

Het verwijderen van spouwmuurisolatie door middel van perslucht en afzuiging.

Tom Borghijs

Promotoren: prof. Jelle Laverge, prof. dr. ir. Arnold Janssens

Begeleider: dr. ir.-arch. Marc Delghust

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Vakgroep Architectuur en Stedenbouw

Voorzitter: prof. dr. ir. Arnold Janssens

Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur

Academiejaar 2017-2018



Het verwijderen van spouwmuurisolatie door middel van perslucht en afzuiging.

Tom Borghijs

Promotoren: prof. Jelle Laverge, prof. dr. ir. Arnold Janssens

Begeleider: dr. ir.-arch. Marc Delghust

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Vakgroep Architectuur en Stedenbouw

Voorzitter: prof. dr. ir. Arnold Janssens

Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur

Academiejaar 2017-2018



"De auteur geeft de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de bepalingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef."

"The author gives permission to make this master dissertation available for consultation and to copy parts of this master dissertation for personal use. In the case of any other use, the copyright terms have to be respected, in particular with regard to the obligation to state expressly the source when quoting results from this master dissertation."

Juni 2018

VOORWOORD / BEDANKING

Deze master thesis is tot stand gekomen door de hulp en inspanningen van verschillende mensen. Vooraleer ik mijn lezers loslaat op dit script, wil ik eerst enkele personen bedanken. Zonder hen zou deze master thesis niet tot stand gekomen zijn.

Vooreerst zou ik mijn promotoren, prof. Jelle Laverge, prof. dr. ir. Arnold Janssens en begeleider ir. arch. M. Delghust willen bedanken voor alle aangereikte informatie en deskundige uitleg.

Mijn dank gaat speciaal uit naar alle bedrijven die de vragenlijst hebben ingevuld en alle bedrijven die mij de mogelijkheid hebben geven om een case te volgen. Daarnaast wil ik ook de bewoners van de verschillende cases danken. Dit onderzoek kon niet bestaan zonder hun medewerking.

Ook aan mijn vriendin Emma een woord van dank voor de steun en het nalezen van mijn scriptie. Ook de andere leden van mijn gezin en vrienden hebben een niet te onderschatten morele ondersteuning geleverd.

Tom Borghijs

ABSTRACT

Om de opwarming van de aarde tegen te gaan, dient de broeikasgasuitstoot drastisch teruggedrongen te worden. Dit kan mede mogelijk gemaakt worden door het energieverbruik van woningen te doen dalen. Deze daling kan bewerkstelligd worden door de bestaande woning na te isoleren. Na-isoleren wordt al een hele tijd toegepast. Soms geeft dit echter niet het gewenste effect of zelfs een nadelig effect. Recentelijk is een techniek ontwikkeld om de spouwmuurisolatie te verwijderen. Na deze verwijdering is na-isoleren terug mogelijk met hetzelfde isolatiemateriaal of een isolatiemateriaal waarbij de warmtegeleidingscoëfficiënt gunstiger is.

De doelstelling van deze master thesis is om meer inzicht te krijgen in de verwijderingstechniek, waarbij men gebruikmaakt van perslucht en afzuiging. Wat is de reden, waar, door wie, hoe gaat de techniek in zijn werk en is deze doeltreffend?

Een antwoord op deze vragen werd gezocht via een vragenlijst, die door vijf verwijderingsfirma's werd ingevuld en door het uitvoeren van vier casestudies. Door de beperkte steekproefgrootte, en omdat de verwijderingstechniek nog niet wijdverspreid is, dient voorzichtig omgesprongen te worden met het interpreteren van de resultaten.

Uit het onderzoek is gebleken dat deze verwijderingstechniektechniek in België nog niet wordt toegepast. In Nederland daarentegen wordt de techniek reeds uitgevoerd. Redenen voor verwijdering zijn het ontstaan van schimmel- en vochtproblemen, natte isolatie die zijn functie verliest of verouderde en ingezakte isolatie. Verder is uit het onderzoek gebleken dat voor de isolatiematerialen glaswol, steenwol en losse EPS-parels de verwijderingstechniek volgens een bepaald stappenplan succesvol kan worden toegepast.

Kernwoorden

Verwijderingstechniek, na-isolatie van spouwmuuren, perslucht en afzuiging

Removing cavity wall insulation by air pressure and extraction

Tom Borghijs

Supervisor(s): prof. Jelle Laverge, prof. Arnold Janssens, dr. ir.-arch. Marc Delghust

Abstract – In the 1970s, a technique was started to fill cavity walls consisting of air with insulating materials. This technique is not perfect and better insulating materials exist. Companies have developed a technique in recent years to remove insulation from the cavity wall by means of air pressure and extraction. The ignorance of how this technique works and which materials can be removed, provided the stimulus to investigate this.

Keywords - cavity wall insulation, removal of cavity wall insulation, compressed air and extraction,

I. INTRODUCTION

The global warming is the result of the ever-increasing amount of greenhouse gases in the atmosphere. To reduce greenhouse gas emissions, the international community has drawn up a UN climate convention that requires a contribution from all countries [1]. Europe has set a climate action policy on this. In Europe, 78% of all greenhouse gas emissions come from the energy sector [2]. As a result, a lot of developments have taken place in the construction industry in recent years. The new buildings in Flanders have gradually evolved into almost energy neutral construction. Since 1 January 2018 this is done by means of an S-peil [3]. It is not only important to make the new buildings energy-efficient, but also to provide the existing building park with the most economical and optimal energy consumption [4]

In recent years the need for insulation removal has increased because the insulation does not have a good quality or the insulation material is generating negative side effect (ex. damp spots). The two main causes for replacing or removing insulation are:

- Modern insulating materials perform better
- Incorrect Execution

A. Modern insulating materials perform better

The old insulation materials have a thermal conductivity of about 0.5 W/(mK). Just like the insulating materials of the past, traditional insulating materials have a porous structure, with the thermal conductivity of stationary air giving the lower value of the insulating material, this when convection is avoided. The thermal conductivity of air is assumed to be 0.025 W/(mK).

Traditional insulating materials are approaching the lower limit for insulation materials based on stationary air as an insulator, reaching a lower limit of about 0.029 W/(mK), or

insulation materials where the air is replaced by gases with a lower thermal conductivity than air. A new lower limit of 0.016 W/(mK) was born by the latter. A new generation of insulation materials has developed. These are sometimes called 'super insulation'. For example, the development of Vacuum Insulation Panels (VIP) provides a new benchmark for a lower thermal conductivity coefficient of insulation materials. This development leads to a thermal conductivity of 0.007 W/(mK) [5]. If this development can be continued in retrofit insulation materials, it can certainly be worthwhile to replace the old less efficient insulation.

B. Incorrect execution

This is due to incorrect compliance with the regulations regarding retrofitting of cavity walls. In table 1 an overview is given of entities regarding quality control frameworks of the most important countries where retrofitting of cavity walls is applied.

Country	Quality Control Framework
Belgium	BUtgb/BCCA
The Netherlands	VENIN
Great Britain	CIGA
Denmark	MEDLEM AF

Table 1: Quality Control Framework overview

For Belgium, the conditions for achieving an effective retrofitting are discussed in detail in STS 71-1 “Na-isolatie van spouwmuren door in situ vullen van de luchtsponw met een nominale breedte van ten minste 50 mm”. The most important conditions are the following:

1. The cavity has a width of at least 50 mm.
2. The existing facade must be in good condition.
3. The facade must be saved from heavy wind, driving rain or thermal length changes.
4. There must not be an extremely humid indoor climate.

II. METHOD

Because the scientific literature on the removal of cavity wall insulation is scarce, companies were searched for this technique. As a result, nine Dutch companies have been found that carry out this activity. Two methods were used to obtain the necessary information from the companies:

- Questionnaire
- Follow-up of the cases

A. Questionnaire

The questionnaire was the first way to collect information from the removal firms. Four general questions were asked and eight questions related to how they achieved the removal of cavity wall insulation. When clarification was needed the companies were contacted via phone or email.

B. Follow-up of the cases

Three companies gave the opportunity to follow one or two case studies. In March 2018, four case studies were done. In the follow-up of the cases, information was collected by means of a data sheet. Using this data sheet, the case studies could be compared with each other. When drawing up the data sheets, attention was paid to general data of the case, specific characteristics of the case, geometric properties, technical characteristics of machines and additional information.

III. CASE STUDIES

The features of the four cases are shown in the table below.

Overview case studies				
	Case1	Case 2	Case 3	Case 4
Size project	1 house	1 house	1 house	70 houses
Type of house	Semi-detached buildings	Semi-detached buildings	Villa	Semi-detached buildings
Owner of the house	Resident	Housing society	Resident	Housing society
Reason for insulation removal	Mold and moisture problems	Mold and moisture problems + cold	Mold and moisture problems	Global renovation project
Removed insulation material	Glass wool flakes	UF foam	Glued EPS	Glass wool flakes
Technique				
Pressure compressed air	6 à 8 Bar	6 à 8 Bar	6 à 8 Bar	6 à 8 Bar
Number of extraction points	1	None	Multiple	Multiple
Under-pressure extraction system	0,2 Bar	None	0,2 Bar	0,2 Bar
Removal succeeded	Yes	Refilling	No	Yes
Cavity thickness	4 to 5.5 cm	6.5 to 8cm	/	5 to 6.1 cm
Isolated in	2014	1961	2000	/
Retrofitted	No	Yes	No	Yes
Retrofit insulation material	/	Glued EPS	/	Glued EPS
Heat-flux measurement	No	No	No	Yes
Thermography	Yes	Yes	Yes	Yes

Table 2: Overview case studies

IV. RESULTS

A. Questionnaire

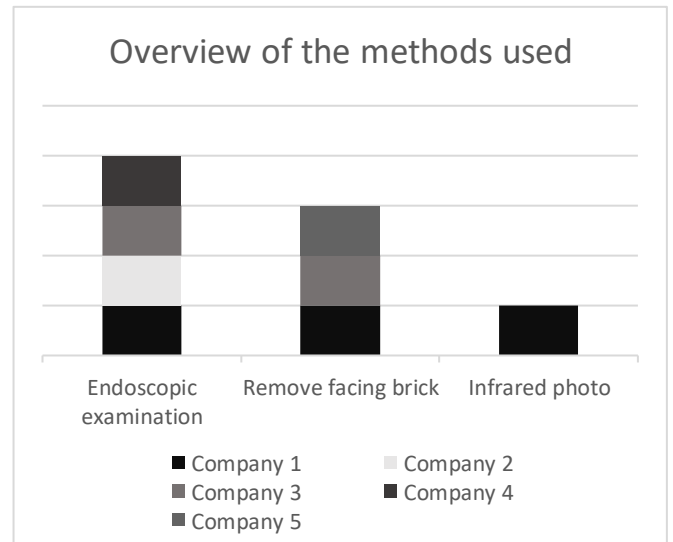
Of the nine Dutch companies to which a questionnaire was sent, five companies filled in the questionnaire. The processing of the questionnaire showed that:

1. The removal of the cavity wall insulation is only a young technique that is applied on average within these five companies for 5.4 years.

2. The reasons for removing insulation according to the companies can be summarized as moisture and mold problems, wet insulation that loses its function, and aging and collapsed insulation.

3. The insulation materials for which all companies stated that they are easy to remove are the following: loose insulating materials such as glass wool, stone wool, loose EPS and UF foam. This is because they can be blown into small particles in the cavity wall.

4. In order to determine if an insulating material is suitable for removal, three methods have been named. An overview of these methods is shown in graph 1



Graph 1: Overview of the methods used

5. A standard removal technique consisting out of the following steps:

1. Remove several whole bricks from the underside of the wall just above the ground level and connect the head of the extraction system to it.
2. Drilling holes in the crossings of the bed and head joints, according to a diverse pattern or according to the pattern used for retrofitting.
3. Float the insulation to the head of the extraction system with high pressure.
4. Afterwards and during the process, carry out checks by means of an endoscope to check whether all insulation has been removed.

B. Results of case studies

The questionnaire revealed three main reasons for removing cavity wall insulation, moisture and mold problems, wet insulation that loses its function, and aging and collapsed insulation.

The case studies showed that three times the same reason, in particular mold and moisture problems, was the reason to remove the insulation (Table 2). Table 2 also shows that the pressure of the compressed air and the under pressure of the extraction system is the same for all cases. Furthermore, it is remarkable that in the cases where a home company owned the house, the house was retrofitted and when the resident owned the house the cavity wall was left empty. After following up the cases it can be concluded that the technique of removing glass wool is more mature than the removal of other insulating materials, because the technique has proven its effectiveness with this insulation material. The technique can be summarized in a 10-step plan.

1. Masking of the openings and gaps that are in contact with the cavity wall to prevent infiltration of the cavity wall insulation. This was usually asked to the residents themselves.

2. Creating the extraction openings. This depends on the existing situation and the company that carries out the work.

3. Creating the blow-in points (for the compressed air) according to the same pattern used during retrofitting (prescribed in the ATGs- Agreement Techniques).

4. Sealing the openings obtained by means of a plug, so that during the execution there is no significant pressure drop.

5. Connecting the head of the extraction system to the extraction point. This should be carefully done so that the extraction power can be optimally used.

6. The compressed air machine and the extraction machine are turned on. The insulation is then driven to the head of the extraction system by two people compressing compressed air simultaneously.

7. When a certain area has been treated, a check is carried out with the endoscope to check whether there is still insulation in the cavity wall.

8. Depending on the inspection, a next zone is taken care of or the zone is re-treated until all insulation has been removed from the cavity. This process is repeated until most insulation is removed.

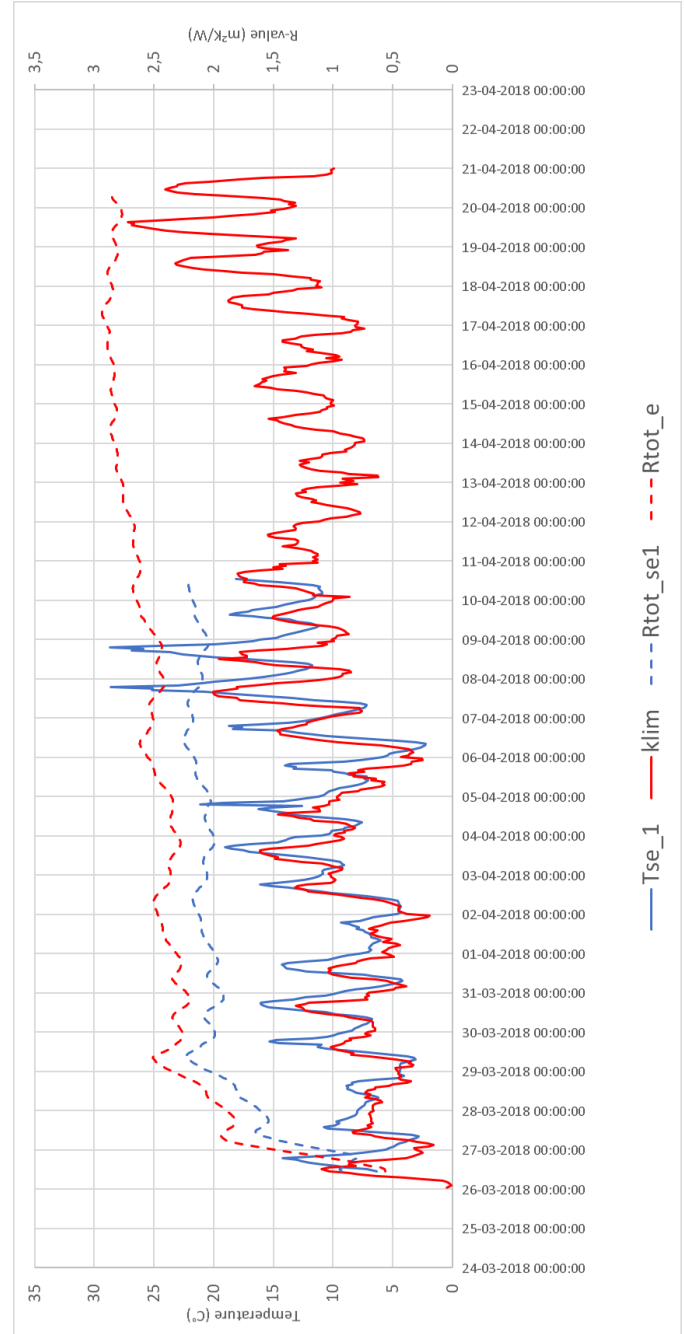
9. Depending on the wishes of the client, the cavity wall is left empty or refilled by a chosen insulation material.

