Bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen

Innovatieve dakkapel

Arjan Wiggelinkhuizen
De Verbinding BV
Universiteit Twente
Industrieel Ontwerpen
04-11-2009

2

Volledige titel:	Innovatieve dakkapel
Naam:	Arjan Cornelis Wiggelinkhuizen
Studentnummer:	s0139629
Opleiding	Industrieel Ontwerpen
Datum bachelorexamen	04-10-2009
Naam en adres bedrijf	De Verbinding BV Osloweg 31-35 9723 BG Groningen
Examencommissie	Voorzitter: W.A. Poelman UT-begeleider: W.A. Poelman Bedrijfdbegeleider: P. van Burik Tweede examinator: A.P van den Beukel

Voorwoord

Dit verslag is geschreven in het kader van de bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen van de Universiteit Twente. Met dit verslag wordt het bachelorgedeelte van de opleiding afgerond. Daartoe moet de student een ontwerpopdracht uitgevoerd worden bij een extern bedrijf.
In dit verslag staat een opdracht beschreven, welke is uitgevoerd bij De Verbinding BV in Groningen. Dit bedrijf werkt met 90% dove werknemers en is de productie is dus ook afgestemd op dove werknemers.
Ik heb deze opdracht niet kunnen uitvoeren zonder hulp te krijgen van verschillende mensen. Allereerst wil ik Piet van Burik bedanken, de directeur van De Verbinding BV, welke mij de nodige feedback heeft gegeven, gedurende de opdracht, zodat ik soms met een andere visie op dingen ging kijken.
Ook wil ik Wim Poelman bedanken, die de begeleider vanuit de Universiteit was. Hij heeft me geholpen om vanuit de richtlijnen van de Universiteit het afstuderen van mijn bachelor te volbrengen. Ook heeft hij soms nieuwe informatie gegeven, zodat ik daarop kon verder bouwen.
Ik wil ook Lajos van Burik bedanken, de assistent bedrijfsleider en zoon van Piet van Burik. Hij heeft met mij dingen doorgesproken en mij op andere ideeën gebracht. Het was goed om dit af en toe te hebben , zodat er geen tunnelvisie zou ontstaan.
Dik Knook, Peter Bleeker en Vincent Schipper wil ik ook bedanken, alle drie werkzaam voor Schipper Kozijnen. Ik ben hun dankbaar dat ik daar presentaties mocht geven en dat ik daarop commentaar mocht krijgen, welke ik kon verwerken in het proces.
Ook wil ik Anton Verbeek en Ruud van Meulenbroek bedanken. Zij zijn beide master studenten, respectievelijk bij Mechanical Engineering en Advanced Technology, en hebben mij geholpen om een computermodel van het systeem te maken. Zonder hun hulp was dit waarschijnlijk niet gelukt en had ik geen keuze kunnen maken voor een bepaald concept.
Ik wil Kees Wiggelinkhuizen bedanken, mijn vader en constructeur bij Grontmij. Hij heeft mij geholpen met de sterkteberekening. Dit was zonder hem waarschijnlijk ook niet gelukt.
Voor de rest wil ik iedereen bedanken die mij op de een of andere manier heeft gesteund en meegedacht.

Arjan Wiggelinkhuizen

Inhoudsopgave

Voorwoord 4

Samenvatting 6

Abstract 8

Inleiding 10

1. Vooronderzoek 12
- 1.1 Inleiding 12
- 1.2 Marktonderzoek 12
- 1.3 Technologie onderzoek 12
- 1.3 Concurrentieanalyse 20
- 1.4 Dakkapelanalyse 22
- 1.5 Functieanalyse 23
- 1.6 Programma van Eisen 24

2. Conceptvorming 26
- 2.1 Inleiding 26
- 2.2 Concept A 26
- 2.3 Tussenonderzoek 27
- 2.4 Concept 1 28
- 2.5 Concept 2 29
- 2.6 Concept 3 30

3. Modellering 31
- 3.1 Matlab/Simulink model 31
- 3.2 Testrapportage 31
- 3.3 Conclusie 35

4. Conceptuitwerking 36
- 4.1 Conceptkeuze 36
- 4.2 Bekleding 37
- 4.3 Afleespaneel 38
- 4.4 Doorsnede 38
- 4.5 Isolatiewaarde 38
- 4.6 Sterkteberekening 39
- 4.7 Capaciteit 39
- 4.8 Kostprijsberekening 40
- 4.9 Windinvloed 42

5. Visualisatie 43
- 5.1 Presentatietekeningen 43
- 5.2 Renders 44

6. Prototype 48

Conclusies 52

Bronvermelding 53

Bijlage A: Bouwtekeningen 54

Bijlage B: Kostenanalyse 60

Bijlage C: Isolatiewaarde 62

Bijlage D: Sterkteberekening 65

Bijlage E: Heatloss berekening 67

Bijlage F: Matlab variabelen 69

Samenvatting

Voor de bacheloropdracht van de opleiding Industrieel Ontwerpen van de Universiteit Twente moeten studenten een ontwerpopdracht uitvoeren bij een extern bedrijf. Dit zorgt voor het afronden van het bachelorgedeelte van de opleiding.
Deze opdracht is uitgevoerd bij De Verbinding BV, gevestigd in Groningen. Het is een bedrijf wat dakkapel en schuifpuien maakt. Het is een bijzonder bedrijf, omdat het met 90% dove werknemers functioneert.
De opdracht, het ontwerpen van een innovatieve dakkapel met zonnecollector, is gesteld met de achterliggende gedachten:

- Een dakkapel zorgt voor een uitbreiding van de ruimte in een huis van een consument
- Een zonnecollector zorgt voor een vermindering op de stookkosten van een consument

Gezien de huidige milieuproblematiek is het voor De Verbinding interessant om met een nieuw product te komen, wat bijdraagt aan een vermindering van de consumptie van fossiele brandstoffen.
De logische combinatie is een dakkapel met een geïntegreerde zonnecollector, waardoor er twee positieve dingen worden gecombineerd in een product.

Vooronderzoek

Er is een marktonderzoek gedaan naar wat er allemaal mogelijk is op het gebied van zonne-energie. Sommige producten konden snel worden afgeschreven, omdat de afmetingen van deze niet efficiënt genoeg waren voor verschillende afmetingen dakkapellen. Uiteindelijk is er gekozen voor een systeem met een zonnecel die stroom opwekt samen met een thermische cel welke warm water opwerkt. Zo combineer je twee dingen die je uit de zon kan halen in één dakkapel. De thermische cel staat in verbinding met een warmtewisselaar, die omhuld is met Thermusol, een zout dat warmte op kan slaan. Zo ontstaat er een boiler, welke dezelfde capaciteit heeft als een conventionele boiler, maar die veel compacter is.
Ook is er gekeken naar wat de concurrentie doet op dit specifieke vakgebied. Er blijkt een firma te zijn die al een conventionele thermische cel in een dakkapel e heeft geïntegreerd.
Omdat de innovatieve dakkapel bij De Verbinding BV moet worden geproduceerd, is het ook zinvol om te kijken, hoe de huidige dakkapel eruit ziet. Daar is een collage van gemaakt.
Ten slotte is er een functieanalyse gemaakt, zodat er duidelijk wordt welke functies de dakkapel allemaal moet vervullen. Dit leidt tot een Programma van Eisen, waar alle eisen van de dakkapel instaan.

Conceptvorming

Er is toen begonnen met ontwerpen. Concept A was het eerste concept. Een concept wat gebruikt maakte van een zonnecel en een thermische cel, zodat er stroom en warm water kan worden opgewekt.
Uit een tussenonderzoek is gebleken dat de zonnecel veel te duur was en relatief te weinig opbracht. Dus daarom is er toen doorgegaan met alleen een thermische cel. Ook bleek dat de combinatie met de conventionele thermische cel en een warmtewisselaar met Thermusol niet nodig was. Alleen een warmtewisselaar omhult met Thermusol en een andere warmtewisselaar op het dak bleek ook goed te werken. Dit scheelt kosten en is makkelijker te maken.
Grofweg kunnen er dan drie concepten worden

Samenvatting

beschouwd:
Concept 1: Volledige stalen opbouw van de dakkapel met houten afwerking voor de boeidelen.
Concept 2: Volledige stalen opbouw van de dakkapel met stalen afwerking voor de boeidelen.
Concept 3: Volledige houten opbouw van de dakkapel waar de warmtewisselaar in komen te liggen.

Modellering

Om tot een goede conceptkeuze is er toen een Matlab/Simulink model gemaakt. Daarin kon worden gekeken of de capaciteit voldoende was. Daar uit was gekomen dat warmtewisselaars in de wangen helemaal niet nodig zijn voor de behoefte van warm water.

Conceptuitwerking

Er is een schema gemaakt met voor- en nadelen van elk concept. In combinatie met het computermodel is toen gekozen voor Concept 3. De houten opbouw met een inleg-warmtewisselaar.
Toen kon er detaillering plaatsvinden. Er is gekeken naar de bekleding met Keralit, kunststof panelen. Ook zijn er diverse berekeningen gemaakt, welke bevestigden dat dit een goed concept was.

Visualisatie

Er is een presentatietekening gemaakt en verschillende renders, welke het eindconcept goed visualiseren.

Prototype

Puur om de vormgeving is er een schaalmodel gemaakt. Dit is geen technische prototype, dus het energiesysteem werkt niet.

Conclusie

Er moet nog veel gebeuren, voordat de innovatieve dakkapel geproduceerd kan worden. Er moet nog veel optimalisatie plaats vinden, zodat het optimaal kan gaan werken.

Abstract

Purpose of the bachelor assignment, of the course Industrial Design on the University of Twente, is a design assignment which has to be executed at an external company. This provides completion of the bachelor part Industrial Design. This assignment is executed at De Verbinding BV, located in Groningen. It is a company which produces dormers and sliding doors. It is an extraordinary company, because it functions with 90% deaf employees.
The assignment, the design of an innovative dormer, is made with the following idea:
– A dormer provides an extension of the space in the consumer's house.
– A solar collector provides a reduction on the consumer's heating costs.
Looking at the environment problems, it is lucrative for De Verbinding to introduce a new product which contributes to a reduction of the fossil fuels.
The logic combination is a dormer with an integrated solar collector, whereby two positive things are combined in one product.
Research
A market research has been executed to the possibilities on the domain of solar energy. Some products could not be used in the dormer. The dimensions aren't sufficient for the dimensions of various dormers. Finally there has been chosen for a system containing a solar cell, which generates current, and a thermal cell, which generates warm water. The thermal cell is connected to a heat exchanger surrounded with Thermusol, a salt which can store heat. This creates a boiler, which has the same capacity as a conventional boiler, but is much more compact.
There has been looked to competing companies, what they have done on this specific discipline. One company produces a dormer, which contains a conventional solar collector.
Because the innovative dormer has to be produced at De Verbinding, it is useful to look at the current dormer. There has been made a collage to illustrate that.
Finally, there has been made a function analysis, to make clear the functions the dormer has to fulfill. This leads to the requirements of the dormer.
Conceptualization
Then, there has been started designing. Concept A was the first concept. A concept that uses a solar cell and a thermal. So that there can be generated current and warm water.
An investigation revealed that the solar cell was too expensive and also generates too little. Therefore, the conceptualization is continued with only the thermal cell. It also showed that the combination with the conventional thermal cell and a heat exchanger with Thermusol was not necessary. Only one heat exchanger surrounded with Thermusol and another heat exchanger on top of the roof was also found to work well. This saves costs and is easier to produce.
Basically there are three concepts are considered:
Concept 1: Full steel construction of the dormer with wooden roof edge.
Concept 2: Full steel construction of the dormer with steel roof edge.
Concept 3: Full wooden construction of the dormer where the heat exchanger can be placed in.
Modelling
To come to a good concept choice, a Matlab/

Abstract

Simulink model is created. So it was possible to check the capacity of the system. The computer model revealed that a heat exchanger in the sides of the dormer was unnecessary.

Concept development

A scheme with the advantages and disadvantages was made. In conjunction with the computer model is then chosen for Concept 3. Full wooden construction of the dormer where the heat exchanger can be placed in.

Then there could be made some details to the concept. The coating with Keralit, plastic panels, has been investigated. There are made various calculations, which confirmed that this was a good concept.

Visualization

There has been made a product presentation drawing and a couple of renders. They illustrate the final concept.

Prototype

To illustrate the design better, there has been made a model. This isn't a technical prototype, so the energy system doesn't functions.

Conclusion

There is much to do before the innovative dormer can be produced. Much optimization has to be done, so the dormer can function properly.

Inleiding

In mei is de bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen gestart, de afstudeeropdracht voor het bachelorgedeelte van de opleiding. Toepassing van de opgedane kennis was hiervoor een belangrijk doel.
Het doel van de opdracht was het ontwerp van een dakkapel met een ingebouwd energiesysteem. Zodat de ruimtewinning van een dakkapel werd gecombineerd met het opwekken van energie. Zo worden er twee positieve dingen uitgevoerd in één dakkapel.
De opdracht is uitgevoerd bij De Verbinding BV in Groningen, een bedrijf wat onder andere werkt voor Schipper Kozijnen te Opmeer. Zij produceren dakkapellen en schuifpuien. Wat zo bijzonder is aan De Verbinding BV is dat ze werken met 90% dove mensen. Dus de gehele communicatie is aangepast om de dove mensen zo effectief te kunnen laten produceren. Zo worden machines uitgevoerd met lampen, zodat de dove mensen kunnen zien of de machine aanstaat.
Schipper Kozijnen heeft voor een technische ondersteuning gezorgd, omdat deze al 40 jaar ervaring heeft op het gebied van dakkapellen.
Voor dat er gestart was met de opdracht is er een plan van aanpak gemaakt, hierin is een doelstelling vermeld:

"Het doel van deze opdracht is het ontwikkelen van een innovatieve dakkapel, een dakkapel met een geïntrigeerd zonne-energiesysteem. Er gaat een ontwerp en een prototype worden gemaakt, welke in principe klaar voor productie moet zijn. Ook gaat er gekeken worden naar marketing en logistiek van de dakkapel. Dit zal gedaan worden door te kijken naar de huidige dakkapel. Die wordt aangepast, zodat er een zonnecollectorsysteem kan worden ingebouwd. Uiteindelijk zal dit als een geheel kunnen worden verkocht en geplaatst. Er zal gekeken worden naar verschillende zonnecollectorsystemen en een keuze worden gemaakt wat het meeste efficiënte systeem is. Deze zal besteld en getest moeten worden. Vervolgens gaat er gekeken worden naar de plaatsing van de zonnecollector in de dakkapel. Er zal een marketingplan worden gemaakt, zodat de consument goed kan zien waarom de innovatieve dakkapel zo voordelig is. Ook wordt er naar de logistiek gekeken van een huidige dakkapel en dan kan er rekening mee worden gehouden in het ontwerp. Dit alles zal worden gedaan in een tijdsbestek van drie maanden."
Daaruit is een vraagstelling afgeleid en die luidde als volgt:

1. Wat voor zonnecollector gaat er worden gebruikt in de innovatieve dakkapel
    a) Wat voor soorten zonnecollectoren zijn er?
    b) Wat is de meeste efficiënte zonnecollector?
    c) Wat voor afmeting moet de zonnecollector krijgen?
2. Wat moet er aan de huidige dakkapel worden aangepast, als deze met een zonnecollector wordt uitgerust?
    a) Hoe ziet de huidige dakkapel eruit?
    b) Hoe ziet de zonnecollector met toebehoren eruit?
    c) Hoe kan de zonnecollector bevestigd worden?
    d) Wat voor componenten moeten er worden geïntegreerd in de dakkapel?

e) Wat voor componenten moeten los worden aangeschaft als de dakkapel wordt geplaatst?

3. Hoe moet het prototype eruit komen te zien, zodat deze klaar is voor productie

a) Wat zijn de verwachtingen, met be trekking tot het prototype, van De Verbinding?

b) Wat zijn de eisen met betrekking tot het vervoeren van de dakkapel(logistiek)?

4. Waarom moeten consumenten de innovatieve dakkapel aanschaffen?

a) Wat levert de consument op (wat is het unique sellingpoint)?

b) In hoeveel jaar wordt de dakkapel terugverdiend?

c) Zijn er nog nadelen voor de consu ment?

d) Wegen de voordelen op tegen de na delen?

Achteraf bekeken was dit allemaal te optimistisch en paste deze doelstelling niet in het tijdsbestek van drie maanden, maar dit was van te voren niet makkelijk om in te schatten.
Dit verslag is als volgt opgebouwd:

Vooronderzoek
Hierin zal worden uitgezocht wat er allemaal mogelijk is op het gebied van zonne-energie. Ook zal er gekeken worden naar wat concurren-ten al hebben gedaan met deze toepassing van zonne-energie. Daarna zal worden gekeken naar de huidige dakkapel, die wordt geproduceerd bij De Verbinding om te kijken wat er allemaal moet worden aangepast. Dan zal er een functieanalyse worden gemaakt, om te inventariseren wat de in-novatieve dakkapel allemaal moet kunnen. Daaruit zal een programma van eisen komen. Dit zal ook als laatste worden weergegeven.

Conceptvorming
In dit gedeelte zullen de concepten aan bod komen. Eerst zal er een concept worden gepre-senteerd, iets wat later toch niet haalbaar bleek. Daarom is er dan ook een stuk tussenonderzoek opgenomen in het verslag. Daaruit zijn drie ver-schillende concepten gekomen.

Modellering
Hierin zal een Matlab/Simulink model worden weergegeven en zullen er testen worden ge-maakt, om zo tot een gedegen conceptkeuze te komen.

Conceptuitwerking
Hierin zal eerst een keuze worden gemaakt welk concept er is gekozen. Daarna wordt dit concept verder uitgewerkt en zullen er verschillende de-taillering worden weergegeven. Onder andere een sterkteberekening, capaciteitsbeperking zullen aan de orde komen.

Visualisatie
In dit gedeelte zullen product presentatie tekenin-gen en renders van het concept worden weerge-geven.

Prototype
Hierin zal worden beschreven hoe de bouw van het schaalmodel is gedaan.

Conclusies en aanbevelingen
Hierin staat hoe verder moet worden gegaan met dit concept.

1. Vooronderzoek

1.1 Inleiding
Het vooronderzoek is grofweg op te delen in vier onderdelen. Een marktonderzoek naar wat de potentiele verkoop is, een onderzoek naar wat er allemaal mogelijk is op het gebied van zonne-energie, een analyse van wat concurrenten hebben gedaan en als laatste een analyse van de dakkapel die nu wordt geproduceerd.
Deze onderzoeken zullen uitmonden in een Functieanalyse van de innovatieve dakkapel en een programma van eisen.

1.2 Markonderzoek
De huidige prognose van de dakkapel is 200 per jaar. Schipper Kozijnen heeft vijf showrooms staan in Nederland, welke allemaal een regio van Nederland beslaan. Er is uitgegaan van een verkoop van 40 dakkapellen per showroom. Zo is de prognose opgebouwd.
Als de innovatieve dakkapel wordt geintroduceerd wordt de prognose verhoogt. Er wordt dan uitgegaan van grofweg een verdubbeling. De verwachte verkoop zal dan liggen op 500 dakkapellen per jaar.

1.3 Techniekonderzoek
Voor dat het ontwerpen van de innovatieve dakkapel kan beginnen, is het zinvol om te inventariseren wat er allemaal mogelijk is op het gebied van zonne-energie. In dit hoofdstuk wordt deze inventarisatie gemaakt en ook worden uitgelegd wat er toegepast kan gaan worden en het meest efficiënt werkt. Ook zal er een programma van eisen worden opgesteld waar het systeem aan moet voldoen.

1.3.1 Wat voor zonne-energiesystemen zijn er?
Grofweg kan er gesteld worden dat er twee soorten zonne-energiesystemen zijn. Te weten: PV-cellen en Thermischische cellen.
PV-cellen zetten zonne-energie in elektrische energie om, waar vervolgens besloten kan worden om dit op te slaan of om dit terug te leveren aan het net. Per saldo maakt dit niets uit, qua kosten.
Thermische cellen zetten zonne-energie in warmte om. Dit kan opgeslagen worden in een boiler, maar kan ook direct worden geleverd aan de CV-ketel.

1.3.2 PV-cellen
PV-cellen zijn er in meerdere varianten. Monokristallijn, multikristallijn en amorf. Monokristallijn heeft betrekking op de structuur van het silicium: de hele cel bestaat uit één siliciumkristal. Bij multikristallijn vormen meerdere kristallen samen een zonnecel en bij 'amorf' ontbreekt de kristalstructuur. Monokristallijn silicium zonnecellen zijn gemaakt van siliciumplakken die uit één groot 'monokristal' zijn gezaagd, waarin de siliciumatomen netjes gerangschikt zijn. Het rendement van

Fig. 1.1 Conventionele zonnecelen

monokristallijn silicium zonnecellen is in de praktijk 13 tot 16 %. Multikristallijn silicium wordt gegoten en is eenvoudiger en goedkoper te maken dan monokristallijn silicium. Tijdens het stollen ontstaan de verschillende kristalgebieden die het materiaal zijn karakteristieke uiterlijk geven. Het rendement van multikristallijne cellen ligt over het algemeen iets lager dan dat van monokristallijne cellen, over het algemeen tussen 13 en 15%. Amorf silicium zonnecellen worden gemaakt met een opdamp techniek, waardoor massaproductie relatief goedkoop is. Het rendement is echter (nog) niet zo hoog, namelijk 6 tot 8%.1
Mono- en multikristallijne cellen hebben een dus een aantal voordelen. Het rendement ligt hoger, dan de amorfe cellen. Dus dat wil zeggen dat de opbrengt van energie per m2, hoger is dan die van amorfe cellen. Zo wordt er dus meer aan energiekosten bespaard.
Er zitten ook nadelen aan de kristallijne cellen. Doordat de cellen onder een bepaalde hoek naar de zon moeten worden gericht, wordt de ruimte meestal niet optimaal benut. Doordat er schaduw ontstaat tussen de panelen gaat dit ten koste van de energieopbrengst.
Ook zijn de kristallijne panelen duurder dan de amorfe panelen, doordat elk paneel apart moet worden gemaakt. Amorfe cellen kunnen worden gemaakt in massaproductie, wat goedkoper is. Amorfe cellen hebben ook voordelen ten opzichte van de kristallijne. Doordat dit op een dragend materiaal wordt opgedampt, is het ook mogelijk om flexibele cellen te maken. Deze zijn breder toepasbaar. Ook kunnen er cellen worden gemaakt, met flexibele afmetingen.
Het nadeel van de amorfe cellen is dat deze (nog) minder rendabel zijn. Maar dit gaat in de toekomst ook veranderen.

