



Bluedec scheidingswand

Het ontwerp van een dunne, hoogisolerende en stevige wand

Bachelorverslag
Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

Colofon

Bluedec scheidingswand

Het ontwerp van een dunne, hoogisolerende en stevige wand

Een ontwerpopdracht voor het bedrijf Parthian Technology B.V. (zie bijlage 1 voor info over dit bedrijf) ter afsluiting van de bachelorfase van Industrieel ontwerpen aan Universiteit Twente.

Auteur

W.R. ten Klooster - S1019317
Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente
Enschede

Universiteitsbegeleiders

Dr. Ir. L. Warnet
A. J. M. Goossens

Bedrijfsbegeleiders

E. Temmink
M. Willemsen

Datum

5 Augustus 2013

Voorwoord

Deze bacheloropdracht is uitgevoerd bij Parthian Technology B.V. Graag wil ik iedereen binnen dit bedrijf bedanken voor de hulp bij mijn opdracht en voor de super mooie tijd die ik er heb gehad.

Ook wil ik graag mijn begeleiders van de Universiteit bedanken voor hun hulp bij het uitvoeren van de bacheloropdracht.

Tot slot wil ik de enige echte mede-IO'er bij Parthian, Wouter, bedanken voor de onmeunige gezelligheid die onmisbaar was.

Ik wens u veel plezier met het lezen van mijn verslag dat met de nodige pijn en moeite in elkaar is gezet. Voor eventuele vragen sta zeker open.

Samenvatting

Bluedec is een zeer goed isolerend materiaal op basis van aerogel. Het materiaal heeft van zichzelf geen stijfheid en sterkte en het stoft zeer gemakkelijk. Het bedrijf Bluedec B.V. wil dit materiaal, gecombineerd met kunststof composiet huidplaten, op de markt brengen.

Met het bluedec materiaal kan een wand gecreëerd worden die extreem dun is, zeer goed isoleert, hufterproof is en vrij licht is. Een directe toepassing hiervoor is een scheidingswand voor de koel- en vriestransportsector. Hier zijn deze eigenschappen van cruciaal belang voor de koeling van de goederen. Het doel van de opdracht is om met het bluedec materiaal een gebruiksvriendelijke scheidingswand te maken die die zeer dun is, goed isoleert en hufterproof is. Daarnaast moet deze wand geschikt zijn voor andere toepassingen, zowel met 2- als 3-dimensionale constructies.

Om een wand te creëren die aan éénieders eisen voldoet zijn verschillende stakeholders geïdentificeerd en is er per stakeholder een pakket van eisen opgesteld. Daarnaast is er een marktanalyse gedaan om een beter zicht te krijgen op de huidige situatie m.b.t. scheidingswanden. Ook is er een overzicht gemaakt van mogelijke toepassingen voor de wand en

welke eisen daarbij horen. Tot slot is er onderzocht hoe het bluedec verwerkt kan worden in een wand. Resultaten van dit rapport zijn: per stakeholder een pakket van eisen voor de scheidingswand en een algemeen pakket van eisen voor verdere toepassingen, een weergave van de ideale werking van de wand in een vrachtwagen, een weergave van de opbouw van de wand, een warmteweerstandanalyse van de scheidingswand, een productieconcept, een grove kostenschatting en een prototype van het paneel.

Er is een wand ontworpen bestaande uit een paneel en een frame. Het paneel bestaat uit het bluedec materiaal, twee vezelversterkte kunststof huiden, I-profielen voor stijfheid en sterkte en hardschuim rondom het paneel om het geheel af te dichten. Het frame bestaat uit een vezelversterkte kunststof en biedt mogelijkheden om lossen onderdelen aan de wand te bevestigen en maakt het mogelijk een 3-dimensionale constructie te maken.

Dit rapport is geschreven ter afronding van de bachelor van de studie Industrieel Ontwerpen aan Universiteit Twente voor het bedrijf Parthian Technology B.V.

Summary

Bluedec is a high isolating material based on aerogel. It has little stiffness and strength and it dusts very easily. The company Bluedec B.V. wants to create a sandwich construction with this bluedec material and fiber-reinforced plastic skins and put it on the market. A wall that is extremely thin, well isolating, solid and light weight can be created with this sandwich construction. A direct application for such a wall is a separation wall for the refrigerated transport sector where these properties are of great importance.

The goal of this assignment is to design a user friendly separation wall consisting of the bluedec material. This wall needs to be extremely thin, well isolating and solid. Furthermore needs this wall to be suitable for use in other products.

To make sure the wall complies with all demands a list of stakeholders is drafted and per stakeholder a list of requirements is composed. Also a market analysis is performed to get a better view on the current situation. A list of possible future applications is set with the associated requirements. Finally is examined how a wall with the bluedec material can be build.

Results of this thesis are: A list of requirements, a render of the ideal functioning of the separation wall in the truck, a render of the ideal structure of the wall, a heat resistance calculation of the separation wall, a concept for production, a rough cost estimation and a model of the panel.

A wall, consisted of a panel and a frame, is designed. The panel is formed by the bluedec material, fiber-reinforced plastic skins, I-profiles for stiffness and strength and rigid foam to seal the bluedec from the surrounding. The frame is made from fiber-reinforced plastic and gives the wall its firmness. It also makes it possible to attach accessories to the wall and to build 3-dimensional constructions.

This thesis is written to complete the bachelor phase of the study Industrial Design at the University of Twente for the company Parthian Technology B.V.

Inhoudsopgave

H1 - Inleiding	8
H2 - Analyse	9
2.1 - Wat is Bluedec?	9
2.2 - Huidige situatie scheidingswanden	10
2.3 - Belang van luchtcirculatie	10
2.4 - Scheidingswanden marktonderzoek	11
2.5 - Verdere toepassingen	13
2.6 - Stakeholders	13
2.7 - Pakket van eisen scheidingswand	13
2.8 - Eisen verdere toepassingen	16
H3 - Ontwerp	17
3.1 - Werking in de vrachtwagen	17
3.2 - Opbouw van de wand	19
3.3 - Detaillering	22
H4 - Productie en kosten	27
4.1 - Productie frame	27
4.2 - Productie paneel	27
4.3 - Kosten	28
H5 - Resultaat	30
H6 - Conclusie	31
H7 - Aanbevelingen	32
H8 - Bronvermeldingen	33
H9 - Bijlagen	34

H1 - Inleiding

Bluedec is een materiaal op basis van een nonwoven doek geïmpregneerd met aerogel. De lage dichtheid van deze aerogel zorgt voor een zeer goede isolatiewaarde. Het materiaal is licht en flexibel, maar toch ook bestand tegen compressie. Doordat het materiaal slechts enkele jaren geleden ontwikkeld is heeft het nog weinig toepassingen gevonden. Door dit materiaal te combineren met een kunststof composiet, wat bekend staat om zijn lage gewicht en hoge sterkte, kan er een paneel gecreëerd worden dat dun, sterk en licht is en tegelijkertijd een zeer goede isolatiewaarde heeft.

In de koel- en vriestransportsector worden scheidingswanden gebruikt om de koeling van voedingsmiddelen te verbeteren. De koelwagens zijn dusdanig gebouwd dat er met een bepaald aantal pallets nog 20cm speling over is. De huidige scheidingswanden nemen te veel ruimte in beslag waardoor de koele lucht, die door de wagen wordt geblazen, vaak niet voldoende langs de goederen kan stromen. Het ontwerpen van een wand met het bluedecmateriaal in combinatie met composietplaten biedt hiervoor uitkomsten. Naast deze scheidingswand zijn er een aantal andere toepassingen waar een wand, bestaande uit deze materialen, uitkomsten biedt.

Dit rapport vermeldt op welke manier er met het bluedec een gebruiksvriendelijke scheidingswand gemaakt kan worden die zeer dun is, goed isoleert, hufterproof is en licht is. Ook is in dit rapport te vinden hoe deze wand voor andere toepassingen, zowel 2- als 3-dimensionale constructies, ingezet kan worden.

Om een wand te creëren die aan éénieders eisen voldoet worden verschillende stakeholders geïdentificeerd en wordt er onderzocht wat hun belangen zijn. Daarnaast is er een marktanalyse nodig om een beter zicht te krijgen op de huidige situatie m.b.t. scheidingswanden. Ook dient er een overzicht gemaakt te worden van overige toepassingen voor het paneelsysteem en welke eisen daarbij horen, zodat hier rekening mee kan worden gehouden bij het ontwerp. Tot slot wordt er onderzocht hoe het bluedec verwerkt kan worden in een wand.

Resultaten van dit rapport zullen zijn: per stakeholder een pakket van eisen voor de scheidingswand en een algemeen pakket van eisen voor verdere toepassingen, een weergave van de ideale werking van de wand in een vrachtwagen, een weergave van de opbouw van de wand, een warmteweerstandanalyse van de scheidingswand, een productieconcept, een grove kostenschatting en een prototype van het paneel.

H2 - Analyse

2.1 - Wat is Bluedec?

"bluedec® (zie figuur 2.1) is een nieuw isolatieproduct. De basisstof is een aerogel die rond 1930 is ontdekt. Als gevolg van de technologische voortuitgang, stijgende energieprijzen, de verwachte beschikbaarheid van fossiele brandstoffen en de wereldwijde CO2 problematiek is het product verder ontwikkeld.

In 1996 is men begonnen aerogel te verwerken in en/of met andere materialen. In 2004 was men zover en is een uitstekende stof voor thermische en akoestische isolatie ontstaan. Aerogel is een amorphe vorm van een synthetische silica met poriën van 20 nanometer. Ongeveer 95% van het volume is lucht waardoor aerogel het lichtste massieve isolatiemateriaal is. Deze kleine massa en extreem kleine poriën zorgen voor een effectieve isolatie van geleiding en straling van warmte en koude. De amorphe silica deeltjes voldoen aan de veiligheidsnormen en bouwreglementering. Aerogel is thermisch en UV stabiel, niet giftig, niet brandbaar en er is geen rookontwikkeling bij brand. Het is permanent waterafstotend, weerstaat waterdamp, groei van algen en meeldauwsporen. Aerogel vergeelt niet en behoudt zijn lichtdoorlatende witte kleur, is inert, waardoor het net zo lang mee kan gaan als het gebouw zelf en het kan herbruikt worden. Aerogel is een vaste stof, op basis van siliciumdioxide (SiO_2) met een poreuze, spons-achtige structuur. Ter vergelijking : de dichtheid van aerogel is zo'n 1000 keer lager dan die van glas, een ander materiaal

op basis van siliciumdioxide dat chemisch vrijwel identiek is aan aerogel." [1]

Versijningsvormen

Bluedec wordt geleverd in een aantal verschillende vormen:

- Dikte: 5mm of 10mm
- Brandwerendheid: Klasse C, Klasse A2 of uitvoering XT
- Afwerking: Basis, gecoat en gevacumeerd

Eigenschappen Bluedec

De eigenschappen van bluedec zijn hieronder weergegeven:

- Waterafstotend
- Drukvast
- Flexibel
- Hoog isolerend 0,0135W/mK, gevacumeerd 0,0045 W/mK (zie figuur 2.2 waar ook het isolerende materiaal PUR is weergegeven).
- Geen veroudering
- Temperatuurbereik: -200°C tot +200°C, gevacumeerd -50°C tot +120°C

Verwerkingsvormen

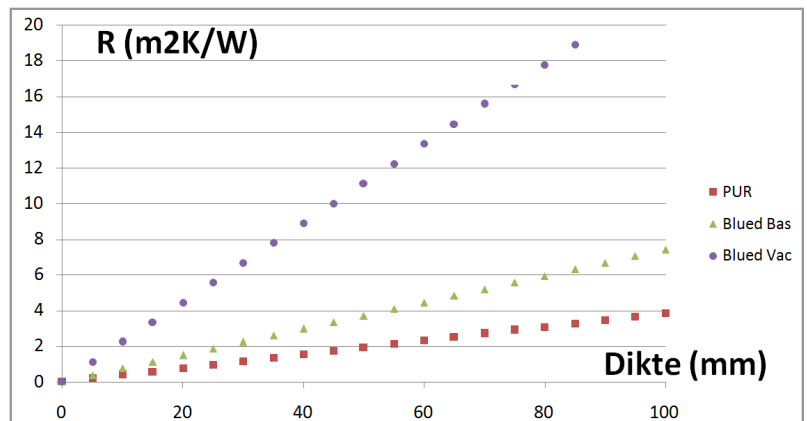
Bluedec is op de volgende manieren te verwerken.

