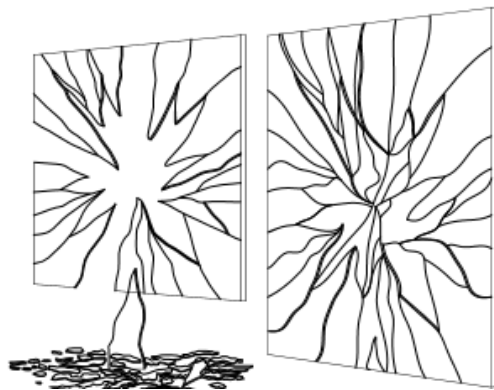
6.4. Gelaagde beglazing

De norm NBN S 23 002 [9] specificeert dat voor alle toepassingen met een borstweringshoogte lager dan 90 cm veiligheidsglas geplaatst moet worden. Bij dubbele of driedubbele beglazing moet naargelang de menselijke activiteit, de binnen en/of de buitenruit uit veiligheidsglas bestaan. Deze dient ter preventie van kwetsuren bij een val door de beglazing. Volgens deze norm voldoen twee beglazingstypes aan de definitie van veiligheidsglas: gelaagd glas en gehard glas. In de praktijk wordt meestal geopteerd voor gelaagd glas (figuur 6-3). Gelaagd glas is opgebouwd uit verschillende ongeharde glasplaten die over hun volledig oppervlak aan elkaar zijn gelijmd met daartussen een heldere of matte folie.



Figuur 6-3 Gelaagd glas

Voor gelaagde veiligheidsbeglazing wordt meestal een tussenlaag uit polyvinylbutyral aangebracht. Bij glasbreuk blijven de glasscherven bij gelaagd glas aan de PVB-folie kleven (figuur 6-4) en kunnen geen kwetsuren optreden.



Figuur 6-4 Breuk bij normale en gelaagde beglazing

Een voorbeeld van gelaagde beglazing is 33.2. Deze beglazing bestaat uit twee glasplaten van elk 3 mm die gescheiden zijn door twee polyvinylbutyral folies met een dikte van elk 0,38 mm.

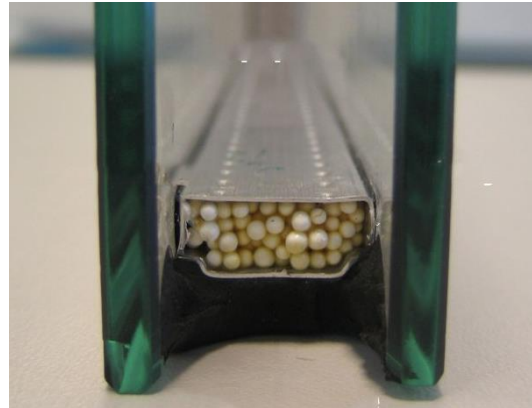
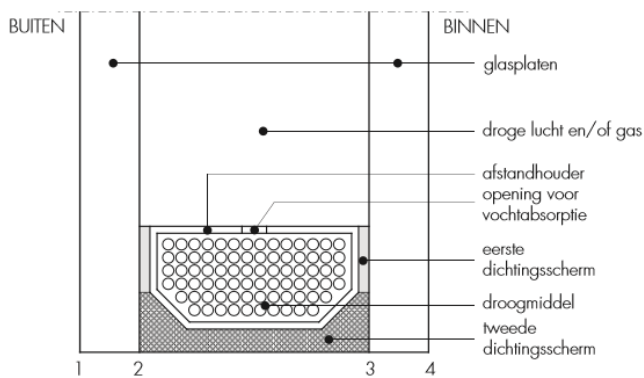
Gelaagd glas is op doorbuiging minder sterk dan een monolithisch glasblad. De equivalente dikte kan berekend worden met de formules uit tabel 6-1 [9].

Tabel 6-1 Equivalente dikte gelaagde beglazing

GLASTYPE	EQUIVALENTE DIKTE
Symmetrisch gelaagd glas (n glasplaten met dikte e)	$e_{eq} = e \sqrt[3]{n}$
Asymmetrisch gelaagd glas ($e_1 =$ grootste dikte)	$e_{eq} = \sqrt[3]{e_1^3 + e_2^3 + \dots + e_n^3}$

6.5. Opbouw dubbele beglazing

Dubbele beglazing bestaat uit twee glasplaten die op een bepaalde afstand luchtdicht van elkaar gescheiden zijn. Hierbij ontstaat een isolerende ruimte tussen beide glasplaten. Een doorsnede van dubbele beglazing wordt weergegeven op figuur 6-5 [9, 10].



Figuur 6-5 Doorsnede dubbelglas

Deze glasplaten worden door middel van metalen of rubberen afstandhouders van elkaar gescheiden. De isolerende ruimte die hierdoor ontstaat wordt de spouw genoemd. Deze spouw wordt gevuld met droge lucht of een edelgas. Met een edelgas wordt een betere isolatiewaarden bereikt (HR++). Meestal wordt gekozen voor een vulling die bestaat uit 90% argon en 10% lucht.

In de winter of zomer kunnen door de grote temperatuurverschillen, condensvorming in de beglazing optreden. Om deze condensvorming zoveel mogelijk te vermijden moet het gas in de spouw zo droog mogelijk zijn. Hiervoor zijn in de afstandhouders gaatjes aangebracht en zijn deze opgevuld met een droogmiddel. Het gas circuleert door dit droogmiddel waardoor het vocht wordt opgenomen.

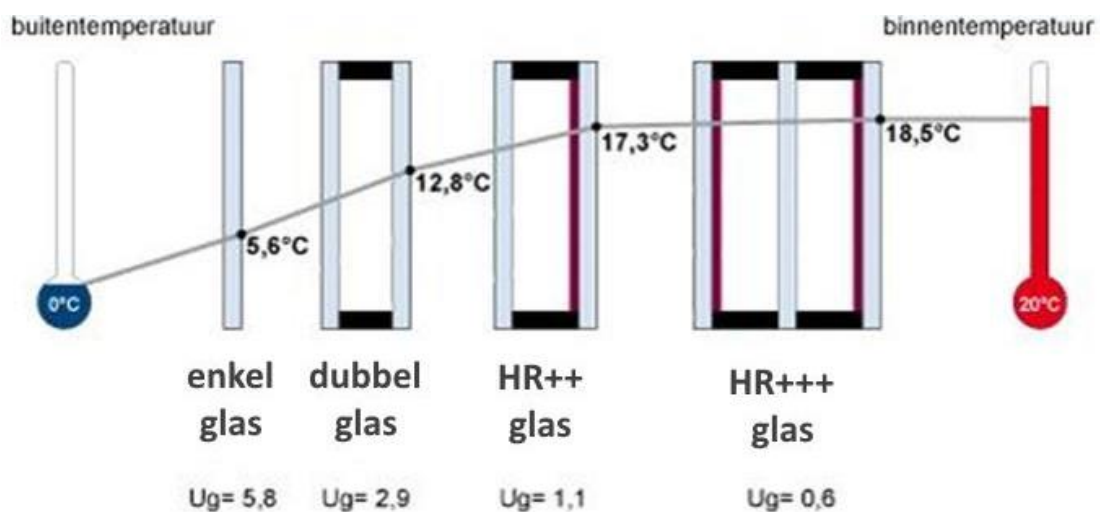
Voor het vermijden van water- en vochtinfiltratie in de beglazing, worden de metalen of rubberen afstandhouders via twee dichtingsschermen van de glasplaten gescheiden. Het eerste dichtingsscherm is gemaakt uit polyisobutyleen en de tweede bestaat meestal uit polyurethaan, silicon of polysulfide.

6.6. Energetische kenmerken beglazing

In bijlage 1 staat een datasheet met de energetische kenmerken van de isolerende beglazing 4-16-4. Deze datasheet is opgesteld met de online database CalumenLive. Via deze database kunnen alle verschillende type beglazing van de firma Saint-Gobain samengesteld worden. Op basis van deze samenstelling kunnen de energetische kenmerken opgevraagd worden. Op deze datasheet staan enkele belangrijke kenmerken zoals Ug-waarde, zonnefactor,... die hieronder wat meer worden toegelicht.

6.6.1. Warmtedoorgangscoefficiënt

De warmtedoorgangscoefficiënt beter gekend onder de naam Ug-waarde geeft weer hoeveel warmte per seconde per vierkante meter en graad temperatuurverschil wordt overgedragen van de ene zijde naar de andere zijde. Met andere woorden: hoe lager de Ug-waarde, hoe beter de beglazing isoleert. Figuur 6-6 heeft enkele Ug-waardes van verschillende type beglazingen weer [10].

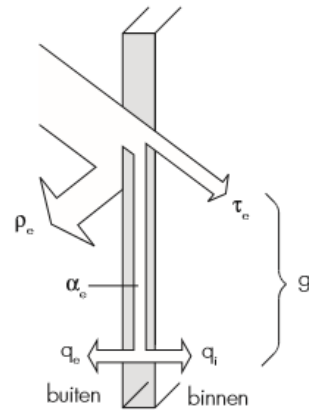


Figuur 6-6 Warmtedoorgangscoefficiënt van verschillende type beglazingen

Uit bovenstaande figuur kan afgeleid worden dat naar energie-efficiënte driedubbele beglazing het beste presteert. Deze beglazing behaalt een gemiddelde Ug-waarde van 0,6 W/m²K en is geschikt voor passiefwoningen of lage-energiewoningen. Het nadeel van driedubbele beglazing is dat deze heel zwaar is. Hierbij moeten de profielen van het schuifraam stevig genoeg zijn om deze beglazing te kunnen dragen. Daarnaast is driedubbele beglazing ten opzichte van dubbele beglazing zeer duur. Dit is ook de reden waarom op de dag van vandaag nog steeds gekozen wordt voor hoogrendementsglas. Hoogrendementsglas is identiek als dubbelglas, maar bevat aan de binnenkant van de spouw een transparante, warmte reflecterende metaalcoating. Deze zal in de winter ervoor zorgen dat het warmteverlies veel kleiner wordt. Hierdoor daalt de Ug-waarde van het glas. Het voordeel van de reflecterende metaalcoating is dat deze in de zomer ook zonnestrallen zal reflecteren. Hierdoor zal een kleiner percentage zonnestrallen de woning bereiken, waardoor deze langer koel blijft. Dit wordt uitgedrukt met de zonnefactor.

6.6.2. Energifactoren

In de datasheet wordt een onderscheid gemaakt tussen de energie- en lichtfactoren. Deze beschrijven de karakteristieken van de beglazing. Bij de energiefactoren wordt het volledig spectrum van de zon beschouwd. Hierbij straalt de zon op de beglazing en wordt een deel ervan gereflecteerd, geabsorbeerd en doorgelaten. Dit wordt geïllustreerd op figuur 6-7 [9].



Figuur 6-7 Energifactoren

De totale invallende zonnestraling ϕ_e op de beglazing kan opgesplitst worden in volgende delen:

- ρ_e = directe weerkaatsingsfactor van de beglazing
- τ_e = directe transmissiefactor van de beglazing
- α_e = directe absorptiefactor van de beglazing
- q_i = thermische heruitzendingsfactor naar binnen toe
- q_e = thermische heruitzendingsfactor naar buiten toe

De relatie tussen al deze factoren wordt gegeven door de formules (6.1) en (6.2) [8].

$$\rho_e + \tau_e + \alpha_e = 1 \quad (6.1)$$

$$\alpha_e = q_i + q_e \quad (6.2)$$

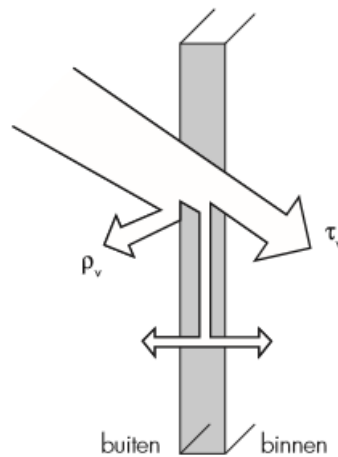
De zonnefactor g stelt de totale energietransmissie doorheen de beglazing voor, dat wil zeggen de som van de rechtstreeks doorgelaten straling en de geabsorbeerde straling die naar binnen wordt uitgezonden. Deze wordt uitgedrukt door de formule (6.3).

$$g = \tau_e + q_i \quad (6.3)$$

Glas met een hoge g -waarde laat in de winter meer zonnewarmte binnen. Hierbij kan de woning meer opgewarmd worden door de zon. Deze heeft wel een nadelig effect in de zomer. Hierbij zal de woning meer opwarmen en zal eventueel de airco wat vaker aangezet moeten worden.

6.6.3. Lichtfactoren

Naar analogie van de energiefactoren worden bij de lichtfactoren enkel rekening gehouden met het zichtbare deel van het zonnenspectrum. Het lichtspectrum heeft een golflengte van 380 tot 780 nm. De lichtfactoren worden weergegeven op figuur 6-8 [9].



Figuur 6-8 Lichtfactoren

Het totale invallende zonlicht op de beglazing kan opgesplitst worden in volgende delen:

- τ_v = lichttransmissiefactor
- ρ_v = lichtweerkaatsingsfactor

Naast deze 2 factoren wordt ook nog een kleine fractie door de beglazing geabsorbeerd. Deze heeft geen enkele visuele waarde en wordt daarom meestal buiten beschouwing gelaten.

6.7. Temperatuur in isolerende beglazing

Op basis van de energiefactoren kan de temperatuur van verschillende type beglazing berekend worden. In bijlage A van de norm NBN S 23-002-2 [12] staan de formules (6.3), (6.4) en (6.5) vermeld voor de berekening van de temperaturen van dubbele beglazing:

$$\theta_1 = \frac{I \cdot \alpha_{e,1} \cdot (h_i + h_s) + I \cdot \alpha_{e,2} \cdot h_s + h_e \cdot (h_i + h_s) \cdot T_e + h_i \cdot h_s \cdot T_i}{h_i \cdot h_e + h_e \cdot h_s + h_i \cdot h_s} \quad (6.3)$$

$$\theta_2 = \frac{I \cdot \alpha_{e,1} \cdot h_s + I \cdot \alpha_{e,2} \cdot (h_e + h_s) + h_e \cdot h_s \cdot T_e + h_i \cdot (h_e + h_s) \cdot T_i}{h_i \cdot h_e + h_e \cdot h_s + h_i \cdot h_s} \quad (6.4)$$

$$\theta_e = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (6.5)$$

Met: ϑ_1 = temperatuur buiten glasblad [°C]
 ϑ_2 = temperatuur binnen glasblad [°C]
 ϑ_e = temperatuur gasspouw [°C]
 I = de zonnestraling loodrecht op de beglazing [W/m²]
 h_i = inwendige warmte-overgangscoefficiënt [m²K/W]
 h_e = uitwendige warmte-overgangscoefficiënt [m²K/W]
 h_s = warmte-overgangscoefficiënt spouw [m²K/W]
 $\alpha_{e,1}$ = warmteabsorptie buiten glasblad
 $\alpha_{e,2}$ = warmteabsorptie binnen glasblad

Aan de hand van bovenstaande formules kan de temperatuur in dubbele beglazing berekend worden. Deze worden niet meer met de hand berekend aangezien deze complex zijn. Vele glasfabrikanten gebruiken hiervoor de software Vitrages Décision. In deze software kan het type beglazing ingesteld worden. Vervolgens zal de software de maximale temperatuur berekenen naargelang de ligging van de beglazing. Een voorbeeld van zo'n berekening wordt weergegeven in bijlage 2. Tabel 6-2 geeft het resultaat weer van de berekening van de maximale temperatuur van verschillende type beglazingen voor de regio Rijsel.

Tabel 6-2 Temperatuur in dubbele beglazing

Type beglazing	Coating	Temperatuur buiten glasblad (°C)	Temperatuur spouw (°C)	Temperatuur binnen glasblad (°C)
6-16-6	Nee	35,6	33,9	32,2
10-16-10	Nee	38,6	36,9	35,2
6-16-33.1	Nee	36,5	35,8	35,0
6-16-6	Zonwerend	47,4	38,6	29,8
6-16-6	Low-e	37,3	35,1	32,8

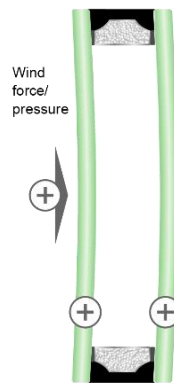
Uit bovenstaande tabel kan afgeleid worden dat de temperatuur van dikkere beglazing hoger is. Dit kan verklaard worden doordat dikkere glasbladen een hogere absorptiewaarde hebben. Door formule 6.5 zal de temperatuur in de spouw vervolgens ook toenemen. De invloed van deze temperatuur wordt later vermeld. Gelaagd glas heeft een hogere absorptie waarde dan monolithisch glas met eenzelfde dikte. Hierdoor zal deze ook warmer worden. Via het aanbrengen van een coating worden de thermische eigenschappen van de beglazing sterk beïnvloed. Hierdoor zal door het aanbrengen van een coating op zijde 2 of 3 de temperatuur in het buiten glasblad toenemen. Bij zonwerende beglazing (coating zijde 2) kan de temperatuur in het binnen glasblad lager worden dan zonder coating. Wel zal bij zonwerende beglazing de temperatuur van het buiten glasblad en spouw veel hoger worden.

6.8. Belastingen beglazing

De belastingen van beglazing staan in de literatuur vermeld onder klimaatbelasting. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen 2 soorten belastingen:

6.8.1. Wind belasting

Een belangrijke belasting bij gevelbeglazing is windbelasting. Hierbij zal bij een windstoot, alle glasbladen van de isolerende beglazing doorbuigen (figuur 6-9) [14]. Bij een te grote vervorming, kunnen de glasbladen breken. Hierdoor is het belangrijk om de beglazing correct te dimensioneren. In de norm NBN S 23 002-3 [13] staan tabellen met samenstellingen van beglazingen die gebruikt moeten worden naargelang de blootstellingsklasse.

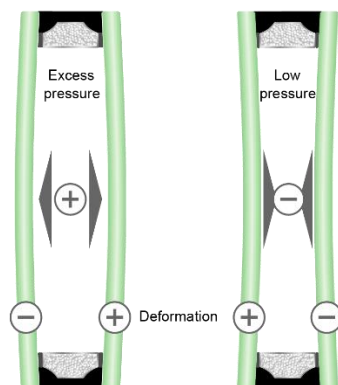


Figuur 6-9 Windbelasting

Op basis van wind belasting kan de vervorming van de beglazing berekend worden. Bijlage 3 geeft een berekening weer van wind belasting met de software SJ Mepla. Uit deze bijlage volgt dat door de windbelasting grote vervormingen kunnen optreden.

6.8.2. Inwendige belasting in isolerende beglazing

Bij de productie van isolerende beglazing wordt de spouw gevuld met een gas. Als referentiedruk voor de spouw wordt de omgevingsdruk bij productie genomen. Door variatie van het weer, kunnen drukveranderingen ontstaan in de spouw. Deze worden veroorzaakt door 3 factoren: temperatuurverandering, hoogteverschil en omgevingsdruk. Wanneer een ongelijkheid ontstaat tussen de inwendige druk van de isolerende beglazing en de uitwendige druk, zal deze vervormen. Deze leidt tot het buigen van de beglazing (figuur 6-10) [14].



Figuur 6-10 Invloed spouwdruk

De toename of afname van de druk in de spouw wordt berekend met formule (6.6) [12].

$$P_o = 0,012 \cdot \Delta h + 0,34 \cdot \Delta T - (P_a - P_p) \quad (6.6)$$

Met: P_o = interne druk door de klimaat belasting [Pa]
 Δh = hoogteverschil tussen de plaats van installatie en productie [m]
 ΔT = temperatuurverschil tussen de plaats van installatie en productie [°C]
 P_a = druk op de plaats van productie bij verzegeling [Pa]
 P_p = atmosferische druk op plaats van installatie [Pa]

Door de variatie van de inwendige druk in isolerende beglazing zal het volume veranderen. Hierdoor zal de beglazing vervormen convex of concaaf vervormen. Bijlage 4 heeft een berekening weer van de vervorming van isolerende beglazing door enkel een temperatuurtoename. Hierbij zal de vervorming veel kleiner zijn dan de windbelasting, maar deze vervorming mag niet verwaarloosd worden.

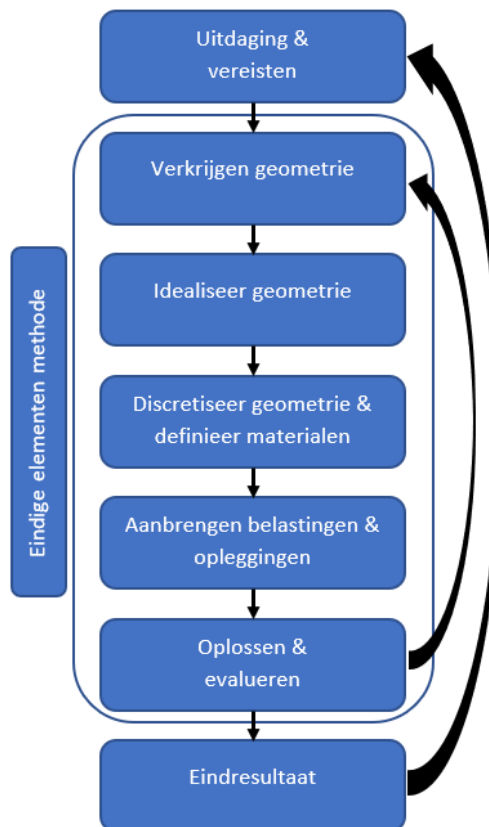
6.8.3. Uitzetting glasbladen

De invloed van de uitzetting van de glasbladen wordt bij de meeste software niet in rekening gebracht. Bijlage 5 geeft een berekening weer waarbij de temperatuur van de glasbladen verhoogd. Ook kan met de software SJ Mepla de invloed van de expansie van de beglazing niet bepaald worden. In de praktijk zal deze een bepaalde invloed hebben op de kromtrekking van het schuifraam. Aan de hand van enkele eindige elementen analyses zal deze invloed bepaald worden.

7 Eindige elementen analyse

7.1. Eindige elementen methode

De eindige elementen methode (e.e.m.) is een rekenmethode waarbij partiële differentiaalvergelijkingen en integraalvergelijkingen worden opgelost. De eindige elementen methode is een numerieke techniek die een complex probleem opdeelt in een groot aantal kleinere en eenvoudigere elementen. Deze kleinere elementen kunnen veel gemakkelijker worden opgelost en in verband tot elkaar gebracht worden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van geavanceerde wiskundige technieken om de oplossingen van al die eenvoudige problemen samen te voegen tot een benaderde oplossing van het complexe probleem. Deze methode wordt vooral toegepast in de ingenieurswetenschappen, waarbij sterkteberekeningen op ingewikkelde constructies kunnen uitgevoerd worden. Figuur 7-1 geeft de algemene werkwijze van de e.e.m. weer.



