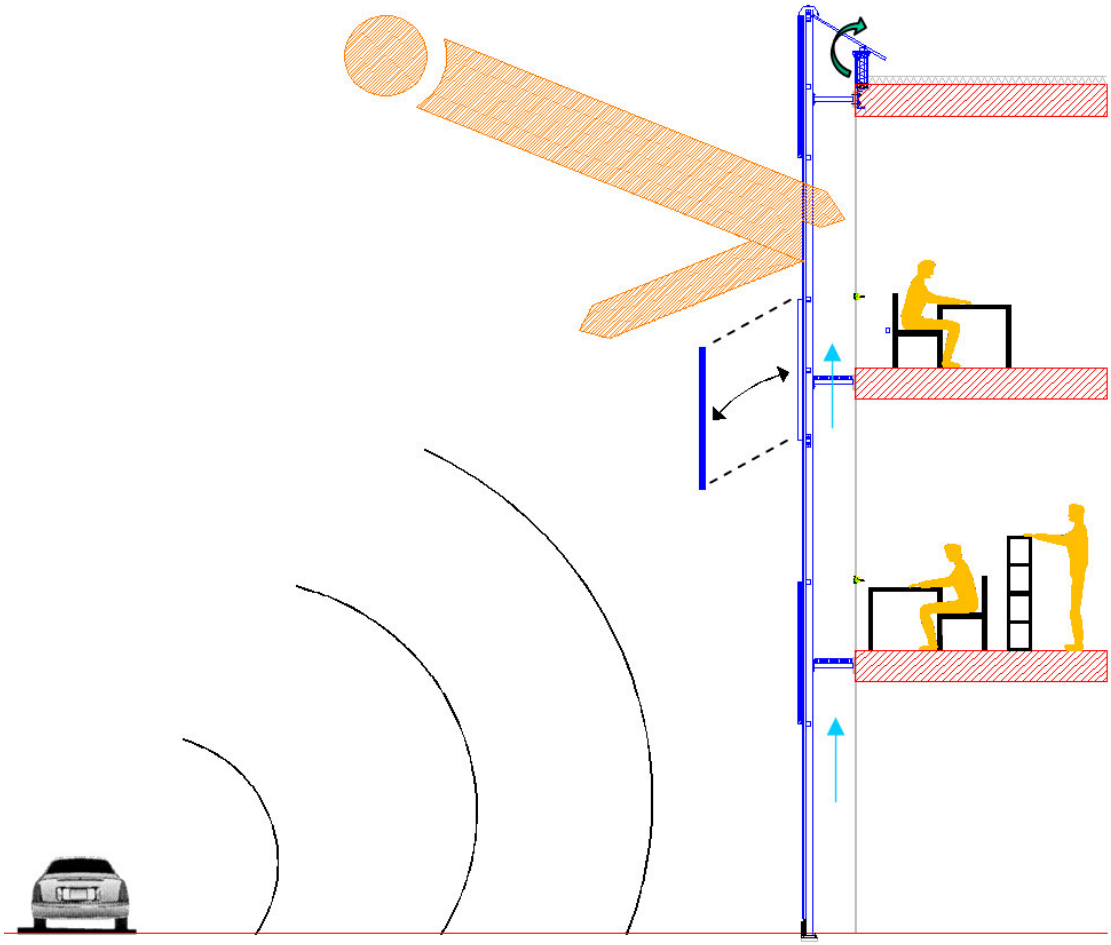
Een demontabele tweedehuidfaçade

Onderzoek naar een geluidswerende IFD-gevel



Tjako de Jonge
Warande 9
3705 ZA Zeist
ID: 1112381
Telefoon: 06-44478387
E-mail: tjakom@gmx.net

Datum 10-januari 2005

Afstudeergegevens:

Auteur:

Tjako de Jonge
Warande 9
3705 ZA Zeist
ID: 1112381
Telefoon: 06-44478387
E-mail: tjakom@gmx.net

Opdrachtgever:

Hogeschool van Utrecht
Faculteit Natuur en Techniek
Afdeling Bouwnijverheid
Bezoekadres: Nijenoord 1
3553 AS Utrecht
Postadres: Postbus 182
3500 AD Utecht
Telefoon: 030 - 238 8899
Fax: 030 - 238 8601
Internet: www.bn.fnt.hvu.nl

Begeleiders:

Eerste begeleider: Ing. M.L.M. (Martijn) Zegers
Tweede Begeleider: Ing. P (Peter) van der Gouw

Onderwerp:

Het ontwerpen van een tweedehuidfaçade van een kantoorpand

Periode:

Februari 2004 – juni 2004 Vereniging Metalen Ramen en Gevelbranche
September 2004 – januari 2005 Hogeschool van Utrecht

Voorwoord

In het vierde jaar van mijn studie bouwkunde ben ik toegekomen aan de laatste fase, de afstudeerstage. Ik heb een onderzoek gedaan naar een actueel en innovatief probleem, het ontwerpen van een bijzondere gevel met toepassing van hoogwaardige materialen.

Mijn eerste stage heb ik gelopen bij een aannemer, waar ik mij heb bezig gehouden met de renovaties van een herenhuis en een theater. Mijn tweede stage was bij een architectenbureau. Bij dit bedrijf heb ik gewerkt aan het ontwerpen en detailleren van een brandweerkazerne. Om mijn opleiding Bouwkunde zo breed mogelijk te maken, heb ik voor mijn afstuderen een andere richting gekozen. Gedurende vijf maanden heb ik stage gelopen bij de Vereniging Metalen Ramen en Gevelbranche (VMRG). Na deze stage heb ik nog vier maanden verder gewerkt aan mijn onderzoek onder begeleiding van dhr. Zegers van de Hogeschool van Utrecht.

Ik heb tijdens mijn afstuderen veel geleerd over hoe een branchevereniging als de VMRG als knooppunt werkt in de metalen gevelbouw.
Voor het begeleiden tijdens mijn afstuderen richt ik mijn dank tot ing. M.L.M. (Martijn) Zegers en ing. P. (Peter) Van der Gouw.

Tjako de Jonge
Zeist, januari 2005

Samenvatting

De Van Delft Groep, een gevelbouwer uit Drunen, gaat dicht bij een snelweg een nieuw kantoor bouwen. Men wil dat dit kantoor een imposante gevel krijgt zodat deze aandacht trekt. Kenmerkend aan dit gebouw is dat deze een demontabele en geluidsisolerende tweedehuidfaçade zal krijgen.

De volgende aspecten zijn in dit rapport onderzocht:

- De draagconstructie van de tweedehuidfaçade
- De soort koudebrug-onderbreking die toegepast moet worden
- De benodigde profielen voor de kozijnen van de binnenhuid
- De glaskeuze voor de gevel
- Het ontwerp van demontabele verbindingen
- Het voldoen aan de vereiste geluidsisolatie
- Het voorkomen van oververhitting van het kantoor

Het resultaat

Er is een draagconstructie ontworpen waarbij de buitenhuid wordt opgehangen aan het dak. Het gevelframe van de draagconstructie zal worden uitgevoerd met stalen T-profielen.

Er zijn aanbevelingen gedaan voor de toe te passen beglazing van zowel de binnen als de buitenhuid. De beglazing van de buitenhuid zal een zonwerende functie krijgen.
De verbinding tussen het glas van de buitenhuid en het gevelframe komt tot stand met aluminium stoelprofielen. Voor de bevestiging van de dichte elementen van de buitenhuid aan het gevelframe is gekozen voor hoeklijnen als randprofiel gebruiken.

De verbinding van de gevelelementen aan het gevelframe komt tot stand door middel van de ‘sleutelgatmethode’.

De koudebrug-onderbrekingen zullen uitgevoerd worden door middel van scharnierende verbindingen van roestvast stalen bouten waarbij gewoon isolatiemateriaal toegepast wordt.

De kozijnen van de binnenhuid zullen uitgevoerd worden in de gewone Alcoa-72 serie, terwijl voor de middenstijl en het kalf een stijver profiel gebruikt wordt.

Het is gebleken dat er speciale aanpassingen gedaan moeten worden om geluidsoverlast van de snelweg te beperken. Er is een oplossing gevonden in het verbeteren van de naaddichtingen en het verkorten van de nagalmtijd in de spouw.

Er is bepaald dat het gebouw in de zomer gekoeld moet worden om de temperatuur in het gebouw aanvaardbaar te houden.

De resultaten van dit rapport zullen een bijdrage leveren aan de totstandkoming van de gevel van de Van Delft Groep.

Inhoudsopgave

Samenvatting
1 Inleiding ... 7
2 Het ontstaan van het project ... 9
2.1 Inleiding ... 9
3 De tweedehuidfaçade ... 10
3.1 Inleiding onderzoek ... 10
3.2 De tweedehuidfaçade versus de klimaatgevel ... 11
4 De draagconstructie van de tweedehuidfaçade ... 12
4.1 Inleiding ... 12
4.2 Eisen voor de constructie ... 12
4.3 De mogelijkheden ... 12
4.4 Analyse van de mogelijkheden ... 15
4.5 Conclusie ... 15
5 De koudebrug-onderbreking ... 16
5.1 Inleiding ... 16
5.2 Eisen voor de koudebrug-onderbreking ... 16
5.3 De mogelijkheden ... 16
5.4 Analyse ... 19
5.5 Conclusie ... 19
5.6 Aanbeveling ... 19
6 Het kozijn van de binnenhuid ... 20
6.1 Inleiding ... 20
6.2 De profielen ... 21
6.3 Berekening van de windbelasting ... 21
6.4 Conclusie ... 21
7 Glas ... 22
7.1 Inleiding ... 22
7.2 Eisen aan de beglazing ... 22
7.3 Het interview met de glasleverancier ... 22
8 Gevelelementen ... 23
8.1 Inleiding ... 23
8.2 Transparante elementen ... 23
8.3 Dichte elementen ... 24
9 Keuze van het gevelframe ... 26
9.1 Inleiding ... 26
9.2 Gestelde eisen aan de staven ... 26
9.3 Mogelijkheden voor de staven ... 26
9.4 Analyse ... 27
9.5 Conclusie ... 27
10 Verbinding tussen de gevelelementen en het gevelframe ... 28
10.1 Inleiding ... 28
10.2 Eisen aan de verbinding ... 28
10.3 Mogelijkheden voor de verbinding ... 28
10.4 Analyse ... 29
10.5 Conclusie ... 29
11 Controle berekening geluid ... 30
11.1 Inleiding ... 30
11.2 De eis aan de hoogte van het geluidniveau ... 30
11.3 Berekening huidige geluidsniveau ... 30
11.4 Mogelijkheden ter verbetering van de geluidsisolatie ... 30
11.5 Berekening nieuwe geluidsniveau ... 30
11.6 Resultaten van de berekening ... 31
11.7 Conclusie ... 31

12 Afwijkingen geluidsisolatie 32
12.1 Inleiding 32
12.2 Berekening van de op 33
12.3 Analyse 34
12.4 Conclusie 34
13 Opwarming van de kantoorvertrekken 35
13.1 Inleiding 35
13.2 Berekening van de opwarming 35
13.3 Conclusie 35
14 Eindconclusies 36
15 Aanbevelingen 37
16 Begrippenlijst 38
17 Bronvermelding 39
18 Bijlagen 40

1 Inleiding

Achtergrond

In het kader van "Transportbesparing binnen de Gevelbouw" doet de VMRG* onderzoek naar de fabricage van lichtgewichtgevels die gemakkelijk te vervangen zijn. Mijn afstudeeropdracht vindt plaats binnen dit meerjarige onderzoeksprogramma. De opdracht omvat de technische aspecten van de binnen- en buitenhuid van een speciale gevel. Het is een concreet project voor een nieuw te bouwen kantoor met een bedrijfshal voor de Van Delft Groep**. Het complex wordt gebouwd in Nieuwkuijk, ten westen van Den Bosch. Aan de voorzijde van het kantoor komt een tweedehuidfaçade, waarvan de buitenhuid volledig demontabel wordt. Het is een demonstratieproject voor het "IFD-bouwen" (Industrieel, Flexibel en Demontabel bouwen***).

Doelstelling

Het doel is het realiseren van het IFD-project als aansprekend voorbeeld voor toekomstige klanten. Dit zijn in hoofdzaak architecten en opdrachtgevers. Daarnaast is het van belang dat kennis en ervaring wordt opgedaan over het ontwerpen van een IFD-gevel, en de mogelijkheden voor de geluidsisolatie.

Bij de doelstelling staat de volgende vraag centraal:
Hoe ontwerp je een demontabele gevel die aan een hoge geluidsisolatie voldoet?

Verder moet er een antwoord komen op de volgende deelvragen:

- Hoe dient de draagconstructie voor de tweedehuidfaçade ontworpen te worden?
- Wat voor soort koudebrug-onderbreking kan het beste toegepast worden?
- Welk profiel kan het beste worden gekozen voor de kozijnen van de binnenhuid?
- Voor welke soorten glas moet er gekozen worden in de gevel?
- Hoe zorgt men ervoor dat de elementen van de buitenhuid te demonteren zijn?
- Hoe kan worden voldaan aan de vereiste geluidsisolatie?
- Hoe wordt oververhitting van het kantoor voorkomen in de zomer?

Het afbakenen van het onderzoek

De volgende aspecten worden onderzocht om de deelvragen te beantwoorden:

- Het construeren van de tweedehuidfaçade
- De windbelasting op de binnenhuid
- Het ontwerp van de demontabele elementen van de buitenhuid
- De bouwfysische aspecten van de gevel: geluidsbelasting en warmte toetreding

Buiten het onderzoek vallen:

- Het architectonisch ontwerpen van de gevel
- Het ontwerpen van andere delen van het gebouw dan de tweedehuidfaçade
- Berekenen aan de draagconstructie van de gevel
- De bouwfysica binnen het gebouw
- Berekeningen ten behoeve van de installaties van het gebouw

*) Meer over de VMRG in bijlage 1
**) Meer over de Van Delft Groep in bijlage 2
***) Meer over IFD-bouwen, zie bijlage 3

Opbouw verslag

Het onderzoek heeft in twee fasen plaats gevonden:

- Het eerste deel van het onderzoek heeft plaatsgevonden bij de VMRG. Dit deel van het onderzoek is fase 1
- Vervolgens is het onderzoek voortgezet onder begeleiding vanuit de hogeschool. Dit deel van het onderzoek is fase 2

Een stroomschema van het onderzoek is afgebeeld in fig. 1.1.
Bij het begin van fase twee hebben enkele veranderingen plaatsgevonden om de opdracht uitdagender te maken.

De volgende veranderingen zijn aangebracht:

- Het gebouw is aan de snelweg geplaatst. (Zie bijlage 4 voor de plattegrond van de omgeving)
- Het gebouw is gedraaid, waardoor de tweedehuidfaçade naar het zuiden is gekeerd. Dit heeft verandering in de opwarming tot gevolg
- Het draaien van het gebouw heeft ook tot gevolg dat de tweedehuidfaçade richting de snelweg is gekeerd. Dit heeft veranderingen in de geluidsbelasting tot gevolg
- Vanwege de geluidsbelasting is de tweedehuidfaçade niet hangend uitgevoerd. Deze is nu doorgetrokken tot op de grond

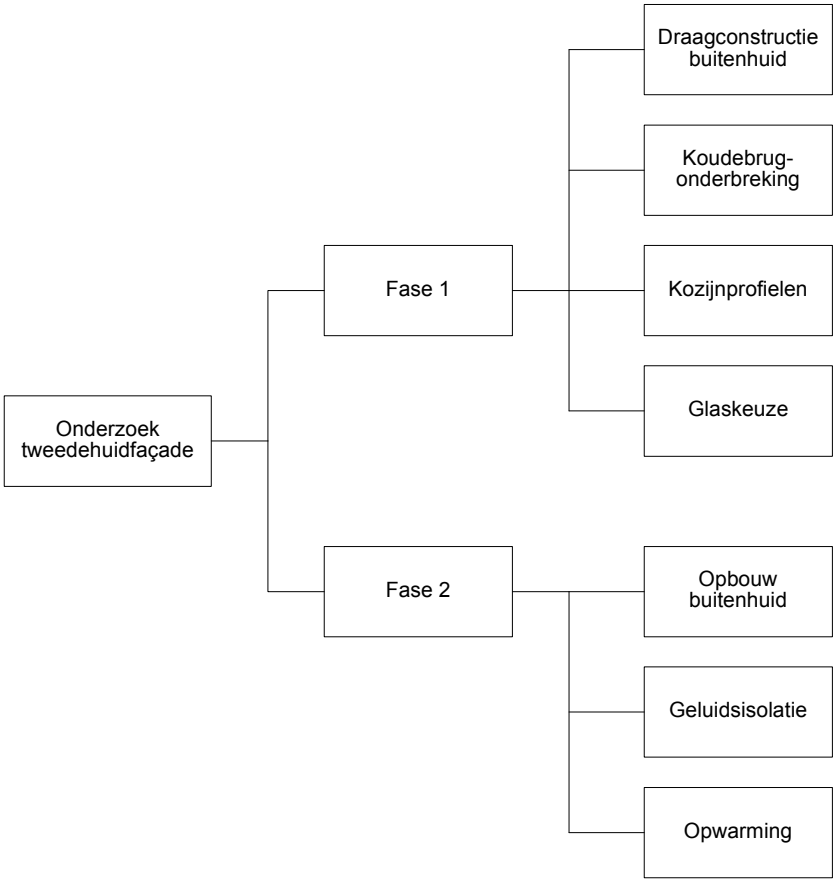


Fig. 1.1: Stroomschema van het onderzoek

2 Het ontstaan van het project

2.1 Inleiding

De opdrachtgever van het project is de Van Delft Groep. Het huidige kantoor en de werkplaats van de Van Delft Groep zijn gevestigd in het centrum van Drunen. Het bedrijf is de afgelopen jaren aanzienlijk gegroeid en op dit moment gehuisvest in een verouderd gebouw. Uitbreiding op de huidige locatie bleek niet mogelijk. De Van Delft Groep is daarom gaan zoeken naar een nieuwe locatie in de omgeving.

Men is op zoek gegaan naar een locatie met uitbreidingsmogelijkheden, zowel voor het kantoor als voor de werkplaats. Tevens wilde men gemakkelijk bereikbaar zijn voor klanten en toeleveranciers. Een ander belangrijk punt is dat men een locatie zocht in de omgeving van Drunen in verband met het de reisafstand van het personeel en de samenwerkende bedrijven.

In overleg met de gemeente is gekozen voor een locatie op industrieterrein 'Het Hoog'. Dit is een industrieterrein voor zware- en halfzware industrie. Het ligt aan de A59 ter plaatse van de afslag naar Nieuwkuijk.
De Van Delft Groep is één van de eerste belanghebbenden die een perceel mag kiezen op dit terrein. Om hun expertise op het gebied van gevels te tonen wil men de voorgevel van het nieuwe gebouw in de richting van de snelweg plaatsen zodat deze goed zichtbaar is voor potentiële klanten en overige geïnteresseerden.

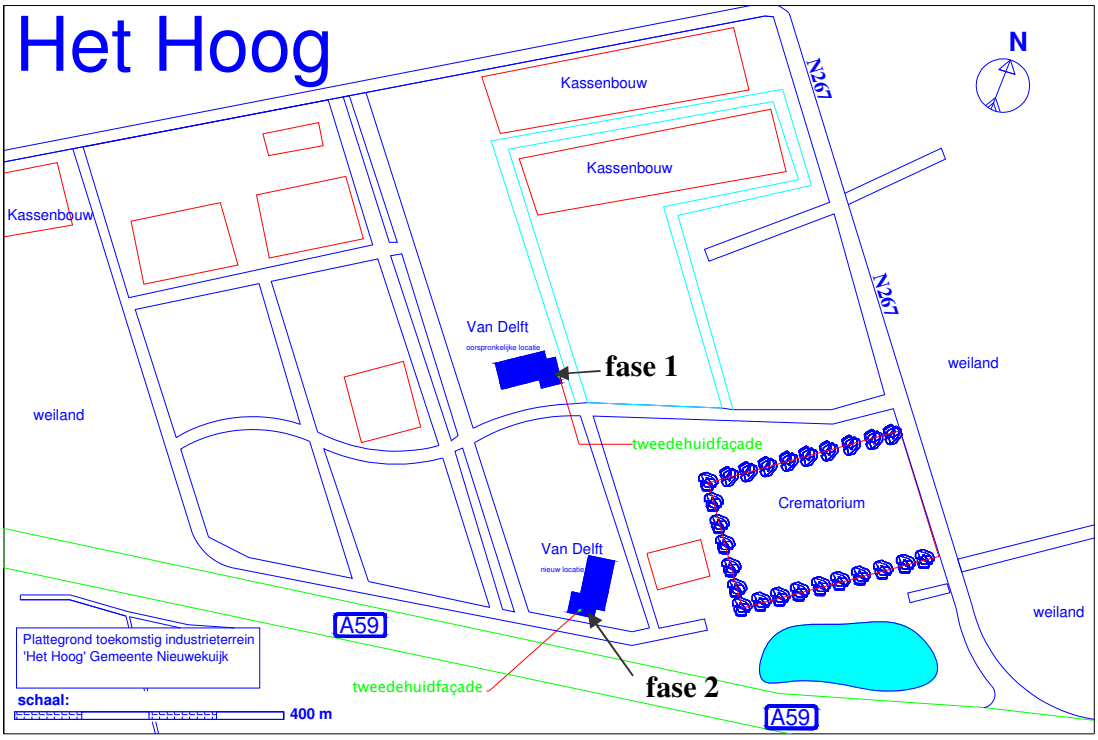


Fig. 2.1: Plattegrond 'Het Hoog' (op bijlage 4 staat een vergroting)

3 De tweedehuidfaçade

3.1 Inleiding onderzoek

Een tweedehuidfaçade is te beschouwen als een regenjas die om het gebouw heen zit. Het beschermt het gebouw tegen directe weersinvloeden. Het doel van het toepassen van een tweedehuidfaçade is dat de achterliggende gevel niet of nauwelijks belast wordt door weersinvloeden. Een bijkomend voordeel is dat de spouw geventileerd wordt met buitenlucht. Dit voorkomt condensvorming.
In fig. 3.1 ziet men een voorbeeld van een tweedehuidfaçade.

Fig. 3.1 Een voorbeeld van een tweedehuidfaçade (het kantoor van het bouwtechnische adviesbureau ABT te Delft)

3.2 De tweedehuidfaçade versus de klimaatgevel

Een tweedehuidfaçade wordt vaak verward met een klimaatgevel. Een klimaatgevel is een gevel met aan de binnenzijde een voorzetwand. De spouw wordt geventileerd met binnenlucht (zie fig. 3.2). De buitenhuid is de thermische scheiding.

Een tweedehuidfaçade is een gevel met een buitenschil, de buitenhuid. De binnenhuid is de thermische scheiding en de ventilatie vindt plaats met buitenlucht. (Zie fig. 3.3).

Beide gevels hebben tot doel dat het kantoor gebruikt kan worden tot aan de gevel. Dit is mogelijk omdat de binnenzijde van de gevel in de winter slechts weinig afkoelt en in de zomer maar matig opwarmt.

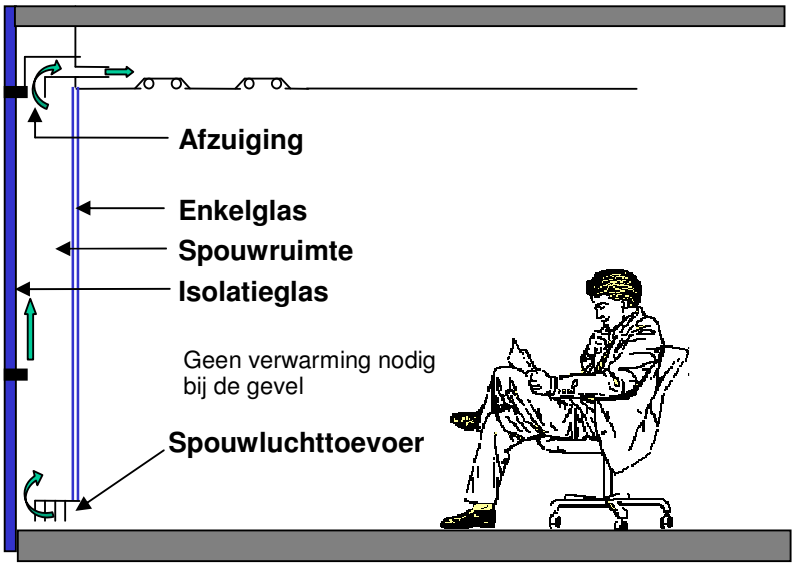


*Fig. 3.2 Een schematische weergave van een **klimaatgevel***

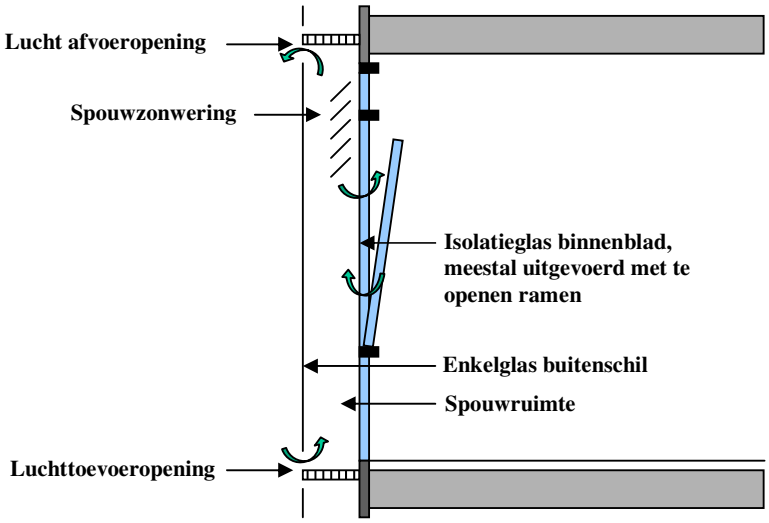


*Fig. 3.3 Een schematische weergave van een **tweedehuidfaçade***

4 De draagconstructie van de tweedehuidfaçade

4.1 Inleiding

Voor het ontwerp van de draagconstructie van de tweedehuidfaçade wordt uitgegaan van een basisstructuur (zie fig. 4.1). Deze wordt bepaald door de opdrachtgever. De structuur bestaat uit een gevel met hieraan bevestigd een voorzetconstructie.

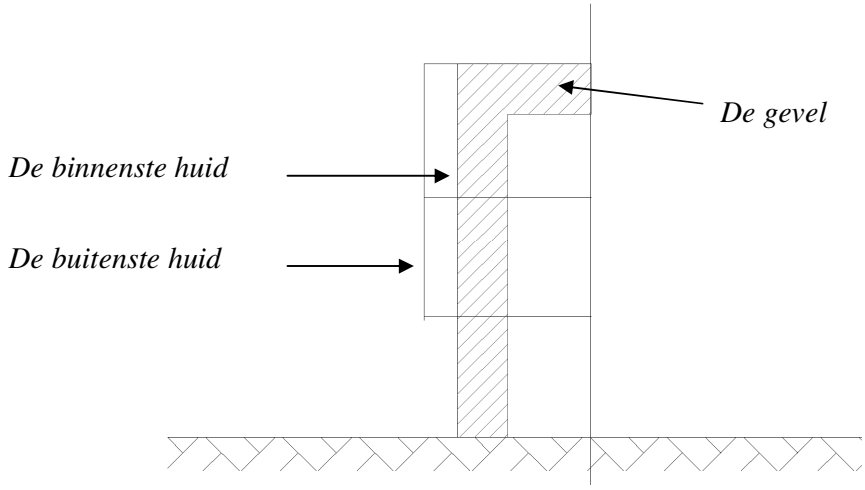


Fig. 4.1 Basisstructuur voor de tweedehuidfaçade

4.2 Eisen voor de constructie

Voor de tweedehuidfaçade vraagt de opdrachtgever om een constructie met de volgende eigenschappen:

- Hangende bevestiging aan de gevel
- Loopruimte tussen binnen- en buitenhuid
- Slanke constructie
- Zo klein mogelijke koudebrug
- Op te bouwen uit demontabele onderdelen

De hangende constructie is voorgeschreven in de basisstructuur. Tussen de binnen en de buitenhuid moet een ruimte zijn waarin mensen kunnen lopen. Vanwege het gevelbeeld moet de constructie slank uitgevoerd worden. Voor een zo goed mogelijke isolatie van de binnenhuid moet de koudebrug zo klein mogelijk zin, een scharnierende verbinding is hierbij een voordeel. Verder is het belangrijk dat de constructie te demonteren is om te voldoen aan de voorwaarden voor het IFD-bouwen.

4.3 De mogelijkheden

Er zijn vele mogelijkheden om de draagconstructie te ontwerpen. Voor de constructie komt staal het meest in aanmerking. Staal biedt de mogelijkheid om slank en demontabel te bouwen. Om deze reden is gekozen om alleen staalconstructies te onderzoeken. De volgende varianten zijn nader uitgewerkt:

- Het momentvast maken van de consoles aan de **binnenhuid**
- Het momentvast maken van de consoles aan de **buitenhuid**
- Toepassing van een vakwerkconstructie

- Het ondersteunen van de buitenhuid door een kolom
- Het ophangen van de buitenhuid aan het dak

Het momentvast maken van de consoles aan de binnenhuid

Om de buitenhuid op zijn plaats te houden kunnen de consoles worden ingeklemd in de binnenhuid (zie fig. 4.2). De inklemming zorgt echter voor een grote knoop aan de binnenhuid vanwege het optredende moment. Dit is nadelig want een grote knoop veroorzaakt een grote koudebrug. Tussen de console en de buitenhuid is een scharnierende verbinding gemaakt. Het voordeel van deze constructie is dat de buitenhuid gedemonteerd kan worden, terwijl de console kan blijven zitten.

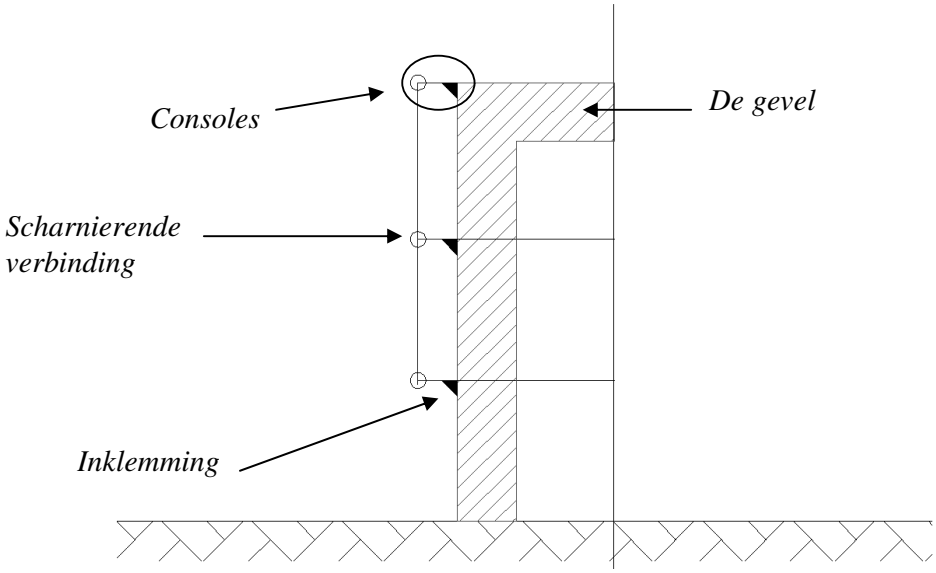


Fig. 4.2 Momentvaste consoles aan de gevel

Het momentvast maken van de consoles aan de buitenhuid

Een alternatief voor een inklemming aan de binnengevel is het momentvast verbinden van de console aan de buitenhuid (zie fig. 4.3). De aansluiting aan de gevel hoeft dan alleen een dwarskracht op te nemen. Bij deze constructie is echter een zeer stijve kolom in de buitenhuid nodig. Het is wel een voordeel dat er geen grote knoop komt aan de binnengevel. Er is in dit geval dus een kleinere koudebrug dan wanneer de consoles momentvast aan de gevel zitten.

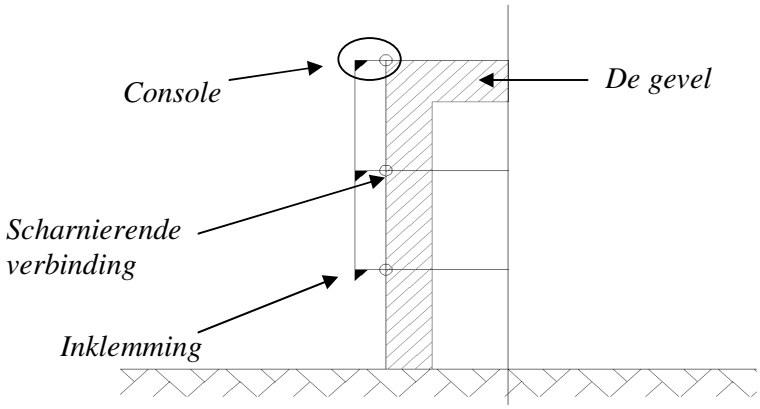


Fig. 4.3 Momentvaste consoles aan de buitenhuid

Toepassing van een vakwerkconstructie

De tweedehuidfaçade kan ook als vakwerkconstructie worden uitgevoerd. Er moet dan een diagonaal in de spouw geplaatst worden (zie fig. 4.4). Echter, er moet nog wel een glazenwasser in de spouw kunnen werken. Hierdoor zou de spouw dus breder uitgevoerd moeten worden. Een voordeel is dat alle knooppunten scharnierend gemaakt kunnen worden.

