

# Energiek Franeker

## Adviesrapport

Definitief



Hanzehogeschool Groningen

Faculteit SABC, opleiding bouwkunde

In opdracht van Kenniscentrum Noorderruimte

Auteurs: Kevin de Kroon, Frank Rozenberg, Nanne Talsma

Team 12

Groningen, 10-6-2014



## Adviesrapport

### Student

Kevin de Kroon  
360948  
Dwersfeart 8  
8401 BD Gorredijk  
06-22737419  
k.de.kroon@st.hanze.nl  
Bouwmanagement  
Specialisatie:  
Bouw & aannemersbedrijf

### Student

Frank Rozenberg  
342872  
Boellemaheerd 13  
9736 HA Groningen  
06-42151558  
f.rozenberg@st.hanze.nl  
Bouwtechniek  
Specialisatie:  
Herbestemming  
bestaand gebouw

### Student

Nanne Talsma  
371063  
J. Keuningstraat 4  
9103 NA Dokkum  
06-29187091  
n.talsma@st.hanze.nl  
Bouwtechniek  
Specialisatie:  
Herbestemming  
bestaand gebouw

### Opleiding

Academie van Architectuur,  
bouwkunde en civiel techniek  
Hanzehogeschool Groningen  
2013/2014

### Opdrachtgever

Kenniscentrum Noorderruimte  
Zernikeplein 11 A1.03  
9747 AS Groningen

### Project

Energiek  
Franeker

### Interne opdrachtgever

Maarten Vieveen  
06-20583398  
maarten@noorderruimte.nl

### Interne opdrachtgever

Tineke van der Schoor  
06-10235466  
tineke@noorderruimte.nl

### Externe opdrachtgever

Dick Tolsma  
06-43974686  
dick.tolsma@me.com

### Docentbegeleider afstuderen

Robert Ovbiagbonhia  
a.r.ovbiagbonhia@pl.hanze.nl

### Lezer

Irene de Jong  
i.s.de.jong@pl.hanze.nl



## Voorwoord

In het kader van het afstuderen aan de Hanzehogeschool Groningen, bij de opleiding bouwkunde van de Academie voor Architectuur, Bouwkunde en Civiele techniek is er in februari een onderzoek gestart met als doel het verlaging van het energieverbruik van monumentale panden in de binnenstad van Franeker. Dit onderzoek hebben wij uitgevoerd als junior medewerkers van Bureau Noorderruimte. Tijdens dit onderzoek zijn er in drie woningen opnames gedaan. Ook zijn de bewoners van deze panden geïnterviewd. Bij het opstellen van dit onderzoek hebben wij het genoegen gehad om meerdere partijen uit het werkveld, lectoren en onderzoekers van bureau Noorderruimte en docenten van de Hanzehogeschool Groningen te hebben kunnen benaderen. Allen hebben een belangrijke bijdrage geleverd bij het tot stand komen van dit afstudeerrapport. Daarom willen wij de volgende personen in het bijzonder bedanken:

### Bewoners van Franeker

|                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| Dhr. S. Kuijper   | Bewoner Eise Eisingastraat 17 |
| Dhr. R. Bruinsma  | Bewoner Zilverstraat 28       |
| Dhr. H.J. Haitsma | Bewoner Zilverstraat 39       |

### wERF

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Mevr. N. van Dorenmalen | Externe opdrachtgever |
| Mevr. A. van Reede      | Externe opdrachtgever |
| Dhr. D. Tolsma          | Externe opdrachtgever |

### Overheden

|                        |                                                            |
|------------------------|------------------------------------------------------------|
| Dhr. G Timmer          | Hûs en Hiem, Monumentale wetgeving                         |
| Dhr. G.J.M. van Sloten | Gemeente Franekeradeel,<br>Vergunningsverlening/handhaving |

### M3energie

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| Dhr. H. Klunder | Installatietechniek/energie |
|-----------------|-----------------------------|

### Bureau Noorderruimte

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Dhr. M.C. Vieveen       | Interne opdrachtgever |
| Mevr. T. van der Schoor | Interne opdrachtgever |

### Hanzehogeschool Groningen

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| Dhr. G. Ribberink      | Docent bouwfysica   |
| Dhr. M. Wester         | Docent bouwtechniek |
| Dhr. A.R. Ovbiagbonhia | Afstudeerbegeleider |
| Mevr. I.S. de Jong     | Afstudeerlezer      |

## Samenvatting

De aanleiding voor het onderzoek is verkregen vanuit het initiatief dat is opgezet door een aantal bewoners uit de binnenstad van Franeker. Het initiatief dat werkt onder de naam 'werkgroep energieke restauratie Franeker' hierna wERF genoemd, heeft zich als doel gesteld om Franeker een duurzamere uitstraling te geven. Het voornaamste doel van de werkgroep is een oplossing te zoeken voor de vele monumentale panden in de binnenstad en het probleem dat deze panden met zich meebrengen ten aanzien van het onderhouden en beheren van de panden. Veel van de oude monumentale panden verliezen veel van de opgewekte warmte aan de buitenlucht, waardoor de woningen veel fossiele brandstof verbruiken. Dit zorgt voor hoge kosten bij de gebruikers en een hoge belasting op het milieu. Dit probleem vraagt om een aanpassing van deze woningen om te komen tot een verbetering van de energieprestatie. De werkgroep is op zoek naar manieren om deze monumentale panden op een verantwoorde manier te restaureren, zonder het verlies aan monumentale waarde en daarbij het energieverbruik van de panden te verlagen. Voornamelijk het energieverbruik is, vanuit het oogpunt van de kosten en de belasting op het milieu, één van de speerpunten van wERF. In dit kader werkt wERF samen met bureau Noorderruimte. Voor wERF is er door bureau Noorderruimte een onderzoek opgesteld.

Op basis van een analyse van het probleem is de volgende doelstelling geformuleerd:

Het energieverbruik van monumentale panden in de binnenstad van Franeker verlagen. De oplossingen zowel in bouwkundige, installatietechnische en bouwfysische opzicht moeten afgestemd zijn op het gebruik en de gebruikers. Daarbij moet een energieprestatiecoëfficiënt van 0.6 worden nagestreefd. Dit heeft geleid tot de volgende hoofdvraag:

*"Hoe kan het energiegebruik van de monumentale panden aan de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 39 in de binnenstad van Franeker worden verlaagd tot een energieprestatiecoëfficiënt van 0,6 met waarborging van de monumentale waarde?"*

Het onderzoek is grofweg op te delen in drie fasen. Dit zijn de theoretische fase, de probleemfase en de ontwerpfase. De theoretische fase van dit onderzoek bevat hoofdzakelijk het vooronderzoek. Tijdens dit vooronderzoek is er hoofdzakelijk een literatuuronderzoek gedaan met als doel een beter begrip te krijgen van het probleem en de daarmee samenhangende factoren. Op basis van deze factoren is er in het vooronderzoek gekeken naar de monumentale regelgeving, energiehuishouding, thermografie, behaaglijkheid, comfort, het programma Vabi Elements en het gebruik van de EPC. Daarnaast is er gekeken naar de invloeden van bouwkundige achtergronden zoals vocht en ventilatie. Na het analyseren van de verkregen informatie is deze aangewend voor het invullen van de stappen in de daarop volgende fase, de probleemfase.

De probleefase is aangevangen met een thermografisch onderzoek. Dit onderzoek heeft naast het verkrijgen van onderzoeksgegevens tevens gediend als selectie middel voor de cases die onderzocht zijn tijdens het onderzoek. Op basis van de selectie is er gekeken naar drie panden. Dit zijn de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 38. Deze panden zijn door middel van een technische opname in kaart gebracht. Nadat dit heeft plaatsgevonden, is er een analyse gemaakt van de energietransmissie. Dit is gebeurd met het programma Vabi Elements. Ook is dit model gecontroleerd met de theorie. Daarnaast is het programma Enorm gebruikt om data te analyseren. Hiermee is de EPC berekend. Hieruit zijn conclusies getrokken. Tot slot hebben er ook interviews met de bewoners plaatsgevonden. Aan de hand hiervan kan het gedrag van de bewoner en het gebruik van de woning geanalyseerd worden.

Na deze fase is er overgegaan op de oplossingsfase. In deze fase is er gekeken naar de panden aan de Eise Eisingastraat 17 en de Zilverstraat 28. Er is geïnventariseerd door welke aanpassingen het energieverlies beperkt kan worden. Dit wordt gedaan door middel van de aanpassingen te modeleren in Vabi Elements en Enorm. Op basis van de losse maatregelen is een pakket van oplossingen samengesteld waarin de verschillende maatregelen op een zo efficiënt mogelijke wijze zijn gecombineerd. Per pand is zo een totaaloplossing gepresenteerd en uitgedrukt in een totaal besparing en een uiteindelijke EPC waarde.

### Oplossingen

In de oplossingfase is er enkel gekeken naar de panden aan de Eise Eisingastraat 17 en de Zilverstraat 28. De woning aan de Zilverstraat 39 is in dit deel niet betrokken omdat aan dit pand al maatregel waren getroffen voor het verbeteren van de energieprestatie.

Voor de twee geselecteerde panden is er gekeken naar de mogelijke aanpassingen waardoor het energieverlies beperkt wordt. Daarnaast is meegewogen of deze aanpassingen een verbetering van het comfort kunnen zijn en is er bepaald of de maatregel financieel rendabel is. In alle aanpassingen zijn de gebruikerswensen meegewogen, het behoud van de monumentale waarde en de bouwkundige toepasbaarheid.

Vanuit de opnamen en de analyse zijn de volgende aanpassingen nader bekeken: het isoleren van de zoldervloer, het hellend dak isoleren, de dichte geveldelen te isoleren, het enkel en dubbel glas te vervangen, een serre aan te bouwen, de infiltratie te verminderen, een zonneboiler te plaatsen, een pelletkachel, een douche WTW te plaatsen en de CV te verplaatsen.

De genoemde oplossingen zorgen allemaal voor een besparing van energie. Deze besparing is berekend in Vabi Elements. Deze data zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn alleen de bouwkundige ingrepen gemodelleerd.

| Energiebesparing           |                       |                 |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|
| Aanpassing                 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
| Isoleren zoldervloer       | 6,3 kW/s              | 12,8 kW/s       |
| Hellend dak isoleren       | 1,4 kW/s              | 8,7 kW/s        |
| Dichte geveldelen isoleren | 2,3 kW/s              | 0,5 kW/s        |
| Vervangen dubbel glas      | 0,7 kW/s              | -               |
| Vervangen enkel glas       | 2,1 kW/s              | 1,7 kW/s        |
| Enkel glas met voorzetglas | 2,0 kW/s              | 1,7 kW/s        |
| Serre aanbouw              | -                     | 2,8 kW/s        |
| Infiltratie verminderen    | 5,4 kW/s              | 6,4 kW/s        |

#### Gekozen oplossing Eise Eisingastraat 17

Er is voor de Eise Eisingastraat 17 gekozen om de zoldervloer te isoleren, de infiltratie te verlagen en het enkel- en dubbel glas te vervangen. Daarnaast wordt de CV ketel verplaatst van de zolder naar de 1<sup>e</sup> verdieping boven de keuken. Hieronder wordt de keuze nader toegelicht.

| Eise Eisingastraat 17   |                    |                  |                 |                  |
|-------------------------|--------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Maatregel               | Investeringskosten | Energiebesparing | Gasbesparing    | Terugverdientijd |
| Isoleren zoldervloer    | €3.523             | 6,3 kW/s         | 589 m3          | 9,2 jaar         |
| Infiltratie verlagen    | €818               | 5,4 kW/s         | 505 m3          | 2,5 jaar         |
| Vervangen dubbel glas   | €1.593             | 0,7 kW/s         | 215 m3          | 24,3 jaar        |
| Vervangen enkel glas    | €3.393             | 2,1 kW/s         | 65 m3           | 37,4 jaar        |
| <b>Totale Oplossing</b> | <b>€9.327</b>      | <b>14,5 kW/s</b> | <b>1.375 m3</b> | <b>10,4 jaar</b> |

Bij het isoleren van de zoldervloer wordt de monumentale waarde niet aangetast, deze constructie is demonteerbaar. Door de infiltratie rondom gevelopeningen te verlagen wordt de luchtdichtheid van het pand verbeterd waarbij ook het comfort aanzienlijk verbeterd wordt. Het gevelbeeld wordt met deze oplossing niet aangetast. Door het vervangen van het oude dubbel glas door HR++ glas en het enkel glas door restauratieglas treedt er een comfortverbetering op. Door het verplaatsen van de CV ketel wordt de afstand tot de tappunten verkleind. Hierdoor gaat er minder energie verloren. Daarnaast kunnen er dunnere leidingen toegepast worden. Deze maatregel heeft een positieve invloed op EPC.



### Gekozen oplossing Zilverstraat 28

Er is voor de Zilverstraat 28 gekozen om de zoldervloer te isoleren, de infiltratie te verlagen en het enkel glas te vervangen. Met deze opties wordt een goede energieprestatie gehaald. Hieronder wordt de keuze nader toegelicht.

| Zilverstraat 28         |                    |                  |                           |                  |
|-------------------------|--------------------|------------------|---------------------------|------------------|
| Maatregel               | Investeringskosten | Energiebesparing | Gasbesparing              | Terugverdientijd |
| Isoleren zoldervloer    | €3.625             | 12,8 kW/s        | 1.197m <sup>3</sup>       | 4,7 jaar         |
| Infiltratie verlagen    | €1.012             | 6,4 kW/s         | 636 m <sup>3</sup>        | 2,5 jaar         |
| Vervangen enkel glas    | €1.923             | 1,7 kW/s         | 159m <sup>3</sup>         | 18,6 jaar        |
| <b>Totale Oplossing</b> | <b>€6.559</b>      | <b>20,9 kW/s</b> | <b>1.992m<sup>3</sup></b> | <b>5,1 jaar</b>  |

Er is gekozen voor het isoleren van de zoldervloer omdat deze t.o.v. andere oplossingen het energieverbruik van de woning het meest reduceert. De monumentale waarde wordt bij deze bouwkundige ingreep niet aangetast, daarbij is de constructie demonteerbaar. Door de infiltratie rondom gevelopeningen te verlagen wordt de luchtdichtheid van het pand verbeterd. Het gevelbeeld wordt met deze oplossing niet aangetast. Door het vervangen van het enkel glas voor restauratie glas in de achtergevel wordt het binnenklimaat aanzienlijk verbeterd



## Begrippenlijst

| Begrip                        | Eenheid/<br>symbool | Omschrijving                                                                                                                                                      |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Resistance constructie</b> | Rc-<br>waarde       | Warmteweerstand van een bepaalde constructie of materiaal.                                                                                                        |
| <b>Resistance lucht</b>       | RL                  | Warmteweerstand van een constructie plus de lucht overgangsweerstand van binnen en buiten.                                                                        |
| <b>Infrarood</b>              | IR                  | Warmtestraling van licht voorbij de rode kant van het zichtbare spectrum. Dit licht wordt gekenmerkt door een grotere golflengte dan zichtbaar licht.             |
| <b>Emissie</b>                |                     | het uitzenden van straling en/of deeltjes                                                                                                                         |
| <b>Spouwmuur</b>              |                     | Een muur die uit twee (evenwijdige) delen bestaat, ook wel buiten- en binnenblad genoemd. De open tussen ruimte daarvan wordt de spouw genoemd.                   |
| <b>Ventilatie</b>             |                     | Luchtverversing, het vervangen van de lucht in een bepaalde ruimte.                                                                                               |
| <b>Relatieve vochtigheid</b>  | RV                  | Geeft aan hoeveel vocht de lucht bevat, uitgedrukt in een percentage.                                                                                             |
| <b>U-waarde</b>               | U                   | De hoeveelheid warmte die per seconde, per m <sup>2</sup> en per graad temperatuursverschil die door de constructie doorgelaten wordt.                            |
| <b>Kilowatt</b>               | kW                  | Een kilowattuur is gelijk aan 3600.000 J                                                                                                                          |
| <b>Joule</b>                  | J                   | Internationale eenheid voor energie, een joule is de energie die nodig is om een object te verplaatsen met een kracht van 1 newton over de afstand van één meter. |
| <b>Hoog rendement glas</b>    | HR                  | Dubbel glas die op een bepaalde afstand van elkaar luchtdicht met elkaar zijn verbonden zodat een isolerende ruimte tussen de spouw ontstaat.                     |
| <b>Qv;10</b>                  |                     | De luchtdoorlatendheid / luchtvolumestroom van een gebouw dat wordt doorgelaten bij een drukverschil van 10 PA.                                                   |
| <b>CBS</b>                    |                     | Centraal bureau voor de statistiek                                                                                                                                |
| <b>HSB</b>                    |                     | Hout skelet bouw                                                                                                                                                  |
| <b>Pascal</b>                 | PA                  | De druk die een kracht van 1 Newton uitoefent op 1 m <sup>2</sup> .                                                                                               |

| Inhoudsopgave                        | Pagina |
|--------------------------------------|--------|
| VOORWOORD.....                       | 2      |
| SAMENVATTING .....                   | 3      |
| BEGRIPPENLIJST.....                  | 7      |
| 1. INLEIDING .....                   | 11     |
| 2. AANLEIDING .....                  | 12     |
| 3. PROBLEEMSTELLING.....             | 13     |
| 4. DOELSTELLING .....                | 14     |
| 4.1 Doelstelling.....                | 14     |
| 4.2 Onderzoeksvragen .....           | 14     |
| 4.2.1 Hoofdvraag.....                | 14     |
| 4.2.2 Deelvragen .....               | 14     |
| 5. ONDERZOEKSOPZET .....             | 15     |
| FASE 1: THEORIEFASE .....            | 17     |
| 6. VOORONDERZOEK.....                | 17     |
| 6.1 Inleiding.....                   | 17     |
| 6.2 Monumenten regelgeving.....      | 17     |
| 6.3 Energieverbruik .....            | 18     |
| 6.4 Behaaglijkheid .....             | 20     |
| 6.5 Energieprestatie .....           | 21     |
| 6.6 Warmteverlies.....               | 22     |
| 6.7 Bouwkundige achtergronden.....   | 23     |
| FASE 2: PROBLEEMFASE .....           | 26     |
| 7. OPNAME.....                       | 26     |
| 7.1 Inleiding.....                   | 26     |
| 7.2 Selectie case studies.....       | 26     |
| 7.3 Thermografische analyse .....    | 27     |
| 7.4 Bouwkundige opname .....         | 29     |
| 7.4.1 Gebouwomschrijving.....        | 29     |
| 7.4.2 Omhulling .....                | 31     |
| 7.4.3 Ventilatie en infiltratie..... | 33     |
| 7.4.4 Installatietechnisch.....      | 34     |

|                           |                                                    |    |
|---------------------------|----------------------------------------------------|----|
| 7.4.5                     | Huidig energieverbruik .....                       | 34 |
| 7.5                       | Interview bewoners .....                           | 35 |
| 7.6                       | Modelleren gegevens .....                          | 36 |
| 7.6.1                     | Omhuiling .....                                    | 36 |
| 7.6.2                     | Ventilatie & infiltratie .....                     | 36 |
| 7.6.3                     | Installatietechnisch .....                         | 37 |
| 7.6.4                     | Basismodel Vabi Elements .....                     | 37 |
| 7.6.5                     | Basismodel EPC .....                               | 38 |
| 7.7                       | Conclusie .....                                    | 38 |
| FASE 3: ONTWERPFASE ..... |                                                    | 39 |
| 8.                        | VERGELIJKING ENERGIEMAATREGELEN .....              | 39 |
| 8.1                       | Inleiding .....                                    | 39 |
| 8.2                       | Zoldervloer .....                                  | 40 |
| 8.3                       | Hellend dak .....                                  | 42 |
| 8.4                       | Dichte geveldelen .....                            | 43 |
| 8.5                       | Gevelopeningen .....                               | 44 |
| 8.6                       | Serre .....                                        | 46 |
| 8.7                       | Infiltratie verlagen .....                         | 47 |
| 8.8                       | Pelletkachel .....                                 | 48 |
| 8.9                       | Zonneboiler .....                                  | 48 |
| 8.10                      | Douche WTW .....                                   | 49 |
| 8.11                      | Verplaatsen CV .....                               | 49 |
| 8.12                      | Conclusie .....                                    | 50 |
| 8.13                      | Beoordeling maatregelen .....                      | 52 |
| 8.14                      | conclusie .....                                    | 55 |
| 9.                        | AANBEVELINGEN .....                                | 56 |
| 9.1                       | Inleiding .....                                    | 56 |
| 9.2                       | Gekozen oplossing voor Eise Eisingastraat 17 ..... | 56 |
| 9.3                       | Gekozen oplossing voor Zilverstraat 28 .....       | 59 |
| 9.4                       | Afgevallen opties .....                            | 61 |
| 9.5                       | Invloed energieprestatiecoëfficiënt .....          | 61 |
| 9.6                       | Conclusie .....                                    | 62 |

|      |                                        |    |
|------|----------------------------------------|----|
| 10.  | DISCUSSIE .....                        | 63 |
| 10.1 | Behalen doelstelling .....             | 63 |
| 10.2 | Goede punten.....                      | 63 |
| 10.3 | Aandachtpunten.....                    | 64 |
| 10.4 | Vervolgonderzoek .....                 | 64 |
|      | LITERATUURLIJST / BRONVERMELDING ..... | 65 |
|      | BIJLAGEN .....                         | 67 |

#### **Bijlagen**

- I Procesrapport
- II Vooronderzoek
- III Opname rapport
- IV Variant uitwerkingen
- V Bouwkundige uitwerkingen



## 1. Inleiding

In het kader van het afstuderen aan de Hanzehogeschool in Groningen, bij de opleiding Bouwkunde is vanaf februari 2014 gewerkt aan het onderzoek naar de energieke restauratie van de binnenstad van Franeker.