1.3.3 Commerciële producten
Nuon Helianthos
Door een samenwerking van Akzo Nobel, TNO, TU Delft ,TU Eindhoven en de Universiteit Utrecht is er het Helianthos-zonnefolie ontwikkeld. Nuon heeft dit nu in haar bezit en gaat in 2010 de productie opstarten. Dit folie zal verkrijgbaar zijn in variabele afmetingen en kan goed worden toegepast in de innovatieve dakkapel. Hoewel dit nog niet verkrijgbaar is, is dit een kans voor de toekomst om dit als zonnewering(screen) toe te passen. Zo kan deze zelf voorzien in zijn energie behoefte.

Fig. 1.2 Flexibele zonnecellen van Nuon

Uni-solar
Uni-solar maakt flexibele zonnecellen die toegepast worden in de bouw. Deze zonnecellen maken gebruik van een Triple Junction technologie; het paneel bestaat uit drie lagen, welke ieder

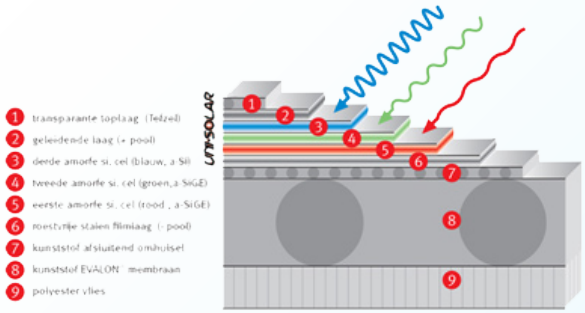


Fig. 1.3 Opbouw van een Uni-solar cel

een aparte golflengte van het licht omzetten in energie.

Kalzip
AluPlus Solar van Kalzip, onderdeel van Corus, maakt gebruik van deze zonnecellen. De cellen worden op aluminium banen gelijmd en zo als dakbedekking verwerkt.

Fig. 1.5 Zonnecellen van Kalzip

Alwitra
Alwitra gebruikt ook deze techniek en heeft deze verwerkt in de EPDM-laag. Dus dit zou toegepast kunnen worden als vervanging voor de huidige dakbedekking van de dakkapel.

Fig. 1.6 Zonnecellen van Alwitra

Rheinzink
Dit is ongeveer hetzelfde als AluPlus Solar, alleen zijn dit zinken panelen.

Derbisolar
Dit is soortgelijk aan Alwitra, geïntrigeerde zonnecellen in de conventionele flexibele dakbedekking. Zonnecellen van Uni-Solar worden gemaakt in lengtes van 2,8 en 5,5 meter. De fabrikanten hebben dus ook deze maat als lengte

Fig. 1.7 Zonnecellen van Derbisolar

Solyndra
Dit bedrijf maakt zonnepanelen bestaande uit cilindrische buizen met daarin amorfe zonnecellen. Doordat er ruimte zit tussen de buizen, kan de zon ook van onder reflecteren op de buizen. Ook hoeven deze panelen niet met een hoek op de zon te staan, omdat ze rond zijn.

Daardoor kan je je dakoppervlakte optimaal benutten, je hebt geen last van schaduw, doordat de panelen schuin moeten staan.

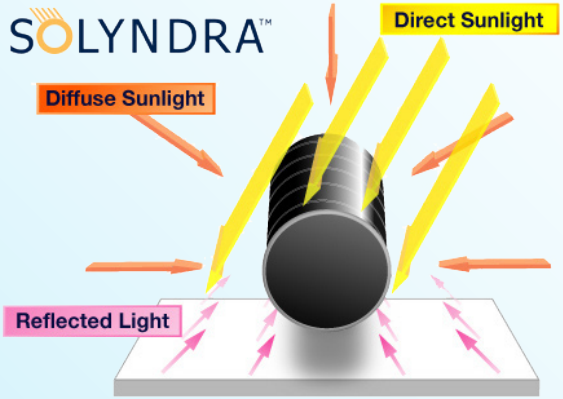


Fig. 1.8 Principe van Solyndra-cellen

De panelen van Solyndra zijn zelfreinigend, dus onderhoudsvrij. Ook hoeven ze niet aan de ondergrond worden bevestigd, omdat deze panelen geen last hebben van wind. De wind kan er gewoon tussen door. Dit is getest tot 208 km/u. Ook hebben deze panelen geen last van hoge temperaturen. Iets wat conventionele panelen wel hebben. Doordat de wind tussen de buizen door kan gaan, koelt het paneel zich zelf.
De afmeting van het paneel zijn 1,08m bij 1,82m bij 5 cm. Het paneel staat op pootjes van 30 cm hoog.

Fig. 1.9 Zonnecellen van Solyndra

Specificaties:
Piekvermogen: 182 Wp
Vmp: 73,9 V
Imp: 2,46 A
Celtype: CIGS
Dakbelasting: 16 kg/m2
Module gewicht: 31kg

Fig. 1.10 Efficienter gebruik van ruimte

1.3.4 Thermische cellen
Het principe van een thermische cel is als volgt: zonne-energie wordt omgezet in warmte. Dit kan worden opgeslagen in een boiler of direct worden gebruikt als aanvoer aan de CV.

1.3.5 Conventionele cellen
Het hart van een vlakke-plaat collector is een zwarte plaat, de absorber. Door de absorber in een isolerende bak te plaatsen, neemt hij meer warmte op dan hij afgeeft aan de omgeving. Gevolg hiervan is dat de temperatuur van de absorber stijgt. Wanneer de temperatuur van de absorber hoger is dan de omgevingstemperatuur zal, naarmate dit verschil toeneemt, de warmtestroom naar de omgeving groter worden. Wanneer de warmtestroom van de absorber naar de omgeving zo groot is geworden dat die gelijk is aan de opgenomen warmte, zal de temperatuur van de absorber niet verder stijgen. Wordt er naast de isolatie aan de achter- en zijkant een

transparante afdekplaat aan de bovenkant van de absorber geplaatst, neemt de warmtestroom van absorber naar omgeving af en stijgt de absorber temperatuur.
Om de gewonnen warmte ook te kunnen gebruiken, worden aan de achterkant van de absorber leidingen gemonteerd waardoor water stroomt. Dit water circuleert tussen de collector en de boiler. Doordat de temperatuur van de absorber hoger is dan het water, zal de watertemperatuur toenemen. Dit gebeurt net zo lang totdat het water dezelfde temperatuur heeft als de absorber. Het water in de boiler is vervolgens te gebruiken voor verschillende doeleinden.[2]
De opbrengst van één zonnecollector ligt tussen de 1 en 2 GJ/m2

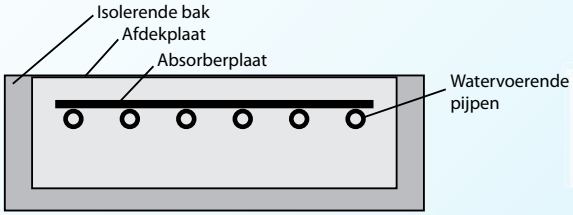


Fig. 1.11 Opbouw van een conventionele thermische cel

Energydak
De firma Oranjedak BV heeft een gepatenteerd systeem op de markt, genaamd Energydak. Het werkt als een omgekeerd vloerverwarmingssysteem. In het dak liggen flexibele buizen ingebed in isolatie. Daardoor wordt water gepompt en werkt het in principe het zelfde als bij een conventionele zonnecollector.
Dit systeem is volledig aan te passen aan de afmeting van het dak, dus ideaal voor de dakkapel. Elke dakkapel varieert van grootte.
De opbrengst van het Energydak is 3 GJ/m2, dus al efficiënter dan een conventionele zonnecollector.

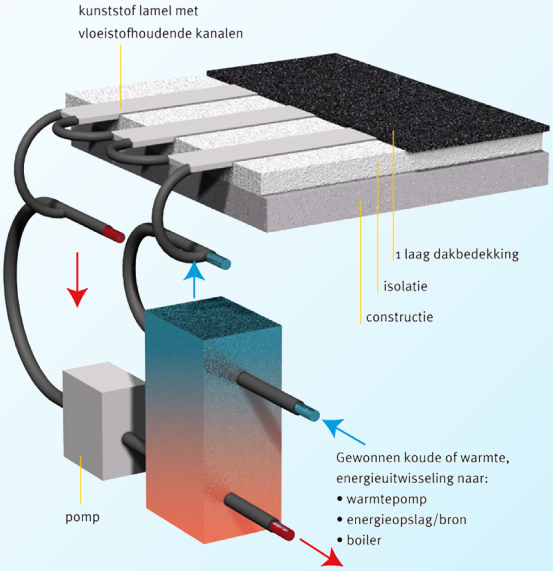


Fig. 1.12 Schematische opbouw van het Energydak

Zonnecollector met PCM
Phase Change Material(PCM) is een zout, wat warmte op kan slaan. De firma Capzo heeft een PCM weten in te kapselen, Thermusol, wat ook toegepast kan worden in een zonne-energiesysteem. Thermusol kan 10,5 keer beter warmte opslaan in de faseverandering als water.
In combinatie met een warmtewisselaar van Daussiny, die op maat kan worden gemaakt, omhuld met 15 mm Thermusol, wordt er een warmtewisselaar gecreëerd die de warmte op kan slaan. Capzo heeft dit systeem al werkend staan en kan zorgen voor water van 40-50 graden.

CAPZO
INNOVATIVE PROPERTIES

Fig. 1.13 Proefopstelling warmtewisselaar

De gele buizen gaan naar een conventionele zonnecollector, waardoor het PCM opwarmt. Door een tweede lus gaat er water naar de CV.

Fig. 1.14 Warmtewisselaar van Daussiny

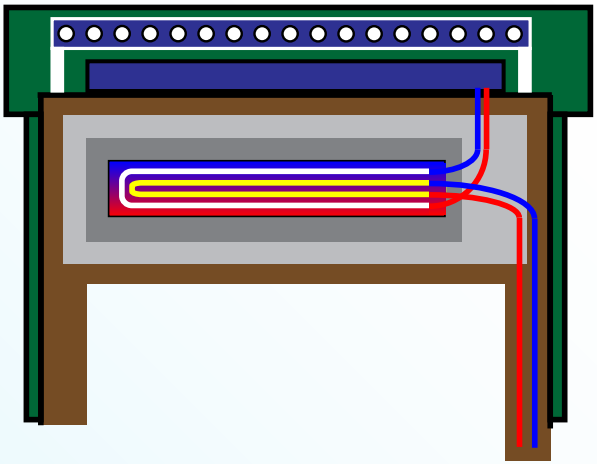


Fig. 1.15 Schematische weergave van het PCM-systeem

Zo ziet het systeem er schematisch uit. Twee lussen lopen in de warmtewisselaar en warmen zo het water op. Onderstaande afbeelding is een schematische dwarsdoorsnede van de dakkapel, met geïntegreerde PCM-systeem.

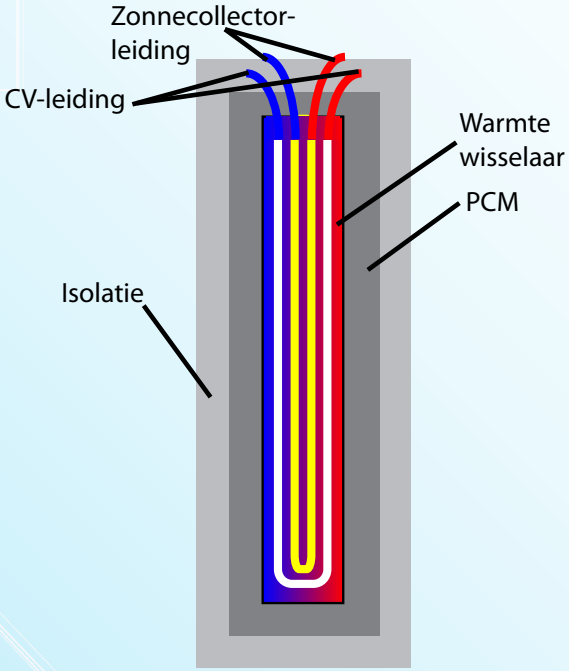


Fig. 1.16 Schematisch weergave van het PCM-systeem

Daussiny
LASER WELDING

Als zonnecollector is er gekozen voor de Vitosol 200-T van Viessmann, die is klein en maakt het mogelijk om als module te plaatsen op de dakkapel.
Deze is plat te gebruiken, in tegenstelling tot veel andere zonnecollectoren. Doordat de buizen draaibaar zijn, is dit niet nodig.
Zo krijg je een veel efficiënter systeem.

Fig. 1.17 Viessmann 200-T

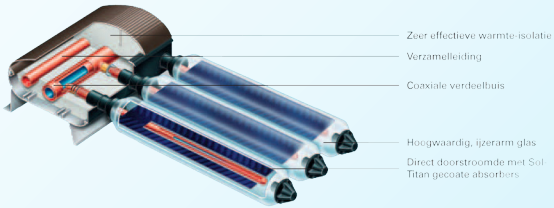


Fig. 1.18 Uitwerking van de Viessmann 200-T

1.3.6 Wat is de afmeting van het systeem?
De breedte van een dakkapel varieert grofweg van 2 tot 5 meter. De diepte hangt af van de dakhoek. Deze varieert van 28 tot 60 graden.
Dit resulteert dus in de volgende maten. Bij een dakhoek van 60 graden heb je een diepte van 866mm en bij een dakhoek van 28 graden is de diepte 2821mm.

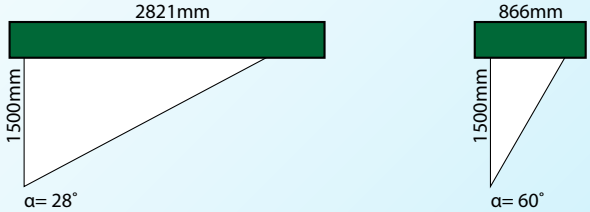


Fig. 1.19 Weergave dakhoeken

1.3.7 Systeemkeuze
Doordat het systeem op alle dakkapellen moet passen, vallen een aantal PV-cellen af. De cellen van Uni-Solar worden alleen gemaakt in lengtes van 2.8m en 5.5m. Dit is moeilijk toe te passen in dakkapellen van zulke varierende maten.

Het paneel van Solyndra is ideaal. Door de lengte van 1.08, is dit goed toe te passen op de dakkapel. Bij een grotere dakhoek is deze maat nog wel te groot. Daarom is het dan noodzakelijk de opbouw iets te vergroten, wat te zien is op de afbeelding hiernaast.

Het is wel duidelijk dat er gekozen is voor de zonnecollector in combinatie met PCM. Dit systeem kan onder de PV-cel komen te staan, zoals te zien is in de nevenstaande render.

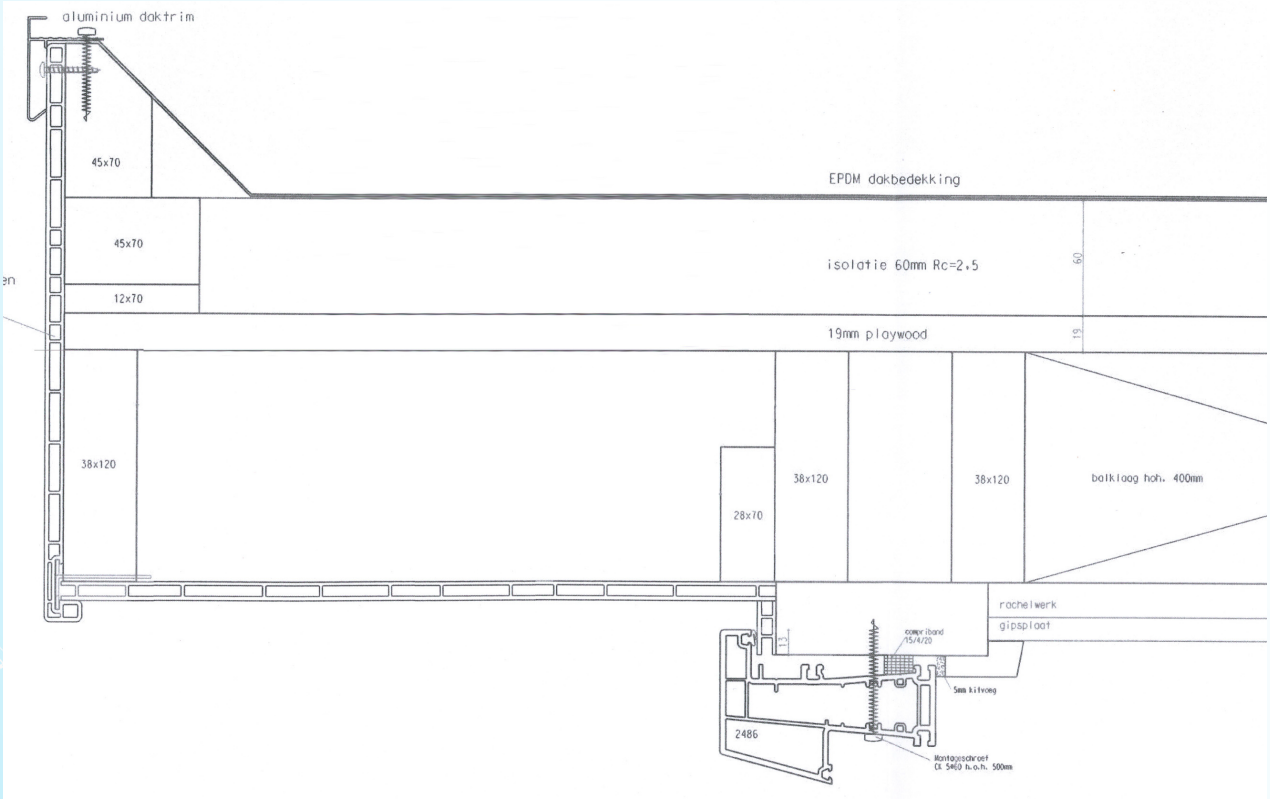


Fig. 1.20 Fictieve bouwtekening systeem

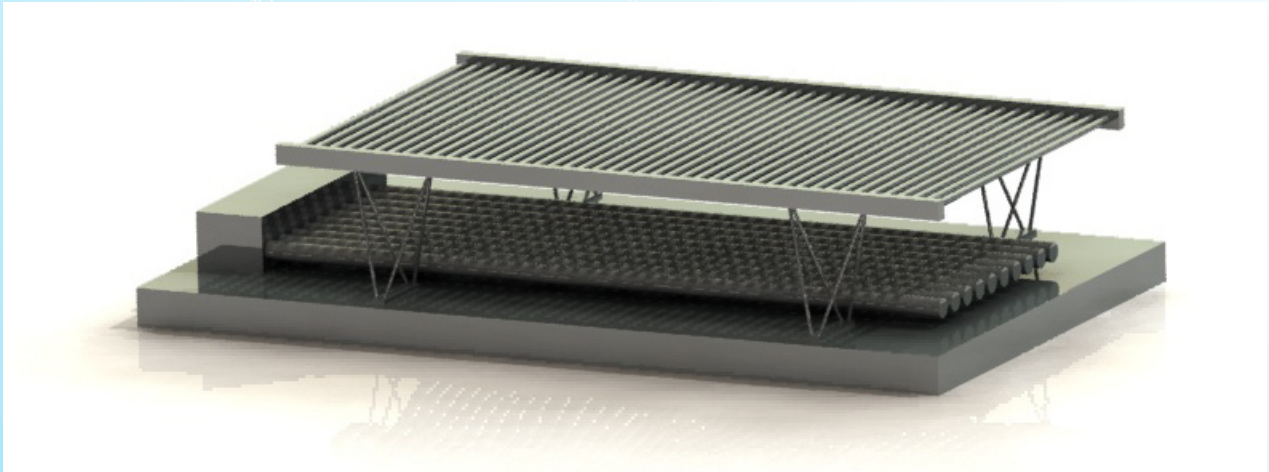


Fig. 1.21 Render van het systeem

1.4 Concurrentieanalyse

Om niet met het zelfde concept op de markt te komen, is het verstandig om eerst even rond te kijken in de markt. Zijn er fabrikanten van dakkapel die al iets gedaan hebben met zonne-energie? Hoe zien die eruit en is er mogelijkheid tot verbetering van dit systeem.

Knipping ProLux Energy Dakkapel

De firma Knipping publiceert op 25 mei 2009 in de bijlage 'Delta Lloyd Regatta 2009' van het Noord Hollands Dagblad een advertentie over hun Prolux Energy dakkapel. Dhr. Wiering praat hierover een besparing van 40% in het gasverbruik. Op hun website wordt vermeld dat ze 1.18 GJ/m2 dakkapel kunnen genereren.