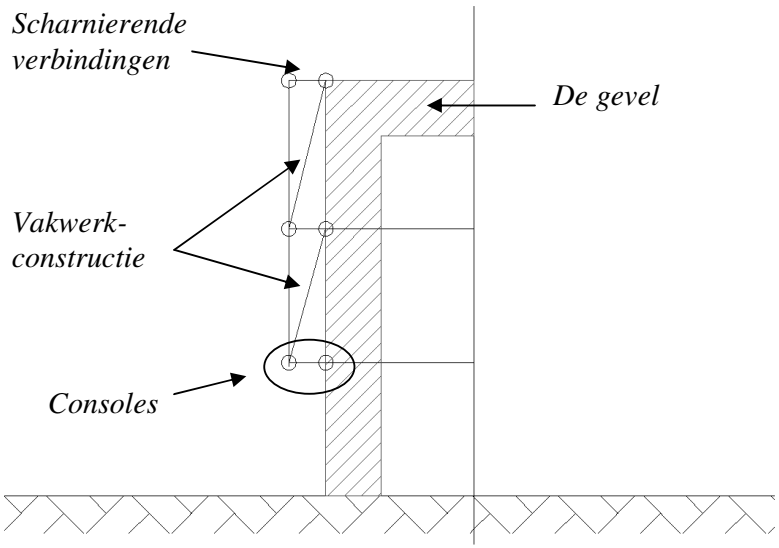


Fig. 4.4 Toepassing van een vakwerkconstructie

Het ondersteunen van de buitenhuid door een kolom

Wanneer er een kolom onder de buitenhuid geplaatst wordt kunnen de diagonalen komen te vervallen (zie fig. 4.5). Toch kunnen nog steeds alle knopen scharnierend worden uitgevoerd.

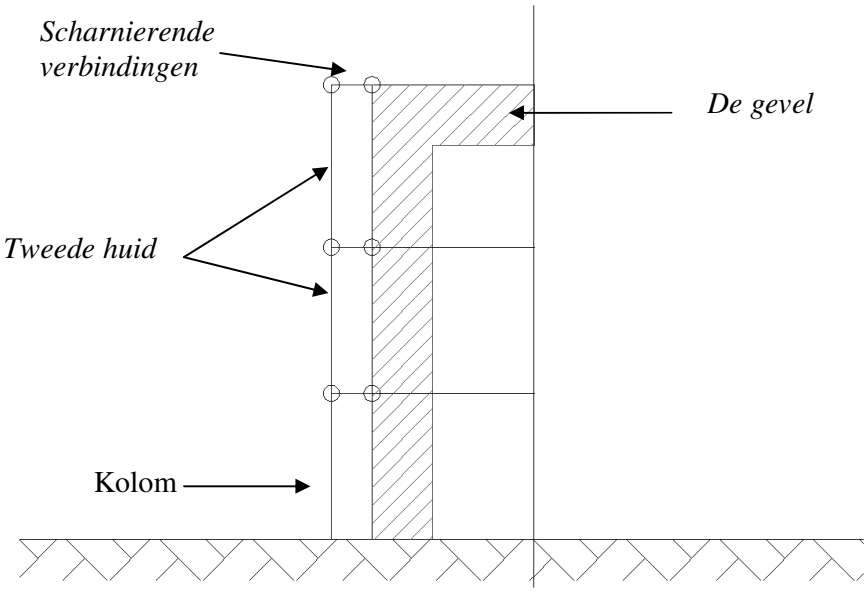


Fig. 4.5 Het ondersteunen van de buitenhuid door een kolom

Het ophangen van de buitenhuid aan het dak

Wanneer de gevel zeer slank gemaakt dient te worden, moeten de kolommen anders belast worden. In de voorgaande ontwerpen werden deze steeds op druk belast. Wanneer de kolommen op trek belast worden kunnen ze slanker uitgevoerd worden. Dit is te realiseren door de gevel aan het dak op te hangen (zie fig. 4.6). Om bij dit ontwerp de koudebrug te beperken kan de uitkraging worden ingepakt in isolatiemateriaal.

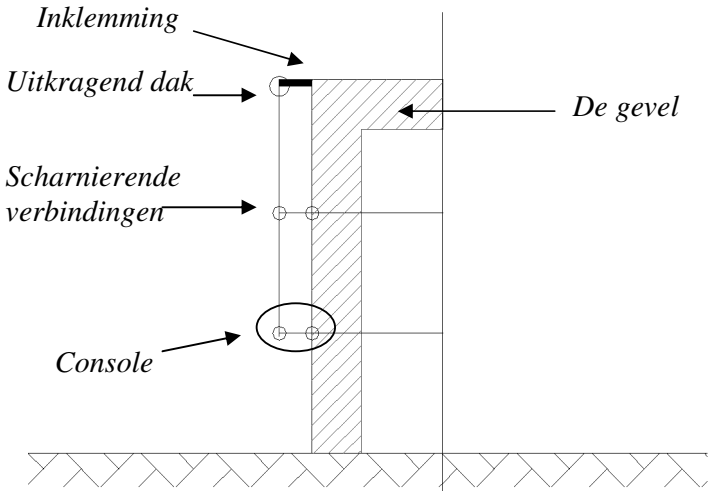


Fig. 4.6 Het ophangen van de buitenhuid aan het dak

4.4 Analyse van de mogelijkheden

Er is een analyse gemaakt van de mogelijkheden op basis van de gestelde eisen. Uit de analyse blijkt dat de constructie waarbij de buitenhuid opgehangen wordt aan het dak aan alle eisen voldoet.

Mogelijkheden	consoles momentvast aan binnenhuid	consoles momentvast aan buitenhuid	vakwerkconstructie	buitenhuid ondersteunen door kolom	buitenhuid ophangen aan dak
Eisen					
hangende constructie	+	+	+	-	+
vrije loopruimte	+	+	--	+	+
slanke constructie	+	--	+	-/+	+
zo klein mogelijke koudebrug	-	+	+	+	+
demontabele constructie	+	+	+	+	+

4.5 Conclusie

De beste mogelijkheid voor het realiseren van de buitenhuid is de constructie op te hangen aan het dak.

5 De koudebrug-onderbreking

5.1 Inleiding

Een koudebrug is een warmtelek vanuit het gebouw naar buiten. Het is te beschouwen als een gat in de isolatielijn. Een koudebrug-onderbreking is een verbinding die ervoor zorgt dat de warmte die naar buiten stroomt geminimaliseerd wordt en er geen condens optreedt. Vanwege de aanwezigheid van consoles in de tweedehuidfaçade is het noodzakelijk een koudebrug-onderbreking te ontwerpen.

5.2 Eisen voor de koudebrug-onderbreking

Voor het ontwerp van een koudebrug-onderbreking zijn de volgende eisen opgesteld:

- Hoge isolatiewaarde
- Verstelbaarheid
- Eenvoudig ontwerp (wens)

Wanneer in de draagconstructie voor momentvaste verbindingen wordt gekozen geldt dit ook voor de koudebrug-onderbreking.

5.3 De mogelijkheden

Er zijn vier constructies ontworpen en onderzocht waarvan twee met een momentvaste verbinding en twee met een scharnierende verbinding. Bij alle constructies komt de verbinding tot stand door middel van roestvast stalen bouten (roestvast stalen geleid warmte minder goed dan gewoon staal).

De volgende mogelijkheden zijn onderzocht:

- Een verbinding zonder een koudebrug-onderbreking
- Een vakwerkmodel
- Scharnierende verbinding met drukvast isolatiemateriaal
- Scharnierende verbinding met gewoon isolatiemateriaal

Een verbinding zonder een koudebrug-onderbreking

Het is mogelijk om de console koud aan de kolom te bouten (zie fig. 5.1). In dit geval is er geen isolerende werking. Er is dus een grote koudebrug. Deze constructie is simpel en kan een groot moment opnemen. Nadeel is echter dat er veel warmte verloren gaat.

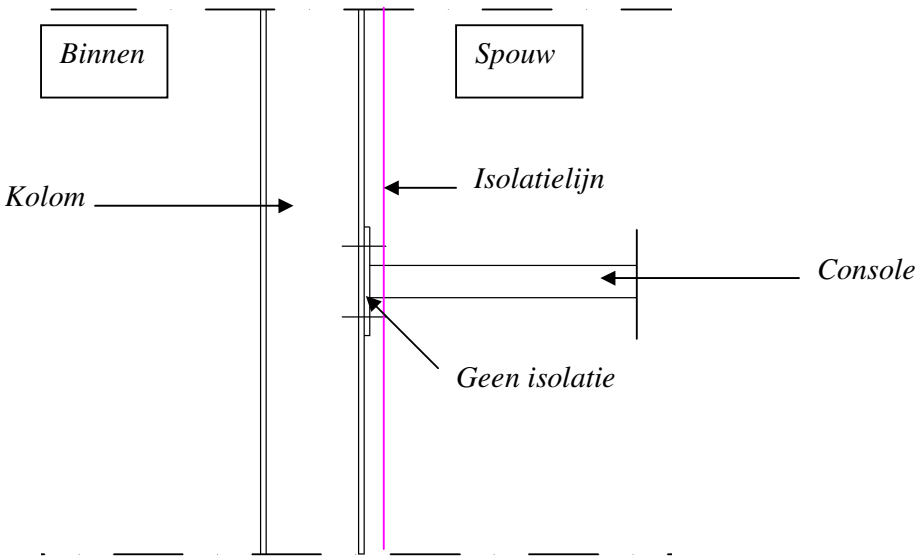


Fig. 5.1 Een verbinding zonder een koudebrug-onderbreking

Het vakwerkmodel

Tussen de console en de kolom is een diagonaal geplaatst (zie fig. 5.2). Bij het optreden van een dwarskracht wordt deze op trek belast. De bouten kunnen zowel op trek- als op drukkrachten opnemen. Er kan gebruik gemaakt worden van gewoon isolatiemateriaal.

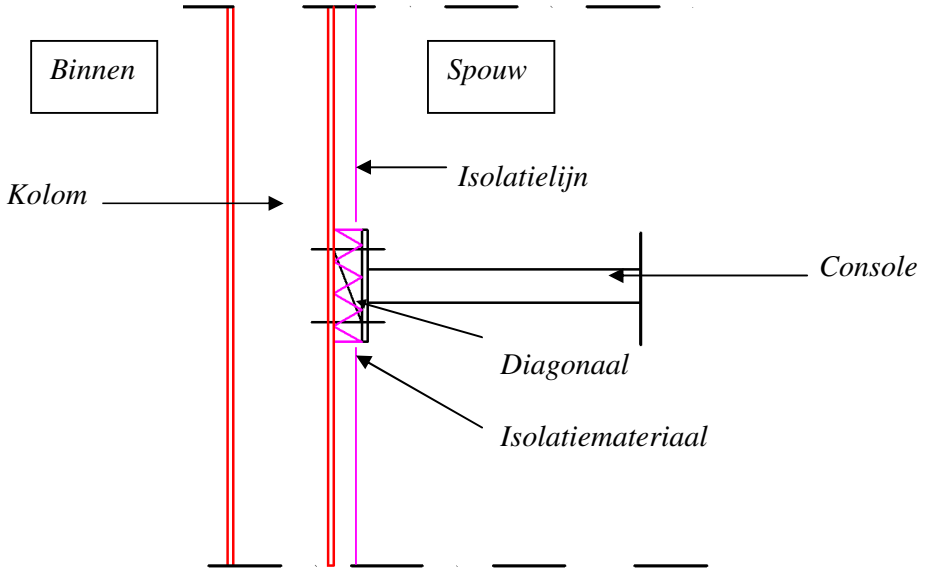


Fig. 5.2 Vakwerkmodel

Scharnierende verbinding met drukvast isolatiemateriaal

Tussen de kopplaat van de console en de kolom is drukvast isolatiemateriaal aangebracht (zie fig. 5.3). Hierdoor is het mogelijk drukkrachten op te nemen. De bouten worden alleen op trek belast waardoor ze slanker uitgevoerd kunnen worden. Slankere bouten zorgen voor een kleinere koudebrug. Nadeel van deze constructie is dat isolatiematerialen met een hoge druksterkte duur zijn.

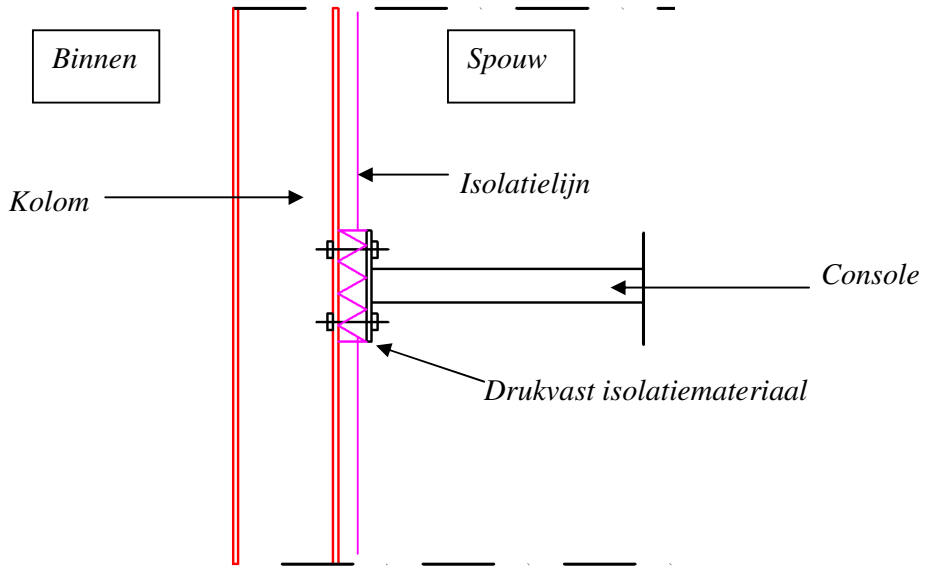


Fig. 5.3 Scharnierende verbinding met drukvast isolatiemateriaal

Scharnierende verbinding met gewoon isolatiemateriaal

Toepassing van een draadeind met aan beide zijden moeren zorgt voor een stelmogelijkheid (zie fig. 5.4). Er kan gewoon isolatiemateriaal toegepast worden. Het nadeel van deze constructie is dat er geen moment opgenomen kan worden.

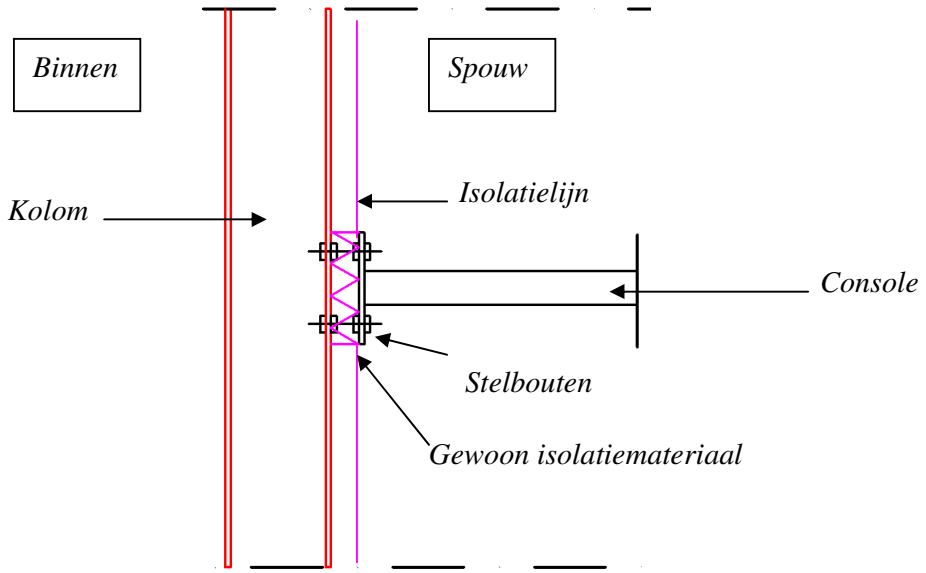


Fig. 5.4 Scharnierende verbinding met gewoon isolatiemateriaal

5.4 Analyse

Er is een analyse gemaakt waarbij gekeken is of de onderzochte mogelijkheden aan de gestelde eisen voldoen. Het bouten met gewoon isolatiemateriaal blijkt het meest gunstig te zijn.

Mogelijkheden	Console koud op de kolom	Vakwerkmodel	Drukvast isolatie materiaal tussen console en kolom	Bouten met gewoon Isolatiemateriaal
Eisen				
Grote isolatiewaarde	--	+	+	+
Stelmogelijkheid	--	+/-	-	+
Eenvoudig ontwerp	+	-	+	+
Momentvast (wens)	+	+	-	-

5.5 Conclusie

De scharnierende verbinding met gewoon isolatiemateriaal is de beste mogelijkheid. Het nadeel dat de verbinding niet momentvast is kan verholpen worden door de constructie aan te passen. (Zie hoofdstuk 4)

5.6 Aanbeveling

Sinds enkele maanden is er een Isokorf® systeem op de markt voor staalconstructies. Dit systeem is waarschijnlijk nog beter dan de scharnierende verbinding met gewoon isolatiemateriaal. Informatie over Isokorf® voor staalconstructie, zie bijlage 5.

6 Het kozijn van de binnenhuid

6.1 Inleiding

De binnenhuid bestaat voor een groot deel uit glas. Om het glas te kunnen bevestigen en de constructie wind- en tochtdicht te krijgen is een kozijn noodzakelijk. Het kozijn wordt tussen twee kolommen geplaatst. Voor het kozijn is vereist dat de standaard Alcoa-72 serie toegepast wordt. Alcoa is de profielleverancier voor de aluminiumkozijnen van de Van Delft Groep.

De afstand tussen de kolommen is 3,4 meter. Dit is een zeer grote afstand om te overbruggen. Om te zorgen dat het glasvlak niet te groot wordt is het kozijn in tweeën gedeeld. Tussen de twee glasvlakken is een middenstijl aangebracht. Deze middenstijl heeft waarschijnlijk een grotere stijfheid nodig dan het standaard Alcoa-72 profiel vanwege de grote overspanning.
Op 0,85 meter van de vloer is een kalf aangebracht om het glas tegen doorvallen te beveiligen. (Zie fig. 6.1)
Om te bepalen welk profiel noodzakelijk is voor de middenstijl en het kalf is een berekening gemaakt.

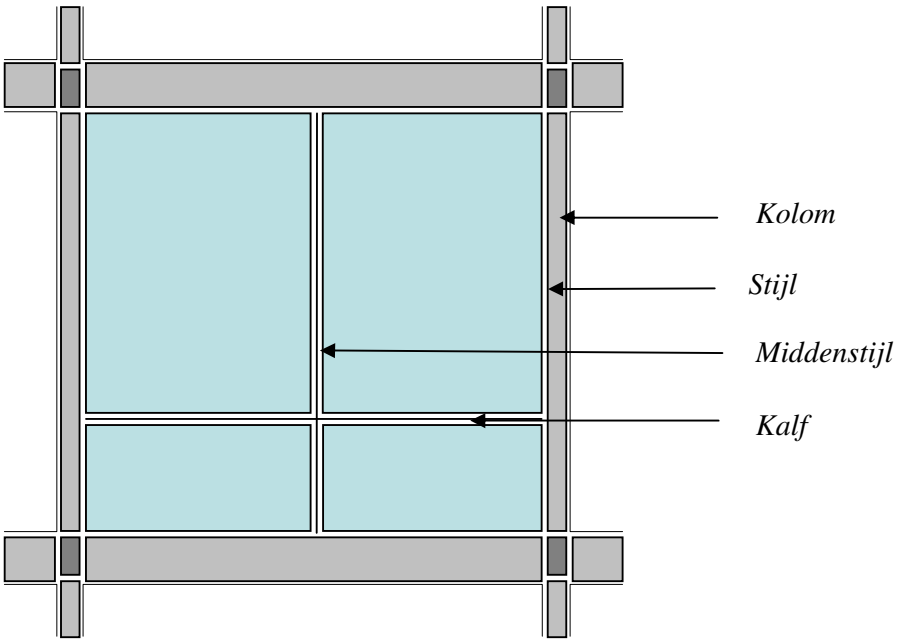
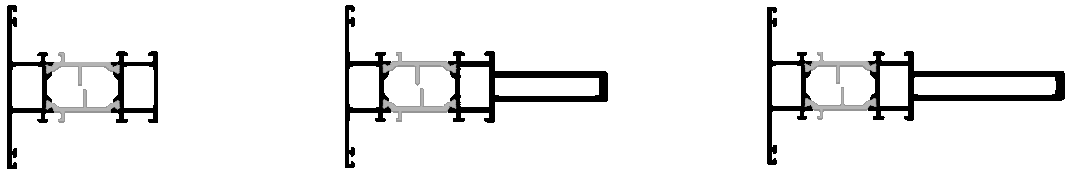


Fig. 6.1 Het kozijn

6.2 De profielen

De Alcoa-72 serie bevat drie profielen (zie fig. 6.2).

Profielnummer	Hoogte	Traagheidsmoment
770937	72 mm	25 cm^4
771005	127 mm	137 cm^4
771006	147 mm	219 cm^4



Profiel 770937
Hoogte 72 mm

Profiel 771005
Hoogte 127 mm

Profiel 771006
Hoogte 147 mm

Fig. 6.2 De profielen van de Alcoa-72 serie

6.3 Berekening van de windbelasting

Wanneer er een windbelasting op het raam uitgeoefend wordt treedt er buiging op ter plaatse van de middenstijl en het kalf. Om de reden moeten deze voldoende stijf worden uitgevoerd. Om te bepalen wat de stijfheid van de middenstijl en het kalf dient te zijn, heb ik een berekening gemaakt (zie bijlage 6). Het uitgangspunt voor deze berekening is een windbelasting van P_d = 0,75 kN/m^2. Deze windbelasting is een aanname gebaseerd op een hoogte van 10 meter voor onbebouwd gebied. Dit is de windbelasting die de binnenhuid moet kunnen verdragen, ook wanneer de buitenhuid niet gemonteerd is.
Uit de berekening volgt dat er een profiel nodig is met een traagheidsmoment van 105 cm^4.

6.4 Conclusie

Het basisprofiel van de Alcoa-72 serie met een hoogte 72 mm en een traagheidsmoment van 25 cm^4 is niet stijf genoeg. Voor de middenstijl en het kalf moet minimaal profiel 771005 met een hoogte van 127 mm gekozen worden.

7 Glas

7.1 Inleiding

De tweedehuidfaçade is te splitsen in de buiten- en de binnenhuid. Het glas van de buitenhuid moet zoveel mogelijk licht doorlaten en zonnewarmte tegenhouden. Het glas van de binnenhuid heeft een warmte isolerende functie en een veiligheidsfunctie. (Voor meer informatie over glas, zie bijlage 7)

7.2 Eisen aan de beglazing

- Er moet een natuurlijk zicht naar buiten zijn. Gekleurde glassoorten komen dus niet in aanmerking
- Er mogen geen bewegende delen zoals lamellen of screens in de spouw komen om het onderhoud tot een minimum te beperken

Voor de binnenhuid gelden de volgende specifieke eisen:

- Bij de binnenhuid loopt het glas van de grond tot het plafond. Dus er moet rekening gehouden worden met de doorval-veiligheid
- Er moet warmte isolerend glas worden toegepast

7.3 Het interview met de glasleverancier

Om tot een goede keuze te komen wat voor soort glas toegepast moet worden heeft een interview plaatsgevonden met een glasleverancier. (Zie bijlage 8)
De glasleverancier heeft de adviezen gegeven die behandeld worden in de volgende paragrafen.

Buitenhuid

Het zicht naar buiten heeft vooral betrekking op de buitenhuid. Vanwege de eis dat bewegende delen niet toegestaan zijn komen alleen gecoate glassoorten in aanmerking. Omdat in de buitenhuid enkelglas wordt toegepast kan de coating alleen op de buitenzijde van het glas aangebracht worden. Dit heeft tot gevolg dat alleen een harde coating in aanmerking komt.
Geadviseerd wordt: floatglas van 6 mm met de coating ‘SGG Cool lite SN150 neutraal grijs’. Dit is een nagenoeg kleurloze harde coating die aan de gestelde eisen voldoet.

Binnenhuid

De binnenhuid is op te delen in twee zones waartussen een kalf zit. Boven het kalf hoeft het glas alleen te isoleren. Er wordt daarom geadviseerd om standaard HR++ glas te nemen. Onder het kalf moet glas zitten dat doorval-veilig is. Er wordt geadviseerd te kiezen voor de gelaagde glassoort ‘Stadip Planilux 44.2’.

8 Gevelelementen

8.1 Inleiding

De opdrachtgever, de Van Delft Groep, wil een gevel die er 'traditioneel' uitziet. Daarmee wordt bedoeld dat er geen gevel ontworpen dient te worden die geheel uit glas bestaat, zoals de meeste tweedehuidfaçades. Hij wil een gevel die voor de helft uit glas, en voor de andere helft uit niet transparant materiaal bestaat. (Zie fig. 8.1)
De gevel zal bestaan uit twee soorten elementen:

- Transparante elementen
- Dichte elementen

8.2 Transparante elementen

Voor de transparante elementen van de buitenhuid is vereist dat deze uit glas bestaan en dat de bevestiging aan de rand plaatsvindt.

Mogelijkheden

- Glas direct bevestigen op het gevelframe (zie fig. 8.2)
- Een stoelprofiel aanbrengen dat aan het glas gelijmd wordt (zie fig. 8.3)

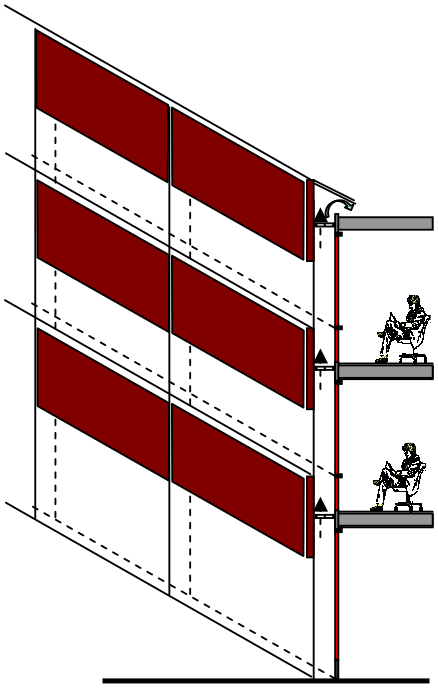


Fig. 8.1 De gevel

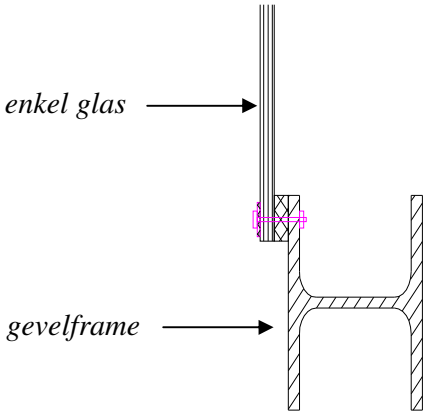


Fig. 8.2 Tekening glas op frame

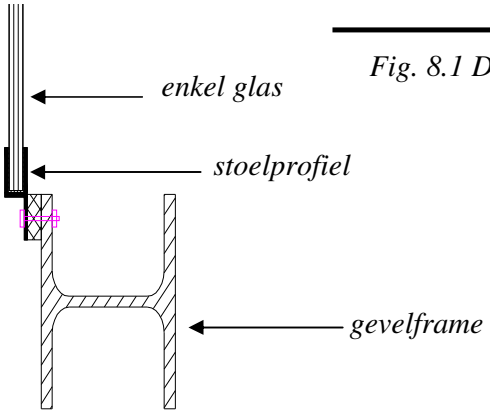


Fig. 8.3 Tekening glas met stoelprofiel op frame

Analyse

Bij het bevestigen van het glas direct op het gevelframe is het mogelijk dat het glas beschadigd wordt. Toepassing van het stoelprofiel voorkomt dit probleem.

Conclusie

Vanwege het gevaar voor beschadiging van het glas is het toepassen van een stoelprofiel de beste keuze.

8.3 Dichte elementen

Het dichte element is aan de buitenzijde bekleed met keramische tegels. De tegels zijn bevestigd op aluminium profielen die van randprofiel tot randprofiel lopen. Het geheel is aan de binnenzijde afgewerkt met een aluminium plaat. (Zie Fig. 8.4)
De dichte elementen moeten verbonden worden met het gevelframe. Hiervoor moet een 'randstaaf' ontworpen worden om het dichte element te bevestigen.

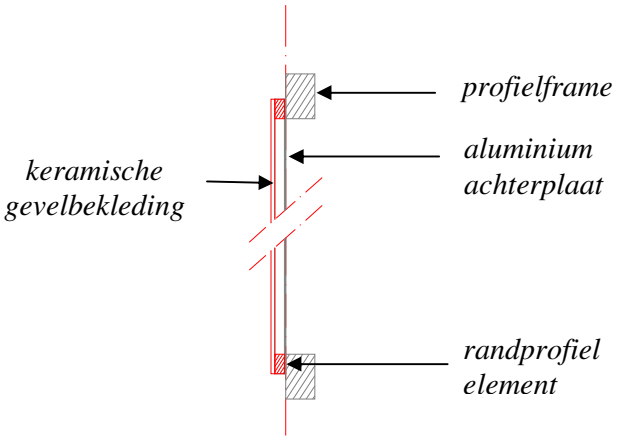


Fig. 8.4 Het element

Eisen aan de randstaaf

- Eenvoudige bevestiging aan het gevelframe
- Ophoping van water en vuil moet voorkomen worden
- Er dienen standaard profielen gebruikt te worden
- Het element moet het gevelframe overlappen

Mogelijkheden

- Koker (zie fig. 8.5)
- HE-profiel (zie fig. 8.6)
- Hoeklijn (zie fig. 8.7)

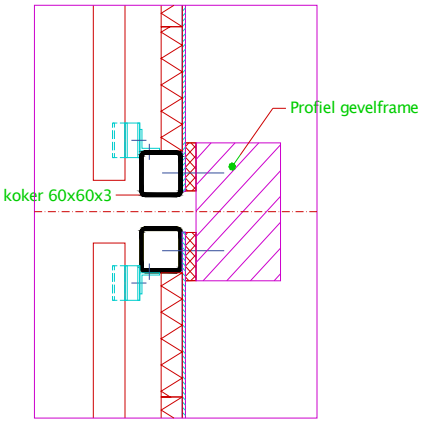


Fig. 8.5 Een Koker als randprofiel

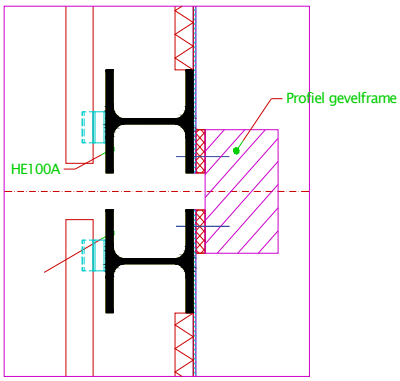


Fig. 8.6 Een HE als randprofiel

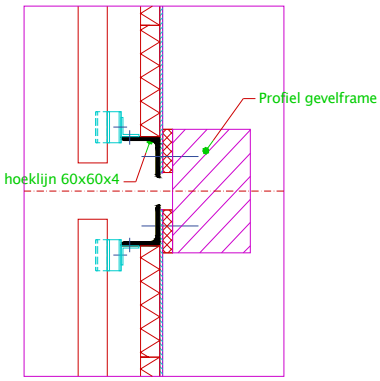


Fig. 8.7 Een Hoeklijn als randprofiel

Analyse

Er is onderzocht of de drie mogelijkheden aan de eisen voldoen. Een koker is moeilijk te bevestigen vanwege de gesloten vorm. Het HE-profiel is moeilijk te reinigen en zorgt voor vuilophoping, verder zit de buitenste flens in de weg bij de bevestiging. Het blijkt dat een hoeklijn het meest geschikt is om als randstaaf te dienen voor de bevestiging van de dichte elementen.

Mogelijkheden	Koker	HE-profiel	Hoeklijn
Eisen			
Eenvoudige bevestiging aan gevelframe	-	+/-	+
Het voorkomen van vuilophoping	+	-	+
Standaard profiel	+	+	+
Overlappen van gevelframe	+/-	+	+

Conclusie

Voor de bevestiging van de dichte elementen kan het beste voor een hoeklijn gekozen worden.

9 Keuze van het gevelframe

9.1 Inleiding

De buitenhuid bestaat uit een frame van stalen staven (zie fig. 9.1). De staven zitten hard op hard 1,8 meter. Aan de buitenzijde van dit frame komen de gevelelementen te hangen.