De binnenstad van Franeker is sinds 21 februari 1979 een beschermd rijksstadsgesicht. In de binnenstad bevinden zich veel monumentale panden die vanwege hun cultuurhistorische waarde beschermd worden door de Monumentenwet 1988. Deze wet zorgt ervoor dat het Nederlandse erfgoed in stand wordt gehouden. De monumentale panden voldoen vaak niet meer aan de comfort eisen van de huidige gebruikers ten aanzien van behaaglijkheid. Na de oliecrisis van 1973 en 1979 werden gebouwen beter geïsoleerd. Monumentale panden zijn echter nog vaak matig geïsoleerd ten opzichte van de huidige normen. Gebruikers van monumentale panden worden hierdoor geconfronteerd met een hoog energieverbruik. Het verwarmen van slecht geïsoleerde panden vraagt veel energie, wat voor hoge exploitatiekosten zorgt. Door de hoge kosten voor energie en onderhoud voor deze monumentale panden maakt dit het lastig om deze panden rendabel te houden.

Door middel van energetische maatregelen wordt er getracht het energieverbruik te verlagen. Ideaal zou zijn om de monumentale panden energie neutraal te krijgen. Dit is een te ambitieuze doelstelling. De kern van dit onderzoek draait om het vinden van een afgewogen oplossing voor het verbeteren van de energieprestatie van de woningen in de binnenstad zonder daarbij de monumentale waarde aan te tasten en tevens het comfort in de woningen te verbeteren.

In dit rapport wordt een omschrijving gedaan van de aanleiding, probleemstelling en de doelstelling. Vervolgens wordt er ingegaan op de onderzoeksopzet. Deze wordt gevolgd door een uitwerking van het vooronderzoek. Hierna wordt er ingegaan op de opname. Op basis hiervan worden de varianten toegelicht. Vervolgens zullen de voorgestelde oplossingen worden toegelicht. De conclusies en aanbevelingen zullen aan het eind van dit rapport behandeld worden.



## 2. Aanleiding

De aanleiding voor het onderzoek is verkregen vanuit het initiatief dat is opgezet door een aantal bewoners uit de binnenstad van Franeker. Het initiatief dat werkt onder de naam 'werkgroep energieke restauratie Franeker' hierna wERF genoemd, heeft zich als doel gesteld om Franeker een duurzamere uitstraling te geven. Het voornaamste doel van de werkgroep is een oplossing te zoeken voor de vele monumentale panden in de binnenstad en de problemen die deze panden met zich meebrengen ten aanzien van het onderhouden en beheren van de panden. De werkgroep is op zoek naar manieren om deze monumentale panden op een verantwoorde manier te restaureren, zonder het verlies aan monumentale waarde en daarbij het energieverbruik van de panden te verlagen. Voornamelijk het energieverbruik is, vanuit het oogpunt van de kosten en de belasting op het milieu, een van de speerpunten van wERF.

Om een invulling te geven aan het initiatief van Werf is er contact gezocht met kenniscentrum Noorderruimte als onderdeel van de Hanzehogeschool Groningen. Dit is de eerste aanleiding geweest voor de realisatie van dit rapport en het bijbehorende onderzoek.

### 3. Probleemstelling

Veel van de oude monumentale panden in de binnenstad van Franeker verliezen veel van de opgewekte warmte aan de buitenlucht, waardoor de woningen veel fossiele brandstof verbruiken. Dit zorgt voor hoge kosten bij de gebruikers en een hoge belasting op het milieu. Dit probleem vraagt om een aanpassing van deze woningen om te komen tot een verbetering van de energieprestatie. Doordat het oude monumentale panden betreffen, is het lastig dit samen te brengen met een goede energieprestatie. Deze twee begrippen kunnen met elkaar conflicteren. De monumentale elementen in deze panden en het beschermde aanzicht bemoeilijken veel van de voorhanden zijnde technische oplossingen.

De grootste uitdaging is de wijze waarop de panden dienen te worden aangepast waarbij het energieverbruik verbeterd wordt en de kosten voor het verwarmen van de woning worden verlaagd, waarbij de monumentale waarde niet wordt aangetast.

## 4. Doelstelling

### 4.1 Doelstelling

De aanleiding en probleemstelling zijn aanzet geweest voor het formuleren van de doelstelling van het onderzoek. De doelstelling geeft in een paar zinnen weer wat de essentie is van het te onderzoeken probleem en welke oplossing er verwacht mag worden.

Op basis van een analyse van het probleem is de volgende doelstelling geformuleerd:

Het energieverbruik van monumentale panden in de binnenstad van Franeker verlagen. De oplossingen moeten zowel in bouwkundige, installatietechnische en bouwfysische opzicht afgestemd zijn op het gebruik en de gebruikers. Daarbij moet een energieprestatiecoëfficiënt van 0.6 worden nagestreefd.

### 4.2 Onderzoeksvragen

Na het vaststellen van de probleemstelling is deze vertaald naar werkbare begrippen die in het onderzoek als vertrekpunt gebruikt kunnen worden. De essentie van het onderzoek is daarom geformuleerd in een hoofdvraag en de daarbij behorende deelvragen.

#### 4.2.1 Hoofdvraag

*“Hoe kan het energiegebruik van de monumentale panden aan de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 39 in de binnenstad van Franeker worden verlaagd tot een energieprestatiecoëfficiënt van 0,6 met waarborging van de monumentale waarde?”*

#### 4.2.2 Deelvragen

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden moet deze worden opgedeeld in verschillende deelgebieden die samen het probleem omvatten. Daarvoor zijn vanuit de hoofdvraag de volgende deelvragen geformuleerd.

- Hoe is de huidige situatie van de panden aan de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 39 in zowel bouwkundig, bouwfysisch en installatietechnisch opzicht?
- Wat is het huidige energieverbruik van deze panden?
- Welke bouwkundige, bouwfysische en installatietechnische maatregelen zijn er mogelijk om het energieverbruik op een zo duurzaam mogelijke manier te verminderen?
- Welke energiebesparing wordt er met de maatregelen behaald en welke energieprestatiecoëfficiënt is hierbij te realiseren?
- Hoe gebruiken de bewoners deze panden?
- Wat zijn de gevolgen van de voorgestelde maatregelen op de monumentale waarde van deze panden?
- Wat zijn de financiële consequenties van de voorgestelde maatregelen?

## 5. Onderzoeksopzet

Na het vaststellen van de aanleiding, probleemstelling en doelstelling kan er een onderzoeksopzet gemaakt worden. Deze onderzoeksopzet is gemaakt op basis van de gestelde hoofdvraag en deelvragen in het vorige hoofdstuk. Het onderzoek is grofweg op te delen in drie onderdelen. Dit zijn de theoretische fase (het vooronderzoek), de probleefase en de ontwerpfase.

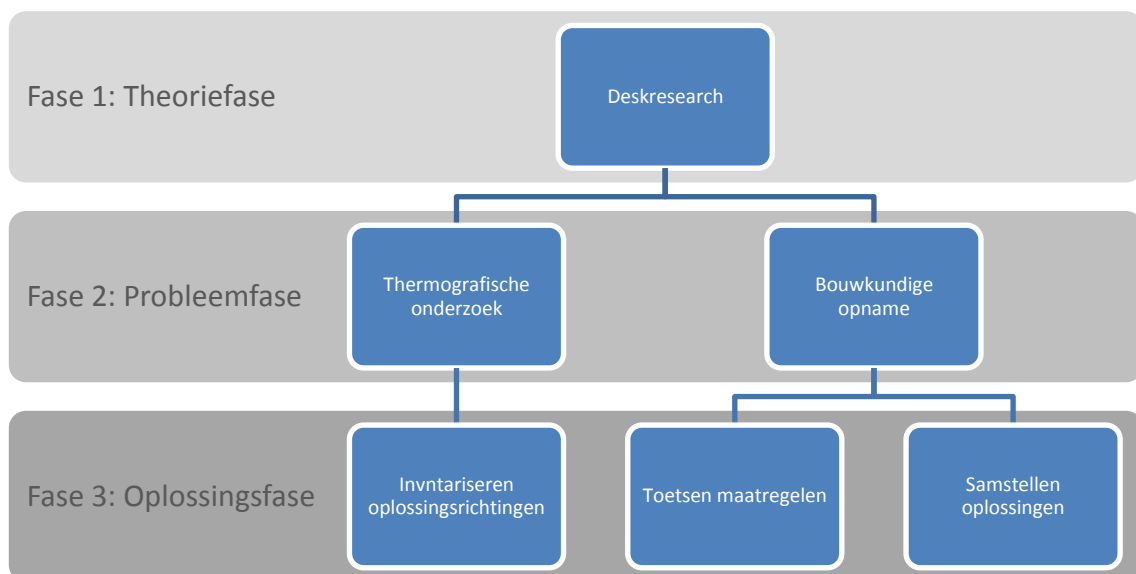
De theoretische fase van dit onderzoek bevat hoofdzakelijk het vooronderzoek. Tijdens dit vooronderzoek zal er vooral literatuuronderzoek gedaan worden. Ook is hiervoor een specialist geraadpleegd van Hûs en Hiem. Er zal bij het vooronderzoek gekeken worden naar de monumentale regelgeving, energiehuishouding, thermografie, behaaglijkheid, comfort, het programma Vabi Elements en het gebruik van de EPC. Daarnaast zal er gekeken worden naar de invloeden van bouwkundige achtergronden zoals vocht en ventilatie. Nadat deze data geanalyseerd zijn zullen hieruit conclusies getrokken worden voor dit onderzoek.

Tijdens de probleefase vindt de opname plaats. Dit gebeurt door middel van een bouwkundige opname. Daarnaast zijn er interviews afgenomen met de bewoners. Om een goed beeld te krijgen, is van de Eise Eisingastraat, Froonacker en van deels de Zilverstraat een thermografische opname gedaan van de voorgevels van de panden. Dit geeft inzicht in het energieverlies van de panden in deze straat. Deze beelden zijn geanalyseerd en met elkaar vergeleken. Hieruit zullen een aantal gelijkenissen naar voren komen.

Vervolgens zal er worden gekeken naar drie panden. Dit zijn de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 38. Deze panden zijn door middel van een technische opname in kaart gebracht. Nadat dit heeft plaatsgevonden is er een analyse gemaakt van de energietransmissie. Dit is gebeurd met het programma Vabi Elements. Ook is dit model gecontroleerd met de theorie. Daarnaast wordt het programma Enorm gebruikt om data te analyseren. Hiermee is de EPC berekend. Hieruit zijn conclusies getrokken.

Naast het uitvoeren van de technische opname hebben er ook interviews met de bewoners plaatsgevonden. Aan de hand hiervan kan het gedrag van de bewoner en het gebruik van de woning geanalyseerd worden.

Na deze fase is er overgegaan op de oplossingsfase. In deze fase zal er gekeken worden naar de panden aan de Eise Eisingastraat 17 en de Zilverstraat 28. Er is gekeken naar de mogelijke aanpassingen waardoor het energieverlies beperkt wordt. Dit wordt gedaan door middel van de aanpassingen te modeleren in Vabi Elements en Enorm. Met Vabi Elements kan geanalyseerd worden wat de vermindering is in het energieverlies. Met Enorm kan geanalyseerd worden welke effecten de voorgestelde maatregelen hebben op de EPC waarde. Op basis van de losse maatregelen is een pakket van oplossingen samengesteld waarin de verschillende maatregelen op een zo efficiënt mogelijke wijze zijn gecombineerd. Per pand is zo een totaaloplossing gepresenteerd en uitgedrukt in een totaal besparing en een uiteindelijke EPC waarde. In onderstaand schema is de onderzoeksopzet weergegeven op hoofdlijnen.



## Fase 1: Theoriefase

### 6. Vooronderzoek

#### 6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk omschrijft de zaken die aan bod zijn gekomen om tot een beter begrip te komen van het probleem. Grotendeels is deze informatie verkregen vanuit deskresearch.

De theoriefase bestaat uit het vaststellen van de verschillende theoretische achtergronden die voor het onderzoek van belang zijn. Feitelijk gezien beslaat deze fase alle stappen zoals die in een vooronderzoek gebruikelijk zijn. Het doel van een vooronderzoek is het verzamelen van alle relevante informatie die betrekking heeft op het onderzoek Energiek Franeker. De gegevens worden gebruikt om in de volgende fase de juiste uitgangspunten vast te stellen.

De gegevens worden verzameld door middel van een deskresearch. Bij deskresearch worden bronnen als internet, rapporten en literatuur gebruikt. De geraadpleegde bronnen zullen worden benoemd in de van toepassing zijnde stukken.

#### 6.2 Monumenten regelgeving

Een van de kernpunten van het onderzoek is de monumentale status die de te onderzoeken panden hebben. Door de monumentale waarde ontstaan er problemen ten aanzien van het energiegebruik en oplossingen die ook met minder gemak in te passen zijn in de woningen. Belangrijk is dan ook om te achterhalen hoe de wetgeving op monumenten van invloed is op de verlaging van het energieverbruik. Ook geeft deze wetgeving aan welke benodigde ingrepen in de woning mogelijk zijn.

Een monument is een gebouw met cultuurhistorische of wetenschappelijke waarde. Uit het monumentenregister van de Rijksdienst voor het cultureel erfgoed blijkt dat de stad Franeker 180 inschrijvingen telt die onder de monumentenwet 1988 vallen. (Vooronderzoek, 2014)

Op de website [rijksoverheid.nl](http://rijksoverheid.nl) is het mogelijk om de monumentenwet 1988 digitaal in te zien. Hieruit blijkt dat volgens artikel 11:

1. Het is verboden een beschermd monument te beschadigen of te vernielen.
2. Het is verboden zonder of in afwijking van een vergunning:
  - A. een beschermd archeologisch monument te slopen, te verstoren, te verplaatsen of in enig opzicht te wijzigen;
  - B. een beschermd archeologisch monument te herstellen, te gebruiken of te laten gebruiken op een wijze, waardoor het wordt ontsierd of in gevaar gebracht.

Op dezelfde website is het document “Vergunningsvrij voor professioneels” te vinden welke inzicht geeft in activiteiten of werkzaamheden waarvoor een vergunning vereist is en welke vergunningsvrij zijn. Met het aanvragen van een vergunning wordt een aanvraag in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) bedoeld. Samengevat zijn de volgende activiteiten vergunningsvrij; onderhoud aan monumenten, bouwen in, aan op of bij een monument en voor bepaalde activiteiten op de achter/zijgevel is geen vergunning voor nodig

Uit de monumentenwet 1988 kan geconcludeerd worden dat bouwkundige ingrepen die de monumentale waarde aantasten niet uitgevoerd mogen worden. Het aanvragen van een Wabo vergunning hangt van de aard van de ingreep af. Of deze de monumentale waarde aantast wordt in de meeste gevallen bepaald door een adviserend orgaan zoals de welstandscommissie. Duidelijk is dat de meeste vrijheid voor vergunningsvrij bouwen betrekking heeft op aanpassingen aan de achtergevel van een pand. (rijksoverheid, 2014)

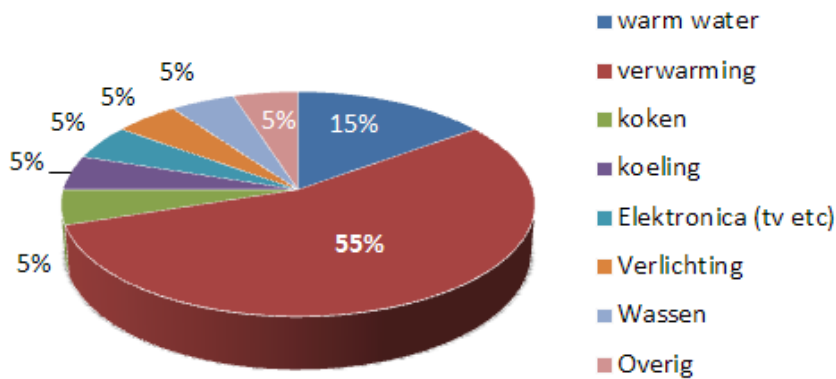
### 6.3 Energieverbruik

Energieverbruik en de reductie ervan is het centrale onderwerp van het onderzoek Energiek Franeker. Het is van groot belang om de definitie van energie en energieverbruik in een woning vast te stellen.