10. After refilling the cavity wall or not, the facade will be restored to its original state.

C. Influence on the R- and U- value of the wall

In the fourth case study, a heat-flux measurement was also performed (Graph 2) and then processed according to the average method [6]. Because the measurement of the outside surface temperature was stopped for eleven days too early, the outside temperature of the nearest weather station was used as an estimate for the local outside temperature. This and the high outside temperature during the last days of the case monitoring were possibly disruptive factors that were disadvantageous to the accuracy of the flux measurement. Yet this measurement is not lost. The red dashed line indicates the total R-value based on the outside temperature of the weather station and the blue dashed line indicates the total R-value based on the external surface temperature of the HOBO data logger. For the period in which the cavity was still filled with glass wool (first week) it can be seen that the R-value is between 1.90 and 2.25 (m²K)/W. Regarding the last week of the measurement, when already glued EPS were in the cavity, R-values were obtained between 2.20 and 2.40 (m²K)/W if the trend of the red dashed line is interpreted as an extension from

the blue dashed line. This means an improvement of about 10% of the R-value. This can possibly be explained by the fact that the former insulation material was no longer of good quality or because locally no proper execution of the retrofitting had been carried out. A final and most likely reason may be that the λ -value of glued EPS ($\lambda = 0,040$ W/(mK)) is better than that of glass wool ($\lambda = 0,045$ W/(mK)) [7].



Graph 2: Display of the R-value of the heat-flux measurement of case four

To get a better picture of what the removal of the cavity wall insulation can mean for the U-value of a wall, two simulations of calculations of U-values have been performed. The first simulation is for a wall structure with composition: 9 cm facing brick, 6 cm glass wool, 14 cm inside brickwork and 2 cm plaster (A). The second simulation is for the same composition, but with a super isolator instead of glass wool (B). The calculation was carried out in accordance with the guidelines of the transmission reference document, taking into

account the cavity anchors and mortar joints, based on the values in the event of absence. With composition A a U-value of 0.546 W/(m²K) is obtained. To obtain a U-value of 0.24 W/(m²K) with the same wall thickness, an insulation material with a λ -value of 0.014 W/(mK) is required. To obtain this λ -value, a super-insulator must be used as retrofit insulation material. In this way, the current EPB standard can be achieved for old buildings, which is predefined by the Flemish government through BENOveren by 2050.

V. CONCLUSION

Although the sample was very small and the technique is only applied for an average of 5.4 years, some conclusions can still be carefully made.

A. Cause for the removal

The most common reason for removing the cavity wall insulation appears to be moisture and mold formation, which occurs on the southwestern facade.

B. Which material can be removed

The case studies have shown that glass wool can be removed properly. As a result, it can be suggested that the similar material stone wool is also easy to remove. Due to its very loose shape it is also acceptable that loose EPS are easily removable.

C. Method to remove the cavity wall insulation

By compiling the answers from the questionnaires and the findings from the case studies, a general 10-step plan has been identified that matches best the removal of glass wool insulation. This is shown in IV Results B Results of the case studies.

D. Influence on the R- and U- value of the wall

Due to the removal technique, it is possible to remove the insulation on walls where the R-value has decreased due to degradation or collapse of the insulating material. After this, the empty cavity can be refilled with better insulating materials to raise the R-value and lower the U-value.

E. Final conclusion

Through this research it could be said that the insulating materials glass wool, stone wool and loose EPS can be regarded as easily removable. Considering the removability of the retrofit insulation material used, a quick and efficient upgrade of the thermal resistance of the walls can be carried out in the future and negative effects of old insulating materials can be solved

- [6] ISO. (2014). Thermal insulation building elements in-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance part 1. referentie nummer ISO/FDIS 9869-1:2014(E).
- [7] A. Janssens, M. D. (2007). IWT TETRA-project 70127 Bestaande Spouwmuren: analyse van kwaliteit en geschiktheid van materialen en uitvoeringstechnieken. UGent, WenK St-Lucas Architectuur, WTCB, CIR.
- [8] Stichting Gilbert Burnay. (2006). *TRANSMISSIE REFERENTIE DOCUMENT*.

REFERENCES

- [1] Europese Commissie. (2014). *Klimaatbescherming*. [file:///C:/Users/Gebruiker/Contacts/Downloads/climate_action_nl%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Gebruiker/Contacts/Downloads/climate_action_nl%20(1).pdf), consulted April 2018
- [2] Milieugentschap, E. (2015). <http://www.europarl.europa.eu>, consulted April 2018
- [3] Het Vlaams Energieagentschap. (2017a). *S-peil vervangt het K-peil voor nieuwe woongebouwen met bouwaanvraag vanaf 2018*. <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/S-peil>, consulted April 2018
- [4] Het Vlaams Energieagentschap. (2006). *Vlaanderen is energie*. <http://www.energiesparen.be/2020>, consulted April 2018
- [5] G. Flamant (BBRI), A. J. (2012). Superinsulating Materials. Brussels: An initiative of INIVE EEIG.

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
1.1	Kadering Master thesis	3
2	Methode	8
2.1	Vragenlijst	8
2.2	Opvolging van de Cases	9
2.3	Toegepaste rekenmethode	10
2.4	Toegepaste meetmethodes	11
2.4.1	Endoscoop	11
2.4.2	Thermografie	12
2.4.3	Fluxmeting	12
3	Casestudies	13
3.1	Overzicht casestudies	13
3.1.1	Selectie van casestudies en dataverzameling	14
3.2	Algemeen	15
3.2.1	Het algemeen stappenplan van de verwijdering	15
3.2.2	Creëren van inblaaspunten en afzuigopeningen	16
3.2.3	Afdichten van de inblaaspunten en extractieopeningen	17
3.2.4	Persluchtmachine en toebehoren	17
3.2.5	Leeghaalmachine en toebehoren	18
3.2.6	Controles en nazorg	19
3.3	Bespreking van de casestudies	20
3.3.1	Casestudie 1 (Glaswolvlokken)	20
3.3.1.1	Situatie	20
3.3.1.4	Creëren van overdruk in de spouwmuur	22
3.3.1.5	Afzuigopening voor het verwijderen van de isolatie	23
3.3.2	Casestudie 2 (UF- schuim)	23
3.3.2.1	Situatie	23
3.3.3	Casestudie 3 (Verlijmde EPS-parels)	25
3.3.4	Casestudie 4 (Glaswolvlokken)	28
3.3.4.1	Situatie	28
3.3.4.4	Afzuigopening voor het verwijderen van de isolatie	29

4	Resultaten	33
4.1	Resultaten vragenlijst	33
4.1.1	Algemeen	33
4.1.2	Al dan niet geschikt voor verwijdering (gebruikte methoden)	34
4.2	Resultaten casestudies	36
4.2.1	Algemeen	36
4.2.2	Techniek	36
4.2.3	Invloed op de R- en U-waarde van de muur	38
5	Conclusie	41
5.1	Oorzaak voor de verwijdering	41
5.2	Welk materiaal is te verwijderen	41
5.3	Werkwijze om de spouwmuurisolatie te verwijderen	42
5.4	Invloed op de R- en U-waarde	42
5.5	Eindconclusie	43
	Referenties	44
	Bijlagen	46
	Bijlage A: Modelfile vragenlijsten	47
	Bijlage B: Modelfile fiche cases	48

LIJST VAN FIGUREN

Fig. 1: Broeikasgasuitstoot in de EU per sector in 2015	1
Fig. 2: Testresultaten van thermische geleidbaarheid voor verschillende dichtheden en vorm.	5
Fig. 3: Schematische voorstelling van de BUTgb/BCCA aanpak voor de na-isolatie van spouwmuren	6
Fig. 4: Inblaaspunt in kruising lint- en stootvoeg	16
Fig. 5: Extractieopening	16
Fig. 6: Links de mousse voor de inblaasopeningen, rechts de mousse voor de extractieopeningen	17
Fig. 7: Persluchtkop	17
Fig. 8: XIVAC zuig, blaas en afzaktechniek wagen	18
Fig. 9: Links een endoscoop, rechts het beeld in de spouwmuur verkregen via de endoscoop	19
Fig. 10: Vocht- en schimmelprobleem in de leefruimte (gelijkvloers	20
Fig. 11: Vocht- en schimmelprobleem in de slaapkamer (eerste verdieping) (temperaturen in C°)	20
Fig. 12: Gemiddelde slagregentintensiteit vermenigvuldigd met de duur tijdens een jaar	21
Fig. 13: Links doorvoer leefruimte, recht doorvoer badkamer	22
Fig. 14: Patroon voor de blaaspunten	22
Fig. 15: Extractiemonnd	23
Fig. 16: Kamer gelegen op de bovenste verdieping (temperaturen in C°)	24
Fig. 17: Verpulverd UF-schuim in de spouw	25
Fig. 18: Stof en kleine stukjes van UF-schuim die de lucht indwarrelden	25
Fig. 19 :Links schimmelvorming zuidwestgevel, rechts afbladdering van de waterwerende oppervlaktebehandeling	26
Fig. 20: EPS-parels die aan het binnen- en	27
Fig. 21: Extractiepunten	29
Fig. 22: Spouwmuurisolatie vrij boven het extractiepunt enkel nog mortelbarden	30
Fig. 23: Isolatie onder het extractiepunt	30
Fig. 24: Positie van de binnen sensors waarbij de representativiteit is gecontroleerd door een infrarood foto.	32
Fig. 25: Spouw die vrij is van spouwmuurisolatie (foto's uit glaswol casestudie)	37

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: λ -waarde (warmtegeleidingscoëfficiënt) doorheen de tijd	3
Tabel 2: Kwaliteitsbewakingskader overzicht	5
Tabel 3: Overzicht casestudies	13
Tabel 4: Spouwmuur met glaswol ingeblazen	39
Tabel 5: Isolatiemateriaal in functie van gewenste U-waarde:	39

LIJST VAN GRAFIEKEN

Grafiek 1: Aantal jaren dat het bedrijf isolatie verwijdt	33
Grafiek 2 :Overzicht van de gebruikte methodes	34
Grafiek 3: Weergave van de R-waarde bij de fluxmeting van case vier	40

LIJST VAN VERGELIJKINGEN

Vergelijking 1	10
Vergelijking 2	11
Vergelijking 3	11
Vergelijking 4	12

LIJST VAN AFKORTINGEN

ATG	Agrément Technique - Technische goedkeuring
BCCA	Belgian Construction Certification Association
BUTgb	Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw
CIGA	Cavity Insulation Guarantee Agency
EPS	Het polymeer geëxpandeerd polystyreen
PU	polymeer polyurethaan
PUR	Copolymeer polyurethaan
STS	Technische Specificaties
TV	Technische Voorlichting
UF	Ureum Formaldehyde
VENIM	Vereniging van Erkende Na-isolatiebedrijven in Nederland
WTCB	Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf

1 INLEIDING

Door de opwarming van de aarde stijgt de temperatuur over de hele wereld. Dit is het gevolg van een steeds groeiende hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer. De opwarming van de aarde heeft een grote impact op onze economie, ons milieu en onze gezondheid. Om deze gevolgen en impacts te beperken heeft de internationale gemeenschap een VN-klimaatverdrag opgemaakt dat een bijdrage van alle landen verlangt (*Europese Commissie, 2014*).

Europa heeft hieromtrent een klimaatactiebeleid vooropgesteld, dat zich op korte termijn vertaalt in de klimaat- en energie doelstellingen van 2020 en een klimaat- en energiekader voor 2030. Daarnaast zijn er ook op lange termijn de emissiedoelstellingen voor 2050. De doelstellingen die opgelegd zijn tegen 2020 zijn te vertalen naar:

- een vermindering van de broeikasgassen met 20%
- het duurzaam opwekken van 20% van alle energie
- een toename van de energie-efficiëntie met 20%

Deze doelstellingen worden op lange termijn nog veel ambitieuzer. Tegen 2050 moet het uitstootniveau zelfs met 80% verminderd zijn (*European commission, 2011*) (*Milieuagentschap, 2015*). Op figuur 1 is duidelijk weergegeven welke sector voor de grootste broeikasgasuitstoot in Europa zorgde in 2015. De sector energie is goed voor 78% van de broeikasgasuitstoot. Dit geeft aan dat het een zeer belangrijke sector is, waar ingrijpende acties noodzakelijk zijn.

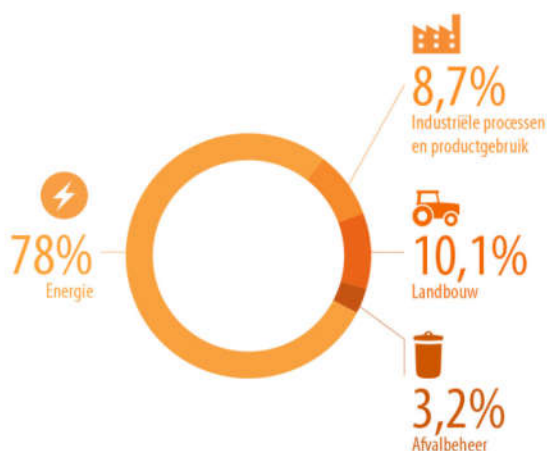


Fig. 1: Broeikasgasuitstoot in de EU per sector in 2015

Bron: (*Milieuagentschap, 2015*)

Binnen de bouw zijn er de voorbije jaren heel wat evoluties doorgemaakt met betrekking tot de energievraag van woningen. Door middel van Europese richtlijnen is de nieuwbouw in Vlaanderen stapsgewijs geëvolueerd naar bijna energieneutraal bouwen. Dit gebeurt vanaf 1 januari 2018 door middel van een S-peil dat de energie-efficiëntie van de gebouwschil weergeeft (*Het Vlaams Energieagentschap, 2017a*). Het is niet enkel van tel de nieuwe woningen energiezuinig te maken, maar ook om het bestaande gebouwenpark te voorzien van een zo zuinig mogelijk en optimaal energieverbruik. Van de bijna 3 miljoen woningen in Vlaanderen is meer dan de helft voor 1970 gebouwd. In die tijd werd nog geen isolatie toegepast. Via het Energierenovatieprogramma 2020 van de Vlaamse overheid wil de overheid (*Het Vlaams Energieagentschap, 2006*):

- alle daken geïsoleerd krijgen
- alle enkel glas vervangen door isolerend glas
- verouderde verwarmingsketels uit de Vlaamse woningen bannen

Via BENOVeren wil de Vlaamse overheid tegen 2050 elke woning even energiezuinig maken als de nieuwbouwwoning van vandaag. Dit houdt in dat de maximale U- waarden vastgelegd worden. De U-waarde drukt de hoeveelheid warmte uit die per seconde, per m² en per graad temperatuurverschil tussen de ene en de andere zijde van de wand, doorgelaten wordt (Arnold Janssens, 2016). De U-waarden worden als volgt vastgelegd (*Het Vlaams Energieagentschap, 2017b*):

- daken: $U_{\max} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- buitenmuren: $U_{\max} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- ramen (profielen en beglazing): $U_{\max} = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ en glas: $U_{\max} = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- deuren en poorten: $U_{\max} = 2.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- vloeren: $U_{\max} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

BENOVeren is renoveren maar dan beter. Men wil beter doen dan de huidige wetgeving (vzw, *Wonen en Gezondheid, 2017*). Om deze grote markt van niet-geïsoleerde woningen toch te isoleren en zo energiezuiniger te maken, kan men gebruik maken van de volgende methodes:

- isolatie in de spouwmuur blazen
- isoleren van de buitenmuur
- isoleren van de binnenmuur

1.1 Kadering Master thesis

Deze thesis zal zich toespitsen op de situatie van de woning nadat ze is na- geïsoleerd (veel voorkomend bij renovatie), waar de isolatie niet beschikt over een degelijke kwaliteit of waar het isolatiemateriaal is verouderd. Hierdoor is de laatste jaren meer en meer de nood ontstaan naar het verwijderen van isolatie. De twee voornaamste oorzaken voor het vervangen of verwijderen van isolatie zijn:

1. Moderne isolatiematerialen presteren beter

In de jaren '70 en '80 heeft men veel woningen na-geïsoleerd met UF-schuimen, kunststofparels, glaswol en steenwol. Als een vergelijking wordt gemaakt tussen de warmtegeleidingscoëfficiënten van vroegere isolatiematerialen uit de studie van het Nederlandse Ministerie van Huisvesting in de jaren '80 (*Nederlandse Ministerie van Huisvesting, 1983-1985*) ten opzichte van deze van hedendaagse isolatiematerialen, zien we een verbetering van deze coëfficiënt. Wanneer bovendien de vergelijking gemaakt wordt met de warmtegeleidingscoëfficiënten van enkele superisolatiematerialen, toont zich nog een verdere verbetering.

Groepen		Materiaal	λ waarde (droog) [W/(mK)]			
Tijdslijn			Vroeger	Heden	Superisolatie	
	Kunststofschuim	UF-schuim	0,05	0,037		
		PUR-schuim	0,044	0,038		
		PU-schuim		0,021-0.029	0,02	
	Vezels	Steenwol	0,047	0,041-0,045	Vezels	0,018
		Glaswol	0,045	0,036-0,041		
		Aerogel			0,012-0,014	
	Granulaten	Kunststof parels	0,044	0,037-0,042		

Tabel 1: λ -waarde (warmtegeleidingscoëfficiënt) doorheen de tijd

Bron (Meeusen, 2006) (BUtgb, sd) (A. Janssens, 2007)

De traditionele isolatiematerialen hebben een poreuze structuur, wat zorgt voor stilstaande lucht. Er wordt vertrouwd op de thermische geleidbaarheid van lucht die 0,025 W/(mK) bedraagt. Dit geeft een redelijk goed isolatiemateriaal wanneer convectorie vermeden is. Als gevolg kan gesteld worden dat isolatiematerialen die berusten op stilstaande lucht als isolator een ondergrens zullen bereiken van circa 0,029 W/(mK). Om de minimumwaarde van isolatiematerialen te verlagen heeft men als eerste stap de lucht vervangen door gassen met

een lagere thermische geleidbaarheid dan lucht. Hierdoor werd een nieuwe grens van 0,016 W/(mK) geboren.