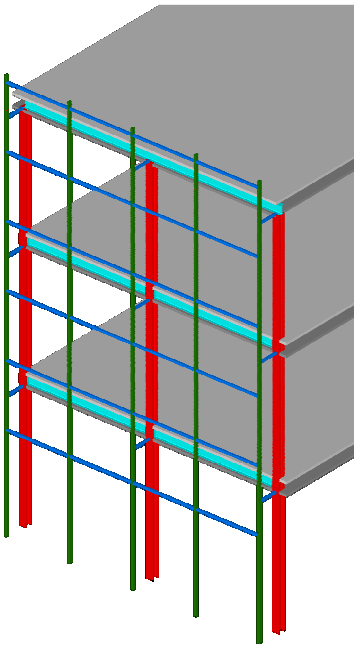


Fig. 9.1 Het gevelframe

9.2 Gestelde eisen aan de staven

- Er moeten elementen aan de staven bevestigd kunnen worden
- Er dienen standaard profielen gebruikt te worden
- Het frame moet één vlak vormen waar de elementen op bevestigd kunnen worden
- De staven moeten gemakkelijk onderling bevestigd kunnen worden met een boutverbinding
- Het frame moet gemakkelijk te reinigen zijn

9.3 Mogelijkheden voor de staven

- Koker (zie fig. 9.2)
- HE-profiel (zie fig. 9.3)
- T-profiel, een halve IPE (zie fig. 9.4)

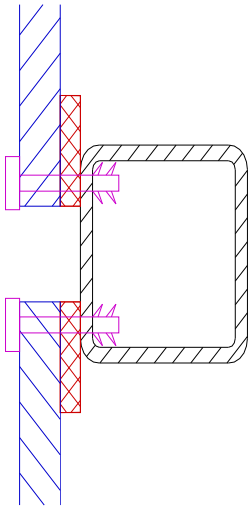


Fig. 9.2 Een Koker

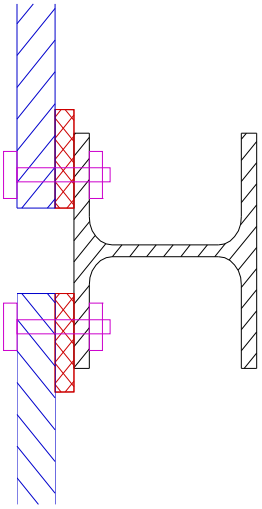


Fig.9.3 HE-profiel

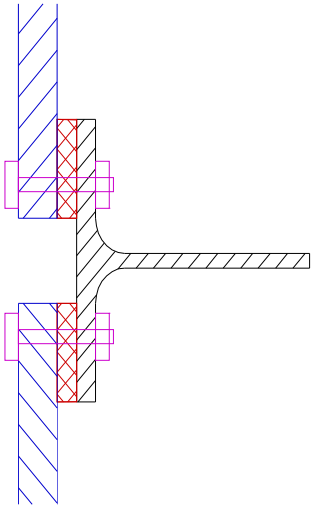


Fig.9.4 T-profiel

9.4 Analyse

Er is onderzocht of de drie mogelijkheden voor de staven van het gevelframe aan de opgestelde eisen voldoen. De koker is moeilijk te bevestigen omdat deze gesloten is. In het HE-profiel blijft gemakkelijk vuil achter. De beste keuze is het T-profiel. Deze voldoet aan alle eisen.

Mogelijkheden	Koker	HE-profiel	T-profiel
Eisen			
Bevestiging van elementen	-	+	+
Standaard profiel	+	+	+
Het vormen één vlak	+	+	+
Onderlinge verbinding met bouten	+/-	+	+
Gemak van reinigen	+	-	+

9.5 Conclusie

Het T-profiel is de beste keuze voor het gevelframe.

10 Verbinding tussen de gevelelementen en het gevelframe

10.1 Inleiding

De buitenhuid bestaat uit demontabele elementen. Deze moeten aan het gevelframe bevestigd worden. In dit hoofdstuk wordt de verbinding van het gevelelement aan het gevelframe behandeld.

10.2 Eisen aan de verbinding

- Verbinding is bij alle elementen hetzelfde
- De elementen zijn snel te monteren en te demonteren
- Standaard verbindingselementen
- Hoge duurzaamheid
- De verbinding zorgt voor een naaddichte buitenhuid
- De bevestigingsmiddelen kunnen samen met het element gemakkelijk vervangen worden

10.3 Mogelijkheden voor de verbinding

- Boutverbinding (zie fig. 10.1)
- Bevestiging door middel van een wig, zoals in de steigerbouw (zie fig. 10.2)
- Elementen ophangen aan een kapstokhaak (zie fig. 10.3)
- Bout die in een sleutelgat schuift (zie fig. 10.4)

Voor extra naaddichting kan men gebruik maken van raamboompjes of andere klemmen aan de binnenzijde.

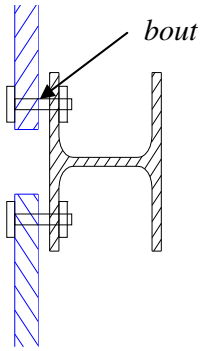


Fig. 10.1 ***Boutverbinding***

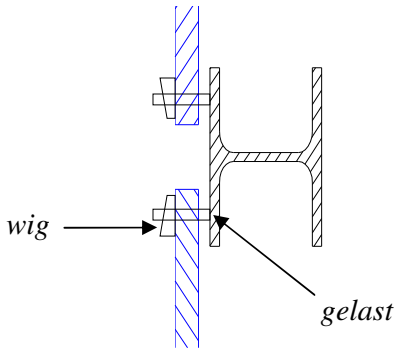


Fig. 10.2 ***Wig-verbinding***

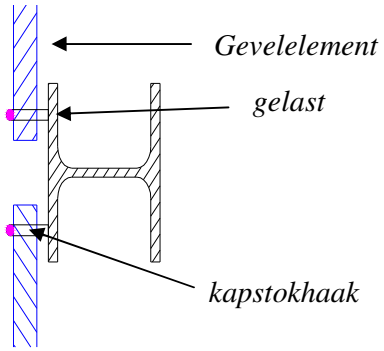


Fig. 10.3 ***Kapstokhaak***

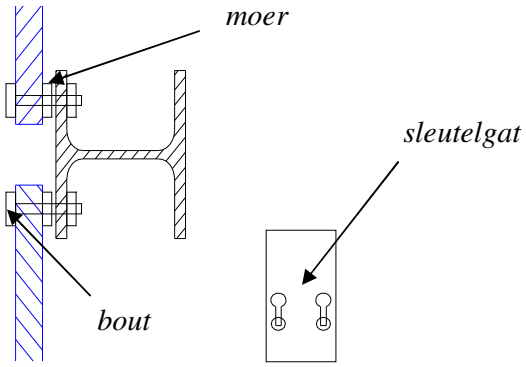


Fig. 10.4 ***Sleutelgat***

10.4 Analyse

Er is onderzocht of de mogelijkheden voldoen aan de gestelde eisen. De boutverbinding kost veel werk op de bouwplaats en is daarom niet geschikt. De wig heeft veel voordelen maar de verbinding is niet erg duurzaam.
De verbinding door middel van de kapstokhaak is niet gemakkelijk te vervangen. Verder is er een extra voorziening nodig om de naden te dichten. De sleutelgatmethode kent de meeste voordelen. De naaddichting kan verbeterd worden door het element van binnen op het frame te drukken. Dit kan doormiddel van raamboompjes zie fig. 10.5.

Mogelijkheden	Bout	Wig	Kapstokhaak	Sleutelgat
Eisen				
Overal dezelfde verbinding	+	+	+	+
Snel demontabel	--	+	+	+
Standaard verbindingselementen	+	+	+/-	+
Duurzaam	+	--	+	+
Naaddichting	+	+	+/-	+/-
Gemakkelijk vervangbaar	+	+	--	+

10.5 Conclusie

De beste mogelijkheid voor het verbinden van het gevelelement aan het gevelframe is door middel van de sleutelgatmethode.

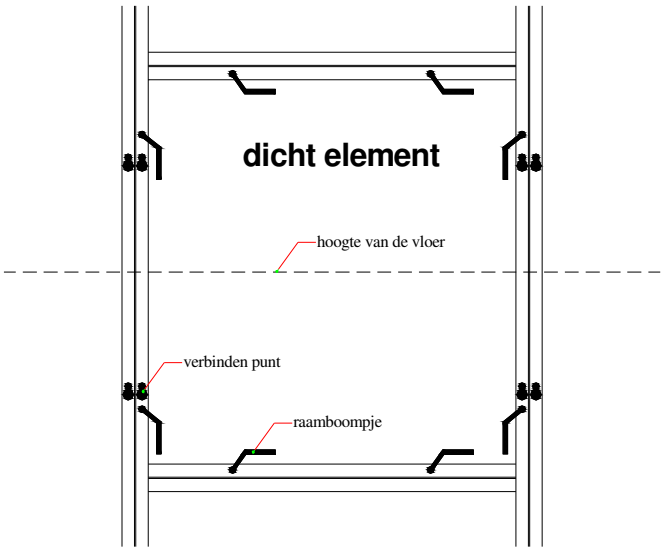


Fig. 10.5 Schematische weergave van de binnenkant van een dicht element

11 Controle berekening geluid

11.1 Inleiding

De tweedehuidfaçade komt op 30 meter van de snelweg te liggen. Vanwege het passerende verkeer is er een geluidsbelasting. In dit hoofdstuk wordt een controleberekening uitgevoerd om te controleren of het geluidsniveau binnen ten gevolge van de snelweg niet te hoog is.
Er is uitgegaan van een geluidsbelasting op de gevel overdag op een afstand van 30 meter. De geluidsbelasting waar mee gerekend wordt is in dit geval van 81 dB(A). (Zie fig. 11.1)

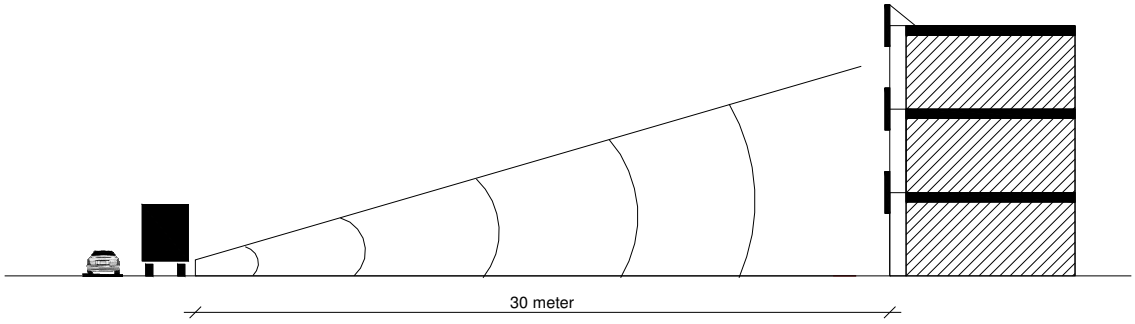


Fig. 11.1 Een schematische weergave van de situatie

11.2 De eis aan de hoogte van het geluidniveau

Het binnenniveau van het geluid ten gevolge van de snelweg mag niet meer zijn dan 40 dB(A).

11.3 Berekening huidige geluidsniveau

Om te bepalen of de geluidsisolatie van de gevel voldoende is heb ik een berekening gemaakt (zie bijlage 9). Uit de berekening volgt dat het interne geluidsniveau ten gevolge van de snelweg 44,0 dB(A) is.
Het geluidsniveau binnen in het gebouw ten gevolge van de snelweg bedraagt 44,0 dB(A). Dit is meer dan de toegestane waarde van 40 dB(A). Er moet onderzocht worden hoe de geluidsisolatie verhoogd kan worden.

11.4 Mogelijkheden ter verbetering van de geluidsisolatie

Verhoging van de geluidsisolatie van de gevel is op de volgende mogelijkheden onderzocht:

- De naaddichting verbeteren van de buitenhuid
- De nagalmtijd verkorten
- De glasmassa van de buitenhuid vergroten

11.5 Berekening nieuwe geluidsniveau

Om te bepalen hoe het geluidsniveau verminderd kan worden is berekend wat er gebeurt met het geluidsniveau wanneer de naaddichting van de buitenhuid verbeterd wordt. Ook is er onderzocht wat er gebeurt met de geluidsisolatie wanneer de nagalmtijd van de spouw verkort wordt. De nagalmtijd kan verkort worden door geluidsabsorberend materiaal in de spouw aan te brengen.
Vervolgens is gekeken wat er met het geluidsniveau gebeurt wanneer een deze twee methoden gecombineerd worden. Voor de berekening zie bijlage 10.

Het vergroten van de glasmassa van de buitenhuid is niet mee genomen in deze berekening. Dit is gedaan omdat vergroten van de glasmassa tot gevolg heeft dat de geluidsisolatie ongunstig beïnvloed wordt door het verschijnsel coïncidentie. Coïncidentie wordt in hoofdstuk 12 besproken.

11.6 Resultaten van de berekening

Uit de resultaten van de berekening volgt dat beide mogelijkheden samen de geluidsisolatie voldoende verhogen. Door het verbeteren van de geluidsisolatie van 44,0 dB(A) naar 38,9 dB(A) ervaart de gebruiker dit als een afname in het geluidsniveau van circa 50%.

	Geluidsniveau binnen
Basiswaarde	44,0 dB(A)
Verbeteren kierdichting van de buitenhuid	41,4 dB(A)
Verkorten nagalmtijd spouw	41,6 dB(A)
Verbeteren kierdichting & verkorten nagalmtijd spouw	38,9 dB(A)

11.7 Conclusie

Om aan het gewenste binnenniveau van maximaal 40 dB(A) te voldoen, dient de naaddichting van de buitenhuid verbeterd te worden en moet de nagalmtijd van de spouw verkort worden.

12 Afwijkingen geluidsisolatie

12.1 Inleiding

Om een goede berekening te maken moet er rekening gehouden worden met de frequenties van het geluid. Bij bepaalde frequenties kan de geluidsisolatie zeer gering kan zijn.
Dit kan komen door:

- Coïncidentie
- Resonantie
- Staande golf of spouw resonantie

Coïncidentie

Wanneer een geluidsgolf schuin op een wand invalt, wordt in die wand een buiggolf opgewekt door de onder- en overdruk. Hierdoor wordt het geluid gemakkelijk doorgelaten (zie fig. 12.1). De geluidsisolatie gaat hiermee dus naar beneden.

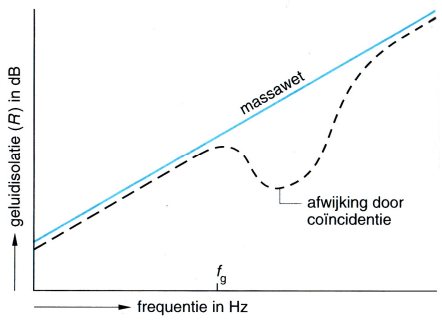


Fig. 12.1 Coïncidentie zorgt voor een afwijking in de dip in de

Resonantie

Massa-veer-massa systemen hebben een frequentie waarbij het hele systeem heel gemakkelijk in trilling komt.
De geluidsisolatie bij resonantie is zeer gering (zie fig. 12.2).

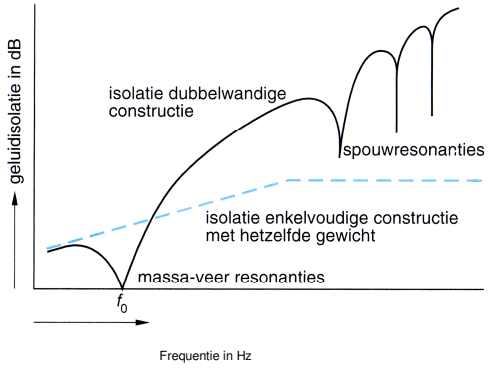


Fig. 12.2 Algemene isolatiekromme van een spouwconstructie

Staande golf of spouwresonantie

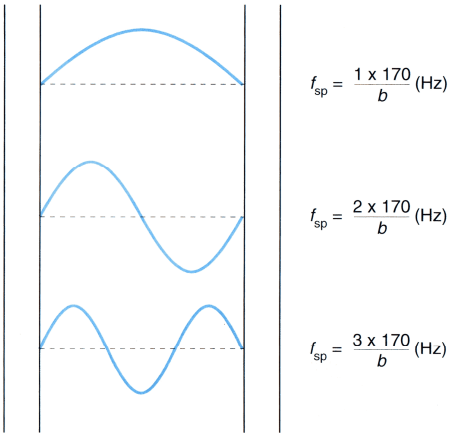


Fig. 12.3 Spouwresonanties / staande golven in de spouw

12.2 Berekening van de op

De afwijkingen in het geluidsisolatiespectrum dienen bijvoorkeur onder de 80 Hz of boven de 3000 Hz op te treden. Er is een berekening gemaakt om uit te vinden bij welke frequenties coïncidentie, resonantie of een staande golf optreedt.

Coïncidentie

Van coïncidentie heeft men het meeste last tussen de 80 en 3000 Hz. Er moet dus voorkomen worden dat de frequentie tussen deze waarde ligt. Bij verdikking van het glas gaat de coïncidentiefrequentie omlaag (zie onderstaande tabel). De coïncidentiefrequentie moet boven de 3000 Hz liggen. In dit geval heeft verdikking van het glas dus een ongunstige uitwerking. De geluidsisolatiewaarde gaat in dit geval naar beneden wanneer men het glas dikker maakt.

$F_{g;coïncidentie} = (f_g * d) / d$ [Hz]
$F_g * d$ = een materiaal afhankelijke, constante waarde
d = dikte van de constructie in mm

Constructiedeel	Dikte [mm]	$F_g * d$	$(f_g * d) / d$ [Hz]
Glas	4	12800	3200 Hz
Glas	5	12800	2560 Hz
Glas	6	12800	2133 Hz
Glas	8	12800	1600 Hz
Glas	10	12800	1280 Hz
Aluminium	3	12500	4167 Hz

Resonantie

Er is berekent bij welke frequentie resonantie optreedt. Bij de resonantiefrequentie is de geluidsisolatie zeer gering. Er is berekend wanneer de binnen- en de buitenhuid samen in trilling komen. Het blijkt dat naar mate de spouw groter is, de resonantiefrequentie daalt.

$F_0 = 60 \sqrt{[(m_1 + m_2) / (m_1 * m_2) * 1/b]}$
F_0 = Resonantiefrequentie [Hz]
m_1 massa binnenhuid [kg/m^2]
m_2 massa buitenhuid [kg/m^2]
b = breedte van de spouw [m]

Massa binnenhuid			
Constructiedeel	Dikte [mm]	Soortelijke massa [kg/m^3]	Massa [kg/m^2]
Glas	9	2500	22,5
Massa buitenhuid			
Glas	6	2500	15
Glas	4	2500	10
Dicht element	-	- *(samengesteld element)*	50

Spouwbreedte = 0,6 m
$F_{0;(glas\ bu\ 6mm)} = 60 \sqrt{[(22,5 + 15) / (22,5 * 15) * 1/60]} = 26$ Hz
$F_{0;(glas\ bu\ 4mm)} = 60 \sqrt{[(22,5 + 10) / (22,5 * 10) * 1/60]} = 29$ Hz
$F_{0;dicht} = 60 \sqrt{[(22,5 + 50) / (22,5 * 50) * 1/60]} = 20$ Hz

Staande golf

De geluidisolatie neemt af wanneer er een staande golf optreedt. Staande golven treden op afhankelijk van de breedte van de spouw. De eerste staande golf blijkt op te treden bij een frequentie van 283 Hz.

$f_{st} = 170 / b * n$ [Hz]
f_{st} = frequentie van de staande golf [Hz]
b = breedte van de spouw [m]
n = boven toon

$f_{st} = 170 / 0{,}6 * n$ [Hz]
n = 1; f_{st} = 283 Hz
n = 2; f_{st} = 567 Hz
n = 3; f_{st} = 1133 Hz
n = 4; f_{st} = 2267 Hz

12.3 Analyse

Uit de berekeningen volgt:

In hoofdstuk 7 staat vermeld dat de dikte van het glas van de buitenhuid 6 mm dient te zijn. De coïncidentiefrequentie bij 6 mm dik glas ligt op 2133 Hz. Deze waarde zit binnen het gebied van 80-3000 Hz. Dit is dus negatief voor de geluidsisolatie. Om geen last te hebben van coïncidentie moet het glas van de buitenhuid dunner worden. Bij een glasdikte van 4 mm ligt de coïncidentiefrequentie op 3200 Hz. Dit ligt buiten de eis van 80-3000 Hz. Wanneer glas met een dikte van 4 mm niet aan de vereiste sterkte voldoet kan gehard glas toegepast worden.

De resonantie-frequentie van de spouw met glas van 6 mm dikte ligt op 26 Hz. Deze waarde ligt ver onder de vereiste 80 Hz. De resonantie-frequentie van de spouw met het dichte element ligt op 20 Hz. Dit is eveneens onder de 80 Hz. Dus men ondervindt geen last van resonantie.

De staande golf treedt op bij een frequentie van 283 Hz. Dit ligt binnen de 80-3000 Hz. De staande golf valt alleen wel tussen de 80 en de 3000 Hz. Door het toepassen van geluiddempend materiaal in de spouw (zie hoofdstuk 11) wordt de dip in de isolatie-kromme beperkt.

12.4 Conclusie

Het afnemen van de geluidsisolatie door resonantie of staande golven is geen probleem.
Bij het toepassen van 6 mm dik glas is coïncidentie een probleem. Dit kan verholpen worden door (eventueel gehard) glas van 4 mm dikte toe te passen.

13 Opwarming van de kantoorvertrekken

13.1 Inleiding

Alle kantoorunits liggen op het zuiden. De gevel bestaat voor de helft uit glas waardoor de zontoetreding tot het gebouw een belangrijk aandachtspunt wordt.
Wanneer het in de kantoorvertrekken te warm wordt moet er mogelijk koeling toegepast worden.

De opdrachtgever heeft aangegeven, dat geen gebruik gemaakt mag worden van mechanische zonwering, zoals lamellen en screens (zie hoofdstuk 7). Er mogen ook geen opendraaiende ramen toegepast worden in de gevel. Enkel vaste zonwering, in de vorm van zonwerend glas is toegestaan.
De vertrekken mogen echter niet warmer worden dan 28º C.

13.2 Berekening van de opwarming

Om te onderzoeken of het niet te warm wordt in het kantoor is een rekenmodel gemaakt. (Zie bijlage 12).
Uit de berekening volgt dat de temperatuur in de zomer kan oplopen tot ruim 31º C. Er dient dus koeling toegepast te worden om de temperatuur onder de 28º C te houden.
Het temperatuurverloop is weergegeven in fig. 13.1.

Tijd	Temperatuur kantoor [º C]	Kantoor gekoeld [º C]
8	20,6	20,3
9	22,1	21,8
10	23,9	23,7
11	25,9	25,7
12	27,8	27,7
13	29,4	28,0
14	30,6	28,0
15	31,2	28,0
16	31,2	28,0
17	30,8	28,0
18	30,1	27,7
19	29,0	26,9
20	27,7	26,0
21	26,5	25,0
22	25,3	24,0
23	24,0	22,9
24	22,9	21,9
1	21,8	21,0
2	20,9	20,2
3	20,1	19,5
4	19,5	19,0
5	19,1	18,7
6	19,1	18,7
7	19,6	19,3

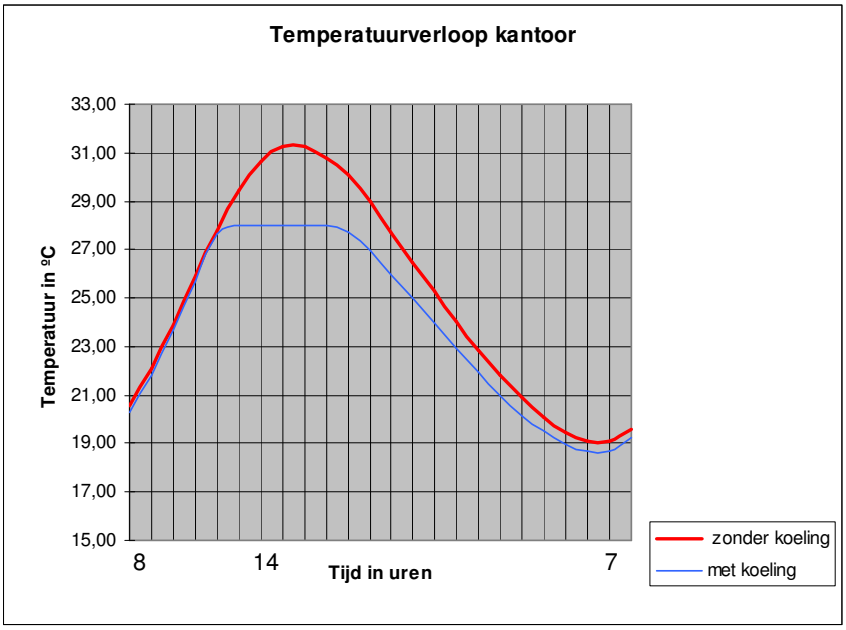


Fig. 13.1: Grafiek van het temperatuursverloop in het kantoorvertrek 's zomers

13.3 Conclusie

Uit de berekening volgt dat 's zomers de temperatuur kan stijgen tot ruim 31º C. Dit is meer dan de maximale toegestane temperatuur van 28º C. Het gebouw dient dus gekoeld te worden.

14 Eindconclusies

Fase 1

- De draagconstructie van de buitenhuid kan het beste opgehangen worden aan het dak.

- De koudebrug-onderbreking kan het beste uitgevoerd worden door een scharnierende verbinding van roestvast stalen bouten met gewoon isolatiemateriaal toe te passen.

- Bij de kozijnen van de binnenhuid dient de middenstijl en het kalf minimaal in profiel 771005 met een hoogte van 127 mm uitgevoerd te worden.

Fase 2

- Voor de verbinding tussen het glas van de buitenhuid en het gevelframe kan het beste een stoelprofiel gebruikt worden.

- Voor de bevestiging van de dichte elementen van de buitenhuid aan het gevelframe kan het beste voor een hoeklijn gekozen worden.

- Het gevelframe kan het beste worden uitgevoerd met T-profielen.

- De beste mogelijkheid voor het verbinden van de gevelelementen aan het gevelframe is door middel van de ‘sleutelgatmethode’.

- Om aan de gewenste geluidsisolatie te voldoen, dient de naaddichting van de buitenhuid verbeterd te worden en moet de nagalmtijd van de spouw verkort worden.

- Bij het toepassen van 6 mm dik glas is coïncidentie een probleem. Dit kan verholpen worden door (eventueel gehard) glas van 4 mm dikte toe te passen.

- In de zomer kan de binnentemperatuur stijgen tot ver boven de maximale toegestane temperatuur van 28º C. Het gebouw dient gekoeld te worden.

De conclusies zijn in tekeningen verwerk zie bijlage 14.

15 Aanbevelingen

De koudebrug-onderbreking

Voor de koudebrug-onderbreking komt het nieuwe het Isokorf® systeem voor staalconstructies in aanmerking. Het toepassen van dit systeem kan overwogen worden.

glaskeuze

Geadviseerd wordt voor de buitenhuid floatglas van 6 mm met de coating ‘SGG Cool lite SN150 neutraal grijs’.

Voor de binnenhuid, boven het kalf, wordt geadviseerd om standaard HR++ glas te nemen. Onder het kalf wordt geadviseerd te kiezen voor de gelaagde glassoort ‘Stadip Planilux 44.2’.

16 Begrippenlijst

5-15(A)-4	5 mm glas – spouw van 15 mm met Argon gevuld – 4 mm glas
A-spectrum	Aanpassen van het geluidsspectrum zodat mensen alle frequenties even hard horen
Alcoa	Een leverancier van aluminium kozijnprofielen
Bel	De logaritmische schaal voor het geluidsdrukniveau
Coïncidentie	Vermindering van de isolatie door schuin invallend geluid
dB	deciBel, een tiende Bel, schaal voor het geluidsdrukniveau
dB(A)	deciBel met aanpassing van het geluid met het A-spectrum
Floatglas	Normaal vlakglas, gemaakt door vloeibaar glas op tin te laten drijven
Gehard glas	Hier: thermisch voorgespannen glas
Gelaagd glas	Glas dat uit meerder lagen is opgebouwd met ertussen twee lagen PVB folie
Gelaagd 44.2 glas	Gelaagd glas 4 mm glas twee lagen PVB-folie en 4 mm glas
Harde coating	Een coating die op de buitenkant van het glas kan worden aangebracht
HR++ glas	Hoge-Rendement ++ glas; dubbel isolatieglas met warmte werende coating met een spouw gevuld met edelgas
IFD	Industrieel, Flexibel en Demontabel
Isokorf®	Koudebrug-onderbreking systeem voor gebouwen
Isolatieglas	Glas met een hogere warmte isolatie
Kalf	Horizontale middenstijl
Klimaatgevel	Dubbele gevel met een spouw die geventileerd wordt met binnenlucht
Koudebrug-onderbreking	Onderbreking van een warmte stroom door een gevel
LTA	Licht toetredingsfactor
Nagalmtijd	De tijd die nodig is om het geluid 60 dB te laten afnemen door absorptie
PF	PolyFenolformaldehyde
PVB	PolyVinylButyral
PVB(A)	PolyVinylButyral (Akoestisch), PolyVinylButyral met extra weekmaker
Resonantie	Een frequentie waarbij een constructie gemakkelijk in trilling komt.
Screen	Zonwerend doek
Tweedehuidfaçade	Dubbele gevel met een spouw die geventileerd wordt met buitenlucht
Zachte coating	Een coating die alleen in de spouw van dubbelglas kan worden aan gebracht vanwege dat deze oxideert
ZTA	Zontoetredingsfactor

17 Bronvermelding

Voor het onderzoek zijn de volgende literatuur en publicaties geraadpleegd:

Basisboek overspannend staal, 2004
Bouwbesluit 2003
Bouwfysica / A. C. Van der Linden, 2000
Dictaat Bouwfysisch Tabbellarium / A. Schuur, 1996
Demonstratieprojecten IFD-bouwen 2004 continuïteit in IFD / H. Bouwmeester, 2004
Dictaat Energiegebruik van gebouwen / A. Schuur, 1996
Dictaat Geluidsisolatie / H. Van ’t Hof, 1995
Dictaat Geluidswering van uitwendige scheidingsconstructies / A. Schuur, 1995
Gevels en Architectuur, Façades in glas en aluminium / J. L. M. Renckens, 1996
Cursusboek Gevels en Bouwfysica / VMRG, 1999
Cursusboek Gevels en Constructies / VMRG, 1995
Cursusboek Gevels en Statica / VMRG, 1999
Cursusboek Geveltechniek / VMRG, 1999
Helder Rapporteren / Peter Nederhoed, 2000
Memento / Saint-Gobain Glass, 2001
Dictaat Spelen met balansen / A. Schuur, 2003
Tabbellen voor bouw- en waterbouwkunde / K. J. Briedé, R. Blok, 2000

De volgende mensen zijn geïnterviewd:
Dhr Thuis van Saint Gobain
Dhr Potjes van Bouwen met Staal

18 Bijlagen

VMRG	1
Van Delft Groep	2
IFD-bouwen	3
Plattegrond omgeving	4
Isokorf® voor staalconstructie	5
Berekening van de windbelasting kozijn	6
Achtergrondstudie glas	7
Interview glasleverancier	8
Berekening geluidsisolatie basis uitgangspunten	9
Berekening geluidsisolatie controle	10
Berekening geluidsisolatie referentie	11
Berekening opwarming	12
Berekening opwarming referentie	13
Tekeningen	14

Bijlage 1

1. De VMRG (Vereniging Metalen Ramen en Gevelbranche)

1.1. Historie

In 1993 is de VMRG opgericht. De beide voorgangers, VMR (Verengingen Metalen Ramenfabrikanten) en MRG (Metalen Ramen en Gevelelementen) besloten om hun activiteiten vanaf dat jaar samen uit te voeren. Hierdoor ontstond een brancheorganisatie die 95% van de markt in metalen gevelbouwproducten vertegenwoordigt. Momenteel zijn er ongeveer 130 ondernemingen lid, waarin in totaal ruim 4000 mensen werkzaam zijn.

1.2. Doel

De VMRG streeft naar de versterking van de positie van gevelbouwbedrijven en naar optimalisatie van continue proces- en productie-innovatie in de markt.
Een manier waarop de VMRG dit probeert te bereiken is onder andere door middel van het Kennis Centrum Gevelbouw.

2. Kennis Centrum Gevelbouw (KCG)

Het Kennis Centrum Gevelbouw, het KCG, is een onderdeel van de VMRG. Het KCG is een stichting van de VMRG. Het geeft advies bij de ontwikkeling van gevels.
Het KCG houdt zich bezig met opleiding, scholing en kennisoverdracht. Er wordt gewerkt in groepen in zowel kortlopende projecten als in jaarprogramma's, waar aan een diplomastelsel is gekoppeld.
Een van de projecten waar het KCG aan werkt is het project “Transportbesparing binnen de Gevelbouw”. De afstudeeropdracht maakt deel uit van dit project. De tweede huidfaçade is een lichte constructie ten opzichte van het gebruik van traditionele materialen. Zodoende kan een positieve bijdrage geleverd worden aan het verlagen van transportkosten.