#### Energieverbruik in woningen

Elk gebouw gebruikt energie om een behaaglijk en comfortabel binnenklimaat te creëren. Hierbij moet worden gestreefd naar evenwicht tussen de comforteisen van de gebruiker en het energieverbruik dat dit met zich meebrengt. De meeste panden in de binnenstad van Franeker hebben een woon- of winkelfunctie. In het kader van het onderwerp energieverbruik in woningen is theoretisch onderzocht hoe dit verbruik is opgebouwd voor een standaard huishouding. Hieruit zullen de volgende zaken naar voren komen: de componenten waaruit het energieverbruik is opgebouwd, de grootte van de energieposten, de energiebronnen die daarvoor worden aangewend en de invloed van de gezinssamenstelling op het verbruik.

De verdeling van het energieverbruik hangt sterk samen met de functie van het gebouw. Bij woningen zijn verwarming en warm water de grootste energieposten. Zie afbeelding voor een totaal overzicht. (Jellema 6b, 2005)



Figuur 1 Verdeling energieverbruik woonfunctie (brand, 2014)

### Energiebronnen

Ongeveer de helft van de gebruikte energie in Nederland komt van aardgas. Nederland verbruikt in vergelijking met omringende landen veel gas. Dit komt omdat in het begin van de jaren '60 een groot aardgasveld in Groningen, het Groningenveld, ontdekt is. De meeste Nederlandse huishoudens hebben een gasaansluiting en voor het grootste deel van de elektriciteitsproductie wordt aardgas gebruikt. Daarmee is aardgas de belangrijkste energiebron van Nederland. Met het gas wordt een woning verwarmd en voorzien van warmtapwater en elektriciteit.

Gas als energiebron heeft drie voordelen, het is een "schone" fossiele brandstof die redelijk goedkoop is. Gas in combinatie met hernieuwbare energie (wind & zon) passen goed bij elkaar. Dat laatste heeft pieken en dalen. Gascentrales zijn bij uitstek geschikt om gas en elektriciteit te leveren om dalen op te vangen. (rijksoverheid, 2014)

Het energieverbruik wordt ook beïnvloed door de grootte van de huishoudens. Hoe meer mensen in een huishouden hoe groter de energiebehoefte is (meer energie voor warmwatergebruik en ruimten die verwarmd en verlicht moeten worden). Volgens het Centraal bureau voor de statistiek is de gemiddelde huishouding in Nederland in 2013 2,19 per woning, zie tabel hieronder.

| 1975 | 2000 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|------|------|------|------|------|------|
| 2,92 | 2,30 | 2,22 | 2,21 | 2,20 | 2,19 |

(CBS, 2014)



## 6.4 Behaaglijkheid

Uit het vooronderzoek is naar voren gekomen dat het energieverbruik in grote mate samenhangt met de behaaglijkheid die de mens wil ervaren tijdens het verblijven in de woning. Het creëren van een omgeving met een aangename constante temperatuur met daarin voldoende frisse lucht. Een deel van het vooronderzoek heeft zich hier dan ook op gericht.

### Factoren

De behaaglijkheid is te invloeden door factoren zoals, warmteproductie mens (metabolisme), luchttemperatuur, kledingweerstand, relatieve vochtigheid en lichtsnelheid. In de jaren '70 is het behaaglijkheid model van Fanger ontwikkeld. Dit model is onderzocht omdat het goed inzicht geeft in de verschillende factoren waaruit behaaglijkheid is opgebouwd. (Bouwfysica, 2006)

Het model van Fanger wordt vertaald naar een vergelijking, PMV (Predicted Mean Vote). De PMV wordt uitgedrukt in een schaalverdeling van de behaaglijkheid van -2 tot 2. Waarbij 0 de ontwerpwaarde is waarbij ongeveer 5% van de mensen het klimaat toch te koel of warm ervaart, ofwel PPD (predicted percentage dissatisfied). Bij een PMV van +0,5 vindt circa 10% het te warm en bij een PMV van +0,8 vind 20% het te warm.

- 0 PMV is de waarde waarbij mensen het minst hinder ondervinden.
- +/- 0,5 PMV zou de temperatuur bij voorkeur 90% van de tijd blijven.
- +/- 0,8 PMV zou alleen incidenteel mogen overschrijden.

Fanger houdt rekening mee met het wijzigen van individuele kledingstukken (aan- uittrekken van kleding) van een persoon. Deze aanpassing kan +/- 0,3 clo (kleding warmteweerstand; 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> x K/W) bedragen. Voor een behaaglijk binnenklimaat worden de onderwerpen luchttemperatuur, relatief vochtigheid en ventilatiesnelheid behandeld.

Er kan geconcludeerd worden dat een theoretisch behaaglijk binnenklimaat afhankelijk is van de drie onderstaande elementen:

### *Relatieve luchtvochtigheid*

Luchtvochtigheid kan als volgt beoordeeld worden.

- 40 tot 60% voor een optimaal comfort.
- 30 tot 70% voor een goed comfort.
- Ondergrens is 30% en bovengrens is 70%, het overschrijden van deze waardes wordt als oncomfortabel ondervonden (< 30% = te droog, 70% < = te vochtig).

### *Luchttemperatuur*

De binnentemperatuur moet zich bevinden tussen de 19°C en 24°C om als behaaglijk te worden ervaren. Opvallend is dat bij elke activiteitsklasse de gewenste luchttemperatuur in de zomerperiode een paar graden hoger ligt dan in de winterperiode.

### *Luchtsnelheid*

De luchtsnelheid is afhankelijk van de aanwezige temperatuur. Algemeen kan gesteld worden dat bij het ventileren de luchtsnelheid niet hoger moet zijn dan 0,2 [m/s] om tocht hinder te voorkomen.

### *Discussiepunten*

Het blijkt dat de comforttemperatuur in de praktijk voor natuurlijk geventileerde gebouwen sterker meebeweegt met de buitentemperatuur dan dat verklaard wordt met het PMV-model van Fanger. Ook als je rekening houdt met het aanpassen van kledingweerstand of de luchtsnelheid vergroot in vertrekken met een hogere temperatuur zegt ongeveer de helft van de proefpersonen het verschil te hebben waargenomen. De andere helft lijkt te maken te hebben met de psychologische aanpassing aan een binnenklimaat dat het buitenklimaat sterker volgt dan in een geklimatiseerd gebouw. De recente thermische geschiedenis die een persoon heeft ondergaan speelt een rol met de verwachtingen die een gebruiker heeft van zijn gebouw. (Bouwfysica, 2006)

## 6.5 Energieprestatie

Een gunstig energieverbruik vertaalt zich direct in een goede energieprestatie van de woning als geheel. Voor het onderzoek is het van belang om hier een analyse van te maken. Om een vergelijk te kunnen trekken tussen de huidige situatie met een hoog energieverbruik en de situatie met een verbeterd energieverbruik. Om de energieprestatie van een gebouw te meten zal een hulpmiddel gebruikt moeten worden. Voor dit onderzoek wordt als hulpmiddel de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) gebruikt. Binnen de EPC wordt de energetische prestatie van een gebouw vertaald naar een score. Deze score laat zich vervolgens ook weer uitdrukken in een label. Deze verdeling is weergegeven in onderstaande figuur.

|               | zeer zuinig    |               |               |               |               | zeer onzuinig |               |               |              |
|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>Label:</b> | <b>A++</b>     | <b>A+</b>     | <b>A</b>      | <b>B</b>      | <b>C</b>      | <b>D</b>      | <b>E</b>      | <b>F</b>      | <b>G</b>     |
| <b>EI:</b>    | 0,50 of minder | 0,51 t/m 0,70 | 0,71 t/m 1,05 | 1,06 t/m 1,30 | 1,31 t/m 1,60 | 1,61 t/m 2,00 | 2,01 t/m 2,40 | 2,41 t/m 2,90 | 2,91 of meer |

Figuur 1 Energielabel (energielabel.nl, 2014)

In de huidige regelgeving is de EPC voor nieuwbouw gesteld op 0,6. De EPC-berekening is opgenomen in het bouwbesluit en een EPC berekening is verplicht om een bouwaanvraag in te dienen. Met die reden richt een deel van het onderzoek zich dan ook op het bepalen van de EPC. De EPC methode geeft daarbij een duidelijk beeld van de huidige gebouwprestatie en geeft de mogelijkheid tot een beter vergelijking tussen de verschillende panden.

Voor het bepalen van de EPC wordt er gebruik gemaakt van het programma Enorm V1.5 van adviesbureau DGMR. Het programma Enorm houdt rekening met de volgende factoren:

- Schematisering gebouw
- Bouwkundige opbouw
- Installatietechnische voorzieningen
- Verlichting
- Zonne-energie

Na het invullen van de gegevens in het programma Enorm worden deze geanalyseerd en samengesteld tot de uiteindelijke EPC waarde.

## 6.6 Warmteverlies

Naast de EPC waarde wordt in het onderzoek uitgebreid stil gestaan bij het gebruik van energie ten behoeve van het verwarmen van de woning. Aangezien in een gemiddeld huishouden 55% van de energievraag voortkomt uit het verwarmen van de woning, is dit het belangrijkste onderwerp in het onderzoek. Een van de grootste uitdagingen bij het verwarmen en het op warmte houden van de woning is de hoeveelheid warmte die verloren gaat en niet effectief wordt aangewend voor het verwarmen van gebruiksruidten. Hiervoor is in het onderzoek gebruik gemaakt van het rekenmodel Vabi.

### *Rekenmodel Vabi Elements*

Voor het onderzoek is een rekenmodel nodig om de transmissie- en ventilatieverliezen van een gebouw uit te rekenen. Met het rekenprogramma Vabi Elements is het mogelijk om op een onderbouwde wijze onderzoek te kunnen doen naar de energetische effecten van ingrepen. Dit programma maakt het mogelijk een simulatie te maken van de werkelijkheid waarin de energetische effecten in de huidige situatie en de effecten per onderzochte oplossing volledig in kaart worden gebracht. In de volgende alinea's wordt uitgelegd hoe het Vabi Elements programma is opgebouwd en welke elementen erin voorkomen.

### *Constructie opbouw*

In Vabi Elements worden eerst de constructieve delen zoals gevel, begane vloer, gevelopeningen en dak met hun bijbehorende Rc-waarden samengesteld. Het programma maakt het daarbij tevens mogelijk om het gebouw te modelleren in een 3d model waarbij de transmissie van warmte door de verschillende schillen wordt aangeduid aan de hand van kleuren.

### *Ruimte-eisen en gebruik*

De eisen en gebruik van alle ruimtes in een gebouw moeten ook ingevoerd worden. Hierbij is het van groot belang om de gewenste binnentemperatuur per ruimte aan te geven, zoals deze in het dagelijks gebruik van toepassing is.

### *Ventilatie en infiltratie*

Voor elke ruimte wordt aangegeven hoe er wordt geventileerd en welke mate van infiltratie er van toepassing is. Bij ventilatie treedt er warmteverlies op door de verwarmde vuile lucht die naar buiten wordt afgevoerd. Daarnaast wordt er gesproken van infiltratie, waarmee de mate van luchtdichtheid wordt bedoeld. Infiltratie heeft een grote invloed op de energieprestatie van een gebouw. Hoe luchtdichter een gebouw hoe minder warmteverlies er optreedt. De luchtdichtheid wordt uitgedrukt met  $Q_{v;10}$ . Het is ook mogelijk een ruimte waar de luchtdichtheid zo slecht gesteld is om voor een maximum  $Q_{v;10}$  waarde te kiezen. Voor de juiste luchtdichtheid gegevens zal een  $Q_v$  meting moeten worden uitgevoerd.

### *Afgiftesysteem*

Ook de wijze waarop de geproduceerde warmte wordt afgegeven aan de woning heeft invloed op de transmissie. De volgende afgiftesystemen komen voor om een woning te verwarmen: radiatoren, conventoren, stralingspanelen, vloerverwarming, vloerkoeling en luchtverwarming. Het is mogelijk om een combinatie van verschillende afgiftesystemen in te voeren zoals vloerverwarming met radiatoren op een CV ketel. Per ruimte wordt aangegeven of deze verwarmd of onverwarmd is. Een ruimte is onverwarmd als het buiten de thermische schil van een gebouw valt. Alle ruimte binnen de thermische schil worden als verwarmd beschouwd.

Als alle gegevens correct zijn ingevoerd kunnen de transmissie- en ventilatie verliezen berekend worden. De totale verliezen worden in Joules per seconde uitgedrukt. De gegevens kunnen na berekening gepresenteerd worden in tabellen, grafieken en een driedimensionale visualisatie.

## **6.7 Bouwkundige achtergronden**

Vocht en ventilatie en infiltratie hebben invloed op energieverbruik en comfort van een gebouw. Op bouwkundig gebied zijn deze onderwerpen tijdens het vooronderzoek theoretisch geanalyseerd. Hieruit zijn onderstaande punten naar voren gekomen.

### *Vocht*

De binnentemperatuur van een gebouw heeft invloed op de aanwezige luchtvochtigheid. De relatieve luchtvochtigheid (RV) geeft aan hoeveel procent vocht de lucht bevat. In theorie kan dit percentage maximaal 100 zijn. Boven dit percentage zal er condensvorming ontstaan. Bij een hogere de relatieve luchtvochtigheid is meer energie nodig om de lucht te verwarmen dan bij een lage relatieve luchtvochtigheid. Voor het verwarmen van een ruimte of gebouw is het gunstig om de relatieve vochtigheid zo laag mogelijk te houden. Uit oogpunt van comfort moet er ook rekening gehouden worden met de gebruikers. In een normale leef-, werk- en woonsituatie varieert de luchtvochtigheid tussen de 40% en 60%. Deze waarde voor luchtvochtigheid komt uit de theorie naar voren als de meest ideale. (Bouwfysica, 2006)

### *Ventilatie*

Ventilatie is noodzakelijk om personen in gebouwen van voldoende zuurstof te voorzien. Een gemiddeld persoon heeft ongeveer 25 m<sup>3</sup>/h ventilatielucht nodig. Verder is ventilatie nodig om geuren, dampen, vocht, en allerlei verontreinigingen in de binnenlucht af te voeren. In de zomerperiode heeft ventileren ook een extra functie, het afvoeren van warmte om het binnenklimaat te beheersen. Hierin wordt er onderscheid gemaakt tussen basisventilatie en zomerventilatie. Voor de basisventilatie is er in het bouwbesluit een minimale ventilatiecapaciteit vastgelegd. Zomerventilatie zorgt voor een verkoeling en een comfort verhoging in de zomerperiode.

Ventilatie is noodzakelijk, maar dient wel beheersbaar te zijn. Te veel ventileren betekent energieverlies, de verwarmde binnenlucht van een ruimte wordt naar buiten afgevoerd. Daar staat tegenover dat een grote ventilatiecapaciteit in de zomerperiode een voordelig effect heeft op het binnenklimaat. (Bouwfysica, 2006)

Ventilatie kan gerealiseerd worden op verschillende manieren. Dit is grofweg op te delen in vier verschillende ventilatie systemen. Deze zijn als volgt te definiëren:

- Type A: volledig natuurlijk
- Type B: toevoer met ventilatoren
- Type C: afzuiging met ventilatoren
- Type D: balansventilatie ook wel mechanische ventilatie genoemd

Infiltratie wordt vaak verward met ventilatie. Infiltratie is een ongecontroleerde vorm van ventilatie en dus in principe ongewenst. Infiltratie ontstaat vaak bij naden en kieren in de omhulling en zorgt voor tocht en onnodig energieverlies. De mate van infiltratie wordt bepaald door de luchtdichtheid van een gebouw, hoe luchtdichter het gebouw hoe minder energieverlies door ruimte verwarming er plaatsvindt.

Geconcludeerd kan worden dat de relatieve vochtigheid invloed heeft op het energieverbruik. Om de invloed te onderzoeken zou door middel van dataloggers de vochtigheid gemeten moeten worden. Een dergelijke analyse vraagt echter veel tijd en past daarom minder goed in dit onderzoek

Ventilatie en infiltratie (luchtdichtheid) hebben veel invloed op het energieverbruik van een gebouw. Een lek gebouw of een gebouw waar onnodig veel wordt geventileerd betekent dat er energieverlies optreedt. Op deze gebieden zou energetisch veel winst te behalen zijn. Deze aspecten zullen in de probleefase van het onderzoek verder uitgelicht worden.

## Fase 2: Probleemfase

### 7. Opname

#### 7.1 Inleiding

In deze fase van het onderzoek moeten de problemen die naar voren zijn gekomen vanuit de probleemstelling en het vooronderzoek worden vastgesteld. Door een drietal woningen bouwkundig op te nemen en deze vervolgens te analyseren op transmissie wordt er een duidelijk beeld verkregen van de problemen.

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden moeten eerst de problemen vastgesteld worden. Als de problemen zijn geïnterpreteerd kan er gericht gezocht worden naar oplossingen om het energieverbruik te verlagen. Door de verkregen informatie te analyseren ontstaat een goed beeld van de huidige situatie. Deze kan dan in de oplossingsfase worden gebruikt om de verbeteringen in energieverbruik zichtbaar te maken. De problemen zijn geïnterpreteerd door een thermografisch onderzoek, observatie van de panden en interviews.

De verkregen informatie in deze fase van het onderzoek zal worden gebruikt voor het beantwoorden van de volgende deelvragen:

- Hoe is de huidige situatie van de panden aan de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 39 in zowel bouwkundig, bouwfysisch en installatietechnisch opzicht?
- Wat is het huidige energieverbruik van deze panden?
- Hoe gebruiken de bewoners deze panden?

#### 7.2 Selectie case studies

Om op een gestructureerde wijze te starten met het vaststellen van de problemen is er een thermografische analyse uitgevoerd in een aantal straten in de binnenstad van Franeker. Om de inwoners van Franeker te informeren en deze te vragen naar hun medewerking aan het onderzoek, is er een brief gestuurd aan een 50 tal woningeigenaren.

In deze brief is een aankondiging gedaan van de thermografische beelden die zijn geschoten van hun woningen. Daarnaast is de bewoners in de brief de vraag gesteld of er bereidheid was om mee te werken aan het onderzoek en hun woning beschikbaar te stellen voor een bouwkundige opname.

Aan de oproep in de brief is door 7 woningeigenaren gehoor gegeven. Niet alle 7 woningen waren geschikt voor onze onderzoeksdoelstelling en de gekozen methodiek. Een van de panden was een winkelpand welke buiten de doelgroep viel. Een tweetal van de woningen had niet de status als monument en vielen om die reden dan ook af. Tot slot is een uiteindelijke keuze gemaakt voor een drietal woningen die het meest geschikt leken om te fungeren als case studies voor het onderzoek.

### 7.3 Thermografische analyse

Van de Eise Eisingastraat, Froomnacker en van deels de Zilverstraat is met behulp van een thermografische camera de voorgevels onderzocht. Dit geeft inzicht in het energieverlies van de panden in deze straten. Deze beelden zijn geanalyseerd en met elkaar vergeleken. In figuur 2 worden de locatie van de straten weergegeven.

