

Groep 1:

Rein Corselis

Flore Duverger

Rémi Froyman



Geïntegreerde Proef

6^{de} jaar Industriële Wetenschappen

Infraroodtechnologie

**Toepassingen op energiebesparende
maatregelen**

Schooljaar: 2010 – 2011

Leerjaar: 2^e jaar

Graad: 3^e graad

Mentor: Dhr. M. Platteeuw

Project-mentor: Dhr. K. Plovier

Groep 1:

Rein Corselis

Flore Duverger

Rémi Froyman



Geïntegreerde Proef

6^{de} jaar Industriële Wetenschappen

Infraroodtechnologie

**Toepassingen op energiebesparende
maatregelen**

Schooljaar: 2010 – 2011

Leerjaar: 2^e jaar

Graad: 3^e graad

Mentor: Dhr. M. Platteeuw

Project-mentor: Dhr. K. Plovier

Woord vooraf (Nederlands)

In het kader van de geïntegreerde proef hebben wij als laatstejaarsstudenten in de richting zesde Industriële Wetenschappen de opdracht gekregen om een onderwerp grondig uit te werken. We kozen als groep voor het onderwerp infrarood samen met milieu. Vandaar de titel van ons eindwerk: “Toepassingen op energiebesparende maatregelen”.

Ons doel was alles rond infrarood te bestuderen en er praktische voorbeelden van op te zoeken. Al snel werd duidelijk dat het onderwerp infrarood heel veel mogelijkheden bood. Het was dan ook moeilijk om te kiezen welke weg we zouden kunnen inslaan. Ons eerste onderwerp was archeologie. Door middel van infraroodstraling is het mogelijk vondsten te detecteren zonder te graven. Dit bleek geen ideale piste te zijn voor ons, door de verschillende risico's met het dure materiaal. Tijdens het zoeken naar een nieuw onderwerp stootten we op thermografie: het gebruik van infrarood in het gebied van milieu, veiligheid,... We kregen de mogelijkheid via RTC om met echte infraroodcamera's te gaan werken. Met deze camera's konden we heel wat praktische zaken uitvoeren zoals het opstellen van een EPC. Zo maakten we kennis met de wereld van infrarood en dit gaf ons de opportuniteit veel bij te leren over het praktische gebruik van infrarood.

Voor de hulp, de steun en de nieuwe ideeën die we kregen bij onze GP zouden we enkele mensen willen bedanken met name onze mentor Dhr. Platteeuw; de technische leerkrachten Dhr. Plovier, Dhr. Vanbeselaere, Dhr. Devoogdt; de begeleidende leerkrachten Dhr. Vanacker, Mevr. Derycke, Dhr. Bequoye; de corrector Dhr. Blontrock; de juryleden Dhr. Devos, Dhr. Hindryckx, Dhr. Struye, Mevr. Sweertvaegher, Dhr. Dejonckheere, Dhr. Kinget. Onze ouders bedanken we voor de financiële en morele steun.

Het afdrukken van dit document gebeurde met de Dell 1100 printer. De verwerking van dit document gebeurde met Microsoft Word 2007. Dit programma is van alle professionele voorzieningen voorzien zoals spellingscontrole, automatische paginanummering, bijschriften bij de tabellen,... Hiervan werd in dit document gebruik gemaakt.

Vorwort (Deutsch)

Für die integrierte Probe im letzten Jahr haben wir, Studenten aus dem sechsten Jahr Industrielle Wissenschaften, das Thema Infrarot ausgewählt. Demzufolge lautet der Titel unserer integrierten Probe: "Infrarot Technologie als eine Anwendung für Thermografie."

Unser Ziel war ein Studium über Infrarot und das finden von Beispielen aus der Praxis. Es wurde bald klar, dass das Thema Infrarot viele Möglichkeiten hatte. Es war schwierig zu entscheiden welchen Weg wir nehmen könnten. Unser erstes Thema wurde Archäologie. Mit Infrarot-Strahlung ist es möglich die Fälle ohne Graben zu erkennen. Diesen erwies sich nicht als die ideale Arena für uns, weil verschiedene Risiken auftreten können. Das Material ist zu teuer. Auf der Suche nach einem neuen Thema, stolperten wir über Thermografie: Der Einsatz von Infrarot in der Umwelt, Sicherheit,... Wir hatten die Gelegenheit über RTC mit echten Infrarot-Kameras zu arbeiten. Mit diesen Kameras konnten wir einige praktische Sachen wie eine Erstellung eines EPC und so weiter ausführen. Also haben wir in der Welt der Infrarot untersucht. Das gab uns die Möglichkeit viel zu lernen viel über den praktischen Einsatz von Infrarot.

Für Hilfe, Unterstützung und neue Ideen die wir bekommen haben, möchten wir einige Leute danken; besonders unserem Mentor Herrn Platteeuw, technischen Lehrern Herrn Plovier, Herrn Vanbeselaere, Herrn Devoogdt, den begleitenden Lehrern Herrn Vanacker, Frau Derycke, Herrn Bequoye, dem Korrektor Herrn Blonrock den Juroren Herrn Devos, Herrn Hindryckx, Herrn Struye, Frau Sweertvaegher,, Herrn Dejonckheere, Herrn Kinget. Wir danken unseren Eltern für die finanzielle und moralische Unterstützung.

Der Druck dieses Dokuments wurde mit dem Dell 1100 Printer getan. Die Verarbeitung dieses Dokuments wurde mit Microsoft Word 2007 durchgeführt. Dieses Programm hat viele professionelle Features wie Rechtschreibprüfung, automatische Seitennummerierung,... Das haben wir in diesem Dokument verwendet.

Inhoud

Woord vooraf (Nederlands)	4
Vorwort (Deutsch)	5
Inhoud	6
1. Infraroodtechnologie	9
1.1 Groepsleden	9
1.2 Doelstelling	9
1.3 Het lightspectrum	9
1.3.1 Ontstaan van lightspectrum	9
1.3.2 Wat is infrarood?	11
1.3.1 Ontdekker infrarood: Friedrich Wilhelm Herschel	12
1.3.2 Geschiedenis: aantonen van het bestaan van infrarood	14
1.3.3 Het spectrum	14
1.3.4 De theoretische proef	14
1.3.5 De praktische proef	15
1.3.6 Proef van Herschel: invloed van glas op het infrarood	19
1.3.6.4 Besluit	20
1.4 Praktische voorbeelden infrarood	21
1.4.1. Infrarood camera	21
1.4.2 Thermometer	23
1.4.3 Meten van isolatiefouten	23
1.4.4 Slijtage lagers in machines	24
1.4.6 Thermografie toegepast vanuit de lucht	26
1.4.7 Medische thermografie	27
1.4.7.1 Thermografie toegepast bij dieren	27
1.5 Manieren om in de lucht te raken	28
1.5.1 Quadrocopter	28
1.5.2 Weerballon - Zeppelin	28
1.5.3 Lift	29
1.5.4 Waterraket	30
1.5.5 Katapult	30
1.5.6 Vlieger	30

1.6 Experimenten	31
1.6.1 Experiment met infrarood cameraatje	31
1.6.2 Experiment met infraroodfilter op professioneel fototoestel Sony α 300	31
1.7 Proef met waterraket	33
1.8 Archeologie	35
1.9 InfraCAM	35
1.9.1 Wat is InfraCAM ?	35
1.9.2 Wat is thermografie ?	36
1.9.3 Thermografie in vergelijking met zichtbaar licht	37
1.9.4 Emissiviteit en reflectie	38
1.9.5 Begrip TRefl of reflectie	39
1.9.8 De wet van Boltzmann Stefan	43
1.9.9 Wat kunnen we doen met deze camera op school	43
1.10 Waarom isoleren	44
1.10.1 Het nut van isoleren.	44
1.10.2 Kyotonorm	44
1.11.1 U-waarde	45
1.11.2 λ -waarde	46
1.11.3 R-waarde	46
1.11.4 Verband U-waarde, R-waarde en λ -waarde	47
1.11.5 K-peil	48
1.11.6 Compactheid	48
1.11.7 E-peil	48
1.11.7 Google SketchUp	49
1.11.8 Het EPC of energieprestatiecertificaat	51
1.11.9 Het EPB of Energie prestatie en binnenklimaat	52
1.11.10 EAP of Energie Advies Procedure	53
1.11.11 De EPC op het chemielokaal	53
1.12 Website – Blog	54
1.13 Materialenlijst	54
1.14 Bijlagen	55
Bijlage 1: Emissiviteit van materialen	55
Bijlage 2: λ -waarden van bouwmaterialen	56

Bijlage 3: λ -waarden van zeer goede isolerende materialen	57
Bijlage 4: energieprestatiecertificaat voor en na isoleren van het dak	57
Bijlage 5: Details energieprestatiecertificaat voor het verbeteren van de isolatie	58
Bijlage 6: Infrarood foto's genomen in het VTI-Ieper	59
Bijlage 7: Opstelling proef van Herschel	60
1.15 Woordenlijst	62
1.16 Literatuurlijst	63
1.17 Besluit	66

1. Infraroodtechnologie

1.1 Groepsleden

Naam groepslid	E-mailadres
Rein C.	tendonsie@tendonsie.be
Flore D.	floreduverger@hotmail.com
Rémi F.	froymen-remi@hotmail.com

1.2 Doelstelling

Het bestuderen van infrarood en een overzicht geven van enkele belangrijke toepassingen omtrent infraroodtechnologie. Ook indien mogelijk enkele praktische toepassingen in de praktijk uittesten. Verder een infraroodcamera via één of meerdere constructies (bv: lift) in de lucht krijgen. Het bewijzen van de aanwezigheid van infrarood licht (m.b.v. een thermometer) in zichtbaar licht door de proef met de prisma van de wetenschapper William Herschel na te bootsen die infrarood ontdekte. Studie maken van infraroodtechnologie bij het gebruik van het opsporen van warmteverliezen en bij het gebruik bij veiligheidspreventie.

1.3 Het lichtspectrum

1.3.1 Ontstaan van lichtspectrum

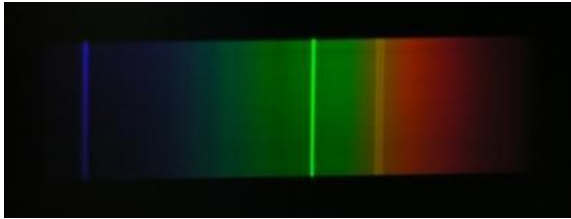
1.3.1.1 Het licht

Het licht is een golfverschijnsel en een elektromagnetische straling. Je kunt twee soorten licht hebben: monochromatisch licht (laserlicht) of polychromatisch licht (wit licht). (Deze begrippen kun je ook terugvinden in de woordenlijst: 1.15) Monochromatisch licht is een kleur die je ziet die bij een golflengte hoort. Polychromatisch licht zijn verschillende golflengtes door elkaar. Het oog ziet dit dan als de optelsom van alle monochromatische kleuren. Het wit licht is de combinatie van alle kleuren. Het licht heeft drie variabelen: de lichtsterkte die we schrijven als de amplitude, de kleur die beschreven wordt door de frequentie of een golflengte en polarisatie die we schrijven als de trillingsrichting.

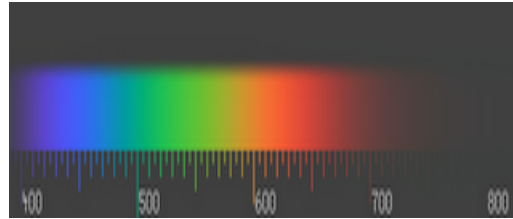
1.3.1.2 Het spectrum

Het spectrum wordt bij golfbewegingen gebruikt om de intensiteit (= mate van de hevigheid) en de golflengtes die in de beweging zitten te berekenen en te bekijken. Een voorbeeld is een geluidsspectrum dat de trillingsfrequenties in een geluid weergeeft. Een kleurenspectrum geeft de kleuren (golflengtes) die het materiaal uitstraalt. Hierdoor kun je met een spectrum de samenstelling van een voorwerp bepalen. Men kan ook de temperatuur van een vast voorwerp bepalen met een kleurenspectrum. We weten dat de warmte van een kleur toeneemt naarmate deze het infrarood nadert. Naarmate we het infrarood naderen worden de golflengtes ook groter waardoor ze meer energie overbrengen. Een voorbeeld hiervan zijn de microgolven (microgolfoven) waarmee je voorwerpen kan opwarmen.

Als we door een rooster of prisma het licht breken, kunnen we zeven duidelijke kleuren onderscheiden op de wand schuin van het prisma; namelijk rood, oranje, geel, groen, blauw, indigo en paars. Er zijn ook kleuren in het spectrum die we niet kunnen zien. Boven het rood krijgen we het infrarode licht en onder het paars krijgen we ultraviolet. We kunnen het spectrum vergroten door het prisma verder van de wand te brengen maar hierdoor zal ook de intensiteit van de kleuren verdwijnen.



Figuur 1: lijn per lijn spectrum

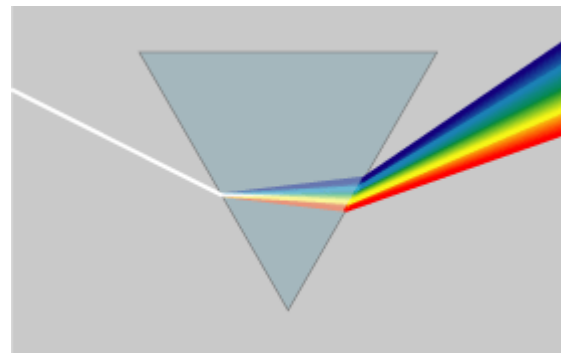


Figuur 2: continu, doorlopend spectrum

1.3.1.3 Hoe creëer je een lichtspectrum

Golven hebben verschillende verschijnselen wanneer ze een andere middenstof (lucht → glas) passeren. Breking is hier één van. Als het licht door een prisma passeert zal dit dan ook een breking veroorzaken door de verandering van middenstof (van lucht naar het materiaal van je prisma).

Bij het puntje “1.3.1.1 Het licht” hebben we gezien dat je twee soorten licht kan hebben: monochromatisch licht of polychromatisch licht. Als we polychromatisch licht (wit licht) door een prisma sturen wordt het monochromatisch licht (rood, geel, groen, ...)



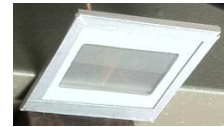
Figuur 3: lichtspectrum

gebroken. Licht met grote golflengtes buigt het minst af (rood) en het licht met de kleinste golflengtes buigt het meest af (violet). Als we dit dan op een wand projecteren zien we de verschillende kleuren mooi verspreid. Als dit in polychromatisch licht gebeurt (licht met alle kleuren erin), zal dit een continu spectrum creëren. Als we licht door een prisma sturen dat maar enkele kleuren bezit (bv. Een TL-lamp), krijgen we een lijnspectrum.

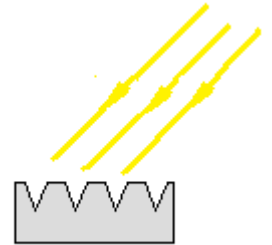
Het is vanzelfsprekend dat als we een monochromatisch licht door het prisma sturen, dit geen enkel verschil zal geven. Als we polychromatisch licht twee keer door een prisma sturen zal het licht bij de eerste prisma verbuigen naar een spectrum. Als we dit door het tweede prisma sturen krijgen we terug het originele polychromatisch licht.

1.3.1.4 Hoe creëer je een lichtspectrum met een rooster

We kunnen een lichtspectrum maken op verschillende manieren. Eén hiervan is met behulp van een rooster. Een rooster is een lichtdoorlatend plaatje (plastic, glas, ...) waarin men evenwijdige krassen maakt met eenzelfde tussenafstand. De nauwkeurigheid van je spectrum hangt af van de hoeveelheid krassen. De werking van een rooster is net als van een prisma. Deze is gebaseerd op breking van golven. Als we de doorsnede zouden nemen van het rooster en dit uitvergroten krijgen we een zaagachtig fenomeen (zie figuur 5). Elk van deze “tandjes” dienen als een prisma waardoor je meer dan 1 spectrum zal creëren indien we licht door het rooster laten schijnen. Ook komen enkele spectrums samen waardoor je één intenser spectrum hebt en dan nog enkele minder intense. Je zult ook het wit licht zien achter het rooster. Dit komt omdat we afgevlakte “tandjes” hebben op het roosteroppervlak waar het licht niet gebroken wordt.



Figuur 4: een rooster

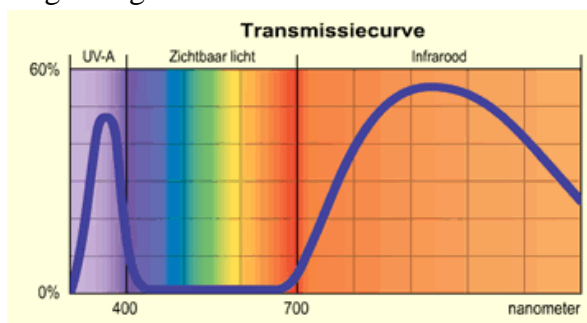


Figuur 5: werking rooster

1.3.2 Wat is infrarood?

Infrarood zijn de frequenties, de golflengtes die op een lichaam als warmte ervaren worden. Infrarood is dan ook een onderdeel van het lichtenspectrum en is ook deels in het zonlicht te vinden. Vandaar de hitte die je voelt van het zonlicht.

Infrarood kan door het menselijk oog niet worden waargenomen, dit wordt aangetoond door volgende grafiek:



Figuur 6: transmissiecurve

Een mens kan zien vanaf 400 nm tot 700 nm. Op de curve zie je duidelijk dat infrarood buiten het zichtbare licht is en dus niet waarneembaar voor het menselijk oog.

Het spectrum van infrarood begint bij 0,78 μm en wordt onderverdeeld in drie soorten:

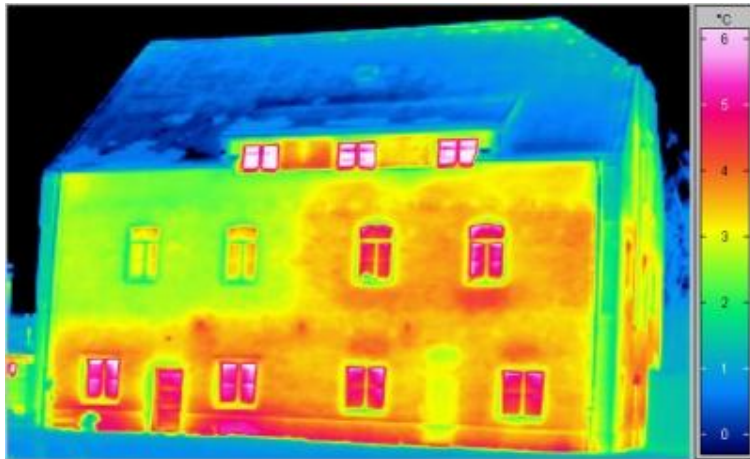
- Korte golf infrarood (IR-A): 0,78 – 1,40 μm
- Middengolf infrarood (IR-B): 1,40 – 3,00 μm
- Lange golf infrarood (IR-C): 3,00 – 1000 μm

De energie die infrarood bevat wordt geabsorbeerd door het voorwerp waar het op valt, hierbij wordt die energie omgezet in warmte. De uitwerking van de verschillende infrarood soorten verschilt.



Figuur 7: kleurenband i.f.v. de golflengte

Op een infrarood foto kun je verschillende kleuren onderscheiden, elk kleur geeft een temperatuur aan van het lichaam. Natuurlijk kan een lichaam verschillende temperaturen hebben wat geïllustreerd wordt met het volgende voorbeeld:



In dit voorbeeld zie je duidelijk verschillende kleuren. Zoals reeds vermeld weten we dat elk kleur een temperatuur weergeeft dus zie je hier dat dit huis verschillende temperaturen aangenomen heeft.

Figuur 8: huis gefotografeerd in infrarood

1.3.1 Ontdekker infrarood: Friedrich Wilhelm Herschel

Friedrich Wilhelm Herschel werd geboren op 15 november 1738 in de stad Hannover. Herschel was de tweede oudste van een gezin met 10 kinderen. Zijn vader Isaac Herschel was een hobospeler van de Hannoveriaanse wacht. Hierdoor begon William hobo en viool te leren aan zijn vader. Verder werd hij door deze muziekpasje ook componist, waar hij ook succesvol in was. Maar Isaac leerde William ook nog iets anders, namelijk zijn passie voor sterrenkunde.