Figuur 7-1 Werkwijze eindige elementen methode

De werkwijze van de eindige elementen methode is opgebouwd uit 5 stappen. Iedere stap moet goed doorlopen worden om uiteindelijk een correct eindresultaat te verkrijgen op de studie die wordt uitgevoerd. Deze stappen zullen hieronder wat meer toegelicht worden.

7.1.1. Verkrijgen geometrie

De eerste stap van de eindige elementen analyse is het verkrijgen van de geometrie van het onderdeel of assembly die onderzocht moet worden.

7.1.2. Idealiseren geometrie

Na het bekomen van de geometrie, kan deze geïdealiseerd worden. Het doel van het idealiseren is om complexe delen van de geometrie weg te laten waarbij deze het resultaat weinig of niet zullen beïnvloeden. Door deze stap correct uit te voeren kan de latere berekentijd gereduceerd worden.

7.1.3. Discretiseer geometrie & definieer materialen

Deze stap bestaat uit 2 delen. Bij het eerste deel wordt de geïdealiseerde geometrie opgedeeld in eenvoudigere kleinere elementen. Dit wordt vermaazing of in het Engels *meshing* genoemd. Bij het opdelen in kleinere elementen kan gekozen worden voor verschillende mesh methodes: 0D, 1D, 2D en 3D. Deze opgedeeld naargelang hoeveel dimensies gemesht worden. Hierbij zal bij 3D mesh knooppunten over de hele structuur geplaatst worden. Deze zal de langste rekentijd vragen en de 0D mesh (punt) zal de kortste rekentijd vragen. Ideaal worden alle werkstukken 0D of 1D gemesht. Bij het toepassen van deze stap wordt duidelijk dat 0D of 1D mesh niet altijd mogelijk is door de onderzoeksvraag die wordt gesteld. Hierbij moet aandachtig het werkstuk en de onderzoeksvraag onderzocht worden om vervolgens de juiste mesh methode te kiezen.

Naast de mesh methode kan ook de grootte van de mesh ingesteld worden. Hierbij geldt: hoe kleiner de mesh grootte, hoe nauwkeuriger het resultaat. Het nadeel van een te kleine meshgrootte is dat deze een lange rekentijd vraagt. Hierbij moet een evenwicht gezocht worden tussen een nauwkeurig resultaat en een aanvaardbare rekentijd.

Het tweede deel van deze stap bestaat uit het toekennen van een materiaal aan de mesh. Hierbij kan de software de verplaatsingen, spanningen, ... van de knooppunten bereken op basis van de materiaaleigenschappen.

7.1.4. Aanbrengen belastingen & oplettingen

In deze stap worden de randvoorwaarden op de gemeshte structuur aangebracht. Als de structuur uit verschillende onderdelen bestaat, moeten deze eerst met elkaar verbonden worden. Hierbij kan een keuze gemaakt worden tussen lassen, lijmen, contact, Vervolgens moeten de oplettingen en de verschillende belastingen ingesteld worden. Indien 1 van deze instellingen niet goed aangebracht of vergeten is, zal de software geen of verkeerde resultaten berekenen.

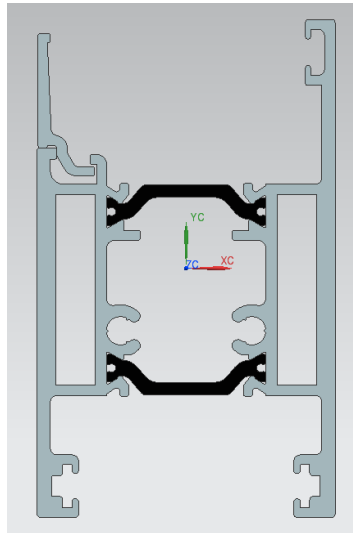
7.1.5. Oplossen & evalueren

In de laatste stap van de eindige elementen methode wordt de berekening gemaakt op basis van de parameters die voorgaand zijn ingesteld. Na deze berekening kan het resultaat van het model gevisualiseerd en geëvalueerd worden.

8 Studie vleugelprofiel

8.1. Doel

Het doel van deze studie is het zoeken naar een optimalisatie van het aluminium vleugelprofiel om de doorbuiging bij een temperatuurverschil tussen de exterior en interior te verminderen. Hierbij zal een eerste simulatie gemaakt worden van het bestaande vleugelprofiel. Vervolgens zullen varianten van dit profiel aangemaakt worden om na te gaan welke parameters een goede invloed hebben op de reductie van de doorbuiging. In deze studie zullen enkele simulaties gemaakt worden op het vleugelprofiel met een lengte van 2,5 m. Het vleugelprofiel wordt weergegeven op figuur 8-1.



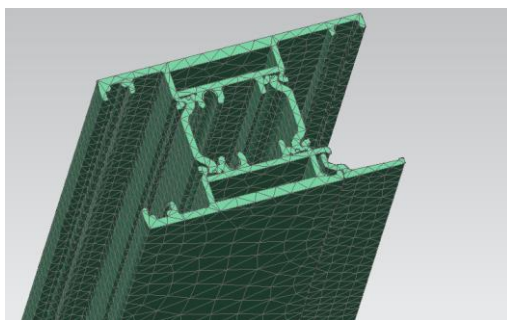
Figuur 8-1 Vleugelprofiel

8.2. Idealisering

Bij deze studie ligt de focus bij de doorbuiging van het profiel. Hierbij worden enkel de aluminium schalen en de stegen beschouwd. Om niet te veel af te wijken van het werkelijk profiel, zijn geen idealisering op de vorm toegepast. Hierbij zal een lange rekentijd gevraagd worden, maar zal het resultaat het meest het werkelijk profiel benaderen. Wel wordt voor de reductie van de rekentijd enkel de helft van de lengte van het profiel onderzocht.

8.3. Mesh

Een belangrijke stap in de eindige elementen analyse is het bepalen van de mesh. Hierbij kan de keuze gemaakt worden tussen een 0D, 1D, 2D en 3D mesh. In deze studie wordt op basis van een thermische berekening de doorbuiging van het profiel berekend. Bij thermische berekeningen moeten temperaturen toegekend worden aan de knooppunten. Hierdoor kan het vleugelprofiel enkel 3d gemesht worden. De gemeshte vleugelprofiel wordt afgebeeld op figuur 8-2.



Figuur 8-2 Gemeshte vleugelprofiel

Het nadeel van de 3D mesh is dat deze een lange rekentijd vraagt. Door de mesh grootte aan te passen kan de rekentijd gereduceerd worden. Deze mag niet te groot gekozen worden omdat anders de gemeshte structuur de vorm van het profiel niet meer zal benaderen. De aluminium schalen zijn gemesht met grootte 12 en de stegen met grootte 10.

8.4. Analyse type

Voor het bepalen van de doorbuiging van het profiel, moet eerst het temperatuurverloop in het profiel gekend zijn. Het nadeel van het CAD programma Siemens NX is dat hiervoor 2 aparte analyse types benodigd zijn. Deze simulaties moeten wel op basis van dezelfde solver gemaakt worden omdat anders de knooppunten niet samenvallen. Indien deze knooppunten niet samenvallen, zal Siemens NX proberen de waarden van de knooppunten die dicht bij elkaar liggen te koppelen en hierbij treden foute simulaties op.

Het resultaat van de temperatuurstudie is noodzakelijk om later de doorbuiging te berekenen. Hierdoor zal deze eerst besproken worden.

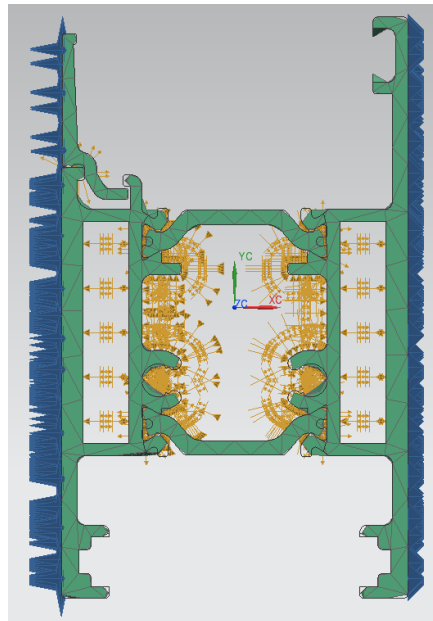
8.4.1. Thermische simulatie

Voor de berekening van het temperatuurverloop in het vleugelprofiel moet de geleiding, convectie en straling correct ingesteld worden. Hiervoor wordt de Simcenter Multiphysics solver gebruikt met de thermal analyse type. In deze analyse type kunnen de randvoorwaarden van het profiel worden ingesteld.

8.4.1.1. Randvoorwaarden

Bij de randvoorwaarden moeten enkele zaken ingesteld worden. Om de temperatuur van alle onderdelen van het profiel te berekenen moeten de verschillende onderdelen met elkaar verbonden zijn. Hiervoor moet in de software Siemens NX een lijmverbinding opgelegd worden. Door deze lijmverbinding hebben alle onderdelen contact met elkaar en is het warmtetransport via geleiding ingesteld. Voor het behalen van de CSTB certificaat in Frankrijk dient een schuifraam succesvol te sluiten bij een temperatuur van 60°C. Hierdoor is de temperatuur op de buitenkant van de exterieur ingesteld op 60 graden. Voor de laatste instellingen moet het warmtetransport via convectie en straling in het profiel ingesteld worden. Deze wordt ingesteld binnenin het profiel en op de interieur naar de binnen omgeving. De waarden voor deze instellingen staan beschreven in hoofdstuk 4. De temperatuur van de binnen omgeving is ingesteld op 25 graden. Hierbij is de berekening van de temperatuur

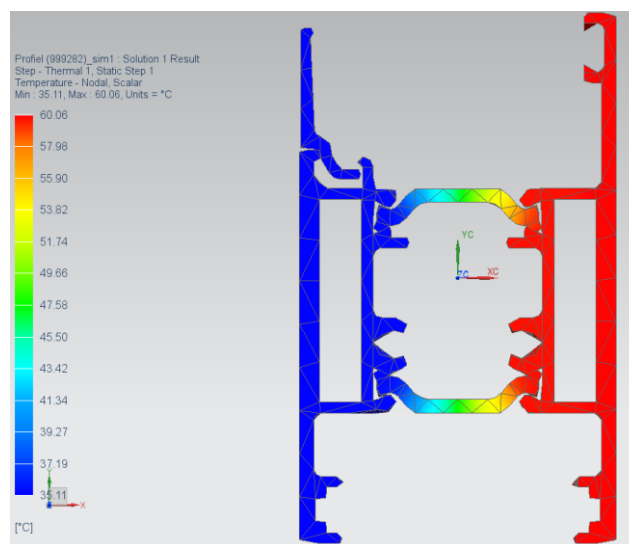
compatible met deze van de beglazing (zie bijlage 2) . Op figuur 8-3 worden de verschillende randvoorwaarden afgebeeld.



Figuur 8-3 Thermische randvoorwaarden vleugelprofiel

8.4.1.2. Resultaat

Na het opleggen van de randvoorwaarden kan de simulatie berekend worden. Hierbij wordt het temperatuurverloop door het profiel berekend. Het resultaat van het temperatuursverloop wordt weergegeven op figuur 8-4.



Figuur 8-4 Resultaat thermische simulatie

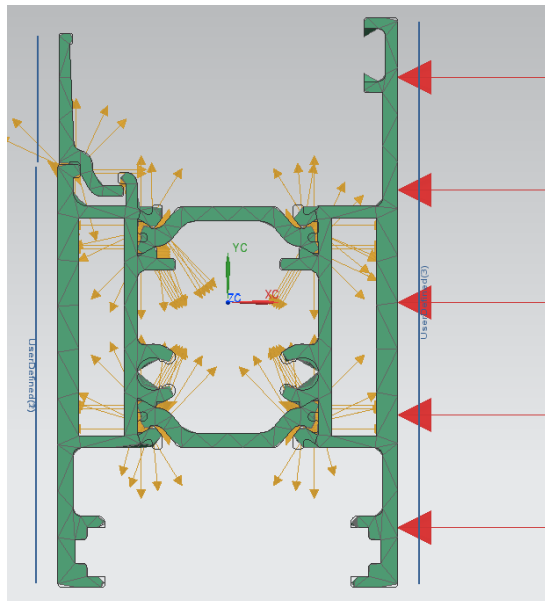
Uit bovenstaande afbeelding volgt dat de temperatuur sterk afneemt over de stegen. Dit komt doordat de stegen een veel lagere thermische geleidbaarheid λ hebben. Hoe lager deze waarde hoe beter het materiaal isoleert. Doordat de aluminium schalen een hoge λ -waarde hebben, zal de temperatuur over deze schalen quasi constant blijven.

8.4.2. Structurele simulatie

Met het resultaat van de thermische simulatie kan de kromtrekking van het vleugelprofiel worden berekend via een structurele simulatie. Hiervoor moet dezelfde solver gebruikt worden als de thermische studie met name de Simcenter Multiphysics solver. Vervolgens moet de structural type geselecteerd worden.

8.4.2.1. Randvoorwaarden

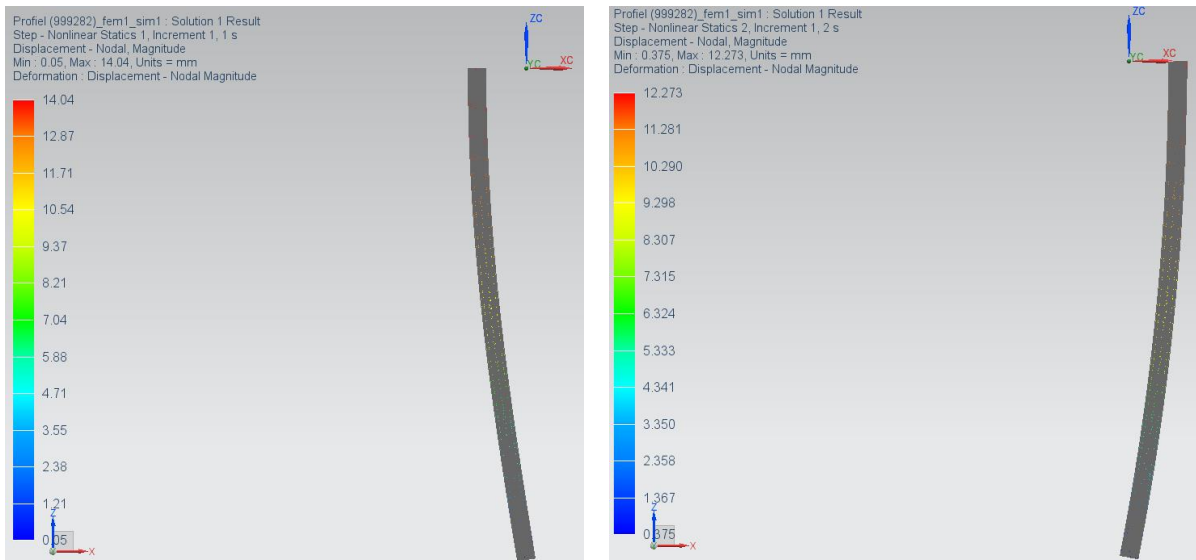
Bij deze studie wordt een vrije ophanging opgelegd op het uiteinde van het profiel. Dit betekent dat het profiel in de lengte kan verschuiven. Deze ophanging wordt weergegeven met de blauwe lijnen op figuur 8-5. In de praktijk worden de stegen onder hoog druk in de karteling van de aluminium schalen ingerold. Deze verbinding mag als een starre verbinding beschouwd worden en kan via een lijmverbinding ingesteld worden. Deze lijmverbinding wordt met de gele pijlen op de figuur weergegeven. Bij de idealisatie werd het profiel gehalveerd om de rekentijd in te korten. In de structurele simulatie moet voor de berekening van een volledig profiel een symmetrische constraint ingesteld worden. Hierbij weet de software dat enkel de helft van het profiel is gesneden. Tenslotte moeten nog de belastingen ingesteld worden. Hiervoor is gekozen om 2 belastingen te definiëren. De eerste belasting is een kracht van 1000 N (zie rode pijlen). Aan de hand van deze kracht kan een inschatting van het oppervlaktetraagheidsmoment gemaakt worden. De tweede belasting is de temperatuurvariatie die met de thermische simulatie is berekend. Hiervoor wordt het resultaat van die simulatie (op2 bestand) geïmporteerd.



Figuur 8-5 Structurele randvoorwaarden profiel

8.4.2.2. Resultaat

Na het instellen van de randvoorwaarden, kan de simulatie berekend worden. De resultaten van deze studie worden op figuur 8-6 weergegeven. Hierbij wordt links het resultaat van de gelijkmatige verdeelde belasting en rechts van de geïmporteerde temperatuur weergegeven. Het profiel zal door de gelijkmatig verdeelde belasting 14,04 mm doorbuigen en zal door het temperatuurverschil 12,273 mm doorbuigen. Hierbij kan vastgesteld worden dat door de hogere temperatuur van het exterieur, het profiel naar buiten kromtrekt.



Figuur 8-6 Resultaten structurele simulatie

Voor correcte simulaties, moeten deze altijd geverifieerd worden met testen. Echter kan deze werkwijze ook geverifieerd met informatie van het bedrijf Ensigner en een simulatie met de software BISCO. Deze verificatie staat beschreven in bijlage 6.

8.5. Varianten profiel

Siemens NX laat toe om varianten van het profiel aan te maken. Hierbij kan in de idealised part de vorm van het profiel worden aangepast. Door vervolgens de 2 simulaties opnieuw te doorlopen wordt het nieuwe resultaat berekend. Om een idee te krijgen omtrent de invloed van de aanpassing, wordt bij iedere variant een tabel opgesteld. In deze tabel zal de aanpassing worden weergegeven in de eerste kolom. Bij deze aanpassing wordt de minimale temperatuur T_{min} van de thermische simulatie weergegeven. Indien deze minimale temperatuur verschilt zal dit invloed hebben op de thermische isolatie van het profiel. Bij een hogere minimale temperatuur zal dit een thermisch slechter profiel zijn, maar zal dit meestal betere resultaten geven voor het bimetaal effect. Naast de minimale temperatuur wordt ook de doorbuiging door de gelijkmatig verdeelde belasting f_f en de doorbuiging door het temperatuurverschil f_T vermeld. Om de invloed van de variant te kennen, wordt de verhouding van doorbuigingen van de variant ten opzichte van originele vleugelprofiel in de tabel vermeld.

Door de gelijkmatige verdeelde belasting zal het profiel doorbuigen. De doorbuiging van het profiel kan berekend worden met formule (8.1):

$$f = \frac{5 \cdot Q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (8.1)$$

Met: f = maximale doorbuiging balk [m]
 Q = gelijkmatige verdeelde belasting [N/m]
 L = lengte van de balk [m]
 E = elasticiteitsmodulus van materiaal [Pa]
 I = oppervlaktetraagheidsmoment [m⁴]

Bij het aanpassen van de vorm van het profiel zal enkel het massatraagheidsmoment veranderen. De verhouding van de doorbuiging f_f levert hierbij de omgekeerde verhouding van het oppervlaktetraagheidsmoment weer.

8.5.1. Lengte profiel

Als eerste variant wordt de invloed van de lengte onderzocht. Hierbij zijn de hiervoor besproken simulaties uitgevoerd bij lengtes van 2, 2,5 en 3 m. Het resultaat van deze simulaties wordt in tabel 8-1 weergegeven.

Tabel 8-1 Invloed lengte

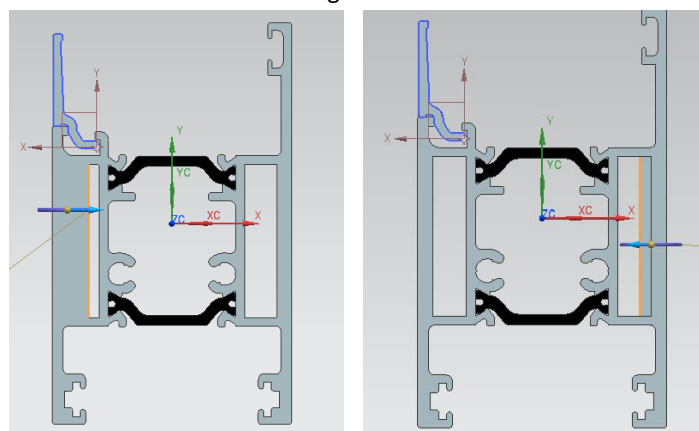
Lengte (m)	T_{\min} (°C)	f_F (mm)	Verhouding	f_T (mm)	Verhouding
2	34,56	7,343	0,523	8,098	0,660
2,5	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
3	34,50	23,93	1,704	17,98	1,465

Uit bovenstaande tabel volgt dat de minimale temperatuur ongeveer constant is. Deze kan net zoals bij de andere varianten wat afwijken. De verklaring hiervoor ligt bij het feit dat het profiel voor de thermische simulatie iets te groot is gemesht. Hierdoor zal bij het aanmaken van de varianten, de knooppunten van de mesh opnieuw worden geplaatst. Hierdoor zullen de posities van deze knooppunten verschillen, waardoor kleine afwijkingen mogelijk zijn. Dit probleem zou opgelost kunnen worden door het profiel kleiner te meshen. Hierdoor zouden de afwijkingen kleiner worden. Echter zou dit leiden tot heel lange berekeningstijden.

In tegenstelling met de andere varianten treden grote verschillen op in de verhouding van de doorbuiging door de gelijkmatige belasting. Uit formule (8.1) kan afgeleid worden dat deze afhankelijk is van de lengte tot de vierde macht. Doordat in de simulatie een kracht van 1000 N en geen gelijkmatig verdeelde belasting is ingesteld, is deze afhankelijk van de lengte tot de derde macht. Uit de verhouding van de doorbuiging door de temperatuurverschil kan afgeleid worden dat de kromtrekking van het profiel kwadratisch afhankelijk is van de lengte. Hoe kleiner de lengte, hoe minder de aluminium profielen zullen doorbuigen.

8.5.2. Opvullen luchtkamers

Bij deze varianten wordt de invloed van het opvullen van de interieur en exterieur kamer onderzocht. Met het opvullen van de kamers wordt een kleinere luchtkamer bedoeld. Dit wordt verduidelijkt op figuur 8-7. Waarbij links de interieurkamer en rechts de exterieur wordt gevuld.



Figuur 8-7 Opvullen luchtkamer

Het resultaat van het opvullen van de interieur kamer wordt in tabel 8-2 en van de exterieur kamer wordt in tabel 8-3 weergegeven.