- Stansen
- Knippen
- Naaïen
- Plakken

[2]



Figuur 2.1 - Bluedec 10mm opgestapeld
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 2.2 - warmteweerstandwaarde van pur, bluedec en bluedec vacuüm
Bron: T. Grimberg, W.R. ten Klooster

H2 - Analyse

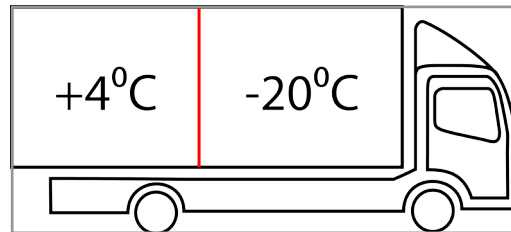
2.2 - Huidige situatie scheidingswanden

In geïsoleerde vrachtwagens bevindt zich vrijwel altijd een te verplaatsen tussenwand. Deze wand heeft een dikte van gemiddeld 5 cm en is te verplaatsen in de lengterichting van de vrachtwagen. Een scheidingswand heeft een aantal doelen:

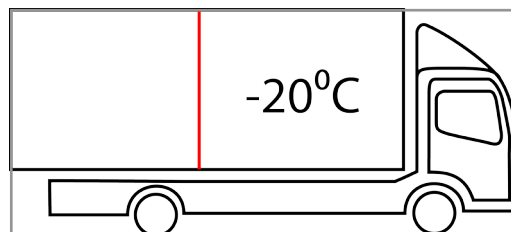
- Het laadruim verdelen in een vriesruimte en een koelruimte, zodat de verschillende producten met de juiste temperatuur vervoerd kunnen worden (zie figuur 2.3).
- Het laadruim verkleinen wanneer de lading beperkt is, zodat er geen onnodig grote ruimte gekoeld hoeft te worden en er daardoor energie wordt bespaard (zie figuur 2.4).
- Het kouverlies beperken wanneer slechts een gedeelte gelost hoeft te worden (zie figuur 2.5).

Een scheidingswand heeft niet als doel om schuivende lading te kunnen opvangen. Hiervoor bestaan balken die aan de zijwanden van de vrachtwagen vergrendeld kunnen worden.

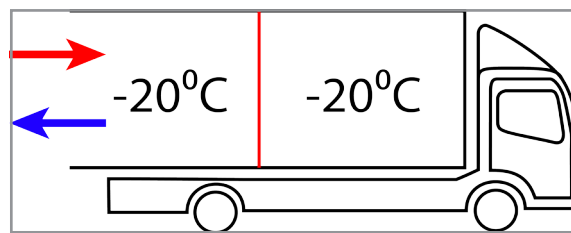
[3]



Figuur 2.3 - laadruim verdelen
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 2.4 - laadruim verkleinen
Bron: W.R. ten Klooster

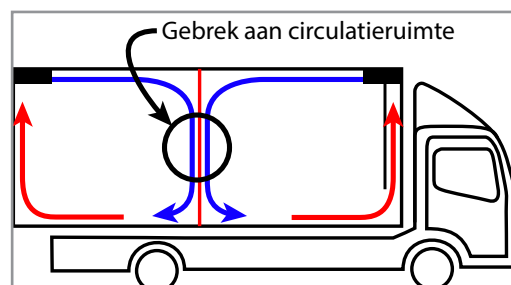


Figuur 2.5 - kouverlies beperken
Bron: W.R. ten Klooster

2.3 - Belang van luchtcirculatie

Een groot probleem bij scheidingswanden is dat er geen ruimte is voor lucht om te circuleren (zie figuur 2.6). Een koelmotor blaast met 10 tot 15 m/s koude lucht over de lading. Wanneer de lading direct tegen de scheidingswand staat kan deze luchtstroom niet circuleren, wat ten koste gaat van de koeling van de goederen. Het dicht op de wand plaatsen van de goederen wordt veroorzaakt door de lengte van de wagen. De gemiddelde koelwagen is 13,4m lang. Hier passen 11 europallets in met een totale speling van 20cm. Wanneer er een scheidingswand wordt gebruikt, wordt deze speling gedeeld door 3 waar de dikte van de wand nog vanaf gaat. Een wand van 5cm dik houdt daardoor 5cm speling over aan beide kanten, wanneer de pallets exact passen. De chauffeur heeft er daardoor alle belang bij dat de lading dicht op elkaar en op de scheidingswand wordt

geplaatst. Zo niet loopt hij het risico dat de laatste rij pallets er niet in past. Een wand die extra dun is kan enkele centimeters ruimte voor luchtcirculatie creëren. [3]



Figuur 2.6 - Luchtcirculatie in de koelwagen
Bron: W.R. ten Klooster

H2 - Analyse

2.4 - Scheidingswanden marktonderzoek

Er zijn een aantal typen scheidingswanden op de markt. Deze zijn hieronder beschreven.

Het eerste type wand bestaat uit één geheel (zie figuur 2.7). De wand kan in zijn geheel naar boven klappen, maar heeft daarvoor veel ruimte nodig. Dit is onhandig wanneer er een pallet achter de wand weggehaald moet worden, terwijl er voor de wand andere pallets staan. Een groot voordeel is dat deze wand over het algemeen goed isoleert, vanwege de vaak grote dikte en doordat deze de wanden goed afsluit. Deze wand is vaak opgebouwd uit een sandwichconstructie die PUR-schuim bevat. De wand kan door middel van een rail in de bovenhoeken van de laadruimte gemakkelijk in de lengterichting van de wagen verplaatst en vaak ook vergrendeld worden. Dit type wand wordt ook vaak geproduceerd in 2, 3 of soms zelfs 4 delen. Het voordeel daarvan is dat de chauffeur een gedeelte omhoog kan klappen, waardoor de mogelijkheid ontstaat om goederen die achter de wand staan te lossen, terwijl er voor de wand nog goederen staan.

Een ander type scheidingswand is gemaakt van flexibele dekens (zie figuur 2.8). De wand wordt ondersteund door horizontale of verticale buisframes. Het kost relatief veel tijd om de wand te verplaatsen of los te halen, maar kan indien deze niet in gebruik is tot een klein pakketje gevouwen worden. Een ander voordeel is dat deze wand geen laadhoogteverlies heeft.

Het bedrijf Temax heeft een variant genaamd de distriwand. Deze is ook opgebouwd uit flexibele dekens, maar kan ook zeer gemakkelijk door rails in de lengterichting van de vrachtwagen worden gereden.

Een ander type wand is het isolatiegordijn (zie figuur 2.9). Deze wand heeft een relatief lage isolatie door het gebruik van een enkele laag PVC strips. Een voordeel van dit gordijn is de transparantie, daardoor kan de chauffeur goed zien welke lading er achter geplaatst is.



Figuur 2.7 - Solide wand uit één geheel
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 2.8 - Isolerende dekens
Bron: Loadlock B.V.



Figuur 2.9 - Isolatiegordijn
Bron: SBS security & safety products

H2 - Analyse

Het laatste type, relatief nieuw, is van Heiwo en bestaat uit drie panelen die langs elkaar kunnen schuiven (zie figuur 2.10). De wand heeft weinig ruimte nodig om weg te schuiven en kan gedeeltelijk weggeschoven worden. Een nadeel is wel dat de totale dikte van de wand enorm groot is. Verder kan deze wand ook in de lengterichting van de wagen verplaatst worden langs rails.

De onderstaande tabel (figuur 2.11) geeft informatie over de verschillende scheidingswanden. Cellen met een "-" zijn onbekende waarden. Zoals te zien in de tabel is er een groot verschil in dikte, isolatiewaarde, gewicht en prijs van de wanden.



Figuur 2.10 - Heiwo schuifwand
Bron: Thermo King B.V.

Huidige markt scheidingswanden							
Merk	Type	Dikte	U-waarde	Gewicht	Laadhoogteverlies	Aantal delen	Prijs (ex works)
Loadlock	Frigowall Single span standard	43 mm	0,58 W/m ² K	120 kg	120 mm	1	-
Loadlock	Frigowall Single span/ 2&3D	43 mm	0,58 W/m ² K	130-150 kg	120 mm	2, 3	-
Loadlock	Frigowall Single span - SP	43 mm	0,58 W/m ² K	130 kg	120 mm	1	-
Loadlock	Tempwall 60	60 mm	0,63 W/m ² K	25 kg	0 mm	2, 3	-
Loadlock	Tempwall 80	80 mm	0,38 W/m ² K	32 kg	0 mm	2, 3	-
Loadlock	IBL Isolock	-	0,79 W/m ² K	-	0 mm	2	-
Storwall	Auto-Storr	-	1,25 W/m ² K	60 kg	120 mm	1	€ 2.900,00
Storwall	T-250 Flex	-	-	7 kg	-	2	€550,00 - €650,00
Storwall	T-150 Flex	-	-	7 kg	-	-	€ 450,00
Storwall	T800 Standaard Bifold	80 mm	2,5 W/m ² K	30 kg	0 mm	1, 2, 3, 4	€ 1.500,00
Storwall	T800 Single Span - Bar	80 mm	2,5 W/m ² K	30 kg	-	-	€ 2.000,00
Storwall	T800 Single Span - Bar - Door	80 mm	2,5 W/m ² K	30 kg	-	-	€ 2.400,00
Storwall	T800 Standaard Bifold	80 mm	2,5 W/m ² K	30 kg	-	-	€ 1.500,00
Storwall	T500 Standaard Bifold	50 mm	-	-	-	-	€ 1.120,00
Storwall	T500 BiFold Sprinter	50 mm	-	-	-	-	€ 1.200,00
Storwall	Strips-Fix	-	-	-	-	n.v.t.	€ 395,00
Storwall	Strips-Fix-Shift	-	-	-	-	n.v.t.	€ 695,00
Storwall	Strips-Slide	-	-	-	-	n.v.t.	€ 725,00
Storwall	Strips Slide-Shift	-	-	-	-	n.v.t.	€ 1.100,00
Temax	Coolfix	75 mm	2,5 W/m ² K	30 kg	0 mm	-	€1.930,00 - €2.530,00
Temax	Coolflex H	15 - 35 mm	0,476 - 0,958 W/m ² K	-	-	-	€223,00 - €448,00
Temax	Coolflex V	15 - 35 mm	0,476 - 0,958 W/m ² K	-	0 mm	1, 2	€297,00 - €522,00
Temax	Distriwand	15 - 35 mm	0,476 - 0,958 W/m ² K	-	-	-	€1.623,00 - €1.879,00
Temac	PVC strips door curtains	-	-	-	-	n.v.t.	€690,00 - €1.395,00
Heiwo	-	-	-	-	-	3	-
SBS	Folding Partition	-	-	-	-	1	€ 690,00
SBS	Thermo Curtain	-	-	-	-	1	€556,00 - €710,00
SBS	PVC Curtain	-	-	-	-	n.v.t.	-
SBS	Sliding wall	-	-	-	-	2	€585,00 - €675,00
SBS	Safe Cold	40 mm	-	-	-	2, 3	€1.530,00 - €1.950,00

Figuur 2.11 - Marktanalyse scheidingswanden
Bron: W.R. ten Klooster

H2 - Analyse

2.5 - Verdere toepassingen

De wand kan ook voor andere toepassingen gebruikt worden. Om een goed product te kunnen maken moet er nu al worden vastgesteld wat deze andere producten zijn. Het unique selling point (USP) van de wand is: De wand is extreem dun, heeft tegelijkertijd een zeer goede isolatie en kan tegen een stootje. Dit USP is opgesteld in overleg met de heer T. Wassing [4]. Hiernaast staat een aantal mogelijke toepassingen waar dit USP een uitkomst kan bieden.