Er staat niet vermeld wat voor collector ze gebruiken. De collector is geïntegreerd in de dakkapel, met EPDM dakleer bekleed. Daardoor verlies je dus een stuk van je warmte opbrengst, dus de opbrengst zou nog efficiënter kunnen.

Fig. 1.22 Dakkapel van de firma Knipping

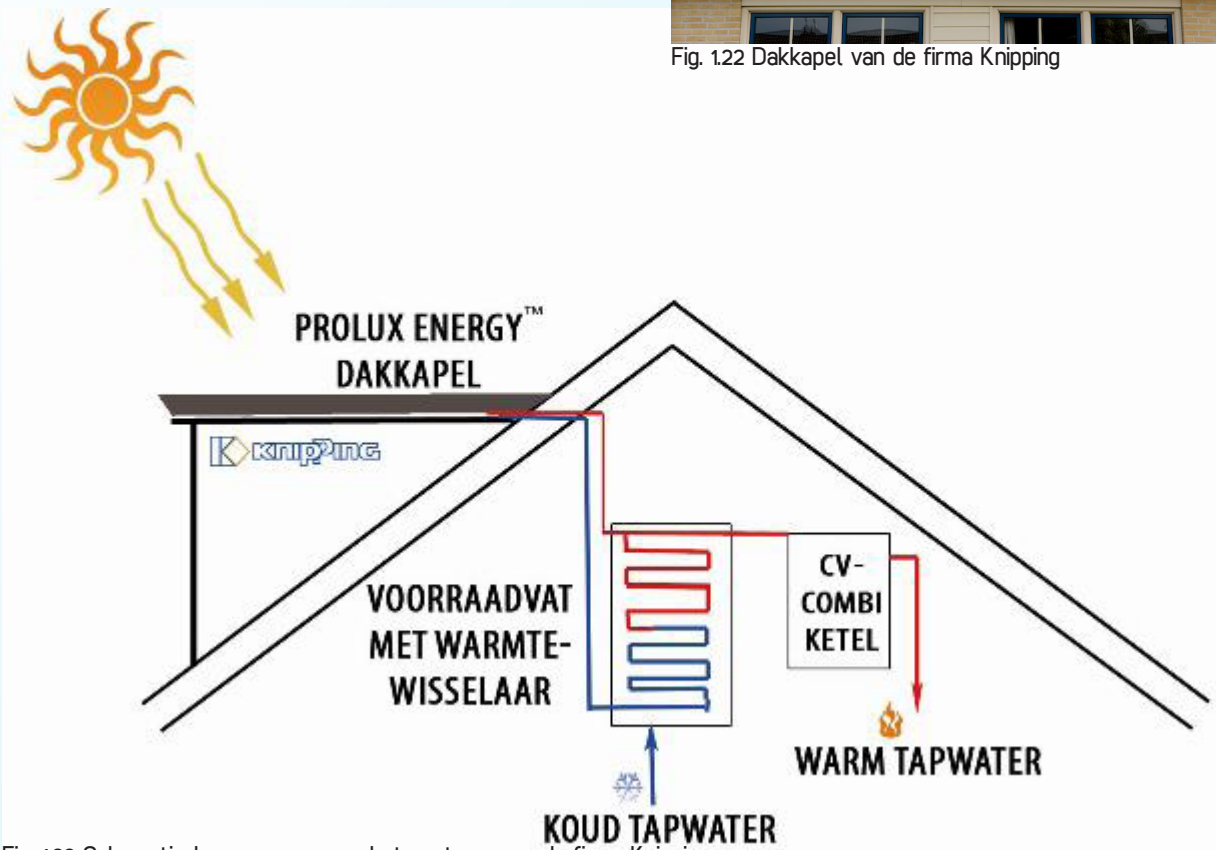


Fig. 1.23 Schematische weergave van het systeem van de firma Knipping

Jacob Wiering: duurzaamheid moet verder gaan dan goede intenties

PROLUX ENERGY-DAKKAPEL BESPAART OP TWEE FRONTEN

Knipping, de fabrikant van deuren, dakkapellen en kozijnen, voerde al duurzame vindingen door vóórdat het mode werd om hierover te spreken. De nieuwste vinding is de Prolux Energy Dakkapel. Een dakkapel met zonnecollectoren, die niet alleen op de langere termijn helpt besparen.

Duurzaamheid op twee fronten

'Wat vandaag vooruitstrevend is, is morgen gewoon en overmorgen wellicht weer achterhaald. We moeten dus wel voorop lopen,' aldus algemeen directeur Jacob Wiering. Voorbeelden van die innovatiedrang zijn er. Zo introduceerde Knipping al jaren geleden kozijnen met drie in plaats van twee dichtingen. De middendichting levert niet alleen meer isolatie op, maar beschermt ook het mechanische gedeelte tegen de invloeden van weer en wind. Knipping-kozijnen gaan daardoor niet alleen langer mee, maar laten u ook besparen op uw energieverbruik en dus op de CO2-uitstoot. De nieuwste Knipping-vinding is de Prolux Energy-dakkapel. In de dakconstructie plaatst Knipping zonnecollectoren. 'Hiermee is de eigenaar in staat om in zijn warmwater-behoefte te voorzien tegen veel lagere kosten. Om je een idee te geven: voor het verwarmen van tapwater kan dit een vermindering van het gasverbruik met 40% betekenen,' aldus Wiering. De Prolux Energy-dakkapel is uitgerust met kozijnen met drie dichtingen. Op deze manier werkt duurzaamheid door op twee fronten: directe vermindering van de CO2-uitstoot doordat je bespaart op verwarmingskosten gevolge van betere isolatie via de kozijnen, vermindering van de uitstoot op langere termijn via de gegenereerde warmte via zonnecollectoren.

Subsidie

Het Rijk verstrekt een subsidie op het milieuvriendelijk gebruik van zonnecollectoren. 'Je moet rekening houden met een eenmalige uitkering van ca. € 230,- per m² zonnecollectoroppervlak. 'Een gemiddeld dakoppervlak van een dakkapel (ca. 6 m²) levert dus een bijdrage uit de schatkist op van ca. € 1.380,-,' aldus communicatiedirecteur Diana Komen-Wiering. 'Dit is additioneel op de besparing in energie.'

Fig. 1.24 Krantenbericht Noord Hollands dagblad 25 mei 2009[3]

1.5 Dakkapelanalyse

Om te zorgen dat de dakkapel in de fabriek van De Verbinding te produceren is, is het zinvol om te kijken hoe de huidige dakkapel eruit ziet.
Er is een collage gemaakt hoe de huidige dakkapel eruit ziet en ook zijn er bouwtekeningen te vinden in bijlage A

Ook is er een kostenanalyse in bijlage B ingevoegd van een huidige dakkapel. Het is natuurlijk goed om te kijken hoeveel duurder de dakkapel wordt met het energiesysteem ingebouwd.

Fig. 1.25 Dakkapel collage

1.6 Functieanalyse

Om te bepalen wat voor functies de innovatieve dakkapel moet vervullen, is er een functieanalyse gemaakt.

Stakeholders:

Primair: Woningbezitters

Secundair: Buren, Schipper Kozijnen, productiemedewerkers van de Verbinding, leveranciers, Transporteurs.

Belangen:

Woningbezitters: Het genereren van meer ruimte op de zolder
Besparen op de energiekosten

Buren: Samen een dakkapel aanschaffen, scheelt kosten

Schipper Kozijnen: Omzet genereren.
Werk verschaffen aan De Verbinding

Productmedewerkers van de Verbinding:
Mee kunnen draaien in de 'normale' maatschappij
Innovatief zijn
Nieuwe markt ontwikkelen

Leveranciers: Omzet genereren
Nieuwe markt ontwikkelen

Transporteur: Plezierig werken

Functies

Primair: Genereren van ruimte op de zolder

Secundair: Besparen op de energiekosten

Intern: Straling van de zon omzetten in warmte
Warmte opslaan in het PCM, door middel van watercirculatie
Warmte in PCM omzetten naar warm water
Warm water leveren aan de CV
Nieuw uiterlijk woning creëren
Uitzicht creëren
Geluids- en warmte-isolatie creëren

Extern: Bijdragen aan de warmtehuishouding van het huis

Technisch gebruik: Zelfstandig regelen van systeem
Activeren en deactiveren van de pomp
Zonnestraling omzetten in warmte
Opslaan van warmte

Emotioneel gebruik: Ondersteunen van het uiterlijk van het gebouw
Zorgen dat de bewoner trots is op zijn huis en op zijn energiewinnende dakkapel

Ondersteuning: Transport, op een veilige manier, mogelijk maken
Plaatsen, op een veilige manier, mogelijk maken
Kalibreren, monteren en afwerken mogelijk maken

Bedrijfseconomisch: Genereren van omzet
Verhogen van marktaandeel
Rendement van het geïnvesteerde vermogen vergroten
Genereren van continuiteit

Maatschappelijk: Hoogwaardig werk verschaffen aan dove medewerkers van De Verbinding
Bijdragen in een oplossing voor de milieuproblematiek van dit moment

1.7 Programma van Eisen

	Hoe te toetsen?
1. Afmeting	
1.1 Het systeem moet toepasbaar zijn op dakkapellen van twee tot zes meter breed en met dakhoeken van 28 tot 60 graden. (Schipper Kozijnen)	Bij het ontwerp moet een passende bouwtekening worden gemaakt, zodat het duidelijk is dat het systeem past.
1.2 De afmeting van onderkant kozijn tot de daktrim is 1,50m (VROM)	Dit moet in de bouwtekening standaard toegepast zijn.
1.3 De afmeting van de dakrand moet esthetisch verantwoord zijn, in overleg met de architect.	Overleg met de architect.
2. Opbrengst	
2.1 De innovatieve dakkapel moet zelfstandig warm water genereren in samenwerking met de centrale verwarming	Dit moet blijken uit een proefopstelling/prototype.
2.2 De innovatieve dakkapel moet waterdichte aansluitingen op de afwatering van het gebouw hebben	Dit moet blijken uit een proefopstelling/prototype.
2.3 De innovatieve dakkapel moet een conventionele aansluiting hebben om de bestaande cv-installatie, eventueel met een ondersteunende pomp	Dit moet blijken uit een proefopstelling/prototype.
2.4 Het warmte-systeem moet kunnen aangesloten worden door een opgeleid persoon	Dit moet blijken uit een proefopstelling/prototype.
2.5 De meerprijs van het zonne-energiesysteem moet zich terugwinnen in maximaal 10 jaar	Dit moet blijken uit een proefopstelling/prototype en een berekening.
2.6 Het thermische systeem moet per 1000 euro extra investering een opbrengst hebben van 3 GJ/m2 per jaar.	Dit moet blijken uit een proefopstelling/prototype en een berekening.
3. Productie	
3.1 De dakkapel moet hoogwaardig werk verschaffen aan medewerkers van De Verbinding BV	Dit moet in de praktijk worden ondervonden.

	Hoe te toetsen?
3.2 De dakkapel moet kunnen worden geproduceerd door De Verbinding BV	Dit moet in de praktijk worden ondervonden
3.3 De toegevoegde waarde van de innovatieve dakkapel moet niet ten koste gaan van wat De Verbinding BV doet.	Dit moet in de praktijk worden ondervonden
4. Logistiek	
4.1 De dakkapel moet kunnen worden vastgezet met daarvoor bedoelde voorzieningen op een vrachtwagen.	Dlt moet op het prototype worden getest.
4.2 De dakkapel moet zodanig worden verpakt bij het transport dat het risico op beschadigen verminderd wordt.	Dit moet op het prototype worden getest.
5. Uiterlijk	
5.1 Het interieur van de innovatieve dakkapel moet de nieuwe functionaliteiten communiceren met de gebruiker.	Dit moet blijken uit het prototype/model
5.2 De bekleding van de binnenkant van de innovatieve dakkapel moet makkelijk aan te passen zijn, naar de eisen van de consument. Dit is op het gebied van materiaal- en kleurgebruik.	Dit moet blijken uit het prototype/model
5.3 De buitenkant van de innovatieve dakkapel moet herkenbaar zijn in de extra functie van het ingebouwde systeem	Dit moet blijken uit het prototype/model
6. Isolatie	
6.1 De isolatiewaarde (Rc-waarde) van de dak kapel moet minimaal 2.5 zijn (VROM)	Dit moet blijken uit een berekening.
6.2 De isolatie moet de warmte zodanig vasthouden, dat de warmte van het PCM niet verloren gaat.	Dit moet blijken uit het prototype.

2. Conceptvorming

2.1 Inleiding

Uit het vooronderzoek is gekomen dat het energie systeen zal bestaan uit een pv-cel van Solyndra en een thermische cel van Viessmann in combinatie met een warmtewisselaar met PCM. Hier is dan ook een concept voor gevormd.
Daarna is er, uit een tussenonderzoek, uitgekomen dat dit systeem niet rendabel is. Er zijn dan ook drie andere concepten gevormd voor het systeem met alleen de warmtewisselaars met PCM.

2.2 Concept A

De afbeelding illustreert schematisch de opstelling waar voor gekozen is in het vooronderzoek. Om dit toe te passen op de dakkapel, moet er nog wat aan veranderen. Bij een regenbui bijvoorbeeld, zou de thermische cel onderwater gaan staan. Ook is het geheel te hoog. Het zou vanaf de straat zichtbaar zijn en dat is niet echt mooi. Daarom is er een dakopbouw gemaakt bestaand uit een U-vormige goot, waar de pv cel in staat. Tussen de 'U' zit de warmtewisselaar ingebouwd. Dit resulteerd in de volgende render.

Fig. 2.1 Dakopbouw

Te zien is dat er rekening is gehouden met een regenbui. In de zijkant is een stuk opengelaten voor een afwatering. In een doorsnede ziet het geheel er zo uit.

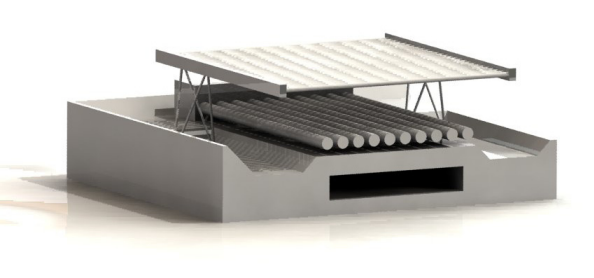


Fig. 2.2 Doorsnede van de dakopbouw

In de lege ruimte is er plaats voor de warmtewisselaar met PCM. Om de warmtewisselaar zit isolatie om zou de juiste isolatienorm te behalen.

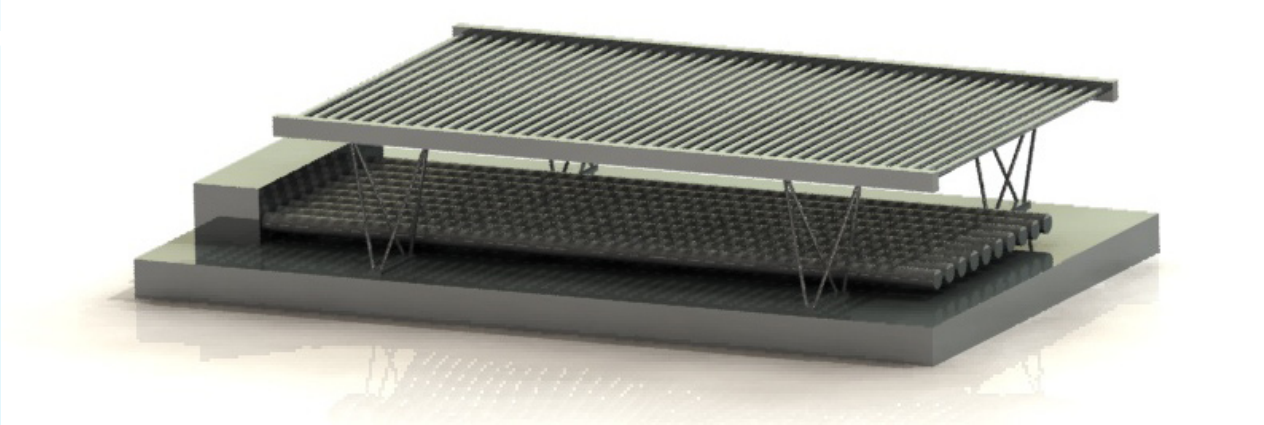


Fig. 2.3 Dakopbouw met zonne-systeem

2.3 Tussenonderzoek

Concept A blijft uitsteken op de dakkapel, iets wat voor het oog niet mooi is. De pootjes van de Solyndra PV-cel zijn te hoog. Dit is niet aan te passen, omdat de pootjes standaard deze lengte hebben en niet ingekort kunnen worden.
Ook is er een prijsaspect bij betrokken, per pv-cel van 1.8 bij 1.08 is de prijs ongeveer 2000 euro. Solyndra is gecontacteerd en daaruit kwam een terugverdientijd van ongeveer 13 jaar. Een gemiddeld huisbezit is 7 jaar, dus eigenlijk is de pv-cel niet rendabel. Er is dan ook besloten om niet verder te gaan met een pv-cel. De dakkapel wordt te duur en niet aantrekkelijk voor de consument.
Er is contact geweest met Dausssiny en daardoor is Concept A helemaal afgeschreven. Uit het contact met Daussiny is gebleken dat de thermische cel van Viessmann helemaal niet nodig is. De warmtewisselaar fungeert zelf als thermische cel. Dus door dat principe toe te passen op het dak bespaar je zowel kosten als ruimte. De warmtewisselaar is namelijk veel platter dan de thermische cel van Viessmann.

Concluderend kan er worden opgemerkt dat er een grote omslag is gekomen in het energie-systeem. Er gaan nu concepten worden gevormd met de warmtewisselaars als energie opwekkende module en er gaat niet meer gewerkt worden met pv-cellen.

Grofweg kunnen er drie concepten worden beschouwd.

1. De warmtewisselaar als dakkapel maken, dus met wangen, en daaromheen de betimmering maken, zodat de hele stijfheid van de dakkapel uit de warmtewisselaar komt
2. Een houten dakkapel als basis maken, waar de warmtewisselaar in komt te lig gen.
3. Een combinatie tussen het eerste en tweede concept.

2.4 Concept 1

Concept 1 is opgebouwd uit een stalen dakkapel opbouw. Dus de warmtewisselaar is met wangen uitgevoerd. Daardoor is de capaciteit verhoogd en gebruik je de ruimte het efficiëntst. Het boei-deel is van hout en wordt in de fabriek van De Verbinding gemaakt. De rest wordt bij Daussiny gemaakt.

Fig. 2.4 Exploded view Concept 1

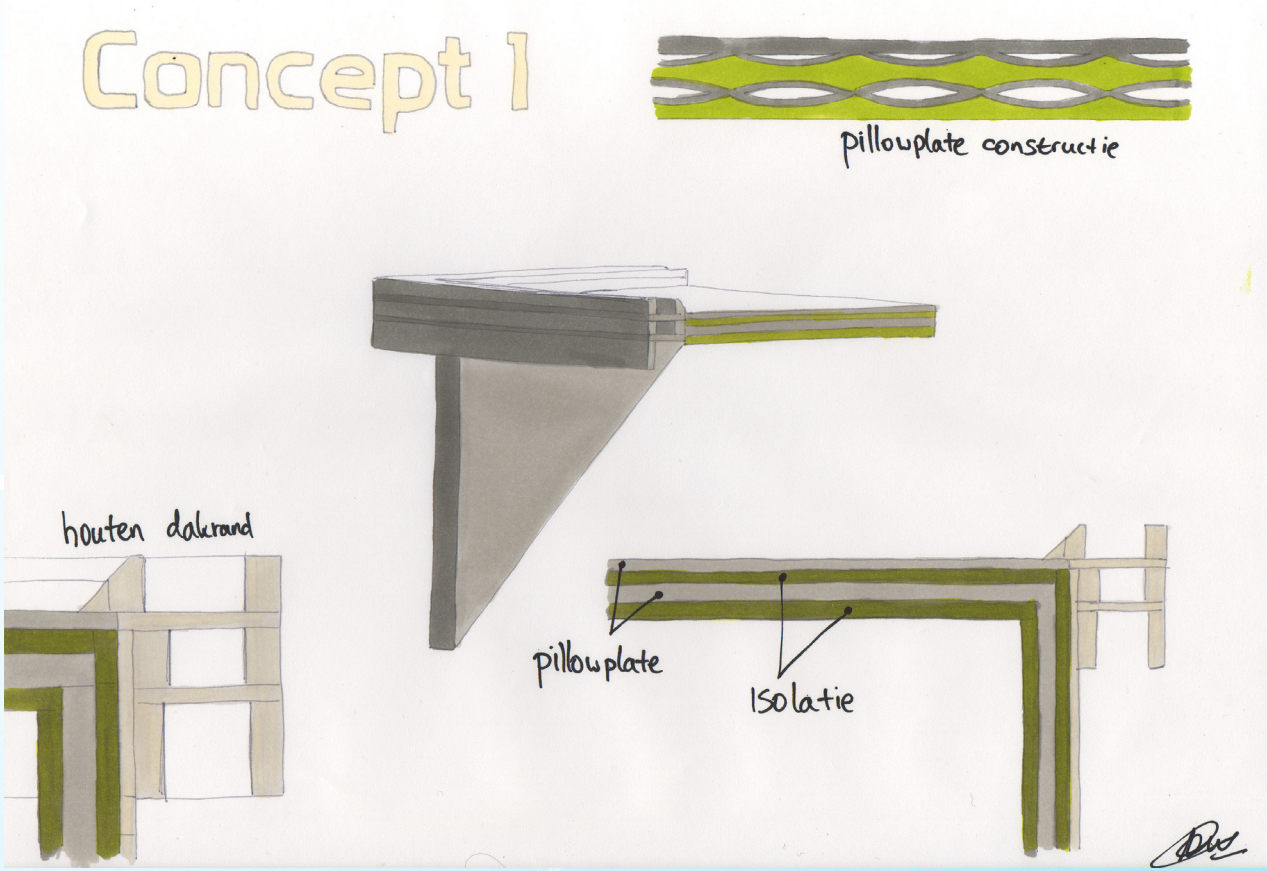


Fig. 2.5 Product Presenatie Tekening Concept 1

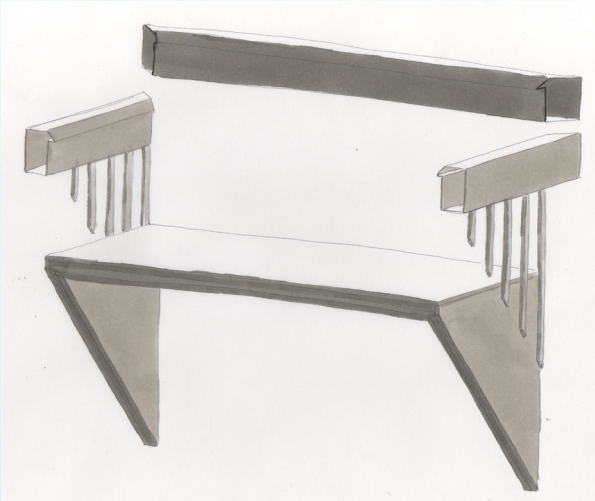


Fig. 2.6 Exploded view Concept 2

2.5 Concept 2

Dit concept heeft ook een stalen dakkapel opbouw. Alleen is het boeideel gemaakt van staal en wordt op de warmtewisselaar gelast. Het enige wat De Verbinding nog moet doen is het afwerken met dakrand en gevelpanelen.