In 1757 verloren de Duitsers de slag bij Hastenbeck waardoor het geboortestadje bezet werd door het Franse leger. Na enkele dagen werd de vader van William opgepakt en moesten de 2 oudste zoons vluchten naar Engeland.

In Engeland veranderde hij zijn naam in Frederick William Herschel.

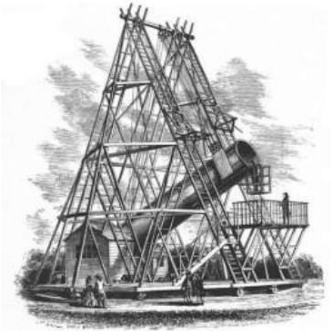
Na enkele jaren als musicus te leven in Engeland, werd William 1766 tot organist genoemd in Bath. Aangezien hij als organist niet veel verplichtingen had, kreeg hij tijd voor concerten en bijlessen. Met deze extra inkomsten kon hij zich volledig richten op zijn passie: astronomie. In 1772 liet William zijn zuster Caroline overbrengen naar Engeland die dezelfde passie voor sterrenkunde had.



Figuur 9: Wilhelm Herschel

De volgende jaren besteedde William aan het bouwen van telescopen met een steeds grotere brandpuntafstand. Eén had zelfs een brandpuntafstand van 12 meter, de grootste ter wereld van die tijd. Na de uitvinding van de gebruiksvriendelijke spiegeltelescoop die door de Schotse wis- en natuurkundige astronoom James Gregory werd gemaakt, begon William zelf een telescoop te maken. Hoewel de eerste Gregory-telescoop geen groot succes was, kon hij met zijn Newton-telescoop de ringen van Saturnus en de Orionnevel waarnemen. Naarmate de maanden vorderden was William steeds fanatieker met zijn hobby bezig. Hij liet zelfs zijn broers en zusters onderdelen maken voor zijn telescopen in de verschillende ruimtes van zijn huis.

Na het bouwen van zijn 11cm telescoop ontdekte William het fenomeen van dubbelsterren. Na het controleren van het sterrenbeeld van de Tweelingen zag Herschel ook een schijfvormig hemellichaam dat zo snel beweegt dat het wel in ons zonnestelsel moest plaatsvinden. Eerst dacht William dat hij een nieuwe komeet had ontdekt en stuurde een bericht naar de twee topastronomen Nevil Maskelyne en Hornsby. De doeltreffendheid van Herschel zijn telescoop werd bewezen omdat Nevil de ster niet kon zien met zijn telescoop en Hornsby hem lichtjes kon zien maar de afstand van de ster ten opzichte van referenties niet kon meten. Door de metingen van Herschel werd al snel vastgesteld dat dit de verst gelegen planeet van de zon was die 84 jaar deed om rond de zon te draaien en vier maal zo groot was als de aarde.



Figuur 10: telescoop

Na het bouwen van de grootste telescoop die maar liefst 12 meter lang was en een opening van 120 centimeter had, werden nog enkele ontdekkingen gedaan, namelijk Titania en Oberon, de manen van de eerder door hem ontdekte planeet Uranus, en Mimas een maan van de planeet Saturnus.

In 1800 deed Herschel onderzoek naar de verschillende temperaturen van kleuren om filters te kunnen ontwikkelen die deze kleuren zouden tegenhouden om zo zijn telescoop te verbeteren. Hij ontdekte toen tijdens een proef iets merkwaardigs: naarmate je naar de rode kleur nadert, wordt de temperatuur warmer. Maar zelfs als je verder gaat dan de rode kleur, wordt de temperatuur nog warmer. Hiervoor was er maar 1 uitleg: er bestaan kleuren die we met het menselijk oog niet kunnen zien, bijvoorbeeld infrarood (of ultraviolet).

Na verder onderzoek van de dubbelsterren kwam Herschel tot een besluit: de sterren bewegen ten opzichte van elkaar. Maar dit kon geen rechte lijnige beweging zijn. Anders stortte het heelal in elkaar door de zwaartekracht. Het was dus een cirkelvormige beweging. Herschel dacht dat de zon misschien ook wel een ster kon zijn en wij dus ook een sterengroep waren. Al deze sterengroepen waren gelegen in een platte schijf: de Melkweg.

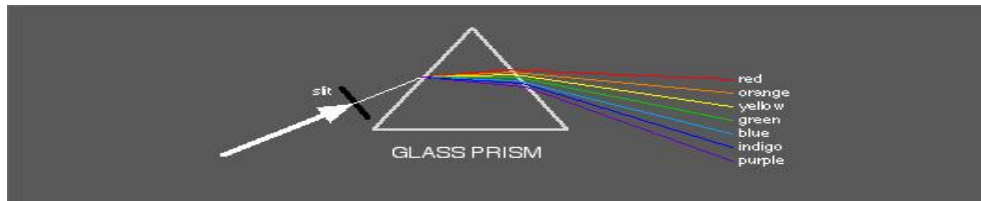


Figuur 11: William Herschel

1.3.2 Geschiedenis: aantonen van het bestaan van infrarood

1.3.3 Het spectrum

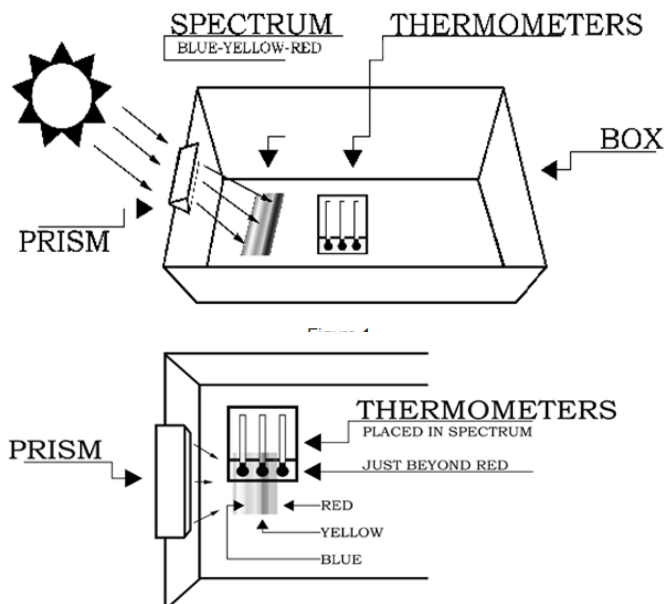
Bij paragraaf 1.3.1.2 hebben we gezien dat licht bestaat uit verschillende kleuren. Deze kleuren naast elkaar noemen we een spectrum. Om een spectrum te creëren moeten we een gebundelde straal van licht door een rooster of door een prisma sturen. In deze proef van Herschel zullen we dit bewijzen dat er verschillende kleuren zijn die we zelfs niet zien met het blote oog.



Figuur 12: kleurenspectrum dat we krijgen na het breken van een lichtstraal.

1.3.4 De theoretische proef

De proef wordt uitgevoerd in een gesloten ruimte. In die ruimte zal het (zon)licht gebroken worden door een vastgemaakt prisma. Dit zorgt voor een spectrum op de wand. We plaatsen enkele thermometers zo dicht bij de wand (niet tegen de wand) in verschillende kleuren. We kunnen hieruit afleiden dat het rode gedeelte veel sneller opwarmt dan het paarse gedeelte. Als we een thermometer nog verder buiten het rode plaatsen, zal deze nog sneller opwarmen. Hierdoor kunnen we vaststellen dat er nog soorten kleuren zijn in het licht die we niet kunnen waarnemen met het menselijke oog, namelijk infrarood.



Figuur 13: werking proef

1.3.5 De praktische proef

1.3.5.1 Gebruikte materialen

- een lichtbron: een lamp van 200 watt, zonlicht, halogeenlampje;
- een wand: een zwart stuk karton, wit blad papier;
- thermometers;
- prisma of een rooster;
- het programma Loggerpro om de testresultaten op te slaan en in een grafiek te plaatsen;
- een schoendoos;
- een plaatje met spleet om een fijne lichtstraal te verkrijgen;
- convergerende lenzen om de lichtstralen te bundelen;
- parabolische spiegels voor het bundelen;
- zwarte plakkaatverf voor de thermometers.

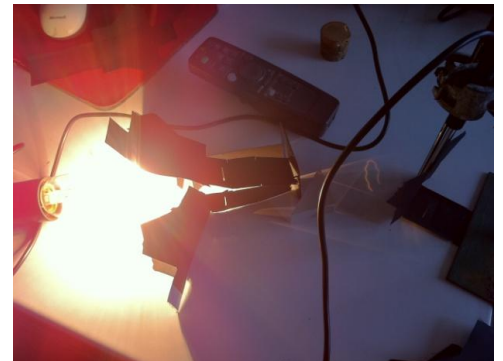
1.3.5.2 Benodigheden test 1

We gebruiken voor de eerste proef:

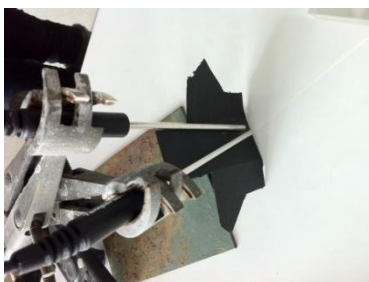
- als wand: een stuk zwart karton;
- als lichtbron: lamp van 200 watt en de halogeenlamp;
- prisma en een rooster;
- convergerende lenzen;
- plaatje met spleet;
- thermometers;
- het computerprogramma.

1.3.5.3 Klaarzetten van test 1

We plaatsen het licht en richten het naar het prisma. Dan plaatsen we het plaatje met de spleet ertussen en zorgen ervoor dat de lichtstraal het prisma snijdt. We dekken het licht voor de rest af om zo lichtpollutie te vermijden. Op de foto zien we dat de lichtstraal, naarmate we verder gaan, breder wordt. Dit kunnen we verhelpen door een convergerende lens voor het plaatje te zetten. De projectie van het spectrum wordt afgebeeld tegen het stuk zwart karton. We plaatsen de thermometers in het spectrum door middel van statieven. Daarna proberen we dit nog met een halogeenlamp en een rooster.



Figuur 14: proefopstelling



Figuur 16: proefopstelling



Figuur 15: proefopstelling

1.3.5.4 Verloop van test 1

We steken de lamp in het stopcontact en we zien dat het licht door de spleet niet mooi in één rechte lijn loopt. De lichtstraal verbreedt en vervaagt naarmate hij verder gaat. Om dit te verbeteren plaatsen we een convergerende lens voor het plaatje met de spleet. De lichtstraal is nu gebundeld. We merken ook op dat het licht door het prisma schuin geprojecteerd wordt en niet rechtdoor. De gloeidraad van de lamp wordt ook mee geprojecteerd op de grond. Na een tiental minuten wachten, zagen we geen gewenst resultaat op de computer. Dit lag volgens ons aan de kracht van de lamp en de lichtpollutie van de zon. We hebben de lamp veranderd door een halogeen lampje (zie figuur 3) en het prisma door een rooster te laten gaan, om zo een groter spectrum te krijgen.

1.3.5.5 Besluit van test 1

Bij de proef met het prisma en de 200 watt lamp kregen we niet het gewenste resultaat. We kregen van de twee thermometers een stijgende lijn maar de thermometer in het rood steeg trager dan in het blauw. Met het halogeen lampje en het rooster steeg de thermometer in het rood iets sneller dan met het prisma maar we hadden nog altijd geen gewenst resultaat.

1.3.5.6 Oorzaken

- Het spectrum geeft niet genoeg warmte voor de thermometers.
- De lamp is niet sterk genoeg.
- Te veel lichtpollutie.

1.3.5.7 Benodigheden test 2

We gebruiken voor de 2^e proef:

- convergerende lenzen;
- als lichtbron: de lamp van 200 watt en de halogeenlamp;
- een rooster;
- als wand: een blad papier;
- plaatje met spleet;
- thermometers met zwarte plakkaatverf;
- het computerprogramma;
- parabolische spiegels;
- schoendoos.

1.3.5.8 Klaarzetten van test 2

We nemen de schoendoos en snijden een gat aan de ene kant. Daarvoor plakken we het prisma. Voor de doos plaatsen we convergerende lenzen en achter de lamp plaatsen we parabolische spiegels. Zo proberen we het licht maximaal te concentreren door de spleet. We plooiën het deksel van de doos in twee zodat er zoveel mogelijk licht van de lamp tegengehouden wordt. We plaatsen een wit blad achteraan in de doos waarop het spectrum tevoorschijn komt. We plaatsen de thermometers door statieven op de juiste plaats. We verven de topjes van de thermometers zwart voor een betere absorptie van warmte.



Figuur 17: proefopstelling



Figuur 18: proefopstelling



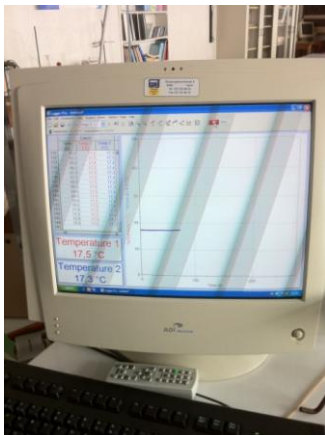
Figuur 19: meetpennen van de temperatuur

1.3.5.9 Verloop test 2

Na het aanschakelen van het licht zien we een mooi breed spectrum. Er is enkel nog wat lichtpollutie van de zon.

1.3.5.10 Besluit test 2

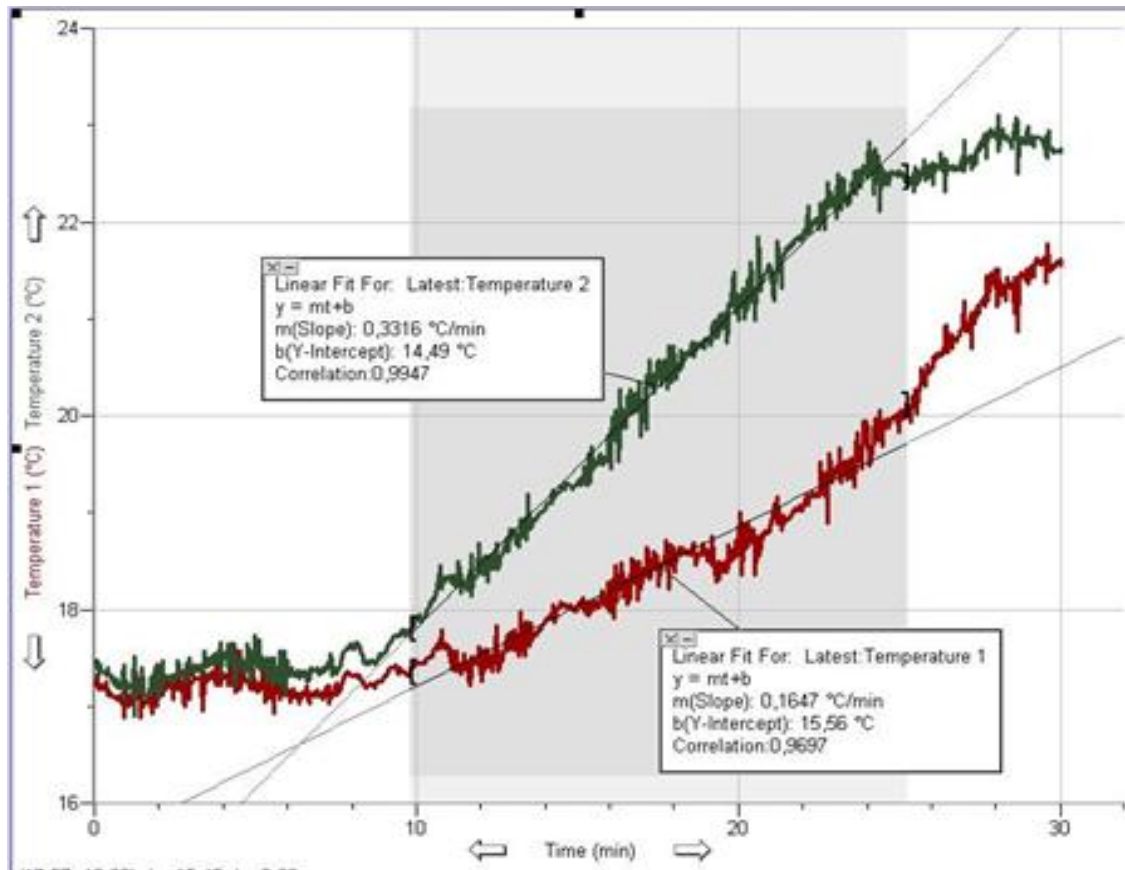
We verkregen een goed resultaat. Na een klein kwartier kregen we een kleine stijgende lijn van het blauwe licht en een grotere stijging voor het rode licht.



Figuur 20; Loggerpro software

1.3.5.11 Definitieve test op jurydag

Op de jurydag (04/02/2011) hebben we de test nogmaals uitgevoerd. Deze keer hebben we de test een uur kunnen laten doorlopen en de proefopstelling meer uitgebreid gemaakt. Zo hebben we een heel duidelijk resultaat verkregen. (zie foto)



Figuur 21: grafiek temperatuur in functie van de tijd van beide meetpennen

Links van het grijze gedeelte, kun je vaststellen dat de lamp nog niet brandt. Beide temperatuurmeters zijn even warm. Het moment dat we de lamp aanleggen, kun je een merkbare tendens waarnemen. Omdat het groene lijntje meer stijgt, hebben we daar waar de temperatuurmeter zich bevind, het infrarode gebied. Hier stellen we een rico vast van $0,33^\circ\text{C}$ per minuut. Bij de blauwe kleur in het spectrum, merken we maar een rico van $0,16^\circ\text{C}$ per minuut. Na een vijftien tal minuten zijn beide temperatuurmeters goed gestegen, en merk je dat de lijnen terug naar elkaar toe lopen.

1.3.5.12 Besluit test 3

Na onze derde test kunnen we dus duidelijk besluiten dat we bij het niet zichtbare licht (infrarood) een duidelijke temperatuursstijging hebben en dat infrarood bestaat!

1.3.6 Proef van Herschel: invloed van glas op het infrarood

1.3.6.1 Benodigheden:

- een lichtbron: een gloeilamp van 200 Watt;
- thermometers;
- een rooster;
- het programma Loggerpro om de testresultaten op te slaan en in een grafiek te plaatsen;
- een camera obscura ;
- convergerende lenzen om de lichtstralen te bundelen;
- zwarte plakkaatverf voor de thermometers;
- aluminiumfolie om de onnodige stralen te weerkaatsen.

1.3.6.2 Klaarzetten van de test

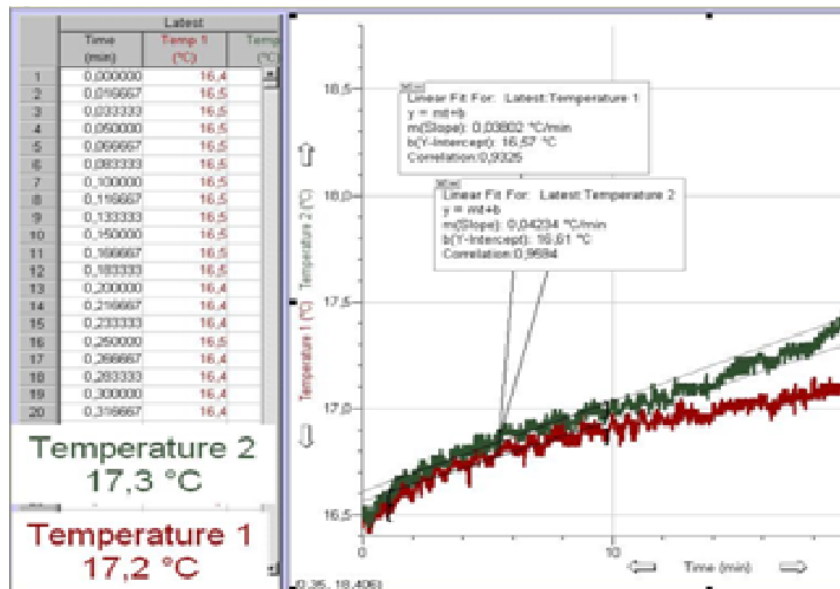
We plaatsen de camera obscura voor de gloeilamp. Tussen de gloeilamp en de camera obscura worden er enkele convergerende lenzen geplaatst om zo de lichtstralen van de gloeilamp te bundelen en door de spleet van de camera obscura te sturen. Binnen in de camera obscura wordt een rooster aangebracht tegen de spleet in de camera. Het gebundelde licht door de convergerende lenzen wordt door het rooster gestuurd en we krijgen zo een lichtspectrum op de achterkant van de camera obscura. We verven de twee thermometers zwart voor een betere absorptie van de warmte van elke lichtsoort. Daarna plaatsen we de thermometers zodat de ene in een willekeurig kleur zit (liefst violet om zo het verschil nog duidelijker te zien) en de andere net buiten de rode kleur, het infrarood. Daarna wordt er tussen het rooster en de thermometers nog een stuk glas geplaatst om het verschil tussen de twee aan te tonen. Als laatste plaatsen we een aluminiumfolie over de voorkant van de camera obscura.