- Isolatiebox voor weg- of luchttransport
- Vaste tussenwand in bestaande koelruimtes
- Tijdelijke koelruimte
- Dak, vloer en wandisolatie
- Vrachtwagenwanden
- Bouwkeet
- Schuurtje
- Tuinhuisje
- Tijdelijk huis
- Party tent
- Kas

2.6 - Stakeholders

Er is een drietal stakeholders te benoemen. Deze drie bedrijven oefenen invloed uit op het ontwerp van de wand.

Bluedec B.V.

In eerste instantie Bluedec B.V. Dit bedrijf wil het bluedec op de markt brengen. Bluedec B.V. is de directe opdrachtgever van Parthian Technology en is daarom de belangrijkste opdrachtgever.

Transportbedrijf

Ten tweede het transportbedrijf. Hieronder vallen een aantal substakeholders die onder één naam worden

weergegeven. Substakeholders zijn bijvoorbeeld de chauffeur die een gebruiksvriendelijke wand wil, de afdeling inkoop die een goedkope wand wil en de afdeling schade die een sterke goed te repareren wand wil. Transportbedrijf Dasko representeert deze stakeholder.

Thermo King

Tot slot het bedrijf Thermo King. Ondanks dat Thermo King geen wanden zal gaan produceren of inkopen is dit bedrijf een belangrijke stakeholder. Hier is de opdracht voor de scheidingswand ontstaan en het bedrijf weet als geen ander hoe scheidingswanden functioneren en zouden moeten functioneren.

2.7 - Pakket van eisen scheidingswand

Er zijn per stakeholder eisen opgesteld. Het tot stand komen van de eisen en wensen is in overleg met deze stakeholders gebeurd.

Iedere eis is verbonden aan één van de volgende drie noodzaken: *moet*, *zou moeten* en *als het kan*. Deze noodzaak geeft aan hoe belangrijk de stakeholder de eis vindt.

H2 - Analyse

Bluedec B.V.

De eisen van Bluedec zijn opgesteld aan de hand van een gesprek met T. Wassing, eigenaar Bluedec B.V. Zie bijlage 2 voor een korte samenvatting van dit gesprek.

Met als USP: "De wand is extreem dun, heeft tegelijkertijd een zeer goede isolatie en kan tegen een stootje" zijn de belangrijkste eisen dat er aan die drie punten voldaan wordt (Zie figuur 2.12).

Bluedec				
Eis			Waarde	Noodzaak
verkoopprijs eerste jaar	prijs/m2 algemeen	bluedecmateriaal	35	moet
		omhulsel + profiel	75	moet
		totaal	110	moet
	prijs geheel (6,25m2)	marktprijs	160	moet
		bluedecmateriaal	220	moet
		omhulsel + profiel	470	moet
		totaal	690	moet
		marktprijs	1000	moet
verkoopprijs tweede jaar	prijs/m2 algemeen	bluedecmateriaal	40	Zou moeten
		omhulsel + profiel	60	Zou moeten
		totaal	100	Zou moeten
	prijs geheel (6,25m2)	marktprijs	130	Zou moeten
		bluedecmateriaal	250	Zou moeten
		omhulsel + profiel	350	Zou moeten
		totaal	600	Zou moeten
		marktprijs	800	Zou moeten
gewicht	max kg	per onderdeel	25	Zou moeten
formaat	dikte max (mm)	bluedec materiaal	10	Zou moeten
		omhulsel	10	Zou moeten
		totaal	20	Zou moeten
		bluedec materiaal	15	moet
		omhulsel	15	moet
		totaal	30	moet
	hoogte (mm)	totaal	2250	moet
	breedte (mm)	totaal	2440	moet
compartimenten		aantal	1	Moet
			2	Zou moeten
			3	Zou moeten
glijsteem	gebruik van bestaande systeem			Zou moeten
afzetmarkt	Nederland			moet
	Europa			Zou moeten
	wereldwijd			als het kan
productie	eerste jaar	aantal	500	Moet
	eerste jaar	aantal	2500	Zou moeten
	tweede jaar	aantal	2500	moet

Figuur 2.12 - Pakket van eisen voor stakeholder Bluedec B.V.
Bron: W.R. ten Klooster

H2 - Analyse

Transportbedrijf

De eisen van het transportbedrijf zijn opgesteld aan de hand van een gesprek met J. Draaijer,

schadespecialist bij transportbedrijf Dasko koel- en vriestransporten. Voor een samenvatting van dit gesprek zie bijlage 3. J. (Zie figuur 2.13).

Dasko				
Eis			Waarde	Noodzaak
voldoen aan wetgeving	ARBO			moet
	HACCP			moet
	geen schuivende lading			moet
prijs	aanschaf		1000	moet
	afschrijving (jaren)	minimaal	5	zou moeten
temperatuur	koelruimte (graden celcius)	minimaal	25	moet
			-25	moet
	buitentemp (graden celcius)	minimaal	30	als het kan
			35	zou moeten
			40	moet
kwaliteit	hufteproof			moet
	wand mag niet scheef gaan hangen			zou moeten
	wand mag niet ongewenst schuiven			moet
afmetingen	wand totaal	breedte (mm)	2450	moet
		hoogte (mm)	2600	moet
		dikte (mm)	60	moet
			50	zou moeten
	ruimte om te laden/lossen	hoogte (mm)	2350	moet
	geleideprofiel	hoogte (mm)	65	moet
gebruik		breedte (mm)	30	moet
	makkelijk in gebruik			zou moeten
	snel in gebruik			zou moeten

Figuur 2.13 - Pakket van eisen voor het transportbedrijf als stakeholder

Bron: W.R. ten Klooster

H2 - Analyse

Thermo King

De eisen van het Thermo King zijn opgesteld aan de hand van een gesprek met Andre van Asselt, Account

Manager Thermo King Transportkoeling B.V. (zie figuur 2.14) Voor een samenvatting van dit gesprek zie bijlage 4.

Thermo King				
Eis			Waarde	Noodzaak
afmetingen	hoogte (m)	tussen	2,4 - 2,7	Als het kan
		in ieder geval	2,55	Zou moeten
	breedte (m)	tussen	0,8 - 2,50	Als het kan
		in ieder geval	2,5	Zou moeten
isotiewaarde	dikte (mm)	maximaal	50	moet
		gemiddeld	0,4	zou moeten
	k-waarde (W/m2K)	gemiddeld	0,5	moet
variabel	over lengterichting			moet
	in breedte			zou moeten
stevigheid	hufterproof			moet
wegklapruimte	benodigd (m)	maximaal	2,5	moet
		maximaal	1	zou moeten
		maximaal	0	als het kan
ruimte voor luchtcirculatie				moet

Figuur 2.14 - Pakket van eisen voor stakeholder Thermo King
Bron: W.R. ten Klooster

2.8 - Eisen verdere toepassingen

De toepassingen die eerder genoemd zijn (zie hoofdstuk 2 Analyse, Verdere toepassingen) hebben een aantal gemeenschappelijke eisen. Aan deze eisen moet worden voldaan:

- De wand moet dun zijn zodat deze weinig ruimte in gebruik neemt bij gebruik en in opslag.
- De wand moet dusdanig isolerend zijn dat er met -20°C. een ruimte gemakkelijk is te verwarmen.
- De wand moet zo stijf zijn dat een kubusconstructie van 5 x 5 x 5 meter zeer weinig doorbuiging ondervindt
- De wand moet gemakkelijk te gebruiken zijn in combinatie met verschillende toebehoren.
- De wand moet brandvertragend zijn.

Eisen die per toepassing veel kunnen verschillen zijn:

- De wand moet sterk zijn.
- Er moet een 3-dimensionale constructie van de wand gemaakt kunnen worden.
- De wand moet licht genoeg zijn gemakkelijk door één persoon in elkaar gezet te kunnen worden.

Een meer compleet pakket van eisen is opgesteld voor de Isolatiebox voor weg- of luchttransport. Zie daarvoor bijlage 5.

H3 - Ontwerp

3.1 - Werking in de vrachtwagen

Concepten

Om een wand te verkrijgen die voldoet aan de wensen van de stakeholders dient er in eerste instantie te worden onderzocht wat de ideale werking is van de scheidingswand in de koelwagen. Met name voor de eindgebruiker is dit een belangrijk onderdeel van het ontwerp. Een ontwerpstudie heeft geleid tot de volgende 5 concepten.

Concept 1

Concept 1 is vergelijkbaar met de werking van een garagedeur (zie figuur 3.1). De wand bestaat uit een aantal segmenten die langs een rail omhoog kunnen rollen. De wand kan in zijn geheel in de lengterichting van de wagen verplaatst worden over een tweede rail.

Voordelen:

- Wand heeft bijna geen ruimte nodig om omhoog gerold te worden.

Nadelen:

- Twee verticale rails in de wagen zijn kwetsbaar voor heftrucks.

Concept 2

Concept 2 heeft drie wanddelen die omhoog kunnen klappen. In het midden van de wand bevindt zich een scharnierpunt. Door ter hoogte van dit punt te trekken kan de wand worden ingeklapt (zie figuur 3.2).

Voordelen:

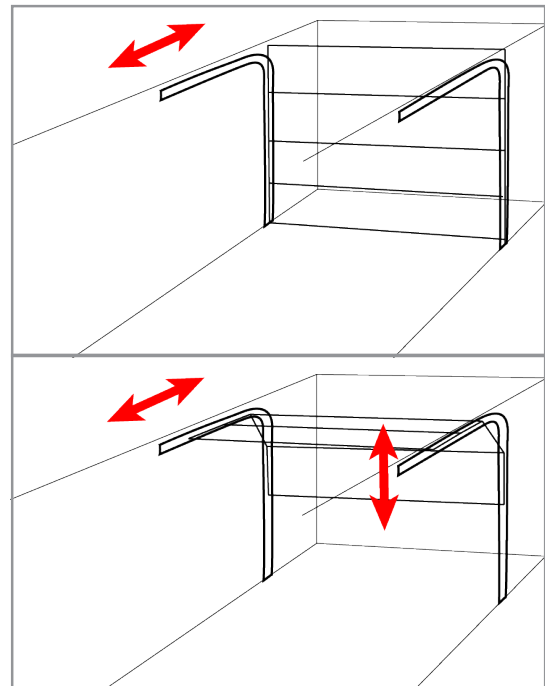
- Goede afsluiting boven en onder door sterke inklemming.
- Benodigde krachten zijn laag en bevinden zich op ergonomische hoogte.
- Automatische vergrendeling door sterke inklemming.

Nadelen:

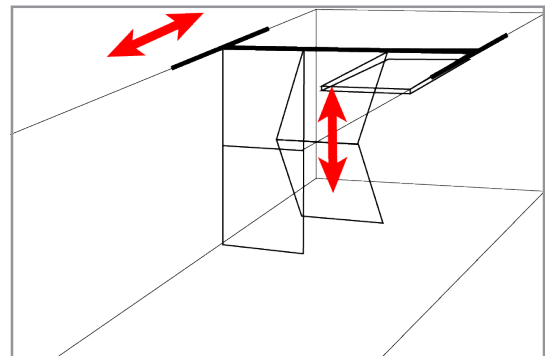
- Het is lastig om de verschillende wanddelen goed aansluitend naast elkaar te positioneren.