Er heeft zich een nieuwe generatie van isolatiematerialen ontwikkeld. Deze worden weleens 'superisolatie' genoemd. Zo zorgt de ontwikkeling van Vacuum Insulation Panels (VIP) voor een nieuwe maatstaf voor een lagere warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen. Deze ontwikkeling leidt tot een thermische geleidbaarheid van 0,007 W/(mK). VIP hebben een Nano poreuze kernstructuur met vacuüm poriën en een gasdicht omhulsel bestaande uit metaal gecoat polyester (G. Flamant (BBRI), 2012).

De drie hoofdconcepten die een lagere warmtegeleidingscoëfficiënt mogelijk maken zijn (G. Flamant (BBRI), 2012):

- Evacuatie van de isolatie: Deze methode biedt de isolatiematerialen met de laagste thermische geleidbaarheid. Het vereist een vacuüm met een omhulling die zeer gasdicht is en tegelijkertijd thermische bruggen vermijdt. Het kernmateriaal moet stevig genoeg zijn om weerstand te bieden tegen de luchtdruk van buitenaf. Een voorbeeld hiervan is VIP.
- Materialen met Nano poreuze structuur: Er ontstaat een verlaging van de warmteoverdracht wanneer de grootte van de poriën kleiner is dan de vrije weglengte van de gasmolecule. De gemiddelde vrije weglengte van een gasmolecule vooraleer interactie ontstaat met een ander gasmolecule is circa 70nm. Een voorbeeld van deze methode is Aerogel, met een thermische geleidbaarheid van 0,012-0,014 W/(mK).
- Gassen met een lagere thermische geleidbaarheid dan lucht: Hierbij wordt een gesloten poriënstructuur gebruikt met onschadelijke gassen. Een voorbeeld hiervan is een PU-schuim, met een thermische geleidbaarheid van 0,020 W/(mK).

Een voorbeeld van een nieuw superisolatiemateriaal dat getest is als na-isolatiemateriaal is Spacefill. Spacefill is een composietmateriaal dat bestaat uit polyesterverzeel geïmpregneerd met silica aerogel deeltjes. Aangezien het inblaasproces de consistentie van het materiaal kan veranderen is het belangrijk de thermische geleidbaarheid van het materiaal na het inblazen te controleren. Een recent onderzoek, waarbij de thermische geleidbaarheid van dit materiaal werd getest in functie van de dichtheid 'Quade measurement', toonde aan dat bij een toename van de dichtheid van het materiaal de λ -waarde daalde (Elena Lucchi, 2017). Deze daling van de λ -waarde wordt geïllustreerd in figuur 2. Hierbij staat 'APG aerogel as delivered' voor het materiaal alvorens het werd ingeblazen en 'APG aerogel blown' voor het materiaal nadat het werd inblazen.

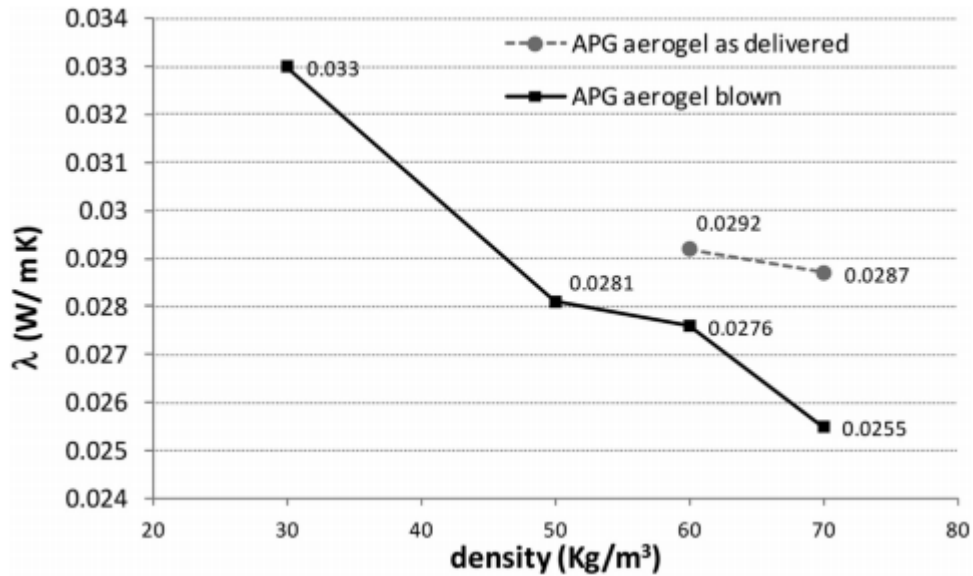


Fig. 2: Testresultaten van thermische geleidbaarheid voor verschillende dichtheden en vorm.

Bron: (Elena Lucchi, 2017)

Een zeer belangrijk aspect dat men getest heeft in dit onderzoek is de verwijderbaarheid van het materiaal. Het isolatiemateriaal is verwijderd door een aantal gaten te boren in de wandafwerkingen, om zo de spuitmond in te brengen en een industriële stofzuiger te plaatsen om de isolatie uit te zuigen. Bij de verwijdering was er geen zichtbare schade merkbaar aan de wandafwerking, de stofvorming was minimaal en bijna al het isolatiemateriaal kon worden verwijderd (Elena Lucchi, 2017). De verwijderbaarheid van een isolatieproduct zal niet onbelangrijk zijn in de toekomst. Door toenemend onderzoek naar superisolatiematerialen zullen de materialen steeds verbeteren waardoor een update van het isolatiemateriaal van de woning tot energiebesparingen zal leiden.

2. Foutieve uitvoering

Meestal komt dit door het niet correct naleven van de regelgeving rond na-isoleren. In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de kwaliteitsbewakingskaders instanties van de belangrijkste landen waar na-isoleren wordt toegepast.

land	Kwaliteitsbewakingskader
België	BUtgb/BCCA
Nederland	VENIN
Groot-Brittannië	CIGA
Denemarken	MEDLEM AF

Tabel 2: Kwaliteitsbewakingskader overzicht

De vorming van het instrumentarium van de kwaliteitsbewaking in België is tot stand gekomen door een samenwerking van twee organisaties: de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUgtb) en de Belgian Construction Certification Association (BCCA). Dit resulteerde in de onderstaande documenten (Beulque, 2014) (A. Janssens, 2007):

- Toepassingsreglement voor de certificatie met betrekking tot na-isolatie van spouwmuren door in situ vullen van luchtspouw met isolatieproducten
- STS 71-1 “Na-isolatie van spouwmuren door in situ vullen van de luchtspouw met een nominale breedte van ten minste 50 mm”
- WTCB Technische Voorlichting 246 “Na-isolatie van spouwmuren door het opvullen van de luchtspouw”
- ATG YY/XXXX product
- Verklaring van overeenkomstigheid

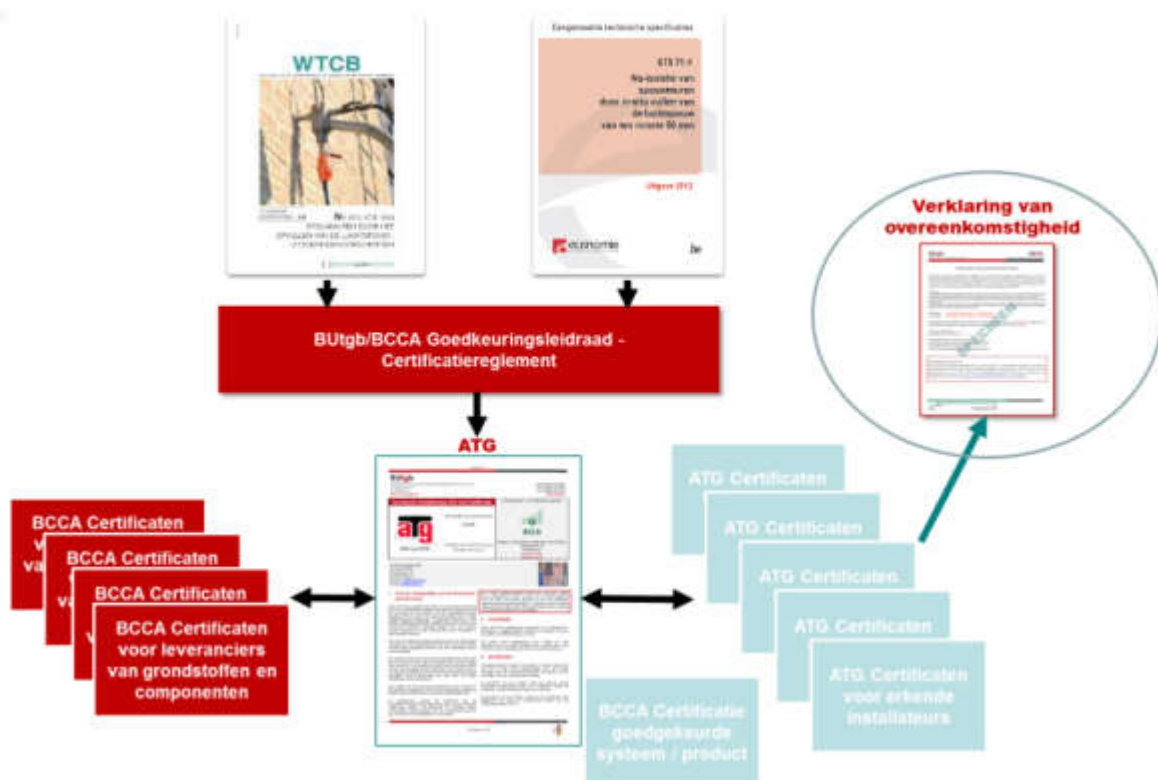


Fig. 3: Schematische voorstelling van de BUgtb/BCCA aanpak voor de na-isolatie van spouwmuren

Bron: (Beulque, 2014)

De voorwaarden om een doeltreffende navulling te verwezenlijken worden uitvoerig besproken in STS 71-1 “Na-isolatie van spouwmuren door in situ vullen van de luchtsponw met een nominale breedte van ten minste 50 mm” (Cruyssen, 2012). De belangrijkste voorwaarden zijn de volgende:

- De sponw heeft een breedte van minimaal 50 mm.
- De bestaande gevelafwerking moet in goede staat verkeren.
- De gevel moet gespaard zijn van grote wind, slagregen of thermische lengteveranderingen belasting.
- Er mag geen sprake zijn van een extreem vochtig binnenklimaat.

Omwille van bovenstaande redenen is de laatste jaren een techniek ontstaan om sponwmuurisolatie zo efficiënt mogelijk te verwijderen. Wetenschappelijk onderzoek omtrent deze techniek is echter gering, waardoor deze techniek nog heel wat vragen oproept:

1. Wat is de reden om sponwmuurisolatie te verwijderen?
2. Waar en door wie is deze techniek al toegepast en op welke isolatiematerialen?
3. Op welke manier voeren zij deze werken uit en met welke materialen?
4. Is de sponwmuur wel degelijk isolatievrij na de verwijdering?

Het doel van deze master thesis zal voornamelijk gericht zijn op meer inzicht en kennis te verwerven omtrent de sponwmuurisolatie verwijderingstechniek waarbij men gebruik maakt van perslucht en afzuiging. Als titel voor deze thesis werd daarom gekozen voor ‘Het verwijderen van sponwmuurisolatie door middel van perslucht en afzuiging’.

2 METHODE

Het onderzoeksopzet was om via verschillende methodes zoveel mogelijk informatie te verkrijgen van verwijderingsfirma's. Via deze bronnen is getracht inzicht te krijgen in het verwijderen van spouwmuurisolatie, omdat de wetenschappelijke literatuur omtrent dit onderwerp schaars is.

Om de methode of techniek van de bedrijven voor het verwijderen van spouwmuurisolatie te bevragen is een vragenlijst opgesteld die besproken wordt in 2.1. Deze vragenlijst werd in december 2017 opgestuurd naar negen bedrijven die beweerden deze techniek eigen te zijn. Deze negen bedrijven zijn gelegen in Nederland. In België zijn er namelijk geen bedrijven gevonden die deze techniek toepassen.

Als 2^{de} stap is aan acht (één bedrijf was reeds gestopt met het verwijderen van spouwmuurisolatie) van die bedrijven gevraagd om de uitvoering van een verwijdering live te mogen opvolgen, om zo daadwerkelijk te kunnen vaststellen hoe de technieken worden toegepast en uitgevoerd. De casestudies, verkregen door de bedrijven die opvolging toelieten, zijn vervolgens verwerkt tot een fiche. Deze fiche wordt besproken in 2.2.

2.1 Vragenlijst

De eerste methode die gebruikt is om informatie te verzamelen is een vragenlijst. Deze vragenlijst, zoals weergegeven in bijlage A behandelde de volgende zaken:

1. Algemene vragen:
 - Hoelang zijn jullie al bezig met het verwijderen van isolatie uit spouwmuren?
 - Welke isolatiematerialen hebben jullie al proberen verwijderen of verwijderd? Bij welke isolatiematerialen was de verwijdering succesvol en bij welke niet?
 - Waar verwijdering is uitgevoerd: wat is de reden van de vraag naar verwijdering?
 - Betrekking hebbende op de isolatiematerialen die niet of moeilijk te verwijderen waren: om welke redenen lukte de verwijdering niet?
2. Verwijderingsmethode
 - Voeren jullie vooraf een controle uit die bepaalt wanneer de verwijdering al dan niet mogelijk is? Zo ja wat zijn hier de specifieke criteria voor?
 - Hoe gebeurt de verwijdering? Bestaat er een concreet stappenplan?
 - Welke materialen en machines gebruikt men bij de verwijdering?
 - Waren of zijn er problemen die zich frequent voordoen?
 - Op welke manier zijn deze problemen verholpen?
 - Welke technieken of toepassingen zouden het proces nog kunnen verbeteren?

- Na de verwijderen van de isolatie: zijn er controles die worden uitgevoerd ter verifiëring van een volledige verwijdering?
- Aan welke eisen moet de lege spouwmuur voldoen om opnieuw te kunnen/mogen vullen? Zijn dit dezelfde voorwaarden als bij na-isoleren?

Het doel van deze vragenlijst was enerzijds een globaal beeld te vormen over de ervaringen die het bedrijf heeft opgebouwd en de aanpak die deze bedrijven hanteren bij de verwijdering. Anderzijds was het ook belangrijk te achterhalen wat de mogelijke valkuilen zijn en welke negatieve ervaringen de bedrijven reeds gekend hebben.

2.2 Opvolging van de Cases

Drie bedrijven gaven de kans één of twee casestudies te volgen. In maart 2018 zijn uiteindelijk vier casestudies gevolgd. Op deze manier werden contacten gelegd met personen die deze techniek daadwerkelijk uitvoeren en konden bovendien enkele metingen uitgevoerd worden. Per casestudie is een fiche opgemaakt met de verzamelde gegevens van die case. Hieronder volgt een overzicht van de gegevens die per case verzameld werden (bijlage B).

1. Algemene gegevens:

- Adres
- Project gegevens
 - Foto's van de woning
 - Naam verwijderingsfirma
 - Aantal woningen
 - Leeftijd isolatie
 - Type gevelafwerking voor
 - Type gevelafwerking na
 - Type (los of vaste) isolatie voor (staal nemen)
 - Type isolatie na
 - Oppervlakte verwijderde isolatie
 - Type woning (vrijstaande woning, halfopen bebouwing, rijhuis, villa, appartement)
 - Voor welke reden verwijderd men de isolatie (welke klachten)?

2. Geometrie: ligging van de boorgaten, afzuigopeningen en vermelding van de spouwdiktes.

3. Technische informatie:

- Onderdruk zuiginstallatie
- Druk perslucht
- Volume isolatie

- Volume steenpuin
 - Gemiddelde dikte spouw
 - Hoe werd er rekening gehouden met de spouwdichtheid tijdens de verwijdering? (Vormen leidingen, doorvoeren, rolluiken en bovenzijde van de spouwmuur een probleem en hoe worden deze verholpen?)
 - Hoe werd er rekening gehouden met waterkeringen?
 - Hoe werd er rekening gehouden met doorgestorte vloerplaat?
 - Controle van spouwzuiverheid (via foto's)
 - Thermografie voor
 - Warmteflux voor en na (1 à 2 weken)
4. Extra informatie:
- Regelgeving in verband met het isolatieafval (recyclage)?
 - Subsidies voor verwijdering van de isolatie?
 - Offerte en/of factuur?
 - Informatie over de isolatie in de spouw (technische fiche of bv. een factuur waar het type isolatie opstaat)
 - Controle op beschadiging? (Bv. isolatie geblazen in de zolderruimte)
 - Nota

Het doel van deze fiche was om per casestudie de gegevens eenvoudiger te kunnen analyseren. Door de fiches worden de repetitieve bewerkingen, technieken, oorzaken en randvoorwaarden vlugger opgemerkt.