Figuur 22: camera obscura die voor een convergerende lens staat met daarvoor een warme lamp

1.3.6.3 Verloop van de test

Als de lamp brandt zien we niet meteen een verschil. Dit komt door de kleine energie die afgegeven wordt door de kleuren. We zien op de onderstaande figuur dat de temperaturen samen geleidelijk stijgen. Hier kunnen we dan ook zien dat het glas het infrarood goed tegenhoudt. Na een kleine tien minuten halen we het glas uit de camera obscura. We merken dat de thermometer in het infrarood sneller stijgt dan de thermometer in het andere kleur.



Figuur 23: temperatuur in functie van de tijd van beide meetpennen

1.3.6.4 Besluit

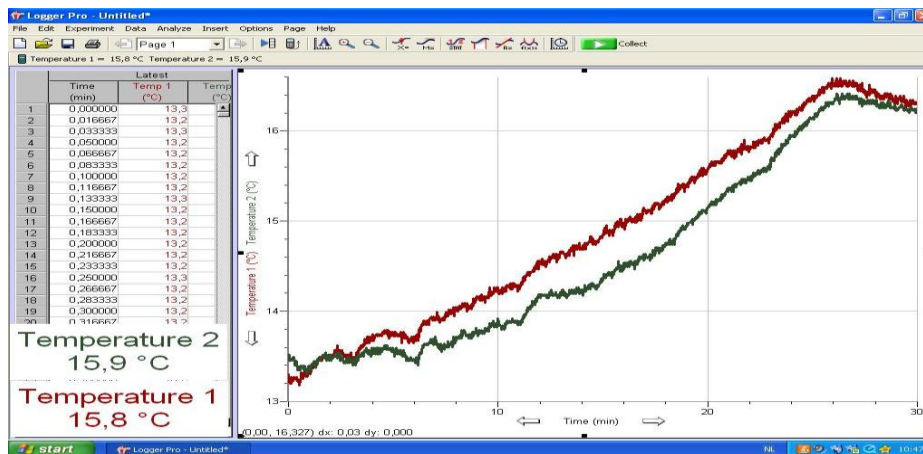
We hadden een succesvolle meting. De twee thermometers stegen ongeveer gelijktijdig met het aanbrengen van het glas. Na het verwijderen van het glas zien we dat de groene thermometer sneller stijgt dan de rode.

1.3.6.5 Oorzaken

Voor de plotselinge piek in de meting hebben we geen oorzaken gevonden omdat niets aan de proefopstelling veranderde.

1.3.6.6 Bijkomende vaststellingen

Op de computer merkten we steeds dat de thermometers een tiende van een graad verschillend waren. Na het plaatsen in een beker met water werd het verschil verholpen. Maar na opnieuw de thermometers te plaatsen in de camera obscura, kwam dit verschil er opnieuw. Als we de gloeilamp aflegden, werd dit verschil opnieuw verholpen. Wij denken dat dit verschil te wijten is aan de warmte die de wand van de camera obscura aan de kant van de gloeilamp uitstraalt.



Figuur 24: temperatuur van de meetpennen in functie van de tijd

1.4 Praktische voorbeelden infrarood

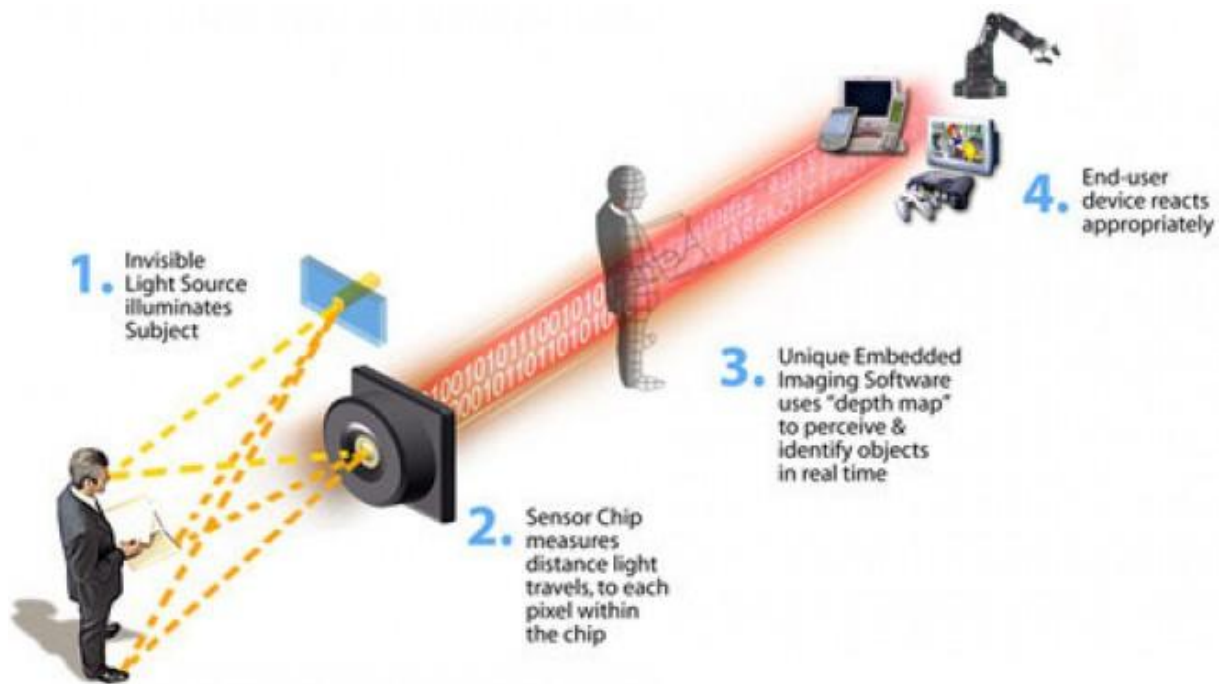
1.4.1. Infrarood camera

1.4.1.1 Infrarood camera

Vroeger was het onmogelijk in het donker te kijken. Dankzij de ontdekking van de infrarood kijker kan dat tegenwoordig wel. Aanvankelijk was de beeldkwaliteit niet optimaal. Soms is dat nog zo. Tegenwoordig bestaat er apparatuur waarmee je goed gefotografeerd of gefilmd kan worden als het donker is. Er bestaan twee types infrarood camera's, de actieve en passieve. De actieve camera zendt infrarood licht uit. Net zoals niet elk geluid door de mens hoorbaar is, is niet elk soort licht voor de mens zichtbaar. Infrarood licht kun je zonder extra hulpmiddelen dus helemaal niet zien.

1.4.1.1.1 Toepassing infrarood camera: Xbox 360 Kinect

Een bekende toepassing in de entertainmentindustrie van infrarood is bijvoorbeeld de recente uitgebrachte Xbox 360 Kinect. Deze camera is in staat om in drie dimensies bewegingen te detecteren van mensen. De Kinect zijn software gaat de infraroodbeelden verwerken en hiermee je bewegingen detecteren. Dit doet hij door constant infrarood licht uit te sturen en te kijken hoelang het duurt voordat het infrarood licht terugkeert. Op deze manier weet de camera ook de afstand tot de persoon. Verder detecteert hij ook je warmte, waarmee hij meteen weet dat jij de mens bent en niet een kast of ander object. Na de verwerking kan hij dus met deze gegevens de game op je televisiescherm aanpassen naargelang jouw bewegingen.



Figuur 25: werking Xbox 360 Kinect camera

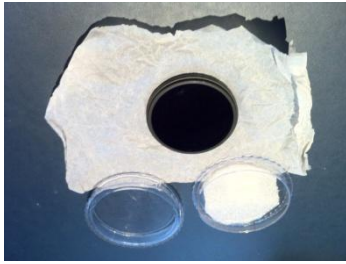
1.4.1.1.2 Toepassing infrarood camera bij drenkelingen

Een andere zeer nuttige toepassing van een infrarood camera is bij reddingswerken op zee. Een persoon valt uit een boot in zee of gaat tijdens het zwemmen te ver weg van het strand. Reddingswerkers ter plaatse kunnen niets zien. Hier biedt een helikopter die vanuit de lucht een infraroodcamera heeft een oplossing. Deze camera, vooraan te vinden aan de neus van de helikopter gaat de persoon detecteren waardoor meteen de persoon kan worden gered. De lichaamstemperatuur van een gezond mens is 37 graden, dit is dus veel warmer dan de temperatuur van de zee. Als een mens maar pas in het water terecht gekomen is kun je met een thermografie zeer snel de warmtebron die de persoon vormt vinden. Indien een persoon langer in het water ligt, neemt het lichaam uiteindelijk de temperatuur van de zee aan en is het moeilijk de persoon nog terug te vinden met behulp van thermografie.



Figuur 26: 6-8DOC helikopter van de luchtmacht

1.4.1.2 Filters voor infrarood camera's



Figuur 27: infraroodfiler

Om te voorkomen dat de mens zichtbaar licht waarneemt, moet de schijnwerper voorzien zijn van een filter. Naarmate de schijnwerper een groter bereik heeft, wordt de filter dikker en zwaarder. De actief infrarood camera met een groot bereik vraagt veel energie, waardoor ook de voeding zwaar wordt. Daarom reiken de meeste draagbare infrarood camera's niet verder dan honderd meter.

1.4.2 Thermometer



Figuur 28 thermometer

Sommige thermometers meten via behulp van infrarood, die warmte aantoont, de lichaamstemperatuur van mensen. De thermometer detecteert en meet de thermische infrarood energie die het menselijk lichaam van nature uitstraalt. Infrarood energie verplaatst zich immers met de snelheid van het licht. Dus wordt de lichaamstemperatuur vrij snel aangegeven. Deze thermometers meten dus over een bepaalde oppervlakte de temperatuur. Een toepassing is bijvoorbeeld ovens of deze voldoende heet zijn om brood of pizza in te bakken.

1.4.3 Meten van isolatiefouten

Thermografie wordt steeds meer gebruikt om te controleren als een huis wel goed geïsoleerd is: vochtproblemen, lekken in centrale verwarming, een lek in vloerverwarming, enz... Om deze lekken op te sporen gebruikt men onder andere infraroodbeelden of infraroodmetingen.



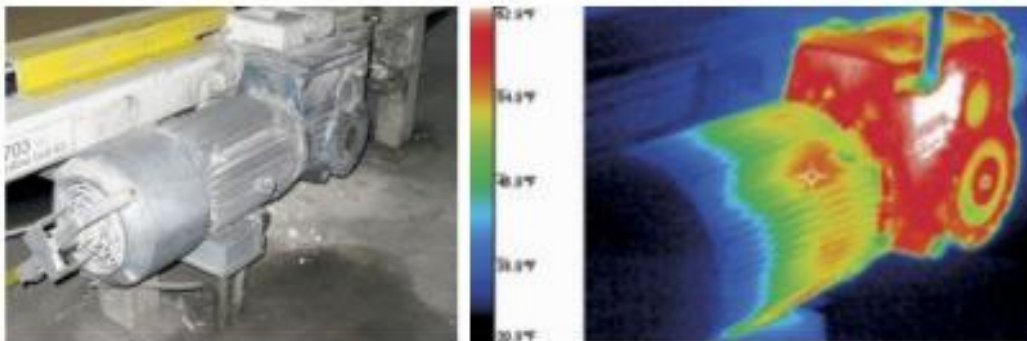
Figuur 29: isolatiefouten huis

Op de afbeelding zie je duidelijke energielekken. Zo kan je bijvoorbeeld meteen zien waar er warmteverliezen zijn. Bij de ramen kleurt het rood wat een warmtebron betekent. Zo straalt de warmte gewoon weg uit het huis via dit raam. Boven de deur op de muur van het huis zie je ook warmteverliezen, wat dus kan wijzen op een plaats waar de isolatie niet voldoet aan de eisen. Zo kun je dus besluiten dat de ramen meer geïsoleerd kunnen worden en boven de deur is er een plaats waar het slecht geïsoleerd is.

Bouwaannemers die isolatiewerken uitvoeren, beginnen nu ook meer en meer gebruik te maken van infraroodbeelden of metingen waardoor ze dus na de uitgevoerde werken heel goed kunnen aan tonen of het correct geïsoleerd is.

1.4.4 Slijtage lagers in machines

In vele bedrijven worden steeds meer infraroodcamera's gebruikt om slijtage bij lagers (Een lager is een constructie die er voor zorgt dat verschillende delen van die constructie beter ten opzichte van elkaar kunnen bewegen door het verlagen van de wrijving waar te nemen.) waar te nemen. Als er slijtage op een lager zit, zal dat ook wrijving veroorzaken. De wrijving zorgt ervoor dat metalen telkens over elkaar schuren waardoor er warmte ontstaat. Die blijvende wrijving is niet goed voor de lager, noch voor de machine. Dus is het heel nuttig dat dit probleem opgespoord kan worden door het gebruik van een infraroodcamera. Op de infraroodbeelden kun je rode vlekken zien op de plaats waar de wrijving ontstaat. Met deze beelden weet je dus ook de exacte plaats waar eventueel vernieuwd of hersteld moet worden.

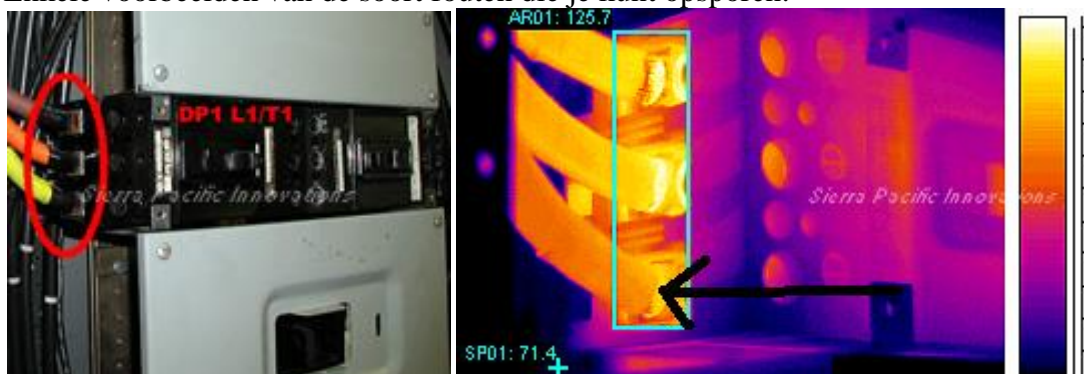


Figuur 30: slijtage en overbelasting toestellen

1.4.5 Kortsluiting verdeelkast & elektriciteit

Met infraroodbeelden of metingen kun je heel veel verschillende fouten waarnemen die kunnen voorkomen in verdeelkasten of elektrische circuits.

Enkele voorbeelden van de soort fouten die je kunt opsporen:



Figuur 31: kortsluiting bij één van de drie fasen

1.4.5.1 Defecte aansluitingen in elektrische circuits

Er kan altijd een fout voorkomen bij het aansluiten van elektrische kringen. Als er een verkeerde aansluiting voorkomt, kan dat leiden tot kortsluiting. Een kortsluiting zorgt voor hele hoge stromen. Die stromen zorgen dan voor een Joule-effect ($Q = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$) dit is opwarming. Die verwarming in het systeem kun je waarnemen met infraroodbeelden of infraroodmetingen. Door deze beelden kun je kortsluiting en grote hittevormingen die kunnen leiden tot brand voorkomen.

1.4.5.2 Overbelaste stroomonderbrekers in een voedingspaneel

Een stroomonderbreker voorkomt overbelasting. Als die stroomonderbreker overbelast raakt, kan dat enorm grote stromen veroorzaken waardoor er ook hitte ontstaat bij gevolg is er brandgevaar. Met een infraroodcamera kun je exact bepalen waar deze overbelasting is en kun je dan ook meteen ingrijpen voor er brand kan ontstaan.

1.4.5.3 Zekeringen die hun maximale stroomsterkte (bijna) hebben bereikt

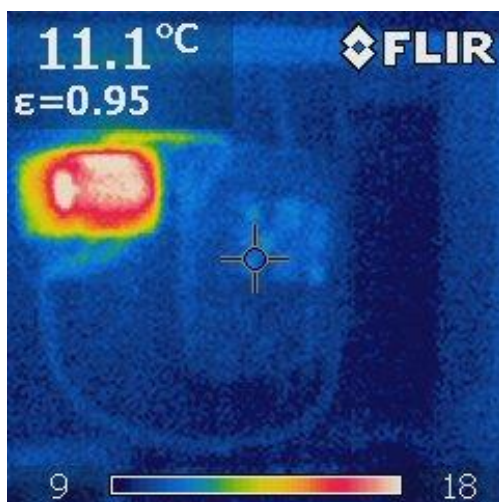
Zekeringen zorgen ervoor dat als er te hoge stromen vloeien, de elektrische kring onderbroken wordt. Die zekeringen hebben natuurlijk ook een maximaal stroombereik. Als die maximale stroom bijna of echt bereikt wordt, zal de zekering opwarmen. Die warmte kun je waarnemen met de infraroodcamera.

1.4.5.4 Andere problemen in elektrische schakelingen

Er kunnen veel problemen in een elektrische schakeling voorkomen maar een concreet voorbeeld is bijvoorbeeld dat een kabel door ouderdom loskomt. Dit kan vonken veroorzaken, wat een groot brandgevaar inhoudt. Door geregeld met een infraroodcamera eens een snelle controle uit te voeren, blijft de verdeelkast altijd veilig.

1.4.5.5 Het opsporen van defecte isolatie

Door elke kabel mag altijd maar een bepaalde maximale stroom vloeien. Als die stroom overschreden wordt, door een kortsluiting of ander probleem in de elektrische kring, dan kan dit schade berokkenen aan de isolatie van kabels. De isolatie kan smelten door de hitte die ontstaat bij de hoge stroom. Dit kan voor een groot gevaar zorgen omdat de kabel blootgesteld wordt en dus kan dit vonken veroorzaken. Die vonken kunnen opgespoord worden met het gebruik van een infraroodcamera.



Figuur 32: transformator

Dit is een zelfgenomen foto, op de foto zie je een transformator die duidelijk veel warmer is dan andere componenten. Dit komt omdat een transformator voortdurend spanningen moet omzetten en dus steeds in werking is, hierdoor warmt het element op. Dit zie je op de foto.

1.4.6 Thermografie toegepast vanuit de lucht

1.4.6.1 Vervuilde gronden

Milieuorganisaties en mensen die grond beheren, moeten de vervuiling van de grond kunnen meten. Doordat bepaalde stoffen meer of minder warmte afgeven, kunnen ze aan de hand van deze warmte bepalen of de grond vervuild is.



Figuur 33: vervuilde gronden van een dicht bebouwd regio

1.4.6.2 Opsporen van plantages

Voor een plantage van marihuana zijn vele gloeilampen nodig die de zon nabootsen. Die geven natuurlijk veel warmte af. Deze warmte kan zelfs van buiten het huis gezien worden met het gebruik van thermografie.