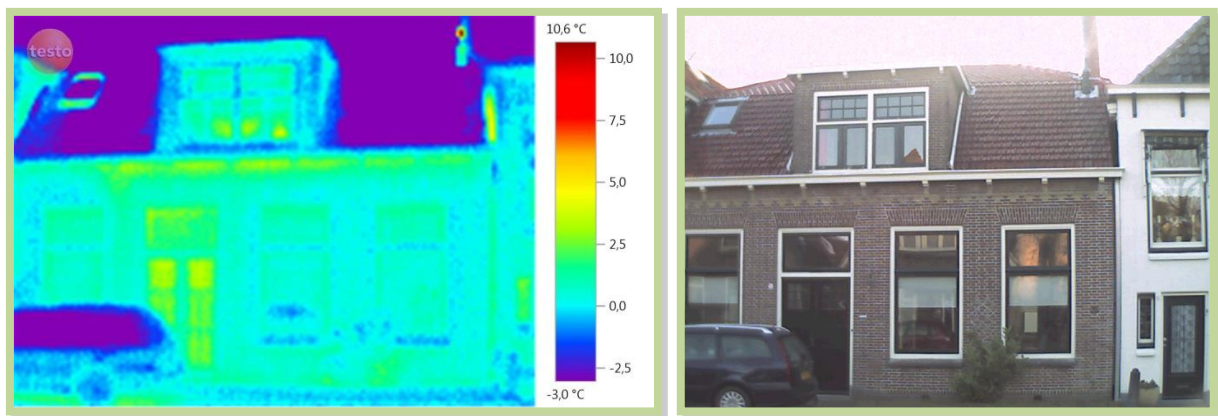


Figuur 2 Aanduiding straten die thermografisch geïnspecteerd zijn. (Google maps, 2014)

-  Eise Eisingastraat
-  Froomnacker
-  Zilverstraat



De thermografische inspectie is op dinsdagmorgen 11 maart 2014 uitgevoerd. Dit is zo vroeg mogelijk op de ochtend uitgevoerd om de invloed van zonnewarmte op de gevel te minimaliseren en omdat het temperatuurverschil tussen binnen en buiten op dit tijdstip van de dag relatief groot is. Dit komt de kwaliteit van de warmte transmissiefoto's en de betrouwbaarheid van de analyse ten goede. Bij de inspectie zijn thermografische beelden van de voorgevel verzameld, zie onderstaande afbeelding.



Figuur 3 Links een thermografisch beeld en rechts een foto van voorgevel Froomacker 12.

Na de inspectie zijn de beelden geanalyseerd. Per straat zijn de gegevens in een overzichtelijke tabel weergegeven. Een uitgebreide analyse is terug te vinden in de bijlage "Opname rapport". De volgende tabellen geven per straat de resultaten weer.

| Eise Eisingastraat: 22 panden      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gevels</b>                      | Bestaat uit metselwerk, met een gemiddelde temp. van 2,3 °C.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Daken</b>                       | Daken zijn onverwarmd, de laagst gemeten temp. is -3,6 °C.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Gevelopeningen</b>              | Met een gemiddelde temperatuur van 4,3 °C is dit in vergelijking met de andere straten de hoogste temperatuur gemeten, veel enkelglas aanwezig.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Kieren/naden/zwakke plekken</b> | Bij de Eise Eisingastraat en ook bij de Zilverstraat en Froomacker zijn de zwakke plekken hoofdzakelijk verdeeld in borstwering (gebied onder kozijn/pui), naden/kieren rond kozijnen/deuren en n.v.t./overige voor gevels die geen zwakke plekken hebben. Dit wordt in een percentage uitgedrukt. Bij Eise Eisingastraat was dit als volgt: Borstwering = 41%, rondom kozijnen = 36%, n.v.t./overige = 27%. |
| <b>Overige bijzonderheden</b>      | Gordijnen voor glasvlakken werkt isolerend, de warmte temp. wordt hierdoor sterk verlaagd.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

(Opname rapport, 2014)

| Froonacker : 17 panden             |                                                                                                                                 |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gevels</b>                      | Bestaat uit metselwerk met een gemiddelde temperatuur van 1,01 °C. Dit is van de drie straten gemiddeld de laagste temperatuur. |
| <b>Daken</b>                       | Daken zijn onverwarmd, laagst gemeten temp. is -6,9 °C.                                                                         |
| <b>Gevelopeningen</b>              | Gemiddelde temp. van 2,3 °C, mogelijk zijn er panden met dubbelglas, maar de meerderheid is nog steeds enkel glas.              |
| <b>Kieren/naden/zwakke plekken</b> | Borstwering = 23%, rondom kozijnen = 12%, n.v.t./overige = 65%.                                                                 |
| <b>Overige bijzonderheden</b>      | Veel panden zijn deels verwarmd.                                                                                                |

(Opname rapport, 2014)

| Zilverstraat: 15 panden            |                                                                                                                       |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gevels</b>                      | Bestaat uit metselwerk met een gemiddelde temperatuur van 1,6 °C.                                                     |
| <b>Daken</b>                       | Daken zijn onverwarmd, laagst gemeten temperatuur. is -4,2 °C.                                                        |
| <b>Gevelopeningen</b>              | Gemiddelde temp. van 3,4 °C. Veel enkel glas, sommige panden zijn misschien gecombineerd met dubbel glas.             |
| <b>Kieren/naden/zwakke plekken</b> | Borstwering = 40%, rondom kozijnen = 47%, n.v.t./overige = 13%.                                                       |
| <b>Overige bijzonderheden</b>      | Veel panden zijn deels verwarmd, daarvan hebben circa de helft veel warmte verlies door naden/kieren rondom kozijnen. |

(Opname rapport, 2014)

### Conclusie

Op basis van de analyse kan geconcludeerd worden dat door gevelopeningen zoals deuren en ramen de meeste warmte verloren gaat. Als tweede kan geconcludeerd worden dat bij veel panden warmte verloren gaat door naden en kieren rondom kozijnen. Voor een groot deel van de woningen zijn de aangetroffen warmtelekken overeenkomstig. De generaliseerbaarheid van de verkregen resultaten kan door deze bevinding groot genoemd worden.

## 7.4 Bouwkundige opname

Na de thermografische analyse van de straten zijn de drie gekozen panden nader onderzocht. Bij de panden Eise Eisingastraat 17, Zilverstraat 28 en Zilverstraat 39 heeft een bouwkundige opname plaatsgevonden met als voornaamste doel het vaststellen van de benodigde gegevens voor de analyse van de warmtetransmissie met het programma Vabi. Daarnaast dient de verkregen data een doel in het analyseren van de energieprestatiecoëfficiënt met behulp van het programma Enorm. In de nu volgende hoofdstukken is van elk van de panden een beschrijving gedaan.

### 7.4.1 Gebouwomschrijving

In deze paragraaf worden de gebouwen beschreven. Er wordt hier ingegaan op de Eise Eisingastraat 17, Zilverstraat 28 en Zilverstraat 39. Hierin zullen de historische kenmerken, de geschiedenis en andere bijzonderheden kort worden toegelicht.

### *Eise Eisingastraat 17*

Het pand aan de Eise Eisingastraat betreft een monumentale woning uit de 16<sup>e</sup> eeuw. Het pand heeft een hoog zadeldak met een voorschil en een topschoorsteen. Kenmerkend voor deze woning is de opvallende historische voorgevel. Hiervan wordt aangenomen dat dit de originele gevel van de woning is. Waar veel woningen in de straat in hun bestaan een nieuwe gevel hebben gekregen lijkt dat hier niet het geval te zijn. Het pand heeft voor zo bekend altijd een woonfunctie gehad. Voor 1930 was het een dubbele woning met een voor en achter woning.

In 1976 is de woning gerestaureerd. Bij deze restauratie zijn veel van de originele elementen verloren gegaan. Om de oude uitstraling te behouden, zijn er vaak elementen in oude stijl aan toegevoegd. Oorspronkelijk zat er in de voorgevel een dakkapel. In 2005 heeft de huidige bewoner

besloten om weer een dakkapel te plaatsen, dit zo veel mogelijk in de oude stijl. Dit is gedaan op basis van oude foto's en aannames omdat hiervan geen tekeningen bewaard gebleven zijn.

### *Zilverstraat 28*

De monumentale woning aan de Zilverstraat 28 is rond 1770 gebouwd. Het woonhuis bestaat uit een begane grond, een 1<sup>e</sup> verdieping en halve verdieping. De gevel is met een zware kroonlijst recht afgesloten onder het zadeldak met een dakkapel. De topschoorsteen is afgewerkt met een bekroonde bol. Voor zo ver bekend heeft dit pand in het verleden geen andere functies gehad dan een woonfunctie. Tot ver in de 18<sup>e</sup> eeuw is een lijst van bewoners bekend.

Rond het begin van de twintigste eeuw tot aan 1980 is er aan het pand weinig verbouwd en is er weinig groot onderhoud gepleegd. In 1980 kwamen de huidige bewoners in het pand.



Figuur 4 Voorgevel Eise Eisingastraat 17



Figuur 5 Voorgevel Zilverstraat 28

In dat jaar is ook begonnen met het pand grootschalig te verbouwen. De wanden werden tot aan het metselwerk gestript en de tweede verdiepingvloer is 30 cm omlaag gebracht. Met de verbouwingen in 1980 is ook geprobeerd de historische elementen terug te halen. Alle nutsvoorzieningen zijn destijds afgekeurd en zijn dan ook vervangen. De indeling van het pand is ook aangepast. Alle binnenwanden zijn eruit gehaald en vervangen met houtskeletbouw binnenwanden.

#### *Zilverstraat 39*

De woning aan de Zilverstraat 39 is een monumentale woning uit de 17<sup>e</sup> eeuw. Het pand ligt in de binnenstad van Franeker en ligt aan de gracht die rond het centrum van Franeker ligt. Door de jaren heen heeft het pand verschillende functies gehad, waarvan de functie van winkelpand het meest naar voren komt in de opzet van het pand. Aan de voorzijde zijn op straatniveau twee grote openslaande deuren gesitueerd die toegang gaven aan de oude winkelruimte. Deze deuren zijn nog steeds aanwezig. Deze zijn echter niet meer functioneel als deur te gebruiken.

Hoewel de voorgevel anders doet vermoeden, bestaat het pand uit drie verdiepingen plus een zolder. De achtergevel laat zien dat er drie verdiepingen aanwezig zijn met elk een aantal daglichtopeningen. Het verschil dat waarneembaar is in de voor en achtergevel laat zich ook in de woning zien. Daarbij is er een duidelijk niveauverschil aanwezig op de eerste verdieping tussen de voorzijde van de woning en de achterzijde.

De woning is rond 1995 grondig verbouwd waarbij zowel in de gevel als aan de binnenzijde een groot aantal aanpassingen zijn gedaan. Naast het vervangen van kozijnen en het plaatsen van dubbelglas, is de woning ook geïsoleerd. Het dak is vernieuwd en geïsoleerd. De wanden zijn echter ongeïsoleerd. De begane grond in de woonkamer is voorzien van vloerverwarming. Deze aanpassingen zijn gedaan door de vorige bewoner.



Figuur 6 Achtergevel van Zilverstraat 39

#### **7.4.2 Omhulling**

De omhulling van de panden Eise Eisingastraat 17, Zilverstraat 28 en Zilverstraat 39 zijn tijdens de observatie en interviews onderzocht. Naast het inmeten van de panden is er gekeken naar de opbouw van de constructie en wat voor materialen er gebruikt zijn. Om de transmissie data te gebruiken voor Vabi Elements zijn ze omgezet in een Rc-waarde, die uitgedrukt wordt in m<sup>2</sup>xK/W. Hieronder wordt per pand door middel van een tabel de Rc gegevens weergegeven.

| Isolatiewaarden omhulling Eise Eisingastraat 17 |           |               |                   |                 |
|-------------------------------------------------|-----------|---------------|-------------------|-----------------|
| Constructie deel                                | Rc-waarde | U-waarde      | Oppervlakte in m2 | % per onderdeel |
| Metselwerk 320 + voorzetwand                    | 0,65      |               | 105,1             | 17,9%           |
| Metselwerk 320 mm                               | 0,414     |               | 180,8             | 30,8%           |
| Metselwerk 430 mm                               | 0,55      |               | 23,3              | 4,0%            |
| Kozijn raam en deur                             | 0,88      |               | 10,2              | 1,7%            |
| Kozijn roeden en bewegende delen                | 0,24      |               | 2,1               | 0,1%            |
| Deuren                                          | 0,41      |               | 4,0               | 0,5%            |
| Enkelglas                                       |           | 5,8           | 20,3              | 3,5%            |
| Dubbel glas                                     |           | 3,2           | 8,3               | 1,9%            |
| Hellend dak                                     | 1,68      |               | 144,4             | 24,6%           |
| Begane grondvloer                               | 0,26      |               | 87,7              | 15,0%           |
|                                                 |           | <b>Totaal</b> | <b>586,1</b>      | <b>100%</b>     |
| <b>Totaal inhoud = 748 m3</b>                   |           |               |                   |                 |

Opname rapport, 2014)

| Isolatiewaarden omhulling Zilverstraat 28 |           |               |                   |                 |
|-------------------------------------------|-----------|---------------|-------------------|-----------------|
| Constructie deel                          | Rc-waarde | U-waarde      | Oppervlakte in m2 | % per onderdeel |
| Metselwerk 320 + voorzetwand              | 0,65      |               | 105,1             | 17,9%           |
| Metselwerk 320 mm                         | 0,414     |               | 180,8             | 30,8%           |
| Metselwerk 430 mm                         | 0,55      |               | 23,3              | 4,0%            |
| Kozijn raam en deur                       | 0,88      |               | 10,2              | 1,7%            |
| Kozijn roeden en bewegende delen          | 0,24      |               | 2,1               | 0,1%            |
| Deuren                                    | 0,41      |               | 4,0               | 0,5%            |
| Enkelglas                                 |           | 5,8           | 20,3              | 3,5%            |
| Dubbel glas                               |           | 3,2           | 8,3               | 1,9%            |
| Hellend dak                               | 1,68      |               | 144,4             | 24,6%           |
| Begane grondvloer                         | 0,26      |               | 87,7              | 15,0%           |
|                                           |           | <b>Totaal</b> | <b>586,1</b>      | <b>100%</b>     |
| <b>Totaal inhoud = 654 m3</b>             |           |               |                   |                 |

Opname rapport, 2014)



| Isolatiewaarden omhulling Zilverstraat 39 |           |               |                   |                 |
|-------------------------------------------|-----------|---------------|-------------------|-----------------|
| Constructie deel                          | Rc-waarde | U-waarde      | Oppervlakte in m2 | % per onderdeel |
| Metselwerk 210 mm                         | 0,28      |               | 52,6              | 11,6%           |
| Metselwerk 320 mm                         | 0,414     |               | 141,5             | 31,2%           |
| Kozijn raam en deur                       | 0,88      |               | 10,1              | 1,8%            |
| Kozijn roeden en bewegende delen          | 0,24      |               | 2,4               | 0,5%            |
| Deuren                                    | 0,41      |               | 6,0               | 1,1%            |
| Enkelglas                                 |           | 5,8           | 5,2               | 1,1%            |
| HR++ glas                                 |           | 1,2           | 13,3              | 2,9%            |
| Restauratie glas                          |           | 2,2           | 4,6               | 1,0%            |
| Hellend dak                               | 2,51      |               | 139,5             | 30,7%           |
| Begane grondvloer                         | 2,56      |               | 80,0              | 17,6%           |
|                                           |           | <b>Totaal</b> | <b>454,2</b>      | <b>100%</b>     |
| <b>Totaal inhoud = 562 m3</b>             |           |               |                   |                 |

Opname rapport, 2014)

### 7.4.3 Ventilatie en infiltratie

Naast transmissie verliezen is er in een woning ook sprake van ventilatieverliezen. Tijdens de opname is er onderzocht hoe de panden geventileerd worden. Hieruit is gebleken dat alle drie de panden natuurlijk worden geventileerd. Het natuurlijk ventileren vindt grotendeels plaats door uitzetramen. De enige vorm van mechanische ventilatie die voorkomt is de afzuiging met ventilatoren in de keuken, badkamer en toilet. Om de ventilatieverliezen te bepalen is het van belang om te achterhalen door hoeveel personen een pand bewoond wordt. Meer personen betekent dat er meer geventileerd moet worden. Dit beïnvloedt het energieverbruik van een pand. De belangrijkste gegevens zijn verzameld in de onderstaande tabel. Als uitgangspunt is een basis ventilatiehoeveelheid van 30 m3/h per persoon aangenomen.

| Ventilatie per pand        |                        |                       |                       |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                            | Eise Eisingastraat 17  | Zilverstraat 28       | Zilverstraat 39       |
| <b>Ventilatie type</b>     | Volledig natuurlijk    | Volledig natuurlijk   | Volledig natuurlijk   |
| <b>Keuken</b>              | Mechanische afzuiging  | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging |
| <b>badkamer en toilet</b>  | Mechanische afzuiging  | Mechanische afzuiging | Volledig natuurlijk   |
| <b>Bezettinggraad</b>      | 5 personen             | 2 personen            | 2 personen            |
| <b>Minimaal ventilatie</b> | 5,00 x 30 = 150,0 m3/h | 2,00 x 30 = 60,0 m3/h | 2,00 x 30 = 60,0 m3/h |

Tijdens interviews werd ook geconstateerd dat bewoners last hebben van tocht. Ventilatie door infiltratie is ongewenst want de verwarmde binnenlucht wordt naar buiten afgevoerd, wat meer energie kost om een pand op temperatuur te krijgen. De tochtklachten kwamen vooral voort vanuit de gevelopeningen.

#### 7.4.4 Installatietechnisch

Een groot deel van het energieverbruik in de woningen is toe te schrijven aan de verwarmingsinstallatie. Het verwarmen van de woning kost in Nederland een hoop energie. Voor het bepalen van de warmteverliezen in Vabi is het dus van belang te kijken naar de installatie die daarvoor in de woning aanwezig is. Met installatie wordt bedoeld verwarming/afgistesysteem en warmtapwater.

##### *Eise Eisingastraat 17*

De verwarming in de woning wordt geleverd door een CV installatie in combinatie met radiatoren en convectoren. In de woonkamer verzorgen convectoren de warmteafgifte, in de rest van de woning door radiatoren. De warmte productie wordt verzorgd door een gasgestookte CV ketel. De CV ketel voorziet in het tapwater in de woning voor zowel de keuken als de doucheruimte op de eerste verdieping.

##### *Zilverstraat 28*

In de woning is een CV installatie en gasgestookte ketel aanwezig. De woning is voorzien van radiatoren. In de nieuw te realiseren keuken in de aanbouw zal een vloerverwarmingsinstallatie worden aangebracht.

##### *Zilverstraat 39*

De verwarming van de woning wordt geleverd door een CV installatie in combinatie met radiatoren en vloerverwarming. De ketel levert zowel het water voor de verwarming als voor de douche en het tapwater. De gasgestookte HR ketel betreft een Intergas combi compact HR 28. Tapwater wordt voorzien door de ketel. Hierbij voorziet de ketel zowel in tapwater voor in de keuken als in de doucheruimte op de eerste verdieping.