2.3 Toegepaste rekenmethode

De theoretische berekening van de U-waarde (warmtedoorgangscoefficiënt) is uitgevoerd conform de richtlijnen van het 'Transmissiereferentiedocument' (*Stichting Gilbert Burnay, 2006*). In deze master thesis worden enkel U-waarden van ondoorschijnende bouwelementen berekend volgens paragraaf 7 van het transmissiereferentiedocument. De berekening van de U-waarde gebeurt volgens vergelijking 1. De R-waarde (warmteweerstand) van een laag is de dikte gedeeld door de λ -waarde (warmtegeleidbaarheid).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (W/(m^2K))$$

Vergelijking 1

Met:

$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$: De totale warmteweerstand $((m^2K)/W)$

Bij het uitvoeren van deze berekening worden de spouwankers in rekening gebracht, door een correctie op de U- waarde te sommeren met de U-waarde uit vergelijking 1. De correctie term (ΔU_f) wordt berekend volgens vergelijking 2.

$$\Delta U_f = \alpha * \frac{\lambda_f * A_f * n_f}{d_i} \left[\frac{R_i}{R_{T,h}} \right]^2 \quad (W/(m^2K))$$

Vergelijking 2

Met:

d_i : Lengte van de bevestiging (m)

λ_f : Warmtegeleidbaarheid van de mechanische bevestiging (W/(mK))

A_f : Doorsnede van 1 (één) mechanische bevestiging (m²)

n_f : Aantal mechanische bevestigingen per m²

R_i : Warmteweerstand (van het deel) van de isolatielaag die door de mechanische bevestiging doorboord wordt ((m²K)/W)

$R_{T,h}$: Totale warmteweerstand van het bouwelement, zonder rekening te houden met enige koudebrugwerking ((m²K)/W)

Omdat metsellagen niet bestaan uit een homogene laag (bakstenen en voeg) wordt de warmteweerstand R berekend door middel van een equivalente λ -waarde die berekend wordt volgens vergelijking 3. Deze equivalente λ -waarde maakt het mogelijk om de metsellagen als homogene elementen te beschouwen in de R- waarde berekening.

$$\lambda_u = \lambda_{u,mat} * (1 - f_{jiont}) + \lambda_{u,jiont} * f_{jiont} \quad (W/(mK))$$

Vergelijking 3

Met:

$\lambda_{u,mat}$: Warmtegeleidbaarheid van het bouw materiaal zonder voegen (W/(mK))

f_{jiont} : Voegfractie (-)

$\lambda_{u,jiont}$: Warmtegeleidbaarheid van het voegmateriaal (W/(mK))

2.4 Toegepaste meetmethodes

2.4.1 Endoscoop

Tijdens en na de verwijdering wordt er veelvuldig met behulp van een endoscoop nagegaan of de isolatie in het desbetreffende gedeelte wel degelijk is verwijderd. Endoscopie betekent letterlijk 'binnenin kijken'. Via een kleine camera (fig. 9) kan er binnenin de spouw gekeken worden, op zoek naar plaatsen waar de verwijdering onvolledig is.

2.4.2 Thermografie

Thermografie is een methode om contactloos de temperatuur te meten van, in het geval van deze master thesis, wanden en dit in kaart brengen op een thermogram. Dit gebeurt door middel van een camera die een visuele weergave geeft van de temperatuur. De camera is uitgerust met infrarood en een detector die de golflengte analyseert. Bij het lezen van een thermogram wordt vaak een temperatuurschaal gegeven. Hierbij houdt men best in het achterhoofd dat lage temperaturen weergegeven worden door een donkere kleur en lichtere kleuren hogere temperaturen weergeven (*TService, 2018*). Thermografie is gebruikt om de deugdelijkheid en het thermisch gedrag van de wand in te schatten tijdens de opvolging van de cases.

2.4.3 Fluxmeting

Bij de fluxmeting werd gebruik gemaakt van de HOBO-dataloggers om de buitenoppervlaktetemperatuur en binnentemperatuur te meten. Aan de hand van een DAQPRO-datalogger werden de binnenoppervlaktetemperatuur en de warmtestroomdichtheid geregistreerd. Dit werd mogelijk gemaakt door middel van een thermokoppel en een heat flux plate. Door het registreren van de bovenstaande parameters kon op basis van de Average Methode, die beschreven staat in de norm ISO/FDIS 9869-1:2014 paragraaf 7 (*ISO, 2014*), de werkelijke R-waarde berekend worden. Deze methode is gebaseerd op het verband tussen de warmteflux, het temperatuurverschil van de wand en de thermische weerstand van de wand, zoals weergegeven in vergelijking 4.

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{sij} - T_{sej})}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad ((\text{m}^2\text{K})/\text{W})$$

Vergelijking 4

Met:

R : thermische weerstand $((\text{m}^2\text{K})/\text{W})$

T_{sij} : oppervlaktetemperatuur binnen (K)

T_{sej} : oppervlaktetemperatuur buiten (K)

q_j : warmtestroomdichtheid (W/m^2)

Aan de hand van vergelijking 1 kan dan de corresponderende U-waarde van de wand bepaald worden.

3 CASESTUDIES

3.1 Overzicht casestudies

Overzicht casestudies				
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Verwijderingsfirma	Firma A	Firma A	Firma B	Firma C
Grote project	1 woning	1 woning	1 woning	70 woningen
Type woning	Halfopen bebouwing	Halfopen bebouwing	Villa	Halfopen bebouwing
Eigenaar van de woning	Bewoner zelf	Woonmaatschappij	Bewoner zelf	Woonmaatschappij
Reden voor isolatieverwijdering	Schimmel- en vochtproblemen	Schimmel- en vochtproblemen + koud huis	Schimmel- en vochtproblemen	Globaal renovatieproject
Verwijderd isolatiemateriaal	Glaswol vlokken	UF-schuim	Verlijmde EPS-parels	Glaswol vlokken
Techniek	1	2	1	1
Druk perslucht	6 à 8 Bar	6 à 8 Bar	6 à 8 Bar	6 à 8 Bar
Aantal Afzuigopeningen	1	Geen	Meerdere	Meerdere
Onderdruk zuiginstallatie	0,2 Bar	Geen	0,2 Bar	0,2 Bar
Verwijdering geslaagd	Ja	(Bijvultechniek)	Neen	Ja
Spouwdikte	4 tot 5,5 cm	6,5 tot 8cm	/	5 tot 6,1 cm
Uitvoeringsjaar isolatie	2014	1961	2000	/
Heropgevuld	Neen	Ja	Neen	Ja
Heropvul isolatiemateriaal	/	Verlijmde EPS-parels	/	Verlijmde EPS-parels
Fluxmeting	Neen	Neen	Neen	Ja
IR- foto	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabel 3: Overzicht casestudies

De volledige projectgegevens van de casestudies zijn te vinden in de individuele fiches (Bijlage B1, B2, B3 en B4). In de overzichtsfiche (tabel 3) worden de bedrijfsnamen van de verwijdingsfirma's weergegeven door de letters A, B en C omdat deze informatie als confidentieel beschouwd wordt. Binnen het onderdeel 'Techniek' werd een opdeling gemaakt in twee technieken, die verder worden uitgelegd in hoofdstuk 3.3 bespreking van de casestudies.

3.1.1 Selectie van casestudies en dataverzameling

De selectie van de cases werd gemaakt in de periode van 16 februari 2018 tot en met 1 april 2018. Het bezichtigen, meten en vaststellen van de vier casestudies is gebeurd in de periode van 8 maart 2018 tot en met 24 april 2018. De opvolgingsperiode was vrij kort, waardoor de weersinvloeden bij de casestudies vrij gelijkaardig zijn. Mogelijke gevolgen van andere weersinvloeden, die zich niet voordoen in maart maar wel op andere tijdstippen van het jaar, zijn niet opgemerkt tijdens de opvolging van deze vier casestudies.

3.2 Algemeen

Om een repetitieve beschrijving van de gebruikte materialen of bepaalde technieken tegen te gaan in de bespreking van de casestudies volgen eerst enkele algemene principes die van toepassing zijn op alle cases.

3.2.1 Het algemeen stappenplan van de verwijdering

1. Afplakken van de openingen en kieren die in contact staan met de spouwmuur, om infiltratie van de spouwmuurisolatie tegen te gaan. Dit werd meestal gevraagd aan de bewoners zelf.
2. Creëren van de afzuigopeningen. Dit is afhankelijk van de bestaande situatie en het bedrijf dat de werken uitvoert.
3. Creëren van de inblaaspunten (voor de perslucht) volgens hetzelfde patroon dat gebruikt wordt tijdens na-isoleren (voorgeschreven in de ATG's).
4. Afdichten van de verkregen openingen door middel van een mousse, zodat bij de uitvoering de druk in de spouw niet te fel zakt.
5. Aansluiten van de afzuigmond op het extractiepunt. Dit dient zo goed mogelijk te gebeuren, zodat de zuigkracht optimaal benut kan worden.
6. De persluchtmachine en de afzuigmachine worden aangezet. De isolatie wordt vervolgens naar de afzuigmond gedreven doordat twee personen simultaan perslucht inblazen.
7. Wanneer een bepaalde zone behandeld is volgt een controle met de endoscoop om na te gaan of er nog isolatie in de spouwmuur aanwezig is.
8. Afhankelijk van de controle wordt er overgegaan naar een nieuwe zone of wordt het stuk opnieuw behandeld totdat alle isolatie verwijderd is uit de spouw. Dit proces wordt herhaald tot wanneer de meeste isolatie is verwijderd.
9. Afhankelijk van de wens van de bouwheer wordt de spouwmuur leeg gelaten of hervuld door een gekozen isolatiemateriaal.
10. Na het al dan niet heropvullen van de spouwmuur wordt de gevel hersteld naar zijn oorspronkelijke staat.

3.2.2 Creëren van inblaaspunten en afzuigopeningen

De inblaaspunten (fig. 4) werden in alle casestudies verkregen door in de kruising van de lint- en stootvoegen te boren met een steenboor van diameter 18 mm. Deze diameter van 18 mm is noodzakelijk om de inblaaspijp te kunnen inbrengen. Er wordt geboord met een klopboormachine die voorzien is van een afzuigdarm om het stof af te voeren. Deze laatste is gekoppeld aan een werfstofzuiger. De meeste werfstofzuigers kunnen een vacuümdruk creëren die rond de 0,2 bar ligt.



Fig. 4: Inblaaspunt in kruising lint- en stootvoeg

De extractieopeningen (fig. 5) werden in alle casestudies verkregen door de verwijdering van één baksteen. Deze baksteen werd verwijderd door middel van een steenslijpschijf en/of klopboormachine die rondom de steen slijpt en/of boort om zo de steen los te krijgen. Om de baksteen uiteindelijk los te wrikken werd ook een hamer en een bijtel gebruikt.



Fig. 5: Extractieopening

3.2.3 Afdichten van de inblaaspunten en extractieopeningen

De afdichting van de inblaaspunten en extractieopeningen die niet gebruikt worden gebeurde in alle casestudies door middel van een mousse. Deze afdichting is noodzakelijk, aangezien alle openingen gemaakt werden in één wand en de interne druk op die manier voldoende hoog wordt gehouden.



Fig. 6: Links de mousse voor de inblaasopeningen, rechts de mousse voor de extractieopeningen

3.2.4 Persluchtmaschine en toebehoren

De machines die in de casestudies werden gebruikt om perslucht te leveren zijn compressors die een druk kunnen leveren van 6 à 8 bar en een volumestroom hebben rond de 10 m³/min. Voor het verwijderen en loswrikken van de isolatie is het niet enkel belangrijk dat er een hoge drukkracht kan geleverd worden, maar ook dat de luchtstraal voldoende debiet levert. Zo stroomt er een voldoende grote druk en debiet aan perslucht tegen de isolatie.

De perslucht wordt via de persluchtdarmen naar de persluchtkop geleid. De persluchtkop is een stalen buis die 360° kan ronddraaien en dus rondom perslucht in de spouw kan blazen. Deze is ook voorzien van een kraantje om de toevoer van perslucht af te sluiten of open te zetten (fig. 7).



Fig. 7: Persluchtkop

3.2.5 Leeghaalmachine en toebehoren

Om de spouwmuurisolatie af te voeren uit de spouwmuur werd een leeghaalmachine gebruikt. Dit is een grote stofzuiger die de spouwmuurisolatie opzuigt en verzamelt in grote zakken. Er is geconstateerd dat in de meeste casestudies gewerkt wordt met een vacuümdruk van 0,2 bar. Bij de gevolgde casestudies zijn er twee verschillende machines gebruikt. De machine die het frequentst gebruikt werd is de leeghaalmachine van XIVAC. XIVAC is een bedrijf dat zich bezighoudt met vacuümtechnologie. Zij hebben het afzuigsysteem geïntegreerd in een bestelwagen.



Fig. 8: XIVAC zuig, blaas en afzaktechniek wagen

De aandrijving van het afzuigsysteem wordt rechtstreeks voorzien door de motor van de wagen. Door middel van een knop in de bestuurderscabine kan de aandrijfkraft van de motor gebruikt worden om zich te verplaatsen of om de machine te activeren om zuigkracht te ontwikkelen. Deze twee functies kunnen niet tegelijkertijd uitgevoerd worden. De gecreëerde zuigkracht zorgt uiteindelijk voor een vacuümdruk van in dit geval 0,2 bar. Wanneer de isolatie wordt verwijderd uit de spouwmuur, bestaat de kans dat er andere materialen zoals mortelresten of steenpuin mee met het isolatiemateriaal worden opgezogen. Om te vermijden dat deze terechtkomen in de grote zakken is er een voorzorgsmaatregel ingebouwd. De stenenvanger zal de mortelresten en steenpuin scheiden van de isolatiematerialen. Hierdoor verkrijgt men een doeltreffende en efficiënte sortering van de spouwinhoud. Door de stijgende belangstelling voor ecologie in de huidige maatschappij is dit geen onbelangrijk aspect.

3.2.6 Controles en nazorg

Tijdens de verwijdering werd er veelvuldig door middel van een endoscoop nagegaan of de isolatie in het desbetreffende gedeelte wel degelijk werd verwijderd. Endoscopie betekent letterlijk 'binnenin kijken'. Men gaat dus door middel van een kleine camera binnenin de spouw kijken, op zoek naar plaatsen waar onvolledige verwijdering is gebeurd. Deze zones zullen opnieuw behandeld worden met de verwijderingstechniek en waar nodig voorzien worden van extra inblaaspunten.

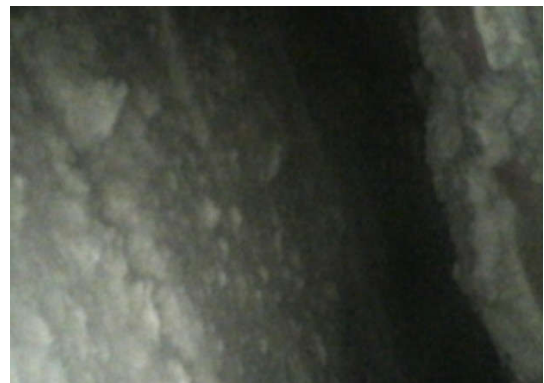


Fig. 9: Links een endoscoop, rechts het beeld in de spouwmuur verkregen via de endoscoop

Wanneer alle spouwmuurisolatie is verwijderd en de spouwmuur al dan niet opnieuw gevuld is met isolatie, moet deze worden hersteld naar het oorspronkelijke uitzicht, net zoals bij na-isoleren. Om dit te bewerkstelligen wordt voegsel van dezelfde kleur als het bestaande voegwerk gebruikt, samen met de bijhorende attributen.

3.3 Bespreking van de casestudies

3.3.1 Casestudie 1 (Glaswolvlokken)

De volledige projectgegevens van deze casestudie is terug te vinden in de individuele fiche (Bijlage B1).

3.3.1.1 Situatie

De eerste casestudie werd opgevolgd op 8 maart 2018 te Enschede in Nederland. Het betreft een project van één halfopen bebouwing met een spouwmuurbreedte van 4 tot 5,5 cm, die geïsoleerd was met ongelijmde glaswolvlokken in 2014. De gevelafwerking bestond uit geïmpregneerde baksteen. Er werd geopteerd om geen nieuwe isolatie in de spouwmuur te blazen, door een slechte ervaring met deze techniek.

3.3.1.2 Reden voor het verwijderen van de spouwmuurisolatie

De spouwmuurisolatie diende verwijderd te worden omdat er zich in bepaalde ruimtes vocht- en schimmelproblemen voordeden. De vocht- en schimmelproblemen deden zich hoofdzakelijk voor op de koudste zones aan de binnenzijde van de gevels, die gelegen zijn in Zuidwestelijke windrichting. Zowel op de benedenverdieping in de leefruimte als op de eerste verdieping in de slaapkamer werden schimmelproblemen aangetroffen.