2.1. Transportbesparing binnen de Gevelbouw

Binnen de bouw vormen de transportkosten een belangrijk onderdeel van de totale bouwkosten. Deze kosten zijn in de afgelopen jaren aanzienlijk toegenomen door onder andere de toegenomen drukte op de wegen.
Traditioneel wordt in Nederland gebouwd met veel steenachtige massa. Besparing kan worden bereikt door lichte bouwelementen toe te passen in plaats van steen en beton. Deze bouwelementen moeten compact zijn en bij voorkeur “stekker-klaar”.
Deze gewenste verandering in de bouwstromen kan alleen tot stand gebracht worden als hier al in het ontwerp van het gebouw rekening wordt gehouden.

Gevels vormen binnen de bouw een belangrijk product. Hierop valt veel besparing op de transportkosten te behalen. Dit kan bereikt worden door:

- Het optimaliseren van de vorm.
- Het verlagen van het gewicht bijvoorbeeld door toepassing van materialen als aluminium.
- Voormontage van deuren, kozijnen, glas, hang- en sluitwerk en verschillende installaties.
- Rekening te houden met wijzigingen tijdens het gebruik.

Transportbesparing geeft een belangrijke stimulans voor de betrokken partijen: ontwerpers, architecten, gevelbouwers en toeleveranciers om samen te werken aan het ontwikkelen van nieuwe producten. De VMRG is een brancheverenigingen en vervult zodoende een sleutelrol in het samenwerken tussen de betrokken partijen.

Bijlage 2

De opdrachtgever

De Van Delft Groep is naast dat de opdrachtgever van het project is ook zelf betrokken bij de bouw. Zo zorgt de Van Delft Groep zelf voor de installaties en wordt het project in eigen beheer uitgevoerd.

De Van Delft Groep

De Van Delft Groep is een familiebedrijf gelegen in Drunen. Het is opgericht in het jaar 1895. Van een eenmansbedrijf is de Van Delft Groep uitgegroeid tot een professionele organisatie met ruim 120 medewerkers. De Van Delft Groep bestaat uit een twee autonome werkmaatschappijen:

- Van Delft Installatie BV ontwerpt, realiseert en beheert technische gebouw-gebonden installaties voor de utiliteits-woningbouw en industrie.
- Van Delft Aluminium BV ontwerpt en realiseert gevels, kozijnen en balkonhekken van aluminium.

De combinatie van een gevelbouwer en een installatiebedrijf is zeldzaam. Maar past goed in het idee van de VMRG om installaties in de gevel te combineren en zodoende “stekker-klare” gevelelementen te maken. Installaties en gevelelementen hebben namelijk een vergelijkbare verwachte levensduur van 35 tot 40 jaar. Het voordeel van het combineren van installaties met gevelelementen is dat ze gemakkelijk samen vervangen kunnen worden.

Bijlage 3

1. IFD-bouwen

IFD-bouwen staat voor Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen. IFD-bouwen wordt momenteel gestimuleerd door de Stuurgroep Experimentele Volkshuisvesting (SEV). Het project IFD-bouwen is de tweede fase Duurzaam Bouwen. Elk jaar worden er meer gebouwen en bouwelementen industrieel gemaakt. Dit gebeurt onder betere condities dan op de bouwplaats. Hierdoor verandert de traditionele uitvoering in assemblagewerk op de bouwplaats. De behoefte van de gebruiker aan meer individuele wensen en eisen wordt steeds groter. De mogelijkheden van flexibel en demontabel bouwen komen hierin tegemoet.
Het ontwerp van de tweede huidfaçade valt onder het IFD-bouwen.

1.1. Het doel van IFD-bouwen

Het doel van Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen is het verkrijgen van voordeel voor alle bouwpartners.

1.1.1. De gebruiker

Het gebouw kan gemakkelijk en goedkoop aangepast worden aan de wensen van de gebruiker ook als de wensen veranderen of als het gebouw van gebruiker wisselt.

1.1.2. De opdrachtgever

Doordat het gebouw gemakkelijk aan te passen is, kan het gemakkelijk aan de vraag van de markt voldoen. Hij heeft dus meer mogelijkheden het gebouw te verkopen of te verhuren.

1.1.3. De uitvoerende partij

Deze profiteert van de beheersbaarheid van het bouwproject. Zo kan de sneller en met meer maatwerk gebouwd worden. Bij reparaties zijn onderdelen gemakkelijk te vervangen doordat ze demontabel zijn.

1.1.4. De belegger / eigenaar

De levensduur van het gebouw is langer doordat het gemakkelijk aan te passen is aan nieuwe eisen.

1.2. De aspecten van IFD

1.2.1. Industrieel

Omschrijving:
De bouwproducten worden in de fabriek gemaakt.

Methode:
De productie vindt in de fabriek plaats. Op de bouwplaats wordt alleen gemonteerd.

Doel:
- Door het produceren in de fabriek kan een constante kwaliteit geleverd worden.
- Doordat de productie geconcentreerd plaats vindt kunnen er goede ARBO-maatregelen genomen worden. Dit komt ten goede aan de fabrieksmedewerkers.
- Het vooraf in de fabriek maken van producten kan de bouwtijd verkorten.

1.2.2. Flexibel

Omschrijving:
Flexibiliteit is een eigenschap die ervoor zorgt dat een gebouw aangepast kan worden aan de eisen en wensen van gebruikers.

Methode:
Door een scheiding aan te brengen tussen de draagconstructie van het gebouw en de inbouw kan een gebouw gemakkelijk aangepast worden.

Doel:
- Het gebouw kan aangepast worden aan veranderende eisen of wensen van de gebruiker.
- Installaties zijn verplaatsbaar.
- De waarde van het gebouw wordt vergroot omdat het voor nieuwe functies bruikbaar kan worden.
- Bij het ontwerp hoeft men minder rekening te houden met de inrichting van het gebouw. Dit bespaard tijd.

1.2.3. Demontabel

Omschrijving:
Demontabel bouwen is het zodanig ontwerpen van een gebouw dat een bouwdeel later onbeschadigd verwijderd en hergebruikt kan worden.

Methode:
"Natte" verbindingen worden vervangen door "droge" verbindingen.

Doel:
- Het terugdringen van de hoeveelheid bouw en sloop afval.
- Het hergebruiken van bouwelementen.
- Het gemakkelijk recyclen van grondstoffen.

1.3. Relatie tussen Industrieel, Flexibel en Demontabel

Wanneer men een flexibel gebouw wil hebben liggen demontabele verbindingen voor de hand. Demontabel bouwen gaat samen met het monteren in componenten. Uit oogpunt van kosten worden deze componenten al snel gestandaardiseerd. Het voordeel van standaardisering is dat componenten voordelig industrieel vervaardigd kunnen worden. Het standaardiseren van componenten vergroot de uitwisselbaarheid en dus de flexibiliteit.

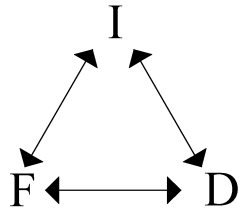
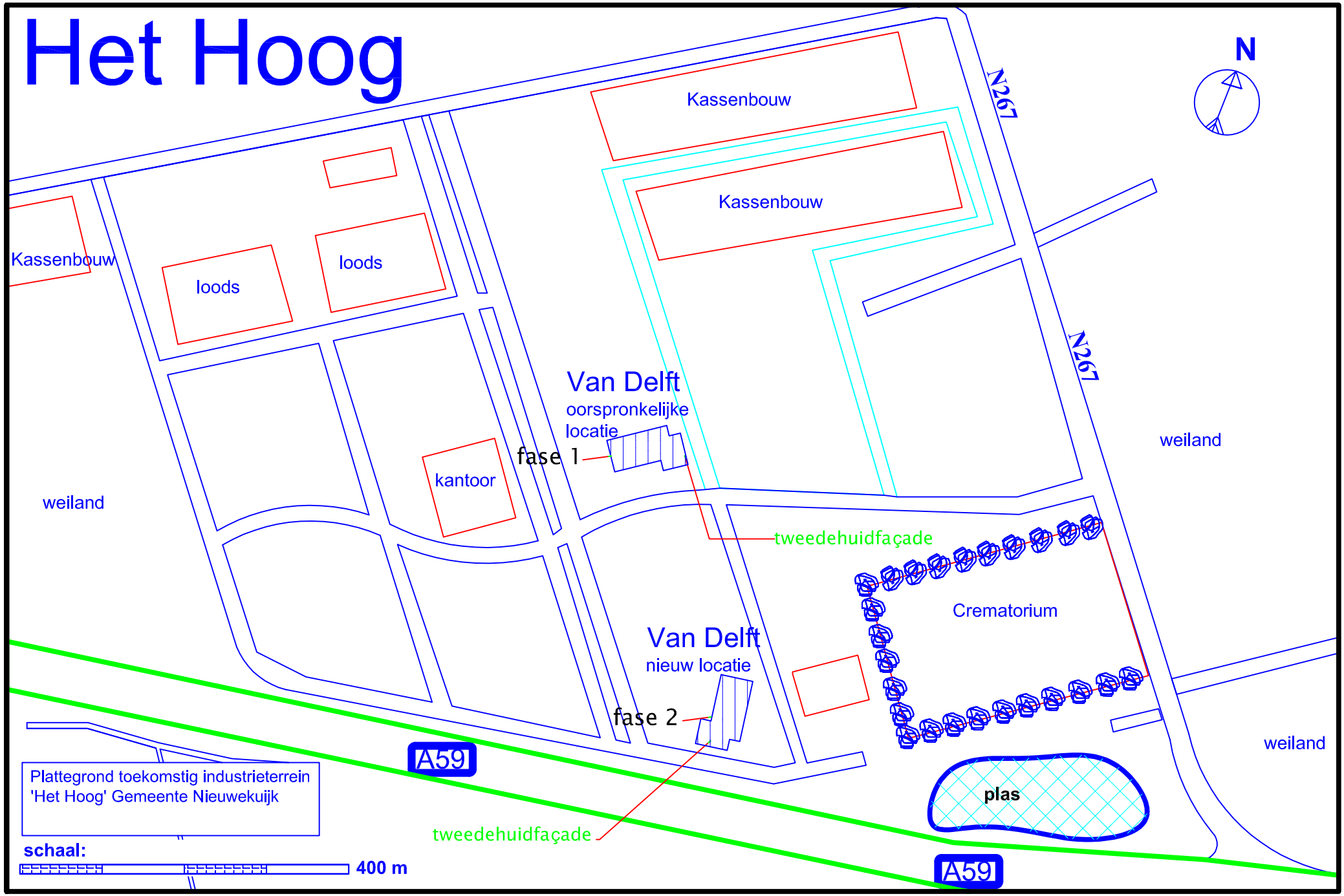


Fig.6. Relatie tussen Industrieel, Flexibel en Demontabel

Bijlage 4


Het Hoog
N
N267
N267
Kassenbouw
Kassenbouw
Kassenbouw
loods
loods
kantoor
Van Delft
oorspronkelijke
locatie
fase 1
weiland
weiland
weiland
tweedehuidfaçade
Crematorium
Van Delft
nieuw locatie
fase 2
A59
A59
plas
tweedehuidfaçade
Plattegrond toekomstig industrieterrein
'Het Hoog' Gemeente Nieuwekuijk
schaal:
400 m

Bijlage 5

DE STAALBOUW STAAT NIET IN DE KOU

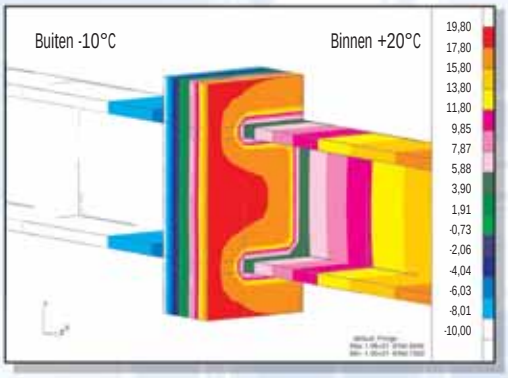
SCHÖCK ISOKORF® KST – VOORKOMT KOUDEBRUGGEN BIJ STAALCONSTRUCTIES

Schöck
eenvoudig beter bouwen

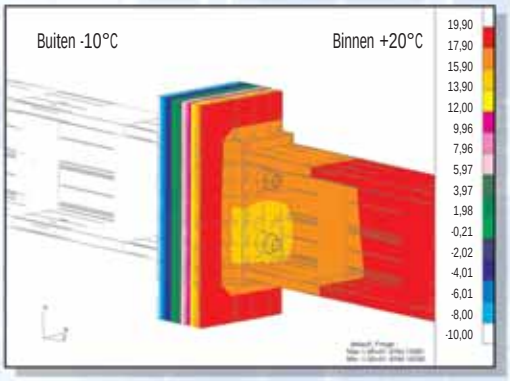
KOUDEBRUG-ONDERBREKINGEN IN STAALCONSTRUCTIES

Mede door de huidige populariteit van transparante constructies staan staalconstructies volop in de belangstelling. Bij het ontwerpen van deze constructies krijgt men echter te maken met specifieke detailsituaties die om kwalitatieve oplossingen vragen. Technisch gezien speelt zo'n situatie bij naar buiten doorlopende staalconstructies. Door de zeer hoge warmtegeleidingseigenschappen van staal ontstaan hier koudebruggen met als gevolg gevaar voor condenswater en optreden van grote warmte verliezen. Als specialist op dit terrein biedt Schöck nu het ISOKORF® type KST voor staalconstructies ter voorkoming van deze problemen: Een nieuwe mijlpaal in de moderne bouwtechniek.

Een stalen ligger loopt door een 80 mm dikke isolatielaag. Buitentemperatuur -10°C. Binnentemperatuur +20°C. De binnenoppervlaktetemperatuur bedraagt 4 à 5°C. Gevolg condensatie!



In de isolatiezone wordt Schöck ISOKORF® type KST ingebouwd. Bij gelijke omgevingscondities bedraagt de binnenoppervlaktetemperatuur hier 14°C. De dauwpunt temperatuur wordt hier niet bereikt. Warmteverliezen treden praktisch niet op.



Ontwerpvrijheid

Geen beperkingen meer bij ontwerp en uitvoering.

Kwaliteit

Volledig corrosiebestendig, door complete uitvoering in roestvaststaal.

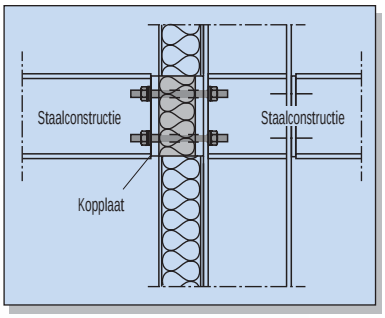
NIEUW!

MODULEN VOOR STAAL-STAAL AANLUITINGEN

Eenvoudige inbouw

Montage als bij normale kopplaat-verbindingen. Aan te sluiten op alle gangbare profielen.

Zeer draagkrachtig



Verankeren van uitkragingen

Modulaire opbouw

Door isolatietussenstukken kan de hoogte per situatie worden opgebouwd.

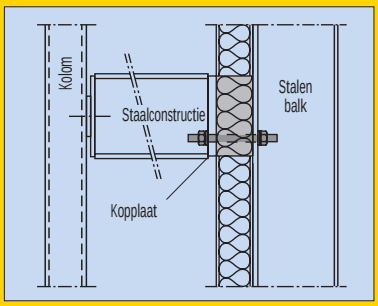
Hoge sterkte

Hoge toelaatbare momenten en dwarskrachten.

Constructief ontwerpen

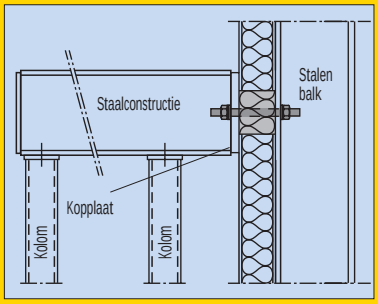
Eenvoudig te ontwerpen met behulp van technische documentatie

Schöck ISOKORF® type QST



▶ Voor dwarskrachtoverdracht

Schöck ISOKORF® type ZST



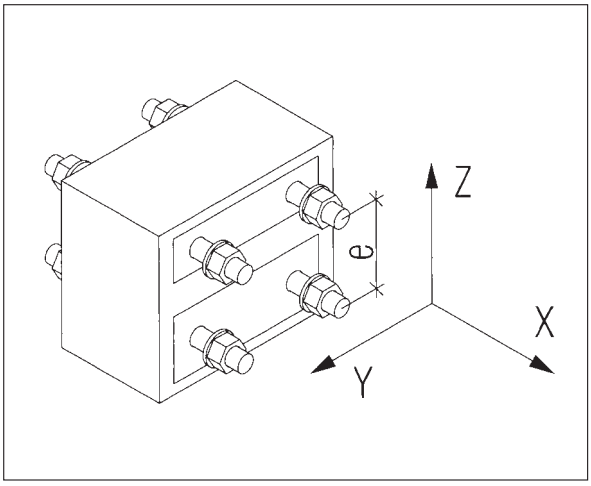
▶ Voor volledig ondersteunde staalconstructies

ONTWERPEN

▶ CAPACITEITENTABEL

Schöck ISOKORF® type KST 22

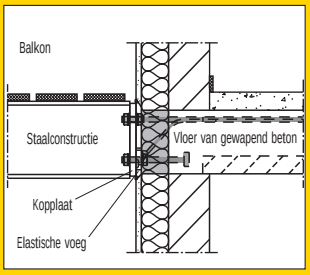
e [mm]	Toelaatbare krachten (rekenwaarde)		
	$M_{y;u;d}$ [kNm]	$V_{z;u;d}$ [kN]	$F_{y;u;d}$ [kN]
60	13,2	36,0	± 6,0
70	15,1		
80	17,2		
90	19,4		
100	21,5		
110	23,7		
120	25,8		



Vraag onze afdeling techniek naar de vele toepassingsvarianten!

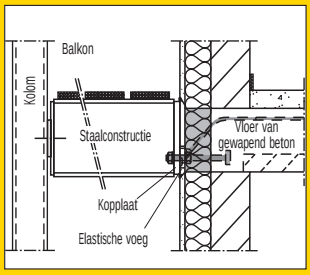
EN VOOR STAAL-BETON AANSLUITINGEN:

▶ Schöck ISOKORF® Type KS



▶ voor vrij uitkragende constructies

▶ Schöck ISOKORF® Type QS



▶ voor de overdracht van dwarskrachten

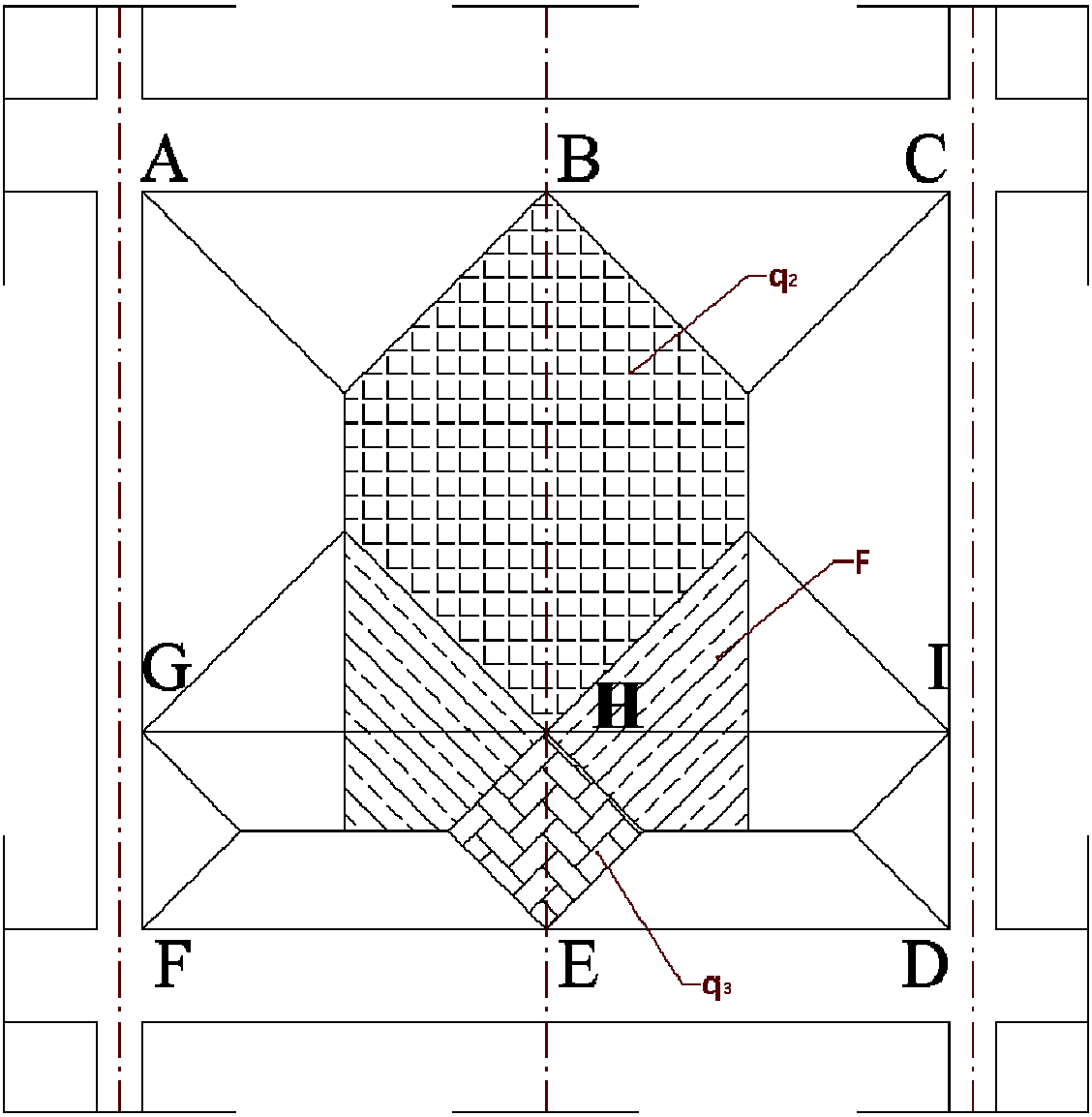
Schöck
eenvoudig beter bouwen

Schöck-Nederland b.v. · Kleine Fluitersweg · 2537316 MX Apeldoorn
Telefoon : 055-526 88 20 · Telefax : 055-526 88 22 · www.schock.nl

WK 0318/08.2004

Bijlage 6

Berekening windbelasting gevelkozijn



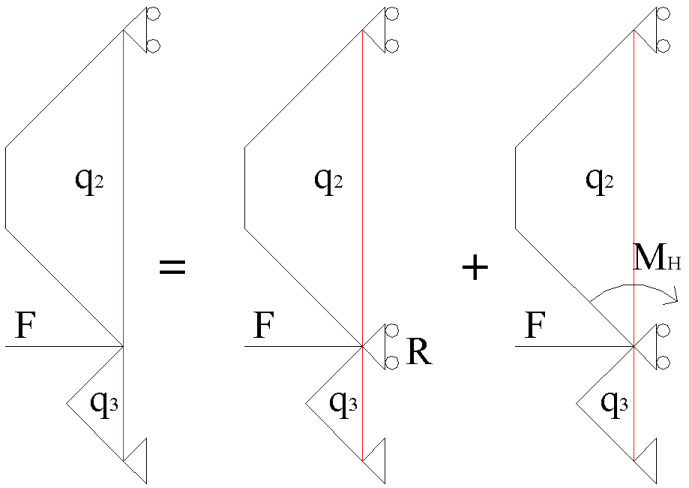
Uitgangspunten:

Gebouw: nieuw te bouwen in Drunen
Windgebied III
(vooralsnog) onbebouwd

Gebouwhoogte:	Z	11	m
Lengte gebouw	Y	46	m
Stuwdruk	P_w	0,57	kN/m^2
Windvormfactor	C_t	1,1	
Veiligheidsfactor 1	γ	1,2	
Windbelasting	P_d	0,75	kN/m^2
P voor de stijfheid	P	0,50	kN/m^2

Berekening:

Verdiepingshoogte	L	3,20	m
Lengte tot de regel (EH)	L_1	0,85	m
Breedte tot de stijl (GH)	GH	1,65	m
Hoogte boven de regel (BH)	L_2	2,35	m
Belasting 1	q_2	1,26	kN/m^2
Oppervlak belasting 1	$q_{2;opp}$	2,5	m^2
Belasting 2	q_3	0,18	kN/m^2
Oppervlak belasting 2	$q_{3;opp}$	0,36	m^2
Belasting horizontale regel	F	0,86	kN
Oppervlakte F	F_{opp}	1,72	m^2
Halve lengte GH	b; 1/2 * GH	0,825	m



M_H:

$-2 * M_H * (L_1 * L_2) + (5 * q_3 * L_1^3)/32 + (q_2 * (L_2^3 - 2 * b^2 * L_2 + b^3)/4 = 0$

$-2 * M_H * (0,85 * 2,35) + 5 * 0,18 * 0,85^3)/32 + (1,26 *(2,35^3 - 2 * 1,65^2 * 2,35 + 1,65^3)/4 = 0$

$M_H = 3,37$ kNm

$R_H = ½ * ½ * L_1 * q_3 + ½ * (GH * L_2 - (½ * GH)^2) + F + M_H * (1/L_1 + 1/L_2)$ [kN]

$R_H = ½ * ½ * 0,85 * 0,18 + ½ * (1,65 * 2,35 - (½ * 1,65)^2) + 0,86 + M_H * (1/0,85 + 1/2,35)$

$R_H = 7,46$ kN

Moment	M_H	3,37	kNm
Dwarskracht	R_H	7,46	kN

Berekenen stijfheid Elu

	a_q	0,825	m
	x_q	1,175	m
	L_2	2,35	m
	q	1,26	kN/m^2
x / L	α	0,50	
a / L	η	0,35	

$EIu = (q / L_2^4)/6 * (\alpha^4/4 + ((\eta^2 * \alpha)* \alpha^2)/2 + ((1 - 2 * \eta^2)* \alpha)/4 + (\eta^4)/20)\ Ncm^3$

$EIu = (1,26 / 2,35^4)/6 * (0,50^4/4 + ((0,35^2 * 0,50)* 0,50^2)/2 + ((1 - 2 * 0,35^2)* 0,50)/4 + (0,35^4)/20) = 7,56\ Ncm^3$

Berekenen stijfheid Elu van F

	F	0,86	kN
	a_F	0,85	m
	x_F	1,6	m
	L	3,2	m
	b	2,35	m

$EIu = (F * a * (L - x)) / (6*L) * ((2 * L * b - b^2) - (L - x)^2)\ [Ncm^3]$

$EIu = (0,86 * 0,85 * (3,2 - 1,6)) / (6*3,2) * ((2 * 3,2 * 2,35 - 2,35^2) - (3,2 - 1,6)^2) = 4,24\ Ncm^3$

EIu ten gevolgen van q	$7,56\ Ncm^3$
EIu ten gevolgen van F	$4,24\ Ncm^3$
EIu totaal	$11,81\ Ncm^3$

U = 3,2 * 0,005 = 0,016 m
E = 70 kN/m^2
I = EIu / Eu = 1,81 / (70 * 0,016) = 105 cm^4

Bijlage 7

1. Achtergrondstudie glas

1.1. Het ontstaan van het floatglasproces

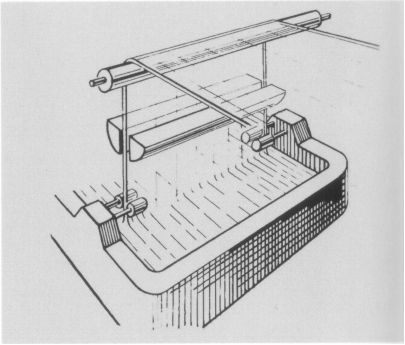


Fig.1 Het trekken van glas

Glas werd vroeger geblazen in de vorm van een cilinder en vervolgens uitgerold, geslepen en gepolijst. Dit was een erg arbeidsintensief proces.
In het begin van de 20ste eeuw is men begonnen met het trekken van glas. Dit trekken gebeurde vanuit een bak met vloeibaar glas (zie fig.1). Dit deed men om gemakkelijker glas te maken en een groter oppervlak te verkrijgen. Het glas moest echter nog wel geslepen en gepolijst worden.
In 1959 vond men het floatproces uit. Dit was een revolutie in de vlakglasindustrie. Bij dit proces wordt uit een bak met gesmolten glas van ongeveer 1000° C een glasplaat getrokken. Vervolgens wordt deze plaat over een lang bad van vloeibaar tin geleid waarop het zich uitspreidt en blijft drijven (floatglas: drijfglas). Het bad met tin zorgt ervoor dat het glas volkomen glad wordt. Men laat het glas langzaam afkoelen tot het hard wordt. Vervolgens wordt de plaat uit het bad gehaald en op maat gesneden (zie fig.2)

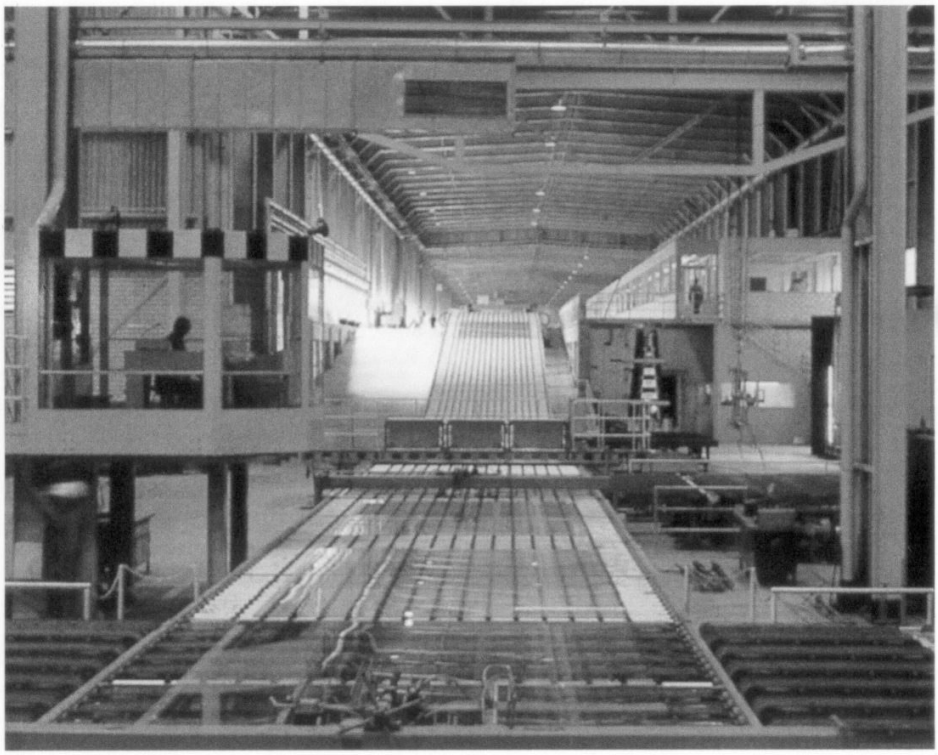


Fig.2 Het op maat snijden van de glasplaat na het floatproces

1.2. De lichttoetredingsfactor

De belangrijkste toepassing van glas is het gebruik als transparant materiaal. Helaas wordt niet al het zichtbare licht doorgelaten. Er wordt ook een deel gereflecteerd en een deel geabsorbeerd. In fig.3 is te zien dat zichtbaar licht bij enkel glas voor ongeveer 90 % wordt doorgelaten en voor ongeveer 10 % wordt gereflecteerd.
Het percentage doorgelaten zichtbaar licht wordt de licht toetredingsfactor genoemd of de LTA-waarde.

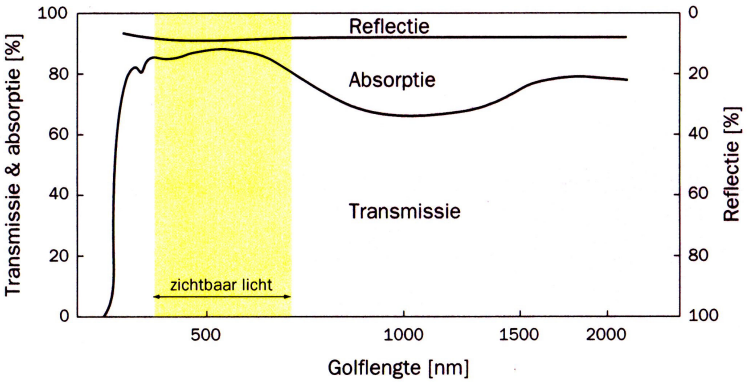


Fig.3 Reflectie, Absorptie en Transmissie bij enkel glas

Voorbeelden van LTA-waarden voor de meest toegepaste glassoorten zijn:
LTA-waarde enkelglas: 89 %
LTA-waarde dubbelglas: 82 %
LTA-waarde HR++ glas: 77 %

1.3. Zonbeheersing

Glas laat naast licht ook veel warmte door. Deze warmte kan bijdragen tot het verwarmen van een gebouw, wat vooral in de zomer ongewenst is. Om oververhitting tegen te gaan probeert men de warmte te weren.