#### 7.4.5 Huidig energieverbruik

Tijdens de opname van de woningen en de interviews is er tevens gekeken naar het huidige verbruik van de woning. Daarbij is in twee van de drie gevallen inzage geweest in de energierekening. Een van de woningeigenaren had geen inzicht in het werkelijke verbruik van de woning. De cijfers die we verkregen hebben kunnen we gebruiken om het opgestelde Vabi model te toetsen en tevens vast te stellen of sommige aannames in het model kloppen.

De werkelijke verbruikscijfers zullen in het vervolg van het onderzoek ook gebruikt worden om conclusies te kunnen trekken over mogelijke besparingen die haalbaar zijn voor de onderzochte woning aan de hand van de aanpassingen. De cijfers zullen afgezet worden tegen de waarden die verkregen worden vanuit de analyse software Vabi.

| Werkelijke energie verbruikscijfers |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Eise eisingastraat 17               | Zilverstraat 28                     | Zilverstraat 39                     |
| onbekend                            | Gas jaar 2012 = 3662 m <sup>3</sup> | Gas jaar 2011 = 2403 m <sup>3</sup> |
| onbekend                            | Gas jaar 2013 = 4171 m <sup>3</sup> | Gas jaar 2012 = 1810 m <sup>3</sup> |
| onbekend                            | Elektra jaar 2012 = 5201 kW/h       | Elektra jaar 2011 = 2388 kW/h       |
| onbekend                            | Elektra jaar 2013 = 5143 kW/h       | Elektra jaar 2012 = 2159 kW/h       |

(Opname rapport, 2014)

#### *Verbruikscijfers Eise Eisingastraat 17*

Voor dit pand hebben we geen inzicht kunnen krijgen in de verbruikscijfers. De bewoner van dit pand kon of wilde enkel melden dat de energierekening op dit moment 350,- euro per maand bedraagt. Hieruit is echter niet af te leiden wat het verbruik in m<sup>3</sup> gas en kilowattuur stroom is.

## 7.5 Interview bewoners

In het onderzoek is naast de bouwkundige aspecten ook gekeken naar de invloed van het gebruik en de gebruikersinteractie van de bewoners met de woning. Door middel van een interview met de bewoners van de onderzochte woningen is getracht hier inzicht in te krijgen. Het interview dat is uitgevoerd als onderdeel van de probleemfase heeft geleid tot inzichten en aanleidingen tot onderzoeksrichtingen in de oplossingsfase. De uitwerking van het interview is terug te vinden in het deelrapport Technische opname. (Technische opname 2014)

Tijdens het interview met de bewoners is er onder andere gesproken over de wijze waarop zij aankijken tegen comfort van de woning, de energieprestatie van de woning en de bereidheid tot aanpassingen. Gezien de omvang van de interviews en de verscheidenheid aan antwoorden, zijn deze kwalitatief geanalyseerd. De volgende zaken zijn hierin te benoemen als interessant:

- Over het algemeen zijn er door de bewoners al een aantal isolerende maatregelen genomen zoals nieuwe beglazing en isoleren van wanden en daken. Echter is dit in beperkte mate gebeurd.
- Sommige bewoners zijn bereid uit financieel oogpunt of voor het milieu aanpassingen te doen aan de woning. Niet iedere bewoner heeft hier behoefte aan.
- In beperkte mate hebben de bewoners maatregelen getroffen om het comfort te verbeteren. Bewoners geven aan momenteel weinig te willen investeren om het comfort te verhogen.
- De bewoners geven aan dat vooral beneden wordt gestookt en vaak een enkel vertrek op de verdiepingen. Verder wordt er zo minimaal mogelijk verwarmd.



- De bewoners geven aan dat ze weten wat ze kwijt zijn aan energie. Niet iedere bewoner weet wat hij exact verbruikt. De bewoners geven aan dat ze hier op deze manier voldoende inzicht in hebben.
- Bewoners geven aan dat ze bewust omgaan met het gebruik van de woning om het energieverbruik te beperken. Daarnaast blijkt dat de bewoners van de monumentale panden hun gebruik en ook de eisen ten aanzien van comfort hebben aangepast. De bewoners lijken bewust minder kritisch te kijken naar deze aspecten. Ook passen sommige gebruikers het stookgedrag aan op het seizoen.
- Ook hebben ze allemaal een goede cv ketel laten plaatsen in de woning om te besparen op het energieverbruik.

## 7.6 Modelleren gegevens

Met de gegevens die door observatie/opname en interviews zijn verkregen en geanalyseerd zijn, kan een basis model Vabi en EPC opgezet worden.

### 7.6.1 Omhulling

Een kenmerk van de bouwkundige omhulling bij alle drie panden is dat er altijd een bouwdeel is dat slecht geïsoleerd is. Daarnaast heeft een slecht geïsoleerd bouwdeel vaak een grote oppervlakte, zie onderstaande tabel.

| Verhouding omhulling per pand           |                 |                       |                 |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Constructie deel                        | Zilverstraat 39 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
| Percentage omhulling metselwerk         | 42,8%           | 52,7%                 | 43,9%           |
| Percentage omhulling hellend dak        | 30,7%           | 24,6%                 | 21%             |
| Percentage omhulling begane grondvloer. | 17,6%           | 15,0%                 | 18,6%           |

| Rc-waarden per pand                |                 |                       |                 |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Constructie deel                   | Zilverstraat 39 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
| Gemid. Rc-waarde metselwerk        | 0,28...0,41     | 0,41...0,65           | 1,66...1,79     |
| Gemid. Rc-waarde hellend dak       | 2,51            | 1,68                  | 0,15            |
| Gemid. Rc-waarde Begane grondvloer | 2,56            | 0,18                  | 1,57            |

(Opname rapport, 2014)

### 7.6.2 Ventilatie & infiltratie

Bij alle drie panden wordt natuurlijk geventileerd. Het ventileren vindt plaats op twee manieren. Op de eerste plaats door uitzetramen ten tweede door naden en kieren rondom gevelopeningen. Dat laatste is onwenselijk en is oncontroleerbaar. Er is door middel van de interviews achterhaald dat bewoners van Eise Eisingastraat 17 en Zilverstraat 28 last hebben van tocht.

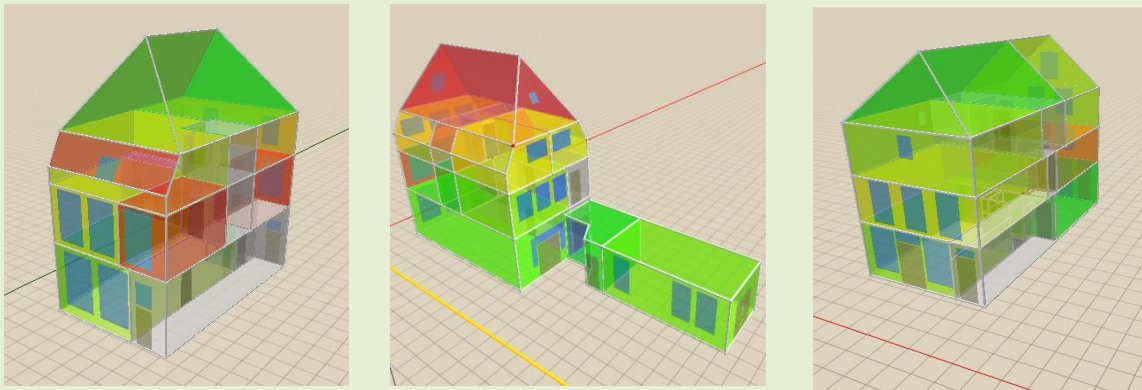
### 7.6.3 Installatietechnisch

Op het gebied van de installaties van de onderzochte woningen is niet veel winst te behalen. De cv-ketels zijn veelal van redelijke jonge leeftijd en het rendement is daarbij aanzienlijk. Optimalisatie door aanpassingen aan het warmteafgiftesysteem zou kunnen leiden tot een betere energieprestatie en is een mogelijkheid tot een oplossingsrichting.

### 7.6.4 Basismodel Vabi Elements

Met de geanalyseerde gegevens wordt eerst een basis model in Vabi Elements opgezet.

| Eise Eisingastraat 17         | Zilverstraat 28               | Zilverstraat 39               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Transmissie= 19485 W          | Transmissie= 18162 W          | Transmissie= 14176 W          |
| Ventilatie = 16575 W          | Ventilatie = 17702 W          | Ventilatie = 9439 W           |
| Opwarmtoeslag = 1921 W        | Opwarmtoeslag = 1703 W        | Opwarmtoeslag = 1815 W        |
| Totaal 37981/1000 = 38,0 [kW] | Totaal 37981/1000 = 37,6 [kW] | Totaal 37981/1000 = 25,4 [kW] |



(Variant rapport, 2014)

Het eerste pand dat in Vabi is ingevoerd is Zilverstraat 39. Om het model te controleren zullen bij dit eerste pand de warmteverliezen door transmissie, de ventilatie en het theoretisch verlies door opwarmen gecontroleerd worden. De theoretische controle wordt met de Krischer Kast methode uitgevoerd. Het pand wordt gecontroleerd in de huidige situatie.

Toegepaste formule voor transmissie- en opwarmverlies:  $Q = A \times U \times \Delta T$  in Watt.

Toegepaste formule voor ventilatieverlies (inhoud/tijd)  $\times \Delta T \times$  ventilatievoud  $\times 1000 =$  verlies in Watt.

Na berekening komt volgens de Krischer kast een energieverbruik van 27,1 kW uit. Dit betekent dat er een verschil van ongeveer  $(25,4 \text{ kW} / 27,1 \text{ kW} \times 100)$  7 % in zit tussen het Vabi model en methode Krischer Kast. Conclusie is dat het resultaat van Vabi model strookt met het resultaat van de theoretische benadering.

### 7.6.5 Basismodel EPC

Na de Vabi analyse is met de geanalyseerde gegevens het basismodel voor de EPC berekening gemaakt. In de huidige staat heeft het pand aan de Eise Eisingastraat 17 een EPC van 1,92. Dit betekent dat de woning een D label bezit. Het pand aan de Zilverstraat 28 heeft in de huidige situatie een EPC van 1,82. Dit betekent dat dit pand ook een D label heeft. Zilverstraat 39 is niet berekend in het EPC model, dit pand is voor de verdere uitwerking van het onderzoek niet meegenomen. In de conclusie wordt dit nader toegelicht.

### 7.7 Conclusie

Als conclusie kan getrokken worden dat de omhulling van de panden Eise Eisingastraat 17 en Zilverstraat 28 slecht geïsoleerd zijn. Bij beide panden is ook infiltratie rondom gevelopeningen geconstateerd. Door deze geconstateerde problemen is het energieverbruik bij beide panden hoog, dit is ook te herleiden uit het Vabi model en EPC berekening. Daar scoren beide panden een label D, wat een lage energiestaat betekent. Een huidige nieuwbouw woning moet minimaal een EPC van 0,6 bezitten wat neerkomt op een A+ label. Deze resultaten geven voldoende input aan de volgende fase van het onderzoek, waarin oplossingen voor de gevonden problemen zullen worden onderzocht.

Daarnaast geven de uitkomsten van deze fase antwoorden op een aantal van de opgestelde deelvragen.

*Hoe is de huidige situatie van de panden aan de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 39 in zowel bouwkundig, bouwfysisch en installatietechnisch opzicht?*

De opname heeft inzicht gegeven in de deze gegevens van de drie panden. De gegevens zijn verwerkt en geanalyseerd om in de volgende fase ingezet te worden voor het zoeken naar oplossingen.

*Wat is het huidige energieverbruik van deze panden?*

Door de verkregen data te analyseren in het programma Vabi hebben we theoretisch kunnen achterhalen wat het verbruik is van de panden. Deze cijfers zijn ook vergeleken met de verbruikscijfers die door de bewoners beschikbaar zijn gesteld.

*Hoe gebruiken de bewoners deze panden?*

Vanuit de interviews is informatie verkregen over de wijze waarop de bewoners gebruik maken van hun woning. Deze informatie geeft inzicht in de manier waarop energieverbruik tot stand komt en hoe er passende oplossingen voor de reductie van energiegebruik kunnen worden gevonden.

## Fase 3: Ontwerpfase

### 8. Vergelijking energiemaatregelen

#### 8.1 Inleiding

Nadat de problemen in het vorige hoofdstuk in kaart gebracht zijn, zullen in dit hoofdstuk de oplossingen besproken worden. In deze fase zal er gekeken worden naar de panden aan de Eisingastraat 17 en de Zilverstraat 28. Er is gekeken naar de mogelijke aanpassingen waardoor het energieverlies beperkt wordt. Dit wordt gedaan door middel van de aanpassingen te modeleren in Vabi Elements. Met Vabi Elements kan geanalyseerd worden wat de vermindering is in het energieverlies. Voor een uitgebreide uitwerking van de oplossingen wordt verwezen naar de bijlage Variant uitwerkingen. De bouwkundige details zijn te vinden in de bijlage Bouwkundige uitwerkingen.

In dit hoofdstuk zal niet verder gezocht worden naar oplossingen voor de Zilverstraat 39. Hiervoor is gekozen omdat tijdens de opname van dit pand is gebleken dat dit pand al redelijk gerenoveerd is. Ook geeft de eigenaar aan dat de huidige situatie van de woning op dit moment goed bevalt. De eigenaar wenst dan eigenlijk ook geen aanpassingen te doen. Om het energieverbruik nog meer te verlagen zou volgens de bewoner grote bouwkundige ingrepen nodig zijn, dit is wat hem betreft zeer onwenselijk.

Dit resultaten uit dit hoofdstuk gaan in op de volgende deelvragen.

- Welke bouwkundige, bouwfysische en installatietechnische maatregelen zijn er mogelijk om het energieverbruik op een zo duurzaam mogelijke manier te verminderen?
- Welke energiebesparing wordt er met de maatregelen behaald?
- Wat zijn de gevolgen van de voorgestelde maatregelen op de monumentale waarde van deze panden?
- Wat zijn de financiële consequenties van de voorgestelde maatregelen?

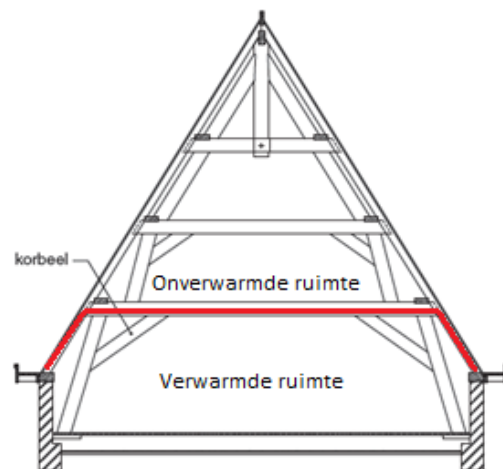
In dit hoofdstuk zal gekeken worden naar ingrepen op bouwkundig en installatietechnisch gebied die zullen leiden tot een verbeterde energieprestatie. Daarnaast wordt er meegewogen dat deze aanpassingen een verbetering van het comfort kunnen zijn en zal er gekeken worden of de maatregel financieel rendabel is. Ook zal er gekeken worden naar de afstemming op gebruikerswensen, het behoud van de monumentale waarde en de bouwkundige toepasbaarheid. Er zal gekeken worden naar de onderstaande mogelijkheden.

- Isoleren zoldervloer
- Hellend dak isoleren
- Dichte geveldelen isoleren
- Enkel en dubbel glas vervangen
- Serre aanbouwen
- Infiltratie verminderen
- Zonneboiler
- Pelletkachel
- Douche WTW
- CV verplaatsen

## 8.2 Zoldervloer

Tijdens de opname is gebleken dat er veel warmte verloren gaat door de dakconstructie. Dit omdat de dakconstructie ongeïsoleerd is. De dakconstructie is een groot oppervlakte (24,6% bij de Eise Eisingastraat 17 en 21 % bij de Zilverstraat 28) van het pand en bezit vaak een lage Rc-waarde (respectievelijk 0,4 m<sup>2</sup>xK/W en 0,38 m<sup>2</sup>xK/W). Dit wordt met het na-isoleren verhoogd naar een Rc-waarde van 3,0 m<sup>2</sup>xK/W. (Jellema 4a, 2005)

Tijdens het bezoeken van de panden is geconstateerd dat de zolder gebruikt wordt als bergruimte. De vloer tussen de zolder en de verdieping eronder is bij alle panden ongeïsoleerd. De zolder wordt in deze situaties onnodig verwarmd. Door de tussenvloer en deels het hellend dak te isoleren wordt de zolder als onverwarmde ruimte beschouwd, de thermische schil is nu de tussenvloer waardoor onnodig warmteverlies beperkt wordt. Dit is weergegeven in de figuur 7.

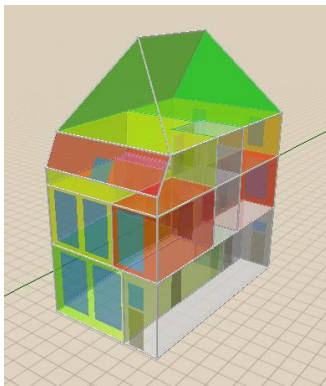


Figuur 7 Jukken- bokspant. In rood de nieuwe thermische scheiding (Jellema 4a, 2005)

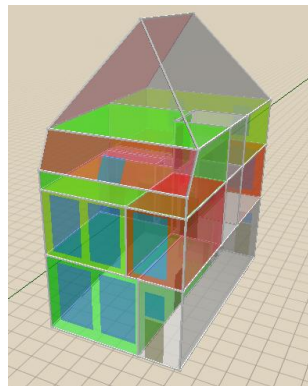
Bij het isoleren van de zoldervloer wordt er gekozen om de bestaande vloer te isoleren. Er zijn veel verschillende prefab systemen om een zoldervloer te isoleren. Bij alle producten blijft het principe gelijk. Een element bestaat uit een dik laag isolatiemateriaal dat afgewerkt wordt met een toplaag. De isolatie is drukvast zodat de vloer beloopbaar blijft zoals bij EPS. De dikte hiervan is ongeveer 95 millimeter en haalt een RC waarde van 3,0. Een uitgebreide omschrijving hiervan is te lezen in de bijlage variant uitwerkingen.

#### *Eise Eisingastraat 17*

De gewenste situatie is ingevoerd in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 31,7kW/s. Een afname van 6,3 kW/s. Dit betekent een afname van ruim 16 procent. In onderstaande figuur is een 3D-weergave van het warmteverlies per ruimte weergegeven. Hier is te zien dat de zolder van groen in grijs veranderd is. Dit betekent dat de zolder van verwarmd naar onverwarmd is gegaan.