Tabel 8-2 Invloed opvullen interieur kamer

Verschuiving (mm)	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
0	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
2	34,83	13,18	0,939	12,39	1,010
4	34,59	12,37	0,881	12,62	1,028
6	34,91	12,017	0,856	12,55	1,023

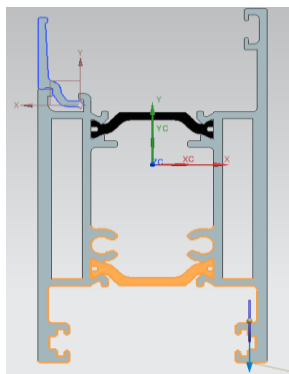
Tabel 8-3 Invloed opvullen exterieur kamer

Verschuiving (mm)	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
0	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
2	35,11	12,97	0,924	12,273	1,000
4	35,12	12,35	0,880	12,343	1,006
6	35,13	11,995	0,854	12,45	1,014

Uit de tabellen 8-3 en 8-4 kan afgeleid worden dat zowel het opvullen van de interieur als exterieur kamer een negatieve invloed hebben op het bimetaal effect. Ondanks het feit dat deze varianten betere resultaten geven op doorbuiging bij gelijkmatige belasting, zal door de starre verbinding een slechter resultaat worden bekomen. Bij de exterieur kamer kan dit verklaard worden doordat deze meer kracht kan uitoefenen om het interieur profiel naar buiten te trekken. Bij het vullen van de interieurkamer zal deze door de kracht van het exterieur schaal lineair minder uitschuiven en vervolgens in het centrum meer doorbuigen.

8.5.3. Verbreden profiel

Een volgende studie die is uitgevoerd, is het verbreden van het aluminium profiel (figuur 8-8). Het resultaat van deze simulaties wordt weergegeven in tabel 8-4.



Figuur 8-8 Verbreden profiel

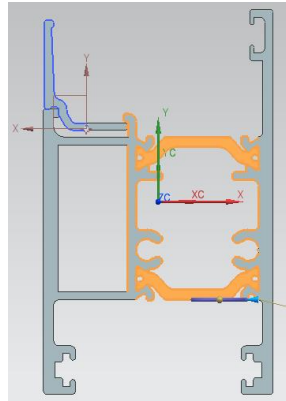
Tabel 8-4 Invloed verbreden profiel

Verschuiving (mm)	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
0	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
2	34,35	13,66	0,994	12,64	1,030
4	34,84	13,32	0,984	12,41	1,011
6	36,21	12,99	0,964	11,734	0,956
8	35,39	12,66	0,935	12,142	0,989
10	35,52	12,36	0,913	12,077	0,984

Uit tabel 8-5 kan afgelezen worden dat ondanks de afwijking van het resultaat van de minimale temperatuur, een breder profiel geen betere resultaat levert voor het bimetaal effect.

8.5.4. Versmallen exterior- en verbreden interieurkamer

Bij deze variant wordt de invloed van het vergroten van de interieur kamer en het verkleinen van de exterior kamer onderzocht. Hierbij blijft de lengte van de stegen behouden. Dit wordt verduidelijkt op figuur 8-9. Het resultaat van deze simulaties wordt weergegeven in tabel 8-5.



Figuur 8-9 Versmallen exterior- en verbreden interieurkamer

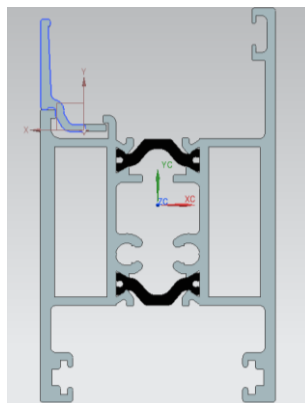
Tabel 8-5 Invloed bredere interieur en smallere exterior kamer

Verschuiving (mm)	T_{min} (°C)	f_F (mm)	Verhouding	f_T (mm)	Verhouding
0	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
2	35,10	14,00	0,997	12,256	0,999
4	34,48	13,91	0,991	12,48	1,017
6	34,70	13,78	0,981	12,26	0,999
7,7	33,83	14,97	1,066	12,40	1,010

Uit tabel 8-6 volgt dat de oppervlaktetraagheidsmoment van het profiel verhoogd tot een verschuiving van 6 mm. Bij de laatste verschuiving verdwijnt de kamer en materiaal. Hierbij daalt het oppervlaktetraagheidsmoment. Deze variant levert geen betere resultaten op doorbuiging door de temperatuur.

8.5.5. Steeglengte bij dezelfde vleugeldiepte

In de volgende studie wordt de invloed van de lengte van de steeg onderzocht. Hierbij wordt de vleugeldiepte behouden. Dit kan door de interieur en exterior kamer te vergroten of te verkleinen (figuur 8-10).



Figuur 8-10 Lengte van de steeg

In tabel 8-6 wordt het resultaat van de simulaties met variërende steeglengthe weergegeven. Bij een korte steeg zal het profiel thermisch slechter presteren. Hierdoor zal de minimale temperatuur hoger liggen. Waardoor dit betere resultaten geeft voor het bimetaal effect. Echter is deze oplossing minder interessant doordat dit profiel thermisch slechter is. Bij een langere steeg treedt het omgekeerde effect op.

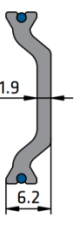

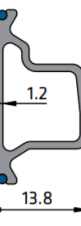

Tabel 8-6 Invloed lengte van de steeg

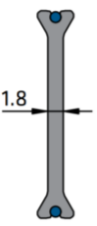
Lengte steeg (mm)	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
16	38,36	14,61	1,041	10,800	0,880
18	36,33	14,49	1,032	11,774	0,959
20	34,96	14,35	1,022	12,45	1,014
22	34,50	14,20	1,011	12,68	1,033
24	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
26	33,53	13,85	0,986	12,95	1,055
28	33,18	13,73	0,978	12,99	1,058

8.5.6. Vorm steeg

Op de markt worden verschillende vormen van stegen aangeboden [15]. Bij deze simulaties zal de invloed van de vorm van de steeg op het bimetaal effect nagegaan worden. De resultaten staan vermeld in tabel 8-7.

Tabel 8-7 Invloed vorm steeg

Vorm	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
	34,87	13,95	0,994	12,252	0,998
	34,89	14,04	1,000	12,369	1,008
	34,92	14,02	0,999	12,362	1,007




Vorm	T_{min} (°C)	f_F (mm)	Verhouding	f_T (mm)	Verhouding
	34,61	14,02	0,999	12,52	1,020

Algemeen kan uit bovenstaande tabel vastgesteld worden dat de vorm van de steeg bijna geen invloed geeft op het bimetaal effect.

8.5.7. Anti bimetaal stegen

Door de toename van het bimetaal probleem, bieden enkele fabrikanten waaronder Technoform en Ensigner anti bimetaal stegen aan. De invloed van de verschillende bimetaal stegen staan vermeld in tabel 8-8

Tabel 8-8 Invloed anti bimetaal stegen

Vorm	T_{min} (°C)	f_F (mm)	Verhouding	f_T (mm)	Verhouding
	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
	35,11	16,61	1,183	12,153	0,990
	/	/	/	/	/

Bij de oplossing van Technoform, zal het aluminium profiel ongeveer hetzelfde doorbuigen door het temperatuurverschil. Wel treedt een groot verschil op in de verhouding van de gelijkmatig verdeelde belasting. Voor de oplossing van Ensigner zijn geen resultaten berekend. Dit komt doordat de firma geen wrijvingscoëfficiënten meedeelt aan klanten of studenten. Uit de grafiek van Ensigner die ook in bijlage 6 staat vermeld, worden veel belovende resultaten meegedeeld. De exacte invloed van deze steeg zal via praktische testen moeten bepaald worden.

8.5.8. Materiaal steeg

Naast de vorm van de steeg, kan deze ook in een ander materiaal geproduceerd worden. Momenteel worden bij Flandria Aluminium stegen uit polyamide in de aluminium schalen ingerold. De invloed van het materiaal wordt in tabel 8-9 weergegeven.

Tabel 8-9 Invloed materiaal steeg

Materiaal	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
TECATHERM 66 GF RE	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
Tecatherm VE- R_G300	36,00	13,71	0,976	11,836	0,964
Tecatherm PP GF	34,83	14,32	1,020	12,40	1,010
Aluminium	58,153	13,20	0,940	1,174	0,096

Uit bovenstaande tabel volgt dat het materiaal van de steeg zorgt voor een beter of slechter thermisch profiel. Bij een slechter thermisch profiel buigt het profiel minder door. Dit komt doordat het temperatuurverschil kleiner is. De invloed van de elasticiteitsmodulus van de steeg is verwaarloosbaar t.o.v. het bekomen temperatuurverschil.

Enkele fabrikanten plaatsen in de chicane geen stegen. Hiervoor gebruiken ze 1 enkele aluminium schaal. De invloed van dit concept wordt bepaald door de steeg in aluminium te meshen. Uit deze simulatie blijkt in dit profiel bijna geen temperatuurverschil optreedt. Hierdoor zal dit profiel bijna niet kromtrekken. Dit is een goede oplossing voor het bimetaal effect maar is afgeraden door de slechte thermische eigenschappen.

8.5.9. Inroldruk verminderen

Het verlagen van de inroldruk is een praktische instelling. In Siemens NX kan de inroldruk niet ingesteld worden. Wel kan een statische wrijvingscoëfficiënt tussen de steeg en de aluminium schaal gedefinieerd worden. Hierbij zal de steeg niet meer vast verbonden zijn met de aluminium schaal, maar zal deze kunnen schuiven. Tabel 8-10 heeft het resultaat weer van deze simulaties.

Tabel 8-10 Invloed inroldruk

Statische Wrijvingscoëfficiënt	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
star	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
0,5	35,11	15,49	1,103	11,765	0,959
0,4	35,11	16,91	1,204	11,277	0,919
0,3	35,11	18,61	1,325	9,749	0,794

Uit bovenstaande tabel kan afgeleid worden dat het losser inrollen van de steeg zorgt voor een kleinere doorbuiging door het temperatuurverschil. Dit komt doordat de aluminium schalen ten opzichte van elkaar kunnen schuiven. Ook kan uit de tabel afgelezen worden dat bij losser inrollen het aluminium profiel minder stabiel is. Het losser inrollen is dus een eenvoudige manier om het bimetaal probleem op te lossen. Echter zullen deze schuifraamprofielen niet meer voldoen aan type A maar wel aan type O volgens de norm NF EN 14024.

8.5.10. Exterieur in ander aluminium legering

Een piste om het bimetaal effect te reduceren is door de thermische expansie van het buitenste aluminium schaal te verminderen. Een mogelijkheid hiervoor is het gebruik van een andere aluminium legering. Op de markt worden verschillende aluminiumlegeringen aangeboden. De aluminiumlegeringen met hoge silicium gehalten hebben een veel lagere thermische expansie dan de standaard gebruikte legering 6060. Tabel 8-11 geeft het resultaat weer van verschillende aluminiumlegeringen

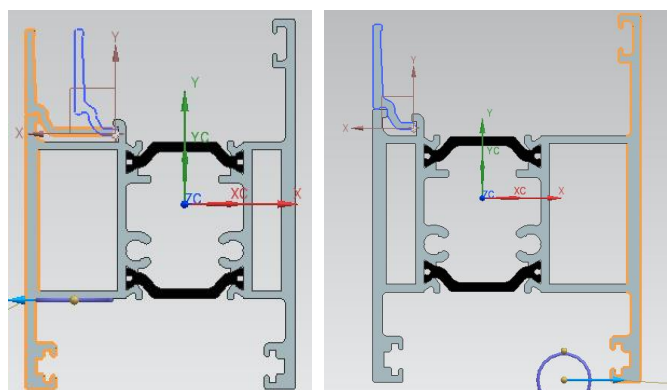
Tabel 8-11 Invloed aluminium legering

Aluminium legering	T_{min} (°C)	f_F (mm)	Verhouding	f_T (mm)	Verhouding
6060	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
6106	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
4032	35,10	13,76	0,980	8,934	0,728

Uit bovenstaande tabel kan afgelezen worden dat de kromtrekking door het temperatuurverschil sterk gereduceerd kan worden door de exterior uit een andere aluminium legering te produceren. Deze oplossing is echter economisch minder interessant omdat aluminium legeringen met hoge silicium gehalten niet kunnen geëxtrudeerd worden.

8.5.11. Bredere luchtkamers

De voorgaande simulaties hebben gemeenschappelijk dat deze allemaal eenzelfde vleugeldiepte hebben. Bij deze varianten zal de interieur en exterior kamer vergroot worden, waarbij een grotere vleugeldiepte wordt bekomen. Dit wordt verduidelijkt op figuur 8-11. Het resultaat van bredere interieur kamer wordt weergegeven in tabel 8-12 en het resultaat van de bredere exteriorkamer staat in tabel 8-13.



Figuur 8-11 Bredere luchtkamers

Tabel 8-12 Invloed grotere interieur kamer

Verschuiving (mm)	T_{min} (°C)	f_F (mm)	Verhouding	f_T (mm)	Verhouding
0	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
2	34,59	12,83	0,914	12,017	0,979
4	35,09	11,760	0,838	11,309	0,921
6	34,90	10,871	0,774	10,913	0,889
8	34,81	10,020	0,714	10,513	0,857
10	35,07	9,258	0,659	9,997	0,815

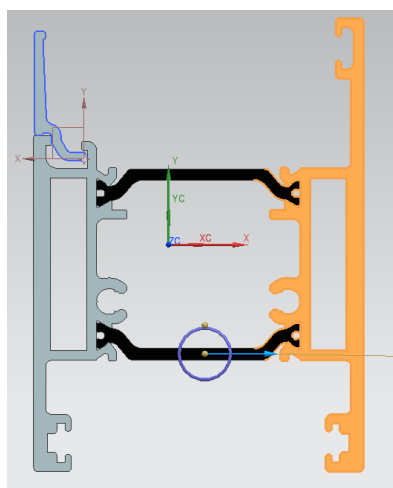
Tabel 8-13 Invloed grotere exterior kamer

Verschuiving (mm)	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
0	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
2	34,56	12,85	0,915	12,017	0,979
4	34,59	11,794	0,840	11,501	0,937
6	34,58	10,845	0,772	11,034	0,899
8	34,85	9,998	0,712	10,485	0,854
10	34,84	9,239	0,658	10,078	0,821

Uit tabel 8-12 en 8-13 volgt dat bij diepere profielen het oppervlaktetraagheidsmoment veel groter wordt. Dit komt doordat deze een grotere hoogte hebben. Ook zullen deze profielen minder doorbuigen door het temperatuurverschil. Deze verhouding is bij eenzelfde minimum temperatuur omgekeerd evenredig met de diepte toename. Het vergroten van de interieur of exteriorkamer hebben een positief effect op het bimetaal effect.

8.5.12. Langere steeg bij dieper profiel

Naast de diepere aluminium schalen kan ook een langere steeg ingerold worden (figuur 8-12). Het resultaat van deze simulaties wordt in tabel 8-14 weergegeven.



Figuur 8-12 Langere steeg

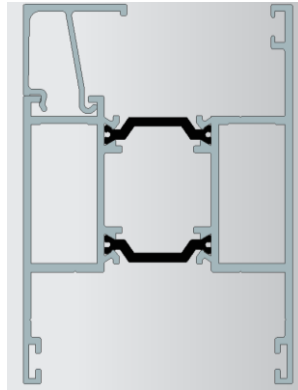
Tabel 8-14 Invloed langere steeg

Verschuiving (mm)	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
0	35,11	14,04	1,000	12,273	1,000
2	33,88	12,71	0,905	12,277	1,000
4	33,16	11,558	0,823	12,051	0,982
6	33,01	10,566	0,753	11,599	0,945
8	32,83	9,696	0,691	11,200	0,913
10	32,63	8,931	0,636	10,823	0,882

Het plaatsen van een langere steeg zal net zoals de bredere luchtkamers een beter resultaat geven voor het bimetaal effect. Echter zal een bredere steeg zorgen voor een groter temperatuurverschil. Hierdoor zal dit profiel thermisch beter isoleren. Dit heeft als gevolg dat deze variant iets meer zal doorbuigen dan de bredere luchtkamers.

8.5.13. QUARTZ 125

Flandria Aluminium biedt naast de GRAPHITE reeks ook schuiframen van de QUARTZ reeks aan. Het vleugelprofiel van de QUARTZ reeks wordt afgebeeld op figuur 8-13. Deze heeft een vleugeldiepte van 60 mm. Deze is iets groter dan de 45 mm diepe vleugelprofiel van de GRAPHITE reeks.



Figuur 8-13 QUARTZ vleugelprofiel

De thermische en structurele simulatie zijn ook uitgevoerd op het QUARTZ vleugelprofiel. Het resultaat wordt in tabel 8-15 weergegeven.

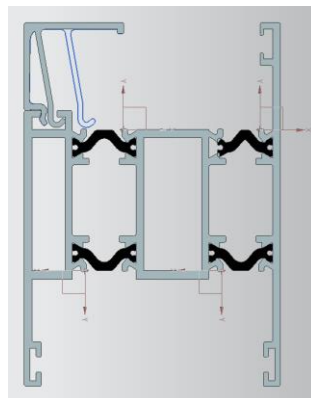
Tabel 8-15 Invloed QUARTZ profiel

Ander profiel	T_{\min} (°C)	f_F (mm)	Verhouding	f_T (mm)	Verhouding
QUARTZ 125	32,62	8,006	0,570	10,283	0,838

Doordat het QUARTZ vleugelprofiel een grotere diepte heeft, zal dit profiel minder doorbuigen door het temperatuurverschil.

8.5.14. 5 kamer profiel

Ook is een studie uitgevoerd op een 5 kamer profiel (figuur 8-14). Door de benodigde diepte van de extra kamer, kan deze enkel geconstrueerd worden voor een vleugeldiepte van 60 mm of meer. Het resultaat van deze simulatie wordt in tabel 8-16 weergegeven.



Figuur 8-14 5 kamer profiel

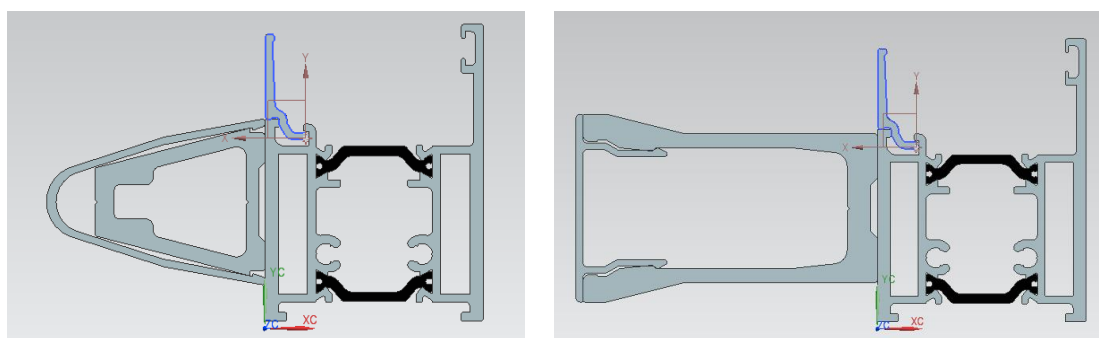
Tabel 8-16 Invloed 5 kamer profiel

Ander profiel	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
5 kamer profiel	30,76	7,411	0,528	9,540	0,777

Door de vorm van het profiel kan een grotere oppervlaktetraagheidsmoment worden bekomen. Daarnaast is dit een thermisch beter profiel. Ondanks deze een lagere minimum temperatuur bevat, zal deze toch een betere resultaat geven dan het QUARTZ profiel op het bimetaal effect. Het nadeel van dit profiel is dat deze is opgebouwd uit 3 delen en meermaals moet ingerold worden.

8.5.15. Externe verstijvers

Een oplossing die veel fabrikanten aanraden om de kromtrekking door het bimetaal effect op te vangen, is via een externe verstijver. Het gamma van Flandria Aluminium bevat 2 externe verstijvers. Deze worden weergegeven op figuur 8-15.



Figuur 8-15 Externe verstijvers

Dit extern profiel kan niet op het vleugelprofiel worden aangebracht doordat deze het slot zou belemmeren. Hierbij zijn deze simulaties uitgevoerd op een profiel. Het resultaat wordt in tabel 8-17 weergegeven.

Tabel 8-17 Invloed verstijver

Aanbrenging	T _{min} (°C)	f _F (mm)	Verhouding	f _T (mm)	Verhouding
999283 zonder verstijver	36,00	16,65	1,186	12,031	0,980
Elliptisch Binnenkant	33,88	4,119	0,247	7,079	0,588
Elliptisch Buitenkant	35,79	4,147	0,249	6,415	0,533
Rechthoek Binnenkant	30,39	1,933	0,116	5,020	0,417
Rechthoek Buitenkant	35,42	1,991	0,120	4,108	0,341

Uit bovenstaande tabel kan afgeleid worden dat de rechthoekige verstijver betere resultaten geeft dan de elliptisch verstijver. Dit komt doordat deze verstijver een grotere diepte geeft. Uit de simulaties blijkt ook dat de externe verstijver betere resultaten levert als deze aan de buitenkant wordt geplaatst, echter is dit in de praktijk niet mogelijk voor de schuivende vleugel.

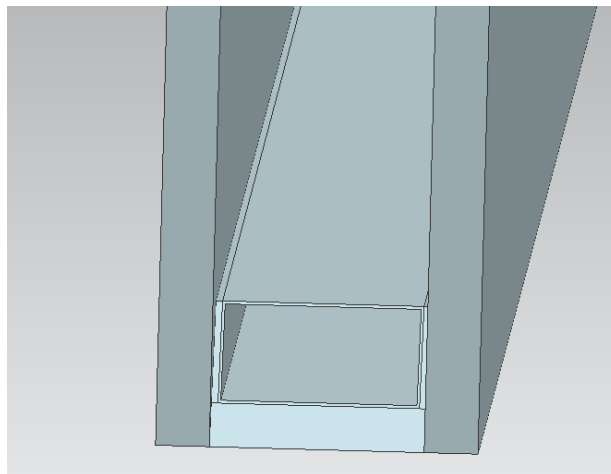
9 Studie isolerende beglazing

9.1. Doel

Het doel van deze studie is het nagaan wat de kromtrekking van de beglazing is bij een temperatuurverschil tussen de 2 glasbladen. Deze studie is even of zelfs belangrijker dan deze van het profiel. Ongeveer 80% van een schuifraam bestaat uit de beglazing. Omtrent de kromtrekking van de beglazing door de expansie van de glasbladen, zijn nog niet veel studies gedaan en is dus nog niet veel data gekend. Om toch correcte simulaties op de complexe beglazing te maken, zullen eerst de wind en inwendige belastingen gecontroleerd worden via de software SJ Mepla. Indien deze resultaten overeenkomen, kunnen vervolgens correcte simulaties gemaakt worden waarbij de glasbladen expanderen.