Concept 3

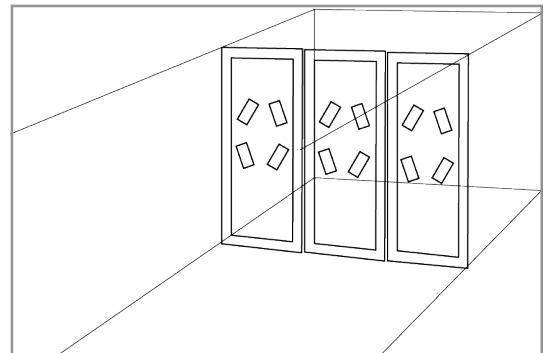
Concept 3 bestaat uit drie losse wanddelen. In het midden bestaan deze uit stevig materiaal. Aan de buitenkanten bevindt zich schuim dat beschermd is



Figuur 3.1 - Concept 1
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 3.2 - Concept 2
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 3.3 - Concept 3
Bron: W.R. ten Klooster

H3 - Ontwerp

door stevig zeil. Met behulp van de handvatten kan de wand in de juiste positie worden geplaatst. De wanden kunnen in de wagen geklemd worden en blijven zo op hun plaats (zie figuur 3.3).

Voordelen:

- Eenvoudig systeem.
- Zeer Robuust

Nadelen:

- Zware delen die getilt moeten worden.
- Losse wanden staan in de weg.
- Latig om de losse wanddelen goed aansluitend naast elkaar te laten positioneren.
- Concept is niet uniek.

Concept 4

Concept 4 bestaat uit drie wanddelen die alleen bovenaan kunnen scharnieren. Door onderaan een handvat te trekken is de wand gemakkelijk op te klappen. De wand is door een rail in de lengterichting van de wagen te verplaatsen (zie figuur 3.4).

Voordelen:

- Eenvoudig systeem.
- Bestaande bovenframe kan gebruikt worden.

Nadelen:

- Concept is niet uniek.

Concept 5

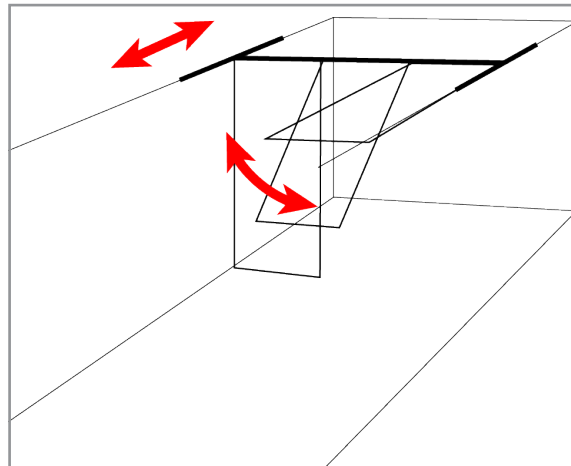
Concept 5 bestaat uit één groot deel. Dit deel is in de lengterichting van de vrachtwagen te verplaatsen door de wand lichtelijk te draaien (zie figuur 3.5).

Voordelen:

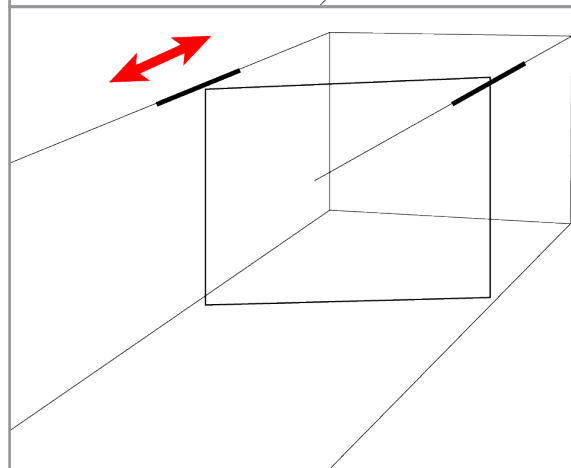
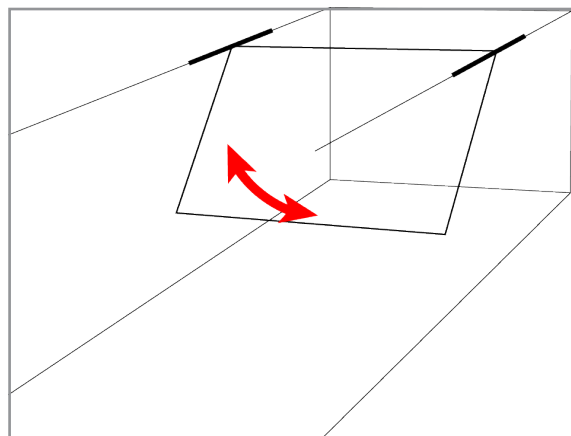
- Wand is aan de zijkanten goed af te sluiten door inklemming.
- Automatische vergrendeling wanneer de wand recht staat.

Nadelen:

- Wand is lastig omhoog te klappen door inklemming.
- Wand heeft veel ruimte nodig om omhoog te klappen.



Figuur 3.4 - Concept 4
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 3.5 - Concept 5
Bron: W.R. ten Klooster

H3 - Ontwerp

Conceptvergelijkingen

De 5 concepten zijn vergeleken met de eisen, zie bijlage 6. Hieronder staat een overzicht van het aantal keren dat een concept voldoet aan een eis (V), niet voldoet aan een eis (X) en het aantal keer dat het nog niet bekend is (/). Dit is opgedeeld per noodzaak (zie figuur 3.6).

Per concept wordt het aantal eisen waar niet aan voldaan wordt afgetrokken van het aantal eisen waar wel aan voldaan wordt. Op deze manier blijft er voor ieder concept een score over per noodzaak (zie figuur 3.7).

De noodzaak moet telt het meest zwaar. Concept 4 scoort het hoogst en heeft dus de voorkeur. De waarden liggen echter erg dicht bij elkaar. Concepten 2, 3 en 5 zitten slechts 1 punt lager, daarom wordt er ook gekeken naar de categorie zou moeten. Hier scoort concept 2 het hoogst en kort daaronder zit concept 4. Uit deze vergelijking komt concept 4 daarom als beste keuze. Daarna komt concept 2. Dit is niet heel verrassen aangezien deze twee concepten veel op elkaar lijken.

	Aantal eisen								
	Moet			Zou moeten			Als het kan		
	v	/	x	v	/	x	v	/	x
Concept 1	24	8	6	14	7	7	5	0	0
Concept 2	24	10	4	17	8	3	4	0	1
Concept 3	24	10	4	14	9	5	4	0	1
Concept 4	25	9	4	17	7	4	4	0	1
Concept 5	24	10	4	12	8	8	4	0	1

Figuur 3.6 - Het aantal eisen waar de concepten wel, niet of misschien aan voldoen opgedeeld per noodzaak

Bron: W.R. ten Klooster

Verschil aantal eisen dat voldoet met aantal eisen dat niet voldoet			
	moet	zou moeten	als het kan
Concept 1	18	7	5
Concept 2	20	14	3
Concept 3	20	9	3
Concept 4	21	13	3
Concept 5	20	4	3

Figuur 3.7 - Het aantal eisen dat niet voldoet afgetrokken van het aantal dat wel voldoet.

Bron: W.R. ten Klooster

3.2 - Opbouw van de wand

Er is een aantal alternatieve toepassingen waar verschillende eisen gelden. Met name het gewicht, de sterkte en het kunnen maken van een kubus-vorm. Wanneer de wand uit één enkel product bestaat zal dit leiden tot het maken van compromissen. Daarom

wordt het product opgesplitst in twee delen: 1, De plaat die licht is en een extreem goede isolatie heeft en 2, een frame dat zorgt voor de sterkte van de wand en de mogelijkheid tot het maken van kubus-constructies.

H3 - Ontwerp

Frame

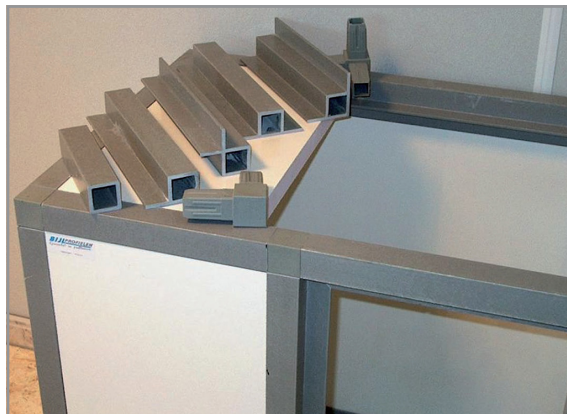
Een aluminium frame is goedkoop en licht, maar heeft als groot nadeel dat het een gigantische koudebrug creëert in de wand. Daarom wordt er gebruik gemaakt van een kunststof frame.

Het bedrijf Bijl Profielen B.V. heeft een kunststof vezelversterkt pultrusieframe ontwikkeld, dat sandwichpanelen extra stevigheid geeft en de mogelijkheid biedt om meerdere panelen, zowel 2- als 3-dimensionaal, aan elkaar te schakelen [5] (zie figuur 3.8). Een soortgelijk frame is ideaal voor de te ontwerpen wand.

Om gemakkelijker losse accessoires, zoals handvatten en scharnieren, te kunnen monteren aan de wand bevindt zich een uitsparing over de lengte van het profiel. Hierin kunnen bevestigingsplaatjes worden geschoven waarmee verschillende accessoires kunnen worden vastgezet. Dit systeem bestaat al langere tijd voor geëxtrudeerde aluminium profielen, waardoor er veel bestaande onderdelen gebruikt kunnen worden voor het kunststof frame (zie figuur 3.9 en 3.10).

Doordat het nieuwe frame andere afmetingen heeft dan het frame van Bijl Profielen, kunnen de bestaande hoekstukken niet gebruikt worden. Het laten maken van spuitgegoten hoekstukken is duur [6]. Daarom wordt er gebruik gemaakt van 90 graden bevestigingsplaten (zie figuur 3.11).

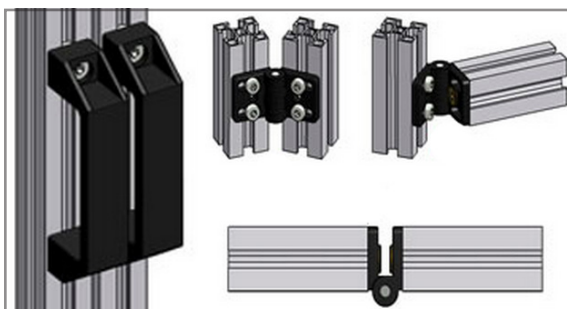
Om de wand goed af te laten sluiten met de trailerwanden is het nodig een rubberprofiel aan de zijkant van het frame te bevestigen. Ook hier kan er gebruik worden gemaakt van de uitsparingen in het profiel door een rubberextrusieprofiel te maken dat hier in past.



Figuur 3.8 - Glasvezelversterkt Kunststofextrusieprofiel
Bron: Bijl profielen B.V.



Figuur 3.9 - Aluminium profiel met bevestigingsplaatje
Bron: 80/20inc. B.V.



Figuur 3.10 - Bevestiging van accessoires
Bron: MiniTec GmbH & CO. KG



Figuur 3.11 - aluminium bevestigingshoekstuk
Bron: 80/20inc. B.V.