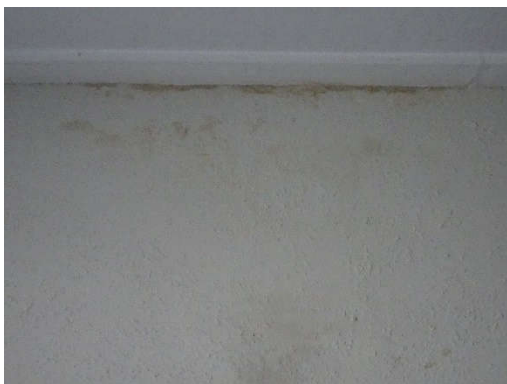


Fig.10: Vocht- en schimmelprobleem in de leefruimte (gelijkvloers)

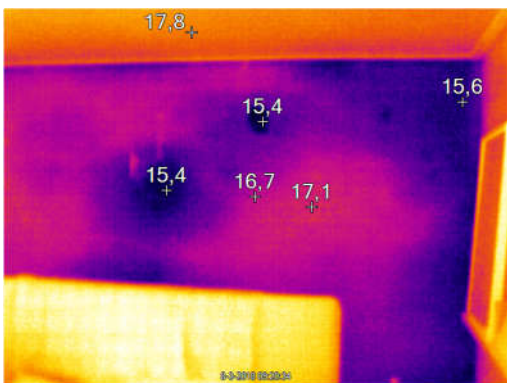


Fig. 11: Vocht- en schimmelprobleem in de slaapkamer (eerste verdieping) (temperaturen in C°)

De schimmelvorming die is opgetreden kan verschillende oorzaken hebben. Zeer frappant is dat de schimmel zich is beginnen vormen nadat in maart 2014 de woning is na-geïsoleerd met ongebonden glaswolvlokken en de buitengevel is geïmpregneerd. De bewoner stelde de uitvoerder verantwoordelijk voor de problemen en vroeg om dit op te lossen. De uitvoerder legde de oorzaak bij een onvoldoende gemiddelde volumieke massa van de ingeblazen isolatie in de spouw. Hierna werden verschillende pogingen ondernomen om de volumieke massa te vergroten. Hiervoor werd in totaal wel viermaal met isolatie bijgevuld. De hoeveelheid isolatie die telkens werd bijgevuld is onduidelijk. Toch bleven na deze ingrepen schimmelvorming en vochtproblemen ontstaan. Na veelvuldig telefonisch contact en mailverkeer met de uitvoerder was het resultaat dat de uitvoerder de bewoner niet meer kon helpen. Hierdoor besliste de bewoner dat de isolatie verwijderd moest worden uit de spouwmuren. Hij contacteerde vervolgens een verwijderingsfirma.

Dit schimmelprobleem kan verklaard worden doordat de gemiddelde slagregenintensiteit, vermenigvuldigd met de gemiddelde neerslagduur tijdens het jaar, in Zuidwestelijke windrichting het hoogst ligt. Door de grote neerslagintensiteit, slagregengevoelig metselwerk en een slecht uitgevoerde na-isolatie, die de ontkoppeling van binnen- en buitenspouwblad tenietdoet, evenals bij smalle spouwmuren, kan er regendoorslag naar het binnenspouwblad ontstaan zijn. Dergelijke situaties vormen een toegenomen risico voor het ontstaan van vochtproblemen met schimmel als gevolg (WTCB, 2002).

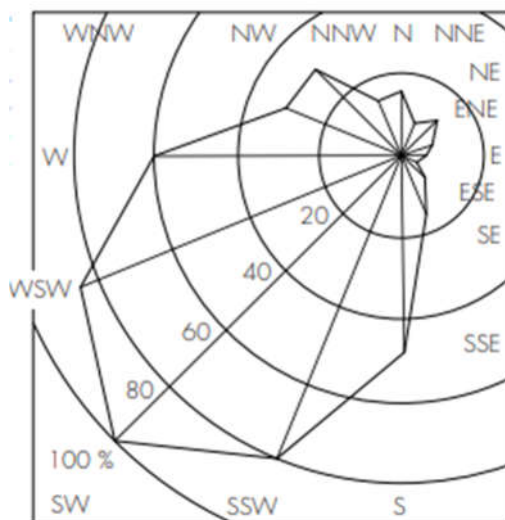


Fig. 12: Gemiddelde slagregentintensiteit vermenigvuldigd met de duur tijdens een jaar

Bron: (WTCB, 2002)

3.3.1.3 Uitvoering van de verwijdering

Bij deze verwijdering werd gebruik gemaakt van blaasopeningen en één afzuigopening. Voor er gestart werd met het inblazen van de perslucht en het afzuigen van de isolatie werden tevens enkele maatregelen getroffen. Om te voorkomen dat isolatie naar binnen infiltreert bij het creëren van een overdruk in de spouw door perslucht, zijn binnen in de woning afplakwerken uitgevoerd van de openingen naar de spouwmuur. Opmerkelijk was de inconsistentie van het afplakwerk. Een grote opening in de leefruimte werd wel afgeplakt met Ductape, terwijl een gelijkaardige opening in de badkamer niet werd afgeplakt.

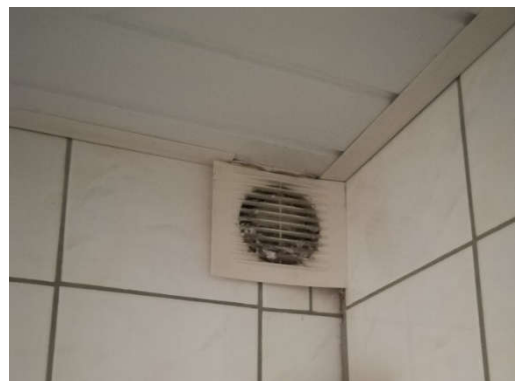


Fig. 13: Links doorvoer leefruimte, recht doorvoer badkamer

3.3.1.4 Creëren van overdruk in de spouwmuur

Om met de blaasmonden in de spouwmuur te kunnen blazen werden volgens een bepaald patroon gaten geboord in de kruisingen van de lint- en stootvoegen (fig. 14). Dit patroon stemt overeen met het patroon dat beschreven staat in de uitvoeringsrichtlijnen die gebruikt worden om de spouwmuuren na te isoleren. Na het boren van dit patroon werden de gaten afgedicht door een mousse, om het ontsnappen van perslucht uit de spouwmuur te beperken. Door de gecreëerde overdruk werd de isolatie naar de extractie opening geduwd en weggezogen.

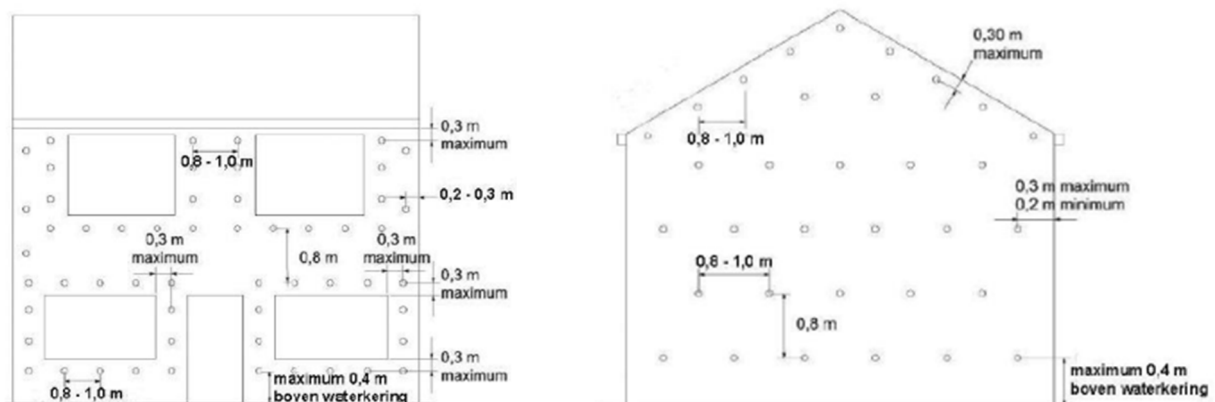


Fig. 14: Patroon voor de blaaspunten

Bron: (BUtgb vzw, 2018)

3.3.1.5 Afzuigopening voor het verwijderen van de isolatie

In deze case heeft de verwijderingsfirma maar van één afzuigopening gebruik gemaakt. De afzuigopening bevond zich in het midden van de Zuidwestelijke gevel, twee en half steenlagen boven het maaiveld (fig. 15). De isolatie die zich in de voor- en achtergevel bevond werd dus ook eerst naar de zijgevel geblazen om zo verder naar de extractie opening geblazen te worden. In deze case werd gebruik gemaakt van de XIVAC zuigwagen.



Fig. 15: Extractiemonnd

3.3.1.6 Controle en herstelling

In deze case werd de controle op de verwijdering uitgevoerd met behulp van een endoscoop. De controle gebeurde op frequente basis, zodat heel het muuroppervlak waar verwijdering plaatsvond werd gecontroleerd. Na de verwijdering werden de muren zonder het opnieuw inblazen van nieuw isolatiemateriaal hersteld tot hun oorspronkelijke uitzicht.

3.3.2 Casestudie 2 (UF- schuim)

De volledige projectgegevens van deze casestudie is te vinden in de individuele fiche (Bijlage B2).

3.3.2.1 Situatie

De tweede casestudie werd opgevolgd op 12 maart 2018 te Oosterbeek in Nederland. Het betreft een project van één halfopen bebouwing waarbij de spouwmuurdikte van 6,5 tot 8 cm varieerde en geïsoleerd was met UF-schuim. Bij deze casestudie is het moeilijk om over verwijderingstechniek te spreken aangezien er geen isolatie verwijderd werd. Het algemeen 10 stappenplan is hier niet volledig gevolgd zoals beschreven in paragraaf 3.2.1. Toch kwamen enkel stappen terug. De spouwmuren werden bijgevuld met verlijmde EPS-parels.

3.3.2.2 Reden voor het verwijderen (bijvullen) van de spouwmuurisolatie

De bewoners van de woning hadden lichte vocht- en schimmelproblemen en kregen de ruimte gelegen aan de zuidwestkant van de woning niet voldoende opgewarmd de laatste jaren. Zij

hebben dit probleem gemeld aan de huisvestigingsmaatschappij en die stelden voor om de isolatie te laten vervangen. Een verklaring voor de problemen die zich voordeden in dit huis kan een plaatselijke verpulvering van de isolatie zijn. De te verwijderen isolatie was immers al 57 jaar oud en kan vergaan zijn. In de zones waar geen isolatie meer aanwezig was konden makkelijker schimmelproblemen ontstaan, aangezien de U-waarde boven de grenswaarde van $1.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (Arnold Janssens, 2016) kon stijgen. Bij dergelijke verhoogde U-waarde is het normaal dat deze ruimtes moeilijk warm te krijgen zijn. De koudste zones op de infraroodfoto kwamen overeen met de zones van vocht- en schimmelproblemen. Op figuur 16 is te zien dat de bovenste meter van de ruimte duidelijk kouder was als de onderste zone, mogelijks door een inzakking van het isolatiemateriaal.

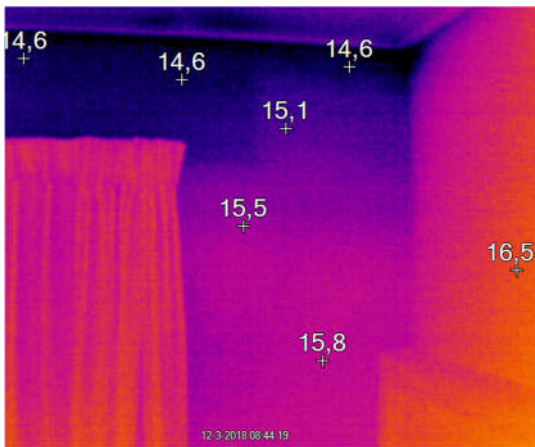


Fig. 16: Kamer gelegen op de bovenste verdieping (temperaturen in C°)

3.3.2.3 Uitvoering van de verwijdering

Bij deze verwijdering werd uitsluitend gebruik gemaakt van blaasopeningen (techniek 2). Er werd dus geen isolatie verwijderd door een afzuigopening. Bijgevolg is het moeilijk om bij deze techniek nog over een verwijderingstechniek te spreken zoals vermeld in 3.2.1, aangezien er geen verwijdering van isolatiemateriaal plaatsvond.

De rationale van de verwijderingsfirma voor deze techniek was de volgende:

- Er worden geen afzuigpunten voorzien, omdat uit vorige verwijderingen van UF-schuim is gebleken dat de resterende hoeveelheid UF-schuim in de spouwmuur die kan worden opgevangen maar een kleine hoeveelheid is ten opzichte van de verwijdering van glaswolvlokken.
- Door met perslucht de isolatie te verpulveren zal de isolatie zakken naar de bodem van de spouw waar deze uit de weg zit.
- Door de isolatie niet te verwijderen zijn er geen extra kosten voor isolatieafval.

Deze gedachte kent daarnaast enkele bijkomende gevolgen. Doordat het isolatiemateriaal enkel verpulverd werd, zoals weergegeven op figuur 17, en niet werd verwijderd door een afzuigpunt ontstond er een grote hoeveelheid stof en kleine stukjes van UF-schuim die de lucht indwarrelden (fig. 18). De verwijderingsfirma heeft slechts vier à vijf uur nodig gehad om de isolatie te verpulveren en de nieuwe verlijmde EPS-parels in te blazen.



Fig. 17: Verpulverd UF-schuim in de spouw



Fig. 18: Stof en kleine stukjes van UF-schuim die de lucht indwarrelden

3.3.3 Casestudie 3 (Verlijmde EPS-parels)

De volledige projectgegevens van deze casestudie is te vinden in de individuele fiche (Bijlage B3).

3.3.3.1 Situatie

De derde casestudie werd opgevolgd op 13 maart 2018 te Etten-Leur in Nederland. Het betreft een alleenstaande villa, geïsoleerd in 2000 met verlijmde EPS-parels, waarbij de gevelafwerking bestond uit geïmpregneerde bakstenen. De oorspronkelijke bedoeling van de bouwheer was om de spouwmuren na verwijdering leeg te laten.

3.3.3.2 Reden voor het verwijderen van de spouwmuurisolatie

Na dat de woning in 2000 werd na-geïsoleerd met verlijmde EPS-parels deden er zich schimmel- en vochtproblemen voor aan de zuidwestelijke gevel van de woning (fig. 19). De schimmel- en vochtproblemen deden zich voor in het deel van de woning waarbij de gevel werd afgewerkt met bakstenen. De delen van de woning waar de buitengevel werd afgewerkt met natuursteen ondervonden geen schimmel- of vochtproblemen, ondanks dat deze hetzelfde georiënteerd waren en met hetzelfde materiaal en op dezelfde dag werden na-geïsoleerd. Om deze problemen te verhelpen heeft de bouwheer een specialist aangesproken om zijn woning te onderzoeken, zodat de mogelijke fout gevonden en verholpen kon worden. De specialist verklaarde dat uit zijn onderzoek bleek dat er geen problemen met de fundering of de dakafwerking waren, maar dat de gevelsteen te poreus was. De specialist raadde de bouwheer aan om de buitengevel te beschermen door een waterwerende oppervlaktebehandeling te laten uitvoeren. De bouwheer volgde dit advies op, maar de schimmel- en vochtproblemen bleven bestaan (fig. 19). Uiteindelijk contacteerde de bouwheer een verwijderingsfirma om zijn spouwmuurisolatie te laten verwijderen, zodat de spouwmuur opnieuw, zoals voor 2000, zou bestaan uit een luchtlaag die zorgt voor de ontkoppeling van het binnen- en buitenspouwblad.



Fig. 19 :Links schimmelvorming zuidwestgevel, rechts afbladdering van de waterwerende oppervlaktebehandeling

Het schimmel- en vochtprobleem was waarschijnlijk, zoals in 26 % van de gevallen (WTCB, 2002), te wijten aan waterinfiltratie via de gevel. De getroffen gevel was in deze casestudie wederom de zuidwestelijke gevel die te maken krijgt met de grootste gemiddelde slagregenintensiteit vermenigvuldigd met de gemiddelde duur tijdens en met zeer felle winden (WTCB, 2002). De problemen bleven zich wellicht voordoen om dat de waterwerende oppervlaktebehandeling geen wondermiddel is en niet van voldoende kwaliteit was, net zoals in de eerste casestudie.