9.2. Idealisering

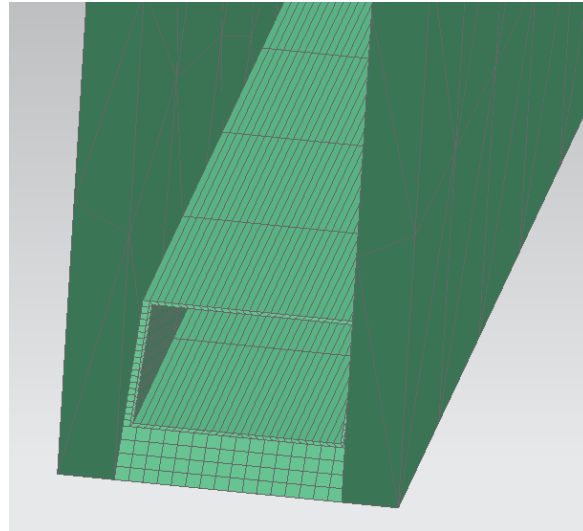
De essentie van deze studie is het nagaan van de doorbuiging van de beglazing door een temperatuurverschil van de glasbladen. Omdat geen geometrie van de beglazing ter beschikking was, is deze op basis van de opbouw uit hoofdstuk 6.4. geconstrueerd. Hierbij zijn enkel de structurele elementen gemodelleerd. De vulling van de afstandhouders wordt buiten beschouwing gelaten.



Figuur 9-1 Geïdealiseerde beglazing

9.3. Mesh

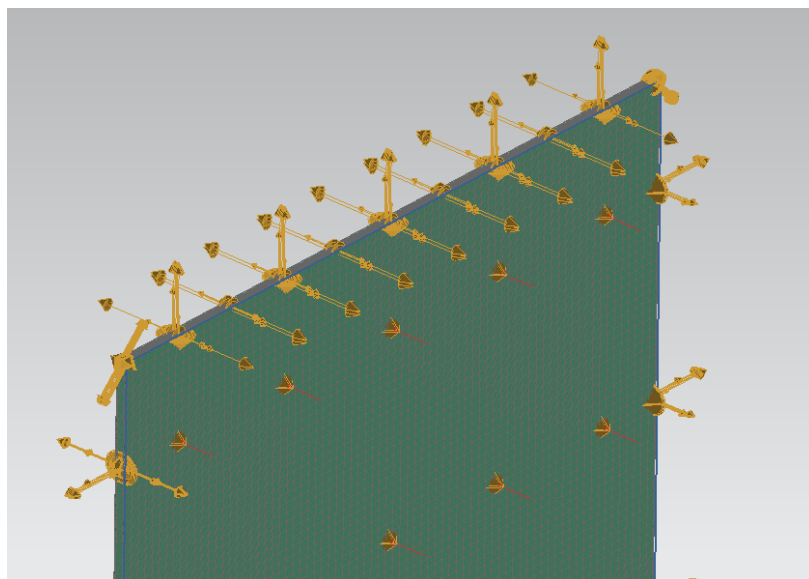
Een belangrijke stap in de eindige elementen analyse is het bepalen van de mesh. Hierbij kan de keuze gemaakt worden tussen een 0D, 1D, 2D en 3D mesh. In deze studie ligt de focus op de doorbuiging van beide glasbladen. Deze zullen door klimaat belasting in een bolvorm vervormen. Daarom zijn de glasbladen 3D tetrahedral gemesht op basis van een 2D mesh. De afstandhouders en dichting schermen zullen minder vervormen, daarom zijn deze 3D swept gemesht op basis van een 2D mesh. De gemeshte beglazing wordt op figuur 9-2 weergegeven.



Figuur 9-2 Gemeshte beglazing

9.4. Randvoorwaarden

Na het meshen kunnen de verschillende randvoorwaarden ingesteld worden. Eerst worden alle onderdelen van de beglazing met elkaar verbonden via een lijmverbinding. Dit benadert de praktijk aangezien de dichtingsschermen op de beglazing worden gelijmd. Deze lijmverbinding wordt afgebeeld met de gele pijlen op figuur 9-3. De overige randvoorwaarden worden ingesteld op basis van de software SJ Mepla. Hierbij wordt de z-richting van de rand van de hele beglazing gefixeerd. Dit wordt via de blauwe lijnen op figuur 9-3 weergegeven. Vervolgens kan een belasting opgelegd worden. Hierbij kan een wind belasting (constante druk) of een temperatuur in de spouw ingesteld worden. Voor de constante druk is een waarde van 900 Pa en voor de temperatuurstijging in de spouw is een waarde van 20°C ingesteld.



Figuur 9-3 Randvoorwaarden beglazing

9.5. Resultaten

Op basis van de ingestelde randvoorwaarden kan het resultaat berekend worden voor een beglazing met afmetingen 1500 op 2250 mm. Het resultaat van deze simulaties zijn in tabel 9-1 weergegeven. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen de resultaten van Siemens NX en SJ Mepla. De resultaten van de simulaties van klimaat belasting op 4-16-4 beglazing met SJ Mepla kan in bijlage 3 en 4 teruggevonden worden. In deze software wordt de invloed van de afstandhouders verwaarloost. Dit kan benaderd worden in Siemens NX door aan de afstandhouders een materiaal toe te kennen met een heel lage elasticiteitsmodulus.

Tabel 9-1 Klimaat belasting isolerende beglazing

Beglazing	Belasting	SJ Mepla		Siemens NX	
		Maximale uitwijking buiten glasblad (mm)	Maximale uitwijking binnen glasblad (mm)	Maximale uitwijking buiten glasblad (mm)	Maximale uitwijking binnen glasblad (mm)
4-12-4	Wind	44,60	44,70	44,51	44,52
4-12-4	Temperatuurtoename	-0,95	0,95	-0,95	0,95
4-16-4	Wind	44,72	44,58	44,51	44,52
4-16-4	Temperatuurtoename	-1,27	1,27	-1,27	1,27
6-16-6	Wind	13,31	13,15	13,44	13,44
6-16-6	Temperatuurtoename	-1,27	1,27	-1,26	1,27
6-16-33.1	Wind	20,63	20,49	21,24	21,24
6-16-33.1	Temperatuurtoename	-0,56	1,98	-0,51	2,02
8-16-4	Wind	9,93	9,91	10,03	10,03
8-16-4	Temperatuurtoename	-0,28	2,27	-0,29	2,27
4-16-8	Wind	9,90	10,18	10,03	10,03
4-16-8	Temperatuurtoename	-2,27	0,28	-2,27	0,29

Uit bovenstaande tabel kan afgeleid worden hoe dikker de glasplaten hoe beter deze de windbelasting kunnen weerstaan. Hierbij zal zowel het buiten en binnen glasblad vervormen door deze constante druk. Ideaal wordt het buitenblad iets dikker gekozen omdat deze rechtsreeks de windbelasting opvangt. Uit de tabel volgt ook dat de dikte van de spouw geen invloed heeft op de doorbuiging door de wind. Gelaagde beglazing presteert ondanks zijn dikte veel minder goed dan een monolithisch glas met eenzelfde dikte. De equivalente dikte van dit blad kan bepaald worden aan de hand van tabel 6-1. Voor deze afmeting van beglazing is 4-16-4 veel te dun gedimensioneerd en zal deze eerder breken vooraleer de uitwijking van 45 mm wordt bekomen.

Door een temperatuurtoename van 20°C in de spouw zal de beglazing in een bol vervormen. Hierbij zal de totale maximale uitwijkingen identiek zijn. Dit komt doordat de beglazing weinig weerstand bieden tegen deze vervorming. Bij een dunnere spouw zal door de totale uitwijking kleiner zijn. Dit komt doordat de volumetoename kleiner is. Bij beglazing met ongelijke glasblad diktes, zal het dunste glasblad het meeste vervormen.

Ook kan vastgesteld worden dat de simulaties met Siemens NX de simulaties met de software SJ Mepla goed benaderen. Hierbij mag aangenomen worden dat alle verdere simulaties op basis van het model uit Siemens NX correct zullen zijn. Op basis van dit model kan de invloed van de temperatuur op de glasbladen onderzocht worden. Hierbij kan in tegenstellingen van SJ Mepla wel rekening gehouden worden met de vervorming van de afstandhouders. In tegenstelling met de vorige simulaties, zal niet de volledige z-richting van de beglazing maar enkel de hoekpunten worden ondersteund. Hierdoor wordt de maximale waarde van doorbuiging door het temperatuurverschil bepaald. De temperatuur van de glasbladen en de spouw is ingesteld op basis van de

berekeningen uit hoofdstuk 6.6. Tabel 9-2 heeft het resultaat weer van de vervorming van verschillende type beglazingen.

Tabel 9-2 Kromtrekking isolerende beglazing

Beglazing	Coating	Uitwijking centrum buiten glasblad (mm)	Uitwijking centrum Binnen glasblad (mm)
4-16-4	Low-e	-1,71	-0,14
6-16-6	Low-e	-1,62	0,34
6-16-6	Zonwerend	-2,46	-0,15
6-16-33.1	Low-e	-0,68	-1,38

Uit bovenstaand tabel kan afgeleid worden dat dubbele beglazing bijna niet kromtrekt door de uitzetting van de glasbladen. Deze uitzetting wordt voornamelijk opgevangen door de afstandhouders. Zonwerende beglazing (coating op zijde 2) zorgt voor een groter temperatuurverschil tussen de glasbladen. Hierdoor heeft deze een negatieve invloed op de kromtrekking van de isolerende beglazing. Bij een dubbele beglazing met een gelaagde binnen glasblad zal het temperatuurverschil tussen het buiten en binnen glasbladen kleiner zijn. Hierdoor zal deze beglazing minder kromtrekken. Ten gevolge van de temperatuuroename in de spouw zal het binnen glasblad meer naar binnen geduwd worden.

Uit de tabel 9-1 kan afgeleid worden dat ideaal een dikkere beglazing gebruikt wordt om de windbelasting op te vangen. Uit tabel 9-2 volgt dat de beglazing door een temperatuurverschil bijna niet kromtrekt, maar dit kan beperkt worden via de keuze van een low-e coating en een gelaagde binnen glasblad.

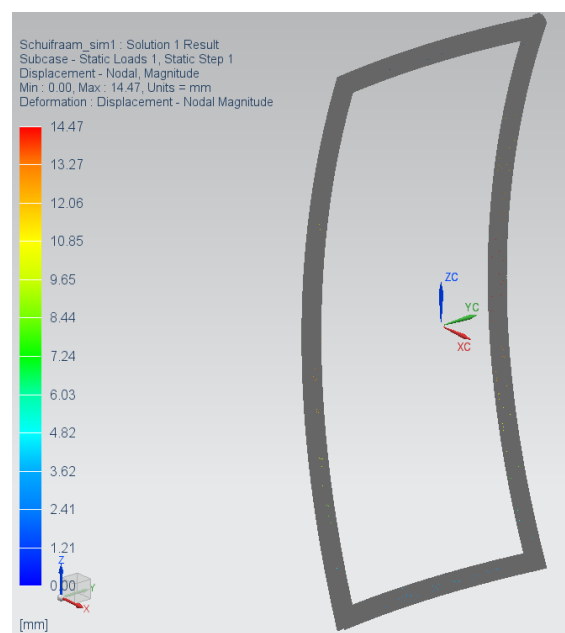
10 Studie schuifraam vleugel

10.1. Doel

Naast de studies van de aluminium profielen en de beglazing, zal een studie uitgevoerd worden op een volledige schuifraam vleugel. Hierbij zal het model identiek opgebouwd worden naargelang de beschreven instellingen van hoofdstuk 8 en 9. Het doel van deze studie is om de verschillende oplossingen uit voorgaande hoofdstukken te simuleren.

10.2. Resultaat aluminium kader

Als eerste studie wordt het aluminium kader van de schuifraam vleugel gesimuleerd. Hierbij wordt een schuifraam vleugel met afmeting 1140 op 2580 mm onderzocht. Om een maximale doorbuiging te verkrijgen en de test voor het CSTB certificaat het meest te benaderen, zullen de temperaturen van alle aluminium buitenschalen ingesteld worden op 60 graden. Hierbij wordt dus geen rekening gehouden met schaduw of profielen die niet opgewarmd worden. Het resultaat van deze simulatie wordt afgebeeld op figuur 10-1.

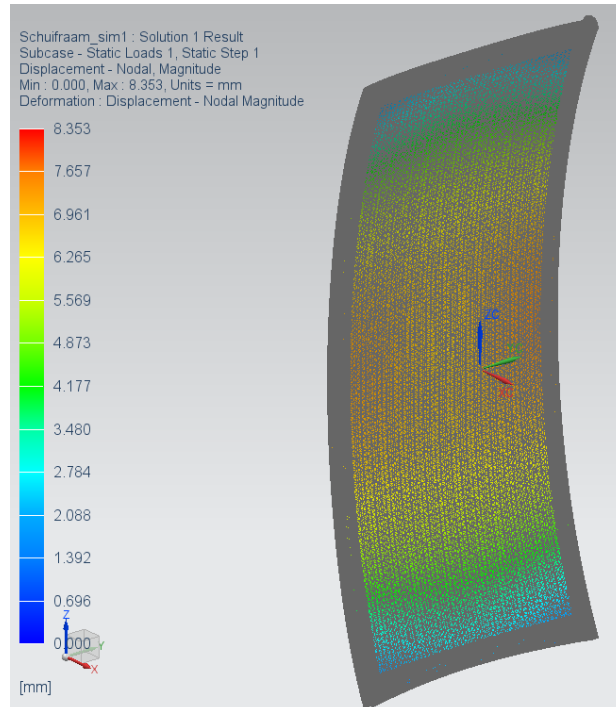


Figuur 10-1 Kromtrekking aluminium kader

Uit bovenstaande afbeelding kan afgelezen worden dat een maximale doorbuiging van 14,47 mm optreedt bij het aluminium kader zonder beglazing. Hierbij kan vastgesteld worden dat zowel in de hoogte en de breedte een kromtrekking optreedt. Aangezien de kromtrekking afhankelijk is van de lengte in het kwadraat zal de kromtrekking in de hoogte veel groter zijn. Wel kunnen bij brede schuiframen problemen optreden door deze vervorming in de breedte. Uit de simulatie kan ook vastgesteld worden dat bij deze instellingen het vleugelprofiel en het chicaneprofiel ongeveer evenveel kromtrekken. Deze simulatie is echter nog niet volledig aangezien nog geen rekening wordt gehouden met de beglazing. Deze simulatie heeft een echter een indicatie van de maximale doorbuiging van het aluminium kader.

10.3. Resultaat schuifvleugel

Naast het aluminium kader kan ook een simulatie gemaakt worden op een volledige schuifvleugel. Het resultaat van deze simulatie staat afgebeeld op figuur 10-2.



Figuur 10-2 Kromtrekking schuifvleugel

Uit deze simulatie blijkt dat de maximale doorbuiging van de schuifvleugel 8,35 mm is. Deze maximale waarde treedt op in het centrum van het buiten glasblad. Hierbij kan vermoed worden dat de beglazing voor de kromtrekking van de schuifvleugel zorgt. Echter zal de schuifvleugel veel minder kromtrekken dan het aluminium kader. Dit komt doordat de beglazing bijna niet kromtrekt en de kromtrekking van het kader belemmert. De maximale waarde in het buiten glasblad komt dus uit de vervorming van het kader en de inwendige temperatuurtoename.

Met de functie identify results kunnen de waarden van de doorbuigingen van de verschillende onderdelen opgevraagd worden. Hierbij blijkt dat het vleugelprofiel 7,29 mm doorbuigt. Dit benadert de 8 mm uitwijking van de CSTB meting. Hierdoor kan deze simulaties als waarheidsgetrouw aangenomen worden en hierop de mogelijke oplossingen getest worden.

10.4. Oplossingen

Op basis van het model in Siemens NX kunnen de verschillende oplossingen uit hoofdstuk 8 en 9 gesimuleerd worden. Het resultaat van deze simulaties zijn in tabel 10-1 weergegeven.

Tabel 10-1 Resultaat simulaties van oplossing op de schuifvleugel

Uitvoering	Maximale uitwijking vleugelprofiel (mm)	Maximale uitwijking binnen glasblad (mm)	Maximale uitwijking buiten glasblad (mm)	Maximale uitwijking chicaneprofiel (mm)
Zonder beglazing	13,33	/	/	14,28
4-16-4 low-e beglazing	7,29	7,51	8,35	7,51
4-16-4 low-e beglazing met rechte stegen	7,27	7,52	8,34	7,51
4-16-4 low-e beglazing met 16 mm stegen	6,34	6,70	7,54	6,68
4-16-4 low-e beglazing met bimetaal stegen Technoform	6,84	7,33	7,90	7,49
4-16-4 low-e beglazing met exterieur in Al4032	5,57	6,02	6,74	6,02
4-16-4 low-e beglazing rechthoekige extern profiel	7,21	7,22	7,23	4,76
4-16-4 low-e beglazing met elliptisch extern profiel	7,17	7,18	7,64	5,96
4-12-4 low-e beglazing	8,70	9,01	9,58	8,90
4-20-4 low-e beglazing	5,97	6,11	7,24	6,11
4-16-44.1 low-e beglazing	4,96	5,06	6,30	5,07
6-12-6 low-e beglazing	6,87	7,03	7,64	7,02
6-16-6 low-e beglazing	5,54	5,63	6,53	5,63
6-16-6 zonwerende beglazing	8,40	8,56	9,78	8,54
6-16-33.1 low-e beglazing	5,02	5,10	5,52	5,11

Uit bovenstaande tabel kunnen verschillende zaken afgeleid worden. Hoe dikker de beglazing hoe minder de schuifvleugel kromtrekt. Dit kan verklaard worden doordat de glasrubbers iets minder worden ingedrukt, al is dit verschil niet groot. De vervorming van het kader zal op kortere afstand de beglazing tegenkomen. Deze beglazing biedt meer weerstand tegen het doorbuigen dan de glasrubbers en zal de doorbuiging van het aluminium kader reduceren. De dikkere beglazing kan zowel bekomen worden door dikkere glasbladen als met een dikkere spouw, waarbij dikkere glasbladen een beter resultaat geven. De 4-16-4 beglazing die als standaard voor deze test gebruikt is, levert geen goede resultaten omdat deze beglazing iets te dun is gedimensioneerd. Hierbij wordt beter voor een dikkere beglazing en spouw gekozen. Echter voor het bereiken van een goede Ug-waarde is de ideale diepte van de spouw 15 á 16 mm.

De maximale uitwijking wordt bekomen in het buiten glasblad. Dit komt door de vervorming van de beglazing door het aluminium kader en de inwendige belasting door de temperatuuroename in de spouw.

Bij deze simulaties zijn ook 2 gelaagde beglazingen getest. De 2 soorten gelaagde beglazing zijn: 4-16-44.1 en 6-16-33.1. Deze leveren ongeveer dezelfde resultaten ondanks de beglazing 6-16-33.1 iets beter presteert tegen windbelasting. Dit kan verklaard worden doordat bij de samenstelling 6-16-33.1 het temperatuurverschil tussen de glasbladen iets groter is. Over het algemeen leveren de gelaagde beglazing de beste resultaten op de reductie van het bimetaal effect.

Beglazing met zonwerende coating levert een veel slechter resultaat dan een beglazing met low-e coating. Dit komt doordat bij zonwerende beglazing een groter temperatuurverschil optreedt in de beglazing. Ook zal deze meer convex vervormen door de temperatuurtoename van de spouw.

Het gebruik van externe verstijvers zal de kromtrekking bij de chicane sterk verminderen. Dit komt doordat deze via de externen verstijvers een veel grotere diepte hebben. Het beste resultaat van de externe verstijvers wordt bekomen met het rechthoekig extern profiel. Uit deze simulaties blijkt ook dat het externe profiel bijna geen invloed heeft op de doorbuiging van het vleugelprofiel.

Een kortere steeg heeft merkkelijk betere resultaten op kromtrekking van het schuifraam. Doordat bij een schuifraam verhoudingsgewijs het contactoppervlakte van glas aanzienlijk groter is t.o.v. de oppervlakte profiel zal uiteindelijke Uw-waarde enigszins aanvaardbaar blijven door een investering in een hoog performante beglazing

Tenslotte zijn ook nog enkele stegen gesimuleerd. Hierbij heeft de vorm van de steeg bijna geen invloed op de kromtrekking van de schuifvleugel. Ook is de anti bimetaal oplossing van het bedrijf Technoform gesimuleerd. Bij deze oplossing zijn de aluminium schalen minder star verbonden door de openingen in de stegen. Hierbij worden iets betere resultaten bekomen.

Uit deze simulaties kan vastgesteld worden dat het bimetaal effect bij aluminium schuiframen niet met 1 oplossing kan gereduceerd worden. Ideaal worden verschillende oplossingen toegepast. Echter zal de kromtrekking nooit helemaal weggewerkt kunnen worden.

11 Testopstellingen

11.1. Vereisten testopstelling

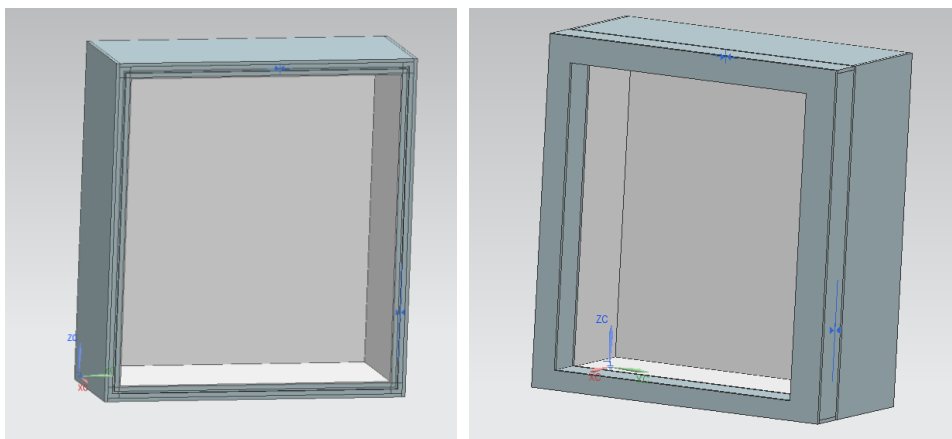
Voor het behalen van een CSTB certificaat wordt een warmte test uitgevoerd op het schuifraam. Bij deze test wordt de buitenkant van het schuifraam tot 60°C opgewarmd en wordt op dit punt geverifieerd of dat het schuifraam nog vlot kan gesloten worden. In het verleden werden hierop testen gedaan in het labo bouwfysica in Gent. Hierbij werd vanuit Flandria Aluminium de vraag gesteld als een gelijkaardige testopstelling kan ontwikkeld worden. Zodat interne testen uitgevoerd kunnen worden om zo eventueel verbeteringen bij het schuifraam aan te brengen.

11.2. Opstelling

Om aan de vereisten te voldoen zijn meerdere concepten voor een testopstellingen uitgewerkt. Deze testopstellingen worden hieronder toegelicht. Hiervan worden de voor en nadelen besproken.