1.3.1. De zon toetredingsfactor

De verhouding tussen de totale hoeveelheid zonnewarmte dit binnenkomt en de totale hoeveelheid zonnestraling die op het glas schijnt wordt de zontoetredingsfactor genoemd of de ZTA-waarde. In het algemeen geldt dat voor de beglazing van de gevel gestreefd wordt naar een zo hoog mogelijke LTA-waarde en een zo laag mogelijke ZTA-waarde.

1.3.2. Zonbeheersing met behulp van glas

Door de eigenschappen transmissie, reflectie en absorptie te veranderen kan men invloed uitoefenen op de hoeveelheid doorgelaten licht en zonnewarmte.
Voor het verkrijgen van een zo hoog mogelijke LTA-waarde en een zo laag mogelijke ZTA-waarde kan het glas worden gecoat. Coatings voor glas kan men onderscheiden in zachte en harde coatings.

Zachte coatings

Deze coatings oxideren als ze met lucht in aanraking komen en kunnen daarom alleen in de spouw van isolerende beglazing worden aangebracht.
Het voordeel van zachte coatings is dat ze een gunstige LTA/ZTA verhouding hebben, en dat er veel verschillende soorten beschikbaar zijn.

Harde coatings

Deze coatings kunnen onbeschermd aan de buiten- of binnenzijde van het glas worden toegepast.
Het nadeel is echter dat ze een minder gunstige LTA/ZTA verhouding hebben, en dat ze in vergelijking met zachte coatings veel minder keus is.

1.4. De Afstandhouder

Bij het bepalen van de warmte weerstand van de glasconstructie bevindt de koudste plaats op het glas zich bij de profielen. Dit komt doordat de afstandhouder van de isolerende beglazing gemaakt is van aluminium of van roestvast staal (zie fig.4). Zolang de afstandhouder van metaal is heeft het geen zin de isolatiewaarde van de raamprofielen te verhogen.
Men kan zich afvragen waarom er geen afstandhouders toegepast worden van isolerende materialen zoals kunststof.
Dit bleek tot nu toe niet mogelijk omdat het maken van hoeken in kunststof profielen een probleem was. De dubbele beglazing raakte lek.

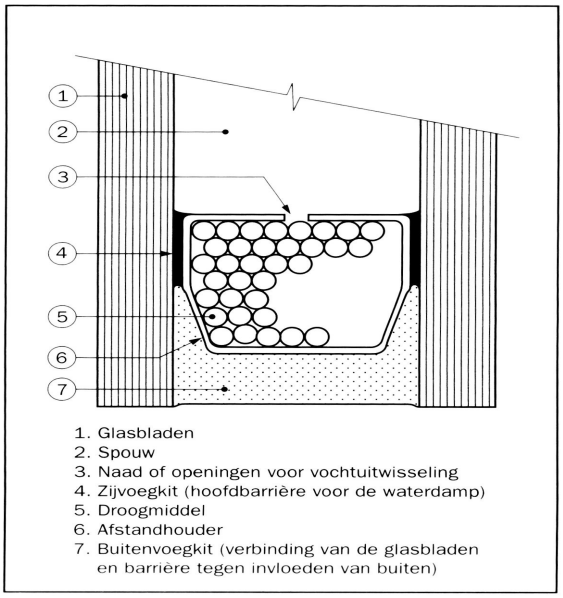


Fig.4 De afstandhouder in isolerende beglazing

1.4.1. De ‘Swisspacer’

Er is sinds kort een nieuw product op de markt, de 'Swisspacer'. Dit is een kunststof afstandhouder die een veel grotere isolatiewaarde heeft dan aluminium of staal (zie fig.5). In de linker figuur valt op dat er binnen de aluminium afstandhouder overal dezelfde temperatuur heerst (licht blauw). De warmte wordt dus doorgelaten. In de rechter figuur valt op dat er binnen de ‘Swisspacer’ een temperatuurverloop is. Deze heeft dus een isolerende werking.

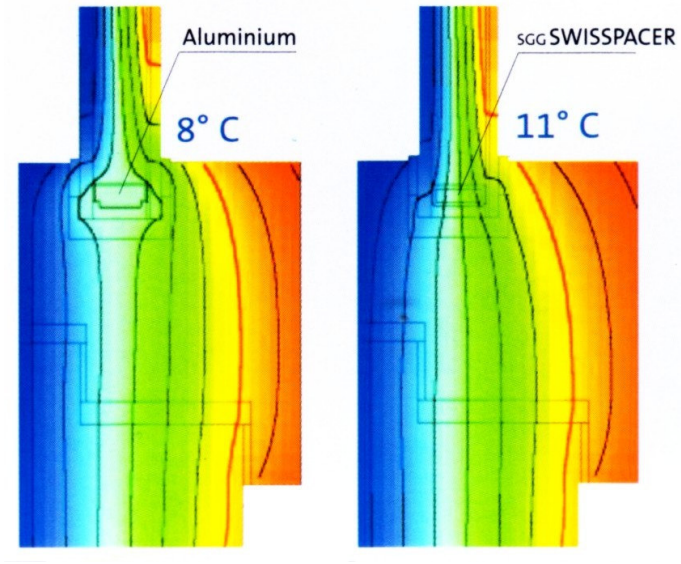


Fig.5 Het warmteverloop bij een kozijndoorsnede met een aluminium afstandhouder en kunststof afstandhouder

Bijlage 8

Interview Glas

Vragen met betrekking tot een tweede huidgevel

Ik ben een bouwkundestudent van de Hogeschool van Utrecht.
Ik loop mijn afstudeerstage bij de VMRG. Ik doe onderzoek naar het maken van een tweede huidgevel. Bij deze gevel wordt de binnengevel geheel van glas en de buitengevel wordt gedeeltelijk van glas en voor een deel van een ander materiaal, zoals keramische tegels.

Bij deze vragenlijst zijn 3 tekeningen bijgeleverd:

tekening gevel:
aanzicht binnengevel
doorsnede 2^{e} huidgevel
aanzicht buitengevel

Project

De opdrachtgever wil de binnengevel geheel van glas maken. Dit glas moet zo helder mogelijk worden. Tevens wil hij gewoon naar buiten kunnen kijken.

Daarnaast mogen zich geen "bewegende delen" (zonwering / lamellen / screen / enz) in de spouw van de tweede huidfaçade bevinden.
Deze spouw is er alleen voor de glazenwasser om de ramen te wassen.
De installatie dient nog gedimensioneerd te worden, derhalve is de mate van zonwerendheid van het buitenste glasblad nog niet bepaald. Deze is o.a. afhankelijk van de beschikbaarheid en prijs van de gevel.
In het gebouw komt een klimaatbeheersingssysteem.

De afmetingen van de geveldelen van de buiten gevel zijn:
- 0,9 x 0,9 m
- 0,9 x 1,8 m
- 1,8 x 1,8 m

En dat windbelasting die op de gevel staan is:
Pw 0,76 kN/m^2
Ct = 1,1
γ = 1,2
Pd = 1,0 kN/m^2

Sterkte:

1) Is het nodig om brandwerend glas is de gevel toe te passen?
I.v.m. brandoverslag (het hele kantoor is een brandcompartiment)

- alleen onder het kalf
- de gehele ruit
- helemaal niet

2) Zit de brandwerende coating altijd tussen de twee glasbladen of kant het ook als coating op het glas aan gebracht worden?
3) Zo ja hoe zit het dan met de duurzaamheid?

4) Is het nodig om veiligheidsglas toe te passen in de binnen gevel?

- alleen onder het kalf
- de gehele ruit
- helemaal niet

5) Bij veiligheidsglas moet het dat voorgespannen zijn of gelaagd?

6) Moet er veiligheidsglas worden toe gepast in de buiten gevel?

7) Aan welke diktes moet ik dan denken?

8) Welke prijzen horen daarbij?

Licht / warmte:

9) De binnengevel moet de isolerende gevel worden. Wat voor U-waarde moet het glas in deze gevel hebben? (HR++ of nou juist niet i.v.m. oververhitting)

10) De buitengevel moet de warmte / zonwerende gevel worden, aan wat voor LTA / ZTA waarden moet ik dat denken?

Hebt u er een grafiek van het licht spectrum met LTA / ZTA?

- voordeling
- normaal
- duurdere oplossing

11) Wat is de invloed van de coating op de kleur van het glas?

- Wat is de kleur verandering als je er doorkijkt?
- Wat is de kleur als je naar de gevel kijkt?

12) Hebt u monsters waar aan ik de kleur verandering die het glas te weeg brengt kan zien?

13) Moeten bij de coatings het glas voorgespannen zijn?

Gebruik

14) Wat is de levertijd voor de verschillende glassoorten?

15) Mocht het breken, wat is naar verwachting dan in de toekomst de levertijd van de verschillende soorten glas?

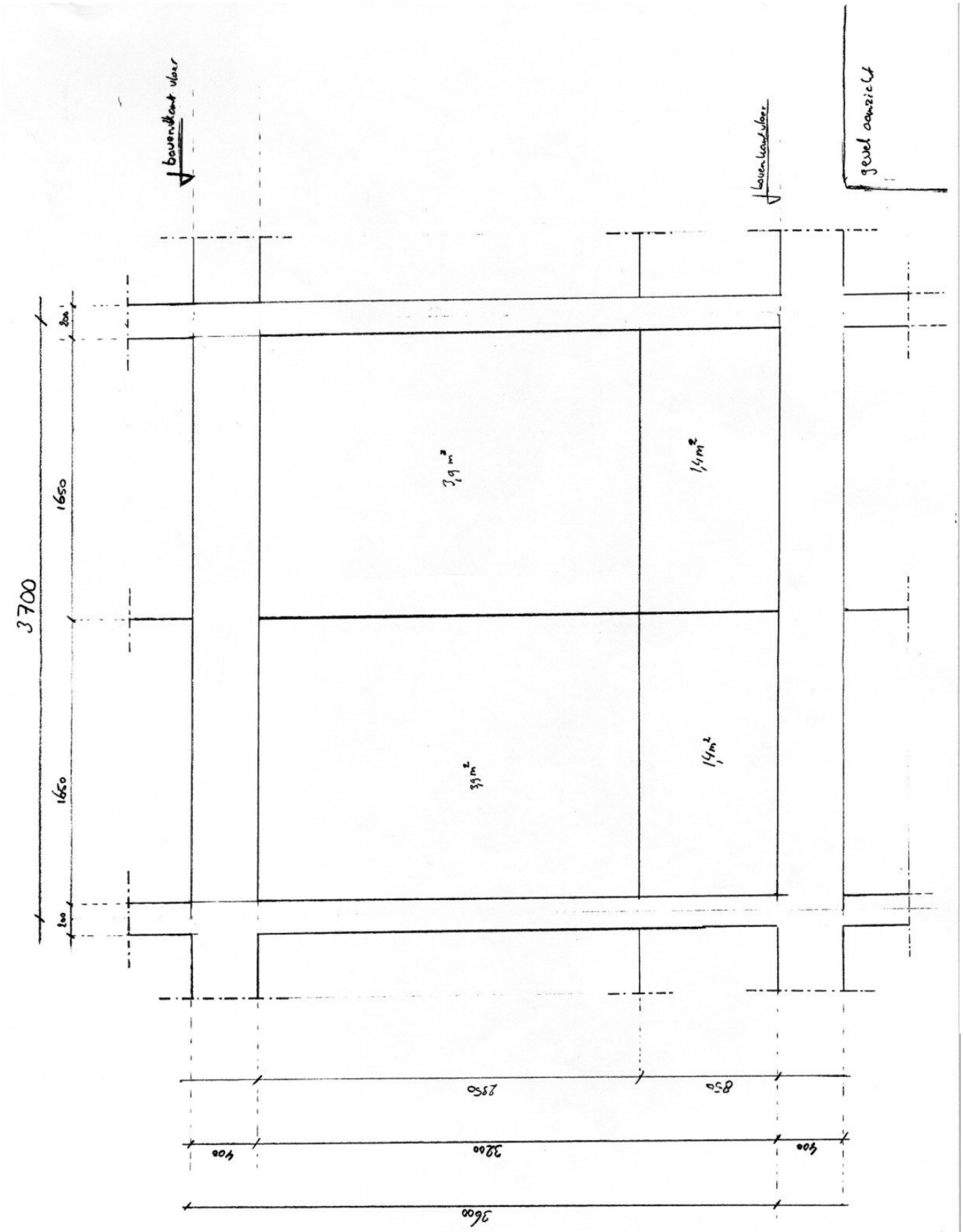
16) Verouderen de Folies (door UV-licht)?

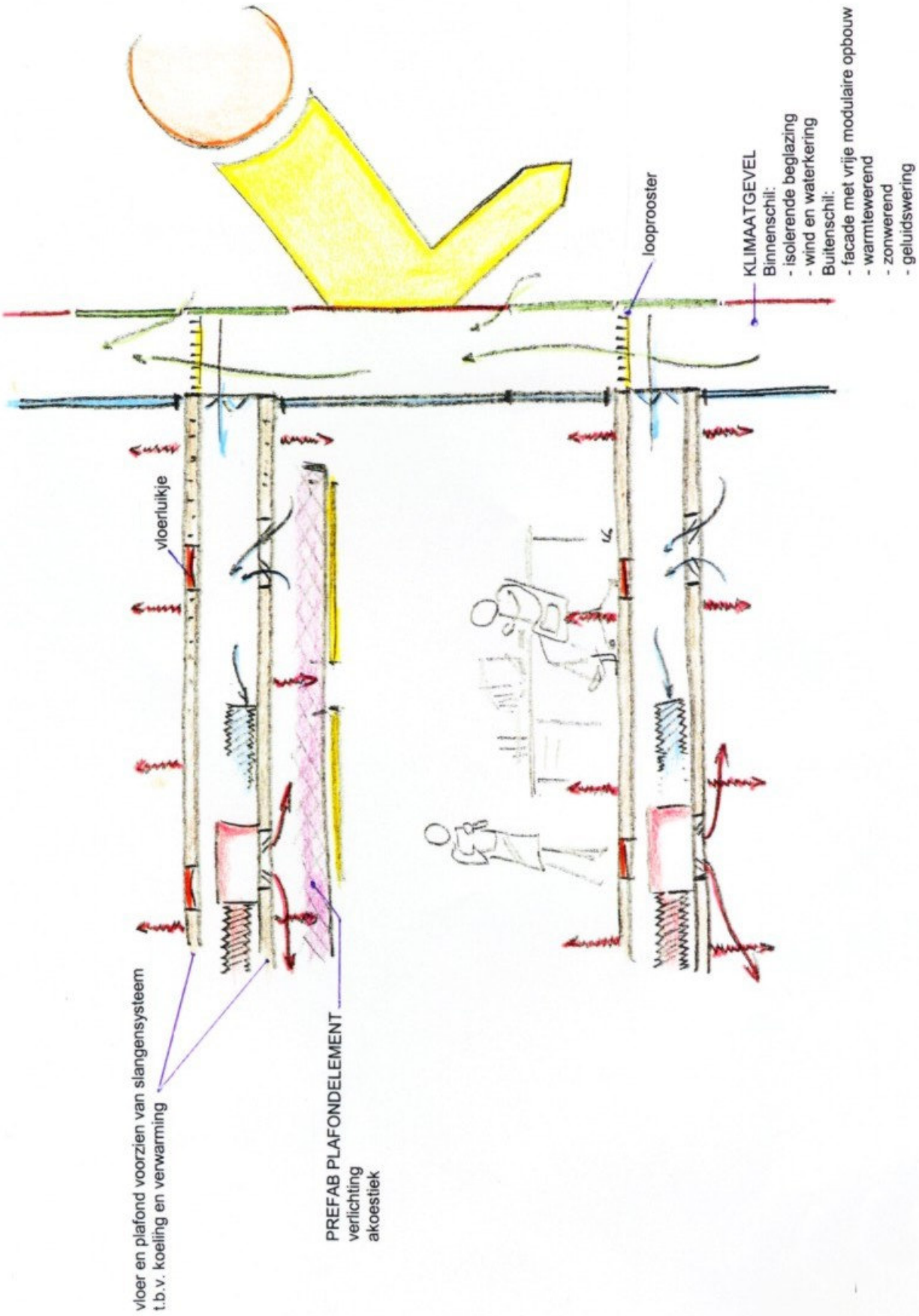
17) Wat is de UV-doorlatendheid van glas?

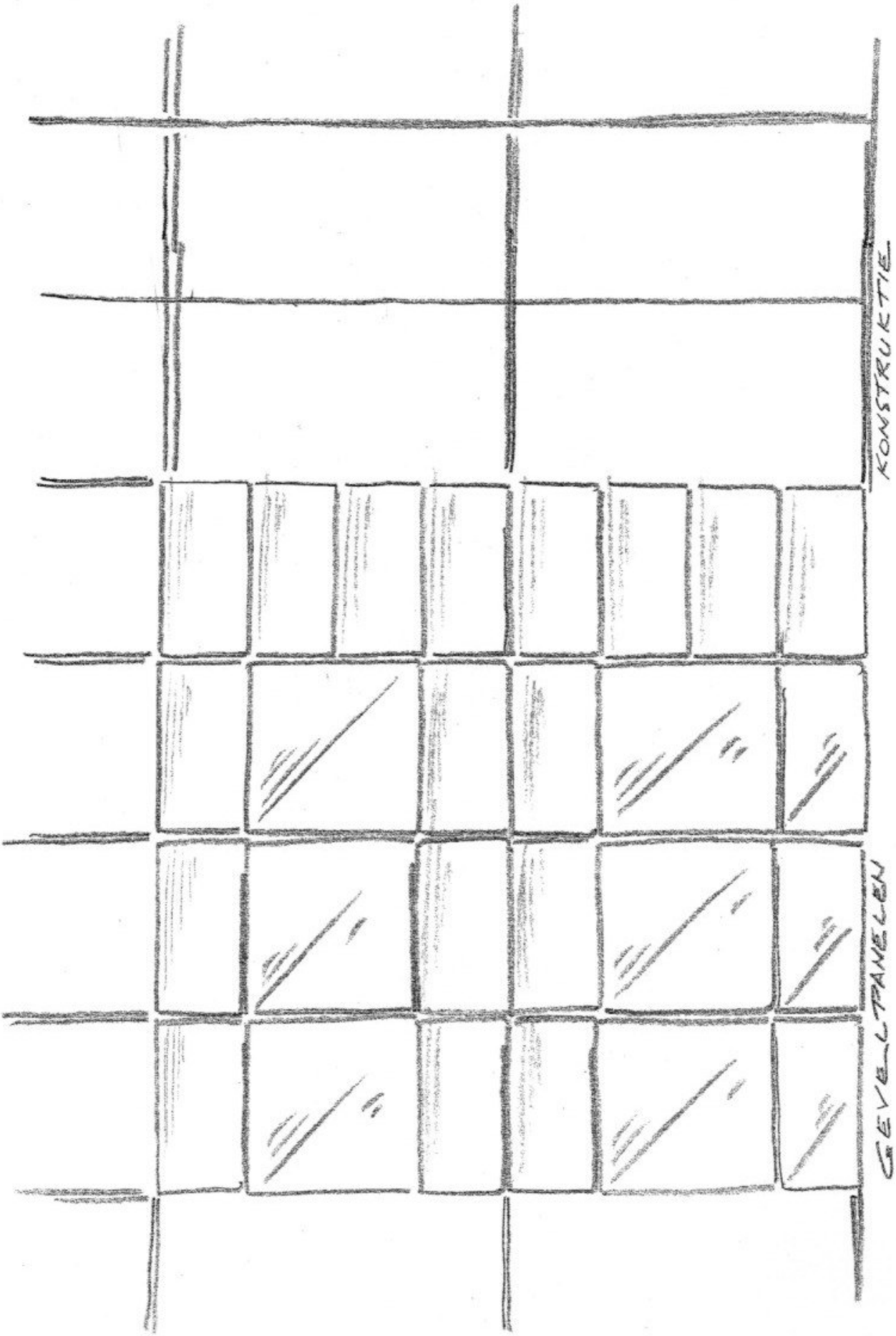
18) Is het toepassen van zelfreinigend glas een optie?

- Voor buitengevel?
- En voor de binnengevel?

19) Wat is chemische gehard glas?


bovenkant vloer
bovenkant vloer
gevel aanzicht
3700
200
1650
1650
200
3,9 m²
1,4 m²
3,9 m²
1,4 m²
400
3200
400
3600
850
2550


vloer en plafond voorzien van slangensysteem
t.b.v. koeling en verwarming
PREFAB PLAFONDELEMENT
verlichting
akoestiek
vloerluikje
looprooster
KLIMAATGEVEL
Binnenschil:
- isolerende beglazing
- wind en waterkering
Buitenschil:
- facade met vrije modulaire opbouw
- warmtewerend
- zonwerend
- geluidswering


KONSTRUKTIE
GEVELPANELEN

Beste Tjako,

Vandaag heb ik je het naslagwerk Memento 2001 toegestuurd. Hierin is een compleet overzicht te zien van de producten van Saint-Gobain.

Ik loop voor de volledigheid nog even je vragenlijst af:

1) niet nodig om brandwerend glas toe te passen

2) brandwerende coating zowel op een enkele ruit als in een gelaagde ruit wordt toegepast
   voorbeeld enkel: 6 mm Vetroflam EW30/60
   voorbeeld gelaagd: 66.2 Vetroflam Stadip EW30/60 (2 x 6 mm met 2 folies ertussen)

3) duurzaamheid is gegarandeerd

4) veiligheidsglas toepassen alleen onder het kalf (44.2)

5) veiligheidsglas kan zowel voorgespannen als gelaagd glas zijn. Indien doorval-veiligheid geëist wordt, wordt normaliter een gelaagde samenstelling gebruikt

6) Veiligheidsglas in de buitengevel is afhankelijk van de afstand tussen binnen en buitengevel, ter beoordeling van de projectverantwoordelijke.

7) In dit geval zou 44.2 (8,76 mm) voldoende moeten zijn

8) Indicatieve prijs Stadip Planilux 44.2: € 20.00 /m^2

9) HR++ , een U-waarde = 1,2 W/m^2K

10) Buitenhuid een zonwerende gevel:
    Bij een zonwerende gevel denk je al snel aan een reflecterende coating (met de daarbij behorende lage LTA-waarde). In dit geval is een zo helder mogelijke gevel gevraagd.

    Mogelijke alternatieven:
    6 mm SGGAntelio blank
    (LTA = 47%, ZTA = 0.59, transparante kleur, UV% = 20%) € 18,00 /m^2

    6 mm SGGCool lite SN150
    (LTA = 50%, ZTA = 0.58, neutraal grijs = nagenoeg transparant, UV% = 31%) € 40,00 /m^2

    Er zijn typen Cool lite (=blank glas met zonwerende coating) beschikbaar met gunstigere LTA en ZTA waarden, deze zijn echter alleen toe te passen in een isolatieruit. Dit vanwege een "zachte coating". Deze zal gaan oxideren.

11) Met een coating kun je vele mogelijke kleureffecten bereiken. Met de bovenstaande voorbeelden verkrijg je een transparant doorzicht, ook de aanblik van buiten is transparant.

12) Als je me laat weten in welke ruiten (of samenstellingen) je geïnteresseerd bent kan ik je zeker een aantal monsters toesturen.

13) Alleen bij coatings of glassoorten waarbij een hoge energie-absorptie optreedt (> 60%) dient de ruit voorgespannen te zijn. In het geval van een transparante ruit met een lage energie-absorptie is dit niet nodig.

14) Levertijd is afhankelijk van de glassoort, voor standaard HR++ glas zal dit +/- 4 weken bedragen.

15) Levertijd bij een nalevering in geval van breuk zal afhangen van de beschikbaarheid van de glassoort op dat moment. Voor standaard HR++ glas zal dit niet meer bedragen dan de normale levertijd.

16) Weren van UV-licht van het glas

17) Indien een gelaagde ruit met PVB-folie wordt toegepast is de UV-doorlatendheid verwaarloosbaar klein. De UV-doorlatendheid van enkel glas is verschillend per type glas.

18) Het combineren van een zonwerende coating met een zelfreinigende coating (SGGBioclean) is productietechnisch nog niet mogelijk. Een zelfreinigende coating zit altijd aan de buitenzijde van het glas omdat de zelfreinigende eigenschap wordt ontleend aan een combinatie van UV-licht en regen. Een binnentoepassing is derhalve geen optie.

19) Chemisch gehard glas is voorgespannen glas d.m.v. het toevoegen van een additief. De verhoogde sterkte wordt veroorzaakt door de verbinding die dit additief aangaat met het glas.

Wat betreft de prijs van het HR++ glas kan ik de volgende indicatieve waarde geven:

Standaard HR++ 5-15(A)-4 circa: € 20,00 /m^2
buitenruit: 5 mm Planilux (blanke ruit)
spouw: 15 mm argon gevuld
binnenruit: 4 mm Planitherm Futur N (blanke ruit met neutrale coating)

Om een gunstigere LTA/ZTA waarde te verkrijgen zou je een andere zonwerende coating toe kunnen passen.Consequentie is uiteraard ook een andere transparantie. In de Memento die ik je opgestuurd heb kun je deze verschillende producten met elkaar vergelijken.
Verder heb ik je monsters van de Swisspacer en productdocumentatie toegestuurd. Swisspacer is een nieuwe kunststof afstandhouder waardoor de koude brug die normaal gesproken ontstaat bij een aluminium kader sterk zoals besproken wordt gereduceerd.

Ik hoop dat je met deze informatie een stap verder kunt komen. Voor vragen kun je me uiteraard altijd bellen of mailen. Succes!

Met vriendelijke groet,

Jeroen Thuis

Saint-Gobain Glass / Technoglas
Wageningselaan 42, Postbus 507, 3900 AM VEENENDAAL
+31 (0)318 531355
+31 (0)6 51513883
+31 (0)318 540236
jeroen.thuis@saint-gobain.com

Bijlage 9

1. Eerste berekening geluid

Aanname: De spouw tussen de binnen- en de buitenhuid is een geheel / een vertrek

Gegevens gevel:

Huid	opbouw	geluidsisolatie	
Binnen	5-15-4	31	dB(A)
Binnen	kolom	45	dB(A)
Buiten	dicht keramische tegels	27	dB(A)
Buiten	4 mm Glas	30	dB(A)

Nagalmtijd spouw = 2,8 s
Nagalmtijd kantoor = 0,8 s

kierdichting:

	kierterm	geluidsisolatie		
Binnenhuid	1,00E-04	40	dB(A)	dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting
Buitenhuid	3,00E-03	25	dB(A)	geen dichting

dic 72	**kierterm**	**geluidsisolatie**		
Bi	3,00E-04	35	dB(A)	enkele dichting + goede naaddichting
Bi	1,00E-04	40	dB(A)	dubbele dichting + goede naaddichting
Bi	1,00E-05	50	dB(A)	speciale dubbele kierdichting
Bu	3,00E-03	25	dB(A)	geen dichting
Bu	1,00E-03	30	dB(A)	enkele dichting

Maten buitenhuid

Lengte = 3,6 * 9 =	32,4	m
hoogte = 3,6 * 3 =	10,8	m
Hoogte_glas	6,3	m
Hoogte_dicht	4,5	m
Oppervlakte glas	204,12	m^2
Oppervlakte dicht	145,8	m^2
Oppervlakte gevelunit	349,92	m^2
breedte spouw	0,9	m
Volume spouw	314,928	m^3

Maten binnenhuid

Oppervlakte gevelunit	12,96	m^2
Opp kozijn + glas	11,56	m^2
Oppervlakte dicht	1,4	m^2
diepte vertrek	7,2	m
Volume vertrek	83,23	m^3

Geluidsweerstand gevel:

$R_{A,j}$ = -10 log [(som S_e / Sj * 10 $(-R_{Ae}/10)^2$) + K)

$R_{A,j}$ = gevel weerstand met A-spectrum
S_e = oppervlakte gevel element e
S;j = totale oppervlakte gevelvlak j
R_{Ae} = R_A-waarde element e
R_{Aj} = R_A-waarde gevelvlak j
K = kierterm

$R_{A,j}$ = - 10 Log [(glas / totaal opp) * 10^2*(-R_A,glas/10) + (dicht / tot. opp.) * 10^2;(-$R_{A,dicht}$/10)] + Kier
Buitenhuid zonder kierdichting
$R_{A,j}$ = 23,55 dB(A)

Geluidsisolatie gevel

G_{Aj} = $R_{A;j}$ + 10 log V/(6 * T_o * S_j) -3 [dB(A)]

G_{Aj} = geluidsisolatie gevel met A-spectrum
$R_{A,j}$ = gevel weerstand met A-spectrum
V = volume vertrek (hier de spouw)
T_o = nagalmtijd
$S_{,j}$ = totale oppervlakte gevelvlak j

geluidsisolatie buitenhuid

G_{Aj} = $R_{A;j}$ + 10 log V/(6 * T_o * S_j) -3 [dB(A)]
Buitenhuid zonder kierdichting
G_{Aj} = 7,84 dB(A)

Geluidsweerstand binnenhuid

$R_{A,j}$ = - 10 Log [(glas / totaal opp.) * 10^2;(-R_A,glas/10) + (dicht / tot opp) * 10^2;(-R_A,dicht/10) + Kier
$R_{A,j}$ = 30,9 dB(A)
geluidsisolatie binnenhuid
G_{Aj} = $R_{a;j}$ + 10 log V/(6 * T_o * S_j) -3 [dB(A)]
G_{Aj} = 29,17 dB(A)

Geluidsbelastingweg $L_{inv;A}$ = 81,0 dB(A)
Geluidsbinnen door de weg = Geluidsbelastingweg - Geluidsisolatie binnenhuid - Geluidsisolatie buitenhuid =
Geluidsbinnen door de weg $L_{bi;A}$ = 44,0 dB(A) Buitenhuid geen kierdichting

maximaal geluid binnen door de weg: 40 dB(A)

44,0 dB(A) > 40 dB(A) Geluidsisolatie onvoldoende

Bijlage 10

1. Controle berekening geluid

Aanname: De spouw tussen de binnen- en de buitenhuid is een geheel / een vertrek

Gegevens gevel:

Huid	opbouw	geluidsisolatie	
Binnen	5-15-4	31	dB(A)
Binnen	kolom	45	dB(A)
Buiten	dicht keramische tegels	27	dB(A)
Buiten	4 mm Glas	30	dB(A)

Nagalmtijd spouw = 2,8 s (geen demping in de spouw)
Nagalmtijd spouw = 1,6 s (met demping in de spouw)
Nagalmtijd kantoor = 0,8 s

kierdichting:

	kierterm	geluidsisolatie		
Binnenhuid	1,00E-04	40	dB(A)	dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting
Buitenhuid	3,00E-03	25	dB(A)	geen dichting
Buitenhuid verbeterd	1,00E-03	30	dB(A)	enkele dichting

dic 72	**kierterm**	**geluidsisolatie**		
Bi	3,00E-04	35	dB(A)	enkele dichting + goede naaddichting
Bi	1,00E-04	40	dB(A)	dubbele dichting + goede naaddichting
Bi	1,00E-05	50	dB(A)	speciale dubbele kierdichting
Bu	3,00E-03	25	dB(A)	geen dichting
Bu	1,00E-03	30	dB(A)	enkele dichting

Maten buitenhuid

Lengte = 3,6 * 9 =	32,4	m
hoogte = 3,6 * 3 =	10,8	m
Hoogte_glas	6,3	m
Hoogte_dicht	4,5	m
Oppervlakte glas	204	m^2
Oppervlakte dicht	146	m^2
Oppervlakte gevelunit	350	m^2
breedte spouw	0,9	m
Volume spouw	315	m^3

Maten binnenhuid

Oppervlakte gevelunit	13,0	m^2
Opp kozijn + glas	11,6	m^2
Oppervlakte dicht	1,4	m^2
diepte vertrek	7,2	m
Volume vertrek	83,2	m^3

Geluidsweerstand gevel:

$R_{A,j}$ = -10 log [(som S_e / Sj * 10 $(-R_{Ae}/10)^2$) + K)

$R_{A,j}$ = gevel weerstand met A-spectrum
S_e = oppervlakte gevel element e
S;j = totale oppervlakte gevelvlak j
R_{Ae} = R_A-waarde element e
R_{Aj} = R_A-waarde gevelvlak j
K = kierterm

$R_{A,j}$ = - 10 Log [(glas / totaal opp) * 10^2*(-R_A,glas/10) + (dicht / tot. opp.) * 10^2;(-$R_{A,dicht}$/10)] + Kier
Buitenhuid zonder kierdichting
$R_{A,j}$ = 23,55 dB(A)
Buitenhuid met enkele kierdichting
$R_{A,j}$ = 26,17 dB(A)

Geluidsisolatie gevel

G_{Aj} = $R_{A;j}$ + 10 log V/(6 * T_o * S_j) -3 [dB(A)]