Figuur 8 Warmteverlies zonder aanpassing

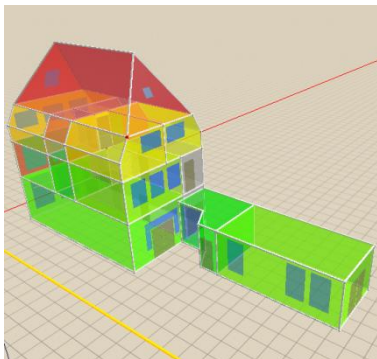


Figuur 9 Warmteverlies na aanpassing (Variant rapport, 2014)

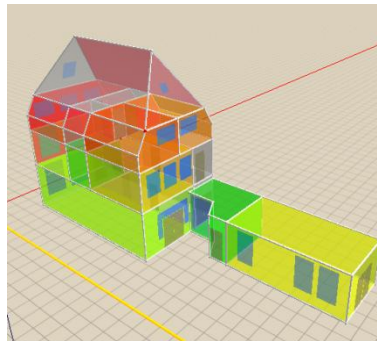
Het isoleren van de zoldervloer gaat samen met het isoleren van het schuine dak van de verdieping. Zonder dit stuk mee te nemen zou het effect van deze maatregel aanzienlijk minder zijn. Dit betekent een besparing van 589 m3 gas. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €3.523,- Dit betekent dat dit wordt terugverdiend in 9,2 jaar.

#### *Zilverstraat 28*

De gewenste situatie is ook voor dit pand ingevoerd in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 24,8 kW/s. Dit is een afname van 12,8 kW/s. Dit betekent een afname van ruim 34 procent. In onderstaande figuur is een 3D-weergave van het warmteverlies per ruimte weergegeven. Hier is te zien dat de zolder van groen in grijs veranderd is. Dit betekent dat de zolder van verwarmd naar onverwarmd is gegaan.



Figuur 10 Warmteverlies zonder aanpassing



Figuur 11 Warmteverlies na aanpassing (Variant rapport, 2014)

Deze investering betekent een besparing van 1.197 m<sup>3</sup> gas. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €3.625, -. Dit betekent dat dit wordt terugverdiend in 4,7 jaar.

### 8.3 Hellend dak

Uit de opname blijkt dat een groot deel van de constructie bestaat uit schuine delen. De daken zijn met uitzondering van Zilverstraat 39 slecht geïsoleerd. Bij de Zilverstraat 28 is het dak geheel ongeïsoleerd. Hier gaat veel warmte door de dakconstructie verloren. Deze variant is ook geschikt indien de zolder als verblijfsgebied wordt.

De huidige Rc-waarde van het hellend dak bij Eise Eisingastraat 17 is 1,68 m<sup>2</sup>xK/W en bij Zilverstraat 28 is dat 0,28 m<sup>2</sup>xK/W. Dit wordt met het na-isoleren verhoogd tot een Rc-waarde van 3,0 m<sup>2</sup>xK/W. Het dak van de Eise Eisingastraat 17 is redelijk geïsoleerd. Door extra aan de binnenkant te isoleren wordt de Rc-waarde verhoogd naar 4,5 m<sup>2</sup>xK/W. In onderstaande tabel zijn de oppervlakten weergegeven en de Rc waarden.

| Constructie deel                        | Zilverstraat 39 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Percentage omhulling metselwerk         | 42,8%           | 52,7%                 | 43,9%           |
| Percentage omhulling hellend dak        | 30,7%           | 24,6%                 | 21%             |
| Percentage omhulling begane grondvloer. | 17,6%           | 15,0%                 | 18,6%           |

| Constructie deel                 | Zilverstraat 39 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Gem. Rc-waarde metselwerk        | 0,28...0,41     | 0,41...0,65           | 1,66...1,79     |
| Gem. Rc-waarde hellend dak       | 2,51            | 1,68                  | 0,15            |
| Gem. Rc-waarde Begane grondvloer | 2,56            | 0,18                  | 1,57            |

(Opname rapport, 2014)

Het na-isoleren verdient normaal de voorkeur op het dakbeschot. Het dakbeschot blijft warm zodat inwendige condensatie uitgesloten is, nadeel is dat de uitvoering duurder is i.v.m. verwijderen van dakpannen. Echter bij een monumentale pand is het belangrijk dat



het gevelaanzicht niet aangetast wordt. Dan kan er gekozen worden om onder het dakbeschot te isoleren. Het is belangrijk dat aan de warme zijde van de constructie een dampremmende laag nauwkeurig aangebracht wordt om vochtproblemen te voorkomen.

#### *Eise Eisingastraat 17*

De situatie is ingevoerd in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 36,6 kW/s. Dit betekent een afname van 1,4 kW/s. Dit betekent een afname van 4 procent. Het isoleren van het schuine dak van de verdieping bedraagt een groot oppervlak. Dit betekent een grote investering. In gasverbruik betekent dit een besparing van 131 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €6.009,- Dit betekent dat dit wordt terugverdiend in 70,6 jaar.

#### *Zilverstraat 28*

De situatie is ingevoerd in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 36,6 kW/s. Het warmteverlies is afgenomen met 1,4 kW/s. Dit betekent een afname van 4 procent. Het na-isoleren van het schuine dak moet een investering van €6.685,- gedaan worden. Dit betekent dat dit wordt terugverdiend in 12,8 jaar.

## 8.4 Dichte geveldelen

Een belangrijk deel van het geveloppervlak bestaat uit metselwerk. Bij alle geobserveerde panden bestaan dichte geveldelen uit bakstenen. Deze hebben een lambda waarde van ongeveer 0,8 W/(mxK). Bij alle drie panden zijn de woningscheidende wanden slecht geïsoleerd waardoor veel warmteverlies optreedt, zie onderstaande tabel. Door de woningscheidende wanden te isoleren wordt de Rc-waarde verhoogd naar 3,0 m<sup>2</sup>K/W.

| Constructie deel                        | Zilverstraat 39 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Percentage omhulling metselwerk         | 42,8%           | 52,7%                 | 43,9%           |
| Percentage omhulling hellend dak        | 30,7%           | 24,6%                 | 21%             |
| Percentage omhulling begane grondvloer. | 17,6%           | 15,0%                 | 18,6%           |

| Constructie deel                 | Zilverstraat 39 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Gem. Rc-waarde metselwerk        | 0,28...0,41     | 0,41...0,65           | 1,66...1,79     |
| Gem. Rc-waarde hellend dak       | 2,51            | 1,68                  | 0,15            |
| Gem. Rc-waarde Begane grondvloer | 2,56            | 0,18                  | 1,57            |

(Opname rapport, 2014)

Het isoleren gebeurt aan de binnenkant van de wanden omdat dit de enige mogelijkheid is. Er zijn vele mogelijkheden om dit te realiseren, zoals Isolatie tegen wand, beplating d.m.v. stijl/ regelwerk of in een soort prefab systeem waarbij op kunststof basis isolatie elementen direct tegen de wand worden geplaatst.



#### *Eise Eisingastraat 17*

De Eise Eisingastraat 17 is in principe een vrijstaande woning. Tussen de zijwanden en de burens zit nog een ruimte van ongeveer 10 centimeter. Dit kan echter beschouwd worden als een geventileerde spouw. Om deze reden wordt alleen de voor- en achtergevel getoetst in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel wordt er een warmteverlies van 35,7 kW berekend. Het warmteverlies is afgenomen met 2,3 kW/s. Dit betekent een afname van 6 procent. Deze aanpassing betekent een transmissievermindering van 2,3 kW/s. in gasverbruik betekent dit 215 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €3.547, - Dit betekent dat dit wordt terugverdiend in 25,4 jaar.

#### *Zilverstraat 28*

De Zilverstraat 28 is een hoekwoning. Het is aan één zijde grenzend aan de woning van de burens. De zijwand(en) bij deze panden worden deels verwarmd door de aangrenzende wanden van de burens. Gevolg is dat er minder warmteverlies optreedt door deze wanden. Bij de Zilverstraat 28 wordt naast de voor- en achtergevel ook de zijwand getoetst in Vabi Elements.

- Voor- achtergevel: het warmteverlies is 37,1 kW/s. Dit is een afname van 0,5 kW/s. Dit betekent een afname van 1,4 procent.
- Zijwand: het warmteverlies is 36,6 kW/s. Dit is een afname van 1,0 kW. Dit betekent een afname van slechts 3 procent.

Een groot oppervlak van de woning zijn de gesloten delen. Door het isoleren van zowel de voor-, achtergevel en zijwand is dit een dure ingreep. Deze aanpassing betekent een transmissievermindering van 1,5 kW/s. Dit is relatief weinig omdat de wanden al matig geïsoleerd zijn. In gasverbruik betekent dit 234 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €6.333, - Dit houdt in dat dit wordt terugverdiend in 41,7 jaar.

## 8.5 Gevelopeningen

Tijdens de opnames is gebleken dat een groot deel van de gevelopeningen uit enkelglas bestaan. Enkelglas heeft een hoge U-waarde van 5,8 W/(m<sup>2</sup>xK) en oud dubbelglas 3,4 W/(m<sup>2</sup>xK). In deze paragraaf wordt onderzocht hoeveel energie bespaard kan worden als het enkelglas en oud dubbelglas wordt vervangen door een glassoort met een lagere U-waarde.

Door enkelglas te vervangen door restauratieglas wordt de U-waarde verlaagd van 5,8 naar 1,9 W/(m<sup>2</sup>xK). Een andere optie is om voorzetglas toe te passen, hierbij wordt de U-waarde van 5,8 verlaagd naar 2,0 W/(m<sup>2</sup>xK) indien deze is uitgevoerd met een coating.

Bij de Eise Eisingastraat 17 is oud dubbelglas geconstateerd. Dit wordt vervangen door HR++ glas met een U-waarde van 1,2. Deze variant is niet van toepassing bij de Zilverstraat 28. Bij dit pand zijn naast de enkele beglazing al ramen met HR++ glas aanwezig.

Het vervangen van enkelglas door restauratieglas en oud dubbelglas voor HR++ glas is redelijk simpel. De glaslatten worden eerst gedemonteerd waarna de kozijnspanning breder wordt gemaakt. Door de spanning breder te maken kan het nieuwe beter isolerende glas geplaatst worden. Met een voorzetraam krijgt het enkelglas één of meerdere extra lagen. Door de extra lagen verbeteren de thermische eigenschappen van het glas sterk. Naast de thermische verbetering wordt ook de geluids- en brandisolatie verbeterd. Voorzetglas kan aan de buiten- en binnenzijde geplaatst worden. Voor behoud van de monumentale waarde verdient de voorkeur om het aan de achterkant te plaatsen. Voorzetbeglazing wordt luchtdicht aangesloten aan het bestaande kozijn. Warme binnenlucht kan niet in de spouw tussen de glasvlakken komen, waardoor de thermische isolatie verhoogd wordt.

#### *Eise Eisingastraat 17*

Bij Eise Eisingastraat 17 wordt het enkelglas vervangen voor restauratie- of voorzetglas. Deze twee opties worden apart in Vabi Elements berekend. Het dubbelglas wordt vervangen voor HR++ glas.

- Restauratieglas: Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 35,7 kW/s. Het warmteverlies is afgenomen met 2,1 kW/s. Dit betekent een afname van 6 procent.
- Voorzetglas: Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 36,0 kW/s. Het warmteverlies is afgenomen met 2,0 kW/s. Dit betekent een afname van 5 procent.
- HR++ glas: Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 37,3 kW/s. Het warmteverlies is afgenomen met 0,7 kW/s. Dit betekent een afname van slecht 2 procent.

Door het vervangen van het enkel glas door renovatieglas wordt een besparing bereikt. Dit betekent een transmissievermindering van 2,3 kW/s. in gasverbruik betekent dit 215 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €2.733,- Dit houdt in dat dit wordt terugverdiend in 19,6 jaar.

Door het plaatsen van een voorzetraam bij het enkelglas wordt een transmissievermindering van 2,3 kW/s bereikt. In gasverbruik betekent dit 215 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €2.693, -. Dit betekent een terugverdientijd van 19,3 jaar.

Door het vervangen van het dubbel glas door een modernere HR++ variant wordt een besparing bereikt. Dit betekent een transmissievermindering van 0,7 kW/s. in gasverbruik betekent dit 65 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €1.331,- Dit betekent dat dit wordt terugverdiend in 31,2 jaar.

## Zilverstraat 28

Bij Zilverstraat 28 wordt het enkelglas vervangen voor restauratie- of voorzetglas. Deze twee opties worden apart in Vabi Elements berekend.

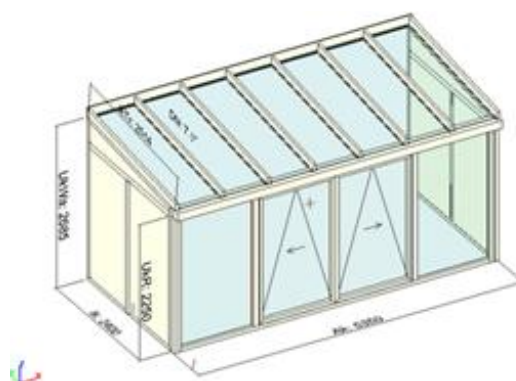
- Restauratieglas: Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 35,7 kW/s. Dit is een afname van 2,1 kW/s. Dit betekent een afname van 6 procent.
- Voorzetglas: Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 36,0 kW/s. Dit is een afname van 2,0 kW/s. Dit betekent een afname van 5 procent.

Door het vervangen van het enkel glas door renovatieglas wordt een besparing bereikt. Dit betekent een transmissievermindering van 1,7 kW/s. in gasverbruik betekent dit 159 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €1.682,-. Dit houdt in dat dit wordt terugverdiend in 16,3 jaar.

Door het plaatsen van een voorzetraam bij het enkelglas wordt een transmissievermindering van 1,7 kW/s bereikt. In gasverbruik betekent dit 159 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €1.526, -. Dit betekent een terugverdientijd van 14,8 jaar.

## 8.6 Serre

Serres worden vaak samengesteld uit aluminium kozijn- of vliesgevelprofielen. Een combinatie van beide systemen wordt vaak toegepast. Reden hiervoor is dat aan de dakconstructie eisen worden gesteld betreffende stijfheid van de profielen die met vliesgevelprofielen eenvoudiger te bereiken zijn dan met kozijnprofielen. Naast de kozijn- of vliesgevelprofielen bestaat de serre voornamelijk uit glas. Zie onderstaande afbeelding.



Figuur 12 Serre (Promi, 2014)

De vloerconstructie van een serre bestaat uit een fundering met daarop een betonvloer. Deze is afgewerkt met een cementdekvloer. De gevel bestaat grotendeels uit enkelglas. Dit wordt gedragen door aluminium profielen. Daarnaast bevat de serre delen die geopend kunnen worden om te ventileren.

Aan de achterkant van de Zilverstraat 28 wordt een onverwarmde serre geplaatst van twee verdiepingen hoog. Bij de Eise Eisingastraat 17 is het niet mogelijk om een serre achter huis te plaatsen daarom wordt dit niet meegenomen in vabi en het verdere onderzoek. De transparante delen zullen uit enkelglas bestaan.

#### *Zilverstraat 28*

Het energetisch effect van deze aanpassing wordt getoetst in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 34,8 kW/s. Dit is een afname van 2,8 kW/s. Dit betekent een afname van 7 procent. Het bouwen van een basisserre kost ongeveer €750 per m<sup>2</sup>. Een serre van 8m<sup>2</sup> kost ongeveer €6.000,-. Dit levert een besparing op van 318 m<sup>3</sup> gas. Dit betekent een terugverdientijd van 29,0 jaar.

### **8.7 Infiltratie verlagen**

Bij slecht geïsoleerde panden gaat veel warmte verloren door middel van infiltratie. De bewoners van Eise Eisingastraat 17 en Zilverstraat 28 hebben last van tochtklachten. Tocht komt voor bij zolders, daken, kozijnen en deuren.

Infiltratie kan verdeeld worden in kieren tussen bewegende delen en kieren tussen vaste delen. De naden en kieren kunnen met veel verschillende materialen afgedicht worden. De grootste bouwkundige ingreep die hierbij gepleegd wordt is het tijdelijk demonteren van de bestaande vensterbanken onder de kozijnen. Er wordt rondom de kozijnen een gesloten cellenband geplaatst. Dit wordt vervolgens afgewerkt met een elastische kit.

#### *Eise Eisingastraat 17*

De situatie is ingevoerd in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 32,6 kW/s. Dit is een afname van 5,4 kW/s. Dit betekent een afname van 14 procent. Door het verminderen van de kieren rond de kozijnen wordt de infiltratie van koude lucht verminderd. In gasverbruik betekent dit een besparing van 505 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €818, -. Dit houdt in dat dit wordt terugverdiend in 2,5 jaar.

#### *Zilverstraat 28*

De situatie is ingevoerd in Vabi Elements. Na het invoeren van de maatregel is het warmteverlies 31,2 kW/s. Dit is een afname van 6,4 kW/s. Dit betekent een afname van 17 procent. Door het verminderen van de kieren rond de kozijnen wordt de infiltratie van koude lucht verminderd. In gasverbruik betekent dit een afname van 655 m<sup>3</sup>. Hiervoor moet een investering gedaan worden van €1.011,- Dit houdt in dat dit wordt terugverdiend in 2,4 jaar.

## 8.8 Pelletkachel

Na alle bouwkundige ingrepen die moeten leiden tot een verbetering in de energieprestatie, zijn er tevens nog een aantal installatietechnische mogelijkheden die toepasbaar kunnen zijn in een monumentale woning. De eerste die behandeld wordt is de pelletkachel.

Een pelletkachel is een verbrandingskachel die voorziet in warmteafgifte aan de leefruimte en daarbij tevens de mogelijkheid biedt te voorzien in warm water voor het CV systeem. Een pelletkachel kan worden gebruikt als vervanger van de bestaande kachel of openhaard en geeft daarbij ook stralingswarmte die bij dergelijke warmtebronnen als positief wordt ervaren. Het grootste voordeel van de toepassing van een pelletkachel is de besparing die de alternatieve brandstof met zich meebrengt. De pellets zijn goedkoper dan gas wanneer er wordt gekeken naar de hoeveelheid energie die verkregen wordt per euro brandstof. (isolatie, 2011).



Figuur 13 Voorbeeld pelletkachel (Artel, 2014)

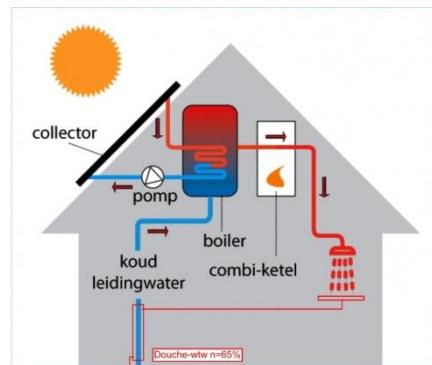


Figuur 14 Interne werking pelletkachel (Eco4you, 2014)

Wanneer er wordt uitgegaan van een basismodel kachel plus installatiekosten moet rekening worden gehouden met een investering van totaal €5000, -. Bij een pelletkachel zal slechts een deel van de benodigde warmte geleverd kunnen worden door de pelletkachel. Hierbij gaan we uit van een verhouding van 75% verwarmen, 22% tapwater en 3% koken in een gemiddeld huishouden. Voor de besparing wordt uitgegaan van de 75% gasverbruik voor verwarmen. Bij een gasverbruik van 3500 m<sup>3</sup> betekent dat een besparing van  $(3500\text{m}^3 \times 0,75) \times €0,275 = €721,-$  per jaar (Duurzamerenovatienetwerk, 2014).