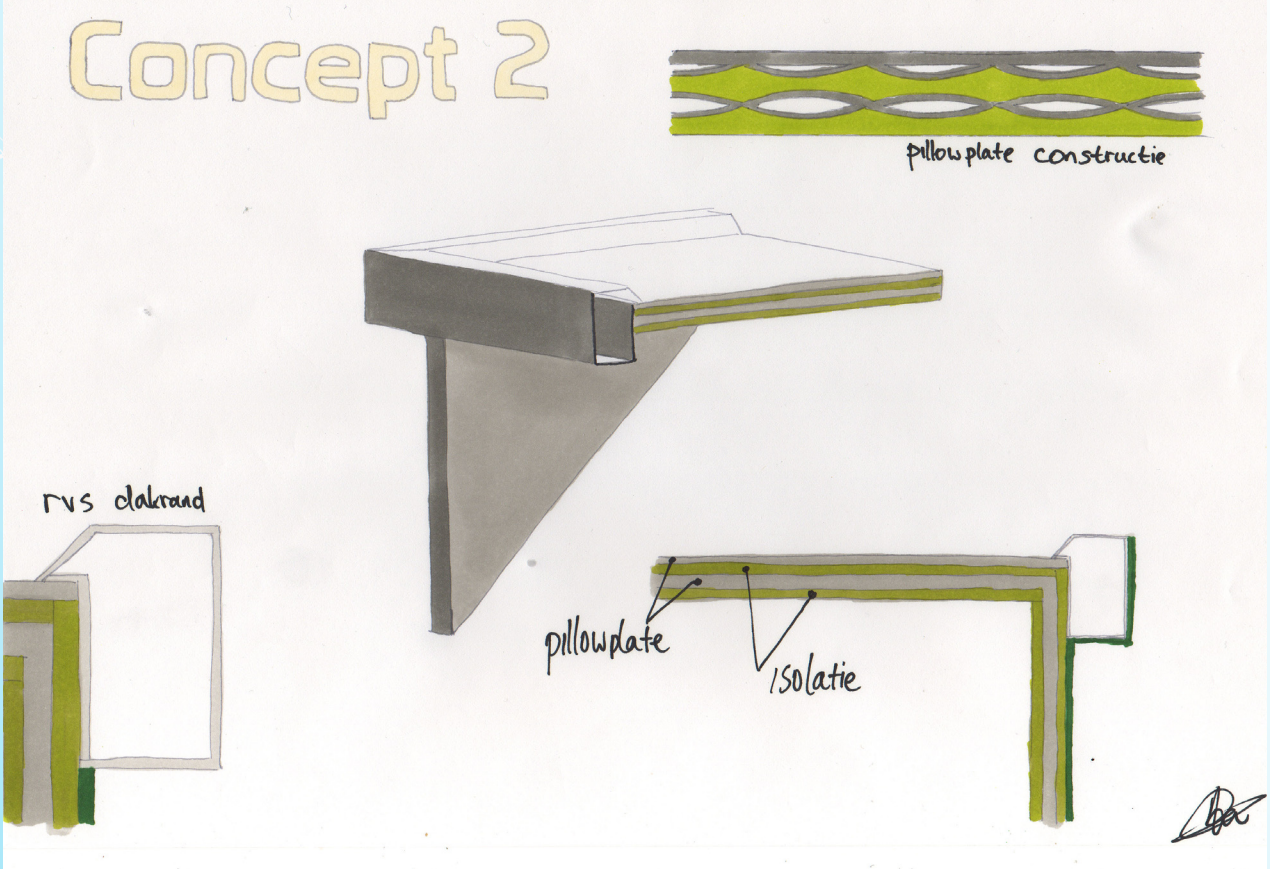


Fig. 2.7 Product Presenatie Tekening Concept 2

2.6 Concept 3

Dit is het enige concept waarbij de dakkapel opbouw bij De Verbinding wordt gemaakt. De warmtewisselaar wordt in de opbouw gelegd. In principe kan De Verbinding de hele dakkapel al klaar hebben, voor dat de warmtewisselaar wordt geplaatst.

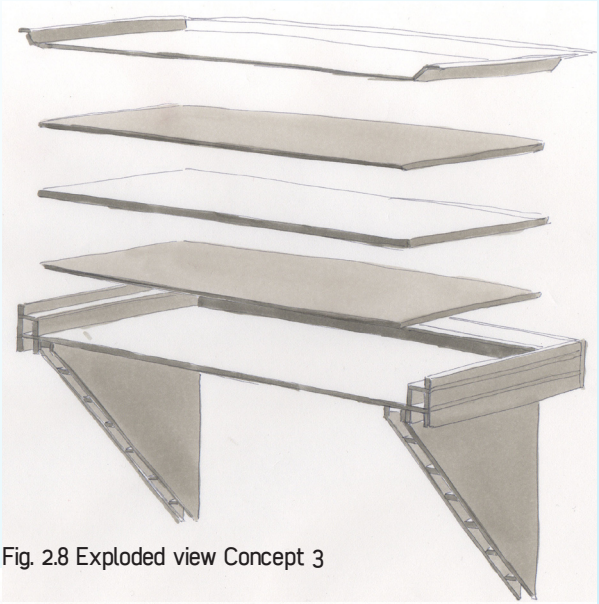


Fig. 2.8 Exploded view Concept 3

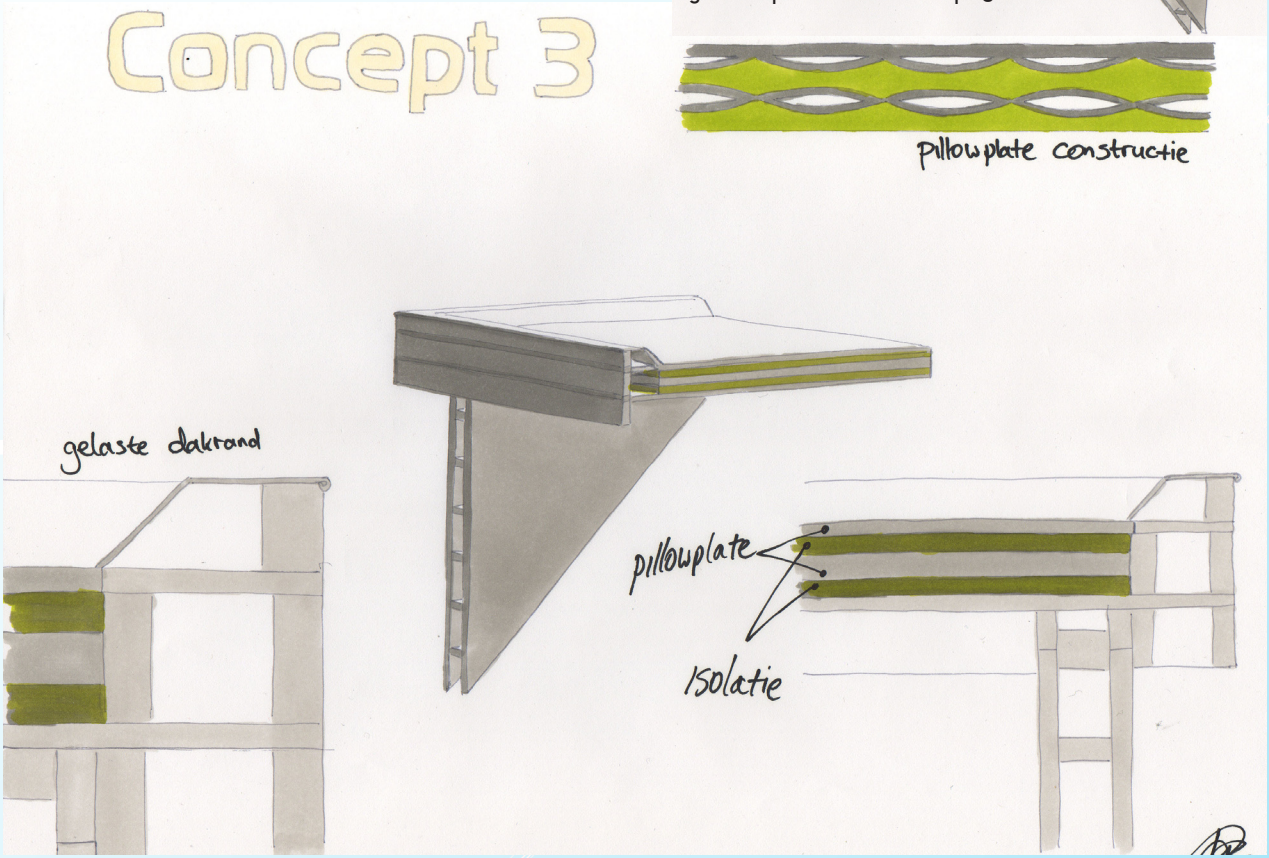


Fig. 2.9 Product Presenatie Tekening Concept 3

3. Modellering

3.1 Matlab/Simulink model

Om te bepalen of het warmtewisselaar systeem in de dakkapel kan voldoen aan het verbruik van een huishouden is er een Matlab/Simulink model gemaakt. Dit is in samenwerking met twee studenten, Anton Verbeek en Ruud van Meulenbroek, afkomstig van respectievelijk Mechanical Engineering en Advanced Technology.
In het model kan je de afmetingen, het volume PCM, de instraling van de zon per uur en de energieconsumptie van de consument invoeren. Dit zijn de variabelen die verder in Matlab zijn ingevoerd:

Warmtecapaciteit van water = 4180 J/kg/K

Latente warmte termperatuur van Thermusol = 55 graden C

Latente warmte van Thermusol = 180000 J/kg

Warmtecapaciteit van Thermusol = 3000 J/kg/K

Dichtheid van Thermusol = 590 kg/m3

Volume van Thermusol = 0.1032 m3 (afhankelijk van model)

Solarinput op een zonnige dag = 1000 W

Solarinput op een bewolkte dag = 100 W

Solarinput op een gemiddelde zonnige dag (per 2 uur) =

[0 0 0 0 0 0 0 0 0 25 125 225 275 300 250 180 100 25 0 0 0 0 0 0 0 0]

Solarinput op een gemiddelde bewolkte dag (per 2 uur) =

[0 0 0 0 0 0 0 0 0 24 67 103 127 136 131 111 77 34 0 0 0 0 0 0 0 0]

Oppervlakte van de dakkapel = 3.44 (afhankelijk van model)

Warmteconsumptie (per 2 uur) =

[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 500 300 200 200 100 100 100]

NB. De andere variabelen zijn opgenomen in bijlage F.

3.2 Testrapportage

Omdat er verschillende afmetingen van dakkapel zijn, is er een testschema gemaakt. Er moest rekening gehouden worden met de volgende variabelen:

- Dakhoek
- Breedte van de dakkapel
- De aanwezigheid van warmtewisselaars in de wangen

Als dakhoek zijn er drie varianten gekozen. 28, 40 en 60 graden. Conventionele daken liggen tussen de 28 en 60 graden, dus daarvoor deze drie varianten.
De standaard dakkapellen die gemaakt worden zijn tussen de twee en zes meter breed. Daarom is er voor deze variabele gekozen voor vijf varianten: twee, drie, vier, vijf en zes meter.
Voor de aanwezigheid van de dakkapel zijn er maar twee mogelijkheden: aanwezig of afwezig.

Totaal zijn er dus 30 mogelijkheden en dus ook 30 testen. Dit resulteert in het volgende testschema:

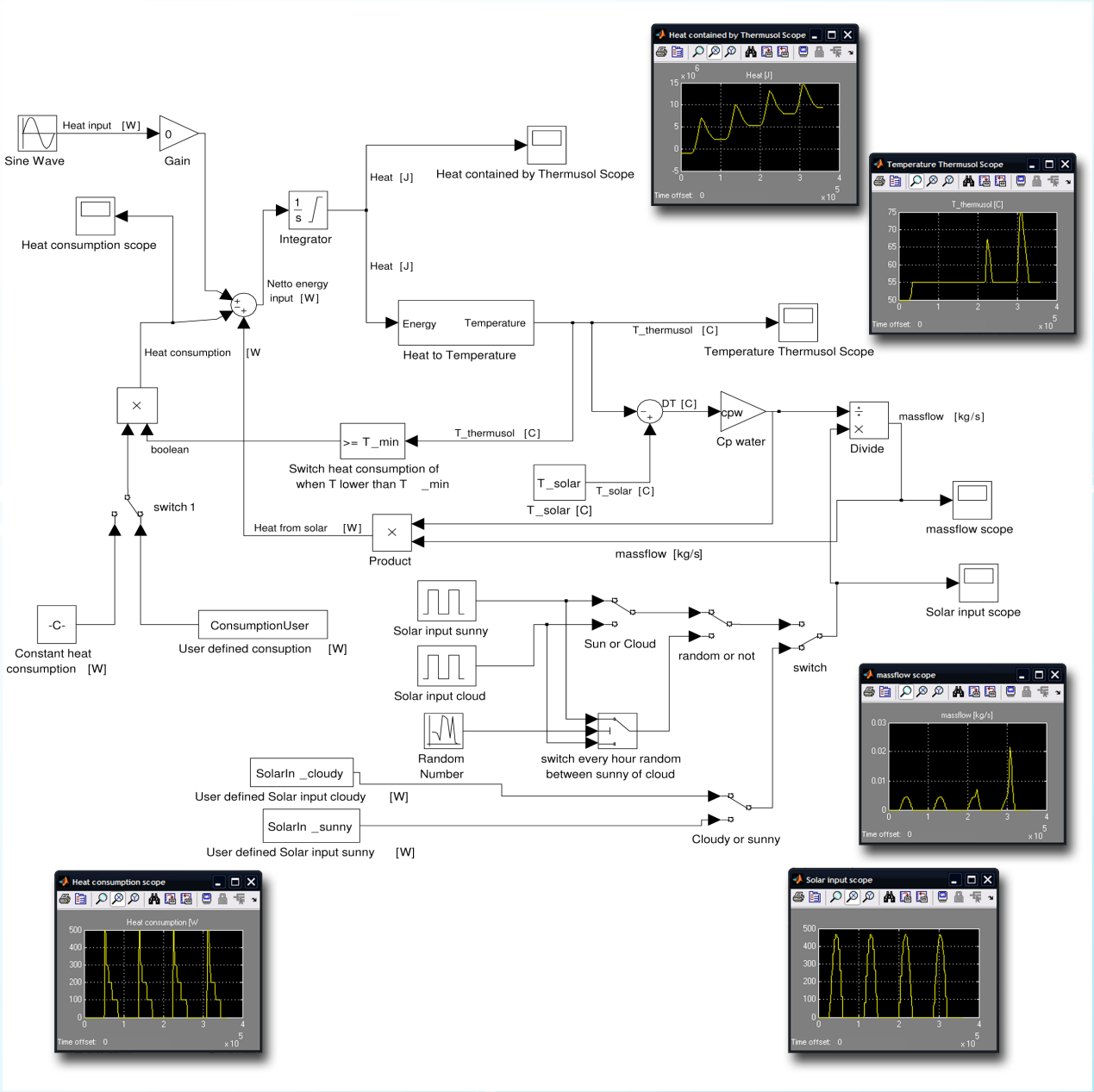


Fig. 3.1 Matlab/Simulink model

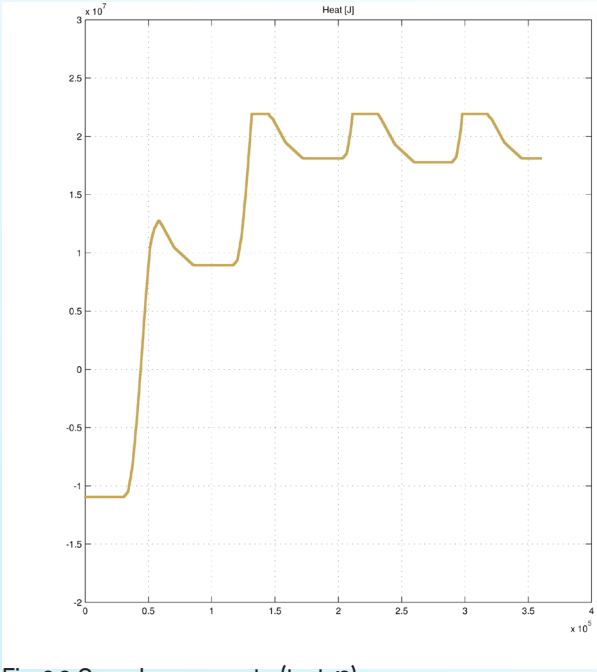


Fig. 3.2 Opgeslagen warmte (test 10)

Dit zijn drie outputs van het Matlab/Simulink model. Linksboven geeft de totale opgeslagen warmte in het Thermusol weer.
Linksonder geeft de temperatuur van het Thermusol weer. Rechtsonder geeft de massflow, het massadebiet, dus de hoeveelheid water per secode.
Er kan hierbij opgemerkt worden dat het Thermusol goed op temperatuur blijft, ook bij een gemiddelde consumptie.
De mass flow is ook normaal en is goed te bereiken met een standaard cv-pomp.