Figuur 34: opsporing plantage

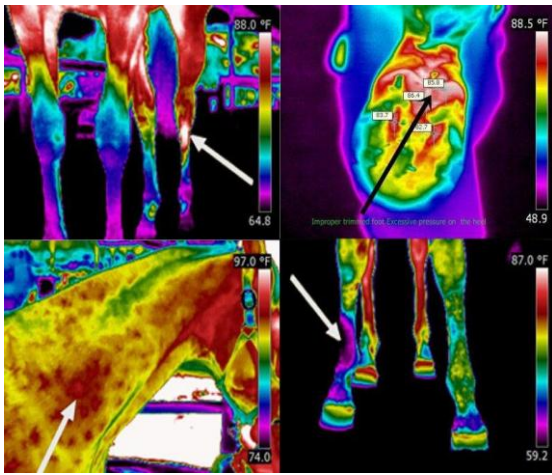


Figuur 35: groot warmteverlies op het dak

1.4.7 Medische thermografie

1.4.7.1 Thermografie toegepast bij dieren

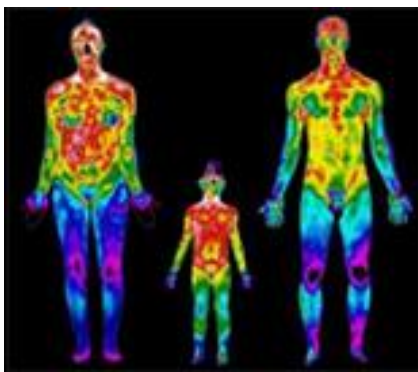
Vaak kan bij dieren met een standaardprocedure niet meteen het echte probleem gevonden worden. Daarom doen veel eigenaars van dieren nu een beroep op het gebruik van thermografie. Zo kan een ontsteking of ander probleem met thermografie snel gevonden worden. Door regelmatig deze methode te gebruiken, kan men soms een blessure snel opsporen vooraleer het een echt probleem zal geven. Bovendien is het gebruik van een infrarood camera volledig straal vrij en is dit dus helemaal niet schadelijk voor het dier dat onderzocht wordt.



Figuur 36: thermografie wordt het meest toegepast bij paarden.

1.4.7.2 Thermografie toegepast bij mensen

De temperatuur van de huid van een mens stemt niet overeen met de temperatuur van de organen en het bloed. Indien er zich een ontsteking voordoet wordt er warmte geproduceerd. Zo kan een ontsteking heel snel opgespoord worden met behulp van thermografie.



Figuur 37: thermografie toegepast bij mensen

1.5 Manieren om in de lucht te raken

1.5.1 Quadrocopter

Na de afwerking van de quadrocopter, dit zal tegen het einde van het schooljaar zijn. Is het een mogelijkheid de infrarood camera te bevestigen aan de Quadrocopter. Om de quadrocopter te laten vliegen met onze infraroodcamera zijn we een gewichtslimiet opgelegd van 1 kilo. Als we onder het limiet blijven van 1 kilo ondervinden we nog een ander probleem. Het overbrengen van de data terwijl we filmen. We zouden dit draadloos kunnen doorsturen of werken met behulp van een geheugenkaart.

Van groep 2 hebben we vernomen dat de quadrocopter genoeg elektriciteit heeft om ook de camera te bedienen of herladen indien nodig. De veiligheid van de camera kunnen we niet verzekeren omdat we niets kunnen maken om de camera mee te beschermen tegen een hoge val. Dit omdat we niet boven het limiet van 1 kilo kunnen gaan. we kunnen de camera niet veiligstellen als er iets misgaat / mis gestuurd wordt met de quadrocopter. Als we deze optie toch gebruiken moeten we wachten tot tegen het einde van het jaar om dit uit te voeren.



Figuur 38: de quadrocopter

1.5.2 Weerballon - Zeppelin

Een andere optie om de infraroodcamera in de lucht te krijgen is de weerballon of zeppelin. De simpelste manier om in de lucht te geraken met de camera. Als we dit gebruiken zijn we afhankelijk van de wind en de regen. Omdat de wind niet regelmatig even sterk blaast zal dit een moeilijke opdracht zijn om de ballon perfect op de juiste plaats te houden. Een voordeel om deze methode te gebruiken is de kostprijs. Deze schommelt tussen 20 euro en 60 euro. Als we voor deze aanpak gaan moeten we de weerballonnen kunnen laten opstijgen. Om de ballon op te laten stijgen kunnen we helium of waterstofgas gebruiken. Waterstof is al uitgesloten omdat deze een grote brandbaarheid heeft en dus voor een gevaar zorgt van de veiligheid. Helium is een betere oplossing maar wel duurder. Voor een fles van een inhoud van 20 liter is het ongeveer 75 euro. We zouden onze weerballon maar enkele keren kunnen laten opstijgen. Hier is het gewicht geen probleem. Als de camera zwaarder is kunnen we een zwaardere weersballon kopen of meer gas aan de ballon toevoegen. Dus kunnen we hier onze camera beveiligen met extra materialen indien deze zou vallen. De bedrading doen we via het touw waarmee we de ballon terug naar beneden halen.



Figuur 39: weerballon

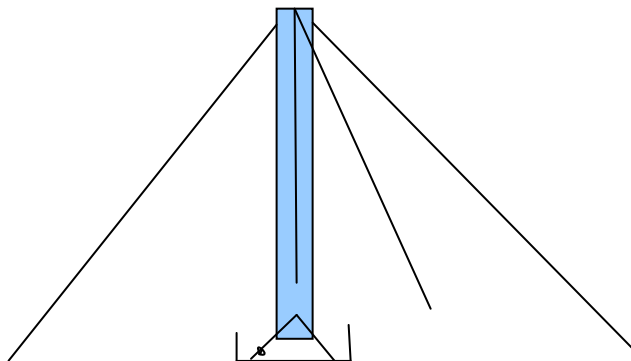


Figuur 40: zeppelin

1.5.3 Lift

Een derde mogelijkheid is een lift die we snel en makkelijk kunnen opzetten en afbreken. Dit geeft ons het voordeel om stilstaande beelden te verkrijgen. Als we dit zouden kiezen kunnen we niet boven landschappen filmen waar we onze lift niet mogen opzetten. De veiligheid van de camera is hier gegarandeerd omdat deze in een bakje zit met randen. Om te kunnen filmen zal er in het bakje een gat gemaakt moeten worden waar de lens van de camera in past. Deze constructie bestaat uit een paal in het midden met onder de paal 3 poten om de constructie stevig te maken. Nadien worden er ook touwen aan de paal vastgemaakt. Verder zullen we de constructie van een gaatje voorzien om foto's te kunnen maken. Aan het bakje is er een touw verbonden die over de bovenkant van de paal gaat en zo kunnen we via een motor het bakje met de camera omhoog doen. Dit is erg handig want we kunnen de camera op een precieze plaats plaatsen. Ook kunnen we de kabels via de paal naar beneden leiden waardoor we een rechtstreekse verbinding met de camera hebben terwijl de kabels beschermd zijn door de paal. Via een mechanisme zullen we het bakje omhoog brengen. De draden kunnen via de paal naar beneden gebracht worden.

Foto Rémi



1.5.4 Waterraket

Mogelijkheid vier is een waterraket maken om zo de camera in de hoogte te krijgen. Een waterraket kunnen we maken door een gewone fles voor 1/3 te vullen met water. Daarna sluiten we dit af met een kurk die wringt op de fles. We maken een gaatje in de kurk waar we de lucht door kunnen sturen. Als we lucht toevoegen aan de fles zal de druk stijgen. Uiteindelijk zal de fles van de kurk schieten. Door de druk stuwt het water uit de fles. Zo zal de fles een parabolische baan geven door de lucht. Deze manier is erg onnauwkeurig. De baan van de fles is onvoorspelbaar. We kunnen dit sterk verbeteren door enkele aanpassingen te maken op de fles. De fles zwaarder maken is daar één van. Als de fles zwaarder is, is hij minder gevoelig voor de wind die op de fles werkt. Maar als de fles zwaarder is zal deze dan ook minder hoog raken. De hoek waaruit we de fles lanceren speelt ook een rol. En nog een aantal andere factoren. Hierbij is terug de veiligheid van de camera een probleem. We kunnen een parachute aanbrengeen aan de camera. Indien we dit doen moeten we nog een manier vinden om deze te activeren. Nog een groot probleem is de montage van de camera op de fles. We kunnen de afstand van de fles verhogen door een grotere fles te nemen.



Figuur 41: fles met kurk

1.5.5 Katapult

De trebuchet of ook wel de katapult genoemd van een andere groep gebruiken kan ook een manier zijn. Met deze methode halen we de grootste hoogte. Maar dit is ook één van de onnauwkeurigste manieren. Voor een baan van de trebuchet te berekenen bestaat er nog geen simpele formule. Hier komen we opnieuw een probleem tegen voor de veiligheid van de camera. We kunnen terug een parachute gebruiken. Dan moeten we kunnen instellen wanneer de camera ingeschakeld moet worden. Als we de camera wegschieten zal deze niet met de lens naar beneden blijven richten. We zullen dus geen goede beelden hebben. Dit is dus geen goede keuze.

1.5.6 Vlieger

Deze oplossing is één van de betere. Maar het duurt ook langer. De veiligheid van de camera is hier bijna volledig gegarandeerd. Enkel een menselijke fout in het besturen van de vlieger kan ervoor zorgen dat het vliegtuigje neerstort. We zullen een vliegtuig nodig hebben die het gewicht van de camera kan dragen. Als we dit gebruiken kunnen we over stukken land waar we niet mogen komen, filmen. Maar een speelgoed vliegtuigje is erg duur en het zal een tijdje duren voordat je er volledig mee kunt vliegen. Voor de helikopter is dit hetzelfde probleem maar met de helikopter hebben we stilstaande beelden.

1.6 Experimenten

1.6.1 Experiment met infrarood cameraatje



Figuur 42: belgacom tv bakje met minicamera

Figuur 43: het lichtpuntje is infrarood

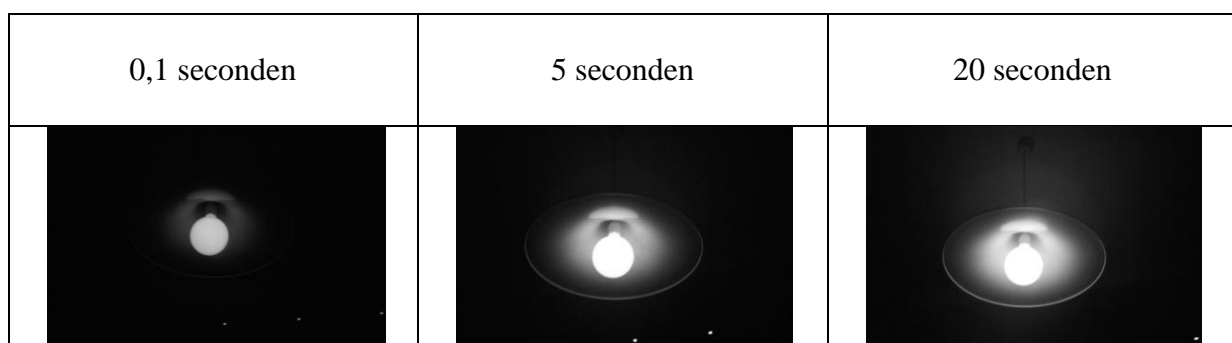
We onderzochten in een donkere ruimte hoever de infrarode stralen van een Belgacom TV afstandsbediening waarneembaar zijn met onze lichtgevoelig cameraatje. We zagen tot 6 meter van de afstandsbediening deze stralen. De kwaliteit van deze proef werd beïnvloed door kleine lichtinval tussen de deuren en door het bewegen van de camera. Deze is zeer gevoelig aan licht. Het witte puntje op de foto is het infrarode licht. Met het blote oog was dit licht niet waarneembaar. Hiermee kunnen we aantonen dat infrarood een licht is dat niet waarneembaar is met het menselijke oog. Voor de karakteristieken van het cameraatje werd een e-mail gestuurd, maar deze karakteristieken hadden ze helaas niet in handen.

Datum experiment: 24/10/2010 Totale proeftijd: 1 uur.

1.6.2 Experiment met infraroodfilter op professioneel fotoestel Sony α 300

Bij het experiment konden we met het toestel de lengte waarmee hij de foto maakt verlengen en verkorten. Gaande van 1/100 van een seconde tot 20 seconden. Hoe langer we de tijd maakten hoe beter we het infrarood zagen en hoe duidelijker de foto.

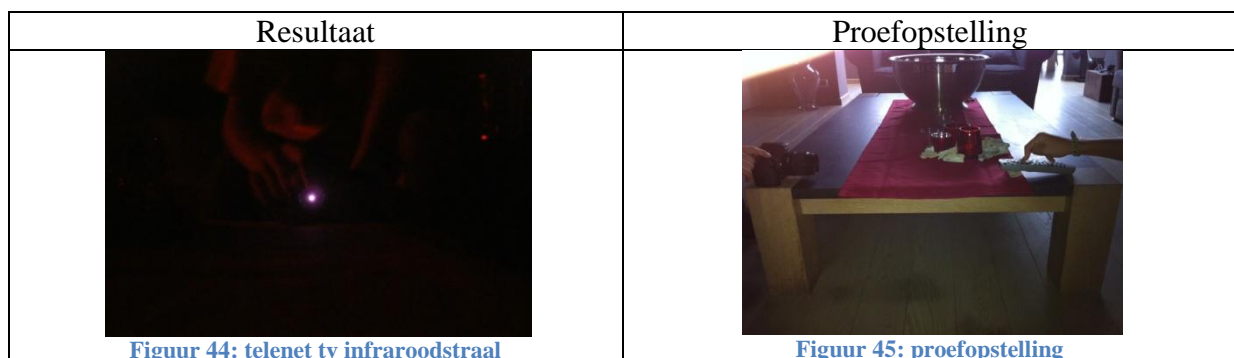
Dit kunnen we aantonen met een klassieke lamp:



Voor alle foto's hebben we het toestel ook op zwart-wit modus geconfigureerd. We hebben echter ook een voorbeeld gemaakt van de kleuren die het fototoestel weergeeft als je deze toch op kleuren plaatst. Daar waar er veel infrarood waargenomen wordt, zie je een duidelijke roodere kleur. Bij spotjes was dit mooi waarneembaar.



De proef met het digitale TV bakje hebben we hernomen met het digitale fototoestel. Deze keer is het resultaat duidelijker. Het was ook niet nodig om in een volledig donkere ruimte te zitten om het verschil waar te nemen.



Een probleem dat we bij sommige foto's waarnemen, is dat het fototoestel steeds een oriëntatiepunt zoekt om in en uit te zoomen. Helaas als de ruimte volledig donker was, wou het toestel, wegens het niet vinden van een lichtpunt geen foto's maken. Dit probleem hadden we in de kelder als we van een warme motor een foto in het donkere wouden maken zonder verlichting.

Datum experiment: 04/11/2010 Totale proeftijd: 1,5 uren.

1.7 Proef met waterraket

Een van de manieren om de camera in de lucht te krijgen is door middel van een waterraket.

De benodigdheden:

- lege fles;
- een kurk;
- water;
- een fietspomp of compressor;
- een buisje.



De opstelling:

- vul de fles met water;
- maak een gaatje in de kurk;
- steek het buisje door de kurk;
- duw de kurk op de fles;
- sluit de fietspomp of een compressor aan op het buisje, vervolgens steek je druk op de fles.



Figuur 46: één van de proefopstellingen

Werking: de werking is heel simpel als de luchtdruk in de fles te groot wordt zal de kurk van de fles schieten waardoor het water door de grote druk eruit gestuwd wordt². Er wordt dus een kracht naar beneden gegenereerd waardoor de fles een tegenkracht wil geven (wet van newton²) en hij dus weg schiet. Als de fles leeg is wordt de fles onstabiel en afhankelijk van de wind en weerstand.

Variabelen:

- De soort fles: hoe meer gestroomlijnd de fles is, hoe verder en hoe stabiel hij zal vliegen. Als we een rechthoekige waterfles nemen om deze af te vuren in de lucht zal deze na enkele seconden zwaar afwijken naar 1 kant. Als we een cola fles nemen zal deze veel verder en mooier vliegen.



Figuur 47: waterfles



Figuur 48: Coca Cola fles

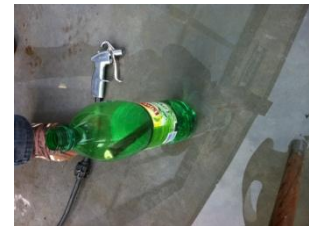
- De druk: hoe groter de druk hoe verder de fles zal vliegen.

- De dikte van de kurk (hoeveel de kurk wringt): hoe dikker de kurk hoe groter de druk in de fles zal zijn voor de kurk eraf schiet. We kunnen de kurk verbreden door plakband rond de kurk te plakken.



Figuur 49: kurk verdikken

- Het uitgangspunt van het water verkleinen: als we de opening verkleinen zal het water onder dezelfde druk door een kleinere oppervlakte moeten. Hierdoor zal het water aan een grotere snelheid uit de fles stromen en zal de fles zo verder landen.
- Hoeveelheid water: als we geen water in de fles doen hebben we een onstabiele uitkomst. We weten niet wat de fles zal doen. Als we de fles vol met water vullen is er geen plaats meer voor de lucht. Hierdoor zal de fles veel te snel en niet ver afschieten. Als we de fles met een derde vullen krijgen we een van de ideale omstandigheden genoeg water (brandstof) en veel plaats voor de luchtdruk.
- Het gewicht aan de fles: de fles is heel onstabiel als het water weg is omdat er dan bijna geen gewicht meer is. Dus als we een gewicht rond of in de fles monteren zal de fles stabiel vliegen. Het heeft geen zin om een gewicht er los in te steken omdat het dan gewoon er weer uitvliegt samen met het water.



Figuur 50: fles met gewicht

- We kunnen ook 2 flessen aan elkaar hangen waardoor we een langere fles hebben voor meer water en een grotere druk. Hierdoor vliegt de fles verder.

Besluit: we kunnen dit niet gebruiken om onze camera in de lucht te brengen. Het is veel te onstabiel. Tevens kunnen we nooit weten waar de fles zal vallen. De camera zou direct defect zijn als hij land op de grond. Ook kunnen we dit niet doen omdat we om de beelden draadloos door te sturen we al een groter gewicht hebben voor extra apparaten en we kunnen ook nooit zelf op het knopje duwen om een foto te maken. We zouden dit dan moeten filmen.

²wet van newton:

Volgens de 2^{de} wet van newton is actie gelijk aan reactie. Dit wil zeggen als lichaam één een kracht uitoefent op lichaam twee. Dat lichaam één dan eenzelfde kracht zal uitoefenen als lichaam één maar met tegengestelde zin. Dit gebeurt ook bij de waterraket. Het water stroomt uit de raket dit kunnen we omzetten naar een kracht ten opzichte van de fles. De fles zal dus een tegengestelde kracht uitvoeren waar door de fles dus omhoog schiet.

¹wet van Bernouille:

Met de wet van Bernouille kunnen we de snelheid berekenen van de fles. Let wel hierbij zijn er veel factoren verwaarloosd bv. wrijving.

De wet van Bernouille in formule vorm ziet er zo uit: $p + \rho \cdot g \cdot h + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = cte$

hieruit krijgen we : $p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$

p_1 = druk in het punt P_1 [Pa]

p_2 = druk in het punt P_2 [Pa]

v_1 = snelheid van de vloeistof in P_1 [m/s]

v_2 = snelheid van de vloeistof in P_2 [m/s]

ρ = soortelijke massa van de vloeistof [kg/m^3]

g = aardversnelling [N/kg]

h_1 = de hoogte van P_1 t.o.v. het referentievlak [m]

h_2 = de hoogte van P_2 t.o.v. het referentievlak [m]

v_2 is dan ook gelijk aan de snelheid van de fles.

Filmpje en foto's kun je terug vinden op de gpwebsite: <http://gpiw.be/infraroodtechnologie>

Datum proef: 04/11/2010 Totale proeftijd : 1,5 uren.

1.8 Archeologie

Indien we de archeologische kant van infrarood hadden genomen konden we op het einde van het schooljaar de gerealiseerde infraroodcamera gebruikte om plaatsen waar vermoedelijk archeologische vondsten liggen, te gaan filmen met deze camera vanuit de lucht. Dit hadden we bv kunnen doen met het project Archeo7 (CO7) van Dhr. Jan Decorte en de satellietfoto's van de IKONOS satelliet.

1.9 InfraCAM

1.9.1 Wat is InfraCAM ?

De InfraCAM is een hoogtechnologische infraroodcamera die je toelaat infrarode foto's te maken in JPEG-formaat. Met de software die meegeleverd is, Quick View kunnen we snel analyses maken en gegevens verwerken in een verslag. De InfraCAM is ontwikkeld door FLIR dat zich specialiseert in thermografie.



