

DE HERBRUIKBAARHEID VAN ISOLATIEMATERIALEN UIT BESTAANDE GEBOUWEN: SPECIFIEK ONDERZOEK NAAR MINERALE WOL ISOLATIE UIT PLATTE DAKEN

Gentiel Acar

Studentennummer: 01807525

Promotors: Prof. dr. ir.-arch. Nathan Van Den Bossche,

Prof. arch. Jan Moens

Begeleider: Luc Van Audenhaege

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad in

Master of Science in de ingenieurswetenschappen: architectuur

Academiejaar: 2022 - 2023

Dankwoord

Voorafgaand aan deze masterproef wil ik graag enkele personen in de verf zetten. Dit onderzoek heeft namelijk sterk geleund op de inzet van velen, en zonder hun bijdragen had ik niet tot het uiteindelijke resultaat kunnen komen. Dit proces heeft niet alleen een brede interesse aangewakkerd in dit thema, het heeft ook al deels mijn toekomst na mijn studies bepaald.

Allereerst wil ik Luc Van Audenhaege enorm bedanken. Hij fungeerde niet alleen als begeleider, maar ook als inspiratie- en informatiebron voor de vele inzichten die zijn bereikt in dit onderzoek. Daarom was het dan ook heel fijn om samen te werken aan dit onderzoek samen. Hetzelfde geldt voor John Reneerkens, die ik wil bedanken voor alle tijd en moeite die hij in dit onderzoek heeft gestoken.

Vervolgens wil ik mijn twee promotoren bedanken, Jan Moens en Nathan Van Den Bossche. Hierbij verdient een extra bedanking voor Nathan, die altijd klaarstond voor vragen en opmerkingen. Bovendien heeft dit onderzoek geleid tot een toekomstige samenwerking aan de UGent als wetenschappelijk onderzoeker. Daarenboven wil ik ook Raf De Preter en Tuur Van Dijck bedanken als begeleider en/of jurylid bij de mondelinge verdediging.

In dit dankwoord wil ik ook nog alle contactpersonen van betrokken partijen binnen dit onderzoek bedanken. Arnout Verstraete, Geoffrey Gilgemy, Steven Meersman, Freya Michiels, Roger Vandeweyer, Yves Rosier, Kenny Beyaert, Bram Vandekerckhove, Laurens Colle, Annelies Swaenepoel, Thijs Vanbecelaere, Anthony Tijtgat, Christoph Demset, John Reneerkens.

Bedankt ook aan de mensen die meehielpen de verschillende testen uit te voeren, Antoine Tilmans, Sofie Moorkens, Katrien Ver Eecke en Bart Van Daele. Zonder was het uitvoeren van de testen nooit tot stand gekomen.

Een hele grote dankuwel aan mijn ouders voor de kans die ik gekregen heb om deze studie te volgen.

Dankuwel aan al mijn vrienden om te dienen als steun en toeverlaat tijdens dit proces. Hierbij een expliciete dankuwel aan Emma, Celine, Millan, Tessa en Lune voor de steun bij de laatste loodjes.

Tot slot wil ik nog vermelden dat ik trot ben op wat ik bereikt heb met de bekomen resultaten in dit onderzoek. Ze hebben veel tijd en moeite gekost, maar dit loonde immers ook in het kader van mijn aanvraag voor verder wetenschappelijk onderzoek in dit onderwerp (FWO).

Abstract

Met de groeiende bezorgdheid omtrent duurzame bouwpraktijken ligt de focus steeds meer op het hergebruik van bouwmaterialen. Deze scriptie onderzoekt de herbruikbaarheid van minerale wol isolatie afkomstig van platte daken, met als doel de potentie te verkennen om dit materiaal opnieuw in te zetten in nieuwe constructies. Ondanks hun hoge levensduur belanden grote hoeveelheden ontmantelde minerale wol isolatie na het doorlopen van één levenscyclus nog steeds in verbrandingsovens. Zo gaat alle energie ingebed in deze isolatiematerialen (energie-intensieve productieprocessen, transport, verwerking, ...) steeds verloren. Hergebruik van isolatiematerialen door ontmanteling van te slopen gebouwen biedt dus een kans om materiaalkringlopen te sluiten en ecologische voetafdrukken te verminderen.

Het onderzoek is opgedeeld in drie delen. In het eerste deel worden stalen van minerale wol isolatie verzameld uit platte daken van diverse casestudies. Twee belangrijke aspecten die hierin beschreven worden zijn zowel de praktische als theoretische beoordeling van de losmaakbaarheid van de isolatie. Het tweede deel bevat uitgebreid onderzoek naar de verschillende prestaties van de verzamelde minerale wol isolatie uit de casestudies. Hierbij zullen niet alleen de thermische prestaties, maar ook de mechanische prestaties en de reactie op vocht getest worden. Uiteindelijk kan uit de bekomen resultaten besloten worden welke parameters de degradatie van minerale wol beïnvloeden. Voortbouwend op de inzichten uit de eerste twee delen, beoogt het laatste, meer conceptuele deel, mogelijkheden om hergebruik van minerale wol isolatie te verduidelijken binnen de context van een fictief recuperatiebedrijf. Het eindproduct van deze thesis bevat een stappenplan dat beschrijft hoe zo'n bedrijf minerale wol exact kan verzamelen, verwerken en herbestemmen in nieuwe projecten. Met dit doel voor ogen beoogt het onderzoek de hergebruiksector te informeren en inspireren met deze nieuwe ideeën.

Abstract – Extended English version

The Reusability of Insulation Materials from Existing Buildings: A Specific Study on Mineral Wool Insulation from Flat Roofs

The growing concern for sustainable construction practices has led to increased focus on the reuse of building materials. This thesis investigates the reusability of mineral wool insulation extracted from flat roofs, aiming to explore its potential for repurposing in new constructions. As recycling knowledge for solid stone-like materials has progressed, attention has shifted to lighter non-stone materials, including insulation. These materials hold substantial volume and their transportation contributes significantly to their primary energy consumption. Additionally, the energy-intensive production processes of insulation materials further exacerbate environmental concerns. Local reuse of insulation materials by dismantling buildings slated for demolition presents an opportunity to close material loops and reduce ecological footprints.

The selection of mineral wool, particularly rock wool from flat roofs, as the focus of this research is multifaceted. Firstly, its extended lifespan, at least 60 years as per TOTEM (Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials), makes it a theoretically ideal candidate for reusable insulation (“Levensduren in Totem”, 2020). Furthermore, mineral wool's production has remained relatively consistent for over 80 years, unlike rapidly evolving alternatives like PU foam insulation. Additionally, the choice of flat roofs for investigation not only introduces unique testing parameters such as compressive strength but also benefits from collaboration with flat roof Technical Advisor Luc Van Audenhaege.

Despite the awareness among construction stakeholders, limited practical information exists on reusing insulation materials. Current reuse practices lack certainty regarding the thermal and performance attributes of insulation. Establishing a theoretical framework with a predefined procedure provides a foundational step. Subsequent empirical testing on various case studies constitutes a logical progression. Valuable insights from these tests facilitate practical strategies for insulation reuse. Standardized testing, certification, and quality control further ensure reliable industry practices. The outcomes encompassing performance insights, testing methodologies, and implementation frameworks are invaluable to all stakeholders in the construction process. This, in turn, can stimulate novel business models encompassing Urban Mining, material testing, quality assurance, and insurance systems. Exemplified by enterprises like HuisMus, significant economic potential lies in repurposing and trading insulation products in the second-hand construction market. In conclusion, this research attempts to promise valuable insights to amplify the reuse potential of insulation materials such as rock wool.

The research methodology integrates close collaboration with industry stakeholders, including contractors, demolition firms, second-hand insulation traders, engineers, architects, researchers, and manufacturers. Through interviews, site visits, and meetings, the study aims to align with practical realities and accurately interpret data. The research unfolds in two main phases.