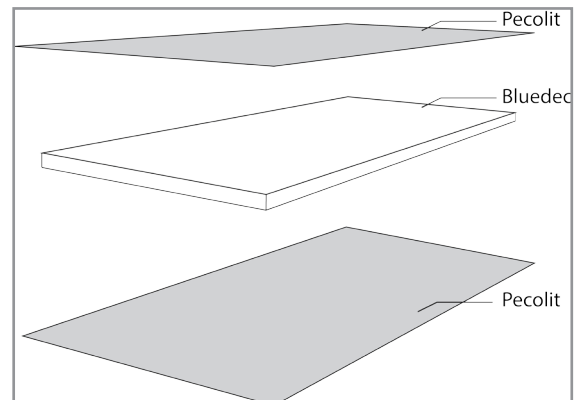
H3 - Ontwerp

Paneel

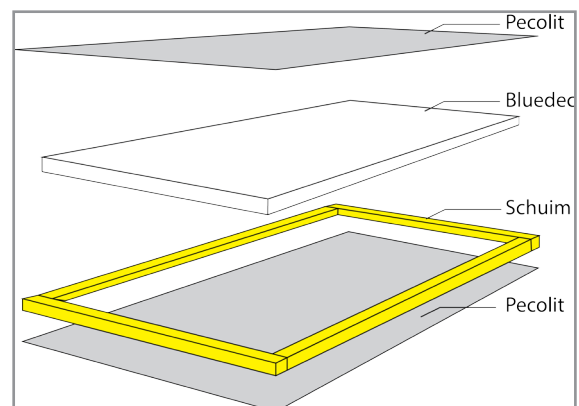
Het paneel bestaat als basis uit bluedec. Dit materiaal is echter geheel niet sterk en stijf. Daarom wordt er een sandwichconstructie mee gemaakt met kunststof platen (zie figuur 3.12).

Bluedec stoft zeer gemakkelijk. Dit is niet gewenst wanneer er in de directe omgeving voedingsmiddelen worden geplaatst, daarom is het nodig de randen af te sluiten. Hardschuim is licht, heeft een goede isolatiewaarde en is luchtdicht. Dit is daardoor uitermate geschikt om de randen van het paneel mee af te sluiten (zie figuur 3.13).

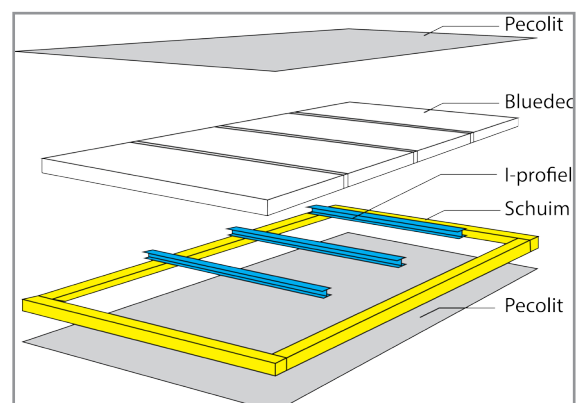
Bluedec kan weinig afschuifkrachten opvangen (zie bijlage 7 voor een lapsheartest). Daarom worden er dwarsbalken geplaatst tussen het bluedec om zo de stijfheid van de plaat nog iets omhoog te krijgen. Dit creëert alleen wel koude bruggen in het materiaal. Om dit te minimaliseren worden er kunststof I-profielen gebruikt. De hoeveelheid van deze I-profielen en de richting waarin ze liggen is makkelijk en goedkoop per toepassing aan te passen (zie figuur 3.14).



Figuur 3.12 - Kunststof platen voor stijfheid en sterkte
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 3.13 - Schuim ter afdichting van bluedec
Bron: W.R. ten Klooster



Figuur 3.14 - I-profielen voor stijfheid en sterkte
Bron: W.R. ten Klooster

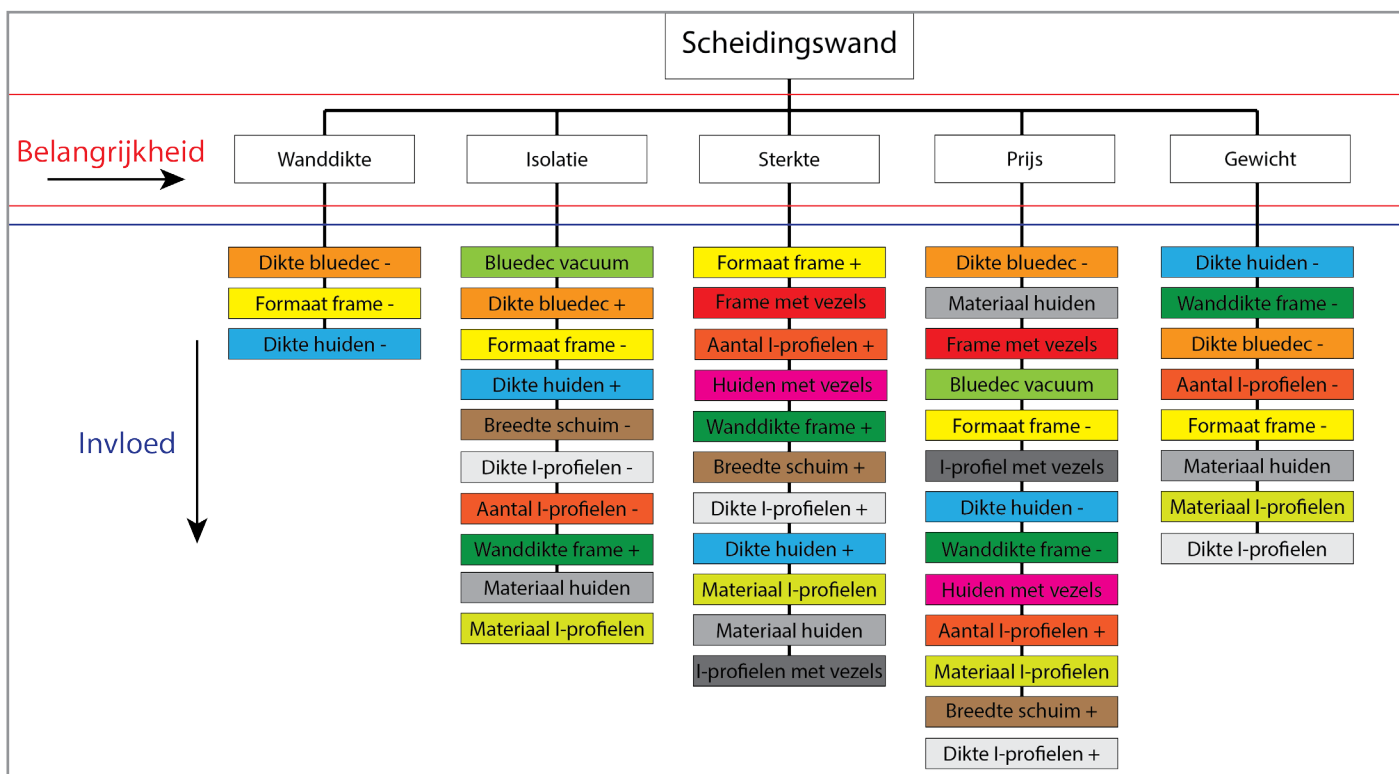
H3 - Ontwerp

3.3 - Detaillering

Er zijn veel variabelen, zoals afmetingen en materiaalkeuzes, die nog vastgesteld moeten worden. Deze variabelen hebben invloed op het voldoen van de eisen. Het vaststellen van deze variabelen is lastig, omdat ze elkaar tegenwerken. Zo moet bijvoorbeeld de dikte van het bluedec klein zijn om een dunne wand te verkrijgen, maar moet deze dikte groot zijn om een goede isolatiewaarde te geven. Om hier overzicht van te krijgen is dit voor de belangrijkste eisen in figuur 3.15 weergegeven. De eisen zijn van links naar rechts gesorteerd op belangrijkheid. De variabelen zijn van boven naar beneden gesorteerd

op invloed die ze hebben op de bijbehorende eis. Een "+" betekent dat de waarde zo hoog mogelijk moet zijn om aan de eis te voldoen en een "-" betekent dat de waarde zo laag mogelijk moet zijn om aan de eis te voldoen.

Dit overzicht geeft voor iedere variabele weer op welke eisen deze invloed uitoefent en in welke mate. Daardoor kunnen de variabelen nu gemakkelijker worden opgelost. Iedere variabele heeft een eigen kleur, zodat snel te zien is waar die variabele invloed op uitoefent.



Figuur 3.15 - Invloed van variabelen op belangrijke eisen
Bron: W.R. ten Klooster

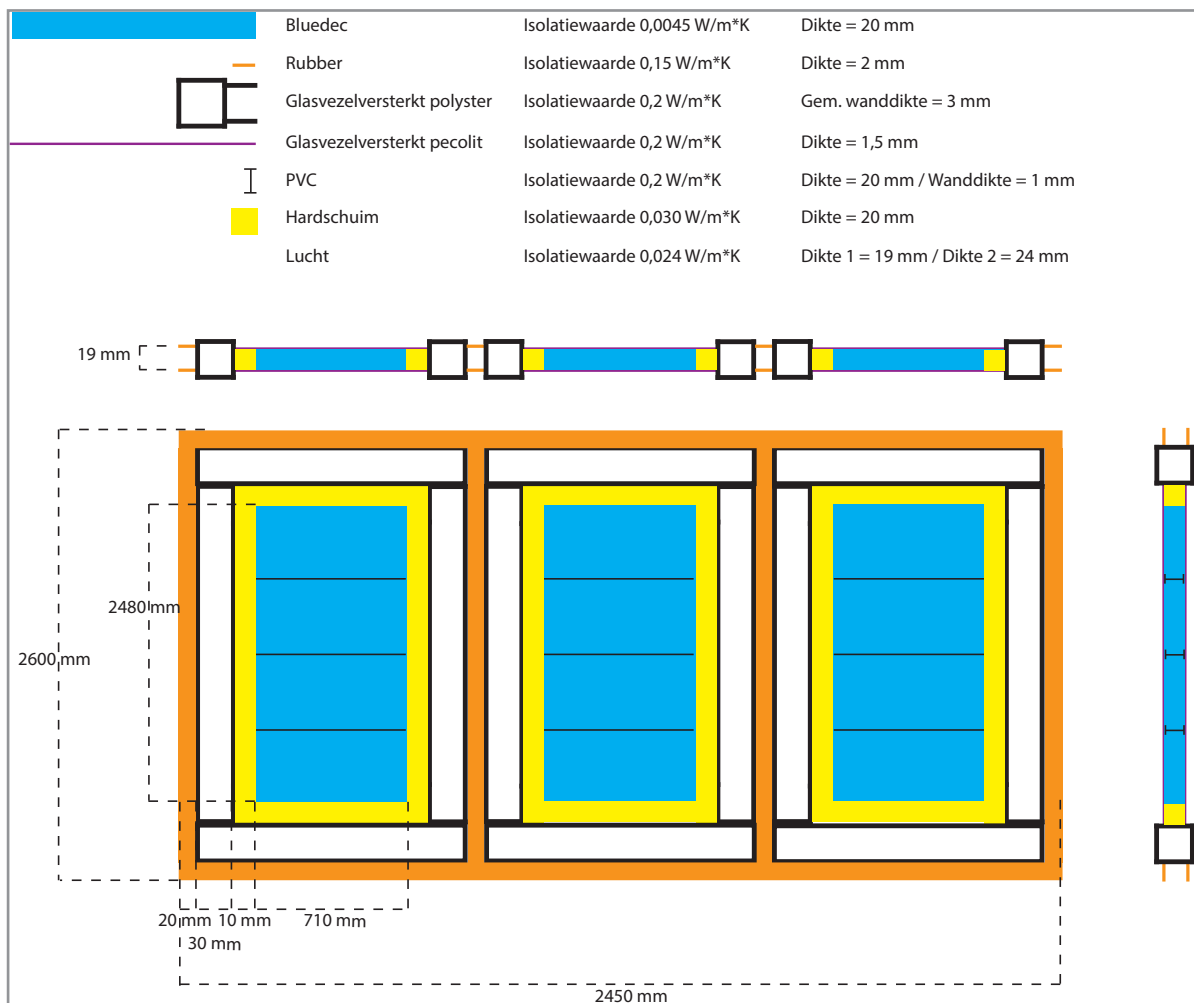
Bluedec

De dikte van het bluedec heeft veel invloed op de wanddikte, isolatie en prijs van de wand. Om het USP (beschreven in hoofdstuk 2.5 - verdere toepassingen) te realiseren wordt de dikte van het bluedec zo gekozen dat de isolatiewaarde van de wand overeen komt met de topklasse scheidingswanden qua isolatie. Dit is ongeveer 0,5 W/m²K, wat erop neer

komt dat er 20mm gevacumeerd bluedec gebruikt moet worden.