3.3.3.3 Uitvoering van de verwijdering

Bij deze verwijdering werd gebruik gemaakt van blaasopeningen en één afzuigopening. Omdat de verwijderingsfirma er zich van bewust was dat dit een isolatiemateriaal is dat niet eenvoudig te verwijderen is, besliste de firma om op een kleine schaal een test uit te voeren naar de verwijderbaarheid van het isolatiemateriaal (de verlijmde EPS-parels). Deze test achtte men zinvol omdat in het verleden in sommige gevallen dit isolatiemateriaal wel te verwijderen was en in andere gevallen niet. Voor de test werden enkel in een kleine zijgevel inblaasopeningen en een afzuigopening. De inblaasopeningen werden geboord volgens het patroon dat gehanteerd wordt voor na-isoleren van de muur. Gedurende de test werd geen aandacht besteed aan het afdichten van spouwmuuropeningen naar de binnenzijde toe. Vervolgens werd er op twee plaatsen tegelijkertijd perslucht ingeblazen om zo de isolatie naar het extractie punt te drijven. Op het eerste zicht leek deze techniek te werken, maar er bleken bepaalde stukken isolatie niet te verwijderen. Bovendien werd opgemerkt dat de EPS-parels aan het binnen- en buitenspouwblad verlijmd bleven, terwijl de EPS-parels in de ruimte daartussen wel te verwijderen waren (fig. 20).



Fig. 20: EPS-parels die aan het binnen- en Buitenspouwblad kleven

Om lokaal een grote druk op het isolatiemateriaal te kunnen uitoefenen werden extra inblaasopeningen geboord. Hierna werd terug een poging ondernomen om de isolatie te verwijderen uit de spouw. Na enkele pogingen waren er zodanig veel inblaasopeningen geboord dat de resterende ruimte tussen de boorgaten niet meer dan één steenlaag bedroeg en het isolatiemateriaal nog steeds bleef zitten. Wanneer men het isolatiemateriaal van nader bekeek was al snel duidelijk dat het isolatiemateriaal een grote veerkracht bezat, waardoor het zeer moeilijk in kleinere stukken te blazen was, mogelijks door de grote hoeveelheid lijm. Hierdoor besliste de verwijderingsfirma om de verwijdering te staken. Bij deze casestudie is men er niet in geslaagd om de isolatie bestaande uit verlijmde EPS- parels te verwijderen uit de spouwmuur. Men besliste vervolgens samen met de bouwheer om de muur langs de buitenzijde terug af te werken naar zijn oorspronkelijke staat.

3.3.4 Casestudie 4 (Glaswolvlokken)

De volledige projectgegevens van deze casestudie is te vinden in de individuele fiche (Bijlage B4).

3.3.4.1 Situatie

De vierde casestudie werd opgevolgd van 26 maart 2018 tot en met 24 april 2018 te Hendrick-Ido-Ambacht in Nederland. Het betreft een project waarbij een woonmaatschappij van een zeventigtal woningen de oude isolatie (glaswolvlokken) liet verwijderen en nieuwe isolatie (verlijmde EPS-parels) liet inblazen. Hierbij werd bij woning x de verwijdering op de voet gevolgd.

3.3.4.2 Reden voor het verwijderen van de spouwmuurisolatie

De woonmaatschappij had na het na-isoleren van een vorige wijk gevraagd aan de na-isolatiefirma, die ook instaan voor het verwijderen van isolatie, om de staat van de glaswolvlokken in dit project te controleren. De firma verklaarde dat de isolatie in de gebouwen toe was aan vervanging, omdat ze vochtig en verweerd was. Het zou op termijn schimmel- en vochtproblemen met zich meebrengen volgens de firma. De woonmaatschappij wou de isolatie in de spouwmuren vervangen. Dit niet alleen door het advies van de firma, maar ook omdat de wijk een volledige thermische opwaardering kreeg. Zo werden de woningen vooraleer de muurisolatie vervangen werd ook van een volledig nieuwe beglazing en vloerisolatie voorzien.

Wanneer gevraagd werd aan de bewoners van woning x of zij klachten hadden, zoals bijvoorbeeld vocht- of schimmelproblemen, verklaarden zij dat ze geen enkel probleem of klacht over de woning konden bedenken. Wanneer bij de directe burens dezelfde vraag werd, werden tevens geen klachten gemeld. De isolatie werd dus niet verwijderd omwille van een of andere klacht, maar wel voor de totale opwaardering van de thermisch schil van de woningen.

3.3.4.3 Uitvoering van de verwijdering

Bij deze verwijdering werd gebruik gemaakt van blaasopeningen en meerdere afzuigopeningen. Voor er gestart werd met de uiteindelijke verwijdering, werd gevraagd aan de bewoners om de openingen die in verbinding stonden met de spouwmuur af te plakken.

3.3.4.4 Afzuigopening voor het verwijderen van de isolatie

In tegenstelling tot de werkwijze van de eerste casestudie waarbij er maar één extractiepunt boven het maaiveld gebruikt werd voor heel de woning, werd hier gebruik gemaakt van meerdere extractiepunten boven het maaiveld (rode cirkels op fig. 21). Daarnaast werd ook een extra extractiepunt voorzien boven het raam op het gelijkvloer (groene cirkel op fig. 21). De reden voor dit extra extractiepunt was de doorgestorte betonbalk van het raam. Deze zorgde voor een doorbreking van de doorlopende spouwmuur. Het was dus noodzakelijk om een extra extractiepunt te voorzien om de muurisolatie in het bovenste deel van het gebouw te kunnen verwijderen.



Fig. 21: Extractiepunten

Op figuur 22 en 23 is te zien dat de spouwmuurisolatie vrij was boven het extractiepunt en dat er zich enkel mortelbarden in de spouw bevonden. Wanneer gekeken werd naar de zone onder het extractiepunt valt op te merken dat deze nog vol zat met het oude isolatiemateriaal. Het betref hier geen grote ruimte aangezien het extractiepunt dicht bij het maaiveld genomen werd. De hoeveelheid achtergebleven isolatie ten opzichte van de volledige spouw was dus vrij miniem.

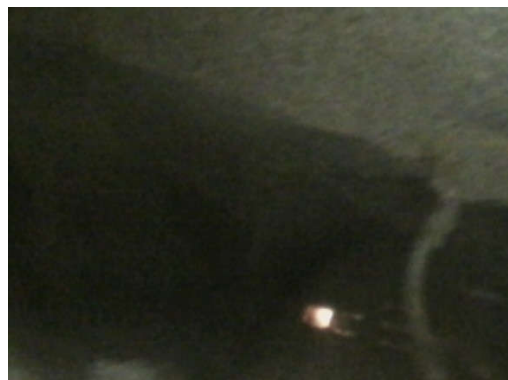


Fig. 22: Spouwmuurisolatie vrij boven het extractiepunt enkel nog mortelbarden



Fig. 23: Isolatie onder het extractiepunt

3.3.4.5 Verwerking van de fluxmeting

In deze casestudie gaven de bewoners van woning x de toestemming voor de uitvoering van fluxmeting. Hierbij was de intentie om een vergelijking te maken van de werkelijke U-waarde met de oude isolatie en de U-waarde met de nieuwe isolatie. Doordat het gebouw een rijwoning is kwam enkel de voor- en achtergevel in aanmerking. Doordat de voor- en achtergevel voornamelijk uit glas bestonden en uit verwarmingselementen aan het binnenoppervlak, was het niet evident om een geschikte locatie te vinden. Aangezien de verwarming in de bureakamer op het 1^{ste} verdiep niet gebruikt werd is er gekozen om de fluxmeting in deze ruimte te laten uitvoeren. Op figuur 24 is de opstelling van de binnen sensors weergegeven. Door middel van een Infrarood foto kon de positie beoordeeld worden en zo bepaald worden of de positie representatief was. De fluxmeting had als doel de werkelijke U-waarde van de muur te achterhalen. De fluxmeting liep van 26 maart 2018 tot en met 20 april 2018. De momenten van de verwijdering en hervulling zijn moeilijk te lokaliseren in de tijd, doordat men is afgeweken van de oorspronkelijke planning door problemen met de afzuigmachine. In dit project werd gewerkt per woonblok, bestaande uit vijf woningen, waardoor een juist tijdstip per woning bepalen niet evident was. Daarom is de periode van 3 april tot en met 13 april 2018 als onzeker beschouwd en niet geïnccludeerd in de uiteindelijke meetperiode. De wand in kwestie bestond in de eerste periode (van 26 maart tot en met 3 april) van buiten naar binnen uit:

1. Gevelsteen 9 à 10 cm
2. Glaswol 5 à 6,1 cm
3. Snel bouwsteen 14 cm
4. Binnen bepleistering 2 cm

In de tweede periode (van 13 april tot en met 20 april) was de opbouw van de wand van buiten naar binnen de volgende:

1. Gevelsteen 9 à 10 cm
2. EPS-Parels verlijmd 5 à 6,1 cm
3. Snel bouwsteen 14 cm
4. Binnen bepleistering 2 cm

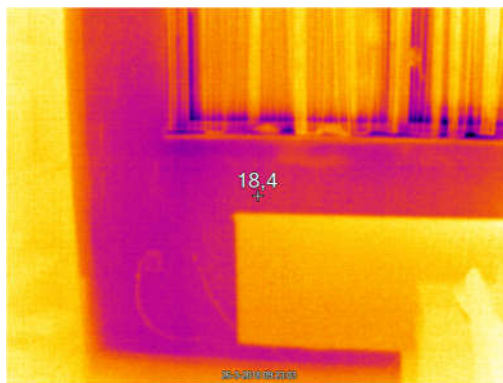


Fig. 24: Positie van de binnen sensors waarbij de representativiteit is gecontroleerd door een infrarood foto.

Door een defect van de afzuigmachine werd de hele uitvoering uitgesteld naar een latere datum. Hierdoor hebben de HOBO-dataloggers die de buitenoppervlaktetemperatuur en binnentemperatuur registreren slechts doorgemeten tot 10 april 2018. Daarom werden de datagegevens van het dichtstbijzijnde klimaatstation gelegen in Rotterdam op circa 20 km opgevraagd, met als doel toch een schatting van de buitentemperatuur te maken. De DAQPRO-datalogger die de binnenoppervlaktetemperatuur en de warmtestroomdichtheid registreerde, heeft wel tot het einde van de meetperiode kunnen doormeten. Zo konden volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.4.3 toch de U-waarden berekend worden.

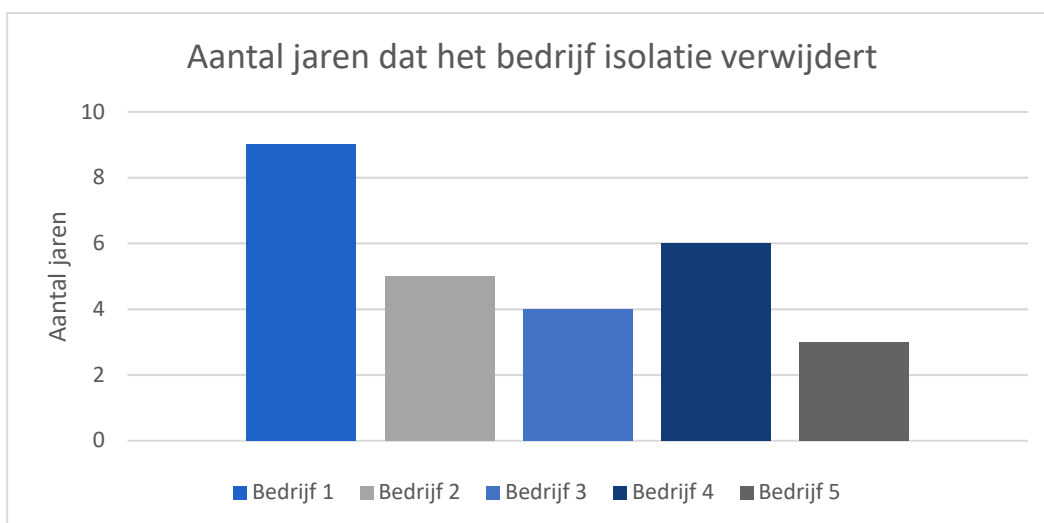
4 RESULTATEN

4.1 Resultaten vragenlijst

Van de negen Nederlandse bedrijven waarnaar een vragenlijst (bijlage A) is opgestuurd in december 2017 hebben vijf bedrijven de vragenlijst ingevuld teruggestuurd. Om interpretatiefouten en onduidelijkheden uit de retourvragenlijst weg te werken is telefonisch contact opgenomen met de bedrijven in kwestie. Hieronder volgt een bespreking van de resultaten op basis van de antwoorden die gegeven zijn door de bedrijven op de vragenlijst en de telefonische toelichting.

4.1.1 Algemeen

Zoals te zien is op onderstaande grafiek is het verwijderen van spouwmuurisolatie nog geen lang toegepaste techniek. Toegepast op de vijf bedrijven die de vragenlijst ingevuld hebben teruggestuurd kan opgemerkt worden dat de bedrijven gemiddeld slechts 5,4 jaar deze techniek uitvoeren. Er zijn tot nu toe slechts acht bedrijven gevonden die deze techniek in België en Nederland toepassen. Het is dus een jonge techniek die nog niet wijdverspreid is.



Grafiek 1: Aantal jaren dat het bedrijf isolatie verwijdt

De redenen die de bedrijven gaven om de isolatie te verwijderen kunnen als volgt samengevat worden:

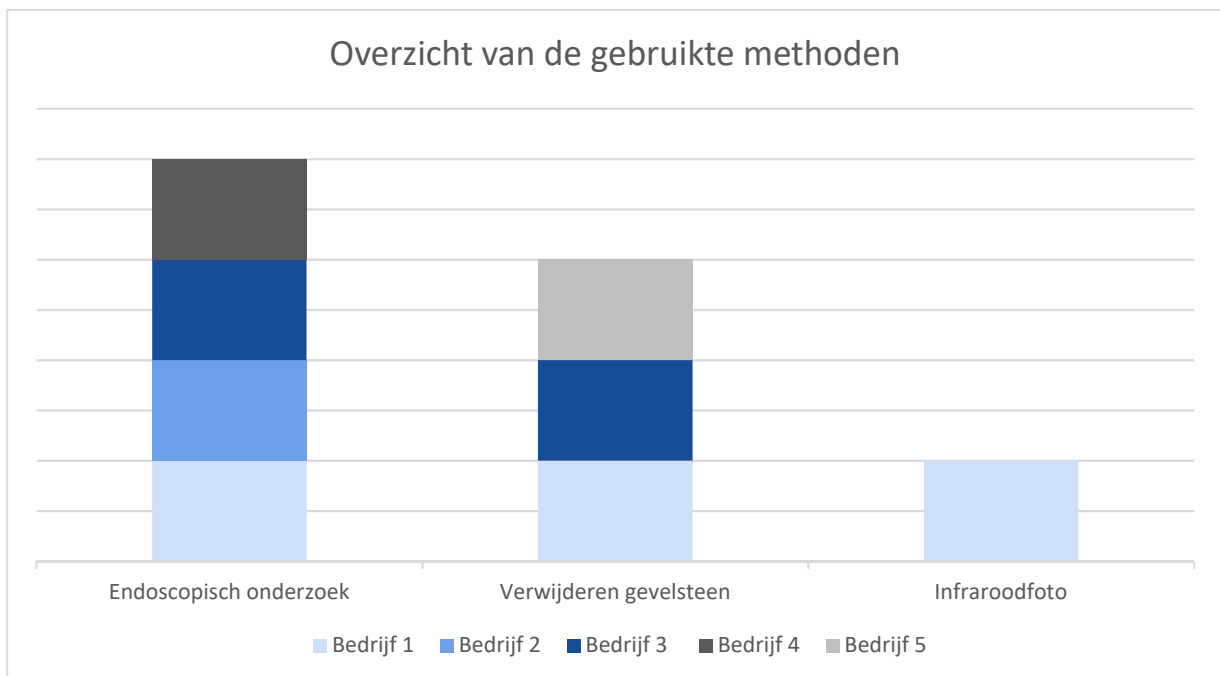
- Vocht- en schimmelproblemen
- Natte isolatie die zijn fuctie verliest
- Verouderde en ingezakte isolatie

Isolatiematerialen waarvoor alle bedrijven verklaarden dat deze goed te verwijderen zijn, zijn losse isolatiematerialen zoals glaswol, steenwol en losse EPS-parels. Ook UF-schuim bleek voor elk bedrijf te verwijderen, mits het UF-schuim voldoende droog is en bestaat uit een niet

al te hoge kwaliteit. Deze materialen zijn te verwijderen omdat ze uit kleine deeltjes bestaan of tot kleine deeltjes te reduceren zijn door perslucht. De verlijmde-EPS-parels werden slechts door één bedrijf aangeduid als eventueel te verwijderen materiaal. De andere bedrijven duiden verlijmde EPS-parels aan als onverwijderbaar. De isolatiematerialen die als onverwijderbaar naar voor kwamen voor elk bedrijf waren materialen bestaande uit plaatmateriaal, dekens of stugge schuimen die al dan niet veranderd zijn aan de spouw. Deze zijn volgens hen niet te verwijderen omdat ze moeilijk te verpulveren of tot kleinere stukken te blazen zijn binnenin de spouw. Toch kunnen ook losse isolatiematerialen zoals glaswol en steenwol, die normaal verwijderbaar zijn, moeilijkheden opleveren tijdens het verwijderingsproces. Dit door een te hoog vochtgehalte waarbij de isolatie aan elkaar blijft plakken en niet kapot te blazen is. Hierdoor kan het isolatiemateriaal niet tot kleine deeltjes geblazen worden.