The initial stage involves collecting samples of mineral wool insulation from flat roofs across multiple case studies. This entails mapping out the case studies and consolidating relevant data. The thesis covers a total of seven projects, with three undergoing in-depth investigation through sample collection from six flat roofs. Practical and theoretical assessments of the potential disassembly feasibility are carried out for each case study based on dismantling techniques, personal experience, and the disassembly index calculation.

The second phase examines the performance characteristics of reused rock wool insulation. Parameters influencing degradation, including material attributes, installation specifics, and disassembly processes, are analysed. The study identifies material properties most susceptible to deterioration over time. While thermal conductivity is pivotal, responses to moisture and structural integrity also inform the feasibility of reuse. It is important to acknowledge that executing these tests in accordance with specific norms involves significant effort, time, and resources. Therefore, within the confines of this thesis, certain aspects of test standards may necessitate assumptions and adaptations.

Building on insights garnered from the first two sections, the third and more conceptual part attempts to illuminate reuse possibilities for mineral wool insulation within the context of a reclamation company. This hypothetical entity collects, processes, and repurposes mineral wool insulation in new projects. The business model rests on three core objectives, extensively detailed in the concluding segment. The framework will include procedures outlining performance criteria for eligibility for reuse. Under the principle of 'fit for purpose,' avenues to integrate reused rock wool insulation into new roofing, wall, or floor systems will be explored. Ultimately, the research seeks to provide a step-by-step blueprint for the fictitious reclamation company, spanning from disassembly at the site to reintegrating the reused insulation into new projects. With this ultimate goal in sight, the research aims to inform the reuse sector with its findings and inspire stakeholders with novel ideas.

Nota bij het lezen

Deze masterproef bestaat uit twee hoofdgedeeltes: de eigenlijke scriptie en een bijlagebundel met aanvullende verwijzingen. De scriptie is ontworpen om gelezen te worden als een boek, zowel in fysieke vorm als digitaal. Het is essentieel om telkens twee pagina's naast elkaar te bekijken, aangezien de tekst en afbeeldingen zo zijn opgemaakt dat ze elkaar aanvullen. Wat betreft de bijlagen is het niet nodig om deze af te drukken en kunnen deze digitaal geraadpleegd worden, om onnodig papierverbruik te vermijden.

Ter verduidelijking van de afkortingen van de verschillende casestudies wordt een overzicht gemaakt in de vorm van een bladwijzer (zie bijlage A). Op die manier kunnen alle tabellen en grafieken duidelijk gelezen worden. Indien deze scriptie afgedrukt wordt is het dus aangeraden om telkens de bladwijzer mee af te drukken.

Inhoud

Dankwoord	3
Abstract	4
Abstract – Extended English version	5
Nota bij het lezen	7
Vraagstelling en methodiek.....	11
0.1 Algemene inleiding over isoleren	11
0.2 Milieu-impact en doelstellingen van het (her)gebruiken van isolatiematerialen	12
0.3 Hergebruik en recyclage van isolatie: stand van zaken	14
0.4 Prestaties van hergebruikte isolatiematerialen.....	19
0.5 Onderzoeksvraag.....	20
0.6 Methodiek	21
Deel 1: Casestudies: platte daken met minerale wol isolatie.....	23
1.1 De toegankelijkheid van oude rotswolisolatie uit gebouwen	23
1.1.1 Contactpersonen en betrokken partijen	23
1.1.2 Casestudies in kaart gebracht.....	24
1.1.3 Ontmanteling van oude rotswolisolatie uit platte daken	25
1.2 Niet onderzochte casestudies	27
1.2.1 Sint – Martens – Latem.....	27
1.2.2 Steenokkerzeel	29
1.2.3 Bornem	31
1.2.4 Gent	33
1.3 Roeselare	35
1.3.1 Algemene informatie over het gebouw/project en de staalafname	35
1.3.2 Dak 1 – R1a & R1b	35
1.3.3 Dak 2 – R2.....	39
1.3.4 Dak 3 en 4.....	41
1.4 Deerlijk.....	43
1.4.1 Algemene informatie over het gebouw/project.....	43
1.4.2 Dak 1 – D1.....	43
1.5 Waregem	45
1.5.1 Algemene informatie over het gebouw/project.....	45
1.5.2 Dak 1,2 en 3 – W1, W2 en W3.....	45

1.6	Conclusie	49
Deel 2: De prestaties van oude rotswolisolatie uit platte daken		51
2.1	Inleiding: normen en richtlijnen voor isolatie door de jaren heen	51
2.2	Gemiddelde densiteit: NBN EN 1602	53
2.2.1	Testmethode	53
2.2.2	Resultaten	54
2.2.3	Vaststellingen en hypothesen	54
2.2.4	Conclusie	54
2.3	Korte-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_p): EN ISO 29767	55
2.3.1	Testmethode	55
2.3.2	Resultaten	57
2.3.3	Analyse resultaten	57
2.3.4	Vaststellingen en hypothesen	59
2.4	Waterabsorptie patronen bij mechanisch bevestigde rotswol isolatie op een steeldeck ondergrond	59
2.4.1	Testmethode	61
2.4.2	Resultaten	61
2.4.3	Conclusie	61
2.5	Lange-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_{lp}) : EN 12087	63
2.5.1	Testmethode	63
2.5.2	Resultaten	63
2.5.3	Analyse resultaten	63
2.5.4	Conclusie	63
2.6	Drukspanning bij 10% vervorming of druksterkte: EN ISO 29469	65
2.6.1	Testmethode	65
2.6.2	Resultaten	67
2.6.3	Analyse resultaten	69
2.6.4	Conclusie	69
2.7	Puntbelasting bij 5mm indrukking: EN 12430	71
2.7.1	Testmethode	71
2.7.2	Resultaten	73
2.7.3	Analyse resultaten	75
2.7.4	Conclusie	75
2.8	Thermische weerstand en warmtegeleiding: EN 12667 + EN 12939	77

2.8.1	Testmethode.....	77
2.8.2	Resultaten.....	79
2.8.2	Analyse resultaten.....	79
2.8.2	Conclusie.....	79
2.9	Overzicht van de resultaten.....	81
2.9.1	Roeselare.....	81
2.9.2	Deerlijk.....	82
2.9.3	Waregem.....	83
2.10	Conclusie.....	85
Deel 3: Hergebruik van minerale wol isolatie uit platte daken.....		87
3.1	Inleiding: situering van dit onderzoek in de circulaire wereld.....	87
3.2	Streven naar een evenwaardige hergebruikstoepassing.....	89
3.2.1	Downcycling vermijden.....	89
3.2.2	Een database voor toekomstige circulaire projecten.....	90
3.2.3	Bepalen van de mogelijke toepassingen.....	91
3.2.4	Platte dak rotswolisolatie in een nieuwe opbouw.....	92
3.3	Streven naar een bepaalde garantie.....	97
3.3.1	De fundamentele eisen.....	97
3.3.2	Aannames maken op de parameters.....	99
3.3.3	Een ATG 'light'-versie voor hergebruikte isolatie?.....	100
3.4	Streven naar een minimum aan milieukost.....	101
3.4.1	Beter doen dan vandaag.....	101
3.4.2	Milieukost vermijden bij een hergebruikssituatie.....	101
4.	Besluit - een recuperatiebedrijf voor minerale wol isolatie.....	103
5.	Referenties.....	107
	Figuren.....	107
	Afbeeldingen.....	107
	Tabellen.....	108
	Grafieken.....	108
	Bibliografie.....	108
6.	Bijlagen.....	113

Vraagstelling en methodiek

0.1 Algemene inleiding over isoleren

Dit gedeelte begint met een korte beschrijving van de historie van isolatiematerialen en welke soorten er nu allemaal op de markt te vinden zijn. Tenzij anders wordt verwezen is alle informatie afkomstig uit het naslagwerk 'Post-War Building Materials' (Van de Voorde et al., 2015), waarin onderzoek werd gedaan naar bouwmaterialen uit de naoorlogse periode.