In de figuur 3.16 is te zien hoe de wand is opgebouwd (het frame is vereenvoudigd) en wat de isolatiewaarden zijn van de verschillende materialen. De wand bestaat uit drie delen die dezelfde isolatiewaarde hebben. De isolatiewaarde

H3 - Ontwerp



Figuur 3.16 - Vereenvoudigde weergave van de doorsneden van de wand
Bron: W.R. ten Klooster

(=U-waarde) van de wand kan daarom berekend worden met 1 wanddeel.

Om de totale isolatiewaarde (U-totaal) te kunnen berekenen wordt de wand opgedeeld in secties. Voor iedere mogelijke doorsnede is er een sectie. Op deze manier wordt er verondersteld dat er een paar parallelle warmtestromen zijn, die op hun weg allemaal hun eigen weerstanden ondervinden. Warmtestroom tussen de verschillende secties wordt daardoor verwaarloosd. Zie figuur 3.17 voor de gebruikte formules.

Zowel de isolatiewaarde van de gehele wand is berekend als de isolatiewaarde van alleen het paneel. onder het paneel wordt verstaan: het bluedec, de huiden, het schuim en de I-profielen. Voor

$$U_{\text{Totaal}} = \frac{1}{R_{\text{totaal}}}$$

$$R_{\text{totaal}} = \frac{\text{Oppervlakte}_{\text{totaal}}}{Q_{\text{totaal}}}$$

$$Q_{\text{totaal}} = \sum Q_{\text{secties}}$$

$$Q_{\text{sectie}} = \frac{\text{Oppervlakte}_{\text{sectie}}}{R_{\text{sectie}}}$$

$$R_{\text{sectie}} = \sum \left(\frac{\text{Dikte}_{\text{materiaal}}}{\lambda_{\text{materiaal}}} \right)$$

$$\text{Oppervlakte}_{\text{totaal}} = \sum \text{Oppervlakte}_{\text{secties}}$$

Figuur 3.17 - Berekening isolatiewaarde wand
Bron: W.R. ten Klooster

H3 - Ontwerp

verschillende diktes bluedec en verschil in regulier bluedec of bluedec onder vacuüm is de isolatiewaarde (U-waarde in W/m²K) van de wand en het paneel weergegeven in figuur 3.18.

Uit het USP is te halen dat de isolatiewaarde zeer goed moet zijn, maar dat het belangrijker is dat de wand dun is. Daarom wordt er gekozen voor vacuüm verpakt bluedec van 20mm. De U-waarde van de wand is dan 0,49W/m²K en de U-waarde van alleen het paneel is dan 0,28W/2K.

Ter controle van de berekening is er een conductietest uitgevoerd met een prototype van het paneel. De waarden van deze test zijn helaas onbruikbaar gebleken doordat het testmateriaal te dik is om betrouwbare gegevens uit te verkrijgen. Een geschikte dikte voor het uitvoeren van deze test is 7mm [7]

Huiden

Het materiaal pecolit is speciaal ontwikkeld voor de transportsector. Het heeft goede isolerende eigenschappen, het is impactbestendig en is licht (zie bijlage 12 voor meer gegevens). Dit materiaal is verkrijgbaar met glasvezelversterking [8]. Daardoor is dit materiaal is voor deze toepassing zeer geschikt.

Het dikker maken van de huiden heeft veel invloed op het gewicht van de wand, terwijl de stijfheid en sterkte maar weinig omhoog gaat. Daarom wordt de wanddikte laag gekozen. 1,5mm is de kleinste maat waarin nog veel materialen beschikbaar zijn [9]. Met deze maat is het in een later stadium mogelijk om een ander materiaal te gebruiken voor de huiden. Dit is daarom een handige maat om te gebruiken.

Het toevoegen van vezels aan de huidplaten voegt veel sterkte toe aan de wand. Dit is de extra kosten waard doordat er kan worden bespaard op dickere huidplaten of meer I-profielen.

Schuim

Het doel van het schuim is het afsluiten van het bluedec met de omgeving. Daarnaast geeft het ook

	U totaal	U paneel
Bluedec		
10mm	1,43	1,39
20mm	0,85	0,71
30mm	0,65	0,47
40mm	0,56	0,36
50mm	0,5	0,28
Bluedec vacuüm		
10mm	0,72	0,55
20mm	0,49	0,28
30mm	0,41	0,19
40mm	0,37	0,14
50mm	0,35	0,11

Figuur 3.18 - Isolatiewaarden wand en paneel in W/m²K.
Bron: W.R. ten Klooster

stijfheid en sterkte aan de plaat. Te veel schuim zorgt echter voor een minder goede isolatie. De breedte van het schuim wordt gekozen op 10mm. Dit is ruim voldoende om het bluedec luchtdicht af te sluiten. Een kleinere breedte zorgt voor moeizaam positioneren van het schuim bij de productie van het paneel. Een grotere breedte gaat ten koste van de isolatiewaarde.

I-profielen

Het aantal I-profielen is gemakkelijk en goedkoop aan te passen. Dit blijft daarom een variabele waarde voor de verschillende toepassingen.

De meeste kunststoffen hebben een afschuifwaarde van ongeveer 1GPa [10]. PVC is een goedkoop en veelgebruikt materiaal en daardoor ook gemakkelijk te verkrijgen. Dit is daarom een geschikt materiaal voor de I-profielen.

Een grote wanddikte van de I-profielen zorgt voor meer sterkte, maar creëert ook koudebruggen door de wand. De maximale dikte van de I-profielen wordt daarom 1 mm.

De afmetingen van het I-profiel zijn dus: 20mm x

H3 - Ontwerp

10mm met een wanddikte van 1mm.

De huiden van de wand bestaan uit vezelversterkte kunststof en staan 20mm uit elkaar. Deze kunnen genoeg kracht opvangen mits ze ten opzichte van elkaar niet kunnen afschuiven. De I-profielen moeten daardoor met name de afschuiving kunnen opvangen. Vezels in gepultrudeerde profielen liggen in de lengterichting van het profiel [11], waardoor de afschuifweerstand in de lengterichting niet zal toenemen wanneer er vezels worden gebruikt. De kosten van een vezelversterkt profiel zijn echter wel hoger. De I-profielen zullen dus geen vezels bevatten.

Frame

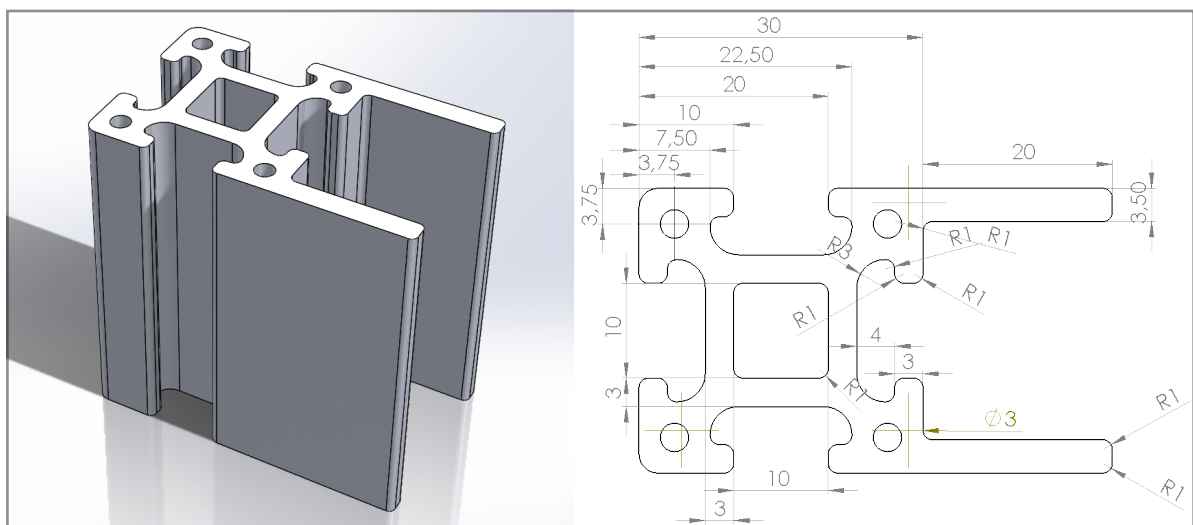
Het frame wordt, zoals eerder vermeld, gemaakt van kunststof vanwege de goede isolatiewaarde. Het toevoegen van glasvezels aan het frame zorgt voor veel extra stijfheid en sterkte. Dit brengt veel kosten met zich mee, maar is nodig om de totale wand dun én licht én sterk te houden. Polyester is licht, vloeistofdicht en heeft goede mechanische en chemische eigenschappen [10]. Daarnaast is dit een veelgebruikt materiaal bij pultrusie en is het relatief goedkoop [12]. Het frame wordt daarom gemaakt uit Glasvezelversterkt polyester.

De minimale wanddikte voor glasvezelversterkte polyester pultrusie is 3mm [13]. Een grotere

wanddikte zorgt voor extra sterkte, maar vergroot ook in grote mate het gewicht van de wand. De wanddikte van het frame wordt daarom zo klein mogelijk gehouden: 3mm. Hoeken moeten i.v.m. het pultruderen een minimale radius van 1mm hebben [13].

De sterkte van de wand wordt met name bepaald door de afmetingen van het frame. Zeker wanneer er grotere constructies worden gemaakt, is het belangrijk dat het frame sterk genoeg is. Een groot frame steekt buiten het paneel uit en voorkomt dat pallets tegen het paneel aan staan. Dit creëert enige ruimte voor luchtcirculatie, wat nodig is voor een goede koeling van de producten (zie hoofdstuk 2.3 - belang van luchtcirculatie). Daarom worden de buitenafmetingen van het frame gelijk gesteld aan de maximale waarden uit het programma van eisen: 30mm (zie figuur 3.19).

Wanneer het frame gebruikt wordt voor 3-Dimensionale vormen en in grote oplagen gemaakt moet worden kan het qua kosten uit om meerdere frames te laten maken, zodat er aan meerdere kanten panelen ingestoken kunnen worden. Hierdoor hoeven er niet twee framedelen aan elkaar gekoppeld te worden hetgeen de isolatiewaarde ten goede komt.