11.2.1. 1^{ste} concept testopstelling

De eerste opstelling is een gesloten box (figuur 11-1). Hierbij wordt het schuifraam gemonteerd in een houten kader en vervolgens aan een warmtebox gekoppeld. Bij deze opstelling wordt de buitenkant van het schuifraam naar de binnenkant van de box geplaatst. Door vervolgens de binnenkant van de box op te warmen zal de buitenkant van het schuifraam ook deze temperatuur verkrijgen en beginnen kromtrekken naar de binnenkant van de box toe.

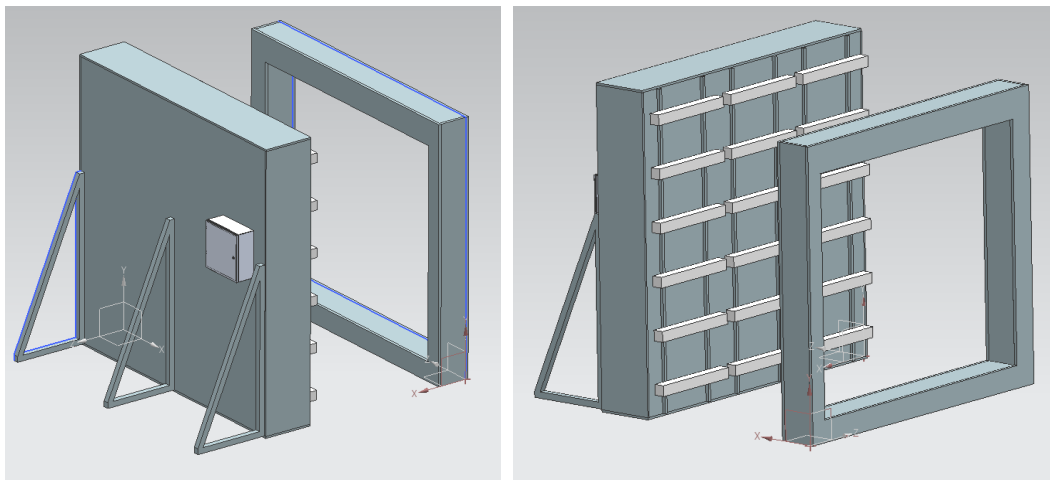


Figuur 11-1 1ste opstelling

Het nadeel van deze opstelling is dat deze afhankelijk is van het kader dat tegen de box gemonteerd wordt. Hierdoor kan maar 1 type schuifraam getest worden. Indien een andere afmeting van schuifraam getest moet worden, zal hiervoor een andere box ontwikkeld moeten worden. Om dit probleem op te lossen is een 2^{de} concept voor een testopstelling ontwikkeld.

11.2.2. 2^{de} concept testopstelling

De tweede opstelling bestaat uit een houten wandconstructie. Hierbij wordt het schuifraam opnieuw in een kader gemonteerd. In tegenstelling tot het vorig ontwerp wordt het schuifraam voor de wand geplaatst (figuur 11-2). Hierbij kunnen verschillende afmetingen van schuiframen getest worden. Deze opstelling is gebaseerd op de opstelling in Gent waarbij het schuifraam met infraroodstralers wordt opgewarmd. Deze infraroodlampen zullen over het volledig oppervlak van de wand verdeeld worden zodat het schuifraam gelijkmatig opwarmt. Om het kippen van de wand te vermijden door een gewichtsverschil op te vangen, kunnen eventueel enkele versterkingsdriehoeken aangebracht worden.



Figuur 11-2 2de opstelling

Dit concept is volledig uitgewerkt. Hierbij wordt de dimensionering van het vermogen van de infrarood stralers in het volgend hoofdstuk toegelicht. De benodigde elektrische kast is uitgetekend met de software EPLAN en kan in bijlage 8 worden teruggevonden. De kostprijscalculatie van de opstelling kan in bijlage 7 worden teruggevonden. Aangezien deze opstelling redelijk kostelijk is voor enkele metingen, is besloten om de testen opnieuw in het labo bouwfysica in Gent te doen.

11.3. Berekenen vermogen voor opstelling

Het vermogen voor de opstelling kan bepaald worden aan de hand van de opwarming van het glas. Hierbij worden de aluminium profielen verwaarloosd omdat het glas het grootste vermogen zal vragen. Het vermogen om iets op te warmen wordt berekend met volgende formule (12.1).

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{3600} \quad (12.1)$$

Met: P = vermogen [kW]
 m = massa van het medium in kg dat in één uur opgewarmd dient te worden [kg]
 c = soortelijke warmte [J/kg.K]
 $\Delta T = T_2 - T_1$ (eindtemperatuur – begintemperatuur) [°C]

Het berekende vermogen P is benodigd om een massa in 1 uur op te warmen. Indien de massa sneller opgewarmd moet worden zal het vermogen toenemen. Om eventuele warmteverliezen te compenseren, moet ook een veiligheidsfactor meegerekend worden. Omdat voor deze opstelling infrarood stralers zullen gebruikt worden, zal het vermogen gedimensioneerd worden op basis van de temperatuurberekening van bijlage 2. Toegepast op deze beglazing kunnen volgende gegevens opgesteld worden:

- De beglazing weegt 20 kg/m²
- De beglazing heeft een absorptie van 7%.
- Soortelijk warmte van het glas is 800 J/kgK
- Oppervlakte van de opstelling is 9 m²
- Gemiddelde temperatuur is 33,9°C

Hierbij wordt het vermogen om de beglazing op te warmen:

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{3600} = \frac{20 \cdot 9 \cdot 800 \cdot (33,9 - 20)}{3600 \cdot 0,07} = 7942,86 \text{ W}$$

Dit berekend vermogen is benodigd om het glas in 1 uur op te warmen naar de gewenste temperatuur. Indien de temperatuur na 30 min bereikt moet worden, dan zal een groter vermogen benodigd zijn. Deze kan als volgt berekend worden:

$$P = 7942,86 \cdot \frac{60}{30} = 15885,71 \text{ W}$$

Zoals hierboven vermeld zal bij deze toepassing voor de opstelling infraroodstralers gebruikt worden. Deze hebben het nadeel dat het vermogen sterk afneemt met de afstand. Hierbij moet 16000 W op het glasoppervlakte kunnen geleverd worden. Om dit te compenseren wordt een hoge veiligheidsfactor van 2 meegerekend. Hierbij wordt het vermogen:

$$P = 15885,71 \cdot 2 = 31771,43 \text{ W}$$

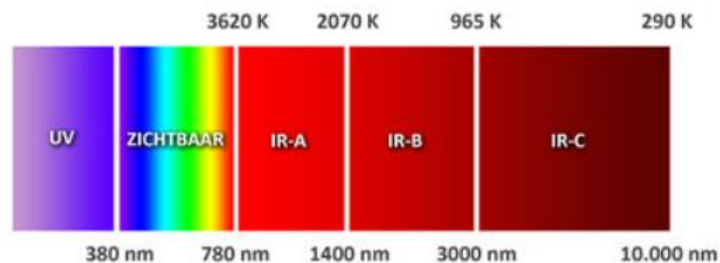
Uit deze berekening blijkt dat om het glas op het schuifraam in een half uur op te warmen 31771 W benodigd is. Dit vermogen is heel hoog en hiervoor zullen veel infrarood stralers benodigd zijn.

11.4. Warmte elementen

Nu het vermogen gekend is, kunnen de geschikte warmte elementen bepaald worden. Uit de warmteberekening blijkt dat een heel groot vermogen op een klein oppervlak benodigd is. Hiervoor zijn infrarood stralers ideaal doordat deze de straling van de zon het beste benaderen. Om de geschikte infrarood straler te kiezen zal hieronder de infraroodstraling wat meer toegelicht worden.

11.4.1. Infraroodstraling

Infraroodstraling is een onzichtbaar spectrum dat net achter het licht komt (figuur 11-3). Deze vorm van straling transporteert warmte. Dit kan met een eenvoudig voorbeeld gedemonstreerd worden. Als een wolk voor de zon verschijnt dan voelt het meteen kouder aan. Dit komt doordat de warmte wordt gemist die via de infraroodstralen wordt overgebracht.



Figuur 11-3 Infraroodspectrum

Hoe dichter de straling bij het zichtbaar licht spectrum komt, hoe korter de golflengte en hoe krachtiger de straling is. Op de markt bestaan 3 type infrarood stralers. Hierbij moet de keuze gemaakt worden tussen korte, midden en lange golf infrarood stralers. Deze keuze is afhankelijk van de toepassing. Om een juiste keuze te maken bij de testopstelling worden deze 3 types verder toegelicht.

11.4.2. Korte golf infrarood straler

De korte golf straler heeft een golflengte van 760 tot 1400 nm en is hiermee de krachtigste van de 3. Het voordeel van deze infrarood straler is dat deze de kortste reactie tijd heeft van 1 tot 2 seconden. Uit deze reactietijd blijkt ook het grote nadeel van deze straler. Deze heeft een inschakel stroompiek van 15 keer de nominale stroom. Dit type straler is de goedkoopst van de drie, maar moet ver van het object geplaatst worden omdat deze veel warmte uitstraalt. Deze wordt in de praktijk vooral toegepast bij terrasverwarming.

11.4.3. Midden golf infrarood straler

De midden golf straler heeft een golflengte van 1400 tot 3000 nm. Deze is iets minder krachtig dan de korte golf en heeft een reactie tijd van 60-90 seconden. Het grote voordeel van dit toestel ten opzichte van de korte golf straler, is dat deze geen grote stroompiek vraagt. De oppervlakte temperatuur van deze straler is iets lager en hierbij mag het object iets dichterbij de straler geplaatst worden.

11.4.4. Lange golf infrarood straler

De lange golf straler heeft een golflengte van 3000 tot 10000 nm. Hierbij is deze de minst krachtigste van de drie. De oppervlaktetemperatuur van deze straler is zeer laag en hierbij mag het object bijna tegen de straler geplaatst worden. Deze wordt in de praktijk vooral binnenshuis gebruikt voor het opwarmen van ruimtes.

11.4.5. Keuze infrarood straler

Uit de berekening van de warmte blijkt dat 32kW aan warmte noodzakelijk is. Ideaal zou voor deze toepassing de korte golf infrarood straler gebruikt worden. Maar door de inschakelstroom piek van 15 keer de nominale stroom. Zou de beveiliging van de elektrische kast sterk over gedimensioneerd moeten worden. Hierbij moet de vraag gesteld worden: Als deze zodanig sterk is over gedimensioneerd, hoe goed zal deze beveiliging nog reageren op een fout? In het slechtste geval moet een beveiliging hoger overnemen en kan hierbij andere machines uitgeschakeld worden. Voor dit probleem op te lossen kunnen dure PID regelaars bij de infrarood lampen geplaatst worden. Dit zal leiden tot een heel dure opstelling. Dit probleem kan vermeden worden door voor de midden golf infrarood straler te kiezen. Deze geeft geen grote inschakelstroom piek en hierbij kan de beveiliging correct gekozen worden. Door de mogelijke lange opwarmtijd van 0,5 uur tot 1 uur is het verschil tussen beide klein.

Naast de keuze van lengte van de golf van de infrarood straler moet ook nog een type van verwarmingselement gekozen worden (figuur 11-4). Dit type verwarmingselement bepaald als de infrarood straler de objecten of de omgeving zal opwarmen.

Type verwarmingselement	Golden tube	Halogeen	Carbon	Quartz	Heatpanel	Heatstrip	Lowglare	Golden Shadow	Royal Diamond
Verwarmt alleen personen en objecten, niet de omgeving.	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja
Verwarmt zowel personen en objecten, als de omgeving.	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Verwarmt alleen de omgeving.	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Geschikt voor open ruimtes waar wind staat.	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja
Alleen geschikt voor beschutte ruimtes waar weinig wind staat.	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Straalt relatief veel licht uit.	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja

Figuur 11-4 Type verwarmingselement

Bij de testopstelling moet enkel het schuifraam opgewarmd worden en niet de omgeving. Hierdoor zou de midden golf infrarood straler met halogeen lampen ideaal zijn.

12 Duurzaamheid

Van 25 tot 27 september 2015 vond in het hoofdkwartier van de Verenigde Naties een samenkomst met alle staatshoofden, overheids- en topvertegenwoordigers plaats. Hierbij bespraken ze de nieuwe duurzame ontwikkelingsdoelstellingen (SDG's) die tegen 2030 bereikt moeten worden. Bij dit gesprek zijn 17 duurzame ontwikkelingsdoelstellingen formeel aangenomen. Hierbij is het doel om de komende 15 jaar de 17 duurzame ontwikkelingsdoelstellingen, die gekoppeld worden aan 169 targets, een actieplan vormen om de mensheid te bevrijden van armoede en de planeet terug op de koers richting duurzaamheid te plaatsen.

In deze masterproef is ook rekening gehouden met deze duurzame ontwikkelingsdoelstellingen. Vooral met de elfde. In deze duurzame ontwikkelingsdoelstelling wordt beschreven dat tot op vandaag 2 op 3 Europeanen en bijna 3,9 miljard mensen (meer dan de helft van de wereldbevolking) wereldwijd in steden woont. Volgens recente cijfers zou tegen 2030, 60% van de wereldbevolking in een stedelijke omgeving wonen. Door de uitbreiding van de stedelijke bevolking, zal ook hun impact op het milieu en klimaatverandering toenemen.

De impact op het milieu en klimaatverandering kan tegen gegaan worden door woningen beter te isoleren. Ook kunnen ramen, deuren en schuiframen met betere isolatiewaarden geplaatst worden. Het ideale materiaal hiervoor is aluminium. De grootste troef van aluminium is dat deze voor 100% recycleerbaar is zonder dat iets van kwaliteit verloren gaat.

Bij hedendaagse aluminium schuiframen zal zowel de beglazing en de profielen beter isoleren dan oudere. Hierbij kan een groter temperatuurverschil tussen de buiten en binnenkant ontstaan. Echter treedt hierdoor een nieuw ongewenst probleem op. De schuiframen kunnen op warme dagen door het groter temperatuurverschil meer kromtrekken waardoor problemen optreden bij het schuiven of het sluiten. Om deze kromtrekking te verminderen kan naar oplossingen gezocht worden. Bij deze oplossingen wordt rekening gehouden met de elfde duurzame ontwikkelingsdoelstellingen waarbij de thermische isolatie van het schuifraam wordt behouden.

Ook wordt aan de hand van simulaties naar oplossingen gezocht. Hierbij wordt de productie van schuiframen die een gelijkaardig of slechter resultaat hebben vermeden en zullen deze ook niet getest worden met een opstelling die veel energie vraagt.

13 Besluit

Het hoofddoel van deze studie bestaat uit het onderzoek op het bimetaal effect bij aluminium schuiframen. Hierbij is het onderzoek eerst opgedeeld op component niveau, waarbij de aluminium profielen en de beglazing onderzocht worden. Bij de start van de thesis is hiervoor een literatuur en marktstudie uitgevoerd om zo veel mogelijke informatie te verzamelen.

Bij de literatuurstudie is enkel veel informatie omtrent de beglazing teruggevonden. Hierbij worden de vervorming van isolerende beglazing in verschillende normeringen beschreven aan de hand van de inwendige belastingen. Hierbij zal de beglazing vervorming naargelang de drukverandering in de spouw. Bij een ongelijkheid tussen de in- en uitwendige druk van isolerende beglazing zal deze vervormen. Deze drukveranderingen worden veroorzaakt door temperatuursveranderingen, hoogteverschillen en verschil van uitwendige druk tussen de plaats van productie en de plaats van montage. De vervorming door de expansie van de glasplaten worden in deze normeringen niet vermeld en zullen via eindige elementen analyses bepaald worden.

Uit de marktstudie zijn enkele mogelijke oplossingen gevonden voor het bimetaal effect. Hierbij worden vooral de oplossingen: kleur van de lak, externe versterking, lossere inrollen van de stegen en bimetaal stegen vermeld. Echter wordt de exacte invloed hiervan niet vermeld. De invloeden van deze en enkele andere mogelijke oplossingen zullen via enkele eindige elementen analyses worden bepaald.

Aan de hand van de eindige elementen analyses zijn de invloeden van zowel de beglazing en de aluminium profielen op de kromtrekking van het schuifraam bepaald. Omdat door de uitbraak van het coronavirus geen testen konden uitgevoerd worden, zijn deze eindige elementen analyses geverifieerd op basis van informatie uit de literatuur- en marktstudie. Uit deze simulaties blijkt dat het aluminium kader het meeste kromtrekt, de beglazing zal veel minder kromtrekken. Hierdoor zal de beglazing, de kromtrekken van het aluminium kader reduceren. Door de inwendige belasting van de beglazing, zal het buiten glasblad het meeste uitwijken. Hierbij mag niet aangenomen worden dat de beglazing het meeste kromtrekt.

Uit deze studie wordt vastgesteld dat dikkere beglazingen betere resultaten geven op het bimetaal effect. Hierbij wordt aangeraden om beglazingen tot 30 mm (maximale diepte die bij GRAPHITE reeks geplaatst kan worden) te gebruiken. Hierbij mag zowel de dikte van de beglazing of de dikte van de spouw toenemen. Ideaal neemt de dikte van de beglazing toe. Door deze dikkere beglazing zal de kromtrekking van de vleugel verminderen doordat deze de vervorming opvangt. Ook zullen de glasrubbers iets minder indrukken al zal het verschil hiervan niet groot zijn. Ideaal heeft de beglazing een gelaagde binnen glasblad zodat het temperatuurverschil tussen de glasbladen verminderd wordt.

Ook leveren externe verstijvers goede resultaten voor het chicaneprofiel. Echter uit de simulaties blijkt dat de externe verstijvers bijna geen invloed heeft op de doorbuiging van het vleugelprofiel.

Een kortere steeg heeft merkkelijk betere resultaten op kromtrekking van het schuifraam. Doordat bij een schuifraam verhoudingsgewijs het contactoppervlakte van glas aanzienlijk groter is t.o.v. de oppervlakte profiel zal uiteindelijke Uw-waarde enigszins aanvaardbaar blijven door een investering in een hoog performante beglazing

Ook wordt in deze studie vastgesteld dat lossier inrollen van stegen en bimetaal stegen de kromtrekking reduceren. De exacte verbetering door het lossier inrollen en de bimetaal oplossing van de firma Ensigner kunnen niet met simulaties bepaald worden. Hierbij zal de invloed aan de hand van praktische testen bepaald moeten worden. Deze oplossingen kunnen in tegenstellingen van de stegen die nu ingerold worden, niet voldoen aan type A van de norm NF EN 14024. Hierbij moeten deze als type O verkocht worden.

Uit deze simulaties kan vastgesteld worden dat het bimetaal effect bij aluminium schuiframen niet met 1 oplossing kan gereduceerd worden. Ideaal worden verschillende oplossingen toegepast. Echter zal de kromtrekking nooit helemaal weggewerkt kunnen worden.

Ondanks de complexiteit van het onderzoek op het bimetaal effect bij aluminium schuiframen, zijn alle doelstellingen gehaald. Op basis van verschillende simulaties, is een verhelderend document opgesteld omtrent de verschillende invloeden van het kromtrekken van een aluminium schuifraam. Ook worden in dit document verschillende oplossingen beschreven.

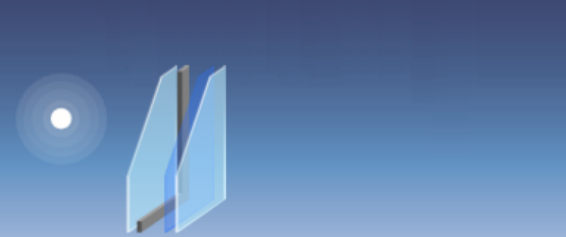
Door de uitbraak van het coronavirus zijn de geplande testdagen tijdens dit academiejaar geannuleerd. Hierbij zijn de mogelijke oplossingen voor het bimetaal effect niet getest. Grondiger onderzoek naar het inrollen en het uitvoeren van verschillende praktische testen in de toekomst kan dit document vervolledigen.

14 Literatuurlijst

- [1] Wikipedia, “Uitzettingscoëfficiënt”, wikipedia.org, 2 januari 2006. [Online]. Beschikbaar: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Uitzettingscoëfficiënt>. [geraadpleegd op 11 oktober 2019].
- [2] Wikipedia, “Bimetaal”, wikipedia.org, 12 september 2004. [Online]. Beschikbaar: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Bimetaal>. [geraadpleegd op 11 oktober 2019].
- [3] Docplayer, “Wat is Bi-metaal effect bij aluminium?”, docplayer.nl, 2016. [Online]. Beschikbaar: <https://docplayer.nl/17973232-Wat-is-bi-metaal-effect.html>. [geraadpleegd op 11 oktober 2019].
- [4] T. Declercq en T. Ost, “Waterdichtheid van buitenschrijnwerk – parameteranalyse van thermische prestaties”, 2008
- [5] EN ISO 6946:2017: Building components and building elements Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation methods
- [6] Alumeco, “Extrusie”, Alumeco.nl, 2015 [Online]. Beschikbaar: <https://www.alumeco.nl/kennis-technologie/profiel-en-ontwerp/extrusie>. [geraadpleegd op 27 maart 2020]
- [7] EN 14024-2004, “Metal profiles with thermal barrier – Mechanical performance – Requirements, proof and test for assessment”, 2004
- [8] CSTB, “Technical Document No.49-01”, evaluation.cstb.fr, 20 juni 2019. [Online]. Beschikbaar: <https://evaluation.cstb.fr/doc/certification/certificats/qb49/qb49-document-technique-49-01-technical-document-49-01-200619.pdf>. [geraadpleegd op 20 maart 2020]
- [9] WTCB, “Glas en glasproducten, functies van beglazing”, wtcb.be, 1999. [Online]. Beschikbaar: <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=CSTC1047426>. [geraadpleegd op 3 november 2019]
- [10] New Glass Technology, “Isolatie glas”, newglasstechnology.com, 2019. [Online]. Beschikbaar: <https://www.newglasstech.com/?page=product&cat=Facade&product=isolatie-glas&lang=nl>. [geraadpleegd op 3 november 2019]
- [11] NBN S 23-002:2016, “Glaswerk”, 2016
- [12] NBN S 23-002-2:2016: “Glaswerk – Deel 2 : Berekening van de glasdikte in gevels”, 2016
- [13] NBN S 23-002-3:2016: “Glaswerk – Deel 3 : Berekening van de glasdikte in gevels”, 2016
- [14] Guardian, “INSULATING GLASS EFFECT – CLIMATIC LOADS”, guardian-possibilities.com, 2020. [Online]. Beschikbaar: <https://www.guardian-possibilities.com/en/glasstime/knowledge-center/understanding-glass/insulated-glass#anchor-paragraph-3>. [geraadpleegd op 26 maart 2020]

- [15] Ensigner, "Standard Programme", flipbook.insulbar.de, 2020. [Online]. Beschikbaar: <http://flipbook.insulbar.de/en/insulbar-standard-programme/#/>. [geraadpleegd op 14 februari 2020]
- [16] Ensigner, "Bending due to temperatur versus elasticity constant", ensingerplastics.com, 15 november 2018. [Online]. Beschikbaar: <https://www.ensingerplastics.com/en/press-and-news/press-releases/-/media/ensinger/files/document-teaser-files/press-releases---pictures/2018-11-15-ensinger-presents-shear-free-insulating-profiles-for-metal-doors-original-5-en.ashx>. [geraadpleegd op 14 februari 2020]

15 Bijlage 1: Energetische kenmerken beglazing













SGG CLIMAPLUS 4 (16 ARGON 90) 4
PLANITHERM XN F3

Glasblad 1	PLANICLEAR 4 mm
Spouw 1	16 ARGON 90%
Coating 3	PLANITHERM XN
Glasblad 2	PLANICLEAR 4 mm

Brecht Maerten
Land : Belgium

Notities:

<p> LICHTFACTOR EN410 (2011-04)</p> <p>Lichttransmissie (TL) 82%</p> <p>Licht reflectie buiten (RLe) 11%</p> <p>Licht reflectie binnen (RLi) 12%</p> <p> THERMISCH COEFFICIENT EN673-2011</p> <p>Ug 1.1 W/(m² .K)</p> <p>0° t.o.v een verticale stand</p> <p> INBRAAKVERTRAGING</p> <p>nominale dikte 24.00 mm</p> <p>gewicht 20 kg/m²</p> <p> AKOESTIEK EN 12758</p> <p>Rw(C;Ctr) 31.0000 (-1; -4) dB</p> <p> UV-FACTOR EN410 (2011-04)</p> <p>TUV 43%</p> <p> VEILIGHEIDSGLAS EN 12600</p> <p>Pendulum weerstand NPD</p>	<p> ENERGETISCHE FACTOREN EN410 (2011-04)</p> <p>Transmissie (TE) 60%</p> <p>Energetische reflectie buiten (Ree) 27%</p> <p>Energetische reflectie binnen (REi) 27%</p> <p>Absorptie A1(AE1) 7%</p> <p>Absorptie A2 7%</p> <p>Absorptie A3</p> <p> ZONTOETREDINGSFACTOR EN410 (2011-04)</p> <p>Zonfactor (g) 65%</p> <p>Shading Coefficient (SC) 0.75</p> <p> KLEUR WEERGAVE</p> <p>Ra Lichttransmissie 98</p> <p>Ra Licht reflectie buiten 97</p> <p> WEERSTAND TEGEN INBRAAK EN356</p> <p>Inbraak weerstand NPD</p>
---	---

16 Bijlage 2: Temperatuur berekeningen isolerende beglazing

Vitrages Decision 5.2.10 - Trial - 21122016

Project / Reference: Glazing: SGG PLANICLEAR 6 - Ar90 16 - SGG PLANICLEAR 6

Glazing definition

Number of panes: 2

Caution: when you change the number of panes, the blind position turns to exterior.