Het isoleren van gebouwen is een relatief recent fenomeen in België, dat pas in de tweede helft van de twintigste eeuw echt aan populariteit begon te winnen. Rond 1950 werden isolatiematerialen voor het eerst op de bouwmarkt geïntroduceerd. Via artikels en reclamecampagnes werd thermische en akoestische isolatie een opkomend thema in de bouw- en architectuurpraktijk. Begin de jaren '60 werden specifieke studiebureaus opgericht voor het berekenen en onderzoeken van de impact van isolatiematerialen op een gebouw aan de hand van algemene warmtestudies. Hierna streefden architecten vooral naar lichtere, minder inerte structuren en werden opdrachtgevers zich steeds meer bewust van de warmteverliezen en de daarbij gepaarde brandstofverspilling. Het was dan de Jom-Kippoer-oorlog en de daarmee gepaard gaande oliecrisis van 1973 die ervoor zorgde dat energiebesparing en dus ook isolatie van gebouwen hoog op de agenda kwam te staan (Van de Voorde et al., 2015). In de jaren 80 van de vorige eeuw werden de eerste wetten en normen ingevoerd om de isolatie van gebouwen te reguleren en te stimuleren. Om discussie te vermijden rond het label 'thermische isolatie' werd met een Europese norm (ISO 9774) in 1990 de maximale λ -waarde (0,065 W/mK) vastgelegd voor een isolatiemateriaal (Van de Voorde et al., 2015). Hierna werd in België het gebruik van isolatie in muren en daken verplicht in 1991, en in 2006 voerde de Europese richtlijn inzake energieprestaties en gebouwen een uniform kader in, namelijk de gekende EPB-regelgeving (Energieprestatie en Binnenklimaat). Deze wetgeving schrijft voor dat nieuwe gebouwen moeten voldoen aan strenge eisen omtrent energie en binnenklimaat en dat bestaande gebouwen bij verkoop of verhuur een energieprestatiecertificaat moeten hebben. Sindsdien was er in België een gestage toename te zien van het gebruik van isolatiematerialen in nieuwbouw (Van de Voorde et al., 2015). Desondanks blijken er vandaag nog altijd veel oude gebouwen onvoldoende geïsoleerd te zijn. Dit heeft niet alleen te maken met een gebrek aan kennis en bewustzijn bij eigenaars en huurders, maar ook met de hoge kosten die gepaard gaan met het na-isoleren van bestaande gebouwen. Toch is het belang van isolatie niet te onderschatten, zowel voor het comfort van de bewoners als voor het milieu en de energierekening.

In de loop der jaren zijn de isolatienormen en prestatie-eisen steeds strenger geworden, wat heeft geleid tot een grotere productie en diversiteit aan isolatiematerialen. Tegenwoordig is er een breed scala aan isolatiematerialen beschikbaar met elk hun eigen specifieke eigenschappen en productieprocessen. Binnen dit brede scala van isolatiematerialen kunnen we onderscheid maken op basis van de fysieke aard van het product, zoals plantaardige, minerale en synthetische isolatiematerialen. Plantaardige materialen, zoals houtvezels, worden vaak gebruikt als basiselement voor isolatieplaten. Desalniettemin heeft het gebruik van houtvezels verschillende nadelen, zoals gevoeligheid voor hitte, vocht en chemische stoffen. Hierdoor zijn verschillende behandelingsstrategieën, zoals het toevoegen van cement en (synthetische) harsen, en het aanbrengen van coatings onontkoombaar (Van de Voorde et al., 2015). Naast houtvezels worden ook andere biobaseerde isolatiematerialen, zoals kurk, papiercellulose, vlas en hennep gebruikt. Steeds meer architecten zijn zich bewust van de opkomende ecologische strategieën om gebouwen te isoleren en gebruiken deze isolatiematerialen in de hedendaagse gebouwschil. Desondanks blijft een brede

wetenschappelijke kennis over deze bio-gebaseerde isolatieproducten ontbreken, waardoor bijkomend onderzoek van cruciaal belang is binnen dit vakgebied.

Minerale isolatiematerialen zijn een alternatieve soort isolatiematerialen die de nadelen van plantaardige isolatiematerialen weerleggen. Ze zijn over het algemeen vocht-, rot- en brandbestendig, en hebben een lage λ -waarde die meestal lager is dan 0,050 W/mK (Van de Voorde et al., 2015). Minerale isolatiematerialen worden geproduceerd uit minerale grondstoffen zoals zand, basalt en andere vulkanische gesteenten, en kunnen zowel harde als zachte isolatieproducten opleveren. Glasvezel is een belangrijk bestanddeel van minerale isolatiematerialen, zoals zachte glaswolisolatie en cellulair glas. Rotswolisolatie is een vergelijkbaar product, gemaakt door gesmolten basalt te spinnen tot dunne draden en vervolgens samen te persen tot isolatieplaten met een vooraf bepaalde dikte en dichtheid. Perliet en vermiculiet zijn twee andere producten die worden verkregen door ze onder hoge temperaturen te expanderen. Ze worden vaak gebruikt als opvul- en toeslagmateriaal in spouwmuren, beton, cement en pleister, en zijn ook bestand tegen brand, zuren en vocht. Hoewel minerale isolatiematerialen over het algemeen betrouwbaar zijn, is er één mineraal isolatiemateriaal dat veel problemen heeft veroorzaakt: asbest. Asbest wordt verkregen door verbrijzeling van gekristalliseerd vulkanisch silicaatgesteente, en was vroeger populair vanwege zijn goede akoestische en thermische eigenschappen en lage prijs. Echter, vanwege de ernstige gezondheidsrisico's van asbest is het gebruik ervan in België sinds 2001 verboden (Van de Voorde et al., 2015).

Plantaardige en minerale isolatiematerialen werden geïntroduceerd op de bouwmarkt vóór de Tweede Wereldoorlog, terwijl synthetische isolatiematerialen pas later, kort voor en vooral na de oorlog, op de markt kwamen. De introductie van synthetische isolatiematerialen zoals geëxpandeerd polystyreen (EPS), geëxtrudeerd polystyreen (XPS), polyurethaanschuim (PUR), polyisocyanuraat (PIR) en fenolformaldehyde (PF) op de bouwmarkt in de tweede helft van de twintigste eeuw veroorzaakte een grote revolutie. Ze staan vooral bekend om hun lage massadichtheid en extreem lage λ -waarde, die varieert tussen 0,027 en 0,044 W/mK (Van de Voorde et al., 2015). Enerzijds zijn deze materialen ook waterafstotend, inert en bestand tegen chemische en biologische stoffen, maar anderzijds zijn ze licht ontvlambaar en dus niet volledig brandbestendig. Deze synthetische isolatiematerialen zijn relatief jong en evolueren nog steeds. De twee belangrijkste bestanddelen van PUR-, PIR- en PF-isolatie zijn polyolen en MDI (methyleendifenyldi-isocyanaat) die samen reageren tot een schuim (L. Van Audenhaege, persoonlijke communicatie, 11 augustus 2023). Dit schuim wordt vervolgens geperst in harde platen en vaak afgewerkt met een cachering om te voorkomen dat de ingeblazen isolerende gassen snel kunnen vervliegen.