4.1.2 Al dan niet geschikt voor verwijdering (gebruikte methoden)

Om te bepalen of het isolatiemateriaal al dan niet geschikt is voor verwijdering kwamen drie methodes of onderzoeken naar voor uit de vragenlijsten. Een overzicht van welk bedrijf welke methode gebruikt wordt gegeven in grafiek 2. Tijdens deze controle gaan de verwijderingsfirma's na wat de kwaliteit is van het aangebrachte isolatiemateriaal en of dit materiaal voldoende droog om verpulverd te worden.



Grafiek 2 :Overzicht van de gebruikte methodes

Wanneer het isolatiemateriaal na voorgaande controle als verwijderbaar wordt bevonden kan de verwijdering starten. Dit verwijderingsproces kan opgedeeld worden in verschillende stappen:

1. Een aantal hele stenen aan de onderzijde van de muur net boven het maaiveld verwijderen en daar de zuigmond op aansluiten.
2. Boren van gaten in de kruisingen van de lint- en stootvoegen, volgens een divers patroon of volgens het patroon dat gebruikt wordt voor na-isoleren.
3. Met hogedruk de isolatie naar de afzuigmond drijven.
4. Nadien en tijdens het procescontroles uitvoeren door middel van een endoscoop om na te gaan of alle isolatie is verwijderd.

Twee bedrijven halen aan dat bij de bovenstaande stappen soms problemen kunnen ontstaan. De vermelde problemen zijn voornamelijk een productie van grote hoeveelheden stof en isolatie die niet verpulverd geraakt, waardoor deze bijgevolg niet kan verwijderd worden. Bij het gebruikte materiaal en materieel valt bovendien één zaak op. De installatie die het isolatiemateriaal zal afzuigen is bij drie van de vijf bedrijven de afzuigwagen van XIVAC. Deze wagen werd reeds uitvoerig besproken in hoofdstuk 3.2.1. Het bestaan van deze wagen is ongetwijfeld een zeer belangrijke factor om isolatie te verwijderen.

4.2 Resultaten casestudies

Om de cases te kunnen opvolgen en zo de uitvoering te doorgronden, werd rond 15 februari 2018 een e-mail gestuurd naar alle acht Nederlandse bedrijven die het verwijderen van spouwmuurisolatie nog steeds uitvoeren. Dit met de vraag of er een mogelijkheid bestond om cases op te volgen. Hierop kwam van 3 bedrijven een positief antwoord. De casestudies zijn gemaakt in maart 2018 waarbij per casestudie een fiche is opgesteld met de belangrijkste en opvallendste zaken. Deze zijn terug te vinden in de bijlagers B1, B2, B3 en B4.

4.2.1 Algemeen

Bij het verwerken van de casestudies viel op dat het totaalpakket van isolatie verwijderen en isolatie inblazen gebeurt door één bedrijf. De bedrijven hebben als hoofdtaak isolatie inblazen en niet isolatie verwijderen. Isolatie verwijderen is een minder frequent toegepaste uitvoering dan na-isoleren van de spouw.

Uit de vragenlijst bleken drie voornamelijk redenen om over te gaan tot spouwmuurisolatieverwijdering (zie 4.1.1). Uit de casestudies bleek dat vier keer dezelfde oorzaak, met name vocht- en schimmelproblemen, de aanleiding was om de isolatie te verwijderen. Bij het andere geval waren er geen klachten en maakte de verwijdering deel uit van een totaal renovatieproject. Door deze oorzaak is er een duidelijk verschil ontstaan tussen de bewoners die zelf eigenaar waren van de woning en bewoners die het huis huurde. De bewoners die zelf eigenaar waren hadden het vertrouwen in het na-isolatie principe verloren en kozen ervoor om hun woning niet meer te her isoleren. De bewoners die de woning huurden hadden zelf niet de keuze om de woning te laten her isoleren of niet. Deze beslissing werd genomen door de woonmaatschappijen die in de andere twee casestudies beslisten om de woning opnieuw te laten na-isoleren met verlijmde EPS-parels. Dit was een opmerkelijke keuze aangezien de verlijmde EPS-parels niet meer te verwijderen zijn.

4.2.2 Techniek

Na de opvolging van deze vier cases kan geconcludeerd worden dat de techniek om glaswol isolatie te verwijderen meer op punt staat dan die voor UF-schuim of verlijmde EPS-parels. Dit omdat de techniek die gehanteerd is bij de casestudie van UF-schuim (3.3.2) heel wat vragen oproept in verband met de werking van de isolatie, de vullingsgraad van de isolatie na het heropvullen, het stof dat vrijkomt bij het verpulveren van de isolatie en zo verder. Doordat de verwijdering van de EPS-parels (3.3.3) niet geslaagd is kan hier ook geen succesvolle techniek voor beschreven worden. In de cases waarbij glaswolisolatie verwijderd werd uit de spouwmuur (3.3.1 en 3.3.4), is aangetoond via meerdere endoscoopbeelden dat de spouw

nadien effectief isolatie vrij was (fig. 25). Verder was er na de uitvoering geen schade aan de binnen- en buitengevel. De techniek werd in deze cases dus met succes uitgevoerd.

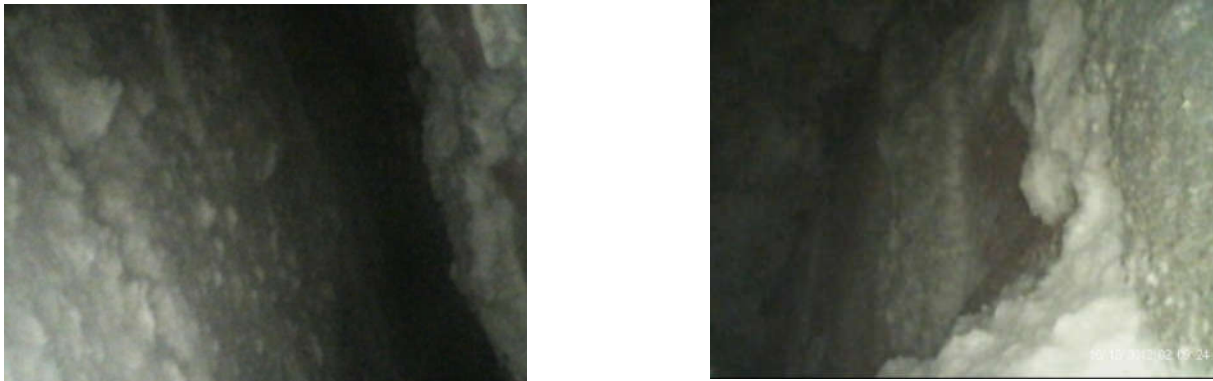


Fig. 25: Spouw die vrij is van spouwmuurisolatie (foto's uit glaswol casestudie)

Doordat deze techniek bewezen heeft dat hij doeltreffend is kan een 10-stappen plan opgesteld worden.

1. Afplakken van de openingen en kieren die in contact staan met de spouwmuur, om infiltratie van de spouwmuurisolatie tegen te gaan. Dit werd meestal gevraagd aan de bewoners zelf.
2. Creëren van de afzuigopeningen. Dit is afhankelijk van de bestaande situatie en het bedrijf dat de werken uitvoert.
3. Creëren van de inblaaspunten (voor de perslucht) volgens hetzelfde patroon dat gebruikt wordt tijdens na-isoleren (voorgeschreven in de ATG's).
4. Afdichten van de verkregen openingen door middel van een mousse, zodat bij de uitvoering de druk in de spouw niet te fel zakt.
5. Aansluiten van de afzuigmond op het extractiepunt. Dit dient zo goed mogelijk te gebeuren, zodat de zuigkracht optimaal benut kan worden.
6. De persluchtmachine en de afzuigmachine worden aangezet. De isolatie wordt vervolgens naar de afzuigmond gedreven doordat twee personen simultaan perslucht inblazen.
7. Wanneer een bepaalde zone behandeld is volgt een controle met de endoscoop om na te gaan of er nog isolatie in de spouwmuur aanwezig is.
8. Afhankelijk van de controle wordt er overgegaan naar een nieuwe zone of wordt het stuk opnieuw behandeld totdat alle isolatie verwijderd is uit de spouw. Dit proces wordt herhaald tot wanneer de meeste isolatie is verwijderd.
9. Afhankelijk van de wens van de bouwheer wordt de spouwmuur leeg gelaten of hervuld door een gekozen isolatiemateriaal.
10. Na het al dan niet heropvullen van de spouwmuur wordt de gevel hersteld naar zijn oorspronkelijke staat.

Een opmerking die gemaakt kan worden bij dit stappenplan is dat in de praktijk soms afgeweken wordt van een of meerdere stappen om zo bepaalde problemen op te lossen of het proces te versnellen.

Om de werken uit te voeren is verschillend materiaal en materieel nodig. Bij het verwerken van de casestudies zijn ook enkele technische eigenschappen genoteerd van de gebruikte machines. Zo blijkt dat de gebruikte druk van de perslucht in elke casestudie tussen de 6 en de 8 bar bleef en dat de lucht compressor die gebruikt werd een debiet tussen de 8 en de 10 m³/min moest kunnen leveren. De onderdruk die gebruikt werd om de spouwmuurisolatie uit de spouw te zuigen lag rond de 0,2 bar.

4.2.3 Invloed op de R- en U-waarde van de muur

Bij het interpreteren van de fluxmeting die in de vierde casestudie is uitgevoerd (grafiek 3) en verwerkt volgens de methode in paragraaf 2.4.3, moet rekening gehouden worden met het feit dat de buitenoppervlaktemperatuur niet werd gemeten tot het einde van de meetperiode. Bovendien was de buitentemperatuur gedurende de laatste dagen van de meet periode zeer hoog. Dit wordt op grafiek 3 weergegeven door de volle lijnen. De rode volle lijn geeft de temperatuur weer gemeten door het weerstation en de blauwe volle lijn geeft de temperatuur weer gemeten door de buiten HOBODatalogger. Dit zijn versturende factoren die nadelig waren voor de nauwkeurigheid van de fluxmeting. Toch is deze meting niet onbruikbaar. Bij een vergelijking van de streeplijnen die de totale R-waarde weergeven kan opgemerkt worden dat deze sterk vergelijkbare profielen hebben. De rode streeplijn geeft de totale R-waarde aan op basis van de buitentemperatuur van het weerstation en de blauwe streeplijn geeft de totale R-waarde aan op basis van de buitenoppervlaktetemperatuur van de HOBODatalogger. Voor de periode waarbij de spouw nog gevuld was met glaswol (eerste week) is te zien dat de R-waarde zich tussen de 1,90 en de 2,25 (m²K)/W bevindt. Betreffende de laatste week van de meting, wanneer er zich al verlijmde EPS-parels in de spouw bevonden, werden R-waarden verkregen tussen de 2,20 en 2,40 (m²K)/W indien de trend van de rode streeplijn als verlenging van de blauwe streeplijn geïnterpreteerd wordt. Dit is dus een verbetering van ongeveer 10% van de R-waarde. Dit kan te verklaren zijn doordat het isolatiemateriaal niet meer van goede kwaliteit was of omdat er plaatselijk geen goede uitvoering van de na-isolatie is gebeurd. Een laatste en meest waarschijnlijke reden kan zijn dat de λ -waarde van verlijmde EPS-parels ($\lambda = 0,040 \text{ W/(mK)}$) beter is dan die van glaswol ($\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$) (A. Janssens, 2007).

Om een beter beeld te krijgen van wat de verwijdering van de spouwmuurisolatie kan betekenen voor de U-waarde van een wand, zijn hieronder enkele U-waarden van verschillende wandopbouwen theoretisch uitgerekend. Dit gebeurde conform de richtlijnen van het transmissiereferentiedocument, waarbij rekening is gehouden met de spouwankers en

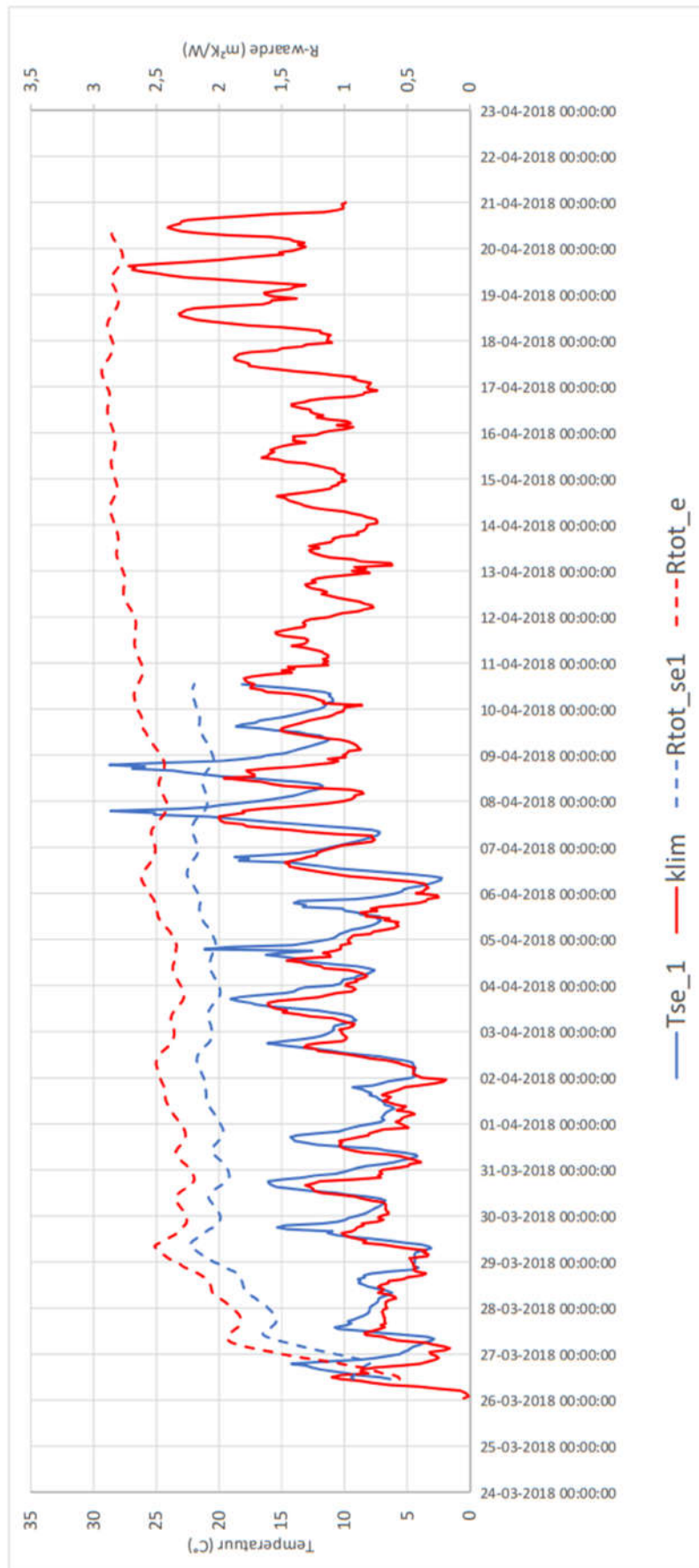
mortelvoegen, uitgaande van de waarden bij ontstentenis. Bij de samenstelling zoals weergegeven in tabel 4 wordt een U-waarde een waarde van 0,546 w/(m²K) bekomen. Om met diezelfde dikte een U-waarde van 0,24 w/(m²K) te bekomen is een isolatiemateriaal nodig met een λ -waarde van 0.014 W/(mK). Om deze λ -waarde te bekomen zal men een superisolator als navulisolatiemateriaal moeten gebruiken. Op deze manier kan bij oude woningen de huidige EPB-norm bereikt worden die via BENOveren door de Vlaamse overheid tegen 2050 vooropgesteld is.