Figuur 3.19 - Weergave van het glasvezelversterkte polyester pultrusieframe
Bron: W.R. ten Klooster

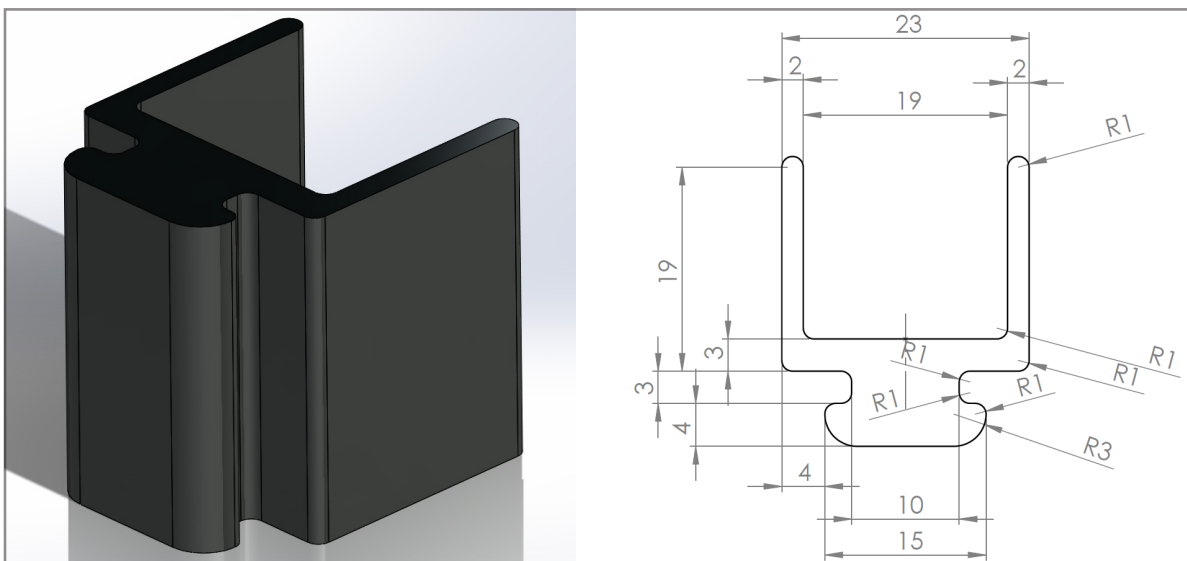
H3 - Ontwerp

Rubberprofiel

Het rubberprofiel moet goed kunnen afsluiten, maar het moet nog wel mogelijk blijven om de wand te verplaatsen in de lengterichting van de vrachtwagen. Een lange smalle flap maakt dit mogelijk. Het gebruik van meerdere flappen zorgt voor stilstaande lucht ertussen, wat resulteert in een betere isolatie. De afmetingen zijn zo gekozen dat het rubberprofiel exact tussen de flenzen van het pultrusieframe

past. Dit biedt mogelijkheden voor toekomstige toepassingen om een paneel in het frame te plaatsen dat gedempt is tegen schokken. Zie figuur 3.20 voor een weergave van het profiel.

Er is nog geen rubberprofiel gevonden dat geschikt is om in de uitsparing van het frame te bevestigen en dat op de gewenste manier kan afsluiten.



Figuur 3.20 - Weergave van het rubber extrusieprofiel
Bron: W.R. ten Klooster

H4 - Productie en kosten

4.1 - Productie frame

Het frame moet i.v.m. de glasvezels gepultrudeerd worden. Nederlandse bedrijven die dit kunnen zijn onder andere: Bijl Profielen B.V. (Noord Brabant) en BTM Vezelversterkte Kunststoffen B.V. (overijssel). De werktekening van het frame is te vinden op bijlage 8. De werktekening voor frames met flenzen aan meerdere kanten is te vinden in bijlage 9.

De handvatten, hoekverbindingen, bevestigingsplaatjes en eventuele andere losse asseciores voor het frame kunnen bijvoorbeeld ingekocht worden bij 80/20 inc. Een overzicht van alle beschikbare asseciores is te vinden op: <http://www.8020.net/Product-Catalog.asp>.

4.2 - Productie paneel

Idealiter wordt het bluedec geïnfuseerd met hars. Dit heeft namelijk als grote voordelen dat het bluedec compleet wordt afgesloten van lucht en dat er zeer sterke harsbruggen gemaakt kunnen worden. Parthian Technology B.V. heeft in 2012 een test gedaan met het infuseren van het bluedec (zie bijlage 15). Het resultaat was een compleet geïmpregneerde bluedecplaat die zijn isolatiewaarde had verloren. Er is binnen deze opdracht onderzocht wat de mogelijkheden zijn om bluedec te infuseren zonder dat het de hars opneemt (zie bijlage 16). Dit is echter niet gelukt. De oorzaak ligt mede bij het opzuigen van de hars door het bluedec (zie bijlage 14). Het dikker maken van de hars voorkomt dit, maar maakt infuseren onmogelijk. Voorgevacumeerd bluedec is luchtdicht verpakt en zuigt daardoor naar verwachting geen hars op. Helaas is er pas na de bachelorperiode weet gekomen van het bestaan van voorgevacumeerd bluedec, waardoor hier nog geen testen mee gedaan zijn. Er zou onderzocht kunnen worden wat de mogelijkheden zijn van het infuseren van gevacumeerd bluedec.

Het verlijmen van bluedec met twee composiet huidplaten is een tweede logische productiemethode. Verlijmen is een gemakkelijk proces en is een veelgebruikte productiemethode in deze sector. Er is voor het verlijmen van bluedec 300 tot 500 g/m² verlijming nodig (zie bijlage 13 voor meer

informatie). Belangrijk is dat de lijm weinig visceus is. Dit voorkomt dat de lijm in het bluedec gezogen wordt (zie bijlage 14). Ook is het belangrijk dat de lijm op de huiden wordt aangebracht. Dit voorkomt delaminatie bij de verlijming (zie bijlage 17). Wanneer het paneel wordt belast op buiging zal er afschuiving plaatsvinden in het bluedec. Een doorbuiging van 20mm over een lengte van 150mm heeft geen negatieve effecten op de stijfheid van het paneel. In bijlage 19 is te zien dat de maximale spanning bij een doorbuiging van 20mm gelijk blijft bij drie achtereenvolgende belastingen.

Ook is er onderzocht of bluedec te verlijmen is met nog niet uitgehard glasvezelcomposiet. De toegepaste techniek is daarbij handlamineren. Dit heeft als voordeel dat er twee stappen in de productielijn worden samengevoegd en er daardoor tijd en kosten kunnen worden bespaard. Deze manier van produceren heeft echter als nadeel dat er meer hars in het bluedec trekt, waardoor de goede isolatiewaarde verloren gaat (zie bijlage 18).

Uit de warmte-analyse van de wand is naar voren gekomen dat er twee lagen gevacumeerd bluedec nodig zijn om aan de isolatie-eisen te voldoen (zie

H4 - Productie en kosten

hoofdstuk 3.3 - detaillering). Wanneer het paneel belast wordt op buiging vindt er afschuiving plaats tussen de verschillende lagen. Bij gevacumeerd bluedec zal het kunststof omhulsel hierdoor naar verwachting kapot worden getrokken. Dit zal leiden tot vermindering van de isolatiewaarde. Het bluedec zal daarom niet worden verlijmd met de kunststof huiden. Verlijming vindt alleen plaats tussen het schuim en de huiden en tussen de I-profielen en de huiden.

De te gebruiken Pecolitplaat is: PE-GEGW 1,5 (Voor meer gegevens hiervan zie bijlage 12).

Het paneel kan als volgt geproduceerd worden:

- Pecolit platen verzagen met 10 mm extra aan alle zijden.
- Het schuim ook verzagen met rondom 10mm extra.
- 200g/m² lijm is gewenst voor de verlijming van het pecolit met het schuim en de I-profielen [13].
- Het schuim moet op de hoeken aan elkaar worden geniet zodat het niet verschuift.
- Het bluedec plaatsen.
- De hoeken controleren op een hoek van 90

graden. Vervolgens rondom het schuim ondersteunen met latten die kunnen worden vastgetaped.

- Pecolit bovenplaat rondom vasttappen na het plaatsen.
- Om kuilen in de plaat bij het bluedec te voorkomen kan er een houten plaat bovenop worden gelegd.
- De plaat 13 uur bij (zie ook bijlage 10) laten drogen onder een druk van 150 mbar [14].
- Tot slot rondom 10mm wegzagen.

Een bedrijf dat het juiste formaat I-profiel (20mmx10mm met wanddikte 1mm) verkoopt is nog niet gevonden. Het I-profiel kan indien nodig geproduceerd worden bij bijvoorbeeld CF-kunststofprofielen (overijssel).

Een goed te gebruiken lijm is: Cosmopur 850-1748/805 (Voor meer gegevens hierover zie bijlage 11). Deze lijm hecht goed aan de gekozen materialen en is relatief goedkoop.

De panelen kunnen geproduceerd worden bij Pecocar

4.3 - Kosten

Een grove kostenschatting is gemaakt voor de scheidingswand (zie figuur 4.1).

De kostenschatting bevat alleen de kosten van de onderdelen. De kosten van de handvatten, hoekverbindingen, bevestigingsplaatjes en I-profielen zijn gebaseerd op een kleine aankoop en zijn dus aan de ruime kant. Het inkopen van grote oplagen kan deze prijzen flink omlaag trekken.

Een missend onderdeel is het bovenframe waarmee de wand aan de vrachtwagen wordt bevestigd. Er moet dus rekening gehouden worden met extra kosten op dit gebied. Een grove schatting voor een dergelijk bovenframe is €100,00 tot €200,00 euro aan onderdelen (inc. geleiderails).

De kosten van de wand komen helaas boven de eis uit. De maximale kostprijs van de wand was voorgeschreven op €690,00, waarvan €220,00 voor het bluedec en €470,00 voor de overige onderdelen. Volgens de kostenschatting zijn de kosten voor het bluedec uitgekomen op €477,00 en de kosten voor de overige onderdelen op €486,75 (exc. Bovenframe), wat totaal neerkomt op €945,75 (€1.100,00 inc. bovenframe). Met name de kosten van het bluedec zijn dus hoog opgelopen.

Toch ligt de wand qua kosten goed in de markt. Met een verkoopprijs die inc. Overheadkosten (zelfde percentage als de eis) naar verwachting uit zal komen op €1.600,00 euro. Vergelijkbare wanden zijn onder andere: de Storrwall Auto-Storr voor €2.900,00, de SBS Safe Cold voor €1.530,00 tot

H4 - Productie en kosten

€1.950,00 en de Temax Coolfix voor €1.930,00 tot €2.530,00 (zie hoofdstuk 2.4 - Scheidingswanden marktonderzoek).

Kostenschatting						
		Prijs	Hoeveelheid per wanddeel	Prijs per Hoeveelheid wanddeel per wand	Prijs per wand	Prijs / m2
Frame	profiel	€10,00 / m	6.440 m	€ 64,40 19.320 m	€ 193,20	
	Handvat	€5,00 / st.	1 st.	€ 5,00 3 st.	€ 15,00	
	Hoekverbinding	€5,00 / st.	4 st.	€ 20,00 12 st.	€ 60,00	
	bevestigingsplaatjes	€0,20 / st.	22 st.	€ 4,40 66 st.	€ 13,20	
	rubber	€3,00 / m	5,07 m	€ 15,22 15,22 m	€ 45,66	
Paneel	Bluedec	€45,00 / m2 * 10mm	3,5 m2	€ 157,00 10,6 m2	€ 477,00	
	Pecolit	€10,00 / m2	3,65 m2	€ 36,50 10,95 m2	€ 109,50	
	I-profiel	€4,00 / m	2,13 m	€ 8,52 6,39 m	€ 25,56	
	Hardschuim	€3750,00 / m3	0,000571 m3	€ 2,14 0,00171 m3	€ 6,42	
	verlijming	€4,00 / kg	0,0171 kg	€ 0,07 0,0513 kg	€ 0,21	
Totaal				€ 313,25	€ 945,75	€ 148,47

Figuur 4.1 - Kostenschatting van de scheidingswand

Bronnen: R. Meddeler, Bijl Profielen B.V., TopFproducts B.V., Rubbermagazijn.nl, 80/20inc.