0.2 Milieu-impact en doelstellingen van het (her)gebruiken van isolatiematerialen

Op dit moment is de combinatie van grondstofwinning, productie van bouwcomponenten, bouw- en renovatieactiviteiten verantwoordelijk voor 5-12% van de totale uitstoot van broeikasgassen in België (Debacker et al., 2021). Een studie van de Sustainable Built Environment Research Group aan de universiteit van Linnaeus in Zweden (Tetty et al., 2014) vergeleek het primaire energiegebruik en de CO₂-uitstoot van de productie van materialen nodig voor een residentieel gebouw. Hierbij werden verschillende isolatiematerialen (steenwol, glaswol, cellulosevezel, geëxpandeerd polystyreen en schuimglas) uitgetest op een referentiegebouw. Het veranderen van het isolatiemateriaal van steenwol naar cellulosevezel verminderde het primaire energiegebruik en de CO₂-uitstoot voor de productie van de materialen met 6 tot 8%. Daarbovenop verminderde ook het totale gebruik van fossiele brandstoffen met 39% alleen al voor de productie van het isolatiemateriaal. De onderzoeksgroep CINARK van de Koninklijke Deense Academie ontwikkelde een digitale tool genaamd 'de

bouwmaterialenpiramide' (fig. 1) om de milieueffecten van bouwmaterialen te laten zien, van productie tot levering op de bouwplaats (CINARK & Zepernick Jensen, 2019). Met de gegevens van EPD's (Environmental Product Declarations) die geldig zijn in Noord-Europa en Scandinavië tonen ze aan dat de Global Warming Potential (GWP) van de productie van 1 kg PUR, PIR, XPS of EPS ongeveer drie keer hoger is dan die van 1 kg constructiestaal. De GWP voor 1 kg steenwol is vergelijkbaar met die van 1kg staal, terwijl 1 kg natuurlijke isolatiematerialen zoals hennepvlies en houtvezelisolatie een GWP hebben die de helft of zelfs minder is dan die van 1 kg staal. Voor België werden vergelijkbare resultaten gevonden door Universiteit Gent in een onderzoeksproject dat zich richtte op de milieueffecten van biobaseerde oplossingen (DuBIT (Odisee Hogeschool) et al., z.d.). Tegenwoordig worden steeds meer Life Cycle Assessment (LCA) tools gebruikt om materialen te kiezen op basis van hun milieueffecten. Een kritische beoordeling van 47 studies over thermische isolatiematerialen (Füchsl et al., 202022) toonde aan dat EPS, steenwol en glaswol een vergelijkbaar milieueffect hebben, terwijl XPS, PUR en kurk hogere effecten vertonen. Hernieuwbare materialen zoals cellulose en hennep hebben de laagste milieueffecten. Voor niet-hernieuwbare isolatiematerialen veroorzaakt het productieproces met anorganische grondstoffen het grootste effect, terwijl bij hernieuwbare materialen de bindmiddelen en toevoegingen in de productie het meest bijdragen aan het milieueffect.

THE CONSTRUCTION MATERIAL PYRAMID



Fig. 1: De bouwmaterialenpiramide van isolatiematerialen (CINARK, Denemarken, 2019)

Binnen deze scriptie is het relevant om even het thema van dit onderzoek te positioneren binnen de verschillende Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen, ofwel de 'Sustainable Development Goals' (SDG's). De VN vormde in 2015 een actieplan om aan de hand van 17 SDG's en 169 subdoelstellingen de planeet tegen 2030 duurzamer en leefbaarder te maken voor de mensheid en zijn toekomst (FIDO, 2018). Allereerst draagt het thema van dit onderzoek bij tot de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen. Daarom past het binnen SDG 13 "Klimaatactie", meer specifiek de doelstelling "energiegerelateerde CO₂-emissies per capita". Dit doel is vastgesteld op een kritische drempel, waardoor dit perspectieven opent voor circulaire businessmodellen. Transport, productie en verwerking van materialen kosten veel energie, waardoor er een sterk verband ontstaat tussen de broeikasgasuitstoot en het materiaalverbruik op de planeet. De organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) toonde aan dat voor verschillende landen meer dan de helft van de broeikasgasemissies materiaal gerelateerd zijn (Organisation for Economic Co-operation and Development & ICF, 2012). Daarnaast heeft dit onderzoek ook betrekking op SDG 11 "Duurzame steden

en gemeenschappen". Het is bekend dat een upgrade van het gebouwenbestand een sleutelrol speelt in deze uitdaging, maar het blijft nog onduidelijk hoe de koolstofarme ambities van de Europese Green Deal tegen 2050 kunnen worden behaald, terwijl de koolstofvoetafdruk van bouwmaterialen wordt beperkt. De Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) publiceerde in april 2020 een studie waaruit bleek dat met het huidige renovatietempo en enkel rekening houdend met grondige renovaties (E30-peil) slechts 25% van de CO₂-reducties kan worden gerealiseerd (OVAM et al., 2020). Rekening houdend met de nieuwe woningen die elk jaar nodig zijn om de bewoners te huisvesten, overstijgt de CO₂-uitstoot van deze nieuwbouw de reductie die kan worden gerealiseerd door de ingrijpende renovaties. Hoewel de resultaten voorzichtig moeten worden geïnterpreteerd vanwege extrapolaties die werden gemaakt op een beperkt aantal woningtypologieën, illustreert het duidelijk de urgentie en de nood aan een andere aanpak die optimaal gebruik maakt van de beperkte hoeveelheid beschikbare middelen. Hergebruik van materialen is een sleutelstrategie in de transitie naar een CO₂-neutraal gebouwenbestand en ook de keuze voor isolatie sluit hier dicht bij aan. Hoewel isolatie als zodanig niet het grootste deel van het afval- of hergebruikpotentieel vertegenwoordigt, is het in feite het primaire materiaal dat de vermindering van het operationele energieverbruik in bestaande gebouwen zal vergemakkelijken.

0.3 Hergebruik en recyclage van isolatie: stand van zaken

Een goed voorbeeld omtrent hergebruik van bouwmaterialen op grote schaal is het FCRBE-project. FCRBE (Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe) is een project onder leiding van Rotor vzw dat zich inzet voor het hergebruik van bouwmaterialen in Noordwest-Europa. Aangezien hier vandaag maar 1% van de bouwmaterialen hergebruikt wordt naargelang hun eerste toepassing, heeft dit project als doel om een stijging van meer dan 50% teweeg te brengen op het aantal teruggewonnen bouwelementen op zijn grondgebied tegen 2032 (Interreg North-West Europe, z.d.). Om dit doel te bereiken werd er een internationaal partnerschap opgericht van verschillende gespecialiseerde organisaties.

Hoewel de aandacht zowel op Europees als Vlaams niveau heel groot is omtrent het hergebruiken en recycleren van bouwmaterialen zijn er toch nog veel aspecten die ontbreken in de Vlaamse bouweconomie om dit te ondersteunen. Zo zijn er, volgens OVAM, nog enkele knelpunten die nog opgelost moeten worden om het Urban-Mining-potentieel te versterken in Vlaanderen (Debacker et al., 2021). Allereerst is de vraag naar hergebruikte materialen in nieuwe bouwprojecten te beperkt, waardoor het prijsverschil met nieuw vervaardigde isolatiematerialen te groot is. Omdat de meeste opdrachtgevers de laagste prijs verkiezen heerst er hierdoor een oneerlijke concurrentie op de bouwmarkt. Ook de zelfstandigheid van verschillende partijen binnen het sloop- en hergebruikproces zorgt voor inefficiëntie. Ieder werkt voor zichzelf en probeert eigen kosten en baten te optimaliseren, daardoor is er weinig vertrouwen en transparantie doorheen de keten. Een ander knelpunt is de tekortkoming op technisch en logistiek vlak tijdens het recuperatieproces van sloop tot herbestemming. Voor veel niet-steenachtige materialen (exclusief metalen), waaronder isolatie, ontbreken lokale inzamelpunten of haalbare recyclagetechnologieën. Tot slot blijkt dat het slopen van kleine werven niet altijd selectief verloopt waardoor we niet de volledige hergebruik- en recyclageopportuniteiten in het bouwpark benutten. Om dit huidige systeem te doen veranderen zijn er actiegerichte strategieën en maatregelen nodig. Het delen van kennis, ervaring en data, het creëren van een groter draag- en vraagvlak en het inzetten van een innovatief speelveld met controle kunnen hier al een grote verandering in brengen.