G_{Aj} = geluidsisolatie gevel met A-spectrum
$R_{A,j}$ = gevel weerstand met A-spectrum
V = volume vertrek (hier de spouw)
T_o = nagalmtijd
$S_{,j}$ = totale oppervlakte gevelvlak j

geluidsisolatie buitenhuid

G_{Aj} = $R_{A;j}$ + 10 log V/(6 * T_o * S_j) -3 [dB(A)]
Buitenhuid zonder kierdichting
G_{Aj} = 7,8 dB(A)
Buitenhuid zonder kierdichting + demping spouw
G_{Aj} = 10,3 dB(A)
Buitenhuid met enkele kierdichting
G_{Aj} = 10,5 dB(A)
Buitenhuid met enkele kierdichting + demping spouw
G_{Aj} = 12,9 dB(A)

Geluidsweerstand binnenhuid

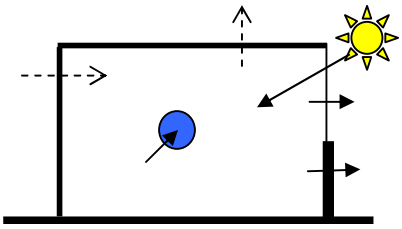
$R_{A,j}$ = - 10 Log [(glas / totaal opp.) * 10^2;(-R_A,glas/10) + (dicht / tot opp) * 10^2;(-R_A,dicht/10) + Kier
$R_{A,j}$ = 30,9 dB(A)
Geluidsisolatie binnenhuid
G_{Aj} = $R_{a;j}$ + 10 log V/(6 * T_o * S_j) -3 [dB(A)]
G_{Aj} = 29,2 dB(A)

Geluidsbelastingweg $L_{inv;A}$ = 81,0 dB(A)
Geluidsbinnen door de weg = Geluidsbelastingweg - Geluidsisolatie binnenhuid - Geluidsisolatie buitenhuid =
Geluidsbinnen door de weg $L_{bi;A1}$ = 44,0 dB(A) Buitenhuid geen kierdichting
Geluidsbinnen door de weg $L_{bi;A2}$ = 41,4 dB(A) Buitenhuid enkele kierdichting
Geluidsbinnen door de weg $L_{bi;A3}$ = 41,6 dB(A) Buitenhuid geen kierdichting + demping spouw
Geluidsbinnen door de weg $L_{bi;A4}$ = 38,9 dB(A) Buitenhuid enkele kierdichting + demping spouw
maximaal geluid binnen door de weg: 40 dB(A)

38,9 dB(A) > 40 dB(A) Geluidsisolatie voldoende

Bijlage 11

1. Referentieberekening geluid



Gegevens gevel:

geveldeel	opbouw	geluidsisolatie	
glas	10-12-11gh	39	dB(A)
dicht	keramische tegels	45	dB(A)

Nagalmtijd kantoor = 0,5 s

	geluidsisolatie [dB(A)]	
5-15-4	31	dictaat
6-15-10	34	VMRG
6-12-66.2	36	VMRG
12/20/44.2	40	VMRG
10-12-11gh	39	VMRG

kierdichting:

kierterm	geluidsisolatie		
3,00E-03	25	dB(A)	geen dichting
1,00E-03	30	dB(A)	enkele dichting
1,00E-04	40	dB(A)	dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting
1,00E-05	50	dB(A)	speciale dubbele kierdichting

Maten

Lengte = 3,6 - 0,2 =	3,4	m
hoogte = 3,6 - 0,4 =	3,2	m
Hoogte_glas	1,6	m
Hoogte_dicht	1,6	m
Opp kozijn+glas	5,4	m^2
Oppervlakte dicht	5,4	m^2
Oppervlakte gevelunit	10,9	m^2
diepte vertrek	7,2	m
Volume vertrek	78,3	m^3

Geluidsweerstand gevel:

$R_{A,j}$ = -10 log [(som S_e / Sj * 10 $(-R_{Ae}/10)^2$) + K)

$R_{A,j}$ = gevel weerstand met A-spectrum
S_e = oppervlakte gevel element e
S;j = totale oppervlakte gevelvlak j
R_{Ae} = R_A-waarde element e
R_{Aj} = R_A-waarde gevelvlak j
K = kierterm

$R_{A,j}$ = - 10 Log [(glas / totaal opp) * 10^2*(-R_A,glas/10) + (dicht / tot. opp.) * 10^2;(-$R_{A,dicht}$/10)] + Kier
dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting
$R_{A,j}$ = 37,5 dB(A)
speciale dubbele kierdichting
$R_{A,j}$ = 40,5 dB(A)

Geluidsisolatie gevel

$G_{Aj} = R_{A;j} + 10 \log V/(6 * T_o * S_j) -3$ [dB(A)]

G_{Aj} = geluidsisolatie gevel met A-spectrum
$R_{A,j}$ = gevel weerstand met A-spectrum
V = volume vertrek (hier de spouw)
T_o = nagalmtijd
$S_{,j}$ = totale oppervlakte gevelvlak j

dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting
G_{Aj} = 38,3 dB(A)
speciale dubbele kierdichting
G_{Aj} = 41,3 dB(A)

Geluidsbelastingweg $L_{inv;A}$ =	81,0	dB(A)	
maximaal geluid binnen door de weg:	40	dB(A)	
	39,7	dB(A)	> 40 dB(A) Geluidsisolatie is voldoende

	geluidsisolatie gevel		nagalmtijd	dikte (mm)	
soort glas 5-12-6				23	
dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting	30,0	dB(A)	0,8		
speciale dubbele kierdichting	30,6	dB(A)	0,8		
soort glas 5-12-6					
dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting	32,1	dB(A)	0,5	23	(+2 dB(A)
speciale dubbele kierdichting	32,6	dB(A)	0,5		
soort glas 6-15-10				31	
dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting	35,8	dB(A)	0,5		
speciale dubbele kierdichting	37,3	dB(A)	0,5		speciale akoestische profielen nodig
soort glas 6-12-66.2 gewoon PVB gelaagd				31	speciale akoestische profielen nodig
dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting	37,0	dB(A)	0,5		
speciale dubbele kierdichting	39	dB(A)	0,5		
soort glas 12/20/44.2 akoestisch PVB gelaagd				41	kan dit in mijn standaard profiel?
dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting	38,6	dB(A)	0,5		speciale akoestische profielen nodig
speciale dubbele kierdichting	42,0	dB(A)	0,5		voldoet
soort glas 10-12-11gh gelaagd met giethars				33	speciale akoestische profielen nodig
dubbele kierdichting + verbeterde naaddichting	37,9	dB(A)	0,5		
speciale dubbele kierdichting	41,3	dB(A)	0,5		voldoet

Bijlage 12

De berekening opwarming van een kantoorvertrek

Inleiding

Om een berekening van de opwarming van een vertrek is. Ben ik er van uitgegaan dat de naast gelegen vertrekken een vergelijkbare opwarming hebben. Bij de opwarming van het vertrek ben ik uit gegaan van dat de warmteopslag in binnenwanden, plafond, vloer en inventaris in één massaknoop ondergebracht wordt, waarvan de temperatuur gelijk is aan de binnenluchttemperatuur.
Om de temperatuurstijging te bepalen over de dag als geheel heb ik de temperatuur bepaald per uur. In de periode Δt van een uur wordt de warmte stroom constant verondersteld. De gegevens van de voorgaande tijdsperiode vormen het uitgangspunt voor de bepaling van de temperatuurstijging in de tijdstap Δt.

Formule:

Temperatuur spouw: = (opwarming door zon + opwarming door het vertrek – warmte verlies 2^e huidgevel – warmte verlies ventilatie) x massaknoop spouw

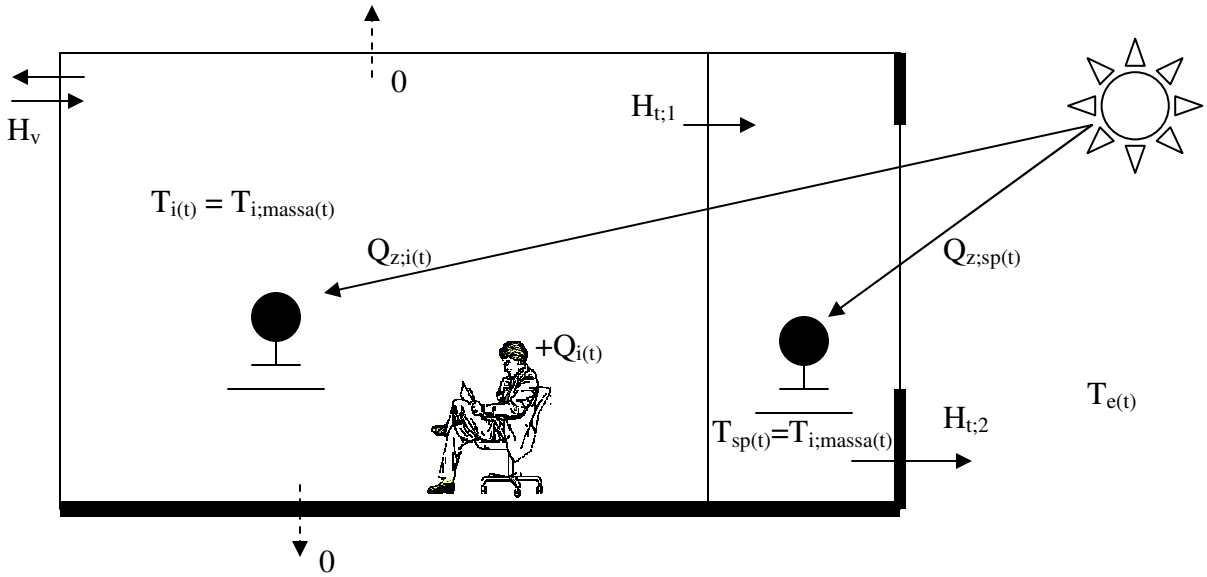
Temperatuur binnen = (opwarming door zon + opwarming binnen (mensen + apparatuur) – warmte verlies 1^e huidgevel – warmte verlies ventilatie) x massaknoop vertrek

$$T_{sp(t)} = (Q_{z;sp(t)} + H_{t;1}\,(T_{i(t-1)} - T_{sp(t-1)}) - (H_{t;2} + H_v) * (T_{sp(t-1)} - T_{e(t)})) * \Delta t \,/\, \text{som}\,(m * c)$$

$$T_{i(t)} = (Q_{z;i(t)} + Q_{i(t)} - H_{t;1} * (T_{i(t-1)} - T_{sp(t)}) - H_v * (T_{i;(t-1)} - T_{e(t)}) * \Delta t \,/\, \text{som}\,(m * c)$$

Hier in is:

$T_{sp\,(t)}$ = Temperatuur spouw [°C] per tijdseenheid t
$T_{sp(t-1)}$ = Temperatuur spouw [°C] over periode Δt
$T_{i\,(t)}$ = Binnentemperatuur [°C] per tijdseenheid t
$T_{i\,(t-1)}$ = Binnentemperatuur [°C] over periode Δt
$T_{e(t)}$ = Temperatuur buiten [°C] per tijdseenheid t
$Q_{z;sp(t)}$ = $A_e * q_{zon(t)} * ZTA_{(2e\ huid)} *$ r-r = zonnewarmte in de spouw [W]
$Q_{z;i(t)}$ = $A_e * q_{zon(t)} * ZTA_{(1e+2e\ huid)} *$ r-r = zonnewarmte in het vertrek [W]
$Q_{i(t)}$ = warmte productie in het vertrek [W]
$H_{t;1}$ = $\Sigma\, U_{e;1} * A_{e;1}$ warmte transmissie door de 1^e huid
$H_{t;2}$ = $\Sigma\, U_{e;2} * A_{e;2}$ warmte transmissie door de 2^e huid
$H_{v;i}$ = $\Sigma\, q_v * \rho c$ warmte verlies door ventilatie in het vertrek
$H_{v;sp}$ = $\Sigma\, q_v * \rho c$ warmte verlies door ventilatie in de spouw
m = massa [kg]
c = warmte constante van de massa
U_e = warmtedoorgangscoëfficiënt van buitenvlak [W/m^2*K]
A_e = oppervlakte van buitenoppervlak [m^2]
q_v = ventilatie met niet voorverwarmde buitenlucht in m^3/s
ρc = soortelijke warmte lucht: 1200 [J/m^3*K]
q_{zon} = warmtestroom van de zijn [W]
r-r = verhouding glas ten opzichte van het totale kozijn
ZTA = Zon toetredingsfactor



Schematische weergave van een kantoorvertrek

Voorbeeld van de berekening:

$T_{sp(t)} = T_{sp(t-1)} + (Q_{z;sp(t)} + H_{t;1} (T_{i(t-1)} - T_{sp(t-1)}) - (H_{t;2} + H_v) * (T_{sp(t-1)} - T_{e(t)})) * \Delta t / (m * c)$
$T_{i(t)} = T_{i(t-1)} + (Q_{z;i(t)} + Q_{i(t)} – H_{t;1} * (T_{i(t-1)} - T_{sp(t)}) - H_v * (T_{i;(t-1)} - T_{e(t)}) * \Delta t / (m * c)$
Tijd 9 uur
$T_{sp\ (9)}$ = ?
$T_{i\ (9)}$ = ?
$T_{e\ (9)}$ = 21,3 °C
$T_{sp\ (8)}$ = 21,6 °C
$T_{i\ (8)}$ = 21,8 °C
$Q_{z;sp(t)}$ = $A_e * q_{zon(t)} * ZTA_{(2e\ huid)} *$ r-r = 6,5 * 371 * 0,15 * 0,8 = 289,4 W
$Q_{z;i(t)}$ = $A_e * q_{zon(t)} * ZTA_{(1e+2e\ huid)} *$ r-r = 6,5 * 371 * 0,35 * 0,8 = 675,2 W
$Q_{i(t)}$ = 200 W
$H_{t;1}$ = $\Sigma\ U_{e;1} * A_{e;1}$ = 35,2 W*K
$H_{t;2}$ = $\Sigma\ U_{e;2} * A_{e;2}$ = 64,8 W*K
$H_{v;sp}$ = $\Sigma\ q_v * \rho c /3$ = 11,7 m^3/h (ventilatievoud 3 per uur)
$H_{v;i}$ = $\Sigma\ q_v * \rho c /2$ = 78,2 m^3/h (ventilatievoud 2 per uur)
m = 531 kg
c = 840
Δt = 3600 s
$T_{sp(9)}$ = 21,6 + (289,4 + 35,2 * (21,8 – 21,6) - (64,8 + 11,7) * (21,6 – 21,3)) * 3600 / (531 * 840) = 23,8 °C
$T_{i(t)}$ = 21,8 + (675,2 + 200 - 35,2 * (21,8 – 23,8) – 78,3 * (21,8 – 21,3)) * 3600 / (2789 * 840) = 23,2 °C

Omdat bij deze formule de temperatuur van het vorige uur wordt gebruikt moet de berekening uit gevoerd worden voor een geheel etmaal tot dat termperatuur om 9 dezelfde is als om 9 uur de volgende dag. Het werken met een rekenmodel vergemakkelijk dit. Deze staat in bijlage 12.
Mocht het vertrek te warm wordt dan kan het vertrek gekoeld worden. Voor het koelen ben ik in mijn rekenmodel uitgegaan van koelelementen door de interne opwarming negatief te maken.

Overzicht / resultaat

ventilatie in m3/h is (=2*Hv)			**156,7**
tot.oppervlak glas	**11,6**	U-waarde	**1,20**
oppervlak dicht 1	**1,4**	U-waarde	**0,37**
oppervlak dicht 2	**0,0**	U-waarde	**0,60**

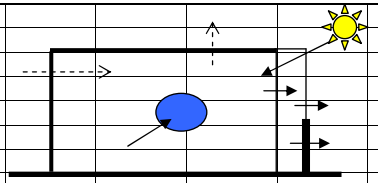
G=kg van 3 cm schil
Hv=qv*rho*c
Ht=som (U*A)

m =	**2789**	**c =**	**840**	**alph.**	**0,00154**

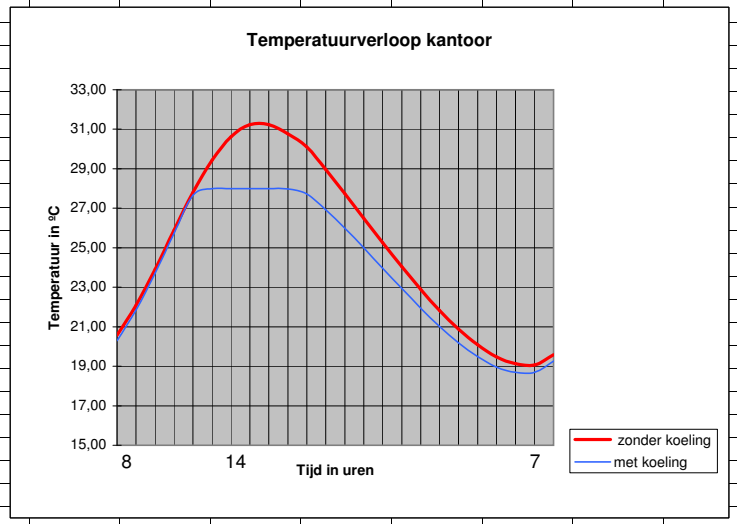
							Zonder koeling				***Met koeling***		
									Ti-start				
			Tmax	**31,24**			beginwaarde		**19,58**			**Ti-start**	**19,26**
			Tigem	**24,96**			eindwaarde		**19,58**			**Ti-end**	**19,26**
Tijd	**Te**	**Tsp**	**Qz W]**	**Qi [W]**	**Ht1**	**Hv**	**Qres**	**dT**	**Ti**		**Q-koel**	**dT-koeling**	**Ti-def.**
8	20,0	21,1	394,9	200,0	14,4	78,3	649,39	1,00	20,58		0,00	1,043	20,30
9	21,3	23,5	675,2	200,0	14,4	78,3	973,21	1,50	22,07		0,00	1,535	21,84
10	22,5	25,9	908,2	200,0	14,4	78,3	1196,03	1,84	23,91		0,00	1,871	23,71
11	23,5	27,9	1061,1	200,0	14,4	78,3	1288,57	1,98	25,89		0,00	2,009	25,72
12	24,3	29,3	1115,7	200,0	14,4	78,3	1242,62	1,91	27,80		0,00	1,934	27,65
13	24,8	30,0	1061,1	200,0	14,4	78,3	1060,55	1,63	29,43		848,10	1,651	28,00
14	25,0	30,0	908,2	200,0	14,4	78,3	769,32	1,18	30,61		901,96	1,386	28,00
15	24,8	29,2	675,2	200,0	14,4	78,3	402,10	0,62	31,23		644,36	0,990	28,00
16	24,3	27,8	394,9	200,0	14,4	78,3	5,03	0,01	31,24		304,59	0,468	28,00
17	23,5	26,1	163,8	200,0	14,4	78,3	-313,05	-0,48	30,76		0,00	-0,020	27,98
18	22,5	24,8	107,4	200,0	14,4	78,3	-425,19	-0,65	30,10		0,00	-0,258	27,72
19	21,3	23,4	49,1	0,0	14,4	78,3	-737,13	-1,13	28,97		0,00	-0,793	26,93
20	20,0	22,0	0,0	0,0	14,4	78,3	-803,73	-1,24	27,74		0,00	-0,944	25,99
21	18,7	20,6	0,0	0,0	14,4	78,3	-809,77	-1,24	26,49		0,00	-0,995	24,99
22	17,5	19,4	0,0	0,0	14,4	78,3	-806,76	-1,24	25,25		0,00	-1,026	23,96
23	16,5	18,3	0,0	0,0	14,4	78,3	-788,97	-1,21	24,04		0,00	-1,029	22,94
24	15,7	17,3	0,0	0,0	14,4	78,3	-752,16	-1,16	22,88		0,00	-0,998	21,94
1	15,2	16,6	0,0	0,0	14,4	78,3	-694,05	-1,07	21,82		0,00	-0,932	21,01
2	15,0	16,2	0,0	0,0	14,4	78,3	-614,45	-0,94	20,87		0,00	-0,829	20,18
3	15,2	16,1	0,0	0,0	14,4	78,3	-515,20	-0,79	20,08		0,00	-0,692	19,48
4	15,7	16,3	0,0	0,0	14,4	78,3	-399,99	-0,61	19,47		0,00	-0,530	18,95
5	16,5	16,9	49,1	0,0	14,4	78,3	-222,42	-0,34	19,13		0,00	-0,269	18,69
6	17,5	17,9	107,4	0,0	14,4	78,3	-37,40	-0,06	19,07		0,00	0,005	18,69
7	18,7	19,1	163,8	200,0	14,4	78,3	335,97	0,52	19,58		0,00	0,570	19,26

Energiegebruik koelen in Wh/dag =	**2699,01**	**Timax =**	**28,00**
Qk =	**901,96**	**Ti;gem =**	**23,75**

Kantoorvertrek

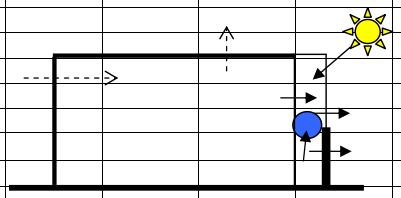


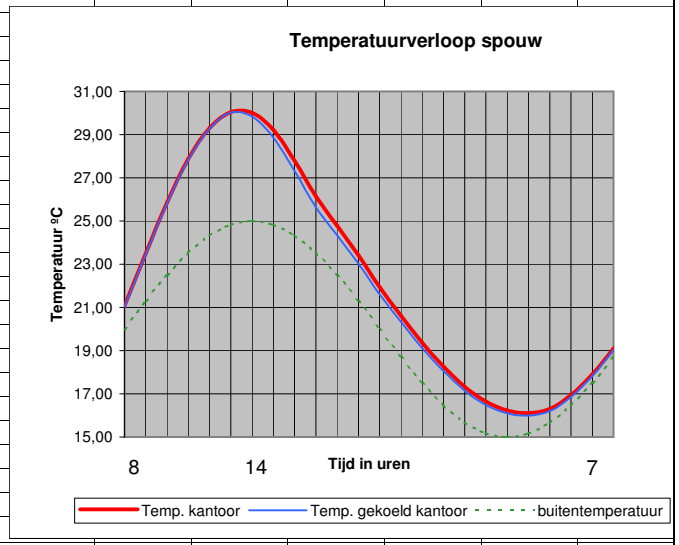
ventilatie in m3/h is (=2*Hv)							156,7							
tot.oppervlak glas				11,6	U-waarde		1,20							
oppervlak dicht 1				1,4	U-waarde		0,37							
oppervlak dicht 2				0,0	U-waarde		0,60		G=kg van 3 cm schil					
									Hv=qv*rho*c					
m =	2789			c =	840	alph.	0,0015366		Ht=som (U*A)					
							Zonder koeling					*Met koeling*		
									Ti-start					
			Tmax	31,24			beginwaarde		19,58			Ti-start	19,26	
			Tigem	24,96			eindwaarde		19,58			Ti-end	19,26	
Tijd	Te	Tsp	Qz [W]	Qi [W]	Ht1	Hv	Qres	dT	Ti		Q-koel	dT-koeling	Ti-def.	
8	20,0	21,1	394,9	200,0	14,4	78,3	649,39	1,00	20,58		0,00	1,043	20,30	
9	21,3	23,5	675,2	200,0	14,4	78,3	973,21	1,50	22,07		0,00	1,535	21,84	
10	22,5	25,9	908,2	200,0	14,4	78,3	1196,03	1,84	23,91		0,00	1,871	23,71	
11	23,5	27,9	1061,1	200,0	14,4	78,3	1288,57	1,98	25,89		0,00	2,009	25,72	
12	24,3	29,3	1115,7	200,0	14,4	78,3	1242,62	1,91	27,80		0,00	1,934	27,65	
13	24,8	30,0	1061,1	200,0	14,4	78,3	1060,55	1,63	29,43		848,10	1,651	28,00	
14	25,0	30,0	908,2	200,0	14,4	78,3	769,32	1,18	30,61		901,96	1,386	28,00	
15	24,8	29,2	675,2	200,0	14,4	78,3	402,10	0,62	31,23		644,36	0,990	28,00	
16	24,3	27,8	394,9	200,0	14,4	78,3	5,03	0,01	31,24		304,59	0,468	28,00	
17	23,5	26,1	163,8	200,0	14,4	78,3	-313,05	-0,48	30,76		0,00	-0,020	27,98	
18	22,5	24,8	107,4	200,0	14,4	78,3	-425,19	-0,65	30,10		0,00	-0,258	27,72	
19	21,3	23,4	49,1	0,0	14,4	78,3	-737,13	-1,13	28,97		0,00	-0,793	26,93	
20	20,0	22,0	0,0	0,0	14,4	78,3	-803,73	-1,24	27,74		0,00	-0,944	25,99	
21	18,7	20,6	0,0	0,0	14,4	78,3	-809,77	-1,24	26,49		0,00	-0,995	24,99	
22	17,5	19,4	0,0	0,0	14,4	78,3	-806,76	-1,24	25,25		0,00	-1,026	23,96	
23	16,5	18,3	0,0	0,0	14,4	78,3	-788,97	-1,21	24,04		0,00	-1,029	22,94	
24	15,7	17,3	0,0	0,0	14,4	78,3	-752,16	-1,16	22,88		0,00	-0,998	21,94	
1	15,2	16,6	0,0	0,0	14,4	78,3	-694,05	-1,07	21,82		0,00	-0,932	21,01	
2	15,0	16,2	0,0	0,0	14,4	78,3	-614,45	-0,94	20,87		0,00	-0,829	20,18	
3	15,2	16,1	0,0	0,0	14,4	78,3	-515,20	-0,79	20,08		0,00	-0,692	19,48	
4	15,7	16,3	0,0	0,0	14,4	78,3	-399,99	-0,61	19,47		0,00	-0,530	18,95	
5	16,5	16,9	49,1	0,0	14,4	78,3	-222,42	-0,34	19,13		0,00	-0,269	18,69	
6	17,5	17,9	107,4	0,0	14,4	78,3	-37,40	-0,06	19,07		0,00	0,005	18,69	
7	18,7	19,1	163,8	200,0	14,4	78,3	335,97	0,52	19,58		0,00	0,570	19,26	
							Energiegebruik koelen in Wh/dag=				2699,01	Timax =	28,00	
										Qk =	901,96	Ti;gem =	23,75	



Spouw

ventilatie in m3/h is (=3*Hv)								35																					
tot.oppervlak glas				6,5		U-waarde		5,00		G=kg van 3 cm schil																			
oppervlak dicht 1				6,5		U-waarde		5,00		Hv=qv*rho*c																			
oppervlak dicht 2				0,0		U-waarde		0,60		Ht=som (U*A)																			
										Ht1=Ht;eerste huid																			
m =	531			c =	840		alph.	0,008071		Ht2=Ht;tweede huid																			
										Zonder gekoeld kantoor					***Met gekoeld kantoor***														
									Ti-start	**Tsp-start**							**Ti-start**	**Tsp-start**											
			Tmax	**30,04**		beginwaarde			**19,58**	**19,10**		beginwaarde					**19,58**	**19,04**											
			Tigem	**22,33**		eindwaarde			**19,58**	**19,10**		eindwaarde					**19,58**	**19,04**											
Tijd	**Ti**	**Te**	**Qz [W]**	**Qi [W]**	**Ht1**	**Ht2**	**Hv**	**Qres**	**dT**	**Tsp**		**Ti;koel**	**Qres**				**dT;koel**	**Tsp koel**											
8	20,6	20,0	169,3	0,0	14,4	64,8	11,7	244,99	1,98	21,08		20,30	245,85				1,98	21,02											
9	22,1	21,3	289,4	0,0	14,4	64,8	11,7	298,77	2,41	23,49		21,84	299,64				2,42	23,44											
10	23,9	22,5	389,2	0,0	14,4	64,8	11,7	293,25	2,37	25,86		23,71	294,05				2,37	25,82											
11	25,9	23,5	454,7	0,0	14,4	64,8	11,7	249,36	2,01	27,87		25,72	250,05				2,02	27,83											
12	27,8	24,3	478,1	0,0	14,4	64,8	11,7	179,16	1,45	29,31		27,65	179,75				1,45	29,28											
13	29,4	24,8	454,7	0,0	14,4	64,8	11,7	90,05	0,73	30,04		28,00	90,57				0,73	30,02											
14	30,6	25,0	389,2	0,0	14,4	64,8	11,7	-5,02	-0,04	30,00		28,00	-23,34				-0,19	29,83											
15	31,2	24,8	289,4	0,0	14,4	64,8	11,7	-97,20	-0,78	29,22		28,00	-119,09				-0,96	28,87											
16	31,2	24,3	169,3	0,0	14,4	64,8	11,7	-175,35	-1,42	27,80		28,00	-190,08				-1,53	27,33											
17	30,8	23,5	70,2	0,0	14,4	64,8	11,7	-206,47	-1,67	26,13		27,98	-210,51				-1,70	25,63											
18	30,1	22,5	46,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-165,35	-1,33	24,80		27,72	-159,79				-1,29	24,34											
19	29,0	21,3	21,1	0,0	14,4	64,8	11,7	-170,67	-1,38	23,42		26,93	-163,49				-1,32	23,02											
20	27,7	20,0	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-181,83	-1,47	21,95		25,99	-175,04				-1,41	21,61											
21	26,5	18,7	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-165,22	-1,33	20,62		24,99	-159,22				-1,29	20,33											
22	25,3	17,5	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-154,18	-1,24	19,38		23,96	-148,99				-1,20	19,12											
23	24,0	16,5	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-138,14	-1,11	18,26		22,94	-133,68				-1,08	18,04											
24	22,9	15,7	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-115,05	-0,93	17,33		21,94	-111,22				-0,90	17,15											
1	21,8	15,2	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-85,51	-0,69	16,64		21,01	-82,22				-0,66	16,48											
2	20,9	15,0	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-51,18	-0,41	16,23		20,18	-48,36				-0,39	16,09											
3	20,1	15,2	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	-14,21	-0,11	16,12		19,48	-11,79				-0,10	16,00											
4	19,5	15,7	0,0	0,0	14,4	64,8	11,7	23,01	0,19	16,30		18,95	25,08				0,20	16,20											
5	19,1	16,5	21,1	0,0	14,4	64,8	11,7	79,11	0,64	16,94		18,69	80,89				0,65	16,85											
6	19,1	17,5	46,0	0,0	14,4	64,8	11,7	120,32	0,97	17,91		18,69	121,85				0,98	17,84											
7	19,6	18,7	70,2	0,0	14,4	64,8	11,7	147,65	1,19	19,10		19,26	148,96				1,20	19,04											
									Tmax	**30,04**							**Tmax**	**30,02**											
									Tigem	**22,33**							**Tigem**	**22,13**											





Kantoorvertrek

BEPALING Q-zon De q-zon geg.hebben betrekking op 50 gr.NB op 23 juli en bij Trubungsfactor 4 (grote stad atmosfeer)

	ORIENTATIE ZUID					**ORIENTATIE ZUIDWEST**					**ORIENTATIE WEST**					**ORIENTATIE NOORDWEST**					**HORIZONTAAL VLAK**				
tijd	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon
8	6,5	217	0,35	0,8	395	0,0	98	0,7	0,8	0	0,0	95	0,7	0,8	0	0,0	95	0,7	0,8	0	0,0	509	0,7	0,8	0
9	6,5	371	0,35	0,8	675	0,0	119	0,7	0,8	0	0,0	112	0,7	0,8	0	0,0	112	0,7	0,8	0	0,0	659	0,7	0,8	0
10	6,5	499	0,35	0,8	908	0,0	141	0,7	0,8	0	0,0	127	0,7	0,8	0	0,0	126	0,7	0,8	0	0,0	776	0,7	0,8	0
11	6,5	583	0,35	0,8	1061	0,0	298	0,7	0,8	0	0,0	141	0,7	0,8	0	0,0	134	0,7	0,8	0	0,0	851	0,7	0,8	0
12	6,5	613	0,35	0,8	1116	0,0	477	0,7	0,8	0	0,0	154	0,7	0,8	0	0,0	140	0,7	0,8	0	0,0	876	0,7	0,8	0
13	6,5	583	0,35	0,8	1061	0,0	614	0,7	0,8	0	0,0	372	0,7	0,8	0	0,0	143	0,7	0,8	0	0,0	851	0,7	0,8	0
14	6,5	499	0,35	0,8	908	0,0	695	0,7	0,8	0	0,0	562	0,7	0,8	0	0,0	187	0,7	0,8	0	0,0	776	0,7	0,8	0
15	6,5	371	0,35	0,8	675	0,0	703	0,7	0,8	0	0,0	695	0,7	0,8	0	0,0	354	0,7	0,8	0	0,0	659	0,7	0,8	0
16	6,5	217	0,35	0,8	395	0,0	636	0,7	0,8	0	0,0	749	0,7	0,8	0	0,0	482	0,7	0,8	0	0,0	509	0,7	0,8	0
17	6,5	90	0,35	0,8	164	0,0	496	0,7	0,8	0	0,0	693	0,7	0,8	0	0,0	531	0,7	0,8	0	0,0	344	0,7	0,8	0
18	6,5	59	0,35	0,8	107	0,0	303	0,7	0,8	0	0,0	514	0,7	0,8	0	0,0	456	0,7	0,8	0	0,0	183	0,7	0,8	0
19	6,5	27	0,35	0,8	49	0,0	105	0,7	0,8	0	0,0	225	0,7	0,8	0	0,0	130	0,7	0,8	0	0,0	58	0,7	0,8	0
20	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
21	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
22	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
23	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
24	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
1	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
2	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
3	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
4	6,5	0	0,35	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
5	6,5	27	0,35	0,8	49	0,0	26	0,7	0,8	0	0,0	26	0,7	0,8	0	0,0	27	0,7	0,8	0	0,0	58	0,7	0,8	0
6	6,5	59	0,35	0,8	107	0,0	53	0,7	0,8	0	0,0	53	0,7	0,8	0	0,0	55	0,7	0,8	0	0,0	183	0,7	0,8	0
7	6,5	90	0,35	0,8	164	0,0	76	0,7	0,8	0	0,0	76	0,7	0,8	0	0,0	77	0,7	0,8	0	0,0	344	0,7	0,8	0