Supplier	Designation	Thickness(mm)	Composition
SAINT-GOBAIN	SGG PLANICLEAR	6	Monolithic VD
Mixed	Argon 90% - Air 10%	16	
SAINT-GOBAIN	SGG PLANICLEAR	6	Monolithic Unit
Total thickness		28	

Solar characteristics

	Te %	Re1 %	Abe1 %	Emn1 %	Re2 %	Abe2 %	Emn2 %
Class1	85	8	7	89	8	7	89
Class2	85	8	7	89	8	7	89

Light characteristics

	Tl %	Rl1 %	Ab1 %	Rl2 %	Ab2 %
90	8	2	8	2	
90	8	2	8	2	

Composition

VITRAGES DÉCISION

Typ hier om te zoeken

11:06 24/03/2020

Vitrages Decision 5.2.10 - Trial - 21122016

Project / Reference: Glazing: SGG PLANICLEAR 6 - Ar90 16 - SGG PLANICLEAR 6

Orientation

Specific climatic conditions

No Yes

North North-East East South-East

South South-West West North-West

Air conditioned room Casted shadow

Calculation with standard climatic

File name: [] New International Open file Save

Specific climatic conditions to be determined from given slope and altitude

Specific conditions as: **Lille - France**

Type of calculation	Orientation	Season	Flux (W/m²)	h _e (W/m²K)	H _i (W/m²K)	Te Max (°C)	Ti (°C)	Te Min (°C)
Maximal temperatures - sealing joint	East	Spring	637	11	9	12	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	East	Summer	734	13	9	33	25	-
Maximal temperatures - sealing joint	East	Autumn	638	11	9	23	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	East	Winter	338		9	2	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South East	Spring	794	11	9	12	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South East	Summer	635	13	9	33	25	-
Maximal temperatures - sealing joint	South East	Autumn	792	11	9	23	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South East	Winter	677		9	2	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South	Spring	779	11	9	12	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South	Summer	499	13	9	33	25	-
Maximal temperatures - sealing joint	South	Autumn	775	11	9	23	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South	Winter	804		9	2	20	-
Maximal temperatures - sealing joint	South West	Spring	794	11	9	12	20	-

Composition

VITRAGES DÉCISION

Typ hier om te zoeken

11:07 24/03/2020

Vitrages Decision 5.2.10 - Trial - 21122016

File Tools Option Help

Project / Reference: Glazing: SGG PLANICLEAR 6 + Ar90 16 + SGG PLANICLEAR 6

Project

- Definition
- Glazing
- Disposition
- Blind
- Localisation
- Mechanics
- Obstacle
- Thermal
- Results
- Tools
- Quit

Results

Run

Display screen

Maximal temperatures	Pane 1	Lgas 1	Pane 2
South - West - Summer	35,1	33,3	31,5
South - West - Autumn	27,6	26,9	26,2
West - Spring	18,2	20,1	22,0
West - Summer	35,6	33,9	32,2
West - Autumn	26,6	25,9	25,1
North - West - Spring	15,6	17,6	19,5
North - West - Summer	24,6	32,8	31,0
North - West - Autumn	24,1	23,4	22,6

Temperature maximal Pane 1: 35.6 °C
 Temperature maximal Pane 2: 32.2 °C
 Temperature maximal Lgas 1: 33.9 °C

Composition

6 10 6

VITRAGES DÉCISION

Typ hier om te zoeken

11:07 24/03/2020

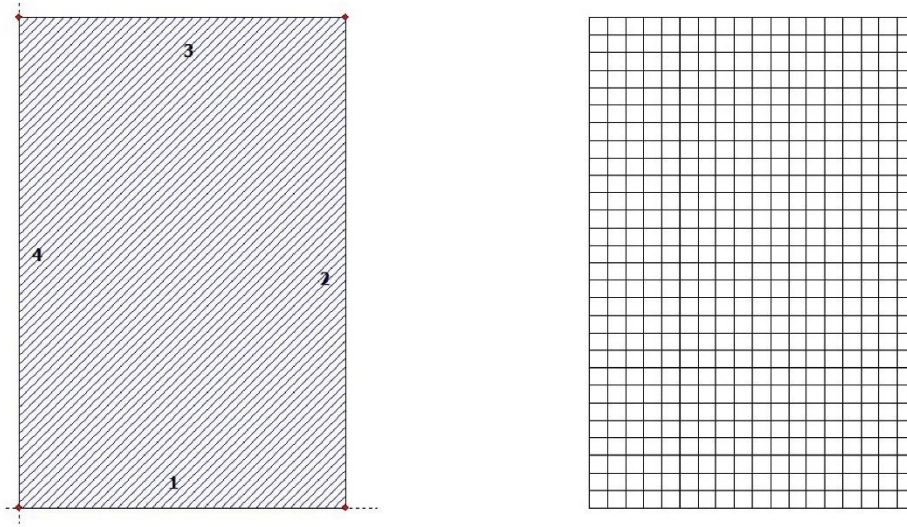
17 Bijlage 3: Windbelasting isolerende beglazing

Project: 4-16-4 wind

18/04/2020

Pagina: 1

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:



Geometrie:

Rand	Randpunt	Middelpunt boog	Draairichting
	mm	mm	+/-
1	0.00	0.00	
2	1500.00	0.00	

Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

Project: 4-16-4 wind

18/04/2020

Pagina: 2

3	1500.00	2250.00
4	0.00	2250.00

Ondersteuning:

Randondersteuning:

Rand	Type ondersteuning
1	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)
2	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)
3	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)
4	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)

Veerondersteuning:

Pakket	Laag	x	y	z	C_x	C_y	C_z	C_φ	C_θ
		mm	mm	mm	N/mm	N/mm	N/mm	Nmm	Nmm
1	1	0.0	0.0	0.0	1.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00
1	1	1500.0	0.0	0.0	0.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00
2	1	0.0	0.0	0.0	1.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00
2	1	1500.0	0.0	0.0	0.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00

Lagen:

Laagopbouw:

Pakket	Laag	Beschrijving
2	1	Vlakglas
1	1	Vlakglas

Karakteristieke waarden:

Pakket	Laag	E-mod.	v	Dikte	Dichtheid	αt	ΔT
		N/mm ²		mm	kg/m ³	1/K	K
2	1	70000.00	0.23	4.00	2550.00	1.0000e-05	0.00
1	1	70000.00	0.23	4.00	2550.00	1.0000e-05	0.00

Spouw:

Pakket	Dikte	Binnendruk	ΔT	γ
van naar	mm	N/mm ²	K	1/K
1 - 2	16.00	1.01000e-01	0.00	3.41700e-03

Buitendruk:

Druk ΔH (Hoogteverschil)

Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

$$\frac{N/mm^2}{1.01000e-01} \frac{m}{0.0} \rightarrow 1.01000e-01 N/mm^2$$

Belastingen:**Vlakbelastingen:**

- gelijkmatig verdeeld:

Pakket	druk	N/mm ²
2	0.00000e+00	
1	9.00000e-04	

Berekeningsmethode:

geometrisch lineair
statische berekening

Eigenschappen van de eindige elementen mesh::

Elementgrootte : 80.0 mm
Aantal elementen : 504
Aantal knooppunten : 2109 (per pakket)
Aantal van onbekend : 20722

Berekeningsresultaat:**Minimale en maximale vervorming w:**

Pakket	- Positie -		Vervorming
	x	y	
	mm	mm	mm
2	0.00	0.00	0.00 (min)
	750.00	1125.00	44.58 (max)
1	0.00	0.00	0.00 (min)
	750.00	1125.00	44.72 (max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	x	y	σ	σ (max)
		mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
2	1 (boven)	759.39	1115.94	30.05	30.05
	(onder)	1490.61	9.06	17.66	

Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

1	1	(boven)	740.61	1115.94	30.13	30.13
		(onder)	9.39	9.06	17.74	

Spouw:

Pakket	Laag	Binnendruk
van	naar	N/mm ²
1	2	1.01448782e-01

Veren:

Pakket	Laag	u	v	w	ϕ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{ϕ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
1	1	0.00 / 0.00	0.00	0.00	-0.0001	-0.0000	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	1	1500.00 / 0.00	0.00	0.00	0.0001	-0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
2	1	0.00 / 0.00	0.00	0.00	-0.0001	-0.0000	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
	2	1500.00 / 0.00	0.00	0.00	0.0001	-0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

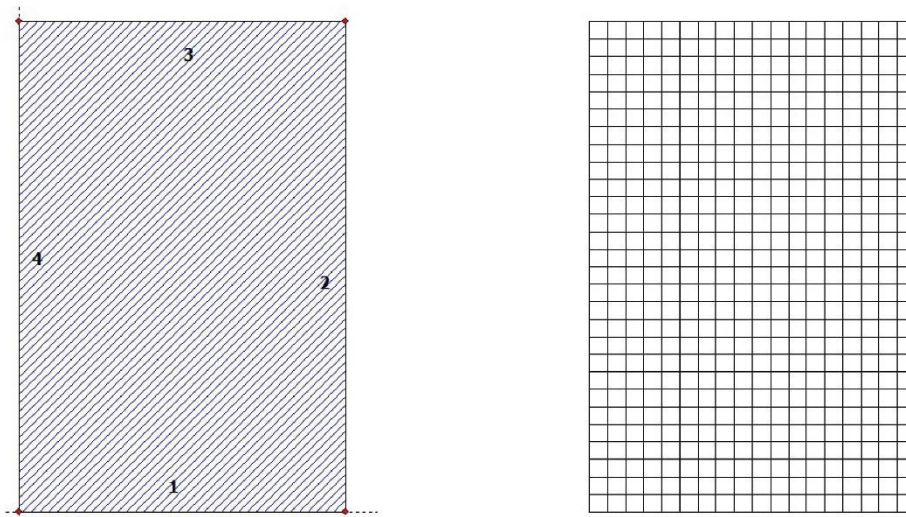
Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

18 Bijlage 4: Inwendige belasting beglazing

Project: 4-16-4 spouw

18/04/2020
Pagina: 1

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:



Geometrie:

Rand	mm	Randpunt mm	Middelpunt boog mm	Draairichting +/-
1	0.00	0.00		
2	1500.00	0.00		

Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

Project: 4-16-4 spouw

18/04/2020
Pagina: 2

3	1500.00	2250.00
4	0.00	2250.00

Ondersteuning:

Randondersteuning:

Rand	Type ondersteuning
1	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)
2	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)
3	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)
4	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)

Veerondersteuning:

Pakket	Laag	x mm	y mm	z mm	C_x N/mm	C_y N/mm	C_z N/mm	C_φ Nmm	C_θ Nmm
1	1	0.0	0.0	0.0	1.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00
1	1	1500.0	0.0	0.0	0.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00
2	1	0.0	0.0	0.0	1.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00
2	1	1500.0	0.0	0.0	0.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	0.00e+00	0.00e+00

Lagen:

Laagopbouw:

Pakket	Laag	Beschrijving
2	1	Vlakglas
1	1	Vlakglas

Karakteristieke waarden:

Pakket	Laag	E-mod. N/mm ²	ν	Dikte mm	Dichtheid kg/m ³	α _T 1/K	ΔT K
2	1	70000.00	0.23	4.00	2550.00	1.0000e-05	0.00
1	1	70000.00	0.23	4.00	2550.00	1.0000e-05	0.00

Spouw:

Pakket	Dikte mm	Binnendruk N/mm ²	ΔT K	γ 1/K
van naar				
1 2	16.00	1.01000e-01	20.00	3.41700e-03

Buitendruk:

Druk ΔH (Hoogteverschil)

Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

$$\frac{N/mm^2}{1.01000e-01} \frac{m}{0.0} \rightarrow 1.01000e-01 N/mm^2$$

Belastingen:**Vlakbelastingen:**

- gelijkmatig verdeeld:

Pakket	druk	N/mm ²
2	0.00000e+00	
1	0.00000e+00	

Berekeningsmethode:geometrisch lineair
statische berekening**Eigenschappen van de eindige elementen mesh::**

Elementgrootte : 80.0 mm
 Aantal elementen : 504
 Aantal knooppunten : 2109 (per pakket)
 Aantal van onbekend : 20722

Berekeningsresultaat:**Minimale en maximale vervorming w:**

Pakket	- Positie -		Vervorming
	x	y	
	mm	mm	mm
2	0.00	0.00	0.00 (min)
	750.00	1125.00	1.27 (max)
1	750.00	1125.00	-1.27 (min)
	0.00	0.00	0.00 (max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	x	y	σ	σ (max)
		mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
2	1 (boven)	740.61	1134.06	0.85	0.85
	(onder)	1490.61	9.06	0.52	

Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

1	1	(boven)	1490.61	9.06	0.52	0.85
		(onder)	740.61	1134.06	0.85	

Spouw:

Pakket	Laag	van	naar	Binnendruk
				N/mm ²
1	2			1.01013283e-01

Veren:

Pakket	Laag	u	v	w	ϕ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{ϕ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(1500.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.00	0.00	-0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
(0.00 / 0.00)											
2	1	0.00	0.00	0.00	-0.0000	-0.0000	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
(1500.00 / 0.00)											
2	1	0.00	0.00	0.00	0.0000	-0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

Dit protocol is aangemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2020 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

19 Bijlage 5: Simulations kromtrekking glas

VITRAGES ISOLANTS: CONTRAINTES ET DEFORMATIONS
Mécaniques des vitrages isolants

vivalog^{2.3}

DOUBLE



VIVALOG 2.3 - 2014: Les Verriers d'Aujourd'hui

Date : 25/02/2019
Référence :

PRODUCTEUR PRODUIT Epaisseur (mm) Couche

SAINT-GOBAIN GLASS ▾ | PLANICLEAR ▾ | 8.00 ▾

Lame de gaz Argon ▾ 16.00 ▾

SAINT-GOBAIN GLASS ▾ | PLANITHERM XN ▾ | 8.00 ▾ Face 2 ▾

Angle d'inclinaison: 0° ▾

Store: sans store ▾

Localisation personnalisée

Inclinaison 90 Altitude 0 m

Orientation Sud zone Urbaine

Chauffage clim, chauff

Saisons	Print.	Eté	Automn.	Hiver
Temp. Ext/Int °C	8 20	65 20	19 20	-11 20
be/hl W/(m2K)	11 9	13 9	11 9	11 9
Flux solaire W/m2	714	451	714	752

Longueur (mm) 1500 Vent (Pa) 900 ▾

Largeur (mm) 2250 Sdoy (Pa) 0 ▾

Nombre d'appuis 4 ▾

Altitude atelier (m) 100 m ▾ Temp. atelier 15° ▾

Mise en œuvre Traditionnelle avec pareclose ▾

SANS STORE

	Composant 1				Composant 2			
	Print	Eté	Aut	Hiv	Print	Eté	Aut	Hiv
Température du verre (°C)	17.0	64.8	26.7	0.1	28.4	32.6	30.0	26.8
Ecart température du verre (°C)*	3.6	18.2	7.3	2.8	15	14	10.5	23.9
Réaction dans le joint (daN/cm)	0.01	0.11	0.03	-0.02				
Température du joint(°C)	22.7	48.7	28.3	13.5				
Contrainte au centre (Mpa)	3.8	2.7	3.6	4.3	4.1	5.2	4.3	3.7
Flèche au centre (mm)	5.3	3.7	4.9	5.9	5.6	7.2	6.0	5.1

(*): Ecart de température entre le bord le plus froid et la zone la plus chaude

Commentaire :

Société : COPROVER
Service : Philippou D
Adresse : 20 Rue Henri REGNAULT
Ville : 81100 CASTRES

Prescripteur

Téléphone : 05 63 71 65 55
Fax : 05 63 74 71 64
Email :
Signature

VITRAGES ISOLANTS: CONTRAINTES ET DEFORMATIONS
Mécaniques des vitrages isolants

vivalog 2.3

DOUBLE



VIVALOG 2.3 - 2014: Les Verriers d'Aujourd'hui

Date : 25/02/2019
Référence :

PRODUCTEUR PRODUIT Epaisseur (mm) Couche

SAINT-GOBAIN GLASS ▾ PLANICLEAR ▾ 4.00 ▾

Lame de gaz Argon ▾ 16.00 ▾

SAINT-GOBAIN GLASS ▾ PLANITHERM XN ▾ 4.00 ▾ Face 2 ▾

Angle d'inclinaison: 0° ▾

Store: sans store ▾

Localisation personnalisée

Inclinaison 90 Altimètre 0 m

Orientation Sud zone Urbaine

Chauffage clim, chauff

Saisons	Print.	Eté	Atoma.	Hiver
Temp. Ext/Int °C	8 20	65 20	19 20	-11 20
he/hl W/(m2K)	11 9	13 9	11 9	11 9
Flux solaire W/m2	714	451	714	752

Longueur (mm) 1500 Vent (Pa) 900 ▾

Largeur (mm) 2250 Neige (Pa) 0 ▾

Nombre d'appuis 4 ▾

Altimètre atelive (m) 100 m ▾ Temp. atelive 15° ▾

Mise en oeuvre Traditionnelle avec pareclose ▾

SANS STORE

	Composant 1				Composant 2			
	Print	Eté	Aut	Hiv	Print	Eté	Aut	Hiv
Température du verre (°C)	13.8	63.0	23.5	-3.3	25.1	30.6	26.7	23.3
Ecart température du verre (°C)*	0.4	16.4	4	6.2	11.7	16	7.2	20.4
Réaction dans le joint (daN/cm)	-0.00	0.01	0.00	-0.00				
Température du joint(°C)	19.4	46.8	25.1	10.0				
Contrainte au centre (Mpa)	15.9	15.3	15.8	16.1	15.9	16.5	16.0	15.6
Flèche au centre (mm)	43.7	42.0	43.3	44.3	43.6	45.4	44.0	43.0

(*) Ecart de température entre le bord le plus froid et la zone la plus chaude

Commentaire :

Société : COPROVER
Service : Philippou D
Adresse : 20 Rue Henri REGNAULT
Ville : 81100 CASTRES

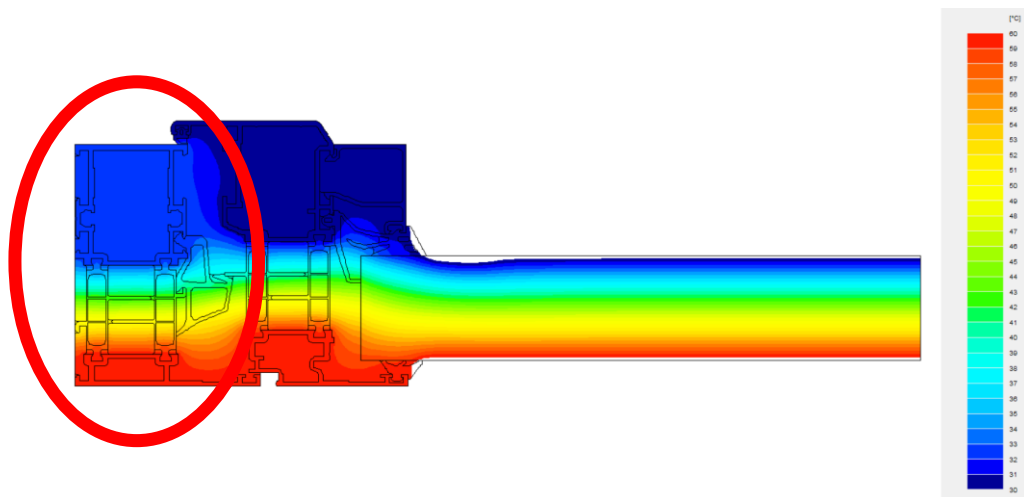
Prescripteur

Téléphone : 05 63 71 65 55
Fax : 05 63 74 71 64
Email :
Signature

20 Bijlage 6: Verificatie simulaties vleugelprofiel

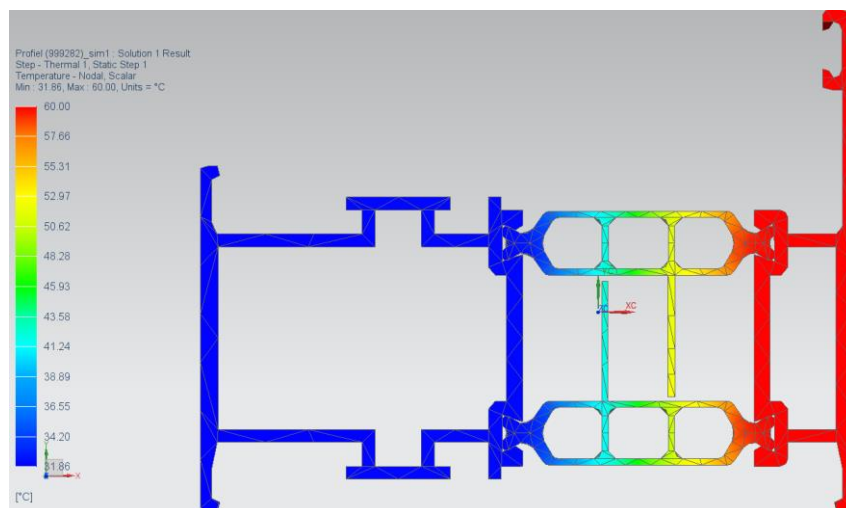
20.1. Verificatie temperatuurverloop profiel

Voor de eerste verificatie, wordt het temperatuurverloop in het aluminium profiel onderzocht. Hiervoor kan met de software BISCO volledige 2d schuiframen en deuren geïmporteerd worden die opgesteld zijn met het CAD programma AutoCAD. Op basis van de verschillende gedefinieerde lagen, kunnen de materialen, temperaturen, straling en warmteovergangscoefficienten ingesteld worden. Aan de hand van deze parameters berekent BISCO het temperatuurverloop. Het grote nadeel van deze software is dat de aanpassen van het profiel in AutoCAD moeten gebeuren. Ook moet telkens een volledige doorsnede geïmporteerd worden. Aangezien deze niet ter beschikking is, is een simulatie gemaakt van een standaard aluminium frame. Net zoals de thermische simulatie met Siemens NX wordt een temperatuur van 60 graden aan de exterior en de in hoofdstuk 4 beschreven warmteovergangscoefficienten ingesteld. Het resultaat van deze simulatie wordt op figuur 19-1 afgebeeld.