Uit het onderzoek 'Proeftuin Circulair Bouwen' van de OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij) blijkt dat Vlaanderen 15 miljoen ton, ofwel 8,3 miljard m² aan bouw- en sloopafval heeft geproduceerd in 2015 (Debacker et al., 2021). Op gewicht- en volumebasis bestaat respectievelijk 90% en 77% hiervan uit steenachtige materialen, waarvan er vandaag ongeveer 95% gerecycleerd wordt. De manier waarop we de overige 10 % aan massa ofwel 23% aan volume niet-steenachtige materialen milieuvriendelijk kunnen recyclen of recupereren is volop in ontwikkeling. Een klein deel is afkomstig uit kleinschalige renovaties en verbouwingen en wordt verzameld en gesorteerd in recyclageparken, maar de grootste hoeveelheid komt uit het slopen van gebouwen. Bijvoorbeeld aannemer in afbraakwerken (Devagro) verzamelt dit divers sloopafval eerst in containers, waarna dit al dan niet selectief gesorteerd wordt per afvalstroom. Hetgeen hierna overblijft, onder andere veel isolatiemateriaal, wordt beschouwd als stortafval en wordt versnipperd en klaargemaakt voor verbranding met ander stortafval (A. Verstraete, persoonlijke communicatie, 19 januari 2023). Een vergelijkbare situatie doet zich voor bij voorgesorteerde isolatiematerialen op slooplocaties. Wanneer bijvoorbeeld een sloopaannemer een container vult met rotswolisolatie, wordt deze naar een afvalverwerkingsbedrijf gebracht. Afvalverwerkingsbedrijf GG Recup moet tot op heden vaak constateren dat deze rotswolisolatie te vervuild is na sloop om te kunnen recyclen of om er nieuw granulaat van te maken. Daarom wordt deze 'vervulde' isolatie opgenomen in de afvalstroom voor verbranding, met als doel elektriciteit te genereren door middel van de opgewekte warmte. In bepaalde gevallen kan overtollige warmte ook aan een warmtenet toegevoegd worden om lokale huishoudens te voorzien van warm water bijvoorbeeld. Het eindproduct, de as, belandt telkens op een stortplaats. Ondanks het bestaan van verschillende filters, dragen deze verbrandingsprocessen aanzienlijk bij aan de CO₂-uitstoot en blijft er nog steeds energie nodig om deze processen op gang te brengen (G. Gilgemyn , persoonlijke communicatie, 6 juli 2023).



Afb. 1 & 2: Foto's van Devagro, voor (links) en na (rechts) het versnipperen van het bouwafval (inclusief isolatie)

Ondanks de beperkte informatie en verplichtingen omtrent het hergebruiken of recyclen van isolatiematerialen, is er toch al enkele jaren een groeiende belangstelling merkbaar bij verschillende partijen in de bouwsector. De deelname van verschillende partijen zoals studie bureaus, aannemers, handelaars en fabrikanten aan dit onderzoek (zie 1.1.1) bevestigt alleen maar de interesse in dit

onderwerp. Desalniettemin werden in deze gesprekken telkens opnieuw de praktische en economische pijnpunten blootgelegd. Zorgvuldig ontmantelen van isolatie is geen eenvoudige klus, het kost tijd en dus ook geld. Om die reden zijn er in Vlaanderen maar een beperkt aantal bedrijven hier echt mee bezig. De sloop van een gebouw wordt nog te vaak gezien als iets waar men zo snel mogelijk van af wil zijn en minder als een bron van materialen die zowel de bouwsector als het milieu veel zou kunnen vooruithelpen (A. Tijtgat, persoonlijke communicatie, 7 april 2023).

Een eerste betrokken partij die zich bezighoudt met dit thema is het studiebureau, specifiek het slooelopvolgingsbedrijf. Zij houden zich bezig met het coördineren van sloopwerken en stellen slooelopvolgingsplannen (SOP's) op als hulpmiddel om verschillende bouwmaterialen selectief te slopen en verzamelen op een werf. Dit betreft vaak gevaarlijk slooafval zoals asbest, maar ook niet-gevaarlijk slooafval zoals intacte bouwmaterialen die dan kunnen afgevoerd worden voor hergebruik of recyclage. Tegenwoordig is een SOP al verplicht indien een omgevingsvergunning is aangevraagd voor de ontmanteling van gebouwen of andere infrastructuurwerken. Ondanks dat deze bedrijven vooral administratief werk uitvoeren voor sloopprojecten, kunnen ze toch potentieel veel betekenen binnen de 'Urban Mining' van gebouwen. Aangezien ze zicht hebben op alle aanwezige materialen in een gebouw schieten sommigen daardoor in actie om deze bouwmaterialen te proberen hergebruiken of recyclen. Hieronder wordt een voorbeeld getoond waar het studiebureau B²ASC rots- en glaswolplaten kon ontmantelen uit het dak van een industriële loods. Op deze manier konden deze isolatieplaten opnieuw ingezet worden in een ander project (afb. 3 & 4).



Afb. 3 & 4: Foto's van B²ASC na het ontmantelen van isolatie uit een industriële loods in Sint-Martens-Latem

Een tweede en meteen ook de grootste partij, die potentieel veel invloed kan hebben op het hergebruiken en recyclen van isolatiematerialen, is de aannemer. Verschillende aannemers voor sloop- en dakwerken komen dagdagelijks in contact met isolatiematerialen die vrijkomen uit de sloop of renovatie van gebouwen. Hoewel slooopaannemers zich vooral concentreren op massief bouwafval zoals beton, hout, staal, aluminium..., proberen sommigen toch, in de mate van het mogelijke, de aanwezige isolatie te sorteren. Daarnaast hebben we nog de dakdekkers, en dan vooral de industriële dakdekkers van platte daken. Aangezien het dak een van de meest kritische punten is om te isoleren in

een gebouw, zien we dat de meeste isolatie vrijkomt uit de renovatie of sloop ervan. Dit biedt jammer genoeg nog altijd geen garantie op het potentieel hergebruiken of recycleren ervan. Isolatie komt vaak te verontreinigd uit een gebouw, waardoor hier niks mee gedaan wordt en deze isolatiematerialen nog te vaak bij het stort belanden. Enkele relevante voorbeelden hiervan komen uit projecten van het bedrijf Asphaltwerken Tjigtat NV. Dit bedrijf houdt zich bezig met het isoleren en waterdicht maken van industriële platte daken, waaronder ook renovaties. In het geval van een dakrenovatie zijn er meestal twee opties, ofwel de oude isolatie weghalen en vernieuwen, ofwel een nieuwe laag isolatie erbovenop plaatsen. In dat eerste geval komt er telkens heel wat isolatiemateriaal vrij dat dan gescheiden wordt van de roofing. Op die manier blijft er vaak een groot aantal intacte isolatieplaten over die potentieel hergebruikt of toch minstens gerecycleerd kunnen worden. Ondanks het feit dat aannemers zoals Asphaltwerken Tjigtat NV een inspanning doen om dakisolatie zorgvuldig te ontmantelen, worden deze isolatieplaten toch weinig gezien als een bron voor recyclagemateriaal, laat staan als een volwaardig herbruikbaar product. Vaak zit het probleem in de stap na het ontmantelen waarin een andere partij deze isolatie moet overnemen om te recyclen of te hergebruiken. Eerdergenoemde factoren zoals, tijd, extra kosten, verontreiniging, transport en logistiek spelen hier een belangrijke rol in. Afbeelding 5 en 6 tonen twee voorbeelden van Asphaltwerken Tjigtat NV, waar ontmantelde rotswolisolatie samen met de roofing in een container en uiteindelijk bij het stortafval belanden (A. Tjigtat, persoonlijke communicatie, 7 april 2023).