Figuur 51: InfraCAM

1.9.2 Wat is thermografie ?

1.9.2.1 Wat maakt thermografie zo nuttig ?

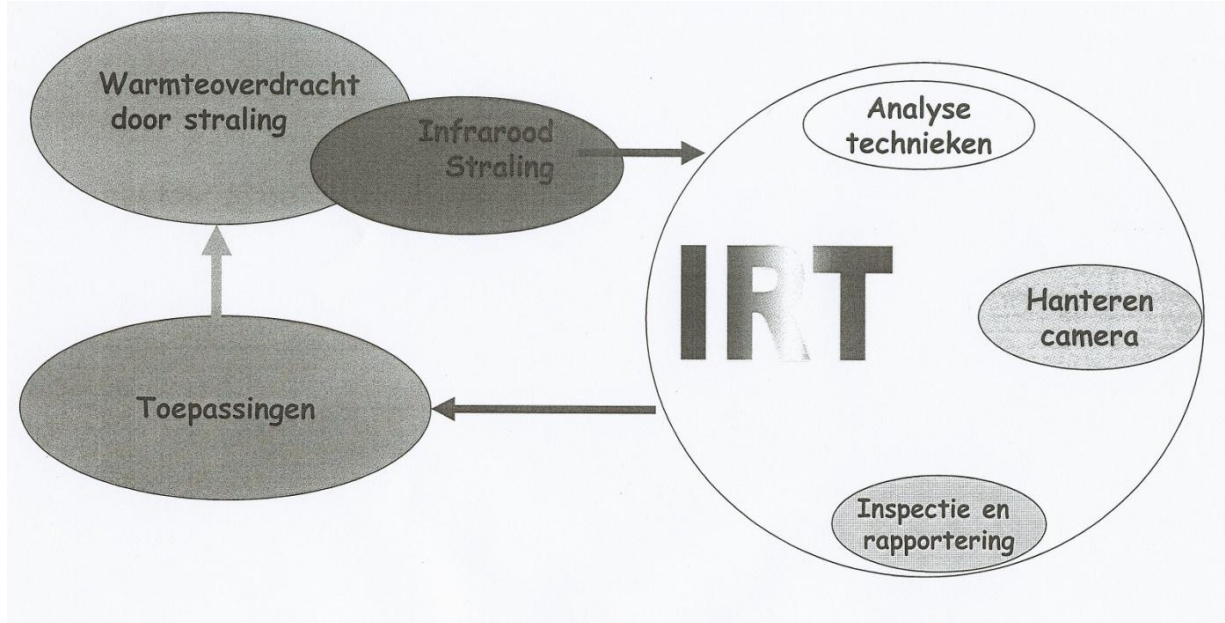
- Het is contactloos, je kan meten van op een afstand :
 - de gebruiker kan op een veilige afstand blijven;
 - het beïnvloedt het te meten object niet.
- Het is tweedimensionaal :
 - je kunt verschillende zones van hetzelfde object vergelijken;
 - je krijgt een perfect overzicht van het object;
 - thermische patronen worden zichtbaar voor verdere analyse.
- In korte tijd :
 - het maakt een snelle scanning van niet bewegende objecten;
 - het maakt het mogelijk snel bewegende objecten te meten;
 - het maakt het mogelijk om snel veranderende thermische patronen te determineren.

1.9.2.2 Thermografie

1.9.2.2.1 Definitie

Infrarood thermografie is de wetenschap van het verkrijgen en analyseren van thermische informatie welke bekomen wordt door contactloze opname door apparatuur.

1.9.2.2.2 Thermografie: samenvatting van meerdere technieken



Figuur 52

1.9.2.2.3 Thermografie = thermo + grafie

Thermo = warmte (onder de vorm van temperatuur)

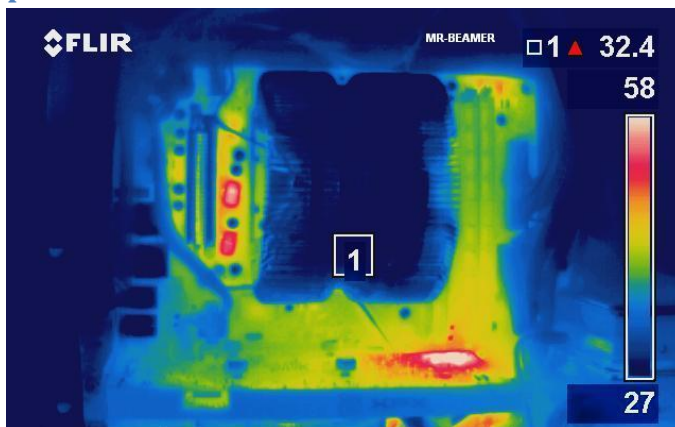
Grafie = beeld (zoals fotografie worden ook beelden gemaakt)

Besluit : Thermografie is een analyse van warmte (verschillende temperaturen) en daar worden beelden van gemaakt.

Uit het besluit kunnen we stellen dat als er geen temperatuursverschil is, zal het gemaakte beeld geen contrast vertonen en dan is er bijna geen analyse mogelijk, want straling is de energie die uitgewisseld wordt tussen verschillende systemen, en dat als er verschillende temperaturen optreden.

1.9.3 Thermografie in vergelijking met zichtbaar licht

1.9.3.1 Bespreken van een infrarood beeld



Figuur 53: voorbeeld van een infrarood beeld

Uit dit voorbeeld kunnen we stellen dat donkere kleuren koel zijn . Lichtere kleuren betekenen hogere temperaturen.

1.9.3.2 Bespreken van zichtbaar licht



Figuur 54: proefopstelling van de figuur 53

Figuur 53 geeft een infraroodbeeld weer, wat op deze foto aangetoond wordt kun je niet met het menselijke oog zien. Figuur 54 is een weergave van wat we met het menselijke oog kunnen zien. (verklaring: zie 1.3.2 transmissiecurve)

Een mens aanschouwt de wereld met de ogen en we nemen die waar in kleuren. De kleuren die we waarnemen zijn reflecties veroorzaakt door het licht. We nemen enkel kleur waar wanneer het zonlicht gereflecteerd wordt door het oppervlakte van het object.

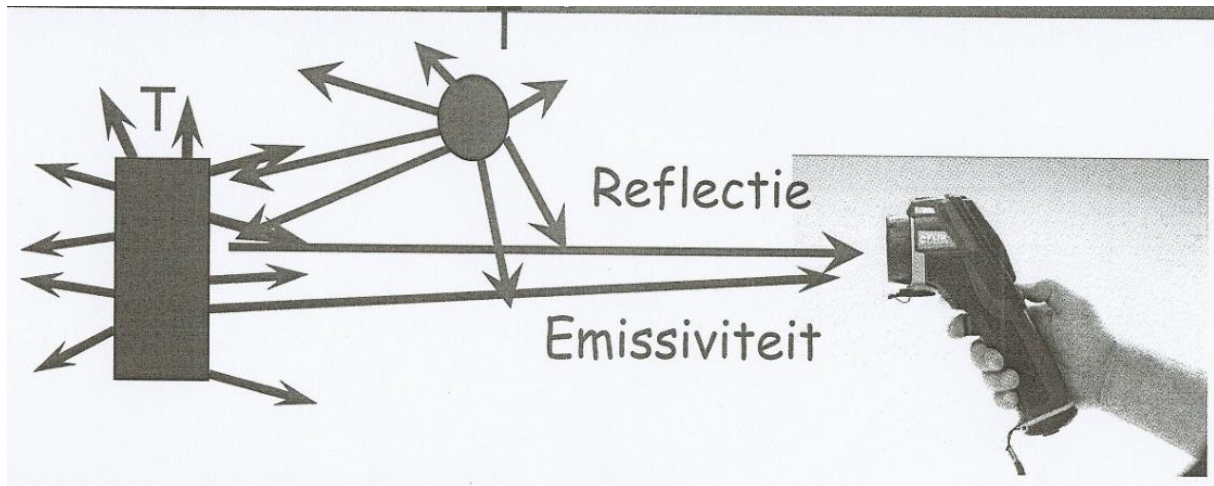
Infrarood is vergelijkbaar met zichtbaar licht. Een infrarood camera gebruikt ook kleuren om de thermische verschillen aan te tonen.

1.9.4 Emissiviteit en reflectie

Elk materiaal heeft de capaciteit om zijn eigen energie uit te stralen dat heet de emissiviteit. (ϵ) Dit is altijd een waarde tussen 0 en 1.

De energie die uitgestraald wordt komt van het object zelf en is eigen aan de materiaalsoort. De reflectie komt van een object in de buurt of de cameragebruiker.

- Emissie en reflectie vullen elkaar dus aan !



Figuur 55: reflectie en emissiviteit

1.9.4.1 Emissiviteit kan variëren door

- de ruwheid van het te meten object;
- de vorm van het oppervlak (holtes en oneffenheden verhogen de emissiviteit);
- het kijken vanuit een grote hoek;
- de mate van de oxydatie van het metaal;
- de temperatuur zelf;
- het soort materiaal.

Niet-metalen zijn heel goede stralers (bv: hout, plastic, papier, beton), metalen zijn slechte stralers (bv: koper, staal, ijzer, nikkel). Door oxydatie is de emissiviteit (ϵ) zelden hoger dan 0,25. Daardoor wordt de meting delicaat. Het meten van niet-metalen zal nooit een probleem vormen.

1.9.5 Begrip TRefl of reflectie

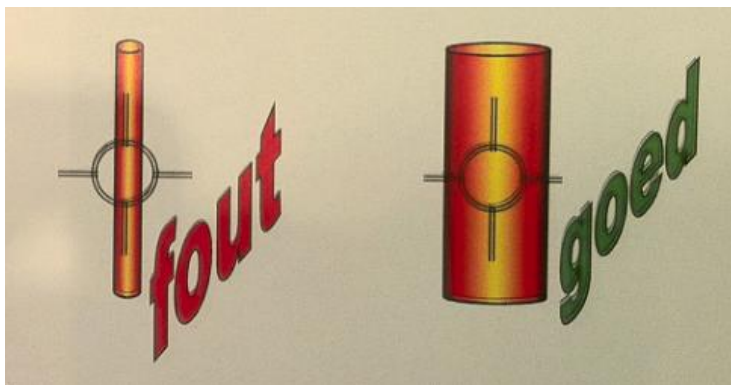
Wat gereflecteerd wordt, is gereflecteerde schijnbare temperatuur. De technische term is TRefl, ook bekend als de RAT. Er is altijd iets wat reflecteert. Dat kan positief of ook negatief zijn. Reflectie kan je ook als een foute analyse beschouwen.

1.9.5.1 Besluit emissiviteit en reflectie

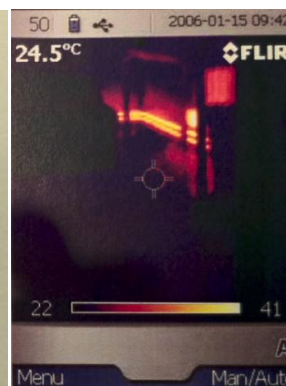
Emissiviteit en TRefl worden niet automatisch berekend. Het is de taak van de thermograaf om deze vast te stellen en deze waarden handmatig in de camera in te voeren. De tabel met de emissiviteit horende bij elk materiaal kun je vinden in bijlage 1.

1.9.6 Meetrichtlijnen

- Zorg ervoor dat je een goed beeld hebt. De focalisering moet goed zijn, zoniet volgt een foute meting.
- Kies de correcte schaalwaarde. Indien je een foute schaalwaarde kiest en daarna een foto zou nemen, zou je slechts één kleur zien. Dit geeft natuurlijk als gevolg dat je geen meting hebt kunnen uitvoeren, want volgens de foto zou ieder materiaal dezelfde temperatuur hebben.
- Het gemeten object moet het meetpunt volledig invullen. (Indien nodig moet je naderbij komen.)
- Meet nooit onder een hoek groter dan 50 graden. Als gevolg zou reflectie kunnen optreden waardoor je een foute meting bekomt.
- Kies een zone met een hoge emissiviteit om de meting uit te voeren. Hoe hoger de emissiviteit is, hoe nauwkeuriger de meting zal zijn (als de emissiviteit nadert naar 1).
- Voer correcte emissiviteit en TRefl in.
- Bewaar nu het infrarood en het visueel beeld.



Figuur 56: hoe een goede meting uitvoeren



Figuur 57: voorbeeld van een foute meting

1.9.6.1 Omstandigheden om een ideale IR foto van een huis te maken

Om een kwalitatieve infrarood foto van je huis te verkrijgen zijn er enkele voorwaarden. Om een goede foto te verkrijgen moet de binnentemperatuur en buitentemperatuur minimum 10 graden verschillen. Hoe meer dit is, hoe beter de meting. De beste foto bekom je door dit temperatuursverschil meer dan 3 dagen aan te houden. Dit wil dus zeggen dat een goede meting in de zomer bijna onmogelijk is aangezien de buitentemperaturen rond de 25°C ligt, zou de binnentemperatuur minimum 35°C moeten zijn. Het ideale moment om dit te doen is dus tijdens de winter wanneer het vriest. Natuurlijk zijn intensieve weersomstandigheden het liefst vermeden zoals te veel zon, regen, sneeuw en wind. Het ideale moment om een foto te maken is dus 's avonds tijdens de koudste maand met een open hemel.



Figuur 58: deze foto werd genomen onder de voorwaarden die hierboven vermeld staan.

1.9.7 Opleiding InfraCAM: werking van de camera & voorbeelden

Een infrarood camera is ontworpen voor gebruik in een industriële omgeving.

- Hoofdkenmerken (hangt af van toestel tot toestel):
 - aantal pixels (120 x 120 pixels);
 - aantal Hz (9 Hz);
 - het gezichtsveld (25° x 25°);
 - minimale focusafstand (Focus kun je manueel bedienen);
 - nauwkeurigheid (ongeveer 2°C).

1.9.7.1 Lenzen

Het gezichtsveld is afhankelijk van de afstand tussen de camera en het object. Probeer het object zo dicht mogelijk te benaderen maar let wel op voor je eigen veiligheid.

1.9.7.2 Korte afstanden

Afstand	125 mm (mini)	200 mm	300 mm	500 mm	1 meter
Hoogte of Breedte	55 mm	90 mm	135 mm	220 mm	445 mm
Pixel size	0.45 mm	0.75 mm	1.1 mm	1.8 mm	3.7 mm
Grootte van het meetpunt	1.4 mm	2.2 mm	3.5 mm	6 mm	12 mm

Dit is een voorbeeld tabel gebruikt op korte afstanden van het object.

Metten op korte afstanden is kenmerkend bij mechanische en elektrische inspecties.

Het object dus altijd zo dicht mogelijk benaderen bij mechanische en elektrische inspecties.

1.9.7.3 Lange afstanden

Afstand	1 m	2 m	5 m	10 m	30 m
Hoogte of breedte	44 cm	90 cm	2,2 m	4.45 m	13.3 m
Pixel size	3.7 mm	7.5 mm	18.5 mm	37 mm	110 mm
Grootte van het meetpunt	12 mm	24 mm	60 mm	120 mm	360 mm

Dit is een voorbeeld tabel gebruikt op lange afstanden van het te meten object.

Metten op lange afstanden is kenmerkend bij gebouweninspecties.

1.9.7.4 Bepalen van de gereflecteerde temperatuur en de emissiviteit

De gereflecteerde temperatuur omvat alle “parasitaire” warmtebronnen die uw object beïnvloeden en reflecteren in de richting van uw camera. (Ook wel T-omgeving genoemd)

We kunnen een reflector (Bv aluminiumfolie) gebruiken om dit te beperken en voor onze camera houden wanneer we het object meten. Daarna moeten we de gereflecteerde temperatuur bepalen, en deze correct invoeren in de infraroodcamera alvorens we het object zelf gaan meten. Deze waarde noemt men TEMP_REF.

Zo kan men nadien controleren als men het effectieve object gaat meten en zo de emissiviteit en de temperatuur bepalen. Want: $TEMP_REF \times \epsilon = TEMP_OBJECT$.

Rekenvoorbeeld:

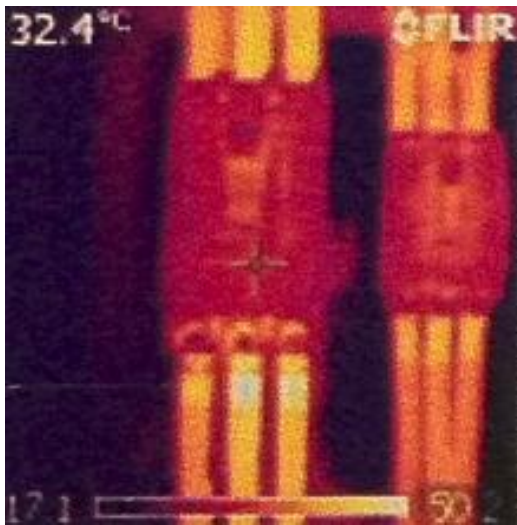
TEMP_REF van het referentievlak: 74,8 °C

TEMP_OBJECT bij de meting object: 74,6°C met $\epsilon = 0,93$

$74,8^{\circ}\text{C} \times 0,93 = 74,6^{\circ}\text{C}$. Dit is dichtbij de TEMP_REF van 74,8°C.

1.9.7.5 Voorbeelden gebruik van InfraCAM

1.9.7.5.1: Elektrische inspectie bij InfraCAM

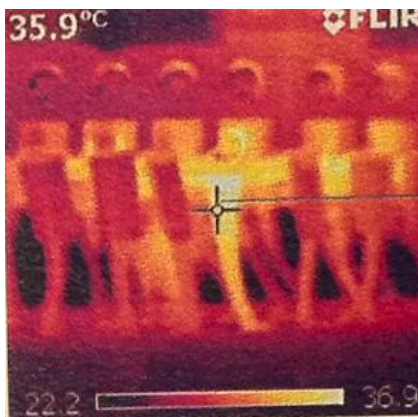


Figuur 59: fasen (infrarood foto)

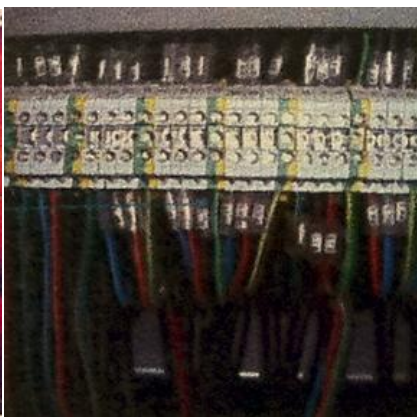


Figuur 60: fasen (normale foto)

We zien geen verschil waarneembaar tussen de drie fasen, het stroomverbruik is dus symmetrisch in alle fasen. Wanneer de stroom niet gelijkmatig verdeeld is, verminderen de prestaties en de levensduur van een 3-fasige motor. Er is ook geen oververhitting zichtbaar.



Figuur 61: infrarood foto



Figuur 62: normale foto

We zien gelokaliseerd een kleine spot op de aardingskabel, een mogelijke oorzaak hiervoor zou een losse schroef kunnen zijn. Daarom zal een inspectie dit moeten nakijken.

Andere elektrische inspecties:

- zekeringen, waar verhoogde temperaturen zichtbaar zijn door overbelasting of foutief gebruik;
- een transformator bevat PCB's (PCB is een stof die de transformator reinigt) die zich kunnen transformeren tot dioxine bij overmatige verhitting. Dioxines zijn zeer giftig. De nominale temperatuur van de transformator zal in dit geval moeten vergeleken worden met de maximale toegelaten temperatuur en die wordt bepaald door de constructeur.

Andere toepassingen van elektrische inspectie vind je terug in 1.4.5.

1.9.7.5.2 De pomp

Centrifugale pomp met een hoge temperatuur: deze pomp heeft twee onderdelen; het draaiende en het stationaire deel. We kunnen met thermografie een beschadigde rotor, onvoldoende smering of lagerschade waarnemen. De bekendste oorzaken zijn; ouderdom, overbelasting, foutief ontwerp en te weinig onderhoud.

1.9.8 De wet van Boltzmann Stefan

De formule van Boltzmann: $P = \sigma \cdot T^4$

- P = het uitgestraalde vermogen per eenheid van oppervlak.
- $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ (Constante van Boltzmann)
- $W = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$ (W wordt uitgedrukt in watt/m²)

Rekenvoorbeeld:

Volwassen mens $\rightarrow 2\text{m}^2$ huid oppervlakte.