Figuur 20-1 Temperatuurverloop aluminium profiel met BISCO

Uit bovenstaande afbeelding kan afgelezen worden dat voor het aangeduide profiel de minimale temperatuur 32 °C is. Deze temperatuurberekening is ook vereenvoudigd gemaakt met de software Siemens NX. Het resultaat van deze simulatie wordt afgebeeld op figuur 19-2.

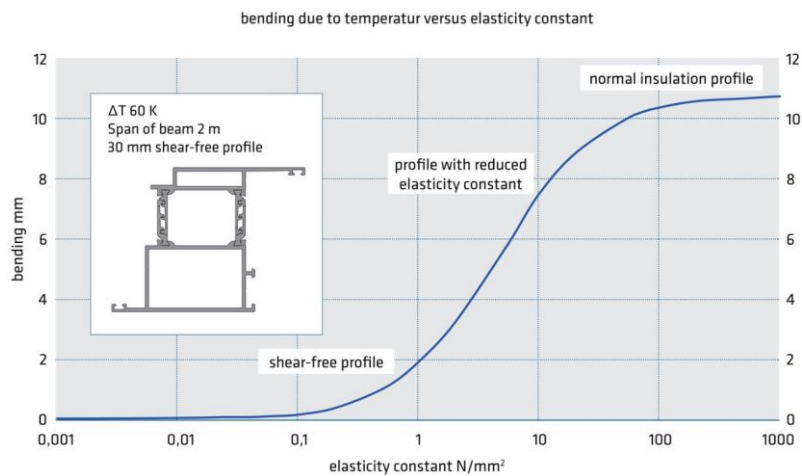


Figuur 20-2 Temperatuurverloop aluminium profiel met Siemens NX

Uit figuur 19-2 kan afgelezen worden dat de minimale temperatuur 31,86 °C bedraagt. Deze waarde is identiek aan deze van BISCO. Hierbij mag aangenomen worden dat de werkwijze voor het bepalen van het temperatuurverloop in het aluminiumprofiel correct is.

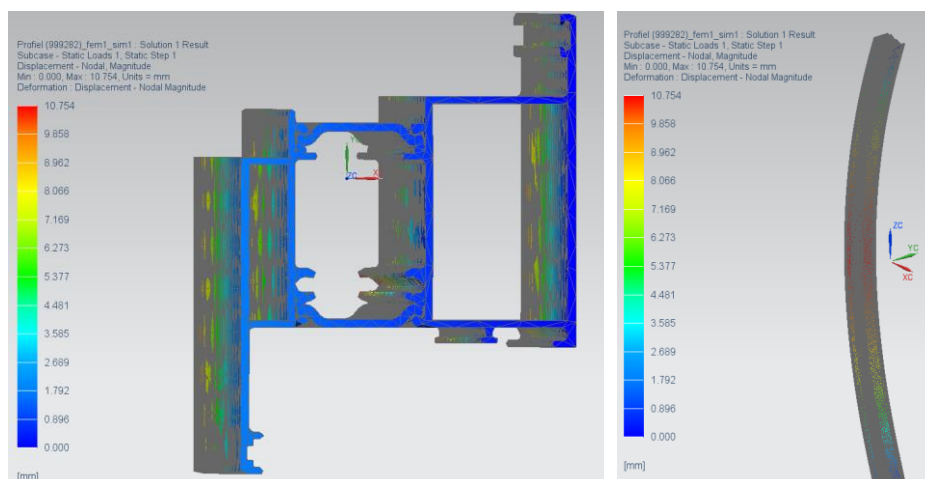
20.2. Verificatie doorbuiging aluminium profiel door een temperatuurverschil

De doorbuiging van een aluminium profiel door een temperatuurverschil kan niet zomaar met een andere software berekend worden. Ook is omtrent dit onderwerp in de literatuur weinig gekend. Echter heeft de firma Ensigner op hun website de figuur 19-3 weer omtrent hun bimetaal oplossing. Hierbij wordt de doorbuiging weergegeven naargelang de elasticiteitsmodulus van de steeg bij een temperatuurverschil van 60 K [16].



Figuur 20-3 Doorbuiging aluminium profiel door een temperatuurverschil

Bij goed ingerolde normale stegen, zal het aluminium profiel tussen 10 en 11 mm doorbuigen. Bij het lossere inrollen of gebruik van bimetaal stegen zou de doorbuiging verminderen. Op basis van deze figuur kan het model in Siemens NX gevalideerd worden. Het resultaat van deze simulatie wordt op figuur 19-4 weergegeven.



Figuur 20-4 Doorbuiging aluminium profiel in Siemens NX

Uit bovenstaande figuur kan afgeleid worden dat dit aluminium profiel bij een goede ingerolde steeg 10,75 mm gaat doorbuigen. Deze waarde wordt bevestigd met figuur 19-3. Hiermee kan aangenomen worden dat de volledige werkwijze correct is.

21 Bijlage 7: Kostprijsberekening opstelling

Kostprijs berekening constructie

Onderdeel	Prijs/stuk (euro)	Aantal	Prijs (euro)
Latten 38x58x3000	2,85	35 (30 met 5 marge)	99,75
Multiplex 18mm	11,98	24 m ²	287,52
Brandwerende mdf 18 mm (enkel voorkant)	34,71	5	173,55
Vijzen	18,7	1	18,7
			579,52

Kostprijs berekening elektrische kast en warmte elementen

Onderdeel	Product code	Prijs/stuk (euro)	Aantal	Totale prijs (euro)
Wandcontactdoos 63A 5P 6H 400V rood IP44 met SoftCONTACT	MEN M1145A	52,3	1	52,3
lastscheider - Interpact INS63 - 4P - 63 A	SED 28903	50,06	1	50,06
Aardklem	PHO 3044212	5,02	1	5,02
Aardingsrail EB 44	EFX 568660	20,67	1	20,67
2 steunen voor bevestiging van de aardrail op Din	SED 04205	6,38	2	12,76
DIFF-O-JUMP differentieelschakelaar type A 4P 63A 30mA	VYN 604310	124,47	1	124,47
Vermogenscontactor 63A - 4P - 230V - AUTO - 4NO	SED A9C20864	107,98	1	107,98
noodstop rood Ø40 uitschakeltrigger Ø22 draaien om te ontgrendelen 2NC	SEA XB5AS8444	22,02	1	22,02
groene verzonken/rode uitstekende en verlichte dubbele drukknop Ø22 1NO+1NC 240V	SEA XB4BW73731M5	32,46	1	32,46
Verdeelset 4 polig TD 80/100A	EFX 563920	12,13	1	12,13
Automaat iC60H 2P 2A C	SED A9F84202	41,36	1	41,36
Sitop voeding 24VDC 10A	SIA 6EP1334-3BA10	185,98	1	185,98
Scheider voor smeltpatroon 2p 10x38mm 500 V - Lexic - 2 modules	LEG 005828	12,19	14	170,66
Cylindrische zekering FR gG 6A 10x38mm 500V	FER K215128	0,77	4	3,08
PLC	SIA 6ES7214-1AG40-0XB0	359,96	1	359,96
Keuzeschakelaar	SEA XB5AD21	11,05	5	55,25
Relais	PHO 2966171	11,68	4	46,72
Vermogenscontactor 25A - 4P - 24V - AUTO - 4NO	SED A9C20134	45,60	4	182,4

Cylindrische zekering FR gG 16A 10x38mm 500V	FER G200750	0,75	24	18
Wandkast, 1 deur, 760x760x210mm BxHxD, plaatstaal, RAL 7035, montageplaat en war	RIT 1077500	177,55	1	177,55
Din-profiel	557850	4,73	1	4,73
Bedradingskanaal BA7 60*60mm, grijs	BA760060G	7,41	2	14,82
Zelfborende schroef 4,2x16	QUI ZB4216CV200	0,0118	200	2,36
Montageprofiel	MP341X41X2X3	17,17	6	103,02
Kabel 3g2,5 mm ²	XVB3G2,5-CCA R 50	1,2771	50 m	63,86
Kabel 2,5 mm ² blauw	VOB2,5B-ECA R 100	0,3563	100 m	35,63
Kabel 2,5 mm ² zwart	VOB2,5N-ECA R 100	0,3563	100 m	35,63
Kabel 5g25 mm ²		13,96	5 m	69,8
Pt100		17,9	1	17,9
transmitter		17,5	1	17,5
Warmtestralers	A001459	185,75	12	2229
				4275,08

22 Bijlage 8: Eplan dossier

AANDACHT BIJ HET AANSLUITEN !!!

Na het transport zijn alle bevestigingen en klemaansluitingen na te zien.

De uitvoering van het elektrisch bord is volgens de EN - norm 60204.

Het instellen van beveiligingen, zoals motorbeveiligers, zijn in te stellen volgens de fabrikantgegevens.

Vermogendraden en nulleider zijn aan de desbetreffende klemmen aan te sluiten.

Eventuele onderlinge verbindingen met andere elek.borden worden op de genummerde klemmen aangesloten.

Lezen van het elektrisch schema.

Ieder schemablade is voorzien van een volgbladnummer. (onderaan rechts)

Elk elektrisch onderdeel is gecodeerd volgens de IEC - standaardisatie.

Waar meerdere zelfde componenten op een blad voorkomen, krijgen deze een volgnummer.

B.v : -18K1 18 = de pagina K = kenletter voor een relais 1 = 1ste relais op pagina 18

De spoel van een relais of contactor is het basiselement. Alle vermogen- en stuurcontacten krijgen dezelfde codering als de spoel.

Bij ieder vermogen- of stuurcontact wordt er verwezen naar de pagina waar de spoel zich bevindt.

Onder de relaisspoel wordt er een contactspiegel weergegeven die alle gebruikte contacten weergeeft volgens pagina en pad.

Het pad is de horizontale indeelstrook bovenaan de bladzijde (0 - 9)

BEMERKING.

De in het schema aangebrachte kabeltype's en aderdoorsneden zijn informatief.

De plaatselijke heersende reglementering dient zeker in acht genomen te worden !!!

			Datum	23/08/2016	Brecht Maerten		UGent campus Kortrijk		Aanwijzingen		= ALG	
			Bew.	SDREYNE	Basis UGent Kortrijk						+	
			Gecontr		Vervanging van		Vervangen door				001	
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr								Blad 2	
											Blad 2	

Paginanummering

Algemene informatie (=ALG)

Pg. 1.	Titelblad
Pg. 2	Aanwijzingen
Pg. 3	Paginanummering
Pg. 4	Kenletters
Pg. 5	Kleurcodes
Pg. 6	Inhoudsopgave

Lijsten (=Lijsten)

Pg. 1000-	Klemmenaansluitlijst
Pg. 1500-	Klemmenaansluitschema
Pg. 2000-	Kabeloverzicht
Pg. 2500-	Kabelaansluitschema
Pg. 3000-	Apparaataansluitschema
Pg. 3500-	Onderdelenlijst
Pg. 4000-	Bestellijst
Pg. 4000-	Overige lijsten

Schema's borden

Pg. 1-10	Voeding vermogen
Pg. 10-19	Voeding stuurkring
Pg. 20-99	Vermogenkringen
Pg. 100-149	Stuurkringen
Pg. 150-199	Veiligheidskringen
Pg. 200-249	PLC-overzichten
Pg. 250-299	Voeding PLC kaarten
Pg. 300-349	Pneumatica
Pg. 350-399	Hydraulica
Pg. 400-499	Digitale ingangen
Pg. 500-599	Digitale uitgangen
Pg. 600-699	Analoge ingangen
Pg. 700-749	Analoge uitgangen
Pg. 750-799	Seriële communicatie
Pg. 800-899	Kastlayout
Pg. 900-999	Overige pagina's

			Datum	23/08/2016	Brecht Maerten	UGent campus Kortrijk	Paginanummering		= ALG
			Bew.	SDREYNE					+
			Gecontr		Basis UGent Kortrijk				
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr		Vervanging van	Vervangen door		001	Blad 3
									Blad 2

KLEURCODERING VOOR DE SCHAKELKASTBEDRADING VOLGENS EN - 60204.2

RAILSYSTEEM VERMOGENGEDEELTE : L1 L2 L3 en N

BEDRADING VERMOGENGEDEELTE :
 L1 zwart = BK (black)
 L2 zwart = BK (black)
 L3 zwart = BK (black)
 N licht blauw = BU (bleu)

STUURSTROOMBANEN : AC
 L rood RD (red)
 N rood RD
 Andere rood RD

Alle draden dienen voorzien te worden van een draadnummer.

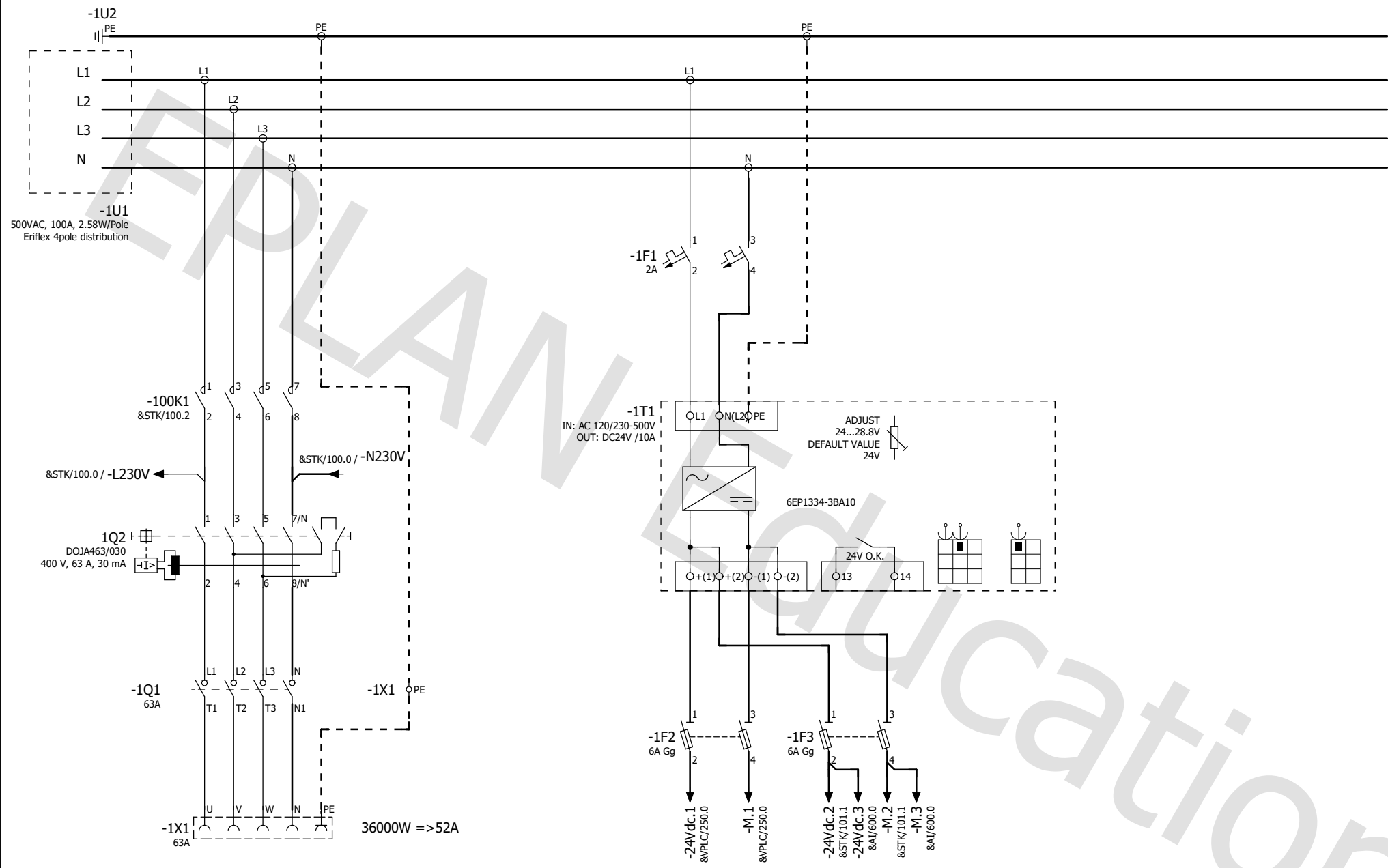
DC
 + blauw BU (bleu)
 - blauw-wit BU
 Andere blauw BU

Alle draden dienen voorzien te worden van een draadnummer.

EXTERNE SCHAKELSPANNINGEN : kleur oranje OG (orange)

Stuurstroombanen afgetakt voor de hoofdschakelaar : kleur oranje OG (orange)

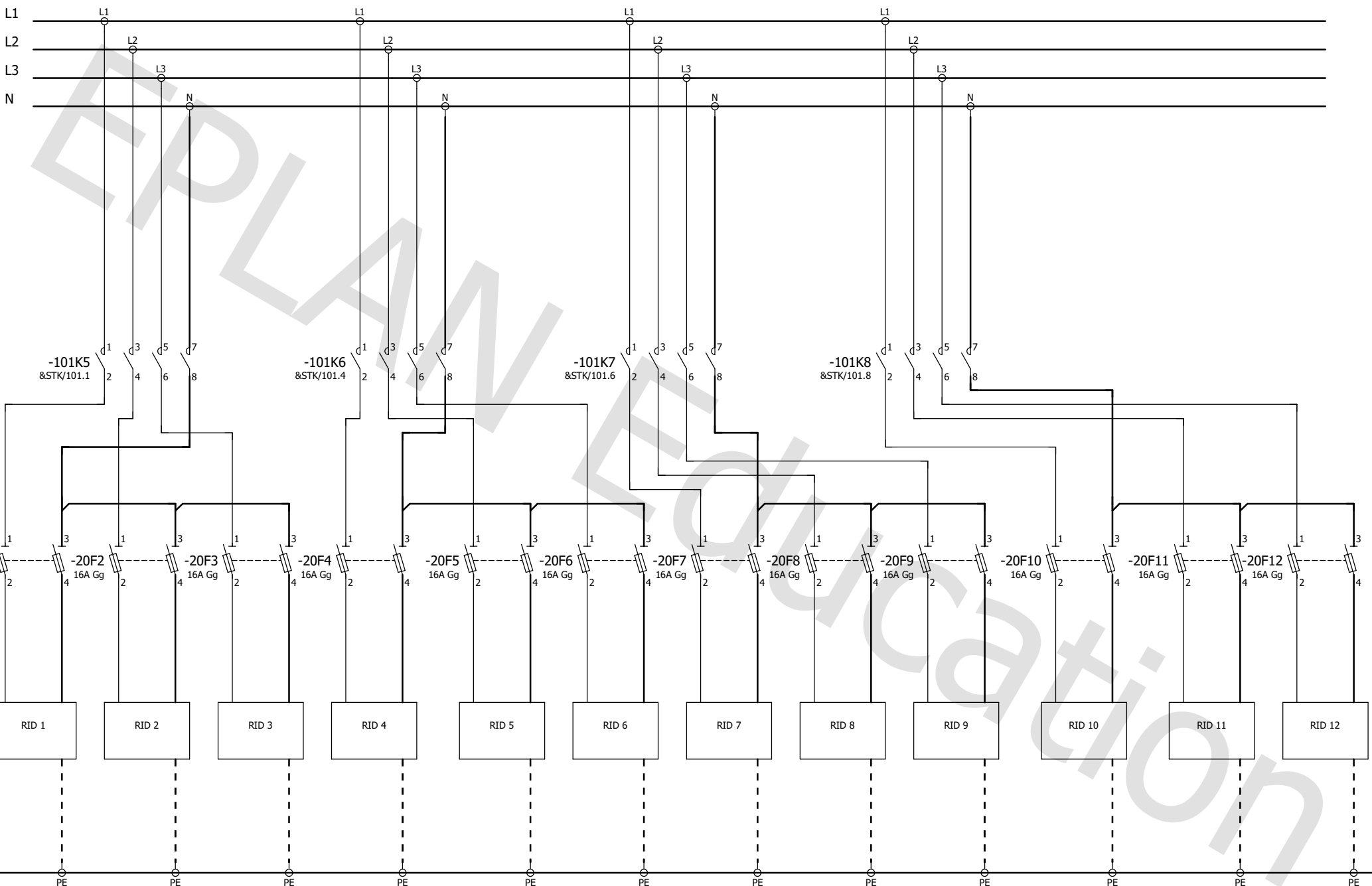
Aardingsgeleider - beschermingsgeleider : groen geel GNYE (green yellow)