Afb. 5: Foto na het ontmantelen van isolatie en roofing



Afb. 6: Rotswol en roofing belanden in container

Toch zijn er twee belangrijke partijen die zich inzetten om deze ‘volgende stap’ na ontmanteling te overbruggen en herbruikbare isolatiematerialen te betrekken in de circulaire economie. Allereerst zijn er de handelaars van tweedehands bouwmaterialen die vrijgekomen isolatie aangeboden krijgen van (afbraak)aannemers. Aan de hand van de staat waarin de isolatie zich bevindt, wordt er beslist of deze gerecupereerde isolatieproducten nog verhandelbaar zijn of niet. Een pionier als het neerkomt op het recupereren en hergebruiken van bouwmaterialen is Rotor vzw. Via diverse onderzoeken, samenwerkingen en projecten proberen ze hun steentje bij te dragen aan de circulaire bouweconomie van vandaag. Een project dat de laatste jaren een grote stimulans is geweest binnen het hergebruiken van bouwmaterialen, is Opalis (ROTOR, z.d.). Dit is een online gids, in de vorm van een website, die een overzicht biedt van verschillende professionele operatoren die bezig zijn met het ontmantelen, bewerken en verhandelen van tweedehands bouwmaterialen, waaronder ook isolatie. Toch is het aantal handelaars van tweedehands isolatie in België nog redelijk beperkt en kleinschalig. Een voorbeeld hiervan is het timmerbedrijf HuisMus bv, zij verkopen via TROVO (de nieuwe benaming van

Recupmarkt) tweedehands isolatie (HuisMus bv., z.d.). Zij verzamelen aan de hand van verschillende ontmantelingsprojecten bouwmaterialen die passen binnen hun werking (afb. 7). Dit betreft vooral houtproducten, gevel- en dakbedekking, schrijnwerk en isolatiematerialen. Door deze materialen zelf te gaan ontmantelen en kosteloos mee te nemen kunnen ze de verkoopprijs van deze materialen zo laag mogelijk houden. Ondanks het feit dat isolatiematerialen heel laagdrempelig zijn om te hergebruiken, is er toch een groeiend patroon te zien in het verzamelen van deze producten.



Afb. 7: Foto van verschillende tweedehands isolatieproducten in het magazijn van HuisMus bv.

Tenslotte trekt hergebruik en recyclage van isolatie niet alleen aandacht bij aannemers en handelaars, maar ook de producenten van isolatiematerialen zijn hierin geïnteresseerd. Zij ontwikkelden ondertussen elk hun eigen manieren om isolatie terug te recyclen en recupereren in het productieproces. Zo biedt producent ROCKWOOL al sinds 1992 een service aan genaamd 'Rockcycle' (Rockwool, z.d.). Onder het motto 'cradle to cradle' wordt isolatieafval in theorie gezien als voedsel voor het productieproces voor ROCKWOOL-producten (Rockwool & Spronken, 2019). Eerst worden stukken rotswol verzameld, waarna deze in fijne stukken worden versnipperd en daarna samen met afvalstoffen uit andere industrieën samengeperst tot briketten. Deze samengeperste briketten worden dan terug in het productieproces gebruikt als grondstof. Volgens de NVPU (Nederlandse Vereniging van Polyurethaan) gebeurt voor de recyclage van PU-isolatie exact hetzelfde, alleen worden ze geperst tot zeer drukvaste platen die dan ingezet worden in bijvoorbeeld deuren, caravans of treinen (NVPU, z.d.). Een eerste kanttekening bij deze initiatieven is dat de stukken isolatie die gerecupereerd worden vooral resten zijn bij het versnijden in de fabriek of op de werf. Doordat deze geen andere lijmresten of dergelijke bevatten en recent geproduceerd en gecontroleerd zijn, vormen ze de ideale voedingsstof voor recyclage. Weinig van deze materialen komen rechtsreeks uit de sloop van een gebouw, aangezien ze te verontreinigd zijn. Daarenboven passen de bijhorende extra kosten vaak niet in het budget van het sloopproject, waardoor ze toch bij het stort belanden. We zien dan ook dat de recyclage van isolatie, afkomstig uit gebouwen, in de praktijk nog maar op een kleine schaal gebeurt, terwijl er nochtans heel veel isolatie kan gerecycleerd of hergebruikt worden. Een andere kanttekening is het feit dat recyclen opnieuw het energieverblindende productieproces in gang steekt. Ondanks de inspanningen van fabrikanten om de productieprocessen steeds milieuvriendelijker te maken, is het eerder aangeraden om isolatiematerialen rechtsreeks te proberen hergebruiken en te herbestemmen.

0.4 Prestaties van hergebruikte isolatiematerialen

De EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) wordt momenteel herzien, maar het is duidelijk dat de nieuwe versie de nadruk zal leggen op klimaatneutraliteit tegen 2050, en ook rekening zal houden met de milieueffecten van materialen (European Commission, z.d.). Isolatie is de belangrijkste oplossing om de vraag naar verwarming en koeling te verminderen, maar zoals eerder aangegeven, mag het milieueffect van de productie van nieuwe materialen niet onderschat worden. Daarom is er aanzienlijk potentieel voor het circulair gebruik van deze materialen. Er zijn echter twee belangrijke obstakels die dit in de praktijk bemoeilijken: (i) wat zijn de prestaties van hergebruikte isolatiematerialen en (ii) wie draagt de verantwoordelijkheid voor deze prestaties in de praktijk?

Traditioneel neemt de architect een lijst van technische specificaties op in het bestek voor de materialen en componenten die moeten worden geïnstalleerd voor een specifiek project. De aannemer levert technische gegevensbladen voor die producten, de architect keurt deze goed en de aannemer moet de producten installeren volgens de installatierichtlijnen van de fabrikant. Hierdoor wordt de aansprakelijkheid voor mogelijke pathologieën verdeeld over de verschillende partijen: concept (architect), correcte installatie (aannemer), behalen van gespecificeerde materiaaleigenschappen (fabrikant). Bij hergebruik van bestaande materialen is er meestal geen specifieke partij die de (resterende) prestaties, installatierichtlijnen of enige vorm van verzekering voor juridische geschillen biedt. Momenteel is er een gebrek aan specifiek onderzoek naar de prestaties van hergebruikte isolatiematerialen in België. Een relevant artikel uit 2017 van KU Leuven (Langmans & Roels, 2017) vergeleek de verschillende resultaten van enkele internationale onderzoeken (Stazi et al., 2009) (Stazi et al., 2014) (EURIMA & FIW München, 2016) naar de thermische prestaties van minerale wol isolatie uit platte dak- en muuropbouwen van minstens 20 jaar oud. Daaruit bleek er enkel een merkbare vermindering van het hydrofoob gedrag te zijn. De λ -waarde bleef echter ongeveer constant, waardoor er zo goed als geen vermindering in thermische prestatie werd waargenomen. In een artikel van 2015 beweert producent ROCKWOOL dat de thermische eigenschappen van 35 jaar oude rotswolisolatie uit een spouwmuur exact hetzelfde zijn gebleven ("Rotswol na 35 nog piekfijn in spouwmuur", 2015). Daarbij werd de duurzaamheid van rotswolisolatie onlangs nog eens bevestigd door een case in Kopenhagen, eind 2022 (Rockwool, LinkedIn, 2023). Hier werd 65-jaar oude rotswol teruggevonden in een muur, wat op dit moment de oudst teruggevonden staal rotswolisolatie blijkt te zijn. Hierna werden de eigenschappen zoals de thermische geleidbaarheid, het vochtgehalte, de dimensies en de dichtheid getest door de Deense Technische Universiteit. De resultaten bevestigden dat er geen verandering was op vlak van de prestaties van deze oude rotswolisolatie.