Spouw

BEPALING Q-zon De q-zon geg.hebben betrekking op 50 gr.NB op 23 juli en bij Trubungsfactor 4 (grote stad atmosfeer)

	ORIENTATIE ZUID					**ORIENTATIE ZUIDWEST**					**ORIENTATIE WEST**					**ORIENTATIE NOORDWEST**					**HORIZONTAAL VLAK**				
tijd	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon
8	6,5	217	0,15	0,8	169	0,0	98	0,7	0,8	0	0,0	95	0,7	0,8	0	0,0	95	0,7	0,8	0	0,0	509	0,7	0,8	0
9	6,5	371	0,15	0,8	289	0,0	119	0,7	0,8	0	0,0	112	0,7	0,8	0	0,0	112	0,7	0,8	0	0,0	659	0,7	0,8	0
10	6,5	499	0,15	0,8	389	0,0	141	0,7	0,8	0	0,0	127	0,7	0,8	0	0,0	126	0,7	0,8	0	0,0	776	0,7	0,8	0
11	6,5	583	0,15	0,8	455	0,0	298	0,7	0,8	0	0,0	141	0,7	0,8	0	0,0	134	0,7	0,8	0	0,0	851	0,7	0,8	0
12	6,5	613	0,15	0,8	478	0,0	477	0,7	0,8	0	0,0	154	0,7	0,8	0	0,0	140	0,7	0,8	0	0,0	876	0,7	0,8	0
13	6,5	583	0,15	0,8	455	0,0	614	0,7	0,8	0	0,0	372	0,7	0,8	0	0,0	143	0,7	0,8	0	0,0	851	0,7	0,8	0
14	6,5	499	0,15	0,8	389	0,0	695	0,7	0,8	0	0,0	562	0,7	0,8	0	0,0	187	0,7	0,8	0	0,0	776	0,7	0,8	0
15	6,5	371	0,15	0,8	289	0,0	703	0,7	0,8	0	0,0	695	0,7	0,8	0	0,0	354	0,7	0,8	0	0,0	659	0,7	0,8	0
16	6,5	217	0,15	0,8	169	0,0	636	0,7	0,8	0	0,0	749	0,7	0,8	0	0,0	482	0,7	0,8	0	0,0	509	0,7	0,8	0
17	6,5	90	0,15	0,8	70	0,0	496	0,7	0,8	0	0,0	693	0,7	0,8	0	0,0	531	0,7	0,8	0	0,0	344	0,7	0,8	0
18	6,5	59	0,15	0,8	46	0,0	303	0,7	0,8	0	0,0	514	0,7	0,8	0	0,0	456	0,7	0,8	0	0,0	183	0,7	0,8	0
19	6,5	27	0,15	0,8	21	0,0	105	0,7	0,8	0	0,0	225	0,7	0,8	0	0,0	130	0,7	0,8	0	0,0	58	0,7	0,8	0
20	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
21	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
22	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
23	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
24	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
1	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
2	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
3	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
4	6,5	0	0,15	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0	0,0	0	0,7	0,8	0
5	6,5	27	0,15	0,8	21	0,0	26	0,7	0,8	0	0,0	26	0,7	0,8	0	0,0	27	0,7	0,8	0	0,0	58	0,7	0,8	0
6	6,5	59	0,15	0,8	46	0,0	53	0,7	0,8	0	0,0	53	0,7	0,8	0	0,0	55	0,7	0,8	0	0,0	183	0,7	0,8	0
7	6,5	90	0,15	0,8	70	0,0	76	0,7	0,8	0	0,0	76	0,7	0,8	0	0,0	77	0,7	0,8	0	0,0	344	0,7	0,8	0

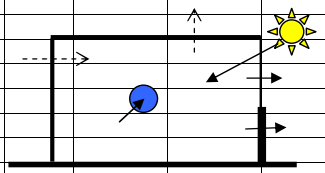
Bijlage 13

BEPALING BINNENTEMPERATUUR IN DE ZOMER

**********Eerst op blad 2: Qz bepalen**

Alleen de gele vlakken invullen

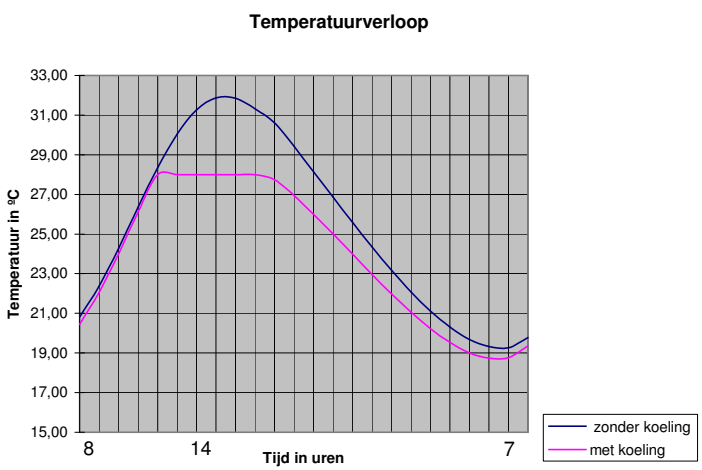
ventilatie in m3/h is (=2*Hv)			156,7	
tot.oppervlak glas	6,5	U-waarde	1,20	G=kg van 3 cm schil
oppervlak dicht 1	6,5	U-waarde	0,37	Hv=qv*rho*c
oppervlak dicht 2	0,0	U-waarde	0,60	Ht=som (U*A)



G =	2789	C=	840	alph.	0,0015366

Zonder koeling ***Met koeling***

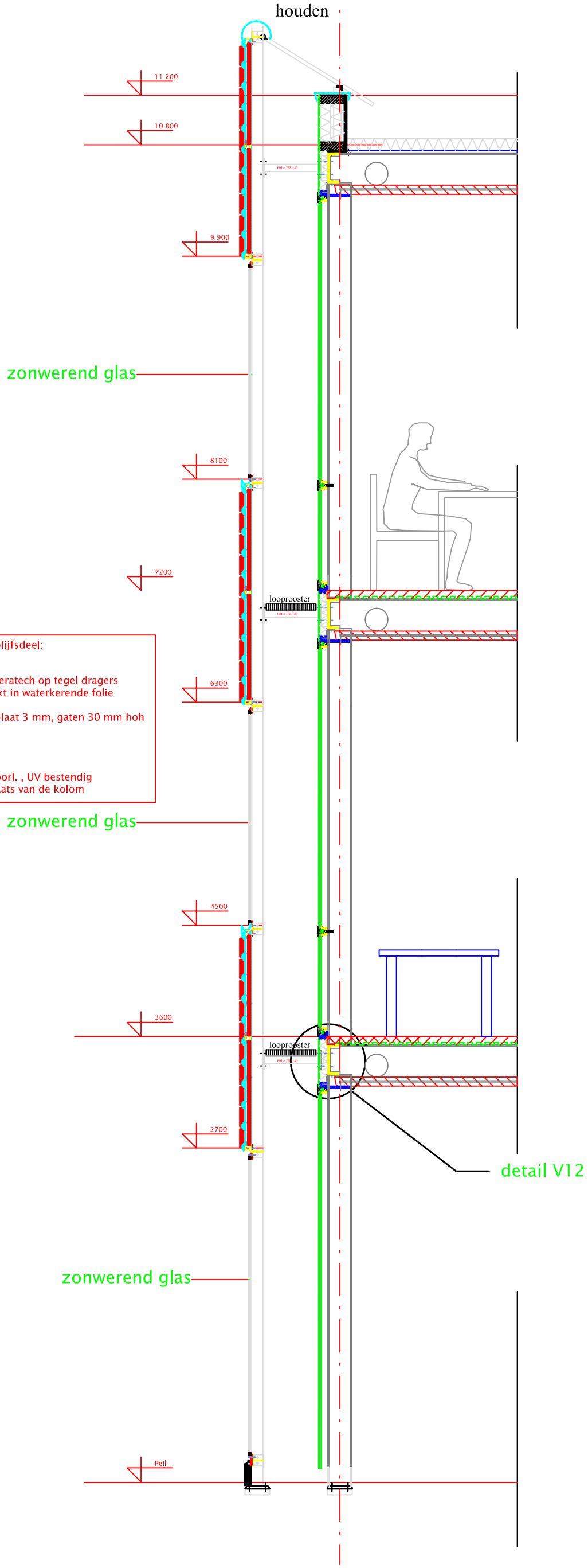
								Ti-start				
		Tmax	31,88			beginwaarde		19,78			Ti-start	19,35
		Tigem	25,34			eindwaarde		19,78			Ti-end	19,35
Tijd	Ta	Qz [W]	Qi [W]	Ht	Hv	Qres	dT	Ti		Q-koel	dT-koeling	Ti-def.
8	20,0	451,4	200,0	10,2	78,3	670,84	1,03	20,81		0,00	1,089	20,44
9	21,3	771,7	200,0	10,2	78,3	1014,47	1,56	22,37		0,00	1,609	22,05
10	22,5	1037,9	200,0	10,2	78,3	1249,45	1,92	24,29		0,00	1,964	24,01
11	23,5	1212,6	200,0	10,2	78,3	1345,87	2,07	26,36		0,00	2,106	26,12
12	24,3	1275,0	200,0	10,2	78,3	1295,51	1,99	28,35		92,14	2,023	28,00
13	24,8	1212,6	200,0	10,2	78,3	1101,07	1,69	30,04		1131,93	1,739	28,00
14	25,0	1037,9	200,0	10,2	78,3	791,63	1,22	31,26		972,30	1,494	28,00
15	24,8	771,7	200,0	10,2	78,3	402,60	0,62	31,88		690,97	1,062	28,00
16	24,3	451,4	200,0	10,2	78,3	-16,73	-0,03	31,85		326,43	0,502	28,00
17	23,5	187,2	200,0	10,2	78,3	-348,96	-0,54	31,31		0,00	-0,012	27,99
18	22,5	122,7	200,0	10,2	78,3	-457,65	-0,70	30,61		0,00	-0,251	27,74
19	21,3	56,2	0,0	10,2	78,3	-768,72	-1,18	29,43		0,00	-0,790	26,95
20	20,0	0,0	0,0	10,2	78,3	-834,87	-1,28	28,15		0,00	-0,945	26,00
21	18,7	0,0	0,0	10,2	78,3	-835,86	-1,28	26,86		0,00	-0,993	25,01
22	17,5	0,0	0,0	10,2	78,3	-828,91	-1,27	25,59		0,00	-1,022	23,99
23	16,5	0,0	0,0	10,2	78,3	-807,82	-1,24	24,35		0,00	-1,024	22,96
24	15,7	0,0	0,0	10,2	78,3	-768,26	-1,18	23,17		0,00	-0,992	21,97
1	15,2	0,0	0,0	10,2	78,3	-707,96	-1,09	22,08		0,00	-0,925	21,05
2	15,0	0,0	0,0	10,2	78,3	-626,72	-0,96	21,12		0,00	-0,823	20,22
3	15,2	0,0	0,0	10,2	78,3	-526,37	-0,81	20,31		0,00	-0,687	19,54
4	15,7	0,0	0,0	10,2	78,3	-410,53	-0,63	19,68		0,00	-0,526	19,01
5	16,5	56,2	0,0	10,2	78,3	-228,16	-0,35	19,33		0,00	-0,260	18,75
6	17,5	122,7	0,0	10,2	78,3	-38,87	-0,06	19,27		0,00	0,019	18,77
7	18,7	187,2	200,0	10,2	78,3	337,67	0,52	19,78		0,00	0,586	19,35
						Energiegebruik koelen in Wh/dag=				3213,77	Timax	28,00
									Qk=	1131,93	Ti=	23,83



BEPALING Q-zon	De q-zon geg.hebben betrekking op 50 gr.NB op 23 juli en bij Trubungsfactor 4 (grote stad atmosfeer)																								
ORIENTATIE ZUID						**ORIENTATIE ZUIDWEST**					**ORIENTATIE WEST**					**ORIENTATIE NOORDWEST**					**HORIZONTAAL VLAK**				
tijd	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon	Opp.	q-zon	ZTA	r-r	Q-zon
8	6,5	217	0,4	0,8	451	0,0	98	0,4	0,8	0	0,0	95	0,4	0,8	0	0,0	95	0,4	0,8	0	0,0	509	0,4	0,8	0
9	6,5	371	0,4	0,8	772	0,0	119	0,4	0,8	0	0,0	112	0,4	0,8	0	0,0	112	0,4	0,8	0	0,0	659	0,4	0,8	0
10	6,5	499	0,4	0,8	1038	0,0	141	0,4	0,8	0	0,0	127	0,4	0,8	0	0,0	126	0,4	0,8	0	0,0	776	0,4	0,8	0
11	6,5	583	0,4	0,8	1213	0,0	298	0,4	0,8	0	0,0	141	0,4	0,8	0	0,0	134	0,4	0,8	0	0,0	851	0,4	0,8	0
12	6,5	613	0,4	0,8	1275	0,0	477	0,4	0,8	0	0,0	154	0,4	0,8	0	0,0	140	0,4	0,8	0	0,0	876	0,4	0,8	0
13	6,5	583	0,4	0,8	1213	0,0	614	0,4	0,8	0	0,0	372	0,4	0,8	0	0,0	143	0,4	0,8	0	0,0	851	0,4	0,8	0
14	6,5	499	0,4	0,8	1038	0,0	695	0,4	0,8	0	0,0	562	0,4	0,8	0	0,0	187	0,4	0,8	0	0,0	776	0,4	0,8	0
15	6,5	371	0,4	0,8	772	0,0	703	0,4	0,8	0	0,0	695	0,4	0,8	0	0,0	354	0,4	0,8	0	0,0	659	0,4	0,8	0
16	6,5	217	0,4	0,8	451	0,0	636	0,4	0,8	0	0,0	749	0,4	0,8	0	0,0	482	0,4	0,8	0	0,0	509	0,4	0,8	0
17	6,5	90	0,4	0,8	187	0,0	496	0,4	0,8	0	0,0	693	0,4	0,8	0	0,0	531	0,4	0,8	0	0,0	344	0,4	0,8	0
18	6,5	59	0,4	0,8	123	0,0	303	0,4	0,8	0	0,0	514	0,4	0,8	0	0,0	456	0,4	0,8	0	0,0	183	0,4	0,8	0
19	6,5	27	0,4	0,8	56	0,0	105	0,4	0,8	0	0,0	225	0,4	0,8	0	0,0	130	0,4	0,8	0	0,0	58	0,4	0,8	0
20	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
21	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
22	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
23	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
24	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
1	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
2	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
3	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
4	6,5	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0	0,0	0	0,4	0,8	0
5	6,5	27	0,4	0,8	56	0,0	26	0,4	0,8	0	0,0	26	0,4	0,8	0	0,0	27	0,4	0,8	0	0,0	58	0,4	0,8	0
6	6,5	59	0,4	0,8	123	0,0	53	0,4	0,8	0	0,0	53	0,4	0,8	0	0,0	55	0,4	0,8	0	0,0	183	0,4	0,8	0
7	6,5	90	0,4	0,8	187	0,0	76	0,4	0,8	0	0,0	76	0,4	0,8	0	0,0	77	0,4	0,8	0	0,0	344	0,4	0,8	0

Bijlage 14

Dak kan open om de warme lucht er 's zomers uit te laten, het dak kan dicht om de warmte van de spouw in de winter in de spouw te houden

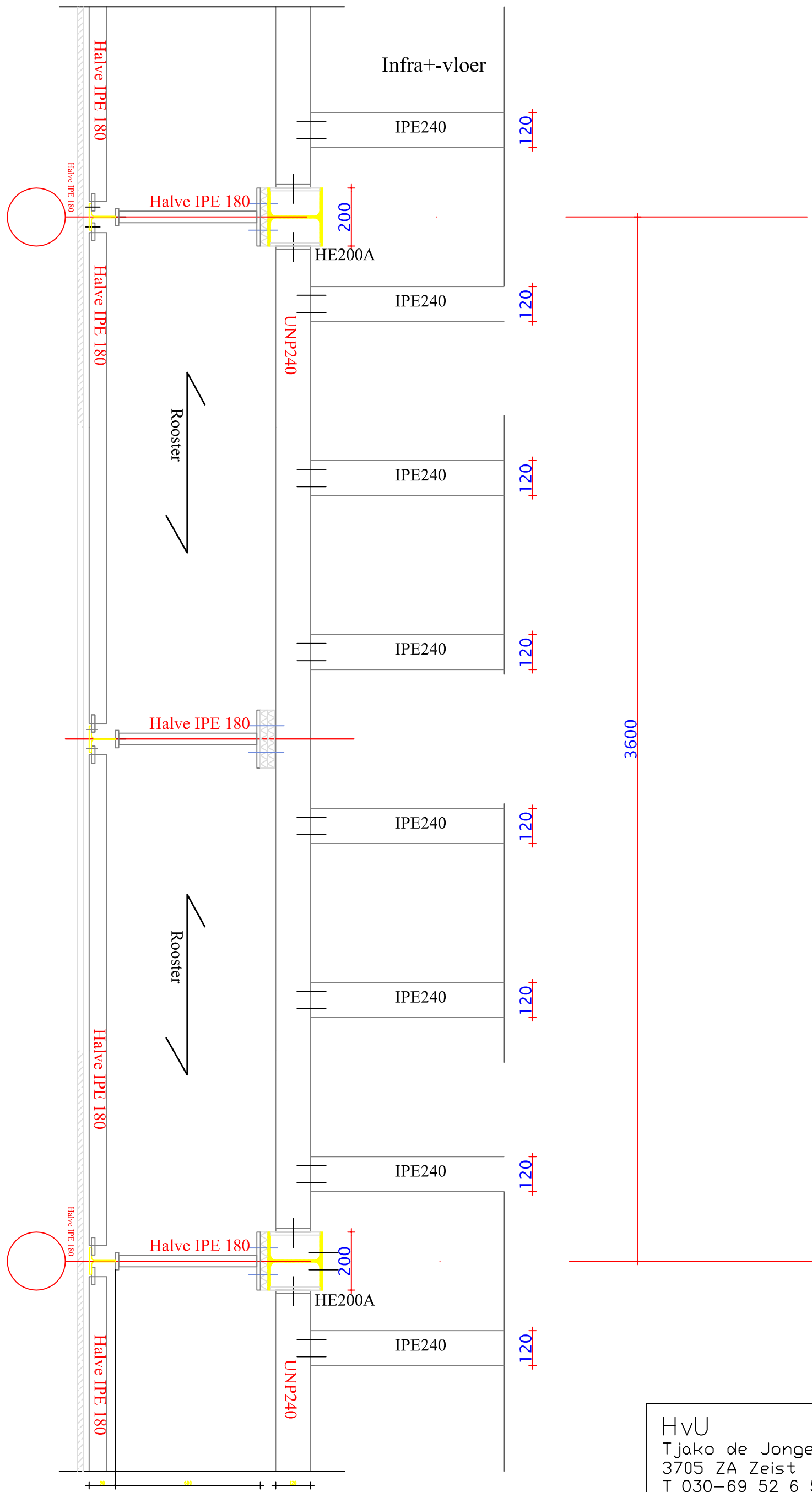


wandopbouw kantoor/verblijfsdeel:

buitenhuid:
keramische tegels type C Keratech op tegel dragers
40 mm minarale wol verpakt in waterkerende folie
dampdoorl. folie
geperforeerde aluminium plaat 3 mm, gaten 30 mm hoh
diameter gat 3 mm

binnenhuid:
collerbel plaat 4 mm
waterkerende folie dampdoorl. , UV bestendig
70 mm minarale wol ter plaats van de kolom

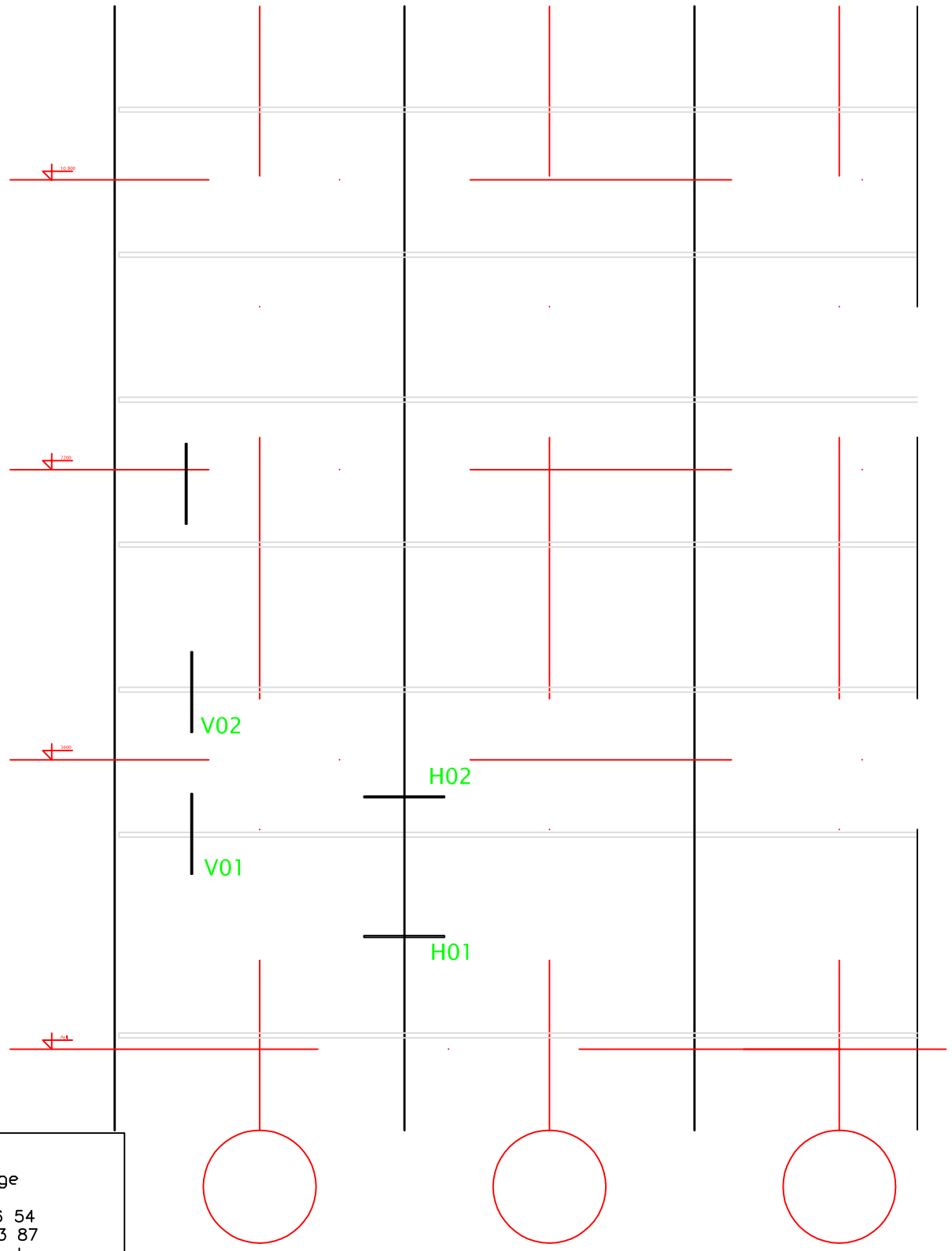
HvU
Tjako de Jonge
3705 ZA Zeist
T 030-69 52 6 54
M 06-44 47 83 87
E tjakom@gmx.net



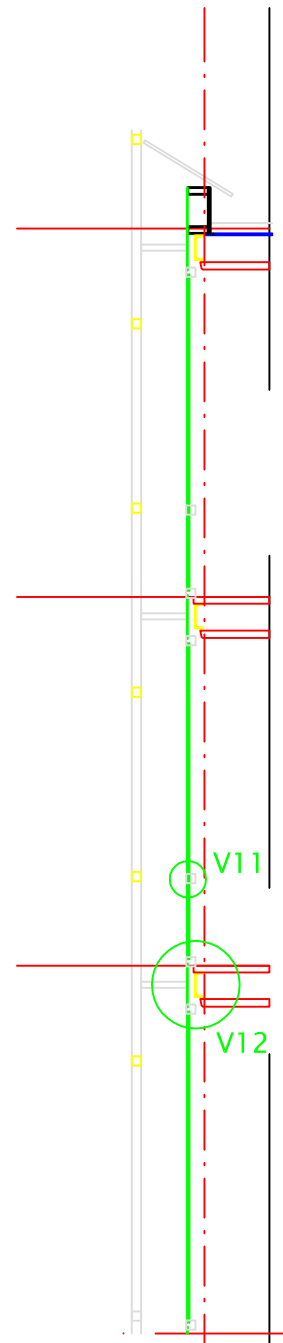
HvU
Tjako de Jonge
3705 ZA Zeist
T 030-69 52 6 54
M 06-44 47 83 87
E tjakom@gmx.net

detail overzicht

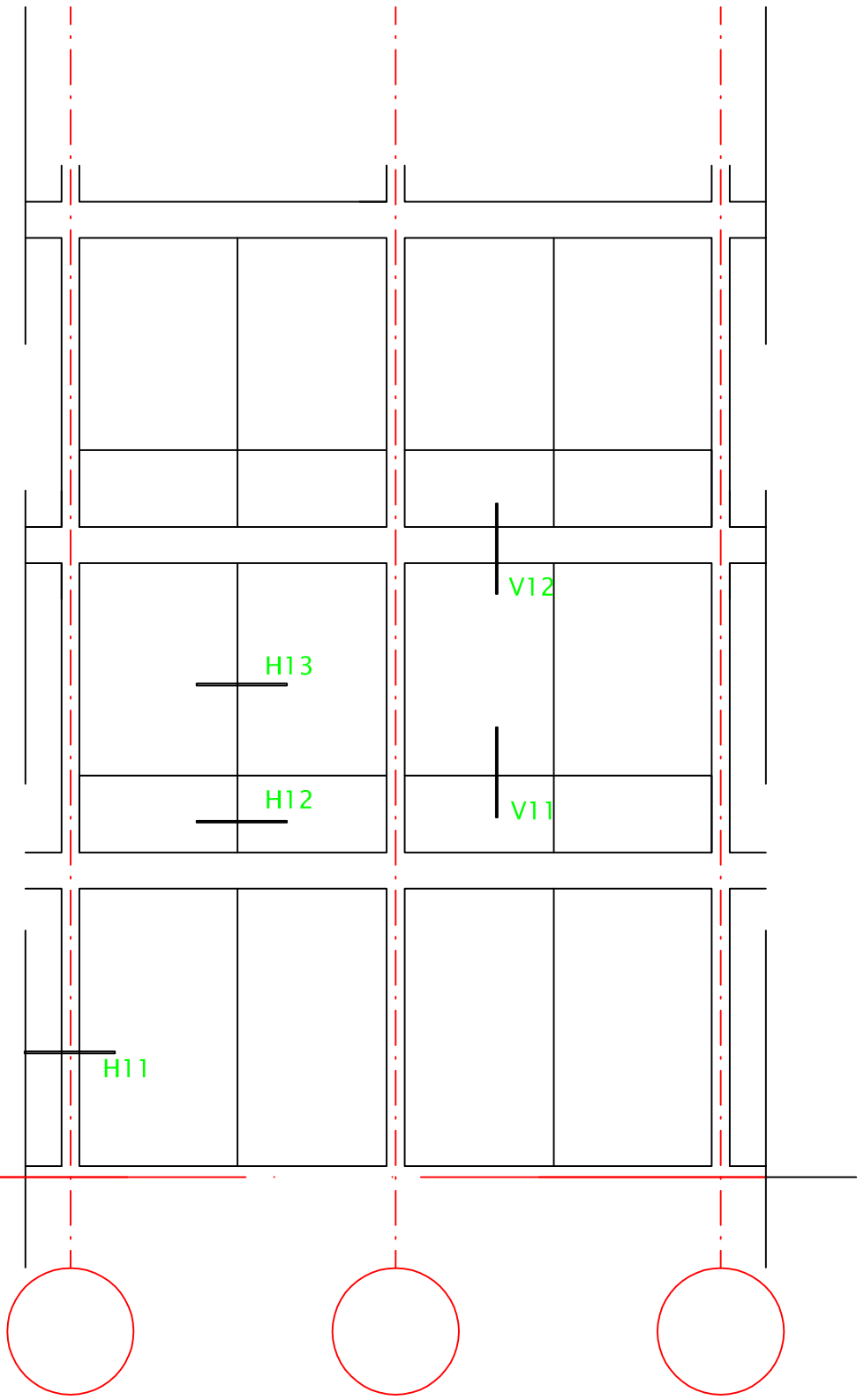
buitenhuid



doorsnede



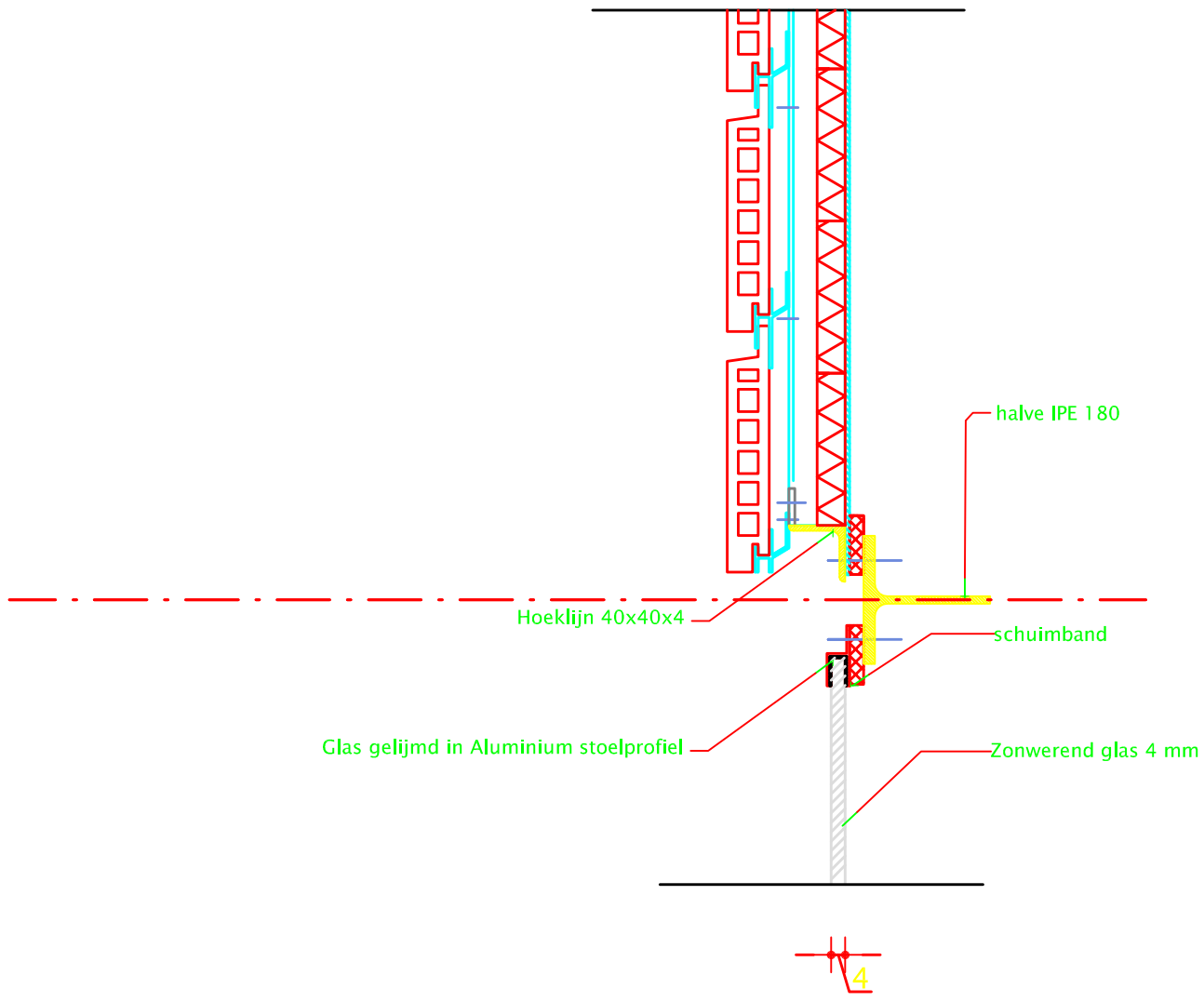
binnenhuid

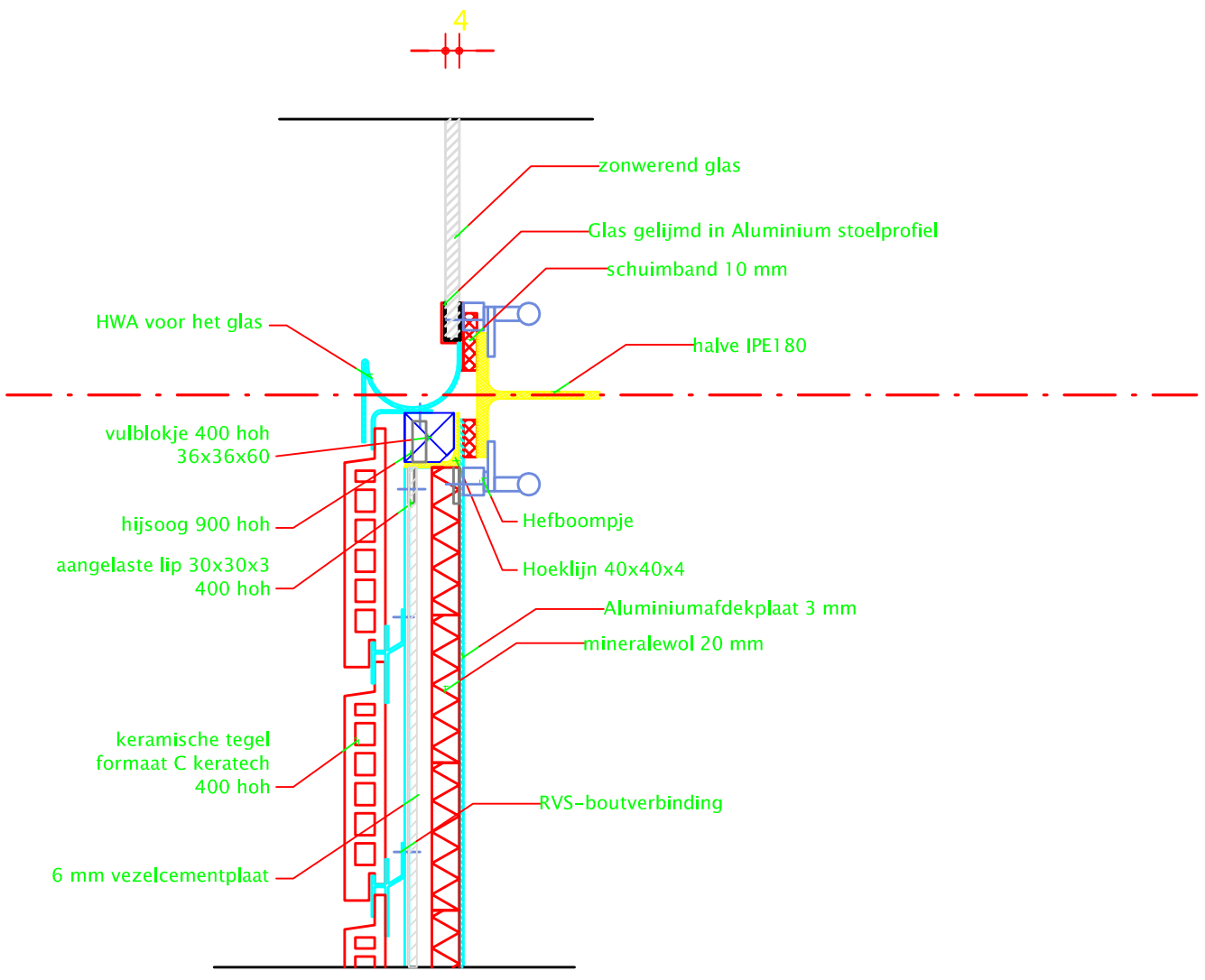


HvU
Tjako de Jonge
3705 ZA Zeist
T 030-69 52 6 54
M 06-44 47 83 87
E tjakom@gmx.net