## 8.9 Zonneboiler

Een van de mogelijkheden om zonne-energie te benutten in de woning is het toepassen van een zonneboiler. Een zonneboiler maakt gebruik van een collector die op het dak is geplaatst en daarbij warmte cumuleert om deze af te geven aan een watercircuit. Dit watercircuit staat vervolgens in verbinding met de CV ketel om zodoende te voorzien in warm water voor de centrale verwarming en het tapwater. In de onderstaande figuur is de werking weergegeven.



Figuur 15 Werking zonnecollector i.c.m. boiler (Praktischduurzaam, 2014)

De bijdrage die een zonneboiler levert is sterk afhankelijk van de opstelling van de collector en de hoeveelheid beschikbare zonnestraling. Uit de praktijk blijkt dat een zonnecollector met een oppervlak van 3m<sup>2</sup> gemiddeld een besparing op levert van 150m<sup>3</sup> tot 200m<sup>3</sup> gas. (rijksoverheid energiebesparing, 2014)

Uitgaande van een besparing van 200m<sup>3</sup> gas is de besparing 175m<sup>3</sup> x €0,65 = €114,- per jaar. De aanschaf van een zonneboiler inclusief installatie en btw. ligt op €2000, -. De terugverdientijd van een dergelijke oplossing komt dan op ongeveer 17 jaar. Echter kan een stijging van de gasprijs nog een verbetering betekenen van de terugverdientijd van een zonneboiler.

### 8.10 Douche WTW

Een douche warmte terug winning systeem zorgt ervoor dat aan het warme douchewater warmte wordt onttrokken dat direct kan worden gebruikt voor de verwarming van het douchewater of indirect kan worden toegevoerd aan de CV ketel als voorverwarmd water. Het systeem voorkomt het verlies van warmte in het douchewater dat terecht komt in het riool.

Een rendement van tussen de 40% en 50 % is haalbaar met een douche wtw system. Bij een gemiddeld jaarlijks verbruik van gas tijdens het douchen, bedraagt in Nederland ongeveer 60m<sup>3</sup> per jaar. Dit resulteert in een besparing van 24m<sup>3</sup> gas per persoon per jaar. (Bron itho,2014)

Het aanleggen van een Douche WTW zal ongeveer €740, - kosten. Dit levert naar verwachting een besparing op van 96m<sup>3</sup> gas per jaar tegen een prijs van €0,65 per m<sup>3</sup>. De investering zal terug worden verdiend in een tijd van 11,9 jaar.

### 8.11 Verplaatsen CV

Door het verplaatsen van de CV naar een andere locatie, kan er een besparing gerealiseerd worden. Door het verplaatsen wordt het leidingnetwerk ingekort. Ook kan er hierdoor een dunnere buis toegepast worden. Dit betekent dat er minder energieverlies plaats vindt.

## 8.12 Conclusie

De genoemde oplossingen zorgen allemaal voor een besparing van energie. Om deze besparing te kunnen bereken worden de bouwkundige oplossingen in het model van Vabi Elements gezet. Deze data zijn samengevat in onderstaande tabel. De installatietechnische ingrepen zijn hier niet in gemodelleerd omdat Vabi Elements deze optie niet beschikbaar stelt.

| Energiebesparing           |                       |                 |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|
| Aanpassing                 | Eise Eisingastraat 17 | Zilverstraat 28 |
| Isoleren zoldervloer       | 6,3 kW/s              | 12,8 kW/s       |
| Hellend dak isoleren       | 1,4 kW/s              | 8,7 kW/s        |
| Dichte geveldelen isoleren | 2,3 kW/s              | 0,5 kW/s        |
| Vervangen dubbel glas      | 0,7 kW/s              | -               |
| Vervangen enkel glas       | 2,1 kW/s              | 1,7 kW/s        |
| Enkel glas met voorzetglas | 2,0 kW/s              | 1,7 kW/s        |
| Serre aanbouw              | -                     | 2,8 kW/s        |
| Infiltratie verminderen    | 5,4 kW/s              | 6,4 kW/s        |

### *Zoldervloer*

Door het isoleren van de zoldervloer wordt een energiebesparing van 17% bij de Eise Eisingastraat 17 en 34% bij de Zilverstraat 28. Bij deze ingreep blijft de historische waarde behouden. Deze ingreep is terug te verdienen in 9,2 jaar voor de Eise Eisingastraat 17 en in 4,7 jaar voor de Zilverstraat 28.

### *Hellend dak*

Deze aanpassing is in vergelijking met de vorige aanpassing relatief duur. Ook wordt er met deze maatregel een lagere besparing behaald. Dit betekent dat deze maatregel minder rendabel is. Ook zal de dakconstructie aangepast worden, wat zorgt voor een aantasting van de historische waarde.

### *Dichte geveldelen*

Voor de Eise Eisingastraat 17 wordt met deze maatregel een energiebesparing van 6% behaald. Voor de Zilverstraat is dit maar ruim 4%, omdat deze al matig geïsoleerd is. De terugverdientijd is voor beide panden meer dan 25 jaar. Bij deze oplossing is de bouwkundige ingreep groot, terwijl de effecten relatief klein zijn. Ook moet hiervoor een vergunning aangevraagd worden.

### *Gevelopeningen*

De energetische verlaging is bij beide panden ongeveer gelijk. Het vervangen van enkel- en (oud) dubbelglas is een bouwkundige ingreep waarbij de historische waarde aangetast wordt. De schade blijft echter beperkt en is nauwelijks zichtbaar. Voordeel is dat het comfort verbeterd wordt. De terugverdientijd is voor beide panden niet rendabel.

### *Serre*

Het plaatsen van een serre vergt een redelijke ingreep aan de woning. Ook zal deze aanpassing hoge kosten met zich meebrengen. Daarnaast is het energetische effect matig. Door het bouwen van een serre wordt het leefoppervlak van de woning vergroot. Deze ruimte is al vanaf het vroege voorjaar te gebruiken. De terugverdientijd is lang, ongeveer 30,8 jaar.

### *Infiltratie*

Door aan de binnenkant de infiltratie verliezen rondom gevelopeningen aan te pakken wordt bij beide panden de energieverliezen beperkt. Daarnaast wordt de “valse” ventilatie beperkt. De bouwkundige ingreep is klein en de tochtproblemen worden aangepakt. Voor de historische waarde is dit ook gunstig, het gevelaanzicht wordt niet aangetast. Doordat het een kleine ingreep is, is het voor beide panden al in 2,5 jaar terug te verdienen.

### *Pelletkachel*

Een pelletkachel zorgt niet voor een energie verlaging. Door de alternatieve brandstof wordt er bespaard op de kosten van gas. Het comfort wordt verhoogd omdat de warmtestraling van een houtkachel positiever wordt ervaren dan de straling van een radiator. De kleine bouwkundige ingreep heeft geen nadelig gevolgen voor de historische waarde. Voor beide panden is de terugverdientijd ongeveer 6,9 jaar.

### *Zonneboiler*

Een zonneboiler kan resulteren in een verlaging van gasverbruik met een hoeveelheid van 150 m<sup>3</sup> tot 200 m<sup>3</sup>. Doordat een zonneboiler werkt in combinatie met een collector op het dak, geeft dit een negatief effect op het aanzicht van het monument. Wanneer de collector buiten zicht ligt is er geen aantasting op de historische waarde. De investering is in ongeveer 17 jaar terug verdiend.

### *WTW*

De energieverlaging van het gebruik van een douche WTW bedraagt ongeveer 24 m<sup>3</sup> per persoon per jaar. Het installeren van een douche WTW vraagt om een kleine bouwkundige ingreep die op gebied van comfort geen winst oplevert. De historische waarde wordt met deze ingreep niet aangetast. De terugverdientijd van een douche WTW is in ongeveer 11,9 jaar.



### 8.13 Beoordeling maatregelen

Om tot een keuze te komen worden alle oplossingen met elkaar vergeleken. Bij het vergelijken worden verschillende beoordelingscriteria aangehouden. Er zal gekeken worden naar de energieverlaging, het comfort, de regelgeving, de historische waarde, de complexiteit van de bouwkundige ingreep en de terugverdientijd. In onderstaande tabellen is per woning weergegeven hoe deze criteria beoordeeld zijn. Een onderbouwing van deze tabel is te vinden in het variant uitwerkingen rapport.

| Eise Eisingastraat 17        |                            |                   |                         |                     |                      |                                |                          |             |                       |                       |
|------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| Variant                      | Energie<br>gebruik<br>[kW] | Verlaging<br>[kW] | Investerings-<br>kosten | Gasverbruik<br>[m3] | Gasbesparing<br>[m3] | Terugverdiend<br>tijd in jaren | Leefbaarheid/<br>comfort | Regelgeving | Historische<br>waarde | Bouwkundig<br>ingreep |
| <b>Huidige situatie</b>      | 38,0                       |                   |                         | 3554                |                      |                                |                          |             |                       |                       |
| <b>Bouwkundig</b>            |                            |                   |                         |                     |                      |                                |                          |             |                       |                       |
| <b>Zoldervloer</b>           | 31,7                       | 6,3               | 3.523                   | 2965                | 589                  | 9,2                            | +                        | -           | +                     | -                     |
| <b>Hellend dak</b>           | 36,6                       | 1,4               | 6.009                   | 3423                | 131                  | 70,6                           | +                        | -           | +                     | -                     |
| <b>Dichte geveldelen</b>     | 35,7                       | 2,3               | 3.547                   | 3339                | 215                  | 25,4                           | +/-                      | -           | ++                    | -                     |
| <b>Restauratieglas</b>       | 35,7                       | 2,1               | 3.393                   | 3339                | 215                  | 24,3                           | ++                       | -           | - -                   | +/-                   |
| <b>Voorzetglas</b>           | 36,0                       | 2,0               | 2.693                   | 3339                | 215                  | 19,3                           | ++                       | +           | +/-                   | +                     |
| <b>HR++ glas</b>             | 37,3                       | 0,7               | 1.593                   | 3488                | 65                   | 37,4                           | ++                       | -           | - -                   | +/-                   |
| <b>Infiltratie verlaging</b> | 32,6                       | 5,4               | 818                     | 3049                | 505                  | 2,5                            | +                        | +           | +/-                   | +/-                   |
| <b>Installatietechnisch</b>  |                            |                   |                         |                     |                      |                                |                          |             |                       |                       |
| <b>Pelletkachel</b>          | n.v.t.                     | n.v.t.            | 3000                    | -                   | -                    | -                              | +                        | +           | ++                    | +/-                   |
| <b>Zonneboiler</b>           | n.v.t.                     | n.v.t.            | 2000                    | n.v.t.              | 175                  | 17,6                           | -                        | -           | -                     | -                     |
| <b>Douche WTW</b>            | n.v.t.                     | n.v.t.            | 740                     | n.v.t.              | 96                   | 11,9                           | -                        | -           | +/-                   | +/-                   |

(Variant rapport, 2014)

++ = zeer goed  
 + = goed  
 +/- = redelijk  
 - = slecht  
 - - = zeer slecht

| Zilverstraat 28              |                      |                |                    |                  |                   |                           |                      |             |                    |                    |
|------------------------------|----------------------|----------------|--------------------|------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| Variant                      | Energie gebruik [kW] | Verlaging [kW] | Investeringskosten | Gasverbruik [m3] | Gasbesparing [m3] | Terugverdientijd in jaren | Leefbaarheid/comfort | Regelgeving | Historische waarde | Bouwkundig ingreep |
| <b>Huidige situatie</b>      | 37,6                 |                |                    | 3516             |                   |                           |                      |             |                    |                    |
| <b>Bouwkundig</b>            |                      |                |                    |                  |                   |                           |                      |             |                    |                    |
| <b>Zoldervloer</b>           | 24,8                 | 12,8           | 3.625              | 2319             | 1197              | 4,7                       | +                    | -           | +                  | -                  |
| <b>Hellend dak</b>           | 29,0                 | 8,7            | 6.686              | 2712             | 804               | 12,8                      | +                    | -           | +                  | -                  |
| <b>Dichte geveldelen</b>     | 36,1                 | 1,5            | 6.333              | 3.283            | 234               | 41,7                      | +/-                  | -           | +/-                | --                 |
| <b>Restauratieglas</b>       | 36,5                 | 1,7            | 1923               | 3357             | 159               | 18,6                      | ++                   | -           | --                 | +/-                |
| <b>Voorzetglas</b>           | 35,9                 | 1,7            | 1526               | 3357             | 159               | 14,8                      | ++                   | +           | +/-                | +                  |
| <b>Serre</b>                 | 34,8                 | 2,8            | 6000               | 3255             | 299               | 30,8                      | ++                   | -           | -                  | --                 |
| <b>Infiltratie verlaging</b> | 31,2                 | 6,4            | 1012               | 2918             | 636               | 2,5                       | +                    | +           | +/-                | +/-                |
| <b>Installatietechnisch</b>  |                      |                |                    |                  |                   |                           |                      |             |                    |                    |
| <b>Pelletkachel</b>          | n.v.t.               | n.v.t.         | 3000               | -                | -                 | -                         | +                    | +           | ++                 | +/-                |
| <b>Douche WTW</b>            | n.v.t.               | n.v.t.         | 740                | n.v.t.           | 96                | 11,9                      | -                    | -           | +/-                | +/-                |

(Variant rapport, 2014)

++ = zeer goed  
 + = goed  
 +/- = redelijk  
 - = slecht  
 -- = zeer slecht

## 8.14 conclusie

*Welke bouwkundige, bouwfysische en installatietechnische maatregelen zijn er mogelijk om het energieverbruik op een zo duurzaam mogelijke manier te verminderen?*

*Welke energiebesparing wordt er met de maatregelen behaald?*

*Wat zijn de gevolgen van de voorgestelde maatregelen op de monumentale waarde van deze panden?*

*Wat zijn de financiële consequenties van de voorgestelde maatregelen?*

De maatregelen zijn op basis van de opname geïnterpreteerd en in deze fase geanalyseerd. De te behalen besparing is doorgerekend, de effecten op het monument zijn omschreven en tevens de financiële consequenties uitgedrukt in rendabiliteit zijn naar voren gekomen.

## 9. Aanbevelingen

### 9.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn een aantal bouwkundige en installatietechnische ingrepen behandeld die het energieverbruik van de panden aan de Eise Eisingastraat 17 en de Zilverstraat 28 verlagen. Bij elke oplossing zijn de energieverlaging, terugverdientijd en investeringskosten, het comfort, de regelgeving, de historische waarde en bouwkundige ingreep meegewogen. Uit de conclusie blijkt dat iedere oplossing voor- en nadelen heeft.

Tijdens dit onderzoek is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

*“Hoe kan het energiegebruik van de monumentale panden aan de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 39 in de binnenstad van Franeker worden verlaagd tot een energieprestatiecoëfficiënt van 0,6 met waarborging van de monumentale waarde?”*

Door bouwkundig of installatietechnisch in te grijpen kan het energieverbruik van de onderzochte panden verlaagd worden. De energieverlaging verbetert de energieprestatie van de panden, dit is terug te zien in de EPC en het energielabel. De hoofdvraag zal in dit hoofdstuk beantwoordt worden.

### 9.2 Gekozen oplossing voor Eise Eisingastraat 17

Er is voor de Eise Eisingastraat 17 gekozen om de zoldervloer te isoleren, de infiltratie te verlagen en het enkel- en dubbel glas te vervangen. Daarnaast wordt de CV ketel verplaatst van de zolder naar de 1<sup>e</sup> verdieping boven de keuken. Hieronder wordt de keuze nader toegelicht.

#### *Zoldervloer*

Er is gekozen voor het isoleren van de zoldervloer omdat deze t.o.v. andere oplossingen het energieverbruik van de woning het meest reduceert, namelijk 6,3 kW/s. Door de grote energiewinst zijn de investeringskosten binnen 9,2 jaar terugverdiend. De monumentale waarde wordt bij deze bouwkundige ingreep niet aangetast, daarbij is de constructie demonteerbaar.

#### *Infiltratie verlaging*

Door de infiltratie rondom gevelopeningen te verlagen wordt de luchtdichtheid van het pand verbeterd. Het energieverbruik wordt met 5,4 kW/s verlaagd. Andere voordelen zijn dat het een middelmatig bouwkundige ingreep is die snel terugverdiend wordt (2,5 jaar) waarbij ook het comfort aanzienlijk verbeterd wordt. Het gevelbeeld wordt met deze oplossing niet aangetast.

### *Gevelopeningen*

Door het vervangen van het oude dubbel glas door HR++ glas wordt op de begane grond de koudestraling in de kamer beperkt. Daarnaast wordt de isolatiewaarde ook verhoogd. Financieel gezien is deze optie niet rendabel. Toch wordt hiervoor gekozen omwille van de comfortverbetering. De energieverlaging is met 0,7 kW/s voor deze ingreep niet hoog.

Door het vervangen van het enkel glas door restauratie glas op de verdiepingen wordt het binnenklimaat aanzienlijk verbeterd. De binnentemperatuur wordt beter beheersbaar en er zal er minder koude straling optreden. Deze comfort verbeterende ingreep wordt gekozen ondanks de slechte terugverdientijd van deze investering. De energieverlaging is met deze ingreep 2,1 kW/s.

### *CV Ketel*

Door het verplaatsen van de CV ketel wordt de afstand tot de tappunten verkleind. Hierdoor gaat er in het leidingtracé minder energie verloren tijdens het verplaatsen van opgewarmd tapwater. Daarnaast kan er gekozen worden om dunnere leidingen te gaan toepassen naar de tappunten. Ook hier wordt energie mee bespaard. Deze maatregel heeft een positieve invloed op EPC.

### *Combinatie oplossingen*

Bij deze variant is er gekozen om de zoldervloer te isoleren, de infiltratie te verlagen en het enkel en dubbelglas te vervangen. Bij al deze maatregelen hoort een investering van €9.327, - bij. Dit betekent een energiereductie van 38%, in gasverbruik is dit 1375 m<sup>3</sup>. De terugverdientijd is 10,4 jaar.

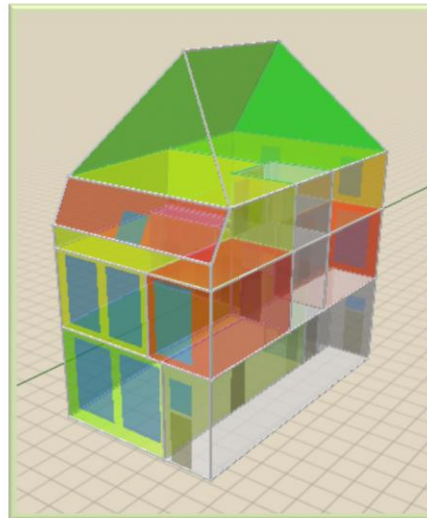
Bij deze berekening is geen rekening gehouden met de kosten en besparingen van het verplaatsen van de CV ketel. Dit omdat de exacte investeringskosten en exacte gasbesparing niet nauwkeurig genoeg te bepalen zijn. Wel levert dit in de EPC een besparing op waardoor deze optie meegenomen is.