Ondanks deze enkele cases blijven gegevens en studies over dit onderwerp schaars en onvolledig in België. Bijgevolg is er behoefte aan theoretische benaderingen om efficiënt het hergebruik van isolatiematerialen aan te pakken. Om dit probleem aan te pakken, heeft BBSM (le Bati Bruxellois Source de nouveaux Matériaux) in samenwerking met Buildwise een technisch kader ontwikkeld voor hergebruik van materialen (Poncelet et al., 2021a), inclusief een product-toepassingsfiche voor het hergebruik van minerale wol (Poncelet et al., 2021b). In deze fiche wordt in 4 stappen uitgelegd hoe de technische prestaties van hergebruikte minerale wol als thermische isolatie onderbouwd kunnen worden. Allereerst worden de noodzakelijke voorwaarden en verbonden eisen bepaald voor de herbestemming van de isolatie. Hierna wordt er aangeraden om een inventaris op te maken door de bestaande toestand en historiek van de aanwezige isolatiematerialen te analyseren. In de derde stap wordt de verzamelde informatie gebruikt om de noodzakelijke beoordelingsmethoden en eisen volgens de normen te bepalen. Ten slotte worden de juiste onderzoeken, testen en berekeningen uitgevoerd binnen de mogelijkheden van elk project. Dit proces is bedoeld om een nauwkeurig begrip te bieden van de vereiste prestaties van het isolatiemateriaal en zal richtinggevend zijn in dit onderzoek.

0.5 Onderzoeksvraag

Wat is de herbruikbaarheid van minerale wol isolatie uit platte daken en hoe kunnen we deze herbestemmen in nieuwe gebouwen?

Aangezien kennis rond recyclage van massieve steenachtige materialen al redelijk ver is gevorderd, kan er nog een groot verschil gemaakt worden op vlak van de lichtere niet-steenachtige materialen (exclusief metalen) zoals isolatie. Deze nemen echter veel volume in waardoor het transport ervan in verhouding een groot deel van de primaire energie van het materiaal inhoudt. Ook de hoge temperaturen die nodig zijn in de productieprocessen van isolatiematerialen blijven een belangrijke energieverlinder in deze sector. Hergebruiken van isolatiematerialen door het ontmantelen van te slopen gebouwen kan dus een goede stap betekenen om mee te helpen de materiaalketens te sluiten en zo de ecologische voetafdruk te verkleinen.

Waarom in dit thesisonderzoek voor minerale wol, specifiek nog rotswol uit platte daken, gekozen wordt heeft verschillende redenen. Allereerst heeft het, volgens TOTEM (Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials), een hoge levensduur van minstens 60 jaar ("Levensduren in Totem", 2020). Hierdoor is dit theoretisch het ideale isolatiemateriaal om als herbruikbaar isolatieproduct in te zetten in nieuwe gebouwen. Ten tweede is minerale wol een product dat al minstens 80 jaar geproduceerd wordt zonder dat de bestanddelen en het productieproces enorm veel veranderd zijn. Uit gesprekken met IKO, een producent van PU-isolatie, blijkt dat PU-isolatie daarentegen al een grote evolutie heeft meegemaakt waardoor een onderzoek naar de prestaties hiervan uitermate complex wordt (C. Desmet (IKO), persoonlijke communicatie, 5 januari 2023). Ten derde wordt er ook specifiek gekozen voor platte daken. Enerzijds, omdat deze extra eigenschappen met zich meebrengen om te testen zoals de druksterkte. Anderzijds, omdat er een er binnen deze scriptie een nauwe samenwerking is met Technisch Adviseur van platte daken, Luc Van Audenhaege.

Ondanks dat het besef bij verschillende bouwpartners aanwezig is, blijft er weinig informatie en data beschikbaar over hoe isolatie praktisch kan hergebruikt worden. Als isolatie vandaag hergebruikt wordt, dan gebeurt dit zonder enige zekerheid rond de thermische of andere prestaties van de isolatiematerialen. Het inzetten van een theoretisch kader met een vooropgestelde procedure, zoals eerder vermeld, is daarom een goede eerste stap. Een tweede en logische stap is dus effectief testen uitvoeren op verschillende casestudies. Hieruit kunnen we heel wat informatie halen om een praktische visie te vormen rond het hergebruik van isolatiematerialen. Daarnaast zorgen testnormen, certificering en kwaliteitscontrole voor een betrouwbare bouwpraktijk in de industrie. Zowel de inzichten in prestaties en testen, als het overzicht van conceptuele kaders om dit in de praktijk te implementeren, zullen direct nuttig zijn voor alle belanghebbenden in het bouwproces. Bijgevolg kan dit ook nieuwe businessmodellen stimuleren op het gebied van Urban Mining, materiaaltesten, kwaliteitscontrole en verzekeringsstelsels. Voorbeelden van bedrijven zoals HuisMus hebben al bewezen dat er een belangrijk economisch potentieel aanwezig is in het hergebruiken en verhandelen van isolatieproducten op de tweedehands bouwmarkt. Tot slot kunnen we concluderen dat deze onderzoeksvraag alleen maar nuttige informatie kan opleveren om het hergebruikspotentieel van isolatieproducten zoals rotswol te stimuleren.

0.6 Methodiek

Doorheen het volledige onderzoek is het belangrijk om een nauwe wisselwerking te hebben met het werkveld. De belanghebbende partijen hierbij bestaan uit verschillende aannemers voor sloop- en dakwerken, sloopopvolgingsbedrijven, tweedehands isolatie handelaars, ingenieurs, architecten projectleiders, werfleiders, onderzoekers en fabrikanten. Er zullen verschillende momenten vastgelegd worden onder de vorm van gesprekken, meetings op de werf, bezoeken van bedrijven, enzovoort. Op deze manier komt dit onderzoek telkens dicht bij de realiteit te staan en zal data op de juiste manier geïnterpreteerd kunnen worden. Uiteindelijk zal deze samenwerking rechtsreeks als bron dienen voor dit onderzoek en onrechtstreeks de aandacht voor hergebruik van isolatie doen groeien bij deze partijen.

Het eerste deel van dit onderzoek bestaat uit het verzamelen van stalen minerale wol isolatie uit platte daken van verschillende casestudies. Deze casestudies worden hierna samen met de deelnemende partijen in kaart gebracht en aan de hand van een duidelijk overzicht is het de bedoeling om alle relevante informatie te bundelen per casestudie. Binnen deze masterproef zullen in totaal 7 projecten, ofwel casestudies, besproken worden waarvan er 3 effectief onderzocht zullen worden aan de hand van staalnames. Binnen deze 3 casestudies zullen er uit 6 platte daken stalen genomen waar er later testen op uitgevoerd worden. Per besproken dakopbouw zal er ook een praktische en theoretische inschatting gemaakt worden van de potentiële losmaakbaarheid van de rotswolisolatie aan de hand van de gebruikte ontmantelingstechnieken door aannemers, eigen ondervindingen en de berekening van de losmaakbaarheidsindex.