- Oppervlakte temperatuur is 32°C (305,15K)

- Emissiviteit van de huid is 0,98 (zie waarde in bijlage 1)

$$\Rightarrow W = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 = 0,98 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot (305,15)^4 = 964 \text{ watt/m}^2$$

1.9.9 Wat kunnen we doen met deze camera op school

- toestellen die snel warm worden en bij oververhitting defect worden.
(Overgangsweerstanden, wrijving van mechanische onderdelen,...);
- thermische storingen opsporen;
(Verkeerd bevestigde bouten, slechte contacten,...)
- warmteverlies chemielokaal;
(EPC studie + verliezen aan het raam)
- warmteverlies van een mens;
- studie van de garage van het VTI-IEPER;
(Zouden hele grote warmtelekken zijn en slechts geïsoleerd zijn)
- kortsluiting van een elektrische schakeling waarnemen;
- lassering, metingen uitvoeren op verschillende soorten staal;
- vergelijking van A-blok met T-blok en het nieuwe gebouw;
- verwarming school.

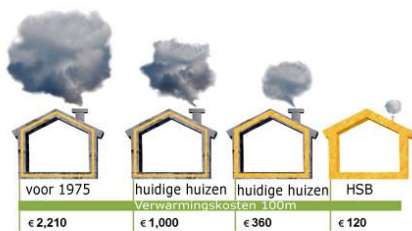
1.10 Waarom isoleren

1.10.1 Het nut van isoleren.

Door een woning goed te isoleren kun je heel wat kosten besparen. Zo zijn de huidige facturen van de verwarming tot 30% lager dan vroeger. Goed geïsoleerde huizen hebben een beter woon- en leefcomfort. Ook is een goed verwarmd huis uiteraard veel milieuvriendelijker. Zo beperk je de ecologische voetafdruk tot een minimum. Isoleren is ook voor nieuwe huizen verplicht in België en fiscaal voordelig. De gezondheid haalt ook voordeel uit beter geïsoleerde huizen omdat de CO₂-uitstoot beperkt wordt en bijgevolg minder luchtverontreiniging zal veroorzaken.

1.10.1.1 Doel van isoleren

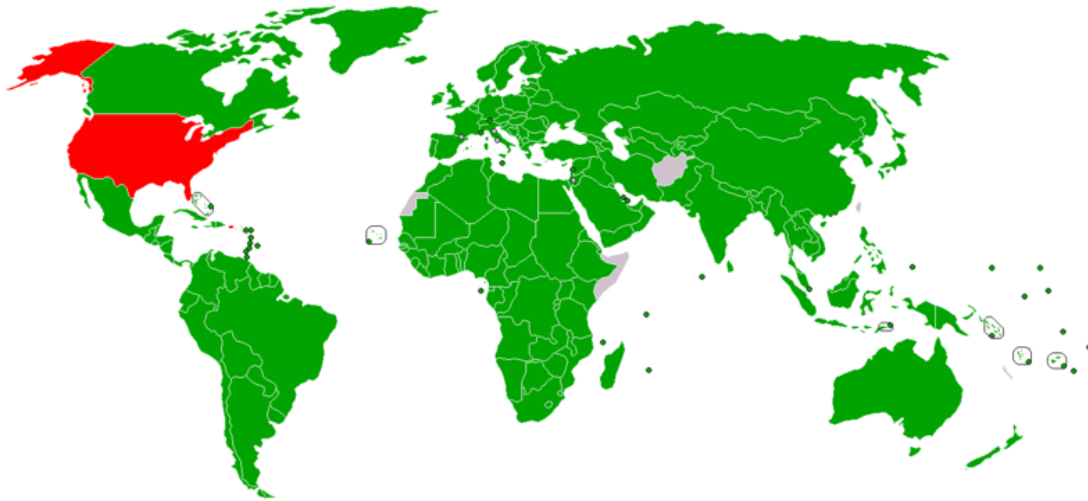
- Beperken van de energiekost om je woning te verwarmen.
- Bijdragen tot een beter milieu.
- Beperken van schadelijke uitlaatgassen zoals CO₂.
- Een hoger comfortniveau in de woning.



Figuur 63: doel van isoleren: prijs elektriciteit beperken (HSB = houtskeletbouw)

1.10.2 Kyotonorm

Het Kyoto-protocol (= Verdrag van Kyoto) werd in 1997 in Japan door vele landen goedgekeurd, waaronder België. Dit klimaatverdrag, goedgekeurd door 187 landen, legt beperkingen op over de uitstoot van broeikasgassen zoals: fluorverbindingen (CFK's), lachgas (N₂O), methaan (CH₄) en koolstofdioxide (CO₂). Het is daarbij het grootste klimaatverdrag ter wereld. Uiteraard waren er nog andere protocollen maar niet van deze omvang. België moet volgens dit verdrag zijn uitstoot t.o.v. 1990 met 7,5% laten dalen. Dit moet tegen de periode 2008-2012. Een opvolging over dit akkoord is er nog niet. De vorige vergadering in Kopenhagen heeft tot niets geleid. Amerika heeft dit Kyoto-protocol ondertekend maar niet bekrachtigd.



Figuur 64: landen die meedoen aan de Kyotonorm

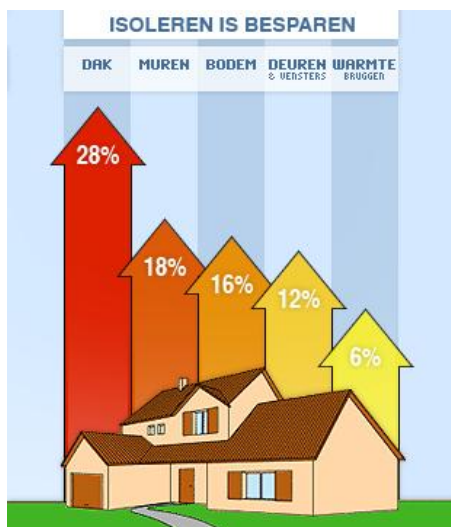
Legende: de groene landen voeren het Kyoto-protocol uit, de grijze landen hebben het niet ondertekend en de rode landen hebben het wel ondertekend maar niet bekrachtigd.

1.11 Belangrijke begrippen bij een EPC

Bij het isoleren van gebouwen zijn enkele belangrijke begrippen van toepassing die bepalen hoe goed een gebouw is geïsoleerd. Deze begrippen gaan we even nader bespreken.

1.11.1 U-waarde

De U-waarde (warmtedoorgangscoefficiënt) gaat uitdrukken hoeveel warmte-energie er per seconde (W), per één m² en per graad temperatuurverschil (K) tussen twee constructies doorgelaten wordt. Deze is dus afhankelijk van tijd, oppervlakte en temperatuurverschil. De eenheid is W/m²K. Hoe lager deze U-waarde is, hoe minder warmteverlies er optreedt (lager is beter).



Figuur 65: isoleren is besparen

1.11.2 λ -waarde

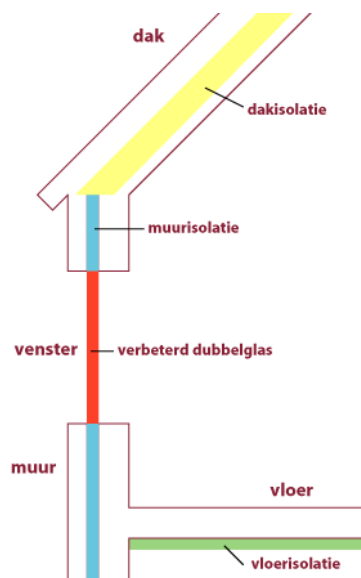
De λ -waarde (warmtegeleidingscoëfficiënt), die enkel afhankelijk is van het soort materiaal, hebben we nodig om de R-waarde uit te rekenen. Deze warmtegeleidingscoëfficiënt geeft de hoeveelheid warmte die in stationaire toestand door het materiaal gaat. Hiervoor hebben we de oppervlakte nodig, de tijdseenheid en de eenheid van temperatuursgradiënt van het materiaal. Hoe lager deze λ -waarde is, hoe beter het materiaal gaat isoleren en dus hoe beter het warmteverlies wordt tegengehouden. Deze waarde kunnen we opzoeken in tabellen die het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap in België heeft uitgebracht. Zo is λ_{nd} een gecertificeerde λ -waarde die is vastgesteld door proeven in labo's en herkend door de overheid. Bij de λ -waarde moeten we eveneens opletten naar de omstandigheden, zo zijn er specifieke tabellen voor situaties waar het vochtig is.

Enkele voorbeelden zijn: hout heeft een λ -waarde van 0,13 W/mK terwijl marmer 3,5W/mK heeft en polyvinylchloride (PVC) 0,17W/mK heeft.

Enkele voorbeelden van materialen die zeer efficiënt isoleren: polyurethaan (PUR) = 0,023W/mK; glaswol (MW) = 0,032W/mK; polyisocyanuraat (PIR) = 0,023W/mK...
(Bij 273° Kelvin)

1.11.3 R-waarde

De R-waarde (warmteweerstand) gaat uitdrukken hoe goed het materiaal gaat isoleren. Ze kan een waarde geven aan daken, muren, vloeren, dubbel glas ... We proberen altijd een zo groot mogelijke R-waarde te bekomen. Hoe groter de waarde, hoe beter het materiaal isoleert. De eenheid is m²K/W.



Figuur 66: isolatie
Een geïsoleerd dak heeft een betere warmteweerstand dan een slecht geïsoleerd dak.

1.11.4 Verband U-waarde, R-waarde en λ -waarde

Wanneer het materiaal een hoge λ -waarde heeft, zal de R-waarde dalen. Dit betekent dat het materiaal minder goed gaat isoleren, en dus meer warmte gaat doorlaten. Hierdoor zal de U-waarde gaan stijgen. Dit mogen we opvatten dat er meer warmteverlies gaat optreden om eenzelfde ruimte te verwarmen waar de U-waarde dubbel zo groot is. Zo zal er dubbel zoveel verlies optreden. De R-waarde is ook afhankelijk van de dikte van het materiaal. Verdubbel je een materiaal in dikte, dan verdubbelt ook de R-waarde (=beter isolerend). Daardoor zal de U-waarde gehalveerd worden (=minder energie nodig om de ruimte op te warmen).

Formules:

$$U = \frac{1}{R} \quad \text{met } R = \frac{d}{\lambda}$$

U, de warmtedoorgangscoefficiënt uitgedrukt in W/m²K

R, de warmteweerstand uitgedrukt in m²K/W

d, de dikte van het materiaal in meter

λ , de warmtegeleidingscoëfficiënt uitgedrukt in W/mK

Bij onze bijlages vind je een tabel met alle λ -waardes bij standaardomstandigheden. (Standaardomstandigheden is bij 25°C, normomstandigheden bij 0°C)

1.11.4.1 Rekenvoorbeeld

Gegeven:

De dikte van onze muur is 10 cm. Onze huidige gebruikte materiaal is beton, en we wensen dit te vervangen door PUR (polyurethaanschuim).

Gevraagd:

Hoeveel zal de U-waarde verbeteren. Bereken eveneens hoeveel cm dikte de muur zou zijn in polyurethaanschuim als we dezelfde U-waarde willen bekomen als met onze 10cm beton.

Oplossing:

dikte d = 0,10 meter

beton: $\lambda = 1,15$ W/mK

polyurethaanschuim (PUR): $\lambda = 0,032$ W/mK

$$\text{beton: } R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,10m}{1,15 \text{ W/mK}} = 0,0870 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{PUR: } R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,10m}{0,032 \text{ W/mK}} = 3,125 \text{ m}^2\text{K/W}$$

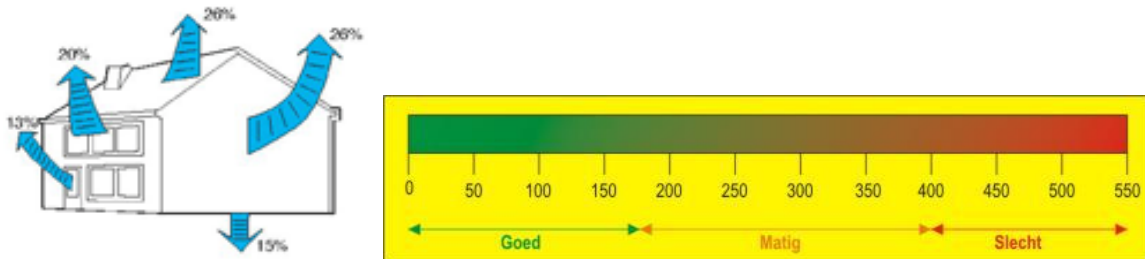
Besluit: PUR gaat 35 keer beter isoleren dan beton.

$$d = R \cdot \lambda = 0,0870 \frac{m^2 K}{W} \cdot 0,032 \frac{W}{mK} = 0,00278 m = 0,28 cm$$

Besluit: Om met PUR te isoleren, moeten we maar een dikte van 0,28 cm op de muur hebben om evengoed te isoleren als 10cm beton. Door goed te isoleren kun je dus de dikte van je muur en de gebruikte materialen beperken!

1.11.5 K-peil

Het K-peil (België), EPC-waarde (Nederland) wordt berekend met behulp van de U-waarde van het gebouw. Het K-peil van de woning gaat uitdrukken hoe compact het gebouw is in isolatie. Hoe meer contactoppervlak je woning heeft, hoe meer warmteverliezen er zullen optreden. Volgens de meest recentste norm mag het K-peil van een gebouw niet hoger liggen dan 45.

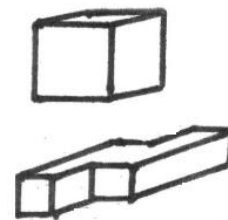


Figuur 67: warmteverliezen v/e huis Figuur 68: lager K-peil is beter (minder warmteverlies)

1.11.6 Compactheid

Om een zo goed mogelijke K-peil te verkrijgen is het belangrijk een compact huis te hebben. Dit kun je doen door:

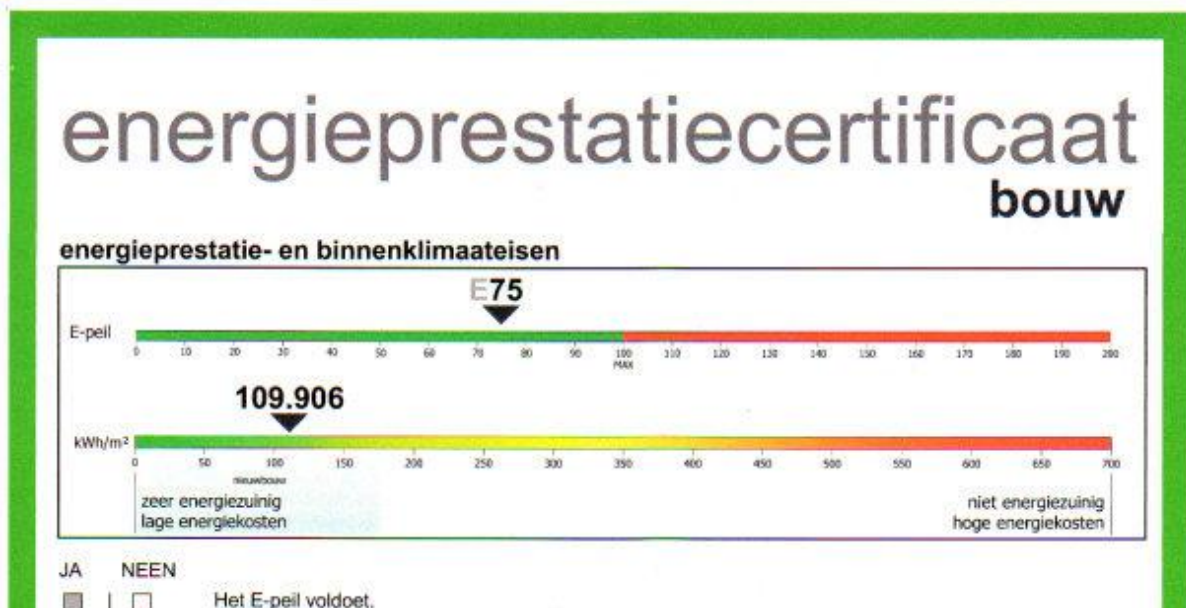
- een rijwoning kopen i.p.v. een alleenstaande woning;
- een woning met verdiepingen bouwen i.p.v. een bungalow;
- een kubusvormige woning i.p.v. een langwerpige woning;
- vermijd uitbouwingsen.



Figuur 69: compactheid

1.11.7 E-peil

Een E-peil is een maat voor de energieprestatie van een huis in standaardomstandigheden. Hoe lager dit E-peil is, hoe energiezuiniger je woning is. Dit peil is dus een belangrijke afdruk van hoeveel energie je gebouw verbruikt. Wettelijk gezien moet dit cijfer minder dan E80 bedragen en er wordt gestreefd naar E0. Dit E-peil is afhankelijk van de compactheid van het gebouw, de thermische isolatie, de luchtdichtheid, de ventilatie, de verwarmingsinstallatie, de oriëntatie en bezonning van het gebouw en de koelinstallatie. Dit E-peil geldt naast woningen ook voor kantoren en scholen indien het een nieuwbouw, herbouw of een uitbreiding is van een gebouw.

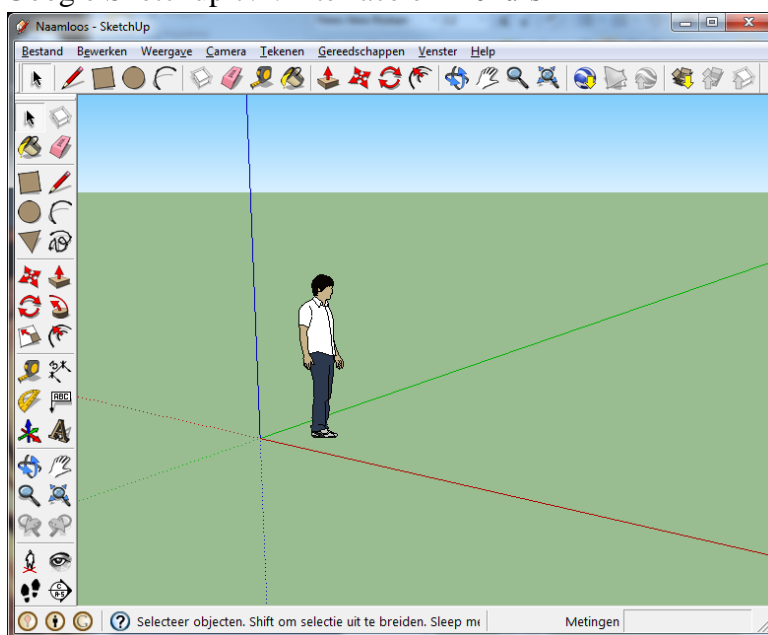


Figuur 70: voorbeeld energieprestatiecertificaat

1.11.7 Google SketchUp

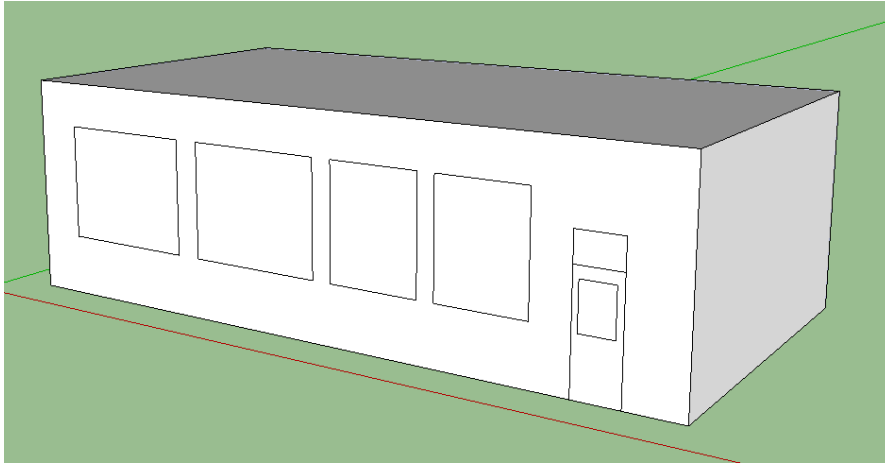
Voor het berekenen van het volume van het wetenschapslokaal en de oppervlakte van de muren en ramen hebben we gebruik gemaakt van het tekenpakket Google SketchUp 7.1. Google SketchUp is een tekenpakket waarin je eenvoudige schetsen kunt maken van gebouwen of objecten. Ook is het mogelijk om dit op een realistische manier in te kleuren. Het berekenen van oppervlaktes, volumes en afstanden is eveneens mogelijk. Met dit pakket is het ook mogelijk je gebouw vanuit elke hoek te bekijken.