=ALG+&/6

&VK/20

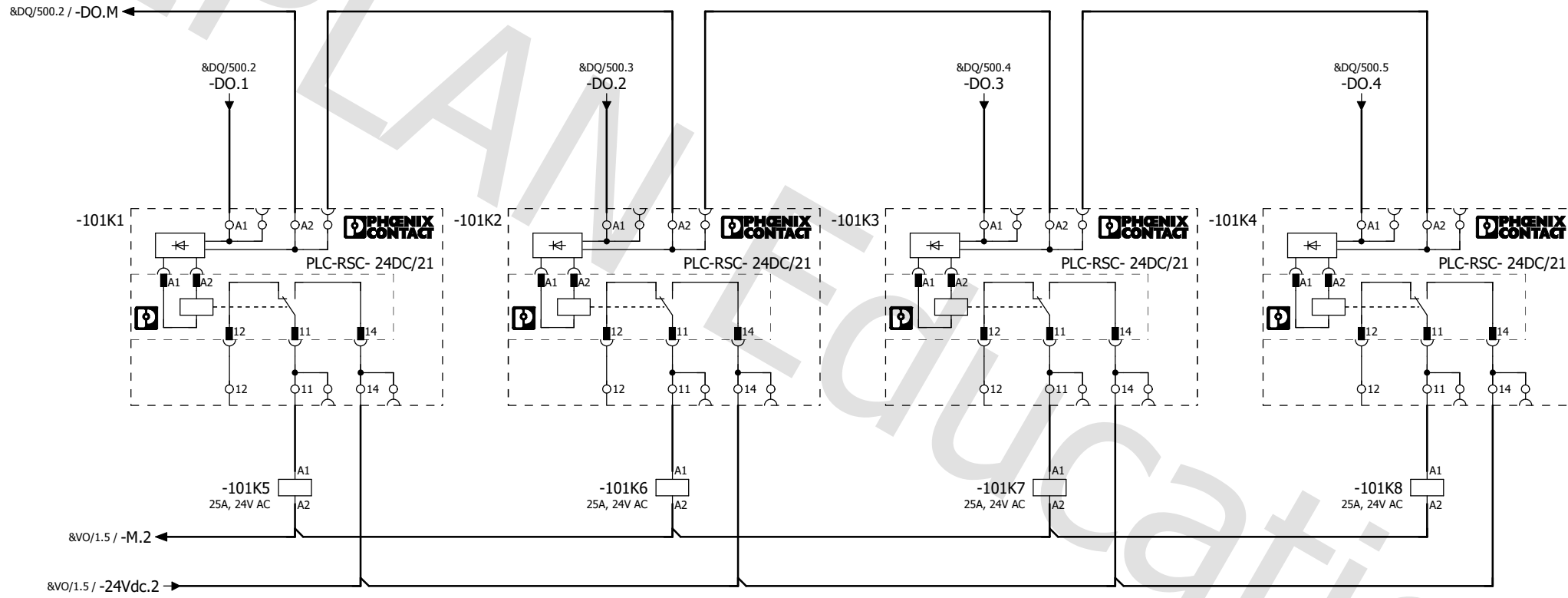
			Datum	2/02/2020	Brecht Maerten		UGent campus Kortrijk		VO 3x400V+N		= Kast + LSB	
			Bew.	USER	Basis Ugent Kortrijk							
			Gecontr		Vervanging van		Vervangen door					
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr								001	Blad 1
												Blad 2



&VO/1

&STK/100

			Datum	2/02/2020	Brecht Maerten		UGent campus Kortrijk		Voeding lampen				= Kast
			Bew.	USER	Basis Ugent Kortrijk								+ LSB
			Gecontr		Vervanging van		Vervangen door				001		Blad 20
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr										Blad 20



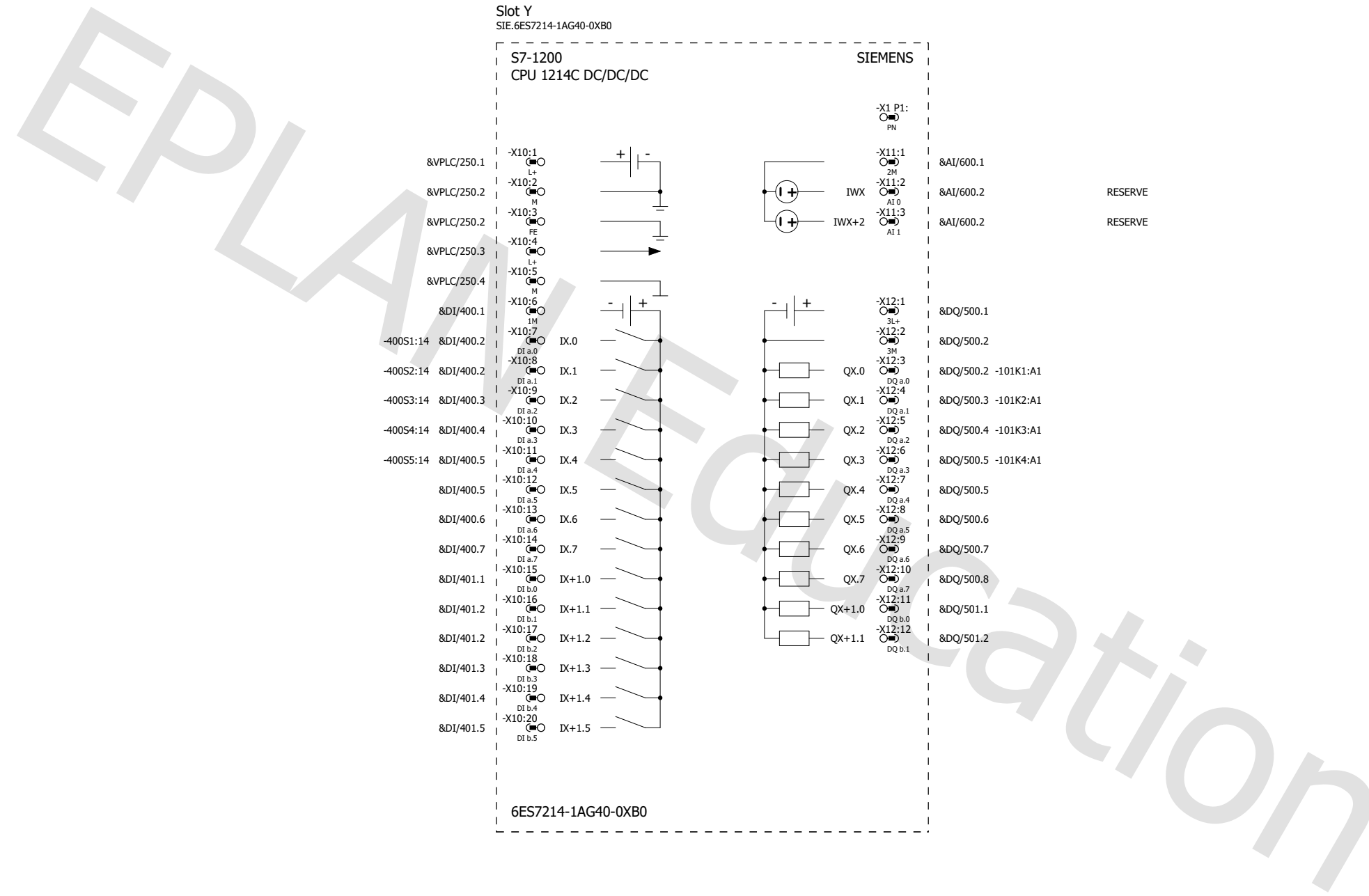
- 1 ↔ 2 &VK/20.1
- 3 ↔ 4 &VK/20.1
- 5 ↔ 6 &VK/20.1
- 7 ↔ 8 &VK/20.1

- 1 ↔ 2 &VK/20.2
- 3 ↔ 4 &VK/20.2
- 5 ↔ 6 &VK/20.3
- 7 ↔ 8 &VK/20.3

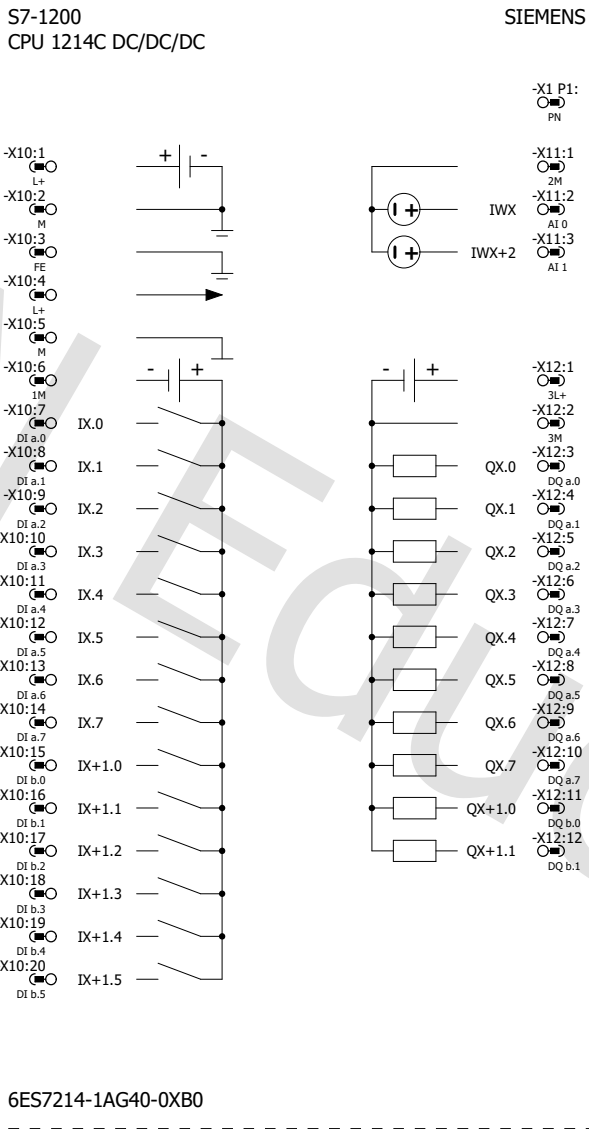
- 1 ↔ 2 &VK/20.4
- 3 ↔ 4 &VK/20.4
- 5 ↔ 6 &VK/20.4
- 7 ↔ 8 &VK/20.5

- 1 ↔ 2 &VK/20.6
- 3 ↔ 4 &VK/20.6
- 5 ↔ 6 &VK/20.6
- 7 ↔ 8 &VK/20.6

				Datum	2/02/2020	Brecht Maerten		UGent campus Kortrijk		Voeding contactors		= Kast	
				Bew.	USER	Basis UGent Kortrijk						+ LSB	
				Gecontr.		Vervanging van		Vervangen door				001	
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr									Blad 101	
												Blad 2	



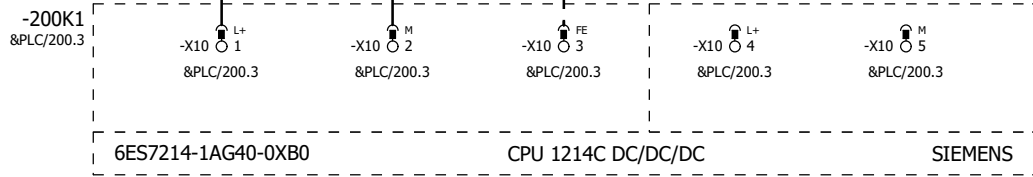
-200K1
 &VPLC/250.0
 &DI/400.0
 &DI/401.0
 &DQ/500.0
 &DQ/501.0
 &AI/600.0
 Rack X
 Slot Y
 SIE.6ES7214-1AG40-0XB0



			Datum	3/12/2019	Brecht Maerten		UGent campus Kortrijk		PLC				= Kast
			Bew.	USER	Basis UGent Kortrijk								+ LSB
			Gecontr		Vervanging van		Vervangen door				001		Blad 200
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr										Blad 2

&VO/1.4 / -24Vdc.1 → -24Vdc.1 / &DI/400.1

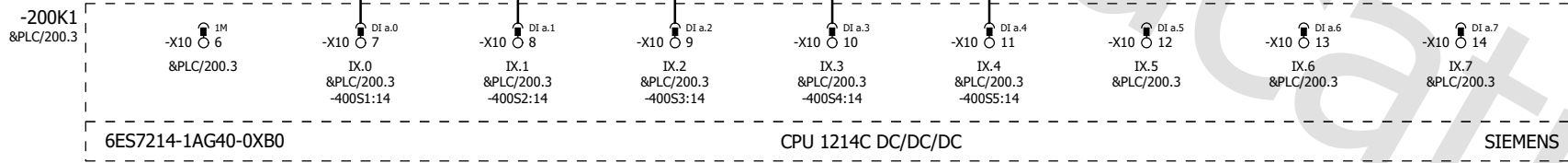
&VO/1.4 / -M.1



			Datum	2/02/2020	Brecht Maerten	UGent campus Kortrijk	VPLC			= Kast
			Bew.	USER	Basis UGent Kortrijk					+ LSB
			Gecontr		Vervanging van	Vervangen door		001		Blad 250
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr							Blad 2

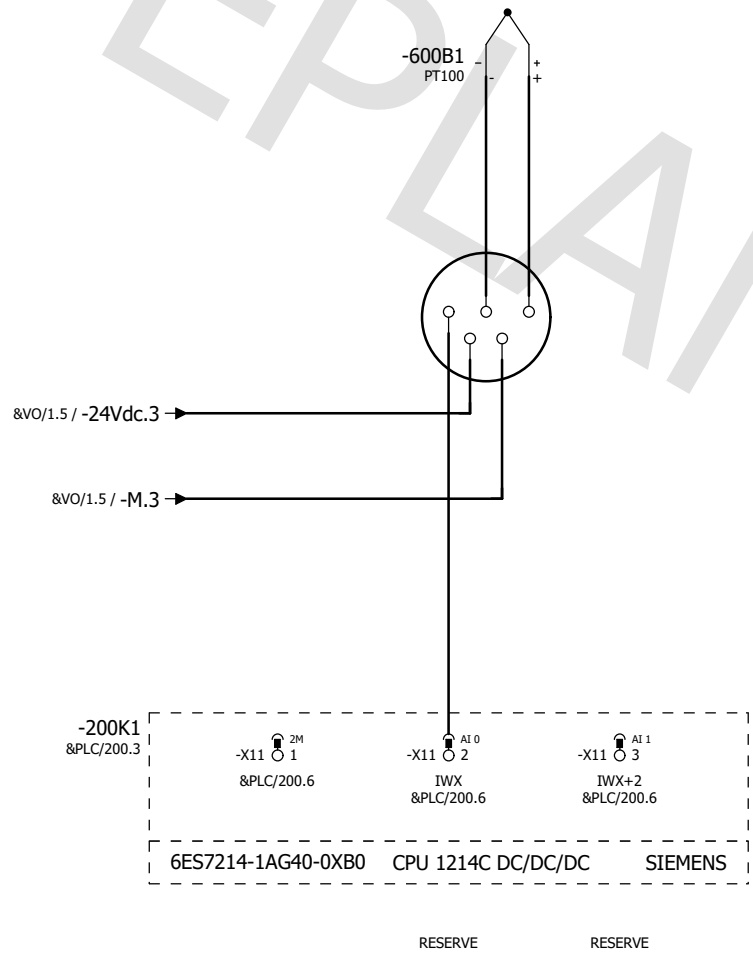
&DI/400

&VPLC/250.6 / 24Vdc.1



			Datum	2/02/2020	Brecht Maerten		UGent campus Kortrijk		PLC 14DI x DC24V		= Kast	
			Bew.	USER	Basis UGent Kortrijk						+ LSB	
			Gecontr		Vervanging van		Vervangen door				001	
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr								Blad 400	
											Blad 2	

EP PLAN Education



&DQ/501

&KLA/800

			Datum	2/02/2020	Brecht Maerten		UGent campus Kortrijk	PLC 2AI x DC0-10V			= Kast
			Bew.	USER	Basis UGent Kortrijk						+ LSB
			Gecontr		Vervanging van				001		Blad 600
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr		Vervangen door						Blad 2

Schakelkastlegenda

F18_001

Positie-nummer	Onderdeelcode	Typenummer	Artikelnummer	Fabrikant	Functietekst
1	1Q1	28903	SE.28903	SE	
3	1Q2	DOJA463/030	GE.604310	GE	
4	100K1	ACTI9 ICT	SE.A9C20864	SE	
5	1U1	TD-80-100A	EFX.563920	EFX	Eriflex 4pole distribution
6	1T1	6EP1334-3BA10	SIE.6EP1334-3BA10	SIE	
7	1F1	A9F74202	SE.A9F74202	SE	
8	1F2		LEG 005828		
9	1F3		LEG 005828		
10	PE	EB44	EFX.568660	EFX	
11	101K1	PLC-RSC- 24DC/21	PXC.2966171	PXC	
12	101K2	PLC-RSC- 24DC/21	PXC.2966171	PXC	
13	101K3	PLC-RSC- 24DC/21	PXC.2966171	PXC	
14	101K4	PLC-RSC- 24DC/21	PXC.2966171	PXC	
15	101K5	ACTI9 ICT	SE.A9C20134	SE	
16	101K6	ACTI9 ICT	SE.A9C20134	SE	
17	101K7	ACTI9 ICT	SE.A9C20134	SE	
18	101K8	ACTI9 ICT	SE.A9C20134	SE	
19	20F1		LEG 005828		
20	20F2		LEG 005828		
21	20F3		LEG 005828		
22	20F4		LEG 005828		
23	20F5		LEG 005828		
24	20F6		LEG 005828		
25	20F7		LEG 005828		
26	20F8		LEG 005828		
27	20F9		LEG 005828		
28	20F10		LEG 005828		
29	20F11		LEG 005828		
30	20F12		LEG 005828		
31	200K1	6ES7214-1AG40-0XB0	SIE.6ES7214-1AG40-0XB0	SIE	
32	1X1				
1	1X1		MEN M1145A		
1	100S1	XB5AS8444	SE.XB5AS8444	SE	Noodstop
2	400S1	XB5AD21	SE.XB5AD21	SE	Start
3	400S2	XB5AD21	SE.XB5AD21	SE	
4	400S3	XB5AD21	SE.XB5AD21	SE	
5	400S4	XB5AD21	SE.XB5AD21	SE	
6	400S5	XB5AD21	SE.XB5AD21	SE	
7	100S2	XB4BW73731M5	SE.XB4BW73731M5	SE	Start Stop

Datum	2/02/2020	Brecht Maerten	UGent campus Kortrijk	Schakelkastlegenda : =Kast+LSB-1Q1 - =Kast+LSB-100S2	= Kast + LSB
Bew.	USER	Basis UGent Kortrijk			
Gecontr		Vervanging van	Vervangen door		
Wijziging	Datum	Naam	Oorspr		001
					Blad 801 Blad 2

Artikellijst

F01_001

Onderdeelcode	Aantal	Code	Typenummer	Leverancier	Artikelnummer
	0				
1X1	0				
=Kast-600B1	0				
=Kast-1F1	1		A9F74202	SE	SE.A9F74202
=Kast-1F2	1				LEG 005828
=Kast-1F3	1				LEG 005828
=Kast-20F1	1				LEG 005828
=Kast-20F2	1				LEG 005828
=Kast-20F3	1				LEG 005828
=Kast-20F4	1				LEG 005828
=Kast-20F5	1				LEG 005828
=Kast-20F6	1				LEG 005828
=Kast-20F7	1				LEG 005828
=Kast-20F8	1				LEG 005828
=Kast-20F9	1				LEG 005828
=Kast-20F10	1				LEG 005828
=Kast-20F11	1				LEG 005828
=Kast-20F12	1				LEG 005828
=Kast-100K1	1	iCT 63A 4 NO 220 ... 240V 50Hz schakelaar	ACTI9 ICT	SE	SE.A9C20864
=Kast-101K1	1	Relaismoduul	PLC-RSC- 24DC/21	PXC	PXC.2966171
=Kast-101K2	1	Relaismoduul	PLC-RSC- 24DC/21	PXC	PXC.2966171
=Kast-101K3	1	Relaismoduul	PLC-RSC- 24DC/21	PXC	PXC.2966171
=Kast-101K4	1	Relaismoduul	PLC-RSC- 24DC/21	PXC	PXC.2966171
=Kast-101K5	1	iCT 25A 4NO 24V 50Hz schakelaar	ACTI9 ICT	SE	SE.A9C20134
=Kast-101K6	1	iCT 25A 4NO 24V 50Hz schakelaar	ACTI9 ICT	SE	SE.A9C20134
=Kast-101K7	1	iCT 25A 4NO 24V 50Hz schakelaar	ACTI9 ICT	SE	SE.A9C20134
=Kast-101K8	1	iCT 25A 4NO 24V 50Hz schakelaar	ACTI9 ICT	SE	SE.A9C20134
=Kast-200K1	1		6ES7214-1AG40-0XB0	SIE	SIE.6ES7214-1AG40-0XB0
=Kast-1Q1	1		28903	SE	SE.28903
=Kast-1Q2	1	Aardlekschakelaar DOJP A 4P 63A 30mA	DOJA463/030	GE	GE.604310
=Kast-RID1	0				
=Kast-RID2	0				
=Kast-RID3	0				
=Kast-RID4	0				
=Kast-RID5	0				
=Kast-RID6	0				
=Kast-RID7	0				
=Kast-RID8	0				
=Kast-RID9	0				
=Kast-RID10	0				
=Kast-RID11	0				
=Kast-RID12	0				
=Kast-100S1	1	Red Ø40 Noodstop, het uitschakelen van Ø22 trekker vergrendeling 2	NXOB5AS8444	SE	SE.XB5AS8444
=Kast-100S2	1	Groen flush / rood projecteren verlichte tweekoppige drukknop Ø22 1NO + 1NC 240V	XB4BW73731M5	SE	SE.XB4BW73731M5
=Kast-400S1	1	SELECTOR SWITCH 230VAC 2Amp XB5 + OPTIES	XB5AD21	SE	SE.XB5AD21
=Kast-400S2	1	SELECTOR SWITCH 230VAC 2Amp XB5 + OPTIES	XB5AD21	SE	SE.XB5AD21
=Kast-400S3	1	SELECTOR SWITCH 230VAC 2Amp XB5 + OPTIES	XB5AD21	SE	SE.XB5AD21
=Kast-400S4	1	SELECTOR SWITCH 230VAC 2Amp XB5 + OPTIES	XB5AD21	SE	SE.XB5AD21
=Kast-400S5	1	SELECTOR SWITCH 230VAC 2Amp XB5 + OPTIES	XB5AD21	SE	SE.XB5AD21
=Kast-1T1	1		6EP1334-3BA10	SIE	SIE.6EP1334-3BA10
=Kast-1U1	1		TD-80-100A	EFX	EFX.563920
=Kast-1X1	1				MEN M1145A

=Kast&KLA/801

Datum	2/02/2020	Brecht Maerten	UGent campus Kortrijk	Artikellijst : - MEN M1145A	= Lijsten
Bew.	USER	Basis UGent Kortrijk			+ LSB
Gecontr		Vervanging van	Vervangen door		
Oorspr					
Wijziging	Datum	Naam			
				001	Blad 4000
					Blad 2