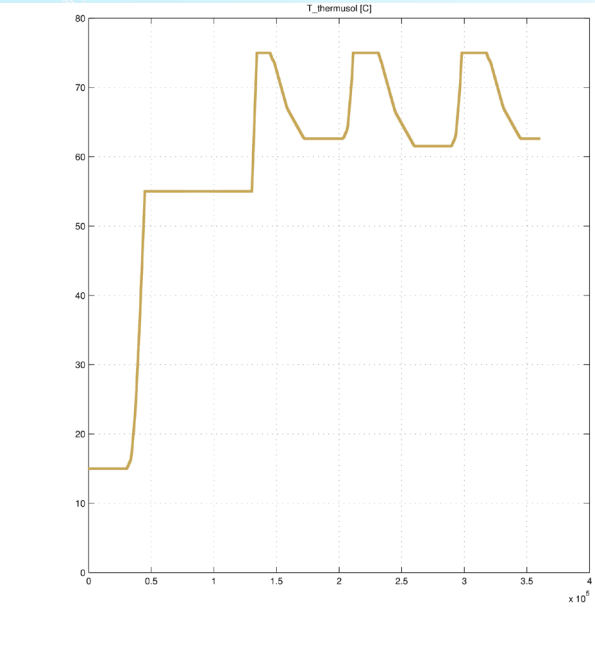


Fig. 3.3 Temperatuur van het Thermusol (test 10)

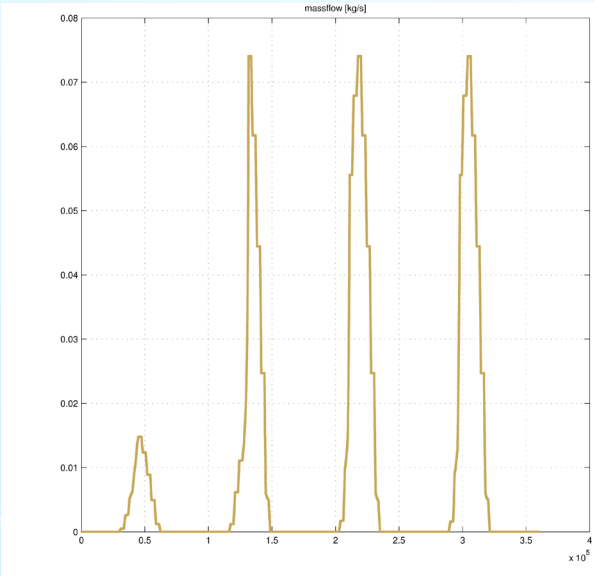


Fig. 3.4 Mass flow (test 10)

Matlab testen "Innovatieve dakkapel"

Variabelen: Dakhoek
Breedte
Aanwezigheid van ww in de wang

	Testnummer	Dakhoek (graden)	Breedte (meter)	Hoogte (meter)	Diepte (meter)	Oppervlakte instraling (vierkante meter)	Ww in de wang	Dikte PCM	Volume PCM (kubieke meter)	Opmerkingen
	1	60	2	1,5	0,86	1,72	Ja	0,015	0,07095	
	2	60	2	1,5	0,86	1,72	Nee	0,015	0,0516	
	3	60	3	1,5	0,86	2,58	Ja	0,015	0,09675	
	4	60	3	1,5	0,86	2,58	Nee	0,015	0,0774	
	5	60	4	1,5	0,86	3,44	Ja	0,015	0,12255	
	6	60	4	1,5	0,86	3,44	Nee	0,015	0,1032	
	7	60	5	1,5	0,86	4,3	Ja	0,015	0,14835	
	8	60	5	1,5	0,86	4,3	Nee	0,015	0,129	
	9	60	6	1,5	0,86	5,16	Ja	0,015	0,17415	
	10	60	6	1,5	0,86	5,16	Nee	0,015	0,1548	
	11	40	2	1,5	1,78	3,56	Ja	0,015	0,14685	
	12	40	2	1,5	1,78	3,56	Nee	0,015	0,1068	
	13	40	3	1,5	1,78	5,34	Ja	0,015	0,20025	
	14	40	3	1,5	1,78	5,34	Nee	0,015	0,1602	
	15	40	4	1,5	1,78	7,12	Ja	0,015	0,25365	
	16	40	4	1,5	1,78	7,12	Nee	0,015	0,2136	
	17	40	5	1,5	1,78	8,9	Ja	0,015	0,30705	
	18	40	5	1,5	1,78	8,9	Nee	0,015	0,267	
	19	40	6	1,5	1,78	10,68	Ja	0,015	0,36045	
	20	40	6	1,5	1,78	10,68	Nee	0,015	0,3204	
	21	28	2	1,5	2,82	5,64	Ja	0,015	0,23265	
	22	28	2	1,5	2,82	5,64	Nee	0,015	0,1692	
	23	28	3	1,5	2,82	8,46	Ja	0,015	0,31725	
	24	28	3	1,5	2,82	8,46	Nee	0,015	0,2538	
	25	28	4	1,5	2,82	11,28	Ja	0,015	0,40185	
	26	28	4	1,5	2,82	11,28	Nee	0,015	0,3384	
	27	28	5	1,5	2,82	14,1	Ja	0,015	0,48645	
	28	28	5	1,5	2,82	14,1	Nee	0,015	0,423	
	29	28	6	1,5	2,82	16,92	Ja	0,015	0,57105	
	30	28	6	1,5	2,82	16,92	Nee	0,015	0,5076	

Tabel 3.1 Testschema Matlab testen

Het Simulink model heeft als output vijf Scopes:

- De instraling de zon
- De warmte die wordt gebruikt door het huishouden
- De warmte die is opgenomen door het PCM
- De temperatuur van het Thermusol
- De massastroom van het water wat door de warmtewisselaar moet stromen

De instraling van de zon heb ik overgenomen van het Joint Research Center uit Ispra, Italie. Als referentiepunt heb ik Enschede genomen. Voor warme periodes de maand juli en voor koude periodes de maand november. De instraling is W/m^2 en is dus ook afhankelijk van de oppervlakte van de dakkapel. Maar voor de werking van het systeem is deze output-scope niet relevant.
De tweede scope is voor elke test hetzelfde. Dit overgenomen van de site: http://www.polderpv.nl/totaaloverzichten_MHWC.htm. Er is een schatting gemaakt hoe dit over een dag verdeeld is. Deze schatting is verwerkt in een Matlab-array.

De andere drie scopes zijn wel interessant als de werking van het systeem wordt bekeken. Komt de temperatuur van het PCM niet hoog genoeg, dan werkt het hele systeem niet en kan je dit beter niet in je dakkapel verwerken. Dus voor iedere test zijn zes verschillende scopes gemaakt (koud en warm weer). Dus in totaal 180 grafiekjes, deze zijn op de bijgevoegde DVD opgenomen.
Opvallend is dat de aanwezigheid van warmtewisselaars in de wangen van de dakkapel niet uitmaakt. Over het algemeen moet het systeem een tot twee dagen opwarmen, wat redelijk logisch is. Het duurt even voordat het PCM zijn optimale temperatuur heeft bereikt.

3.3 Conclusie

Uit het Matlab/Simulink model blijkt dat het wel of niet aanwezig zijn van warmtewisselaars in de wangen van de dakkapel niet uitmaakt.
Dus eigenlijk heb je met warmtewisselaars in de wangen een overcapaciteit, die waarschijnlijk toch niet gebruikt gaat worden.

4. Conceptuitwerking

4.1 Conceptkeuze

Om een keuze te maken tussen de verschillende concepten, zijn van ieder concept de belangrijkste voor- en nadelen gedefinieerd.

	Voordelen	Nadelen
Concept 1	Op maat te maken	Werk bij de Verbinding BV is minder
	Hoge warmtecapaciteit	Langere productietijd
		Meer externe kosten
		Geen gelijktijdig productie ombouw en warmtewisselaar
		Duur
		Meer isolatie nodig dan houten ombouw
Concept 2	Op maat te maken	Werk bij de Verbinding BV is zeer minimaal
	Hoge warmtecapaciteit	Langere productietijd
		Meer externe kosten
		Geen gelijktijdig productie ombouw en warmtewisselaar
		Mogelijke geluidsoverlast door stalen boeideel
		Meer isolatie nodig dan houten ombouw
Concept 3	Gelijktijdige productie ombouw en warmtewisselaars	Meer externe kosten
	Hoge warmtecapaciteit	
	Wangen en dak apart te maken, zodat transport goedkoper wordt	
	Minder isolatie nodig dan bij stalen ombouw	

Tabel 4.1 Conceptkeuze

Hieruit is gekomen dat Concept 3 het uiteindelijke concept wordt. Ook door de Matlab-modellering is het logisch dat Concept 3 wordt gekozen, omdat er geen warmtewisselaars in de wangen nodig zijn.

4.2 Bekleding

Om de buitenkant van de dakkapel geheel op de wensen van de consument te kunnen afstemmen, wordt de dakkapel bekleed met Keralit(renolit). Dit is veel kleuren beschikbaar, dus ook volledig naar wens van de consument toe te passen. Keralit wordt gemaakt van gerecycled kunststof, dus ook weer een duurzame keuze voor de bekleding van de dakkapel.
De wangen worden bekleed met gevelpanelen van Het boeideel wordt bekleed met dakrandpanelen van Keralit. Er zal een aansluitprofiel worden gebruikt, om een waterdichte aansluiting te maken tussen de dakkraal en de dakrandpanelen van Keralit.

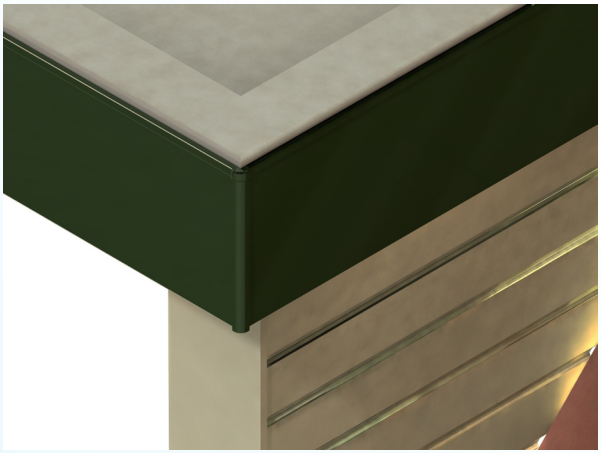


Fig. 4.1 Dakhoek

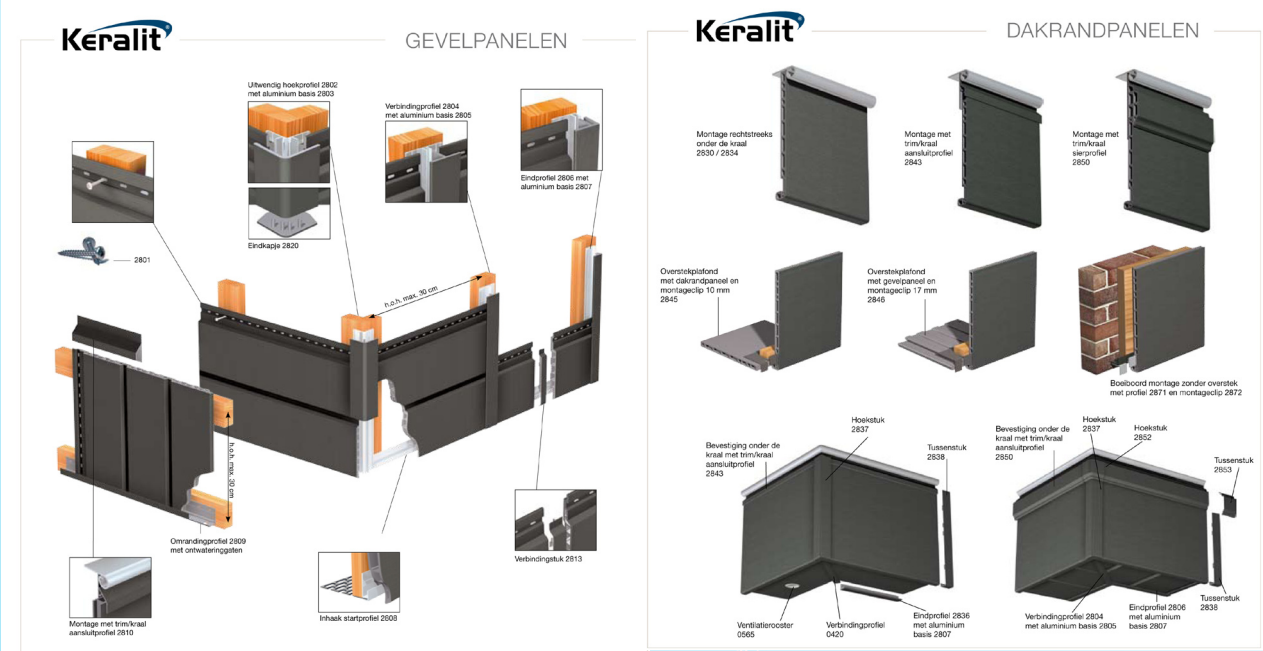


Fig. 4.2 Keralit assortiment[4]

4.3 Afleespaneel

Dit is een afbeelding van een mogelijk afleespaneel in de dakkapel zelf. De temperatuur van het ingaande en uitgaande water is er op af te lezen. Dit paneel is uit te breiden met een bespaarmeter, zodat er precies kan worden afgelezen hoeveel energie opgewekt is en de besparing in euro's.

Fig. 4.3 Afleespaneel

4.4 Doorsnede

Dit is een doorsnede van het dak. Te zien is hoe de twee warmtewisselaars in het dak van de dakkapel zitten.

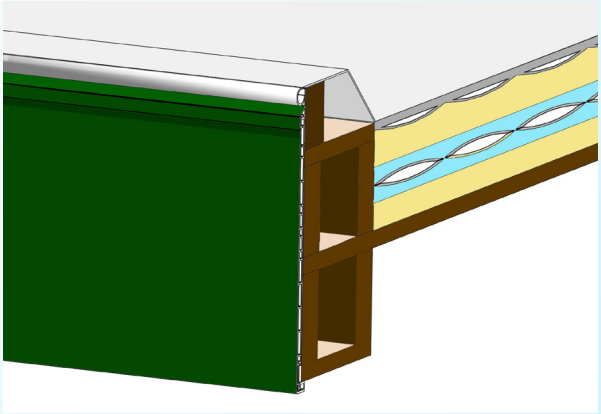


Fig. 4.4 Dakdoorsnede

4.5 Isolatiewaarde

In bijlage C is een berekening te vinden over de dikte van de isolatie om de onderste warmtewisselaar. Deze is 4.5 cm. In deze berekening is Rockwool isolatieschuim gebruikt. Door toepassing van innovatieve isolatieproducten is deze dikte te reduceren. Zo is ook een hogere Rc-waarde te bereiken, welke in de toekomst waarschijnlijk ook omhoog moet.

4.6 Sterkteberekening
In bijlage D is ook een berekening opgenomen over de sterkte van het dak. Er is aangenomen dat de twee warmtewisselaars schuifvast aan elkaar zitten. Er is gerekend met een waterlaag van 7cm en een belasting van 800N(een persoon op het dak). Bij een dakkapel van drie meter breed is er dan een belasting van 48 N/mm². In een constructie moet dit onder de 235 N/mm² zitten, dus de constructie is ruim sterk genoeg.

De doorbuiging onder invloed van de belasting is 3.2 mm. Dit is dus ook weinig.

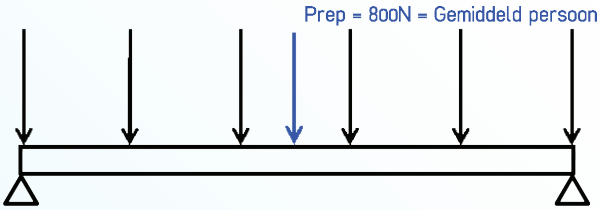


Fig. 4.1 Vrij Lichaam Systeem van het dak

4.7 Capaciteit
De capaciteit is hieronder berekend. Deze is 5.27GJ/m². Uitgaande dat een conventionele zonnecollector 3GJ/m² opbrengt, is het ontwikkelde systeem in theorie veel efficiënter.

Berekening capaciteit Innovatieve dakkapel met Thermusol® HD60GE

Volumetric Latent Heat Storage Capacity Thermusol® HD60GE = 260 kJ/L

Uitgaande van:
Een fictief dakkapel van 1 bij 1m2
15mm Thermusol® HD60GE aan beide kanten van de pillowplate

Opp= 100 dm2
100 dm2 * 0,15dm = 15dm3 = 15L Thermusol® HD60GE aan een kant
Beide kanten Thermusol –> 30 L Thermusol® HD60GE

E = 260 kJ/L * 30L = 7,8MJ = 2,17kWh

Een jaar heeft 24*365 uren –> 8760 uur

Per jaar dus 2,17*8760 = 19009kWh
Dit is 5,27GJ

Dus per m2 heeft de constructie 5,27GJ warmtecapaciteit

4.8 Kostenberekening

Het is natuurlijk ook interessant wat het gehele systeem gaat kosten als deze geintegreerd zit in de dakkapel.

NB. Deze kostprijsberekening houdt geen rekening met aansluitkosten en verder accesoires, die de dakkapel nodig heeft om goed te kunnen functioneren. Hiervoor kan nog niets gezegd worden, maar zal ongeveer rond de 250 euro liggen

	Element	Dikte (mm)	Breedte (m)	Diepte (m)	Inhoud (L)	Dichtheid (kg/L)	Gewicht (kg)	Prijs
Elementen Energie systeem:	RVS	1	1	1	1	8	8	€20,40
	RVS	1	1	1	1	8	8	€20,40
NB. Prijs RVS = 2,55/kg	RVS	0,8	1	1	0,8	8	6,4	€16,32
Prijs Thermusol = 13 euro/kg	RVS	2	1	1	2	8	16	€40,80
Laskosten per m2 = 100 euro	Laskosten							€100,00
	Thermusol	30	1	1	30	1,32	39,6	€514,80
Totale kosten								€712,72
Weg te laten elementen:	EPDM							€236,25
	Daktrim							€124,25
	Balklaag 38x120							€28,90
Totaal kosten								€389,40
Meerprijs per m2								€323,32

Ook is het zinvol om te kijken wat de alternatieven kosten.
Er zijn drie systemen gekozen voor de vergelijking. Deze bestaan allemaal uit een zonnecollector op het dak, met een losse boiler, die je ergens anders moet plaatsen. In het concept zijn deze twee samengevoegd in het dak, wat ruimte bespaart. Dit is een unique selling point voor de innovatieve dakkapel. Voor de rest houdt de innovatieve dakkapel ook het dak koel, wat ook prettig is.

Ook is de terugverdientijd berekend. Dit is gedaan door het gemiddelde warm water verbruik van een huishouden te nemen en daar van aan te nemen dat 30% van die behoefte kan worden voldaan door de innovatieve dakkapel.
Zo is er een terugverdientijd ontstaan van 7 jaar en 9 maanden. In vergelijking met de andere concepten is deze tijd redelijk kort.

Fictieve dakkapel

Breedte (m)	3
Dakhoek (graden)	45
Diepte (m)	1,5
Totaal oppervlak(m2)	4,5
Boilerinhoud 40L/m2	
Totale boilerinhoud dak (L)	180
Kosten	€1.454,94

Vaillant zonneboiler VSL S 150 S I2

Totaal oppervlak(m2)	4,66
Totale boilerinhoud (L)	150
Kosten	€3.864,00

Nefit Solarline 2-110

Totaal oppervlak(m2)	4,74
Totale boilerinhoud (L)	110
Kosten	€2.417,00

AWB Helioset 150 (2)

Totaal oppervlak(m2)	5,02
Totale boilerinhoud(L)	150
Kosten	€3.510,25

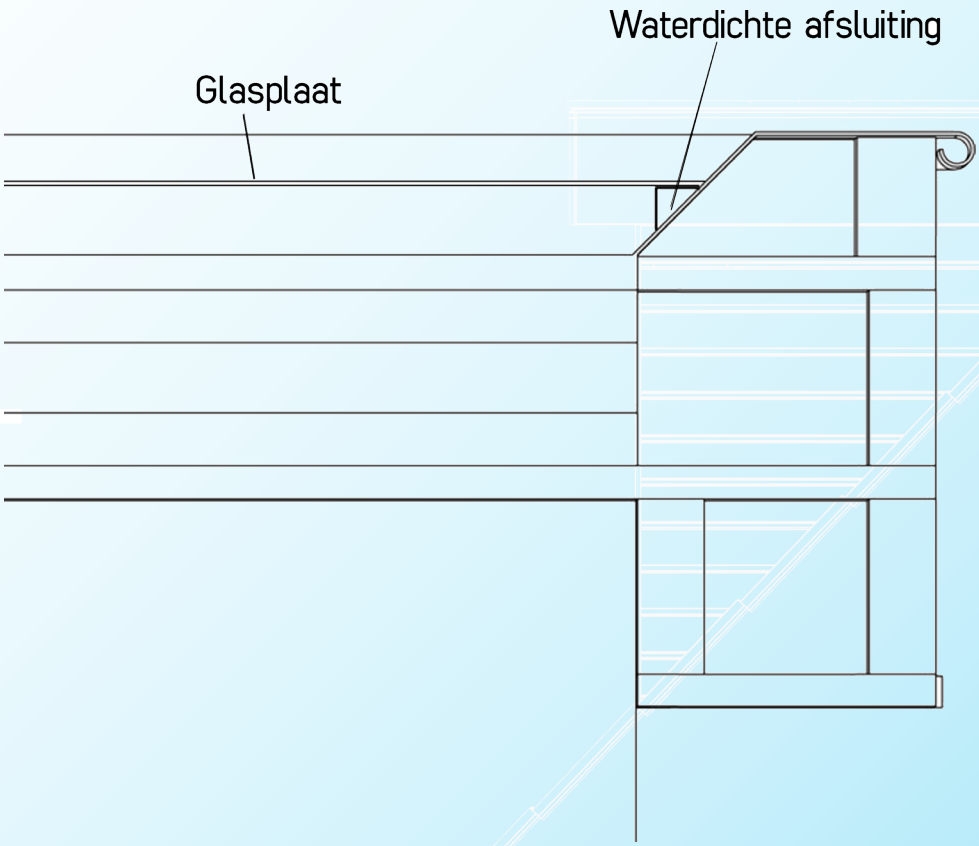
Terugverdientijd

Gemiddeld warmwater verbruik per jaar (GJ)	9	
Gemiddeld warmwater verbruik per jaar (kWh)	2500	
Efficientie(%)	30,00%	(schatting)
Voorzien in behoefte (kWh)	750	
Prijs per kWh (euro)	€0,25	
Besparing	€187,50	
Terugverdientijd fictieve dakkapel(jaar)	7,76	

4.9 Windinvloed

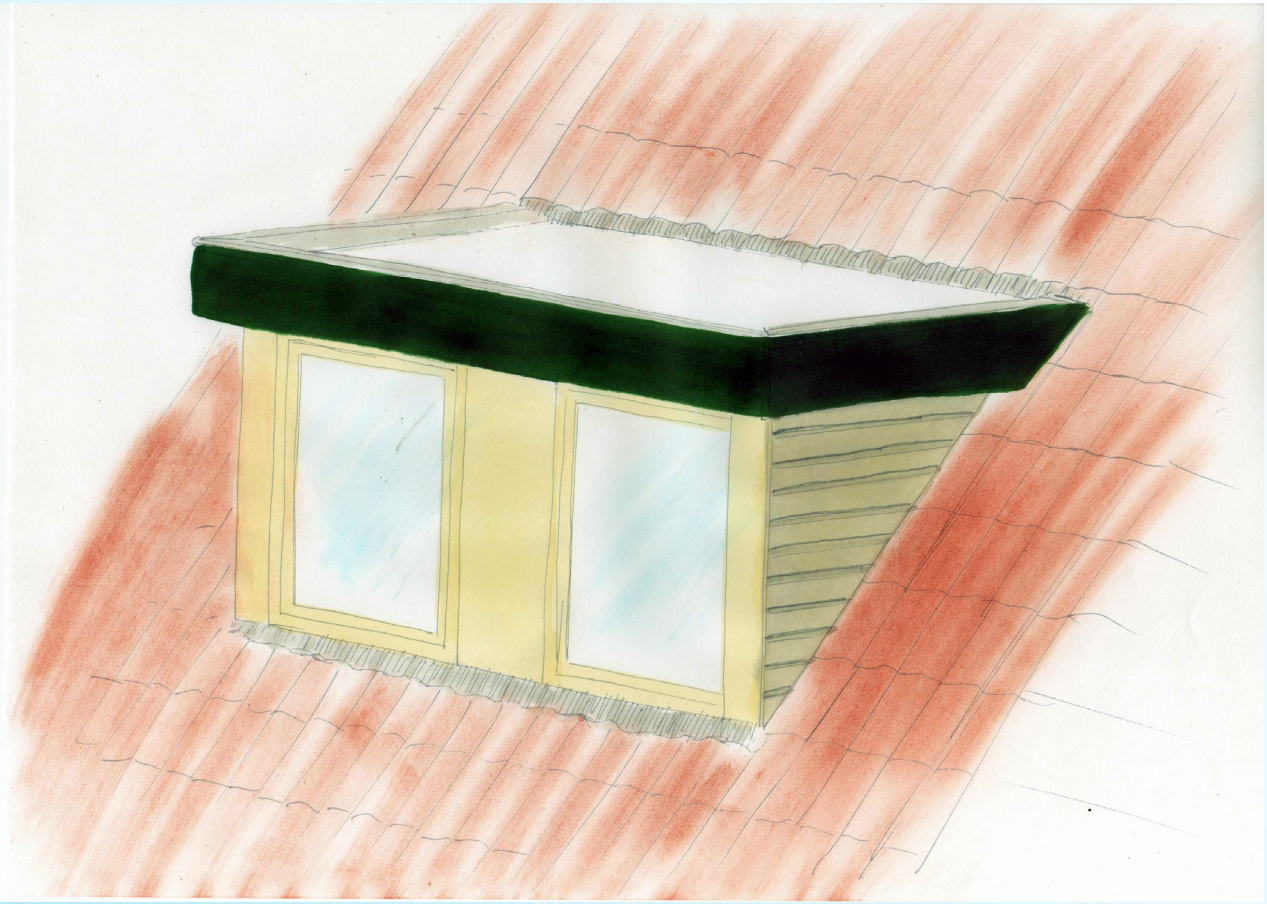
Omdat wind waarschijnlijk ook invloed kan hebben op de prestaties van de innovatieve dakkapel, is er ook gekeken naar die invloed.
Dit is samen gedaan met Anton Verbeek, student Mechanical Engineering. Deze berekening is te vinden in bijlage E.
Uit die berekening is gekomen dat het zinvol is om een glasplaat over de dakkapel te leggen. Zo wordt convectie tegen gegaan.