Google Sketchup 7.1: interface en menu's



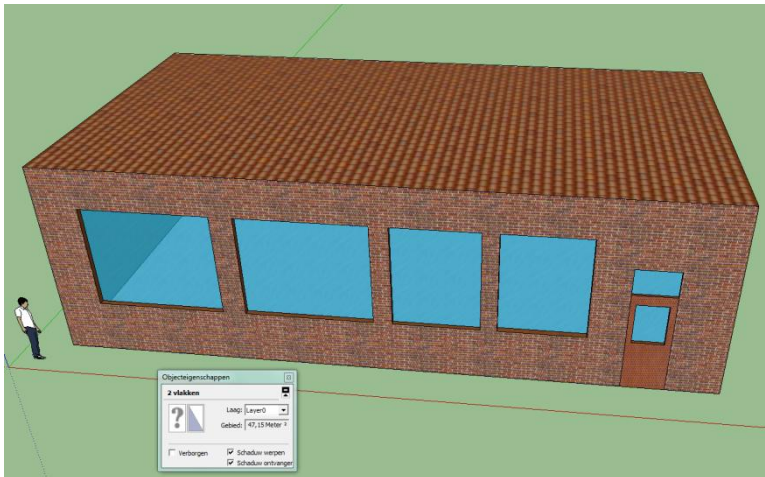
Figuur 71: Google Sketchup hoofdscherm

Eerste stap: het gebouw tekenen



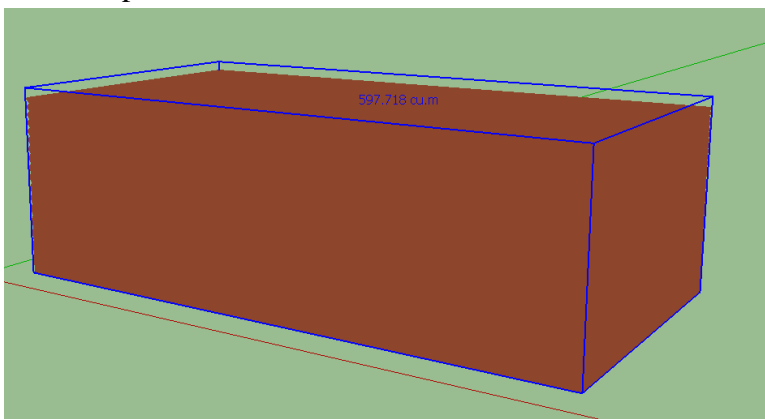
Figuur 72: tekenen gebouw Google Sketchup

Tweede stap: het gebouw inkleuren



Figuur 73: gebouw inkleuren

Derde stap: het volume berekenen



Figuur 74: volumes berekenen

813cm . 1541,3cm . 477cm

= 597 717 681, 3cm³

= **597, 717m³**

Verder konden we van alle glasoppervlakten nog de oppervlakte bepalen voor het EPC. Ook het raamprofiel (hier hout) dient te worden vermeld. Zo zien we een U-waarde van 5,08 W/m²K voor glas, terwijl dit voor hoogrendementsglas slechts 1,97 zou opleveren.

voorgevel achtergevel linkergevel rechtergevel											
	Naam	b	h	Opp.	Rest opp	Constructie	U	g	Alw. or.	Werk. or.	Helling
		m	m	m ²	m ²		W/m ² K	-			°
Totaal voorgevel	VG	15,40	4,80	73,92	0,00						
Gevelvlak 1	VG-G1	15,40	4,80	73,92					[geen]	Noord	
Opening 1	VG-G1-O1	1,00	2,40	2,40	0,00						
Beglazing 1	VG-G1-O1-B1	0,73	1,00	0,73		hout 1 glas	5,08	0,765			
Deur 1	VG-G1-O1-D1	0,00	0,00	1,67		niet-met zd iso	4,00				
Opening 2	VG-G1-O2	1,00	0,64	0,64	0,00						
Beglazing 1	VG-G1-O2-B1	1,00	0,64	0,64		hout 1 glas	5,08	0,765			
Opening 3	VG-G1-O3	3,00	2,50	7,50	0,00						
Beglazing 1	VG-G1-O3-B1	3,00	2,50	7,50		hout 1 glas	5,08	0,765			
Opening 4	VG-G1-O4	3,00	2,50	7,50	0,00						
Beglazing 1	VG-G1-O4-B1	3,00	2,50	7,50		hout 1 glas	5,08	0,765			
Opening 5	VG-G1-O5	2,00	2,50	5,00	0,00						
Beglazing 1	VG-G1-O5-B1	2,00	2,50	5,00		hout 1 glas	5,08	0,765			
Opening 6	VG-G1-O6	2,00	2,50	5,00	0,00						
Beglazing 1	VG-G1-O6-B1	2,00	2,50	5,00		hout 1 glas	5,08	0,765			
Dichte gevel (rest)				45,88		muur iso - spouw +	1,85				

Figuur 75: voorbeeld EPC software

1.11.8 Het EPC of energieprestatiecertificaat

Dit certificaat toont de energetische kwaliteit van een gebouw aan. Met andere woorden, hoe energiegezind het gebouw is. Dit gebeurt aan de hand van enkele factoren:

- Het ingesloten volume dat verwarmd zal moeten zijn;
- De insluiting van het gebouw;
- Rechtergevel en linkergevel;
- Het jaar van bouwen, voor 1970 of na 1970;
- Isolatie, aanwezig of niet aanwezig en hoe dik;
- Welk soort isolatie is gebruikt;
- De soort verwarming van het gebouw.

Dit alles wordt berekend aan de hand van U-waardes (zie 1.11.1) en dit wordt dan gedeeld door het bruikbare oppervlak. Het getal dat je dan bekomt, noemt men de energieprestatie van een gebouw.

Sinds 1 januari 2009 moeten verhuurders en verkopers dit certificaat kunnen voorleggen. Indien ze dit niet kunnen, riskeren ze een boete van 500 tot 5000 euro. Er bestaat geen maximumwaarde om een huis te mogen verkopen of verhuren. Als er een grote waarde is betekent dit alleen dat het huis niet energievriendelijk is.



Figuur 76: voorbeeld energieprestatiecertificaat

1.11.9 Het EPB of Energie prestatie en binnenklimaat

Dit is gebaseerd op 2 pijlers, namelijk het E-peil en het K-peil. Het E-peil zorgt voor alles wat te maken heeft met isolatie, luchtdichtheid, het primair energieverbruik van de verwarmingsinstallatie, productie van warmwater, en het zomercomfort. Het K-peil is een kengetal om de graad van de warmteverliezen in een huis te kunnen bepalen. Op het E-peil staat wel een maximum. Voor Vlaanderen 80, voor Brussel 90 en voor Wallonië 100. Het E-peil wordt vooral door de architect bepaald aangezien dat dit bepaald wordt door:

- isolatie;
- oriëntatie;
- compactheid;
- luchtdichtheid;
- warm water;
- zomercomfort;
- verwarming;
- hernieuwbare energiebronnen;
- ventilatie.



Figuur 77: voorbeeld energieprestatiecertificaat

Als de woning op al deze vlakken een goede waarde heeft, zal het gebouw zelfs veel lager dan 100 liggen. De EPB is enkel nodig bij nieuwe gebouwen.

1.11.9.1 De Blowerdoortest

De Blowerdoortest is een test om luchtlekken, warmteverliezen, vochtproblemen, enz... in een woning te onderzoeken. De Blowerdoortest is vooral om de luchtdichtheid van een gebouw te controleren. Met behulp van een grote ventilator wordt eerst lucht in het gebouw gepompt (meting van de onderdruk), nu probeert de buitenlucht binnen in de woning te komen. Vervolgens pompen we de lucht uit het gebouw (meting van overdruk), nu probeert de binnenlucht naar buiten te gaan. Dit kunnen we dan vaststellen als een warmteverlies. Daarna kan men deze warmteverliezen en vochtproblemen detecteren tijdens het meten. Dit wordt geregeld gedaan met rook of met thermische camera's. Indien deze meting uitgevoerd werd op een gebouw, wordt hiervan een verslag gemaakt in het kader van een EPB berekening. De voordelen van een Blowerdoortest is dat het E-peil in het EPB verslag verbeterd wordt.



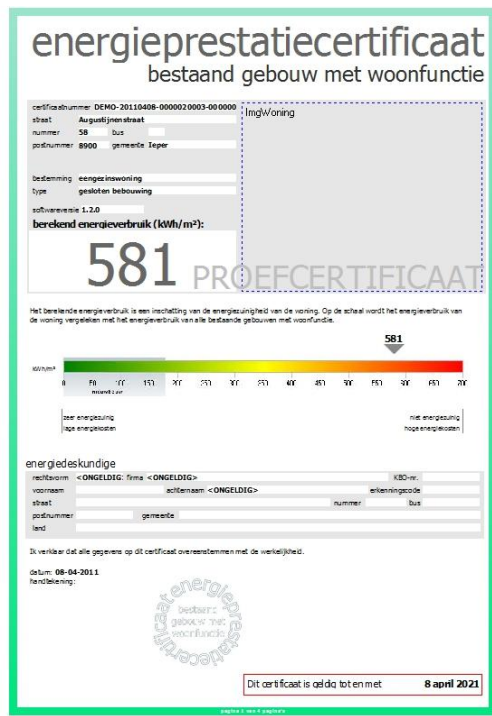
Figuur 78: Blowerdoortest

1.11.10 EAP of Energie Advies Procedure

Dit is hetzelfde als een EPB maar dan voor bestaande gebouwen.

1.11.11 De EPC op het chemielokaal

Het chemielokaal wordt ingesloten langs drie kanten waardoor we enkel het dak, de vloer en de voorgevel mee moeten rekenen in onze berekening omdat de andere lokalen ook verwarmd worden waardoor er geen warmtewisseling is tussen deze lokalen. De verschillende opties (verwarming, isolatie,...) kun je zien op de foto's in de bijlagen. Na alle huidige gegevens in te geven krijgen we een energieverbruik van 581 kWh/m². Dit bevindt zich in het rode gebied. Indien we het dak zouden isoleren met PUR krijgen we een verbetering van 44,1 %. Nadat we infrarood foto's genomen hadden viel het op dat de linkerkant van het lokaal warmer is. Dat komt omdat het ingesloten zit door het elektronica lokaal en zo geen wind vangt.



Figuur 79: huidige gegevens



Figuur 80: met dakisolatie

Figuur 80 geeft de U-waarde weer van het chemielokaal zoals het nu is. Figuur 81 geeft de U-waarde weer als we enkel het dak zouden isoleren.

1.12 Website – Blog

Website GP infraroodtechnologie: <http://infraroodtechnologie.gpiw.be>

Blog GP infraroodtechnologie: <http://gpiw.be/infraroodtechnologie/blog>

E-mailadres: info@gpiw.be

Blogbeheerder: Rein C.

1.13 Materialenlijst

Car Key Camcorder Video Recorder Digital Camera DVR DP2

<http://cgi.ebay.com/ws/eBayISAPI.dll?ViewItem&item=260663909269>

(Geen reactie gehad van de verkoper voor de specificaties.)

55mm IR72 720nm Infrarode filter voor Sony α300.

<http://cgi.benl.ebay.be/55mm-IR72-720nm-INFRARED-FILTER-for-sony-A700-A350-A300->

[/370406378577?pt=UK_CamerasPhoto_CameraAccessories_CameraLensesFilters_JN&hash=item563df0cc51](http://cgi.benl.ebay.be/55mm-IR72-720nm-INFRARED-FILTER-for-sony-A700-A350-A300-/370406378577?pt=UK_CamerasPhoto_CameraAccessories_CameraLensesFilters_JN&hash=item563df0cc51)

(Benodigd voor experiment 2)

InfraCAM B50 van FLIR.

<http://www.flir.com>

(Huren via school van het RTC (Regionaal Technologisch Centrum West-Vlaanderen))

Software: Google SketchUp 7.1, Microsoft Word 2011, Loggerpro en PhotoFiltre.

1.14 Bijlagen

Bijlage 1: Emissiviteit van materialen

Materiaal	Kenmerken	Emissiviteit
Aluminium	Oxidatie Folie	0,20-0,40 0,02-0,04
Koper	Oxidatie Folie	0,40-0,80 0,02-0,05
Goud		0,01-0,10
Ijzer	Oxidatie	0,60-0,90
Staal	Oxidatie	0,70-0,90
Asbest		0,95
Gips		0,80-0,90
Asfalt		0,95-0,96
Keramiek		0,95
Hout		0,85-0,95
Houtskool	Poeder	0,96
Lak		0,80-0,95
Lak	Glansloos	0,97
Koolstofrubber		0,90
Leer		0,75-0,80
Water		0,93-0,96
Sneeuw		0,83-0,90
Ijs		0,96-0,98
Menselijke huid		0,98
Grafiet		0,2-0,60
Plastic	Transparantie < 0,5mm	0,95
Rubber		0,95
Plastic		0,85-0,95
Beton		0,95-0,97
Cement		0,96
Aarde		0,90-0,98
Plaaster		0,89-0,91
Stenen		0,93-0,96
Marmer		0,94
Textiel		0,90
Papier	Verskillende kleuren	0,94
Zand		0,90
Klei		0,92-0,96
Grind		0,95
Glas	Servies	0,85-0,92
Textiel		0,95
Roest		0,80
Verf		0,90
Leer		0,98
Tape		0,96

**Tabel: Fysische eigenschappen materialen,
volgens NEN-EN 12524:2000**

Materiaal-soort	Soort- gelijke massa p (kg/m ³)	Ontwerp warmte- geleidings- coëfficiënt λ(W/mK)	Waterdamp diffusiviteit- standaardfactor μ (droog)
Steen			
Graniet	2500-2700	2,80	10000
Marmer	2800	3,50	10000
Leit	2000-2800	2,20	1000
Kunststeen	1750	1,30	50
Basalt	2700-3000	3,50	10000
Metselstenen			
Kalkzandsteen ¹⁾	1800	0,81	25
Baksteen gevelstenen ²⁾	1700-1900	0,70	10
Poriso ³⁾	1350	0,35	6
Snelbouwsteen (holl) 100 mm ²⁾	1000	0,45	5-10
Snelbouwsteen (holl) 115 mm ²⁾	1200	0,45	5-10
Cellenbeton ²⁾	370	0,111	3
	470	0,134	3,5
	560	0,160	4
	660	0,186	4,5
	760	0,214	5
Beton			
Gemiddelde soortelijke massa	1800	1,15	106
	2000	1,35	100
	2200	1,55	120
Hoge soortelijke massa	2400	2,00	130
Gewapend (met 1% staal)	2300	2,30	130
Gewapend (met 2% staal)	2400	2,50	190
Glas			
Natronkalk (inclusief floatglas)	2500	1,00	∞
Kwarts	2200	1,40	∞
Metaalen			
Aluminiumlegeringen	2800	160	∞
Koper	8900	390	∞
Gietijzer	7500	50	∞
Lood	11300	35	∞
Staal	7800	50	∞
Roestvrijstaal	7900	17	∞
Zink	7200	170	∞
Kunststoffen, massief			
Acryl	1050	0,20	10000
Polyvinylchloride (PVC)	1390	0,17	50000
Polymethylemethacrylaat (PMMA)	1180	0,18	50000
Polyethyleen, hoge dichtheid	980	0,50	100000
Polyethyleen, lage dichtheid	920	0,33	100000
Polysterhars	1400	0,19	10000
Rubber			
Neopreen	1240	0,23	10000
Hard rubber (abonriet), massief	1200	0,17	∞
Ethyleenpropyleen/olefinmonomeer (EPDM)	910	0,13	10000
Natuurrubber (natural)	1200	0,24	200000
Butyl (isobuteen)	1200	0,24	200000

Materiaal-soort	Soort- gelijke massa p (kg/m ³)	Ontwerp warmte- geleidings- coëfficiënt λ(W/mK)	Waterdamp diffusiviteit- standaardfactor μ (droog)
Afdichtmaterialen, tochtstrips en thermische onderbreking			
Siliconen, zuiver	1200	0,35	5000
Siliconen, gevuld	1450	0,50	5000
Siliconenschuim	750	0,12	10000
Polyvinylchloride (PVC) flexibel, met 40% wektraker	1200	0,14	100000
Elastomeerschuim, flexibel	60-90	0,05	10000
Polyethyleenschuim	70	0,05	100
Polyurethaanschuim (PU)	70	0,05	60
Gips			
Gips	600	0,18	10
Gips	900	0,30	10
Gips	1200	0,43	10
Gips	1500	0,56	10
Gipsplaat	900	0,25	10
Gebrande gips en pleisterkalk			
Gips isolatiepleister	600	0,18	10
Gips pleisterwerk	1000	0,40	10
Gips pleisterwerk	1300	0,57	10
Gips zand	1600	0,80	10
Kalk, zand	1600	0,80	10
Cement zand	1900	1,00	10
Tegels			
Keramiektegel	2300	1,30	∞
Kunststof	1000	0,20	10000
Hout			
Hout	500	0,13	50
Hout	700	0,18	200
Houtachtige plaatmaterialen			
Triplex	300	0,09	150
Triplex	500	0,13	200
Triplex	700	0,17	220
Triplex	1000	0,24	250
Cementgebonden spaanplaat	1200	0,23	50
Spaanplaat	300	0,10	50
Spaanplaat	600	0,14	50
Spaanplaat	900	0,18	50
Spaanplaat	1200	0,23	50
Oriented standard board (OSB)	650	0,13	50
Vezelplaat, inclusief MDF	250	0,07	5
Vezelplaat, inclusief MDF	400	0,10	10
Vezelplaat, inclusief MDF	600	0,14	20
Vezelplaat, inclusief MDF	800	0,18	30

¹⁾ Tabelwaarden volgens NEN-EN 1745 (2002)
²⁾ Bron KNB
³⁾ Bron fabriekant

Bijlage 3: λ -waarden van zeer goede isolerende materialen

Isolatiemateriaal	afkorting	λ -waarde = lambdawaarde (W/mK)
glaswol	MW	0,032 à 0,040
rotswol	MW	0,035 à 0,042
cellenglas	CG	0,042 à 0,050
geëxpandeerd polystyreenschuim	EPS	0,033 à 0,042
geëxtrudeerd polystyreenschuim	XPS	0,029 à 0,038
polyurethaanschuim	PUR	0,023 à 0,032
polyisocyanuraat	PIR	0,023 à 0,032
fenolformaldehydeschuim, resolschuim	PF	0,021 à 0,028

Bron: http://www.energiesparen.be/zuinig_met_energie/vergelijking_isolatiematerialen

Bijlage 4: energieprestatiecertificaat voor en na isoleren van het dak

energieprestatiecertificaat
bestaand gebouw met woonfunctie

certificatenummer: DEMO-20110408-0000020003-000000
 straat: Augustijnenstraat
 nummer: 58 bus:
 postnummer: 8900 gemeente: Ieper

bestemming: eengezinswoning
 type: gesloten bebouwing
 softwareversie: 1.2.0

berekend energieverbruik (kWh/m²):

581 PROEFCERTIFICAAT

Het berekende energieverbruik is een inschatting van de energiezuinigheid van de woning. Op de schaal wordt het energieverbruik van de woning vergeleken met het energieverbruik van alle bestaande gebouwen met woonfunctie.

581

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 kWh/m² per jaar

zeer energiezuinig lage energiekosten | niet energiezuinig hoge energiekosten

energieskundige

rechtsvorm: <ONGELDIG> firma: <ONGELDIG> KBO-nr.:
 voornam: achternaam: <ONGELDIG> erkenningsoordeel:
 straat: nummer: bus:
 postnummer: gemeente:
 land:

Ik verklaar dat alle gegevens op dit certificaat overeenstemmen met de werkelijkheid.

datum: 08-04-2011
 handtekening:

Dit certificaat is geldig tot en met **8 april 2021**

berekend energieverbruik (kWh/m²):

325 PROEFCERTIFICAAT

Het berekende energieverbruik is een inschatting van de energiezuinigheid van de woning. Op de schaal wordt het energieverbruik van de woning vergeleken met het energieverbruik van alle bestaande gebouwen met woonfunctie.

325

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 kWh/m² per jaar

zeer energiezuinig lage energiekosten | niet energiezuinig hoge energiekosten

Bijlage 5: Details energieprestatiecertificaat voor het verbeteren van de isolatie

proefcertificaat	bestaand gebouw met woonfunctie
certificaatnummer DEMO-20110408-0000020003-00000010-0-DEMO	
straat Augustijnenstraat	nummer 58 bus
postnummer 8900 gemeente Ieper	

Detail van het energieverlies

	zeer laag	laag	gemiddeld	hoog	zeer hoog
energieverlies langs muren, daken, vloeren, vensters en deuren					
energieverlies via de verwarmingsinstallatie					

Impact op het milieu

	zeer laag	laag	gemiddeld	hoog	zeer hoog
CO ₂ -emissie					

Wat kunt u doen om het energieverbruik te verminderen?