H5 - Eindresultaat

Het resultaat is een wand die extreem dun is (23mm), zeer goed isoleert ($0,49\text{W/m}^2\text{K}$) en goed tegen een stootje kan. Het gewicht is ongeveer 7kg per vierkante meter en de prijs ligt rond de 150 euro per vierkante meter (zie figuur 5.1).

Deze wand is in eerste instantie ontworpen als schedingswand voor in koel- en vrieswagens. De kleine dikte biedt ruimte voor koele lucht om te circuleren en verhelpt daarmee (gedeeltelijk) het oorspronkelijke probleem namelijk het slecht koelen van de goederen door een gebrek aan circulatie. Verder is er een wand ontworpen die gebruiksvriendelijk is, door het lichte gewicht en een eenvoudige werking in de vrachtwagen.

Wanneer de ontworpen wand wordt vergeleken met de bestaande wanden (zie figuur 2.11) is te zien dat het één van de best isolerende wanden is, één van de lichtste wanden is en de dunste solide wand. Daarnaast is deze wand vrij goedkoop naast vergelijkbare wanden. Deze combinatie zorgt ervoor dat er voor de wand, bestaande uit het bluedecmateriaal, ruimte is op de markt.

Het totaalgewicht van de scheidingswand wordt geschat op 45 kg. Vergelijkbare wanden hebben een gewicht variërend van 25 kg tot 150 kg zoals te zien in figuur 2.11 (daarbij is ervan uitgegaan dat de gegeven gewichten gelden voor de gehele wand). De ontworpen scheidingswand is daardoor niet de lichtste, maar is wel één van de lichtere wanden. Het

gewicht van een wanddeel is ongeveer 15kg. Dit is ruim onder de eis van 25kg, waardoor het volgens de ARBO-wet toegestaan is de wand te tillen en het ook mogelijk is voor één persoon om de wand op te bouwen.

Nog niet uitgewerkt is het bovenframe, dat de wand verbindt met de vrachtwagen. Dit bovenframe van andere wanden kan echter gebruikt worden van bestaande wanden, aangezien het model (drie opklappende delen) al bestaat. Dit bovenframe kan bevestigd worden aan de uitsparing in het ontworpen frame. Dit kan bij een carrosseriebouwer, die scheidingswanden produceert, geproduceerd worden.

De wand is echter ook geschikt voor andere toepassingen. Met het ontworpen systeem kunnen er in weinig tijd constructies, zoals tijdelijke huizen of een geïsoleerde party tenten, worden gemaakt en daarna weer worden afgebroken. Een constructie kan zonder problemen worden uitgebreid of ingekort. Ook kunnen er gemakkelijk handvatten, scharnieren, bevestigingsogen en andere accessoires worden bevestigd middels de uitsparing in het frame. Ook kan er eenvoudig een paneel worden vervangen door bijvoorbeeld een plexiglas plaat om een raam te creëren. Het enige dat nodig is om de constructie in elkaar te zetten is een schroevendraaier. Dit alles maakt de wand zeer geschikt voor allerlei verschillende toepassingen waar isolatie, wanddikte, gewicht en stevigheid een rol spelen.



Figuur 5.1 - Weergaven van het prototype
Bronnen: W.R. ten Klooster

H6 - Conclusie

Er zijn drie belangrijke stakeholders opgesteld: 1, Bluedec B.V. Het bedrijf dat het bluedec op de markt wil brengen. 2, Het transportbedrijf. Deze stakeholder schaft de wand aan en gebruikt hem. 3, Thermo King. Van dit bedrijf komt het idee om de scheidingswand te ontwerpen. In overleg met deze drie stakeholders is een pakket van eisen opgesteld voor de scheidingswand. Hieruit is naar voren gekomen dat de wand moet bestaan uit drie delen die los op te klappen zijn en over rails in de lengterichting van de wagen verplaatst kunnen worden.

Een marktanalyse van de scheidingswand is opgesteld. Hieruit blijkt dat er een aantal typen scheidingswanden op de markt zijn. Tussen deze verschillende typen zit veel verschil in dikte, isolatiewaarde, gewicht en prijs. Uit deze marktanalyse is te concluderen dat er voor de wand, bestaande uit het bluedecmateriaal, ruimte is op de markt.

Een aantal mogelijke toepassingen voor de wand is opgesteld met daarbij een aantal voornaamste eisen. Een paar eisen, waaronder de sterkte van de wand en de mogelijkheid tot het maken van kubusvormige constructies, verschillen per toepassing. Daarom is er besloten om de wand uit twee delen: een paneel en een frame op te bouwen om een aantal compromissen te vermijden.

Het fabriceren van een wand met als basis de bluedec isolatielaag is te realiseren door er een sandwichconstructie mee te maken met glasvezelversterkte pecolitplaten als huiden. Om het bluedec af te sluiten van de omgeving wordt er hardschuim langs de randen geplaatst. Sterkte en stijfheid worden aan het paneel toegevoegd door het gebruik van kunststof I-profielen. Om de wand als geheel meer sterkte te geven wordt er gebruik gemaakt van een extern glasvezelversterkt polyester extrusieframe. Aan dit frame kunnen de nodige accessoires worden gemonteerd zonder dat er koudebruggen in de wand ontstaan. Hiervoor is een productieconcept opgesteld om de wand in kleine oplagen te fabriceren. Het gewicht van één wanddeel zal ongeveer 15 kg zijn. Dit komt neer op

een gewicht van 7 kg/m². Dit is hierdoor één van de lichtere scheidingswanden op de markt. Van deze wand is een warmteweerstandanalyse gemaakt, waaruit blijkt dat de wand een 20mm dikke laag voorgevacumeerde bluedec nodig heeft om aan de isolatie-eisen te voldoen. De kosten die de scheidingswand in totaal met zich mee brengt zullen naar schatting €1.600,00 euro bedragen.

Het resultaat is een gebuiksvriendelijke scheidingswand met een basis van bluedec isolatiemateriaal. De wand is zeer dun, goed isolerend, hufterproof en licht. De kleine dikte van de wand creëert de mogelijkheid voor koele lucht om langs de wand te stromen. Dit verbetert de koeling van de goederen. Ook is het ontworpen paneelsysteem geschikt voor zowel 2- als 3-dimensionale constructies en kan het daardoor gebruikt worden voor verdere toepassingen.

H7 - Aanbevelingen

De kleine dikte van de wand maakt het mogelijk voor koele lucht om langs de wand te stromen. Toch kan de chauffeur de pallets nog steeds tegen de wand zetten. Om dit te voorkomen kunnen er ter hoogte van de pallets afstandhouders op het frame worden geplaatst.

Nog niet goed getest is de sterkte van de wand. Om een goed beeld te krijgen van de daadwerkelijke sterkte van de wand kunnen er driepuntsbuigingen op de wand worden uitgevoerd waarbij de afstand tussen de I-profielen varieëert. Belangrijk is dat de randen worden ingeklemd om het frame na te bootsen. Ook is het goed om te onderzoeken welk onderdeel van de wand het eerst kapot gaat. Wanneer bijvoorbeeld de verlijming het zwakste punt is kan de wand sterker worden gemaakt door I-profielen te gebruiken die meer contactoppervlak met het pecolit hebben. Wanneer de I-profielen zelf kapot gaan kan er worden gekozen voor dikkere profielen.

Een heftruckvork kan met veel kracht en snelheid op een wand botsen. Het is onmogelijk om de wand hier volledig tegen te beschermen. Een bovenframe dat de wand lichtelijk kan laten veren, maakt de wand echter wel beter bestand tegen deze heftruckvorken. Dit zorgt ervoor dat de kracht verdeeld wordt over de wand en het bovenframe. De wand van Storr B.V. genaamd de Auto-Storr maakt al gebruik van dit principe. Een andere mogelijkheid om de wand nog beter bestand te maken tegen impact van heftruckvorken is door een 30cm hoge aluminium plaat te bevestigen onderaan de wand. De heftruckvorken zullen dan tegen deze plaat botsen. 30cm is echter een geschatte waarde. Om zeker te weten hoe hoog deze heftruckpinnen komen dient er een onderzoek naar gedaan te worden. Het groter maken van de plaat zorgt voor minder risico op schade, maar vergroot het gewicht.

Het vervangen van de I-profielen door hardschuim vermindert het aantal verschillende materialen, is goedkoper en maakt het productieproces eenvoudiger.

Dit kan daardoor een goede aanpassing zijn. Hiervoor moet onderzocht worden wat het verschil is in isolatiewaarde en sterkte. Deze isolatiewaarde kan berekend worden met de formules uit figuur 3.17. De sterkte kan getest worden middels een driepuntsbuiging van pecolit verlijmd met het I-profiel en pecolit verlijmd met het . Deze test is mogelijk bij Parthian Technology.

Tot slot zou er onderzocht kunnen worden wat de mogelijkheden zijn met betrekking tot het infuseren van gevacumeerd bluedec. Doordat het gevacumeerde bluedec omringt is door folie, zal het naar verwachting geen hars opnemen. Het voordeel van dit proces is dat de wand uit minder onderdelen kan bestaan. Ook kunnen er zeer sterke harsbruggen gemaakt worden.

H8 - Bronvermeldingen

1. Bluedec B.V., 2013. Wat is Bluedec?, verkregen op 21-07-2013 van <http://www.bluedec.nl/wat-is-bluedec>
2. IMPT, Saxion, 2012. IMPT_Bluedec_v0.1.pdf. Juni 2012.
3. Van Asselt, A. 2013. Interview bij Thermo King B.V. Zie bijlage 4 voor de notulen.
4. Wassing, T. 2013. Interview bij Parthian Technology B.V. Zie bijlage 2 voor de notulen.
5. Kool, D. Bijl Profielen B.V.
6. Iutters, 2009. College, manufacturing 1
7. A. Sengupta, Mondeling bij Universiteit Twente
8. Pecolit, 2013. Website, Bezocht op: 28-07-2013 <http://www.pecolit.com/>
9. Mulder, 2013. Mondelijk bij Parthian Technology B.V.
10. CES edupack, 2012
11. Temmink, E. 2013. Mondeling bij Parthian Technology B.V.
12. Warnet, L. Mondeling bij Universiteit Twente
13. Van den Burg, J. 2013. Bijl profielen B.V.
14. Birth, M. 2013. Mondeling bij Pecolit B.V.

H9 - Bijlagen

- Bijlage 1 - Parthian Technology B.V.
- Bijlage 2 - Gesprek met Bluedec.
- Bijlage 3 - Gesprek met Dasko
- Bijlage 4 - Gesprek met Thermo King
- Bijlage 5 - pakket van eisen – isolatiebox
- Bijlage 6 - vergelijking concepten met het pakket van eisen
- Bijlage 7 - Lapshear test Bluedec
- Bijlage 8 – profiel
- Bijlage 9 – profielen
- Bijlage 10 – rubberprofiel
- Bijlage 11 - deel 1 – COSMOPUR
- Bijlage 11 - deel 2 – COSMOPUR
- Bijlage 11 - deel 3 – COSMOPUR
- Bijlage 12 – Pecolit
- Bijlage 13 - deel 1 - L20130430-1a
- Bijlage 13 - deel 2 - L20130430-1b
- Bijlage 13 - deel 3 - L20130430-1c
- Bijlage 13 - deel 4 - L20130430-1d
- Bijlage 13 - deel 5 - L20130430-1e
- Bijlage 13 - deel 6 - L20130430-1f
- Bijlage 14 - deel 1 - L20130425-1a
- Bijlage 14 - deel 2 - L20130425-1b
- Bijlage 14 - deel 3 - L20130425-1c