Om de plaat stevig te plaatsen op de dakkapel is er gekozen voor een waterdichte bevestiging die op de dakrand wordt geplaatst.



5. Visualisatie

5.1 Product Presentatie Tekening

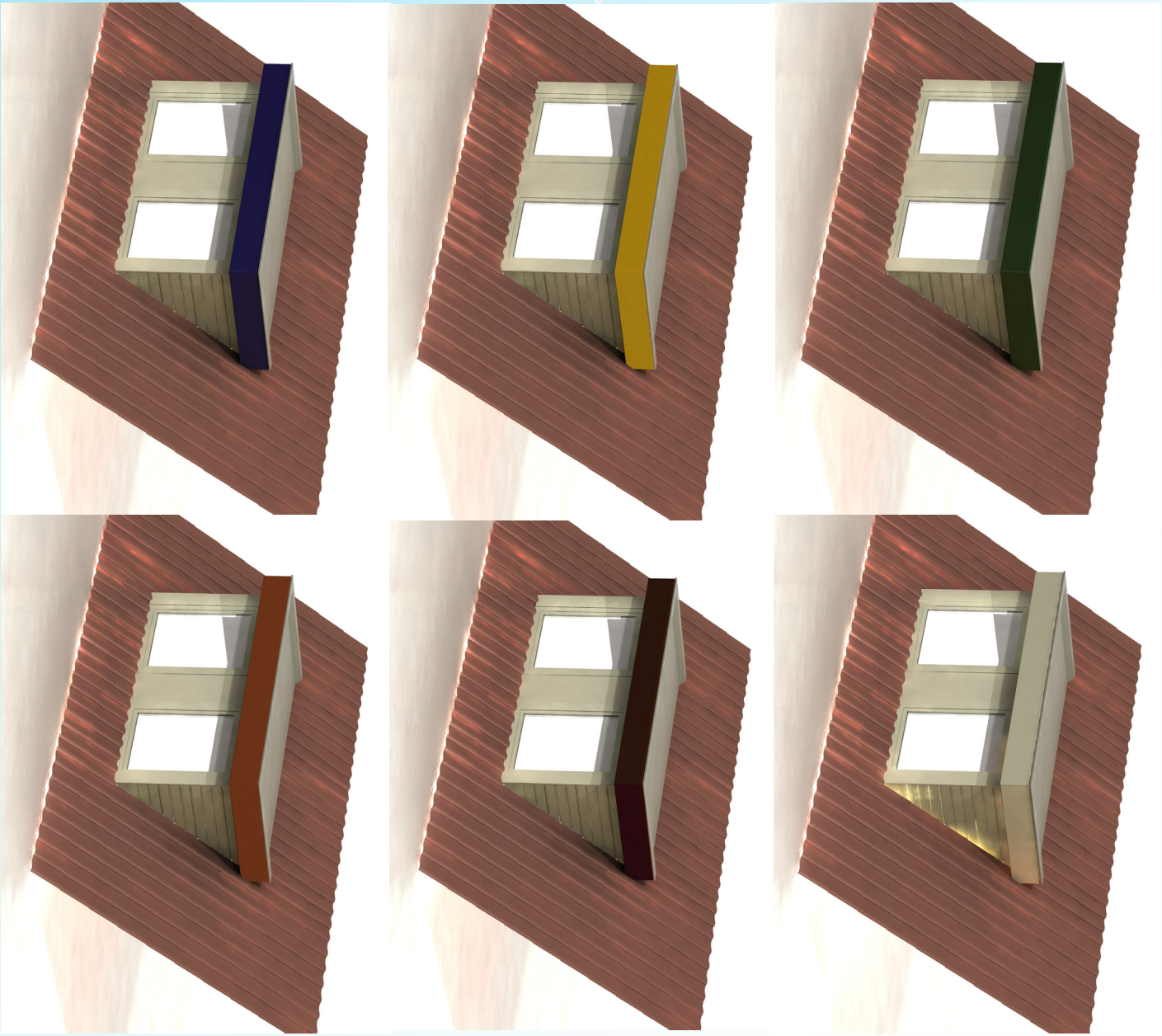


5.2 Renders

De hieronder afgebeelde renders zijn gemodel-
leerd in het programma SolidWorks en gerenderd
in Photoworks.

Visualisatie

Visualisatie

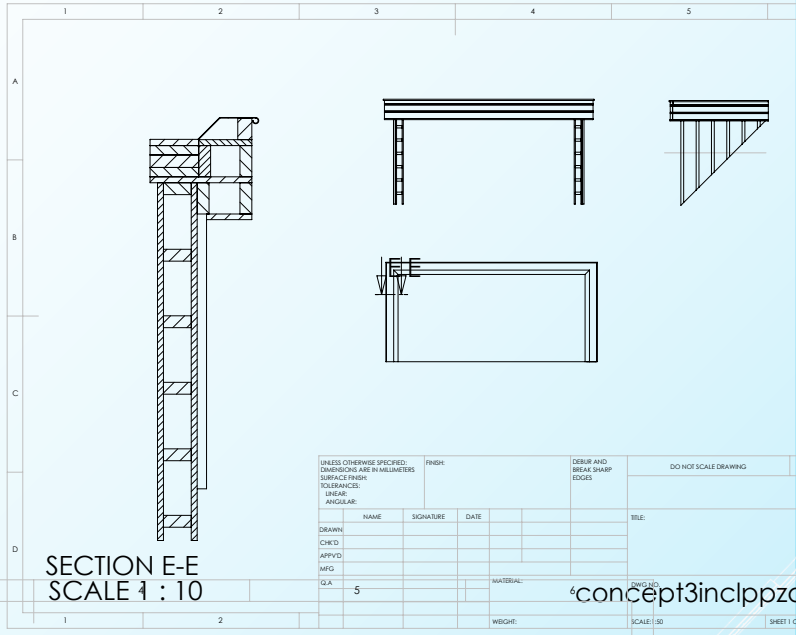


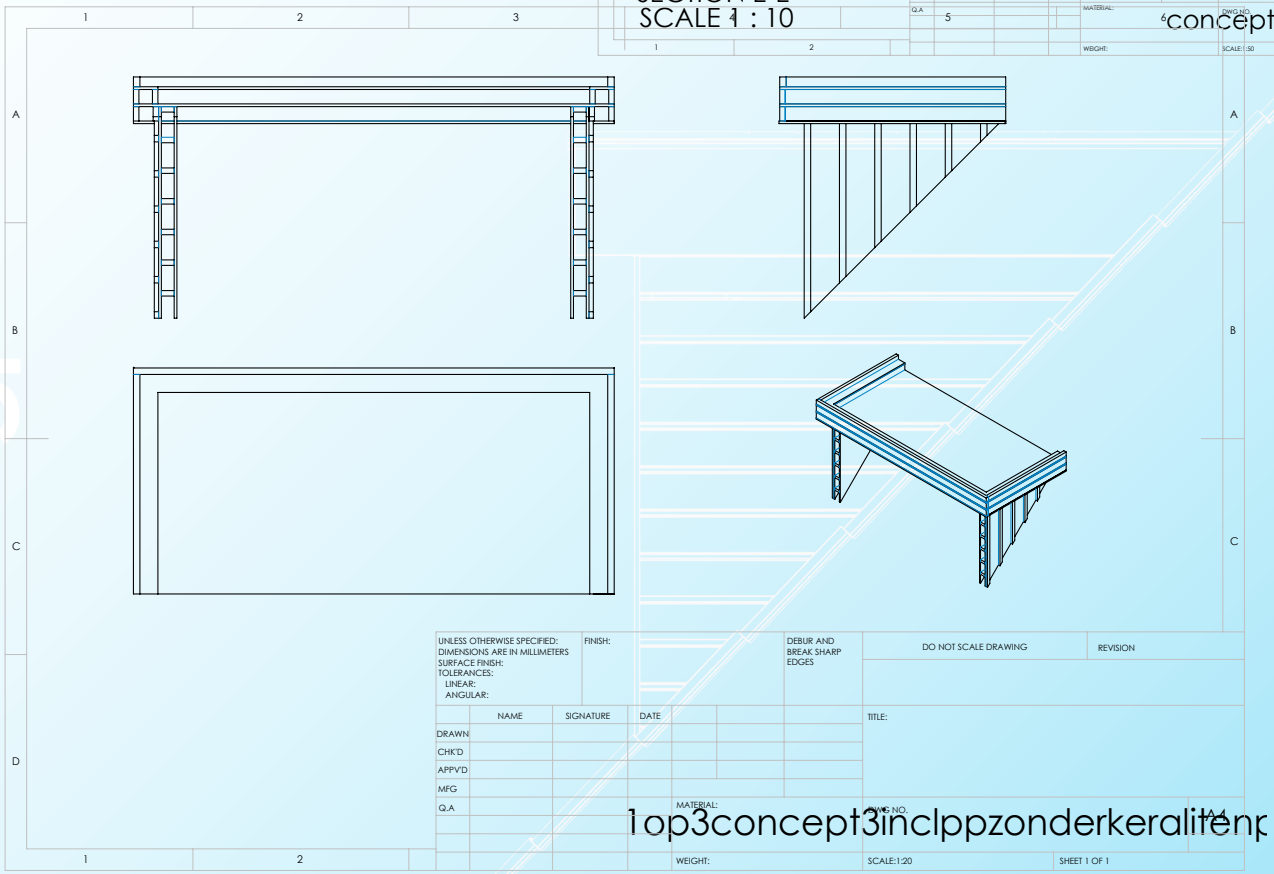
Visualisatie

6. Prototype

Het prototype is deels gemaakt in de fabriek van De Verbinding en deels op de Universiteit.
De houten ombouw is gemaakt in Groningen, het stalen dak is in Enschede gemaakt.
Er is gekozen om een schaalmodel te maken, omdat het nu nog puur om het uiterlijk van de dakkapel gaat. Voor de werking moet nog te veel worden uitgezocht en is op dit momenteel zinloos.

Nu volgen enkele foto's welke het vervaardigen illustreren.



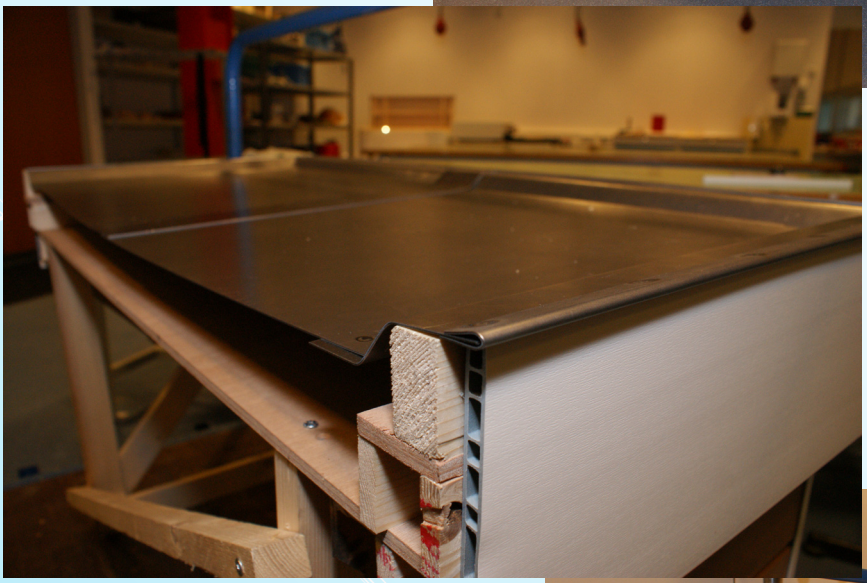


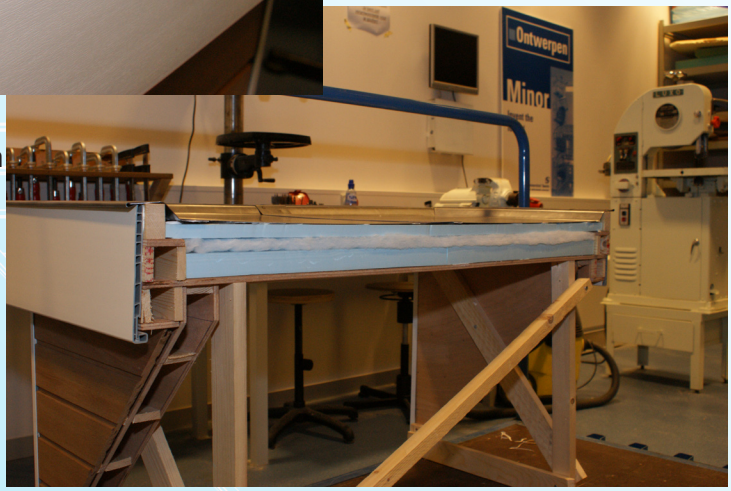
Links: Bouwtekeningen

Rechts: Van plaatmateriaal en balkjes ontstaat een houten om-bouw van een dakkapel.

Prototype

De ombouw wordt bekleed met Keralit en de rabbatdelen (op schaal) worden tegen de wangen gelijmd





In de werkplaats van de Universiteit is er een stalen dak gemaakt. Ook is er isolatie-schuim tussen geplaatst, om aan te geven hoe het er in het echt uitziet.

Prototype

Conclusie

Aan het eind van deze bacheloropdracht is het goed om terug te kijken of de doelstelling, die aan het begin was geformuleerd, gehaald is.
Er is een goed vooronderzoek gedaan. Uitgebreid is er uitgezocht wat er allemaal mogelijk is en wat het meest efficiënt is. Misschien is daar te veel tijd in gaan zitten, zodat er andere dingen minder zijn uitgewerkt.
Er zijn drie concepten vervaardigd, die allemaal zijn of haar sterke en zwakke punten hadden.
Er is gekozen voor het meest efficiënte concept. Ten opzichte van de consument en De Verbinding BV. Het is niet zo dat het werk van De Verbinding minder wordt door productie van de dakkapel.
Er zijn wel dingen die niet of nauwelijks zijn uitgewerkt. Zo is er in het begin gezegd dat er iets aan marketing en logistiek moest worden gedaan, dit is nauwelijks het geval geweest. Er kan wel geconcludeerd worden dat de opdracht te groot was voor een bacheloropdracht. Het zou een goede masteropdracht geweest zijn.
Het concept is daarom ook nog niet klaar voor productie. Er moet nog optimalisatie plaats vinden met betrekking tot afmetingen van isolatie, Thermusol en afstanden tussen warmtewisselaars. Daarna kan er pas worden gekeken naar de productie en levering van de innovatieve dakkapel.
De berekende capaciteit (5.3 GJ/m^2) is wel goed, een conventionele zonneboiler heeft 3 GJ/m^2, dus de innovatieve dakkapel heeft een grotere capaciteit.
Het is jammer dat alle berekeningen puur theoretisch zijn gebleven. Het zou mooi geweest zijn als dit allemaal in de praktijk getest had kunnen worden.

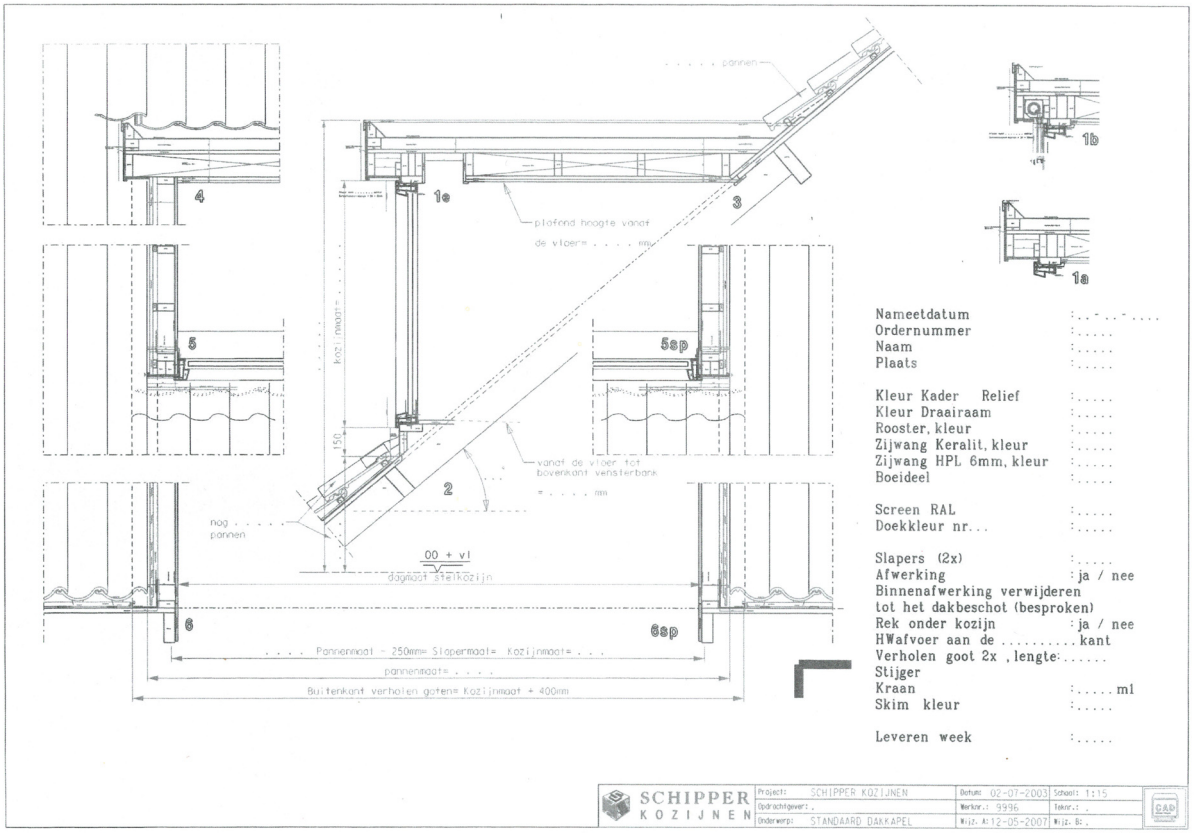
Om terug te blikken op de eisen uit het programma van eisen is nu dus ook lastig. Heel veel eisen zullen pas in de praktijk kunnen worden getest, of in een technisch prototype. Dus daar kan weinig over gezegd worden.