1. Isoleer het platte dak.
2. Vervang het enkel glas door hoogrendementglas.
3. Isoleer de vloer bij de uitvoering van een grondige renovatie.
4. Isoleer de buitenmuren.

Extra verbeteringen door milieuvriendelijke energieproductie

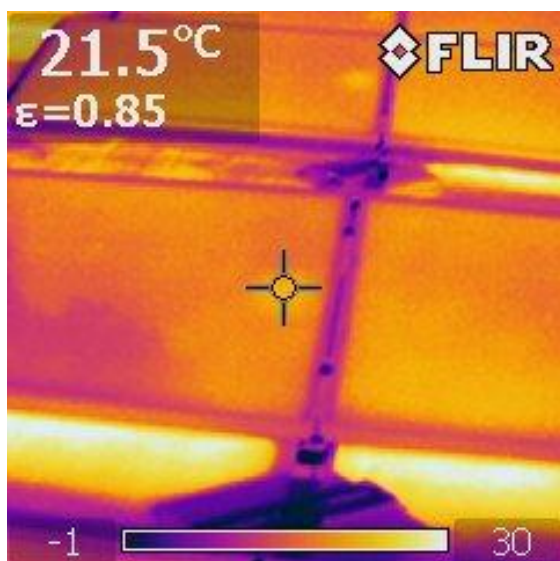
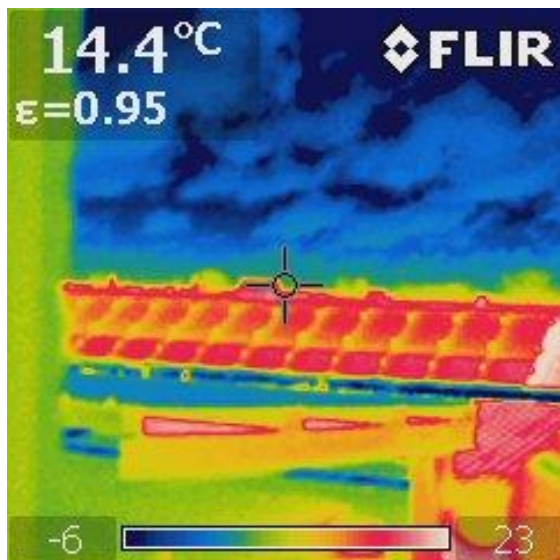
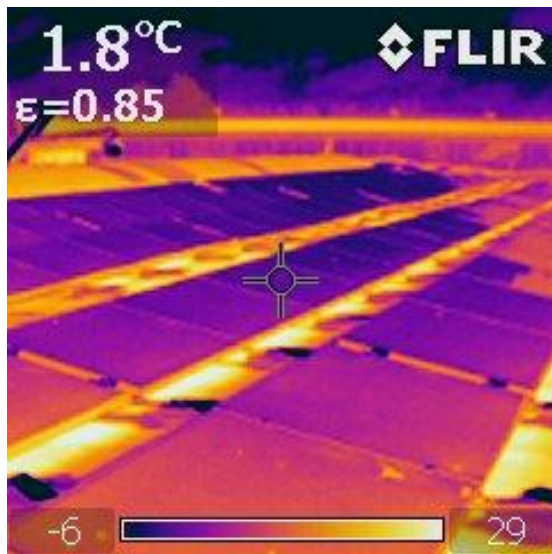
De hierboven vermelde suggesties zijn basismaatregelen om op een kosteneffectieve manier het energieverbruik van een woning te verminderen. Alleen als de woning voldoende geïsoleerd is of grondige verbouwingswerkzaamheden gepland zijn, is het zinvol om hernieuwbare energiebronnen of warmtekrachtkoppeling in te zetten. Meer informatie over onder andere zonnepanelen, energie uit biomassa of warmtepompen vindt u op de website van het Vlaams Energiegenootschap: www.energiesparen.be.

Premies en fiscale aftrek

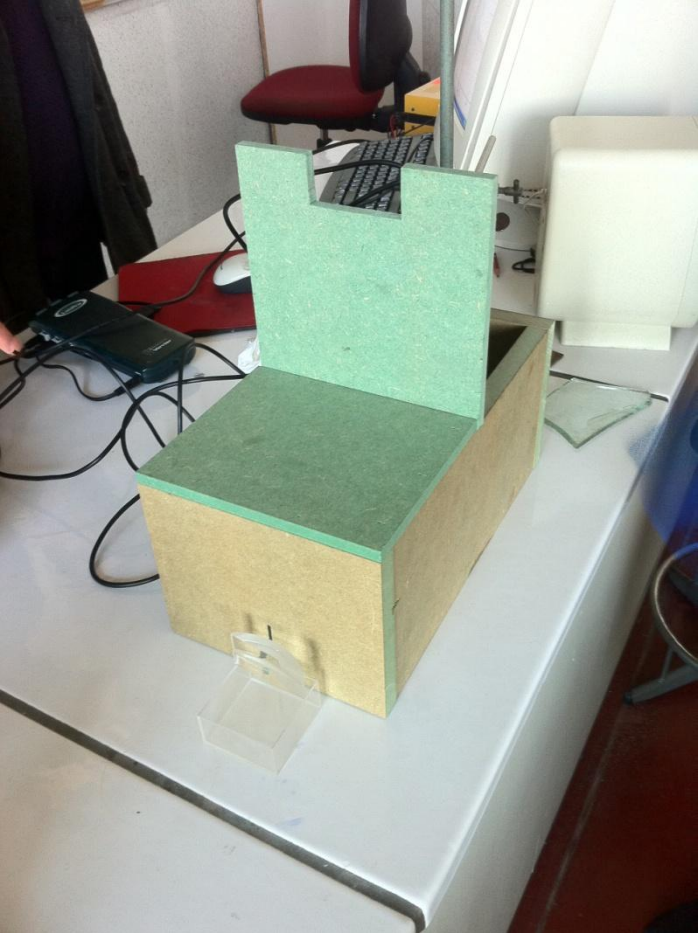
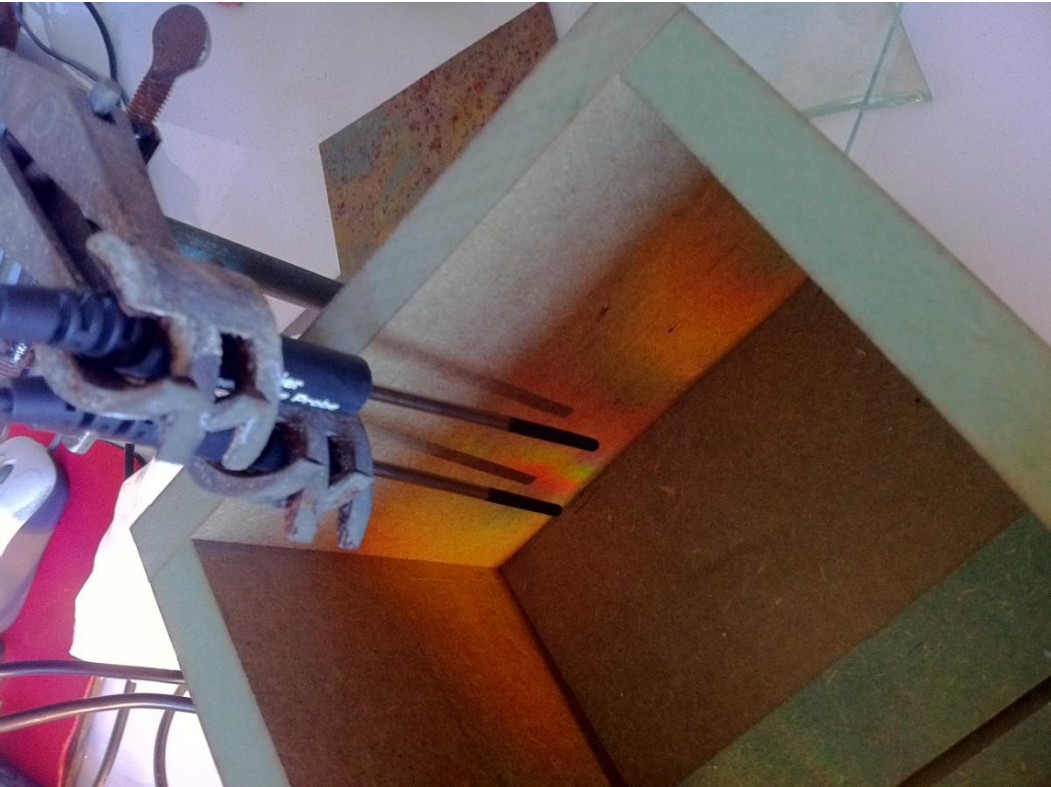
Voor bepaalde werkzaamheden kunt u premies of fiscale aftrek verkrijgen. Meer gedetailleerde informatie daarover vindt u op www.energiesparen.be

pagina 2 van 4 pagina's

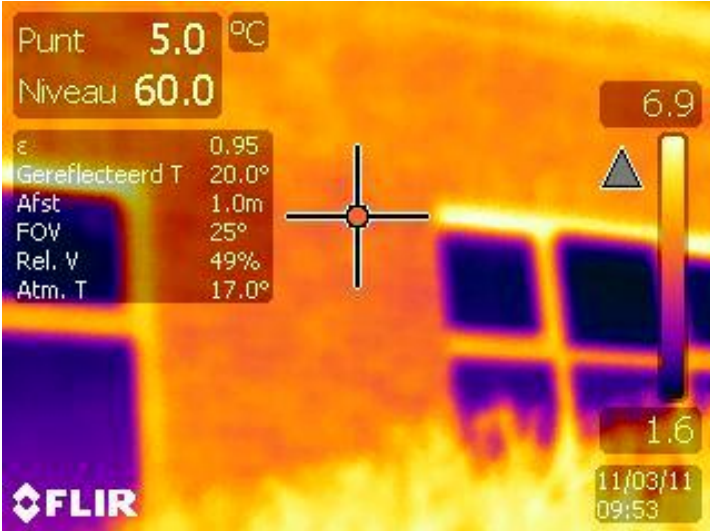
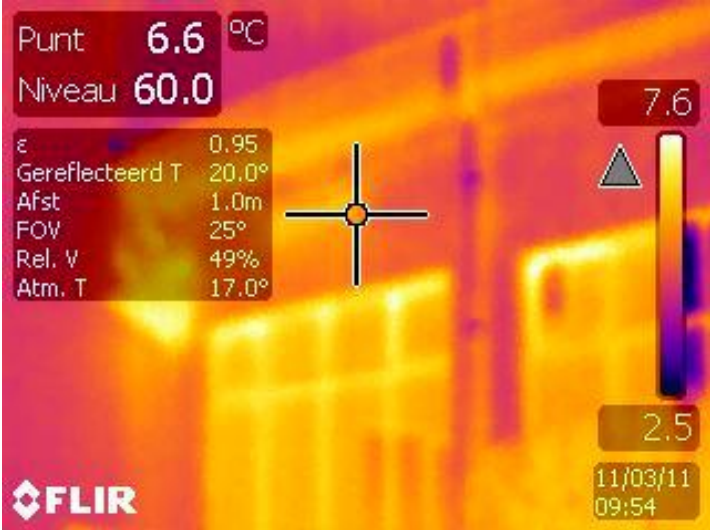
Bijlage 6: Infrarood foto's genomen in het VTI-Ieper



Bijlage 7: Opstelling proef van Herschel



Bijlage 8: EPC technologielaal VTI Ieper



1.15 Woordenlijst

Woord	Verklaring
Camera obscura	Een donkere ruimte. Bij ons een donkere houten doos. (Zie 1.6.3.2)
E-peil	Het E-peil is een maat voor de energieprestatie van een woning. (Zie 1.11.7)
Emissie	Uitgifte, lozing, uitstoot.
Emissiviteit	Elk materiaal heeft de capaciteit om zijn eigen energie uit te stralen dat heet de emissiviteit. (ϵ) Dit is altijd een waarde tussen 0 en 1. (Zie 1.9.4)
EPC	Energieprestatiecertificaat (Zie 1.11.8)
Golfengte	Afstand tussen twee golftoppen. (Zie 1.3.1.2)
Infrarood thermografie	Infrarood thermografie is de wetenschap van het verkrijgen en analyseren van thermische informatie welke bekomen wordt door contactloze opname door apparatuur.
K-peil	Het K-peil gaat de globale warmte-isolatie van een gebouw weergeven. (Zie 1.11.5)
Klimaatverdrag	Een overeenkomst tussen staten. Hier een overeenkomst tussen staten over het klimaat. (Zie 1.10.2)
Monochromatisch licht	Monochromatisch licht is licht van exact één golflengte. Monochromatisch licht heeft altijd één enkele kleur. (Zie 1.3.1.1)
Polychromatisch licht	Polychromatisch licht is licht die bestaat uit verschillende golflengtes, waardoor we dus meerdere kleuren waarnemen. (Zie 1.3.1.11)
Prisma	Driezijdig langwerpig geslepen glas (Zie 1.3.1.3)
Protocollen	Geheel van vastgelegde regels en afspraken op een bepaald gebied. Bij ons vastgelegde regels i.v.m. het klimaat.(Zie 1.10.2)
Reflectie	Weerkaatsing (Zie 1.9.5)
Rooster	Een rooster is een voorwerp om elektromagnetische straling naar golflengte te scheiden. Dit voorwerp bestaat uit smalle, parallelle spleten die op precies dezelfde afstand van elkaar liggen.
Spectrum	Kleurenreeks die ontstaat bij ontleding van licht, bv. door een prisma. (Zie 1.3.1.3)
Stationaire deel	Stilstaand, niet veranderend deel (Zie 1.9.7.5.2)
Thermografie	Thermografie is een analyse van warmte (verschillende temperaturen) en daar worden beelden van gemaakt. (Zie 1.9.2.2)
TRefl	Hoeveel warmte gereflecteerd wordt. TRefl moet vastgelegd worden door de thermograaf. (Zie 1.9.5)
U-waarde	De U-waarde drukt de hoeveelheid warmte uit die per seconde, per 1 m ² en per graad temperatuurverschil tussen de ene en de andere zijde van een constructie doorgelaten wordt. Deze waarde is nodig voor het opstellen van een EPC. (Zie 1.11.1)

1.16 Literatuurlijst

PowerPoints:

INFRACAM TRAINING, InfraCAM Opleiding Basis Thermografie, PowerPoint, 2006.

E-mails:

STRUYE, M., info@lowland-electronics.be, GP Infrarood Zonnepanelen, e-mail aan CORSELIS, R., tendonsie@tendonsie.be, 4 februari 2011.

Internet:

Batibouw: waarom isoleren,

http://www.batibouw.be/index.cfm?Content_ID=231120609

Blowerdoor of luchtdichtheidstest,

<http://www.energy-service.be/Blower.html>

BUtgb: isolatie,

<http://www.butgb.be/index.cfm?n01=Insulation>

Compact bouwen,

http://www.klimaatwebsite.be/klimaat/MAP.php?p=DW/DB/Energie/CompactBouwen1&m=DW/DB/Energie/M_CompactBouwen

Dirk de Groof bvba: Blowerdoor,

<http://www.dirkdegroof.be/blowerdoor.html>

Duurzaam bouwen,

<http://www.laatjebouwen.com/web2/pages/hedendaags-bouwen/duurzaam-bouwen/duurzaam-bouwen-verbouwen.asp>

Energie en zijn normalisatie,

http://www.bbri.be/antenne_norm/energie/nl/normen/isolatie.html

Energiesparen: bouwen en verbouwen,

<http://www.energiesparen.be/epb>

EPB (Energie Prestatie en Binnenklimaat),

<http://www.isover.be/isolatie/regelgeving-EPB.html>

EPB oplossingen: wat verandert er,

http://www.epb-oplossingen.be/nl/EPB_Wat_verandert_er.htm

EPC of energieprestatiecertificaat, wat is dat?,

<http://www.egeon.be/energieprestatiecertificaat/wat-is-een-epc>

Faderi: Waarom isoleren,

<http://www.faderi.be/Menu%20Frames/Wrmisol.html>

Google SketchUp software,

<http://sketchup.google.com/>,

http://sketchup.google.com/intl/nl/training/videos/new_to_gsu.html

How motion detection Works in Xbox Kinect,

<http://gizmodo.com/5681078/how-motion-detection-works-in-xbox-kinect>

Infrarood thermometers, thermokoppels,

<http://www.broodoven.com/ovenbouw/uitvoering/temperatuur-meten>

Infrarood thermografie,

http://www.kema.com/nl/services/consulting/reliability/td_equipment/thermal-imaging.asp

Isolatie VD Nevele,

<http://www.isolatievd.be/nederlands/waaromisoleren.asp?paginaid=4>

Isolatiewaarde: K-waarde, U-waarde, Lambda waarde,

<http://huis-en-tuin.infonu.nl/wonen/17820-isolatiewaarde-k-waarde-u-waarde-lambda-waarde.html>

Lambda waarde materialen,

<http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp>

Remote-sensing in archeology,

<http://www.kennislink.nl/publicaties/remote-sensing-in-archeologie>

Ruitersportplaats,

www.ruitersportplaats.nl

Opsporen van hennep plantages,

<http://www.iris-thermovision.nl/opsporenhennepplantages.html> Person - Sir William Herschel,

<http://www.npg.org.uk/collections/search/person.php?search=ss&sText=william+herschel&LinkID=mp02166>

Stad Genk,

www.genk.be

Strengere EPB eisen vanaf 2010,

<http://www.kluisje.be/houseBlog/2009/03/26/strengere-epb-eisen-vanaf-2010>

Spoor de zwakke plekken van je huis op met infrarood,

http://www.livios.be/nl/_build/_maso/_insu/6427.asp

Terminologie & materialenkennis,

<http://www.isolatieverhoeven.be/nl/terminologie.html>

Thermische camera systemen, infrarood camera's,

<http://flir.com>

Thermografie voorbeeld,

<http://www.lhm-instrumentation.be/images/thermografie.jpg>

T D E : Energiestudies & advies,

<http://www.tde.be/faq.html#eap>

The Herschel Museum of Astronomy,

<http://www.bath-preservation-trust.org.uk/?id=8>

Vibe: isolatie,

<http://www.vibe.be/index.php/8/#isolatie>

Voordelen houtskeletbouw,

http://www.martinvandereyt.be/voordelen_houtskeletbouw.php

Warmtegeleidingscoëfficiënt λ ,

<http://www.joostdevree.nl/shtmls/warmtegeleidingscoefficient.shtml>

Wat is Thermografie in het kort,

<http://ir-thermografie.nl/Thermografie.htm>

William Herschel,

<http://www.sterrenkunde.nl/index/encyclopedie/herschel.html>

William Herschel,

<http://www.volkssterrenwacht Orion.nl/>

Wikipedia Encyclopedie,

<http://wikipedia.nl>,

http://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic_camera,

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Infraroodcamera>,

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Warmtestraling>,

http://nl.wikipedia.org/wiki/William_Herschel,

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Warmte-isolatie>,

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Kyotonorm>,

<http://nl.wikipedia.org/wiki/U-waarde>,

http://nl.wikipedia.org/wiki/Thermische_geleidbaarheid,

http://nl.wikipedia.org/wiki/Thermische_weerstand,

<http://nl.wikipedia.org/wiki/K-peil>,

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Energieprestatieco%C3%ABffici%C3%ABnt>,

1.17 Besluit

Ons besluit van deze studie is dat we door dit eindwerk veel hebben kunnen bijleren in verband met infraroodtechnologie. Met behulp van begeleidende leerkrachten konden we uiteindelijk ons doel bereiken.

We doken de geschiedenis terug in met de proef van Herschel. We konden zelf te werk gaan met infraroodcamera's via het RTC. Infraroodmetingen leken toch niet zo eenvoudig te zijn. We werkten alle mogelijke toepassingen uit van thermografie. We hebben uiteindelijk onze infraroodmetingen kunnen linken aan een EPC, EPB en EAP.

We kunnen besluiten dat een studie zoals onze GP een grote meerwaarde is. Thermografie wordt in het heden meer en meer toegepast. Zeker nu de mensen steeds meer milieubewust zijn en willen gaan isoleren. Met dit eindwerk zijn we er zeker van dat we dit in de toekomst zeker nog zullen kunnen gebruiken.