Bijlage 14

Tekeningen buitenhuid



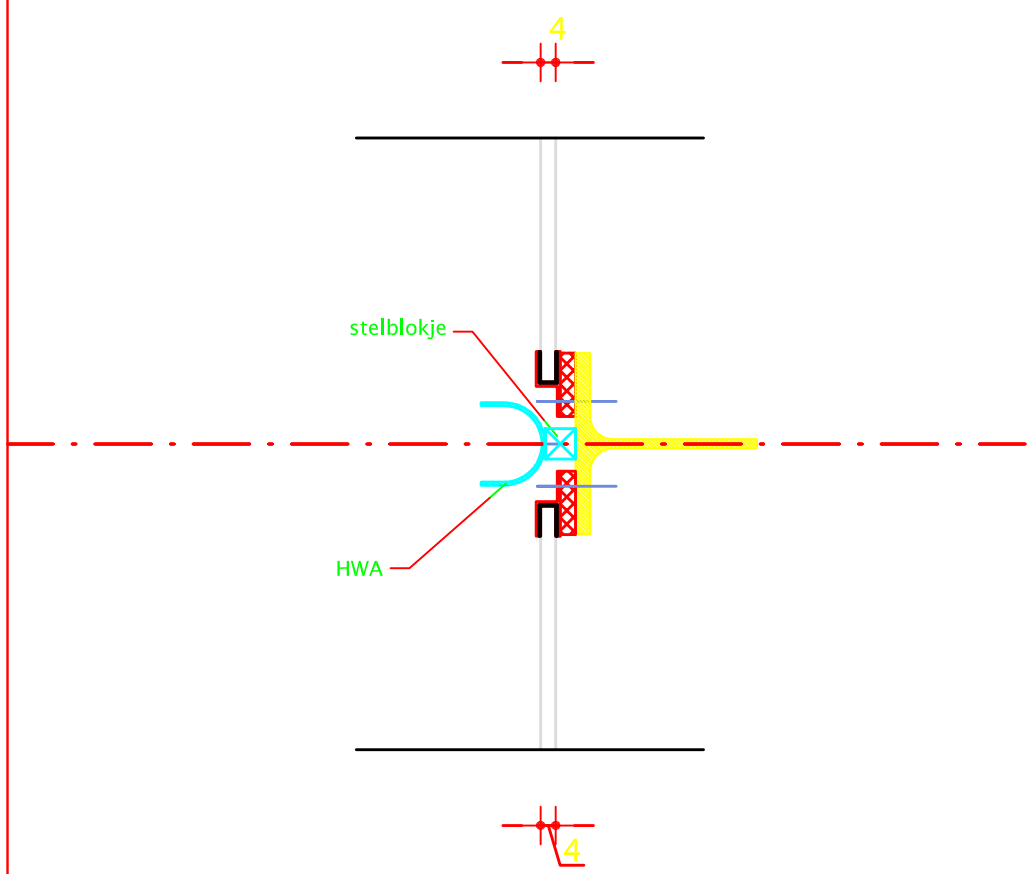


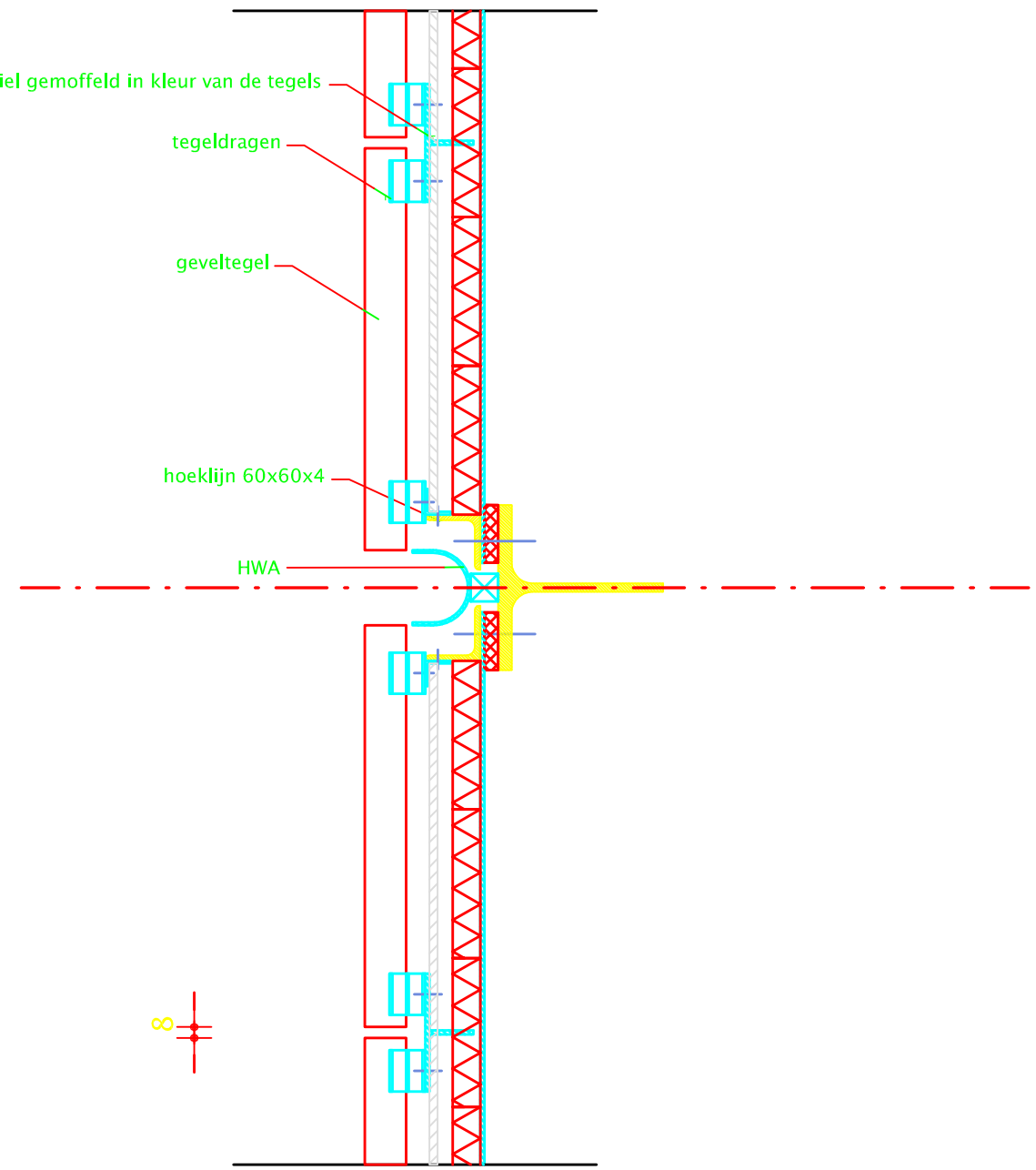
V01

V02

Opdrachtgever: Van Delft Groep Project: Van Delft Groep	Onderdeel: details Schaal: 1 : 5	Getekend: 5.11.04 Gewijzigd: A GEWIJZIGD_A B GEWIJZIGD_B C GEWIJZIGD_C D GEWIJZIGD_D E GEWIJZIGD_E F GEWIJZIGD_F	fase: DO Tekeningnummer: 00	Werknummer: 01

HvU
Tjako de Jonge
3705 ZA Zeist
T 030-69 52 6 54
M 06-44 47 83 87
E tjakom@gmx.net





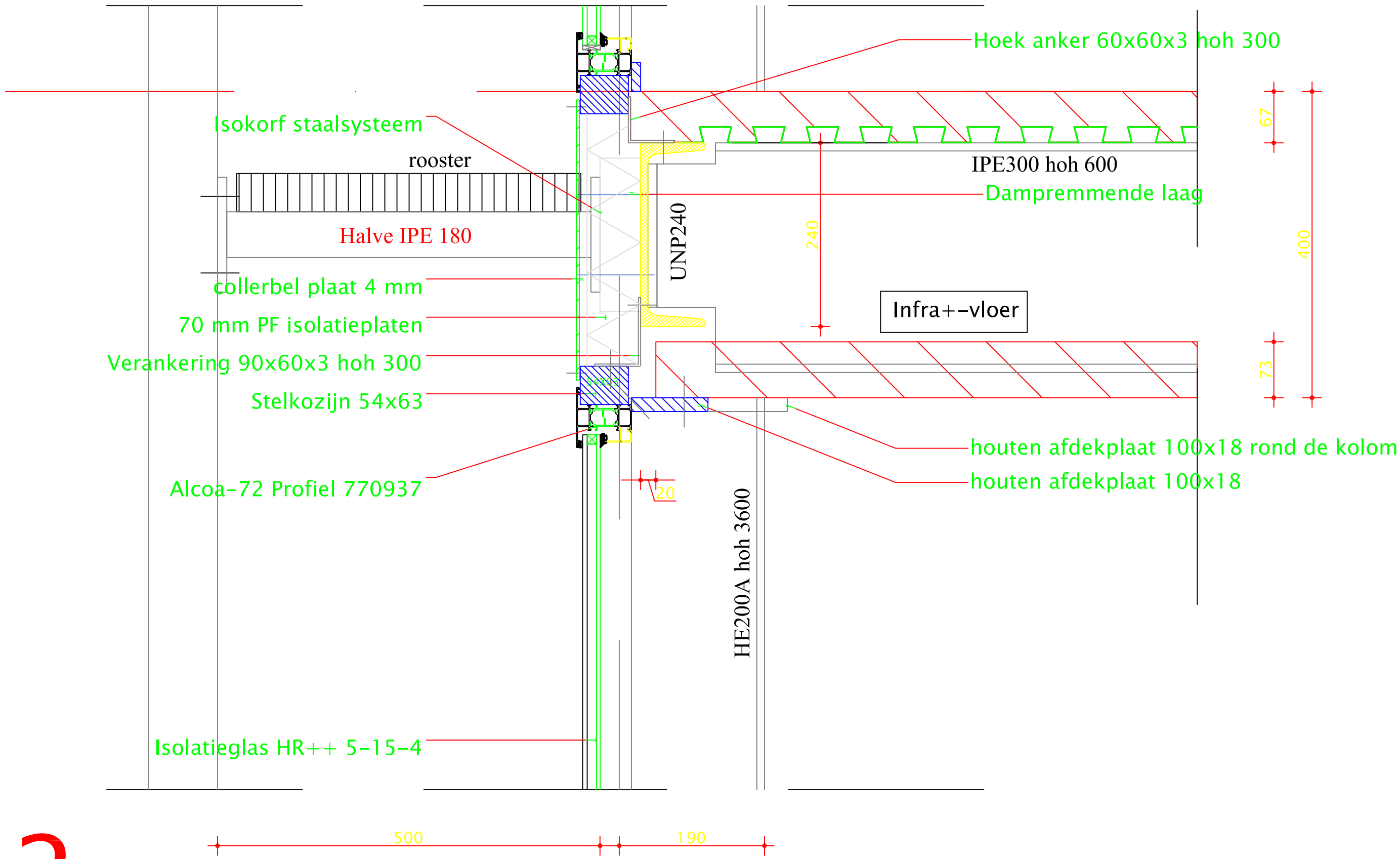
H01

H02

Opdrachtgever: Van Delft Groep Project: Van Delft Groep	Onderdeel: details Schaal: 1 : 5	Getekend: 5.11.04 Gewijzigd: A GEWIJZIGD_A B GEWIJZIGD_B C GEWIJZIGD_C D GEWIJZIGD_D E GEWIJZIGD_E F GEWIJZIGD_F	fase: DO Tekeningnummer: 00	Werknummer: 01	HvU Tjako de Jonge 3705 ZA Zeist T 030-69 52 6 54 M 06-44 47 83 87 E tjakom@gmx.net

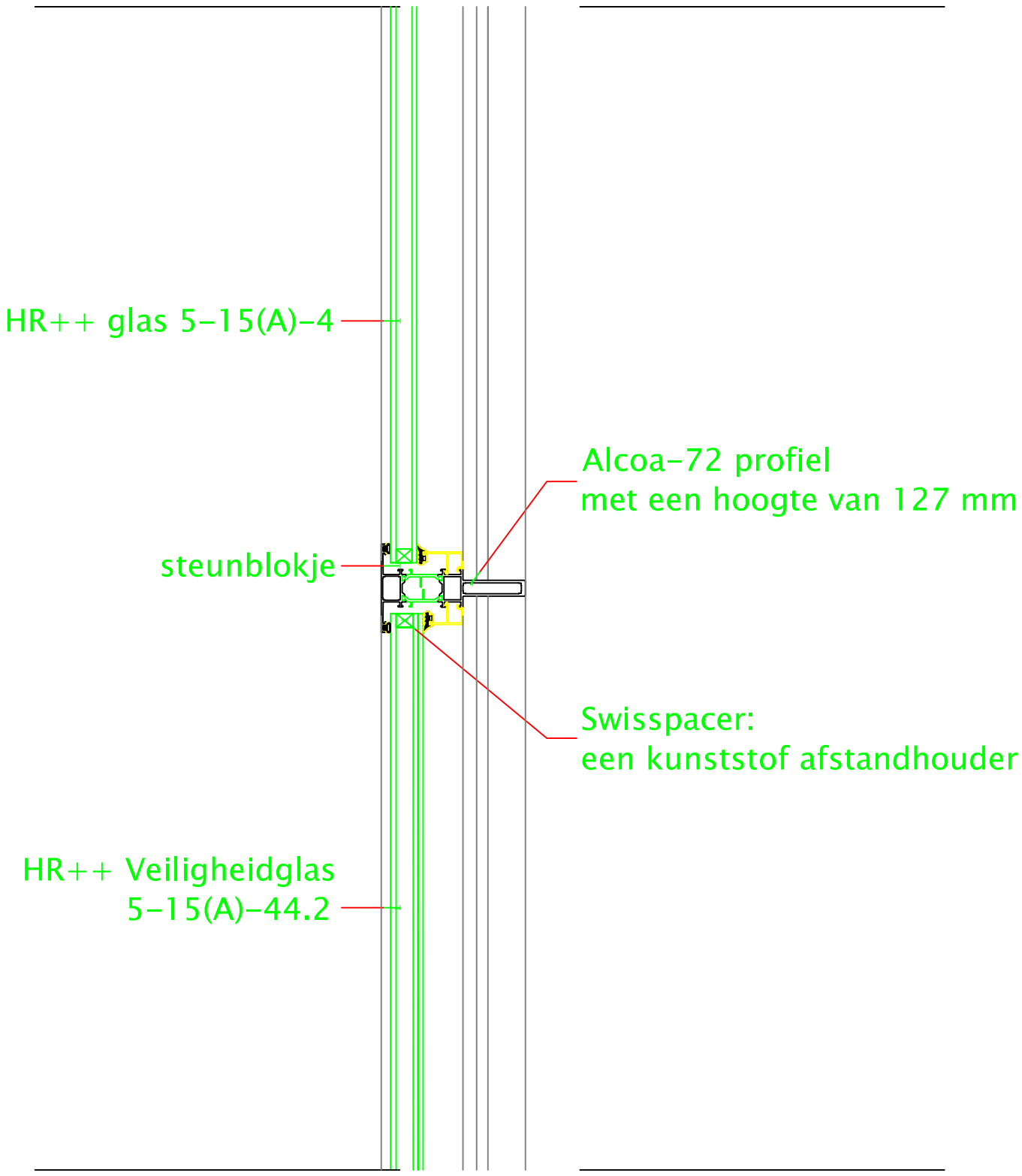
Bijlage 14

Tekeningen binnenhuid



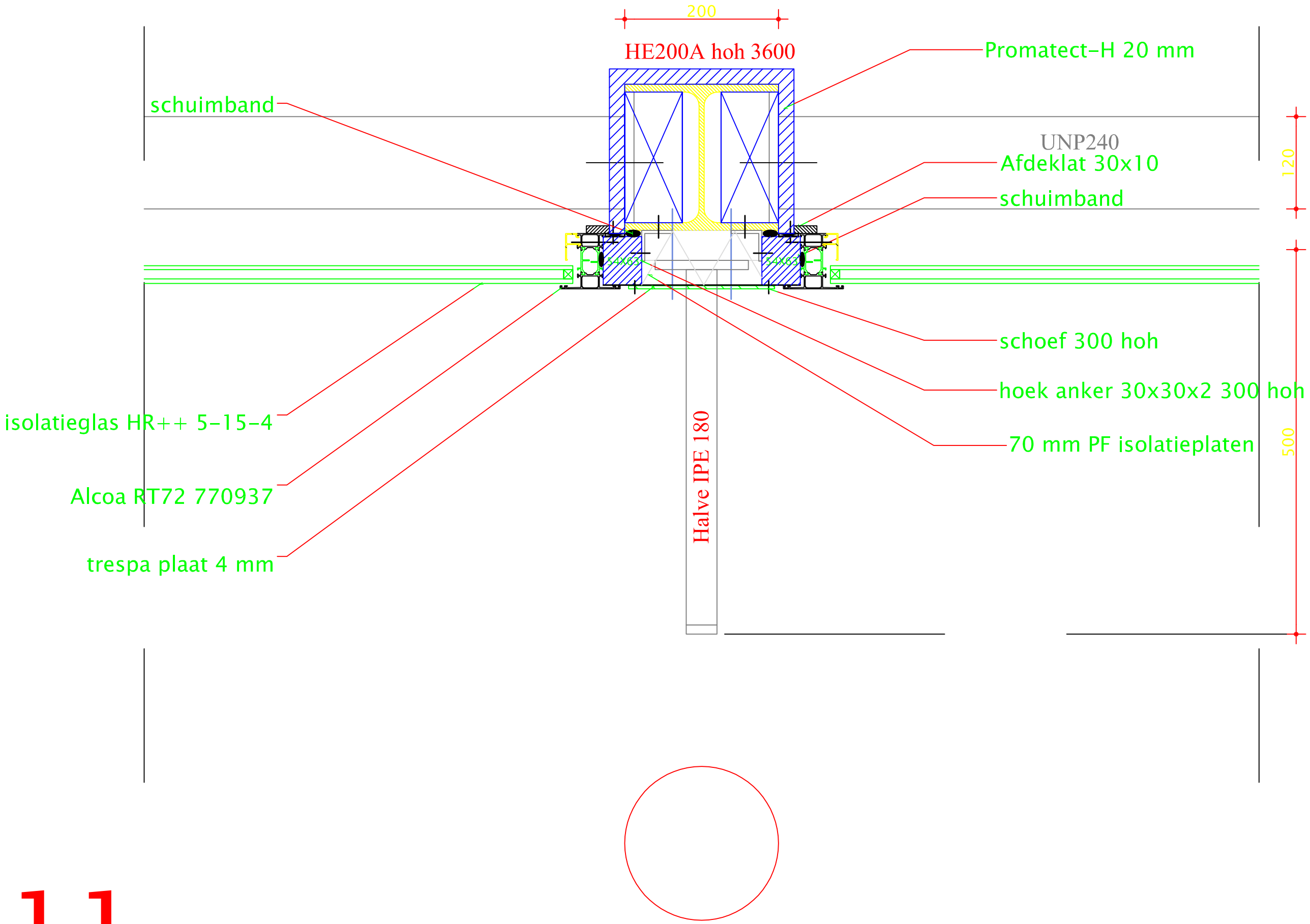
V12

Opdrachtgever: Van Delft Groep Project: Van Delft Groep	Onderdeel: details Schaal: 1 : 5	Getekend: 5.11.04 Gewijzigd: A GEWIJZIGD_A B GEWIJZIGD_B C GEWIJZIGD_C D GEWIJZIGD_D E GEWIJZIGD_E F GEWIJZIGD_F	fase: DO Tekeningnummer: 00	Werknummer: 01	HvU Tjako de Jonge 3705 ZA Zeist T 030-69 52 6 54 M 06-44 47 83 87 E tjakom@gmx.net



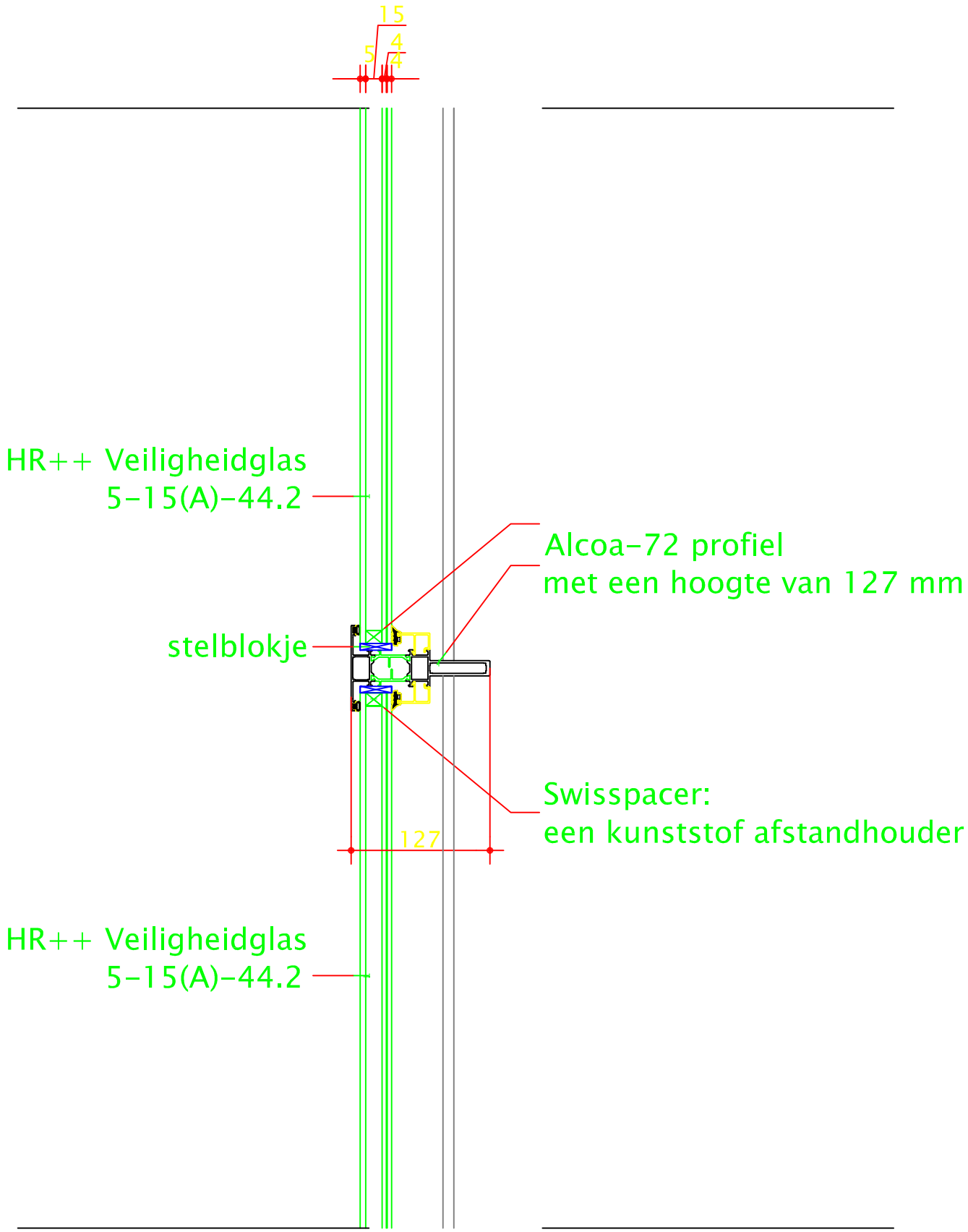
V11

Opdrachtgever: Van Delft Groep Project: Van Delft Groep	Onderdeel: details Schaal: 1 : 5	Getekend: 5.11.04 Gewijzigd: A GEWIJZIGD_A B GEWIJZIGD_B C GEWIJZIGD_C D GEWIJZIGD_D E GEWIJZIGD_E F GEWIJZIGD_F	fase: DO Tekeningnummer: 00	Werknummer: 01	HvU Tjako de Jonge 3705 ZA Zeist T 030-69 52 6 54 M 06-44 47 83 87 E tjakom@gmx.net

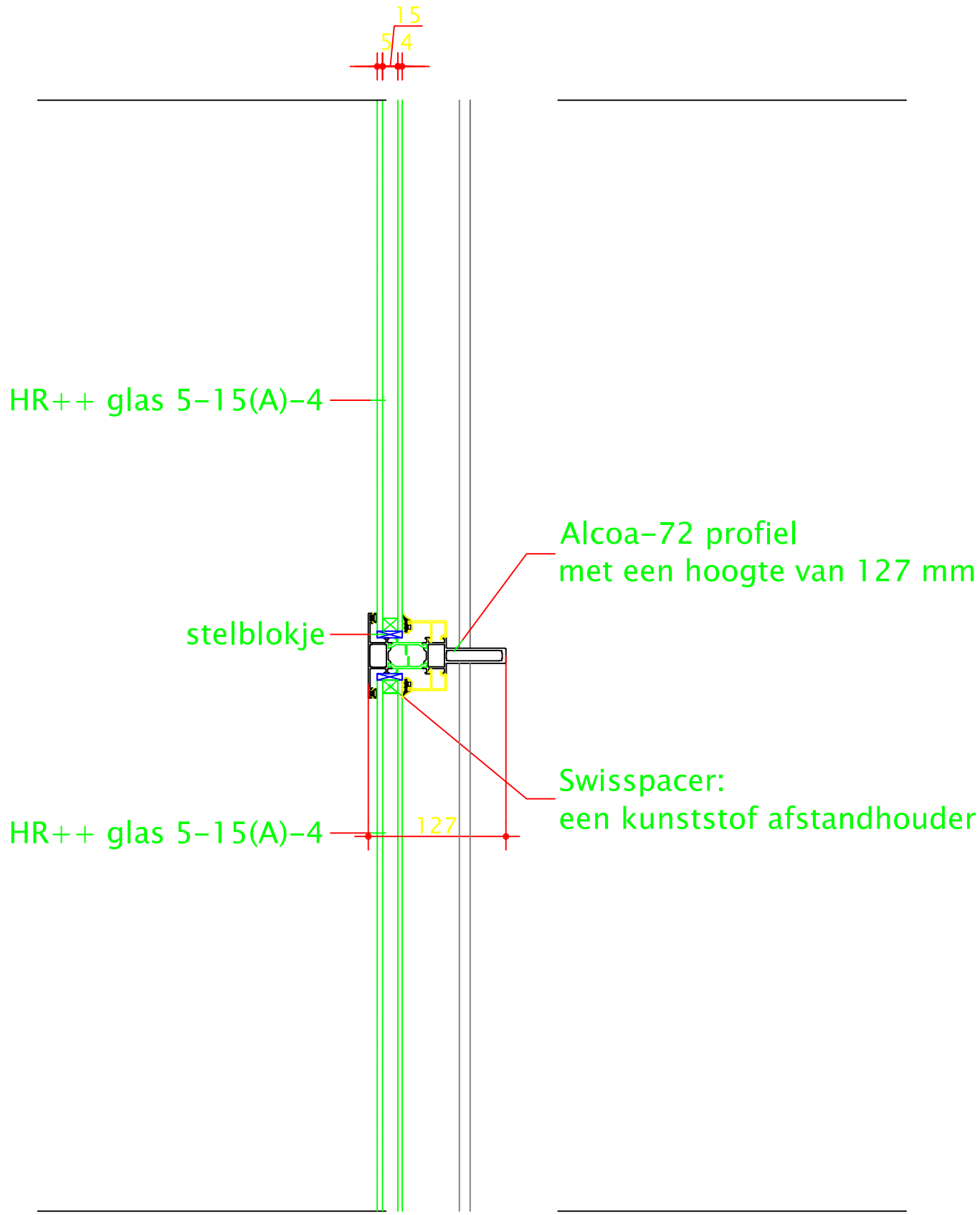


H11

Opdrachtgever: Van Delft Groep Project: Van Delft Groep	Onderdeel: details Schaal: 1 : 5	Getekend: 5.11.04 Gewijzigd: A GEWIJZIGD_A B GEWIJZIGD_B C GEWIJZIGD_C D GEWIJZIGD_D E GEWIJZIGD_E F GEWIJZIGD_F	fase: DO Tekeningnummer: 00	Werknummer: 01	HvU Tjako de Jonge 3705 ZA Zeist T 030-69 52 6 54 M 06-44 47 83 87 E tjakom@gmx.net



H12



H13

Opdrachtgever: Van Delft Groep Project: Van Delft Groep	Onderdeel: details Schaal: 1 : 5	Getekend: 5.11.04 Gewijzigd: A GEWIJZIGD_A B GEWIJZIGD_B C GEWIJZIGD_C D GEWIJZIGD_D E GEWIJZIGD_E F GEWIJZIGD_F	fase: DO Tekeningnummer: 00	Werknummer: 01	HvU Tjako de Jonge 3705 ZA Zeist T 030-69 52 6 54 M 06-44 47 83 87 E tjakom@gmx.net