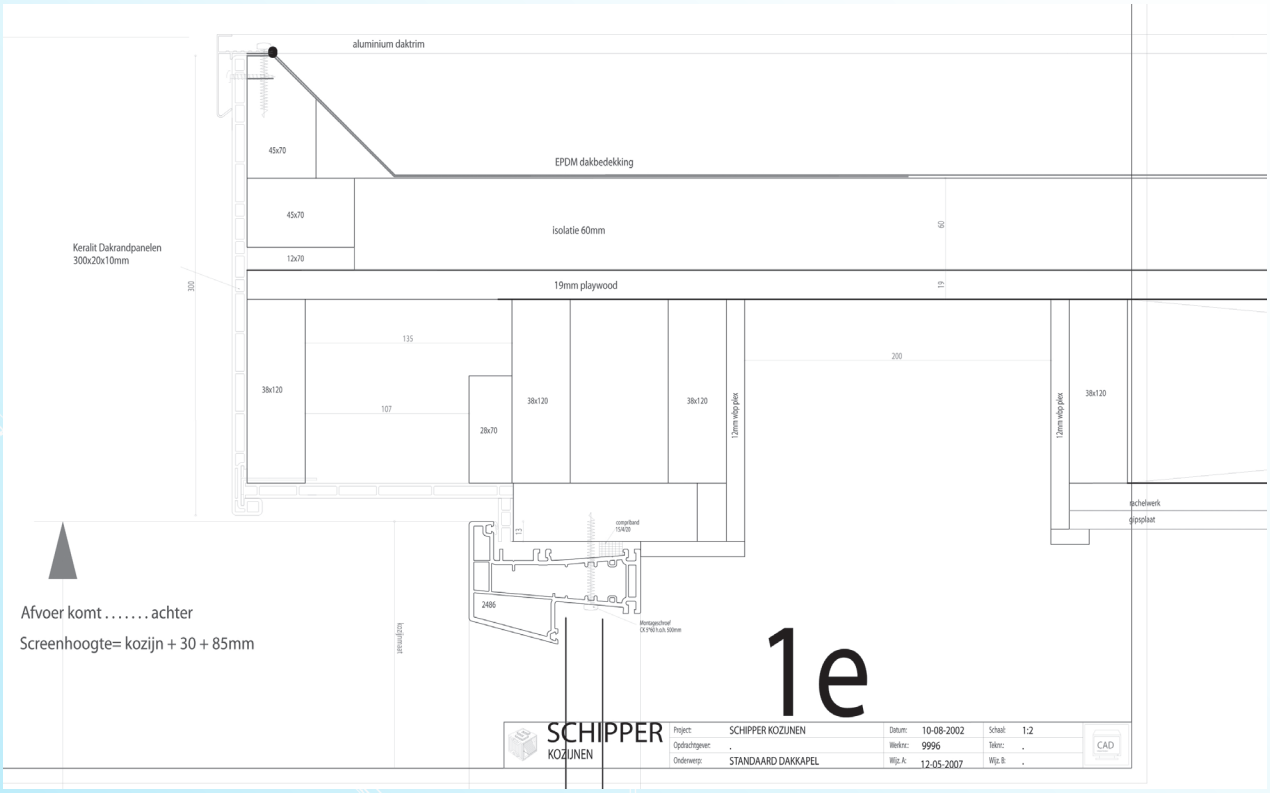
Het is aan te bevelen om hiermee door te gaan. Er moet een technisch prototype worden gemaakt en daar ook testen mee worden gedaan. Zo kan er precies worden bekeken wat de opbrengst en capaciteit van het systeem is. Ook kan er dan een stukje optimalisatie plaats vinden, qua afmetingen, afstanden en materialen. Misschien is het beter om andere isolatie te gaan gebruiken, wat beter werkt.
Ook is het aan te bevelen om DFMA te gaan doen, zodat er optimalisatie in de productie kan worden toegepast.
Verder kan de productie nog worden geoptimaliseerd door het energiesysteem modulair te maken, zodat er meerdere systemen kunnen worden ingekocht en dat daar niet op gewacht hoeft te worden. Alleen moet er dan wel op gelet worden dat de constructie niet sterk genoeg is om zichzelf te dragen. Dan moeten er middelen worden toegepast om de stevigheid te waarborgen.

Bronvermelding

1. PVshop, 2005, PVshop # FAQ_zonnepanelen voor het opladen van accu's, http://www.pvshop.nl/pvfaq.htm, 27 mei 2009
2. Wikipedia, 2009, Zonnecollector, http://nl.wikipedia.org/wiki/Zonnecollector, 28 mei 2009
3. Noord Hollands Dagblad, bijlage 'Delta Lloyd Regatta 2009', 25 mei 2009
4. Keralit, Informatiefolder: "Keralit, Gevelpanelen, dakrandpanelen"

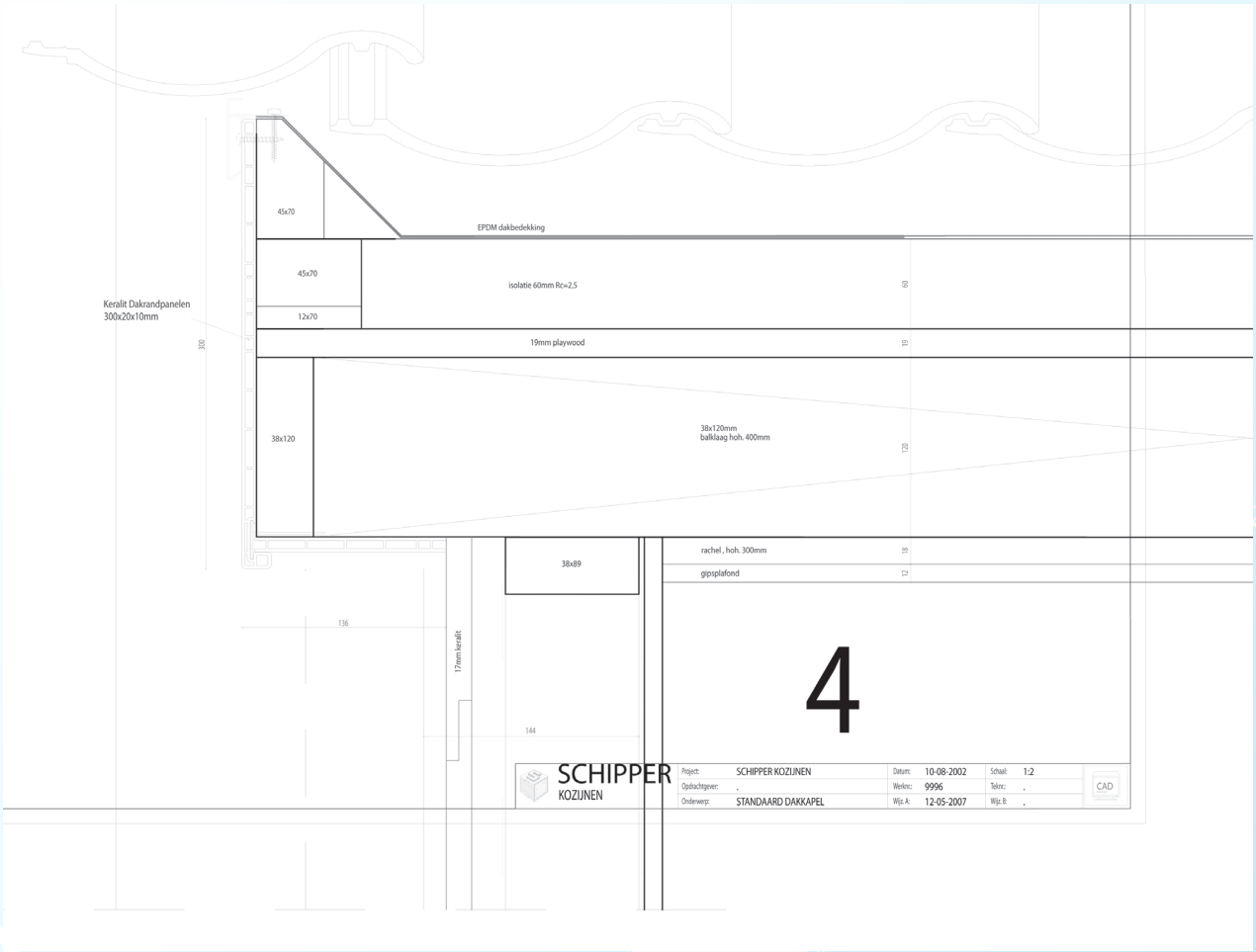
Bijlage A


. . . . . pannen
4
1e
3
1b
1a
plafond hoogte vanaf
de vloer= . . . . mm
kozijnmaat=
150
5
5sp
vanaf de vloer tot
bovenkant vensterbank
= . . . . mm
2
nog . . . . .
pannen
00 + vl
dagmaat stelkozijn
6
6sp
. . . . Pannenmaat - 250mm= Slapermaat= Kozijnmaat= . . .
pannenmaat= . . . .
Buitenkant verholen goten= Kozijnmaat + 400mm
Nameetdatum :..-..-....
Ordernummer :.....
Naam :.....
Plaats :.....
Kleur Kader Relief :.....
Kleur Draairaam :.....
Rooster, kleur :.....
Zijwang Keralit, kleur :.....
Zijwang HPL 6mm, kleur :.....
Boeideel :.....
Screen RAL :.....
Doekkleur nr... :.....
Slapers (2x) :.....
Afwerking :ja / nee
Binnenafwerking verwijderen
tot het dakbeschot (besproken)
Rek onder kozijn :ja / nee
HWafvoer aan de .....kant
Verholen goot 2x ,lengte:.....
Stijger
Kraan :.....ml
Skim kleur :.....
Leveren week :.....
SCHIPPER KOZIJNEN
Project: SCHIPPER KOZIJNEN
Datum: 02-07-2003
Schaal: 1:15
Opdrachtgever: .
Werkor.: 9996
Tekenr.: .
Onderwerp: STANDAARD DAKKAPEL
Wijz. A: 12-05-2007
Wijz. B: .

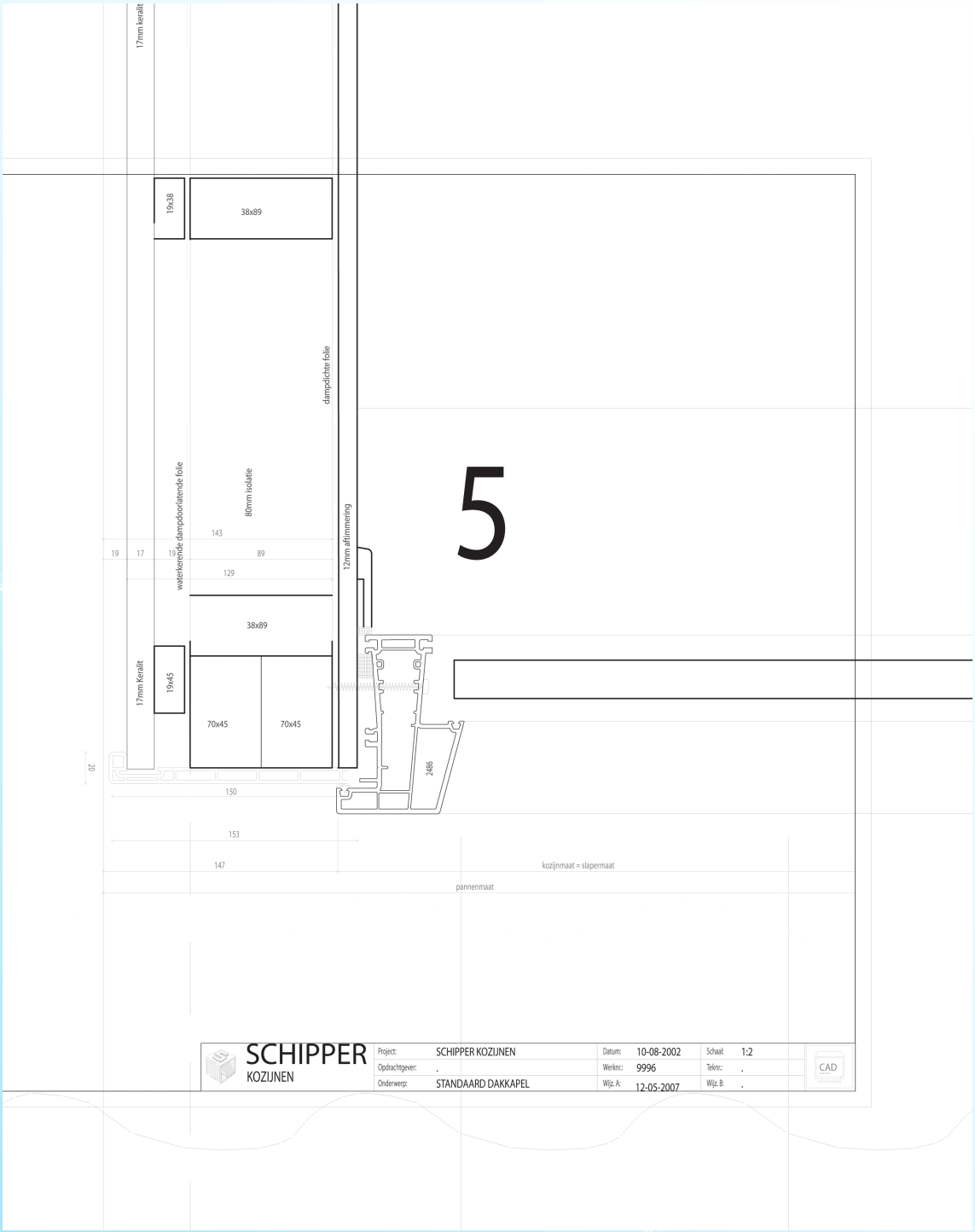

aluminium daktrim
45x70
EPDM dakbedekking
45x70
isolatie 60mm
Keralit Dakrandpanelen
300x20x10mm
12x70
19mm playwood
135
200
38x120
107
28x70
38x120
38x120
12mm wbp plex
12mm wbp plex
38x120
rachelwerk
gipsplaat
2486
Afvoer komt ..... achter
Screenhoogte= kozijn + 30 + 85mm
1e
SCHIPPER
KOZIJNEN
Project: SCHIPPER KOZIJNEN
Opdrachtgever: .
Onderwerp: STANDAARD DAKKAPEL
Datum: 10-08-2002
Werknr.: 9996
Wijz. A: 12-05-2007
Schaal: 1:2
Teknr.: .
Wijz. B: .
CAD

Bijlage A

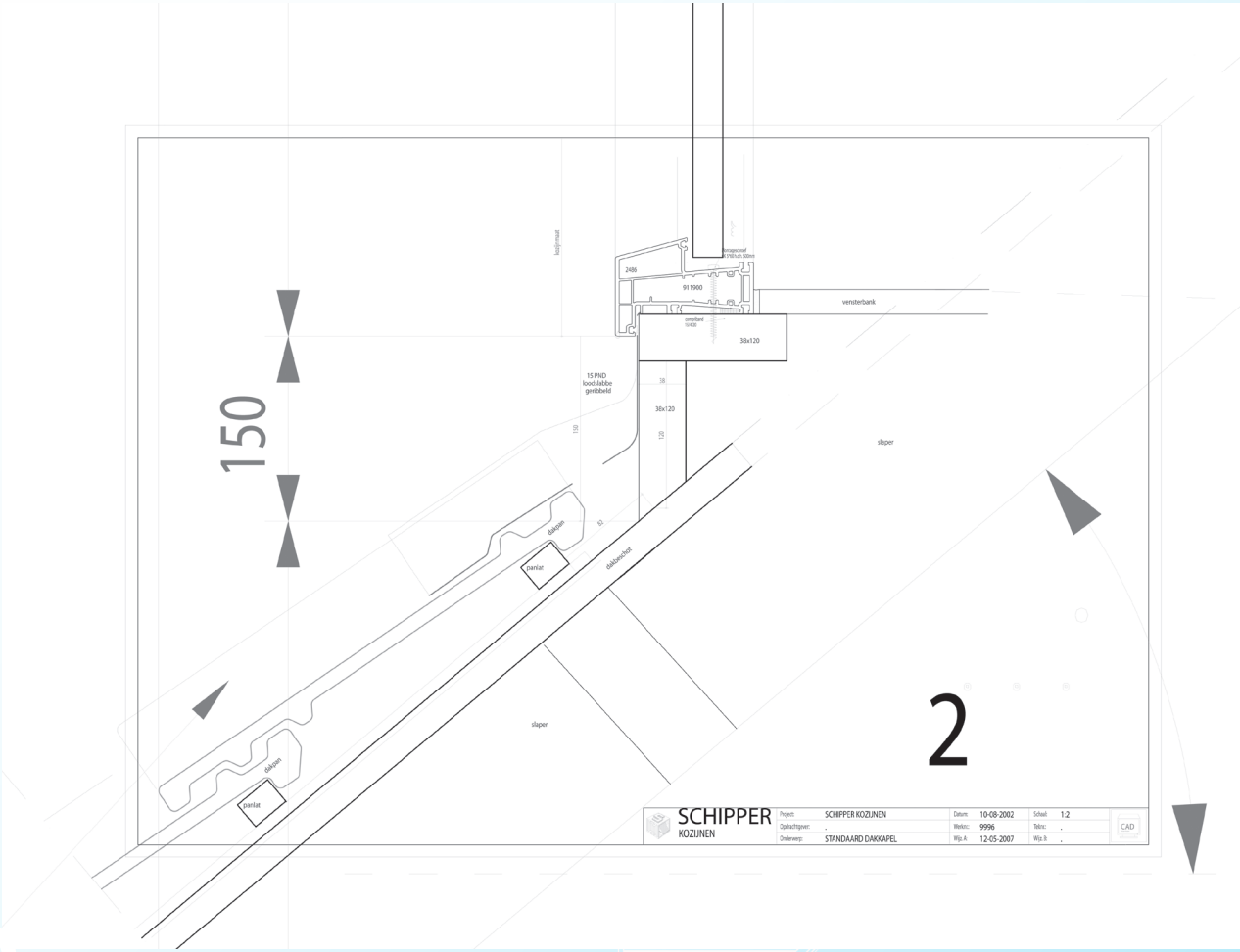
Bijlage A

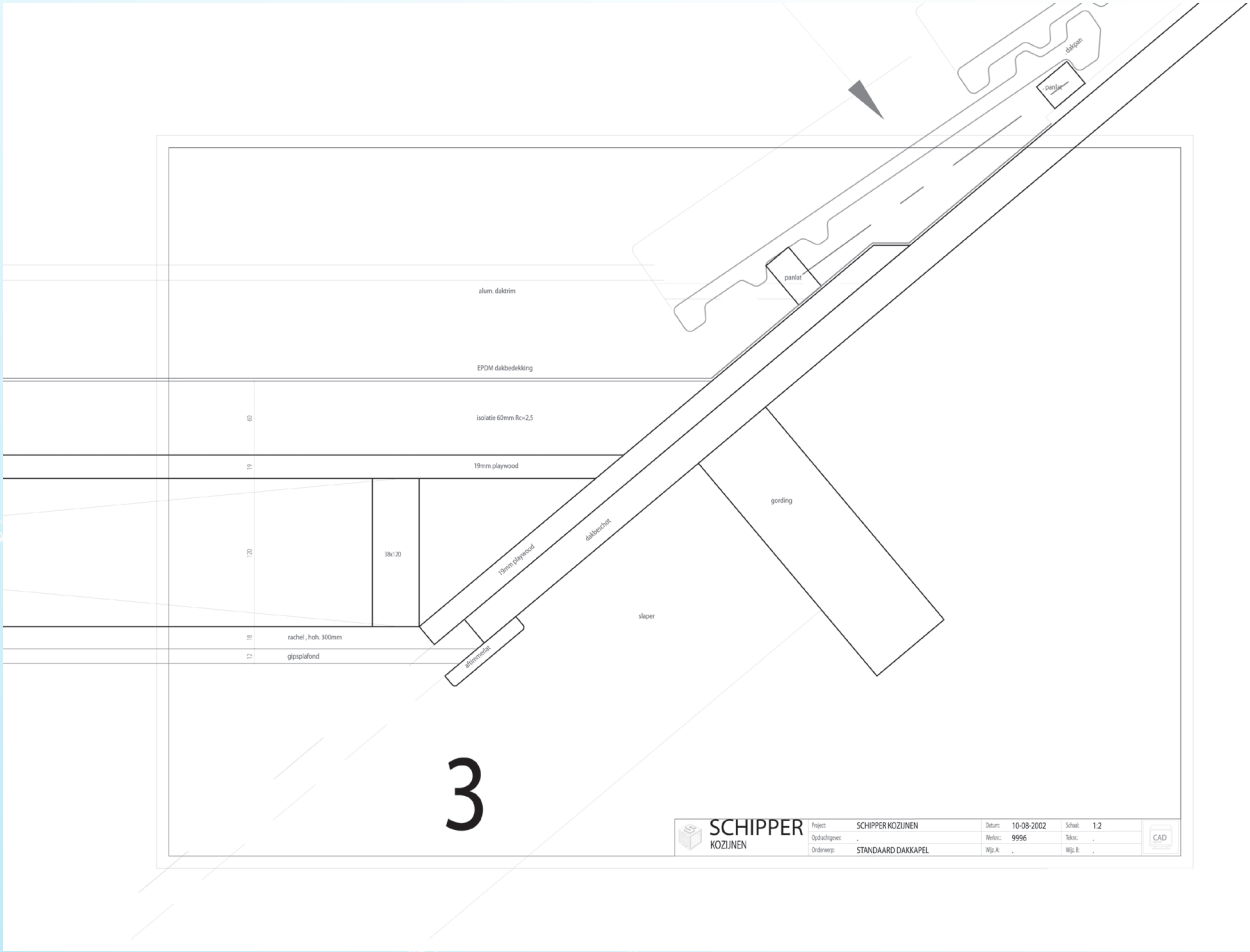

45x70
EPDM dakbedekking
45x70
isolatie 60mm Rc=2,5
60
Keralit Dakrandpanelen
300x20x10mm
12x70
300
19mm playwood
19
38x120
38x120mm
balklaag hoh. 400mm
120
38x89
rachel , hoh. 300mm
18
gipsplafond
12
136
17mm keralit
144
4
SCHIPPER
KOZIJNEN
Project: SCHIPPER KOZIJNEN
Opdrachtgever: .
Onderwerp: STANDAARD DAKKAPEL
Datum: 10-08-2002
Werknr.: 9996
Wijz. A: 12-05-2007
Schaal: 1:2
Teknr.: .
Wijz. B: .
CAD