# Energiemaatregelen Eise Eisingastraat 17

## Overzicht blad



Voorgevel Eise Eisingastraat 17



Vabi transmissiemodel

### Toegepaste oplossingen

- Zoldervloer isoleren met min. Rc 3,0 m<sup>2</sup>xK/W
- Enkelglas vervangen met restauratieglas U = 1,9 W/(m<sup>2</sup>xK)
- Dubbelglas vervangen met HR++ glas U = 1,2 W/(m<sup>2</sup>xK)
- Enkel infiltratie verbetering rondom gevelopeningen, cellenband aan binnenkant
- CV ketel verplaatsen

### Reductie

Energie reductie van totaal 38%. Dit staat gelijk aan 1375 m<sup>3</sup> gas op jaarbasis.

### Besparing na ingreep

| Aanpassing                 | Besparing |
|----------------------------|-----------|
| Isoleren zoldervloer       | 6,3 kW/s  |
| Hellend dak isoleren       | 1,4 kW/s  |
| Dichte geveldelen isoleren | 2,3 kW/s  |
| Vervangen dubbel glas      | 0,7 kW/s  |
| Vervangen enkel glas       | 2,1 kW/s  |
| Enkel glas met voorzetglas | 2,0 kW/s  |
| Serre aanbouw              | -         |
| Infiltratie verminderen    | 5,4 kW/s  |
| <b>gekozen oplossingen</b> |           |



### Behaalde EPC en label

### 9.3 Gekozen oplossing voor Zilverstraat 28

Er is voor de Zilverstraat 28 gekozen om de zoldervloer te isoleren, de infiltratie te verlagen en het enkel glas te vervangen. Met deze opties wordt een goede energieprestatie gehaald en een aangenaam binnenklimaat. Hieronder worden de keuzes nader toegelicht. De bouwkundige uitwerking hiervan is te lezen in de bijlage bouwkundige uitwerkingen.

#### *Zoldervloer*

Er is gekozen voor het isoleren van de zoldervloer omdat deze t.o.v. andere oplossingen het energieverbruik van de woning het meest reduceert, namelijk 12,8 kW/s. Door de grote energiewinst zijn de investeringskosten binnen 4,7 jaar terugverdiend. De monumentale waarde wordt bij de bouwkundige ingreep niet aangetast, daarbij is de constructie demonteerbaar.

#### *Infiltratie*

Door de infiltratie rondom gevelopeningen te verlagen wordt de luchtdichtheid van het pand verbeterd. Het energieverbruik wordt met 6,4 kW/s verlaagd. Andere voordelen zijn dat het een middelmatig bouwkundige ingreep is die snel terugverdiend wordt (2,5 jaar) waarbij ook het comfort aanzienlijk verbeterd wordt. Het gevelbeeld wordt met deze oplossing niet aangetast.

#### *Gevelopeningen*

Door het vervangen van het enkel glas door restauratie glas in de achtergevel wordt het binnenklimaat aanzienlijk verbeterd. De binnentemperatuur wordt een stuk beter beheersbaar en er zal er minder koude straling optreden. Deze comfortverbetering wordt gekozen ondanks de slechte terugverdientijd van deze investering. De energieverlaging is met deze ingreep 1,7 kW/s.

#### *Combinatie oplossingen*

Bij deze variant is er gekozen voor het isoleren van de zoldervloer, het vervangen van het enkel glas en het verlagen van de infiltratie. Bij het kiezen voor al deze maatregelen hoort een investering van €6.559, - bij. Dit betekent een energiereductie van 56%, in gasverbruik is dit 1.992 m<sup>3</sup>. De terugverdientijd van deze oplossing is 5,1 jaar.

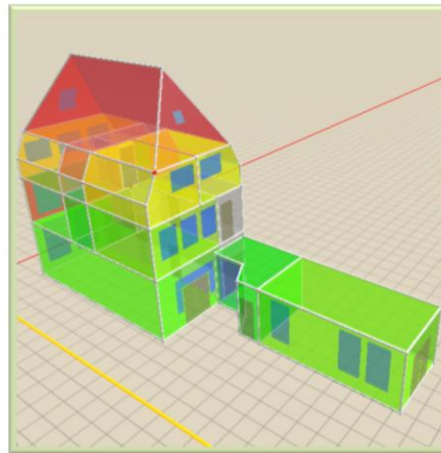


# Energiemaatregelen Zilverstraat 28

## Overzicht blad



Voorgevel Zilverstraat 28



Vabi transmissiemodel

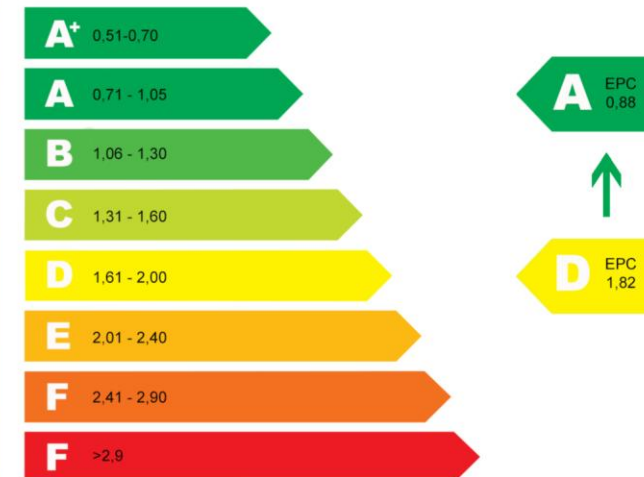
### Toegepaste oplossingen

- Zoldervloer isoleren met min.  $R_c 3,0 \text{ m}^2\text{xK/W}$
- Enkelglas vervangen met restauratieglas  $U = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{xK})$
- Enkel infiltratie verbetering rondom gevelopeningen, cellenband aan binnenkant

### Reductie

Energie reductie van totaal 56%. Dit staat gelijk aan 1992 m3 gas op jaarbasis.

| Besparing na ingreep       |           |
|----------------------------|-----------|
| Aanpassing                 | Besparing |
| Isoleren zoldervloer       | 12,8 kW/s |
| Hellend dak isoleren       | 8,7 kW/s  |
| Dichte geveldelen isoleren | 0,5 kW/s  |
| Vervangen dubbel glas      | -         |
| Vervangen enkel glas       | 1,7 kW/s  |
| Enkel glas met voorzetglas | 1,7 kW/s  |
| Serre aanbouw              | 2,8 kW/s  |
| Infiltratie verminderen    | 6,4 kW/s  |
| <b>gekozen oplossingen</b> |           |



Behaalde EPC en label

## 9.4 AfgevalLEN opties

Niet alle besproken opties zijn realistisch om te kiezen, sommige zijn te duur of andere tasten de monumentale waarde aan. In deze paragraaf zal een korte samenvatting gegeven worden van de gemaakte afwegingen.

Het isoleren van dichte geveldelen is voor beide panden afgevalLEN omdat door de relatief lage energiewinst deze optie een lange terugverdientijd heeft. Hierin heeft ook meegespeeld dat de bewoners liever geen grote bouwkundige ingrepen willen doen. Daarnaast zijn de wanden van de Zilverstraat 28 ook al matig geïsoleerd. Het isoleren van het hellend dak is in basis een goede optie. Deze optie is echter afgevalLEN omdat het efficiënter is om de zoldervloer te isoleren. Voor een pand waar de zolderruimte een verblijfsfunctie heeft wordt deze optie wel aanbevolen i.p.v. de zoldervloer te isoleren. De optie serre is afgevalLEN omdat de terugverdientijd erg hoog is. Daarnaast is het een rigoureuze verandering van de woning. Hiervoor zal iedere bewoner zelfstandig moeten kiezen om hiermee de woning uit te breiden en het comfort te verhogen. Bij het pand Eise Eisingastraat 17 is het door gebrek aan ruimte onmogelijk om aan de achterkant een serre te plaatsen.

De installatie optie pelletkachel is voor zowel de Eise Eisingastraat 17 en Zilverstraat 28 een grote meerwaarde te benoemen. Echter wanneer we kijken naar het doel van energieverlaging, past de pelletkachel niet binnen de doelstelling. Ook vraagt de keuze voor een pelletkachel op CV een redelijke ingreep in de woning en een grote investering. De optie zonneboiler is afgevalLEN omdat door de lange terugverdientijd het niet rendabel is om een zonneboiler aan te schaven. Dit komt omdat de daken niet gunstig genoeg gelegen zijn. Daarnaast is de pand Zilverstraat 28 al uitgerust met een zonneboiler. Voor zowel de Eise Eisingastraat 17 en de Zilverstraat 28 is er bij het toepassen van een douche WTW slecht sprake van een kleine besparing en een redelijk lange terugverdientijd. Hoewel het zeker rendabel is, blijft het een afweging tussen kosten en baten. Daarnaast bevat de Eise Eisingastraat 17 een oude badkamer, waar de bewoner veel waarde aan hecht, die lastig te herstellen is.

## 9.5 Invloed energieprestatiecoëfficiënt

In de probleefase is voor beide panden een EPC berekening gemaakt. De Eise Eisingastraat 17 heeft zonder aanpassingen een EPC van 1,92. Dit betekent een D label. De Zilverstraat 28 heeft zonder aanpassingen een EPC van 1,82. Dit is ook een D label. Bij het doorvoeren van de aanbevolen oplossingen zal de energieprestatie voor beide panden worden verbeterd.

De nieuwe EPC voor Eise Eisingastraat 17 wordt 1,30. Dit betekent dat er een B label behaald wordt. Bij dit pand is het lastig om de EPC verder te verlagen zonder grote ingrepen te doen en ingrepen die de bewoner niet wenst.

## 9.6 Conclusie

Het totale onderzoek heeft geleid tot inzichten met betrekking tot de doelstelling en de daarbij behorende hoofdvraag. De verkregen informatie en de data zijn in de voorgaande hoofdstukken geanalyseerd om deze hoofdvraag op een zó volledige manier te kunnen beantwoorden. De opgestelde hoofdvraag luidt als volgt:

*“Hoe kan het energiegebruik van de monumentale panden aan de Eise Eisingastraat 17, de Zilverstraat 28 en de Zilverstraat 39 in de binnenstad van Franeker worden verlaagd tot een energieprestatiecoëfficiënt van 0,6 met waarborging van de monumentale waarde?”*

Bij Eise Eisingastraat 17 wordt met de aanbevolen oplossingen een nieuwe EPC waarde van 1,3 gehaald, dit is hoger dan het in de hoofdvraag opgestelde doel van 0,6. Voor Zilverstraat 28 is de nieuwe EPC waarde 0,88 dit is hoger dan in het in de hoofdvraag opgestelde doel van 0,6. Geconcludeerd betekent dit dat voor beide panden de energieprestatiecoëfficiënt van 0,6 niet behaald wordt.

Echter de aanbevolen oplossingen zorgen wel dat de energieprestatie sterk verbeterd wordt zodat het energieverbruik sterk verlaagd wordt. Beide panden hadden een EPC label D. Als de aanbevolen oplossingen worden doorgevoerd zal dit voor Eise Eisingastraat 17 een EPC B label opleveren en voor Zilverstraat 28 een EPC A label.

## 10. Discussie

### 10.1 Behalen doelstelling

Aan het begin van het onderzoek is onderstaande doelstelling geformuleerd:

*Energieverbruik van monumentale panden in de binnenstad van Franeker te verlagen, waarbij wooncomfort wordt gewaarborgd. De oplossingen zowel in het bouwkundige, installatietechnische en bouwfysische opzicht moeten afgestemd zijn op het gebruik en de gebruikers. Daarbij moet een energieprestatiecoëfficiënt van 0.6 worden nagestreefd.*

Met de uit het onderzoek verkregen resultaten voor de aanpassing van twee monumentale panden voldoen we aan de gestelde doelstelling. Hoewel we de energieverlaging niet voor heel Franeker hebben kunnen onderzoeken, bieden de gekozen werkwijze en de geresulteerde oplossingen voldoende aanknopingspunten. Deze kunnen in een vervolgonderzoek of in de realisatie worden vertaald naar andere monumentale panden om in Franeker een brede doelstelling te behalen.

In de voorgedragen oplossingsvarianten is rekening gehouden met van toepassing zijnde bouwkundige, installatietechnische en bouwfysische aspecten. Ook zijn eisen en wensen van de gebruikers meegenomen in het afwegingsproces.

Tot slot bleek de gestelde streefwaarde ten aanzien van de energieprestatie zeer ambitieus. Los van alle meegewogen factoren is een EPC van 0,6 te realiseren. Echter zou dit ten koste gaan van monumentale waarde en de rendabiliteit. De streefwaarde heeft van het onderzoek verlangd ambitieus te zijn echter leunen de uitkomsten sterk op realiseerbaarheid en haalbaarheid.

### 10.2 Goede punten

Terugkijkend op het onderzoek kunnen een aantal zaken worden benoemd als positieve punten. Een sterk punt van het uitgevoerde onderzoek is de grote mate van realiseerbaarheid. De adviezen en uitkomsten vragen geen enorme bouwkundige ingrepen of hoge investeringen. Dit vertaalt zich vervolgens ook naar een rendabele terugverdientijd.

De gekozen oplossingen zullen door hun geringe omvang en lage complexiteit ook kunnen rekenen op draagvlak binnen de beoogde doelgroep in Franeker.

Daarnaast is er in de uitkomsten een gewogen afweging tot stand gekomen die rekening houdt met alle spelende uitgangspunten en voorwaarden.

Deze onderzoeksresultaten bieden tevens de mogelijkheid om vertaald te worden naar monumentale panden in de binnenstad van Franeker zonder een woonfunctie. Te denken valt aan bedrijfspanden, winkelpanden en kantoren.

### 10.3 Aandachtpunten

In het onderzoek is geprobeerd om de invloed van de eisen en wensen van de bewoners mee te nemen in het onderzoek. Het daarvoor gehouden interview met een drietal bewoners gaf daarbij echter niet een eenduidig beeld van de invloed van energetische maatregelen en de mate van comfort die de bewoners wensen en ervaren.

In een vervolgonderzoek zou wellicht een uitgebreider onderzoek plaats moeten vinden naar de wijze waarop het comfort zich vertaalt in gedragingen van bewoners.

### 10.4 Vervolgonderzoek

In een vervolgonderzoek kan er aandacht worden besteed aan het verder vertalen van de resultaten naar heel Franeker en wellicht naar landelijk niveau. Daaruit moet blijken of de aangedragen oplossingen toepasbaar zijn op andere woningen of panden met een grotere verscheidenheid aan kenmerken.

Hoewel dit onderzoek een bijdrage levert aan de doelstelling van het initiatief van WERF, is dit slechts één van de vele aspecten die bijdragen aan de grotere doelstelling voor een duurzamer Franeker. Eenzelfde verbetering van monumentale panden zonder woonfunctie kan een volgende stap zijn in het totaal proces.

WERF zoekt naar oplossingen voor alle panden in de binnenstad van Franeker. Tijdens dit onderzoek is er maar naar een beperkt aantal woningen gekeken waarvoor specifieke oplossingen gezocht zijn. Door het analyseren van de thermografie van de voorgevels en door het analyseren van het communicatieplan “frjentsjer tegearre duorsum” kan geconcludeerd worden dat de verschillende panden op een aantal punten gelijkenissen vertonen. Mogelijk betekent dit dat de oplossingen voor deze woningen ook goed toepasbaar zijn. Wel zal dit in een vervolgonderzoek verder onderzocht moeten worden.

## Literatuurlijst / bronvermelding

### Rapporten

(Opname rapport, 2014) Talsma, N. Rozenberg, F. & de Kroon, Kevin. (mei, 2014) Energiek Franeker technische opname.

(Variant rapport, 2014) Talsma, N. Rozenberg, F. & de Kroon, Kevin. (mei, 2014) Energiek Franeker technische opname.

(Vooronderzoek, 2014) Talsma, N. Rozenberg, F. & de Kroon, Kevin. (juni, 2014) Energiek Franeker vooronderzoek rapport.

### Websites

(Rijksoverheid, 2014) Rijksoverheid monument wet 1988 & gasnetwerk. Geraadpleegd op 11 maart 2014. [www.rijksoverheid.nl](http://www.rijksoverheid.nl)

(brand, 2014) Verdeling energieverbruik. Geraadpleegd op 3-6-14.  
<http://www.brandnewenergy.nl/vragen/lagere-energiekosten/>

(CBS, 2014) Bevolking, huishoudens en bevolkingsontwikkeling vanaf 1899. Geraadpleegd op 13-04-14.  
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37556&D1=50&D2=1,26,51,76,101,111-114&VW=T>

(EnergieLabel, 2014) Afbeelding energielabel van woningen. Geraadpleegd op 28 mei 2014.  
<http://www.energielabel.nl/woningen>

(Google maps, 2014) Plattegrond binnenstad Franeker. Geraadpleegd op 2-04-14.  
<https://www.google.nl/maps/place/Franeker/@53.1834343,5.5476749,7629m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x47c8e157ced7d29b:0xdab2610f3e2f0bb8>

(Promi, 2014) PROMI BV Kunststoftechniek. Geraadpleegd op 29 april 2014. [www.promi.nl](http://www.promi.nl)

(isolatie, 2011). Kieren en naden. Geraadpleegd op 3 mei 2014. <http://www.isolatie.org/naden-kieren.htm>

(Artel, 2014) Artel pelletkachel. Geraadpleegd op 15 mei 2014.  
<http://www.eco4you.nl/TrueStars/Media/Eco4you/Eco4you/pelletkachels/Doorsnede-Smart-Fire.png>

(Eco4you, 2014) Pelletkachel warmte voor iedereen. Geraadpleegd op 15 mei 2014.

<http://pelletkachelwarmte.nl/wat-kan-ik-besparen-met-een-pelletkachel/>

(Duurzamerenovatienetwerk, 2014) Huidige gasverbruik woningen. Geraadpleegd op 22 mei 2014. <http://www.duurzamerenovatienetwerk.nl/energetische-informatie/gasverbruik-in-de-huishoudens/>

(Praktischduurzaam, 2014) Praktische duurzaam. Geraadpleegd op 19 mei 2014.

<http://www.praktischduurzaam.nl/warm-water-met-een-zonneboiler/>

### **Boeken**

(Jellema 6b, 2005) ir. van Zanten, J.H. & ir. Hengeveld D.J. (mei, 2005) Jellema hogere bouwkunde 6b installaties wtb en gas, 2<sup>e</sup> druk, Utrecht/Zutphen. Thieme Meulenhoff. Hfst 11.

(Bouwfysica, 2006) ir. van der linden, A.C. (2006) Bouwfysica 6<sup>e</sup> druk, Utrecht/Zutphen. Thieme Meulenhoff.

(Jellema 4a, 2005) Quist, P.G. & ir. Quist W.J. (mei, 2005) Jellema hogere bouwkunde 4a omhulling bouwtechniek, 2<sup>e</sup> druk, Utrecht/Zutphen. Thieme Meulenhoff. Hfst 3.

## Bijlagen

- I      Procesrapport
- II     Vooronderzoek
- III    Opname rapport
- IV    Variant uitwerkingen
- V     Bouwkundige uitwerkingen



## Bijlage I Procesrapport



## Bijlage II Vooronderzoek



## Bijlage III Opname rapport



## Bijlage IV Variant uitwerkingen





## Bijlage V    Bouwkundige uitwerkingen