Opbouw 1		Spouwmuur met glas wol ingeblazen			
Samenstelling	Parameters	dikte	λ_u	R	U
	Eenheden	(m)	(W/(mK))	((m²K)/W)	(W/(m²K))
Rse				0,04	
Buiten gevelsteen		0,09	1,2768	0,07	
Glas wol		0,06	0,045	1,33	
Binnensteen		0,14	0,4764	0,29	
Binnen afwerking pleister		0,02	0,52	0,04	
Rsi				0,13	
ΔU_f					0,021
Totaal		0,31		1,91	0,546

Tabel 4: Spouwmuur met glaswol ingeblazen

Opbouw 2		Isolatiemateriaal in functie van gewenste U-waarde			
Samenstelling	Parameters	dikte	λ_u	R	U
	Eenheden	(m)	(W/(mK))	((m²K)/W)	(W/(m²K))
Rse				0,04	
Buiten gevelsteen		0,09	1,2768	0,07	
Superisolator		0,06	0,014	4,29	
Binnensteen		0,14	0,4764	0,29	
Binnen afwerking pleister		0,02	0,52	0,04	
Rsi				0,13	
ΔU_f					0,034
Totaal		0,31		4,86	0,240

Tabel 5: Isolatiemateriaal in functie van gewenste U-waarde:



Grafiek 3: Weergave van de R-waarde bij de fluxmeting van case vier

5 CONCLUSIE

Hoewel de vragenlijst maar door vijf van de negen bedrijven die deze techniek uitvoeren of hebben uitgevoerd is ingevuld, en er slechts door drie van de acht bedrijven die de techniek nog uitvoeren een case is aangeboden, blijkt toch dat het verwijderen van spouwmuurisolatie nog maar op zeer kleine schaal wordt toegepast. Het is ook een techniek die nog maar gemiddeld 5,4 jaar wordt uitgevoerd. Uit dit onderzoek kunnen echter toch enkele zaken geconcludeerd worden. Het is duidelijk dat omtrent het verwijderen van spouwmuurisolatie nog geen wetgeving of technische voorlichtingsdocumenten voor handen zijn. Hierdoor worden tot op heden verschillende methodes gebruikt voor de verwijdering van verschillende isolatiematerialen. Zo kan bijvoorbeeld bij de casestudie over UF-schuim eerder gesproken worden van een bijvultechniek dan een verwijderingstechniek. Dit in tegenstelling tot de casestudies waarbij glaswol verwijderd werd. Hier werd wel een duidelijk stappenplan gevolgd en vereiste gesteld, namelijk dat de spouwmuur isolatievrij moet zijn vooraleer te starten met hervullen. Toekomstige inspanningen om wetgeving en technische voorlichtingsdocumenten omtrent het verwijderen van spouwmuurisolatie op te stellen zijn dus zeker gewenst.

5.1 Oorzaak voor de verwijdering

De meest voorkomende reden voor het verwijderen van de spouwmuurisolatie blijkt vocht- en schimmelvorming te zijn, die zich voordoet aan de zuidwestelijke gevel. Dit kan verschillende redenen hebben, doch is vaak afkomstig door het toch na- isoleren van woningen waar de richtlijnen dit hebben afgeraden of door een foute of onvolledige uitvoering van de na-isolatie. Dit kan op zijn beurt een gevolg zijn van een eerder getrokken conclusie in België, namelijk dat het kwaliteitsbewakingssysteem nog veel te weinig tot bij de werven geraakt, waardoor interpretatie vrijheid van de uitvoerders bestaat (*Beulque, 2014*).

5.2 Welk materiaal is te verwijderen

In de vragenlijst komen de isolatiematerialen glaswol, steenwol, losse EPS-parels en UF-schuim als goed te verwijderen naar voor. Uit de casestudies is gebleken dat glaswol daadwerkelijk goed te verwijderen is. Hierdoor kan gesuggereerd worden dat het gelijkaardige materiaal steenwol ook goed te verwijderen is. Door zijn zeer losse vorm is het ook geloofwaardig dat EPS-parels als goed te verwijderen kunnen beschouwd worden. Uit de casestudie van UF-schuim is echter niet bewezen dat dit materiaal goed te verwijderen is. Dit is in tegenspraak met de antwoorden die voortkwamen uit de vragenlijst, waar alle bedrijven verklaarden dat UF-schuim goed te verwijderen is. Doordat bij de casestudie van verlijmd EPS-parels de verwijdering van dit materiaal niet geslaagd is en in de vragenlijst vier van de

vijf bedrijven beweerden dat dit materiaal onverwijderbaar is, kan besloten worden dat dit materiaal met de huidige technieken nog niet te verwijderen valt. Hetzelfde geldt voor isolatiematerialen bestaande uit plaatmateriaal, dekens of stugge schuimen. Dit omdat het materiaal niet te verpulveren is door middel van perslucht.

Toch is een bedrijf reeds bezig met het ontwikkelen van een techniek waarmee deze hardere materialen zouden kunnen verpulverd worden. Bij deze techniek zouden korrels toegevoegd worden aan de perslucht, waardoor de persluchtstraal extra vernietigend wordt voor het isolatiemateriaal. Deze techniek moet echter nog praktisch uitgewerkt worden.

5.3 Werkwijze om de spouwmuurisolatie te verwijderen

Door de verwerking van de vragenlijsten kon een algemeen stappenplan herkend worden. Dit stappenplan kon verder uitgediept worden door het maken van de casestudies en is terug te vinden in paragraaf 4.2.2. Dit stappenplan is dus opgebouwd door samenleggen van de antwoorden uit de vragenlijsten en de bevindingen uit de casestudies, maar het spreekt voor zich dat het stappenplan het best overeenstemt met de stappen die gevolgd werden bij de verwijdering van glaswolisolatie. Wat opvallend is bij het verwijderen is dat de afzuiginstallatie een onderdruk van 0,2 bar levert, dat overeenkomt met de zuigkracht van een gewone stofzuiger. De toegepaste persluchtdruk van 6 à 8 bar met een debiet van 8 à 10 m³/min stemt wel overeen met de industriële types van luchtcompressors.

5.4 Invloed op de R- en U-waarde

Zoals in de inleiding besproken is de sector energie een zeer bepalende sector voor de broeikasgasuitstoot op aarde. Deze dient beperkt te worden en dit is mede mogelijk door de energievraag van woningen te doen dalen. Door de besproken verwijderingstechniek is het mogelijk bij wanden waar de R-waarde gedaald is door degradatie of inzakking van het isolatiemateriaal de isolatie te verwijderen. Hierna kan de lege spouw terug hervuld worden met betere isolatiematerialen om zo de R-waarde te doen stijgen en bijgevolg de U-waarde te doen dalen. Als streefdoel voor de U-waarde van de muren kan de huidige EPB-norm van 0.24 W/(m²K) vooropgesteld worden. Doordat in de toekomst waarschijnlijk superisolatiematerialen kunnen gebruikt worden om woningen na te isoleren, kan een gunstigere U-waarde verkregen worden. Om de nagestreefde U-waarde te verkrijgen, dient volgens de randvoorwaarden (muursamenstelling) het isolatiemateriaal een thermische geleidbaarheid te hebben van 0.014 W/(mK).

5.5 Eindconclusie

Het verwijderen van spouwmuurisolatie is geen wijdverspreide techniek en de literatuur waaruit verder gebouwd kan worden is nog zeer schaars tot onbestaande. Toch zou door dit onderzoek kunnen gesuggereerd worden dat de isolatiematerialen glaswol, steenwol en losse EPS-parels goed te verwijderen isolatiematerialen zijn. Wanneer de verwijderstechniek verder op punt is, door bijvoorbeeld de toevoeging van korrels aan de perslucht, kunnen mogelijks meer soorten isolatiemateriaal volledig verpulverd en bijgevolg verwijderd worden. Het is dus ook belangrijk om in de toekomst voor materialen te kiezen die goed te verwijderen zijn. Zo kan sneller en efficiënter een upgrade uitgevoerd worden van het thermisch vermogen van de wanden. Op deze manier kan door het verwijderen en hervullen met isolatiemateriaal met een lagere warmtegeleidbaarheid (0.014 W/(mK)) dan de huidige materialen, een betere U-waarde verkregen worden. Hierdoor gaan de woningen minder energievragen, wat gepaard gaat met een dalende hoeveelheid aan broeikasgasuitstoot. Op deze manier zal een bijdrage geleverd worden om de klimaat- en energie doelstellingen van 2020 en op langere termijn lange termijn de emissiedoelstellingen voor 2050 te behalen.

Het is aangeraden om meer cases op te volgen waarbij de verwijdering van spouwmuurisolatie gebeurt. Hierdoor kunnen de resultaten en conclusies van dit onderzoek verder verfijnd worden en kunnen extra inzichten verworven worden.

REFERENTIES

- A. Janssens, M. D. (2007). *IWT TETRA-project 70127 Bestaande Spouwmuren: analyse van kwaliteit en geschiktheid van materialen en uitvoeringstechnieken*. UGent, WenK St-Lucas Architectuur, WTCB, CIR.
- Arnold Janssens, M. S. (2016). *Syllabus Bouwfysica*. Marijke Steenman.
- Beulque, S. (2014). Uitvoeringskwaliteit van na-isolatie van spouwmuren. Vakgroep Architectuur en Stedenbouw.
- BUTgb. (sd). Isolatie materialen: . Gerdaadpleegd in maart 2018 via <http://www.butgb.be/index.cfm?n01=insulation>
- BUTgb vzw. (2018). *Technische Goedkeuring ATG met Certificatie inblaaswol 002.005*.
- Cruyssen, C. V. (2012). *STS 71-1 'Na-isolatie van spouwmuren door insitu vullen van de luchtsouw met een nominale breedte van ten minste 50 mm'*. Brussel.
- Elena Lucchi, F. B. (2017). Thermal performance evaluation and comfort assessment of advanced aerogel as blown-in insulation for historic buildings. In *Building and Environment* (pp. 258-268).
- European commission. (2011). *Klimaatverandering: Vragen en antwoorden over de Routekaart naar een concurrerende koolstofarme economie in 2050*. Brussel.
- Europese Commissie. (2014). *Klimaatbescherming*. Gerdaadpleegd in april 2018 via [file:///C:/Users/Gebruiker/Contacts/Downloads/climate_action_nl%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Gebruiker/Contacts/Downloads/climate_action_nl%20(1).pdf)
- G. Flamant (BBRI), A. J. (2012). *Superinsulating Materials*. Brussels: An initiative of INIVE EEIG.
- Het Vlaams Energieagentschap. (2006). *Vlaanderen is energie*. Gerdaadpleegd in april 2018 via <http://www.energiesparen.be/2020>
- Het Vlaams Energieagentschap. (2017a). *S-peil vervangt het K-peil voor nieuwe woongebouwen met bouwaanvraag vanaf 2018*. Gerdaadpleegd in april 2018 via <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/S-peil>
- Het Vlaams Energieagentschap. (2017b). *BENOVatiedoelstellingen*. Gerdaadpleegd in maart 2018 via <http://www.energiesparen.be/ikBENOVeer/doelstellingen>
- ISO. (2014). *Thermal insulation building elements in-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance part 1. referentie nummer ISO/FDIS 9869-1:2014(E)*.
- Meeusen, J. (2006). Na-isolatie van spouwmuren. Vakgroep Architectuur en Stedenbouw .
- Milieuagentschap, E. (2015). Gerdaadpleegd in april 2018 via <http://www.europarl.europa.eu>.
- Nederlandse Ministerie van Huisvesting. (1983-1985). *IBBC-TNO*.
- Stichting Gilbert Burnay. (2006). *TRANSMISSIE REFERENTIE DOCUMENT*.

TService. (2018, Mei). *Thermografie*. Gerdaadpleegd in mei 2018 via
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Thermografie>
vzw, Wonen en Gezondheid. (2017). *RENOVEREN? DOE HET DAN METEEN GOED.*
BENOVEER! Vlaams Energieagentschap.
WTCB. (2002). *waterwerende oppervlaktebehandeling Technische voorlichting 224.*

BIJLAGEN

Bijlage A: Modelfile vragenlijsten

Bijlage A1: Vragenlijst Bedrijf 1

Bijlage A2: Vragenlijst Bedrijf 2

Bijlage A3: Vragenlijst Bedrijf 3

Bijlage A4: Vragenlijst Bedrijf 4

Bijlage A5: Vragenlijst Bedrijf 5

Bijlage B: Modelfile fiche cases

Bijlage B1: Fiche casestudie 1

Bijlage B2: Fiche casestudie 2

Bijlage B3: Fiche casestudie 3

Bijlage B4: Fiche casestudie 4

BIJLAGE A: MODELFILE VRAGENLIJSTEN



Vakgroep: Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur
Onderzoeksgroep: Bouwfysica

Vragenlijst i.v.m. het verwijderen van isolatie uit een spouwmuur.

Deze vragenlijst wordt afgenomen in kader van de masterproef 'Verwijderen van na-isolatie uit het spouwblad' binnen de opleiding Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde. Alle informatie die verzameld wordt aan de hand van deze vragenlijst wordt als confidentieel beschouwd en enkel voor de masterproef gebruikt. Deze zal dus niet gedeeld worden met andere bedrijven.

Algemene vragen:

1. Hoelang zijn jullie al bezig met het verwijderen van isolatie uit spouwmuren?
2. Welke isolatiematerialen hebben jullie al proberen verwijderen of verwijderd? Bij welke isolatiematerialen was de verwijdering succesvol en bij welke niet?
3. Waar verwijdering is uitgevoerd: wat is de reden van de vraag naar verwijdering?
4. Betrekking hebbende op de isolatiematerialen die niet of moeilijk te verwijderen waren: om welke redenen lukte de verwijdering niet?

Methode:

1. Voeren jullie vooraf een controle uit die bepaalt wanneer de verwijdering al dan niet mogelijk is? Zo ja wat zijn hier de specifieke criteria voor?
2. Hoe gebeurt de verwijdering? Bestaat er een concreet stappenplan?
3. Welke materialen en machines gebruikt men bij de verwijdering?
4. Waren of zijn er problemen die zich frequent voordoen?
5. Op welke manier zijn deze problemen verholpen?
6. Welke technieken of toepassingen zouden het proces nog kunnen verbeteren?
7. Na de verwijderen van de isolatie: zijn er controles die worden uitgevoerd ter verificering van een volledige verwijdering?
8. Aan welke eisen moet de lege spouwmuur voldoen om opnieuw te kunnen/mogen vullen? Zijn dit dezelfde voorwaarden als bij na-isoleren?

Student Industrieel Ingenieur bouwkunde: Tom Borghijs
e-mail: tom.borghijs@ugent.be
Mobiël: +32 473 36 21 36

Pagina 1 van 1

Promotor: prof. A. Janssens
Begeleider: prof. J. Laverge
Dr. M. Delghust

BIJLAGE B: MODELFILE FICHE CASES



Vakgroep: architectuur en stedenbouw
Onderzoeksgroep: Bouwfysica

Casestudie nr:	Uitvoeringsdatum:
Casestudie i.v.m. het verwijderen van isolatie uit een spouwmuur.	
De case study wordt afgenomen in kader van de masterproef 'Verwijderen van na-isolatie uit het spouwblad' binnen de opleiding Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde. Alle informatie die verzameld wordt, wordt als confidentieel beschouwd en enkel voor de masterproef gebruikt. Deze zal dus niet gedeeld worden met andere bedrijven.	
Algemene gegevens:	
Adres	
Land:	
Gemeente:	Postcode:
Straat:	Nummer:
Project gegevens	
Foto's van de woning:	
Verwijderingsfirma:	
Aantal woningen:	Leeftijd isolatie:
Type gevelafwerking voor:	Type gevelafwerking na:
Type (los of vaste) isolatie voor (staal nemen):	Type isolatie na:
Oppervlakte verwijderde isolatie:	
Type woning (vrijstaande woning, halfopen bebouwing, rijhuis, villa, appartement):	
Voor welke reden verwijdert men de isolatie (welke klachten?):	

Geometrie:	
Oriëntatie van de gevel waar verwijdering zal plaatsvinden:	
Afmetingen	
Foto gevel 1	
Hoogte 1 (a):	
Hoogte 2 (b):	
Breedte (c):	
Afmetingen onderbrekingen:	
Raam 1 (Breedte x Hoogte):	
Deur 1 (Breedte x Hoogte):	
Afstand van boorgat naar afzuigopening	

Student Industrieel Ingenieur bouwkunde: Tom Borghijs
e-mail: tom.borghijs@ugent.be
Mobiel: +32 473 36 21 36

Promotor: prof. A. Janssens
Begeleider: prof. J. Laverge
Dr. M. Delghust

Pagina 1 van 2

Vakgroep: architectuur en stedenbouw
Onderzoeksgroep: Bouwfysica

Technische informatie:	
Onderdruk zuiginstallatie:	Druk perslucht:
Volume isolatie:	Volume steenpuin:
Gemiddelde dikte spouw:	
Hoe wordt er rekening gehouden met de spouwdichtheid tijdens de verwijdering? (Vormen leiding, doorvoeren, rolluiken en bovenzijde van de spouwmuur een probleem en hoe worden deze verholpen.):	
Hoe wordt er rekening gehouden met waterkeringen:	
Hoe wordt er rekening gehouden met doorgestorte vloerplaat:	
Controle van spouwzuiverheid (via foto's):	
Thermografie voor:	
Warmteflux voor (1 à 2 weken):	
Warmteflux na (1 à 2 weken):	
Extra informatie:	
Regelgeving in verband met het isolatieafval (recyclage?):	
Subsidies voor verwijdering van de isolatie?	
Offerte en/of factuur?	
Informatie over de isolatie in de spouw (technische fiche of bv. een factuur waar het type isolatie opstaat)	
Controle op beschadiging? (Bijvoorbeeld: isolatie geblazen in de zolderruimte).	
Nota:	

Student Industrieel Ingenieur bouwkunde: Tom Borghijs
e-mail: tom.borghijs@ugent.be
Mobiel: +32 473 36 21 36

Pagina 2 van 2

Promotor: prof. A. Janssens
Begeleider: prof. J. Laverge
Dr. M. Delghust