Bijlage A


17mm keralit
19x38
38x89
dampdichte folie
waterkerende dampdoorlatende folie
80mm isolatie
12mm aftimmering
5
143
19
17
19
89
129
38x89
17mm Keralit
19x45
70x45
70x45
2486
20
150
153
147
kozijnmaat = slapermaat
pannenmaat
SCHIPPER
KOZIJNEN
Project: SCHIPPER KOZIJNEN
Opdrachtgever: .
Onderwerp: STANDAARD DAKKAPEL
Datum: 10-08-2002
Werknr.: 9996
Wijz. A: 12-05-2007
Schaal: 1:2
Teknr.: .
Wijz. B: .
CAD

Bijlage A


150
2
koijsmaat
2486
911900
vensterbank
38x120
15 PND
loodslabbe
geribbeld
38x120
slaper
dakpan
paniat
dakbeschot
slaper
dakpan
paniat
SCHIPPER
KOZIJNEN
Project: SCHIPPER KOZIJNEN
Opdrachtgever: .
Onderwerp: STANDAARD DAKKAPEL
Datum: 10-08-2002
Werkn.: 9996
Wijs. A: 12-05-2007
Schaal: 1:2
Tekn.: .
Wijs. B: .
CAD


dakpan
panlat
panlat
alum. daktrim
EPDM dakbedekking
isolatie 60mm Rc=2,5
19mm playwood
gording
38x120
19mm playwood
dakbeschot
slaper
rachel , hoh. 300mm
gipsplafond
afdeelmeisje
3
SCHIPPER
KOZIJNEN
Project: SCHIPPER KOZIJNEN
Opdrachtgever: .
Onderwerp: STANDAARD DAKKAPEL
Datum: 10-08-2002
Werkn.: 9996
Wijz. A: .
Schaal: 1:2
Tekn.: .
Wijz. B: .
CAD

Bijlage A

Bijlage B

	COMFORT (huidig model met alle 15 USP's)							
Breedte (=buitenmaat/pannenmaat)	**tot 2,50 meter**							
Dakhelling	**40 graden**							
Dak	warm dak met EPDM							
Overstek	voor 15cm (tbv inbouw zonwering) en zijkant 10cm							
Bekleding	Keralit rabatdelen en dakrandpanelen							
Spatwater zijkant	verholen goot							
Situatie	standaard gordingenkap (geen klapkap, sporenkap)							
Transport	Ring 1							
	hoev.		**prijs/eenh**		**Inkoop Bedrag**	**bijdrage**	**Verkoop Bedrag**	
onderslag 38x120	2,5	m1	€ 1,29	€	3,23			
stelkozijn 38x120	5	m1	€ 1,29	€	6,45			
ribbellood onderkant	2,5	m1	€ 9,23	€	23,08			
Basis opbouw voorkant:				**€**	**32,75**			
balklaag 38x120	22,4	m1	€ 1,29	€	28,90			
O.S.B. 3 18mm	5,6	m2	€ 5,95	€	33,32			
isolatieplaten 40mm (Rc = ?								
isolatieplaten 60mm (Rc = 2,85)	5,6	m2	€ 10,10	€	56,56			
hout voor dakopstand (2/45x70+1/12x70)	6,9	m1	€ 2,00	€	13,80			
stadsuitloop	1	st	€ 20,00	€	20,00			
EPDM dakbedekking (incl. primer+lijm)	9,45	m2	€ 25,00	€	236,25			
daktrim	7,1	m1	€ 17,50	€	124,25			
smeerplaat 19mm	2,8	m2	€ 6,00	€	16,80			
SW-dak: spaanplaat 9mm								
SW-dak: balklaag 38x89								
SW-dak: Rockwol 90mm								
SW-dak: O.S.B. 3 18mm								
Basis opbouw bovenkant:				**€**	**529,88**			
spaanplaat 12mm								
hechthout 12mm	2,295	m2	€ 6,35	€	14,57			
dampdichte folie	2,295	m2	€ 1,65	€	3,79			
paal voorzijde 2/45x70	5,4	m1	€ 0,95	€	5,13			
regelwerk 44x75								
regelwerk 38x89	8,3	m1	€ 0,95	€	7,89			
isolatie 45mm??								
isolatie 90mm (Rd = 2,40m2K/W)	2,7	m2	€ 7,50	€	20,25			
dampdoorlatende folie	2,7	m2	€ 1,30	€	3,51			
ventilatielatten 19x45	8,3	m1	€ 0,52	€	4,32			
lood 300mm								
kunststof verholen goot bovenste deel	5,2	m1	€ 8,25	€	42,90			
kunststof verholen goot onderste deel	3,6	m1	€ 5,95	€	21,42			
SW-zijwang: spaanplaat 9mm								
SW-zijwang: regelwerk 44x75								
SW-zijwang: Rockwol 90mm								
SW-zijwang: O.S.B. 3 18mm								

Basis opbouw zijkant:					€	123,77			
Trespa volkernplaat zijwangen (dit kan goedkoper!)									
Trespa volkernplaat boeideel									
Trespa volkernplaat linker- en rechterkant kozijn									
Trespa volkernplaat plafond overstek									
Keralit rabatdelen (l=6m) zijwangen	17,8	m1	€	9,89	€	176,04			
Keralit dakrandpaneel boeideel 300x20x10	7,1	m1	€	24,00	€	170,40			
Keralit montageclip (1 per meter)	10	st	€	1,45	€	14,50			
Keralit uitwendige hoek	2	st	€	5,20	€	10,40			
Keralit dakrandpaneel linker- en rechterkant kozijn 150x20x10	2,7	m1	€	13,04	€	35,21			
Keralit dakrandpaneel plafond 300x20x10 (in lengte doorzagen)	4,35	m1	€	24,00	€	104,40			
Buitenbekleding:					€	510,95			
bevestigingsmaterialen				10%	€	119,73			
					€	1.317,08			
Inkoopkorting				5%	€	65,85			
Subtotaal					€	1.251,23			
Arbeid fabriek									
fabriceren dak		uur							
fabriceren SW-dak									
fabriceren stelkozijn		uur							
fabriceren zijwangen		uur							
fabriceren SW-zijwangen									
basis dakkapel samenstellen		uur							
aanbrengen lood onder zijwang									
aanbrengen verholen goot onder zijwang		uur							
aanbrengen lood onder kozijn		uur							
aanbrengen bekleding boeideel		uur							
aanbrengen bekleding overstek		uur							
aanbrengen bekleding zijwang met rabatdelen		uur							
aanbrengen bekleding zijwang met Trespa									
aanbrengen bekleding linker- en rechterzijde van kozijn		uur							
aanbrengen isolatieplaten		uur							
aanbrengen EPDM-dakbedekking		uur							
aanbrengen stadsuitloop		uur							
aanbrengen daktrim		uur							
Subtotaal	24	uur	€	30,00	€	720,00			
Totaal					€	1.971,23			
Bijdrage Fabriek				8%	€	157,70			
Totaal Fabriek					€	2.128,93	25%	€	2.661,16
Kunststof kozijn									
Totaal kozijn					€	430,17	50%	€	645,26
Materialen montage									
Subtotaal					€	78,89			
Arbeid montage									
Subtotaal					€	760,00			
Totaal Montage					€	838,89	50%	€	1.258,33
Overige kosten									
Totaal overig					€	310,00	50%	€	465,00
TOTAAL					€	3.707,98	36%	€	5.029,74

Berekening isolatie Innovatieve Dakkapel

De R_c-waarde conform het Bouwbesluit moet met de volgende formule worden berekend:

$$R_c = \frac{\sum R_m + R_{si} + R_{se}}{1+\alpha} - R_{si} - R_{se}$$

R_c Warmteweerstand van de constructie in m^2 K/W.
R_m Warmteweerstand van de afzonderlijke lagen in de constructie in m^2 K/W.
R_{si} Warmteovergangsweerstand binnen (si staat voor surface interior)
R_{se} Warmteoverngangsweerstand buiten (se staat voor surface exterior)
α Correctiefactor voor convectie en uitvoeringsonnauwkeurigheden

De R_m wordt berekend met:

$$R_m = \frac{d}{\lambda_{reken}} \left[m^2 K / W \right]$$

d is de dikte van het materiaal in meters
λ_{reken} is de warmtegeleidingscoefficient van het materiaal in W/mK

Voor de warmteoverangsweerstanden (R_{si} en R_{se}) moeten de waarden in onderstaande tabel worden gehanteerd.

Constructie Onderdeel	R_{si}	R_{se}
Wand grenzend aan buitenlucht, bijvoorbeeld spouwmuur	0.13	0.04
Wand grenzend aan water / grond, bijvoorbeeld kelder	0.13	0
Binnenwanden (geen garages)	0.13	0.13
Vloeren boven buitenlucht, warmtestroming naar beneden, bijvoorbeeld uitkragend bouwwerk	0.17	0.04
Vloeren boven onverwarmde ruimtes of kruipruimtes, warmtestroming naar beneden	0.17	0.17
Vloeren boven onverwarmde ruimtes, warmtestroming omhoog	0.1	0.1
Verdiepingsvloeren tussen verwarmde bouwlagen	0.13	0.13
Daken met een hellingshoek van meer dan 75 graden	0.13	0.04
Daken met een hellingshoek gelijk aan of groter dan 0 graden en kleiner dan of gelijk aan 75 graden (hellende daken, platte daken, omkeerdaken)	0.1	0.04
Vloer grenzend aan water / grond	0.17	0

(www.ekbouwadvies.nl)

Materiaal	Dikte(m)	λ_{reken} (W/mK)	R_m (m^2 K/W)
Plywood	0.019	0.13	0.146
PCM	0.015	0.18	0.083
RVS	0.001	16	6.25 E^{-5}
Water	0.008	0.58	0.0138
Rockwool isolatie	d	0.04	d/0.04

(www.engineeringtoolbox.com)

Materiaal	R_m
RVS	6.25 E^{-5}
Water	0.0138
RVS	6.25 E^{-5}
Rockwool isolatie	d/0.04
PCM	0.083
RVS	6.25 E^{-5}
Water	0.0138
RVS	6.25 E^{-5}
PCM	0.083
Rockwool Isolatie	d/0.04
Hout	0.146
Totaal	0.33985 + d/0.02

Rc-waarde = 2.5 (Bouwbesluit, VROM)

$$R_c = \frac{\sum R_m + R_{si} + R_{se}}{1+\alpha} - R_{si} - R_{se}$$

$$2.5 = \frac{\sum R_m + 0.10 + 0.04}{1+0.05} - 0.10 - 0.04$$

$$2.5 = \frac{\sum R_m + 0.14}{1+0.05} - 0.14$$

$$2.64 = \frac{\sum R_m + 0.14}{1+0.05}$$

$$2.772 = \sum R_m + 0.14$$

$$2.632 = \sum R_m$$

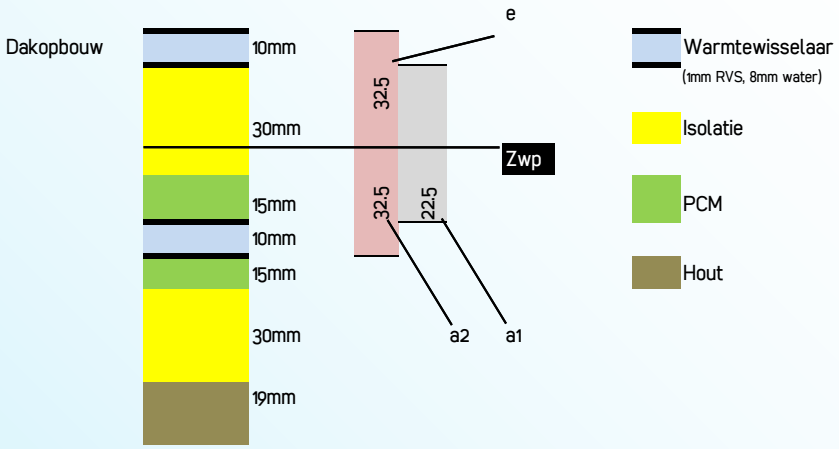
$$2.632 = 0.33985 + \frac{d}{0.02}$$

$$2.29 = \frac{d}{0.02}$$

$$d = 0.045m = 4{,}5cm$$

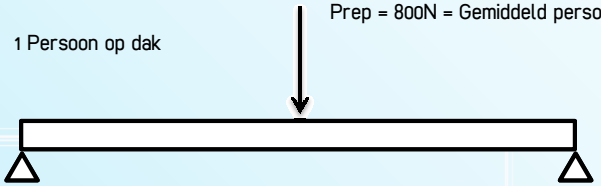
Bron: http://www.ekbouwadvies.nl/bouwbesluit/energiezuinigheid/rcwaarde.asp
Bron: http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html
Bron: http://www.bouwbesluitonline.nl/Default.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1 (Artikel 5.1)

Sterkteberekening dakkapel

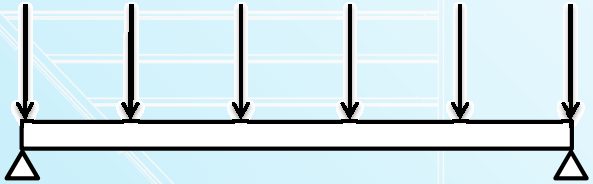


Vrij lichaam systeem

1 Persoon op dak



2 Verdeelde belasting (water op dak)



Aannames:
Reken alleen staalplaten, hout is verwaarloosbaar
Deze platen zijn met elkaar schuifvast verbonden
Reken meewerkende plaatbreedte 500mm (voetbreedte)
Overspanning dak is 3000 mm

Zwaartepunt is 32.5 mm vanaf onderste plaat

$$I = bd\,(a_1^{\,2} a_2^{\,2}) * 2 = 500 * 1 * (32.5^2 * 22.5^2) * 2 = 1562500 \;\; mm^4$$

$$W = \frac{I}{e} = \frac{1562500}{32.5} = 48076 mm^3$$

Eigen gewicht dak:	RVS:	0.004*78,5 =	0.314			
	Hout:	0.019*4 =	0.076			
			0.39	0.39 * 1.2 =	0.47	
Water op dak:		0.07*10	0.7	0.7 * 1.3 =	0.92	
				1.09	1.38	kN/m2
				q2	q1	

Belasting o.i.v. water = 1.38 kN/m2

NB. 1.2 en 1.3 zijn veiligheidsfactoren

Prep = 800N Pd=800*1.3 (veiligheidsfactor)

$$M_d = \frac{1}{8} q_1 l^2 + \frac{1}{4} Pl = \frac{1}{8} * 1.38 * 3^2 + \frac{1}{4} * 0.8 * 1.3 * 3 = 2.33 kNm$$

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W} = \frac{2.33 * 10^6}{48076} = 48 N/mm^2$$ De constructiesterkte voldoet. (σ <235 N/mm2)

Doorbuiging

$$\delta = \frac{5 q l_2 l^4}{384 EI} + \frac{Pl^3}{48 EI} = \frac{5 * 1.09 * 0.5 * 3000^4}{384 * 2 * 10^5 * 1562500} + \frac{800 * 3000^3}{48 * 2 * 10^5 * 1562500} = 3.2 mm$$

3.2mm ≈ 1/1000 L dus dit voldoet

Heatloss berekening

In de huidige situatie zou er een zonnecollector direct aan de omgeving bloot gesteld worden. Dit betekent dat er een grote plaat van 80C in de wind ligt zonder dat wij ervan uitgaan dat er warmte verloren gaat.

We kunnen de warmteoverdracht van de collector naar de lucht benaderen door het modelprobleem van stroming over een vlakke plaat:

De volgende parameters bepalen dan de warmteoverdrachtscoefficient:

Het Reynoldsgetal:

$$Re_L = \frac{\rho V L}{\mu}$$

Dichtheid van de lucht: $\rho = 1.2 \frac{kg}{m^3}$
Snelheid langs de collector: $V = 8.0 m/s\ (windkracht\ 5)$
Lengte waar langs de lucht stroomt: $L = 1.5m$
Viscositeit van de lucht: $\mu = 18.27 \times 10^{-6}$

Het Reynoldsgetal is dan : 7.9×10^5

Het Nusselt getal:

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0.664 Re_L^{0.5} Pr^{0.33} \quad if\ Re_L < 5 \times 10^5$$
$$Nu = \frac{hL}{k} = 0.037 Re_L^{0.8} Pr^{0.33} \quad if\ 5 \times 10^5 < Re_L < 10^7$$

Warmteoverdrachts coefficient: h
Lengte waar langs de lucht stroomt: $L = 1.5m$
Warmtegeleidingscoefficient van de lucht: $k = 0.025 \frac{W}{m\,K}$
Het Prandtl getal van lucht: $Pr = 0.713$

Door het hoge Reynoldsgetal hebben we de tweede Nusselt relatie nodig. Invullen geeft een waarde van:

$$Nu = 1720$$

Hiermee kunnen we de warmteoverdrachtscoefficient uitrekenen.

$$h = Nu\ \frac{k}{L} = 28.7 \frac{W}{m^2 K}$$

De uiteindelijke stroom aan warmte die verloren gaat bij de collector wordt uitgerekend met onderstaande formule:

$$Q = hA(T_{collector} - T_{air})$$

De stroom aan warmte die verloren gaat: $Q\ [W]$
De totale oppervlakte van de collector: $A\ [m^2]$
De temperaturen van de lucht en de collector: T_{air}& $T_{collector}$[℃]

Voor typische waarden is de warmtestroom:

$$Q = hA(T_{collector} - T_{air}) = 28.7 \times 1.5 \times 3 \times (80 - 15) = 8395W$$

Dit is een niet te verwaarlozen hoeveelheid warmte die verloren gaat. Op basis van deze waarde zou ik aanraden om er een glasplaat overheen te plaatsen.

Matlab variabelen

Dit zijn de variabelen die verder in Matlab zijn ingevoerd:

```
% Constants related to the pillowplate solar installation model
% Maximum simulation time [s]
maxSimTime = 100*3600;
% Specific heat capacity of water [J/kg/K]
cpw = 4180;
% Latent heat temperature of the Thermusol [degC]
T_latent = 55;
% Latent heat of thermusol [J/kg]
h_latent = 180000;
% Specific heat capacity of Thermusol [J/kg/K]
cp_thermusol = 3000;
% density of the Thermusol [kg/m3]
rho_thermusol = 590;
% volume of Thermusol [m3]
V_thermusol = 0.1032;
% Minimum temperature required to retreive heat from the thermusol
[degC]
T_min = 45;
% Maximum temperature of the thermusol [degC]
T_max = 75;
% Initial temperature of the Thermusol [degC]
T_init = 50;
% Water temperature for solar collector [degC] This should be higher than
the maximum temperature of the thermusol (T_max)
T_solar = 80;
% Solar energy input at sunny weather[W]
Q_solar_sunny = 1000;
% Solar energy input at cloudy weather[W]
Q_solar_cloud = 100;
% Solar energy input over a day specified by array of values [W/m2] You
can change the number of elements yourself. 12 elements will result in 12
intervals of each 7200s (2 hour). 24 intervals -> 24 intervals
and so on. The specified array is automatically reused after one day is
passed.
Q_solar_user_cloudy = [0 0 0 0 0 0 0 0 24 67 103 127 136 131 111 77 34 0 0
0 0 0 0 0];
Q_solar_user_sunny = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 25 125 225 275 300 250 180 100
25 0 0 0 0 0 0 0];
% Area of collectors [m2]
A_collector = 3.44;
% Total Solar Input (W)
Q_solar_total_cloudy = Q_solar_user_cloudy*A_collector;
Q_solar_total_sunny = Q_solar_user_sunny*A_collector;
% averaged heat consumption during a day [W]
Q_consumption = 500;
% User defined energy consumption [W]. Works same as Q_solar_user.
Q_consumption_user = [ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 500 300 200 200 100 100 100 ];
%% Derived parameters
% Deadzone limits:
end_of_dead_zone = h_latent*V_thermusol*rho_thermusol;
% Integrator maximum
integrator_max = end_of_dead_zone + (T_max - T_latent) * cp_
thermusol*V_thermusol*rho_thermusol;
% Integrator minimum
integrator_min = ((T_min - T_latent) * cp_thermusol*V_thermusol*rho_
thermusol)*2;
% Integration initial condition
if T_init == T_latent
integrator_init = 0;
elseif T_init < T_latent
integrator_init = (T_latent - T_init) * -1 * cp_thermusol*V_thermusol*rho_
thermusol;
elseif T_init > T_latent
integrator_init = (T_init - T_latent) * cp_thermusol*V_thermusol*rho_
thermusol + end_of_dead_zone;
end
% Heat capacity of Thermusol
Cp_thermusol = (cp_thermusol*V_thermusol*rho_thermusol);
% Convert user specified solar input to an array
SolarIn_cloudy = convertToArray(maxSimTime,Q_solar_total_cloudy);
SolarIn_sunny = convertToArray(maxSimTime,Q_solar_total_sunny);
% Convert user specified consumption to an array
ConsumptionUser = convertToArray(maxSimTime,Q_consumption_user);
```