In het tweede deel zullen de typische prestaties van hergebruikte rotswolisolatie worden onderzocht. Hoe degradatie wordt beïnvloed door parameters die verband houden met het materiaal zelf, de specifieke installatie of het demontageproces. Vervolgens zal de analyse aangeven welke materiaalkarakteristieken het meest vatbaar zijn voor degradatie in de loop van de tijd. Thermische geleidbaarheid is uiteraard een belangrijk aandachtspunt, maar ook de reactie op vocht en structurele integriteit zijn belangrijke criteria om de haalbaarheid voor hergebruik te beoordelen. Het moet echter worden opgemerkt dat het uitvoeren van deze testen volgens de specifieke testnormen inspanning, tijd en geld kosten. Hierdoor zijn, binnen een thesisonderzoek als dit, sommige aspecten van de testnormen minder haalbaar en zullen er soms aannames moeten gemaakt worden op de testmethodes.

Gebaseerd op de inzichten verworven in de eerste twee secties, zal het derde en meer conceptuele deel een poging wagen om de hergebruiksmogelijkheden van minerale wol isolatie te belichten binnen het kader van een recuperatiebedrijf. Dit fictieve bedrijf wordt benaderd als een entiteit die minerale wol isolatie verzamelt, verwerkt, en vervolgens herbestemt in nieuwe projecten. De uitwerking van dit bedrijfsmodel rust op drie kerndoelen, die uitvoerig worden beschreven in het afsluitende derde deel. Er zullen onder andere een procedures uitgewerkt worden die beschrijven welke prestatiekenmerken moeten worden beoordeeld om in aanmerking te komen voor hergebruik. Onder het adagio 'fit for purpose' zal er ook op zoek gegaan worden naar een manier waarop we hergebruikte rotswolisolatie kunnen integreren in nieuwe dak-, muur- of vloeropbouwen. Uiteindelijk is het de bedoeling om, op basis van alle verzamelde informatie, een stappenplan te bekomen voor een fictief recuperatiebedrijf van minerale wol isolatie. Dit stappenplan start vanop de werf waar de isolatie gedemonteerd wordt en eindigt nadat deze hergebruikte isolatie is herbestemd in een nieuw project. Met dit uiteindelijke doel voor ogen, beoogt het onderzoek de hergebruiksector te informeren over de verkregen resultaten en vooral te inspireren met de ontdekte ideeën.

Deel 1: Casestudies: platte daken met minerale wol isolatie

1.1 De toegankelijkheid van oude rotswolisolatie uit gebouwen

Binnen het eerste deel van dit onderzoek is het de bedoeling om, aan de hand van verschillende casestudies, een beeld te vormen van de toegankelijkheid als onderzoeker om oude rotswolisolatie te verzamelen uit platte daken van gebouwen. Een eerste belangrijk aspect hierin was de participatie van de betrokken partijen bij elke bestudeerde casestudie. Zij stonden vaak het dichtst bij het werkveld en vormden zo een goede bron van informatie om deze isolatieproducten te vinden en uit gebouwen te ontmantelen. Om een overzicht te krijgen van welke soorten bedrijven het meest in contact kwamen met oude rotswolisolatie uit platte daken, werden deze betrokken partijen in kaart gebracht. De communicatie met deze betrokken partijen speelde een belangrijke rol, niet alleen om casestudies met rotswolisolatie in een plat dak te vinden, maar ook om specifieke informatie van te verzamelen. Met het oog op het testen van de prestaties van deze oude rotswolisolatie was het belangrijk om zoveel mogelijk informatie te verzamelen over de specifieke rotswolisolatie in elke casestudie. Eens er rotswolisolatie werd vastgesteld in een gebouw en alle nodige informatie verzameld was, kon er tot slot overgegaan worden tot de ontmanteling ervan. Hierbij was het belangrijk om de losmaakbaarheid van deze isolatie te onderzoeken. Dit werd zowel theoretisch benaderd aan de hand van de losmaakbaarheidsindex, alsook praktisch beschreven hoe dit in werkelijkheid ontmanteld werd.

1.1.1 Contactpersonen en betrokken partijen

Om een beeld te krijgen van de verschillende betrokken partijen binnen dit onderzoek, wordt in onderstaand overzicht (fig. 2) elke partij gesorteerd per soort, gelinkt aan een kleur.

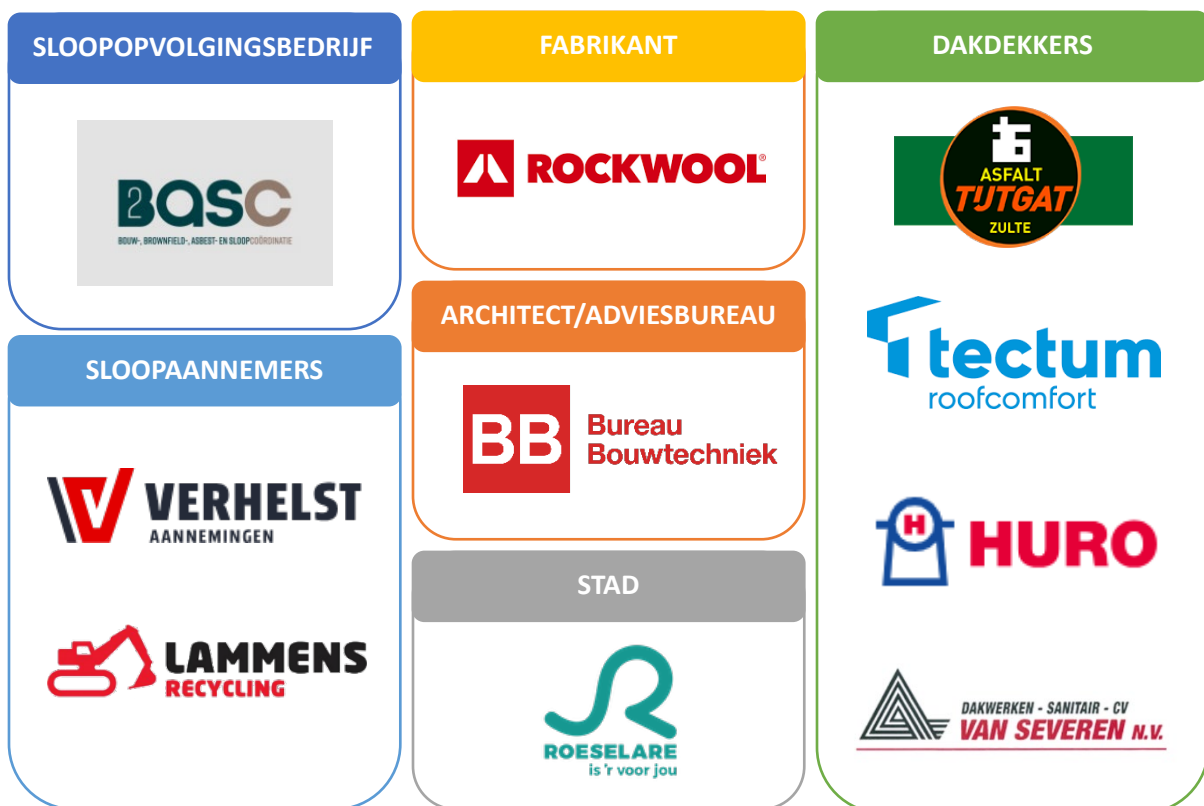


Fig. 2: Overzicht van alle betrokken partijen, gesorteerd per soort

Over het algemeen is het niet eenvoudig om specifieke casestudies te vinden waar rotswolisolatie uit een plat dak vrijkomt. Daarom werden er voor dit onderzoek verschillende soorten bedrijven gecontacteerd op zoek naar relevante casestudies. Daaruit bleek dat de interesse om te helpen bij een onderzoek over het hergebruiken van minerale wol isolatie uit platte daken uit verschillende hoeken kwam. Allereerst speelden de sloopopvolgingsbedrijven en -aannemers een belangrijke rol in dit verhaal. Logischerwijs was het een eerste reflex om contact op te nemen met bedrijven die dagelijks in contact komen met het slopen van gebouwen. Aangezien de isolatie maar een fractie is van een volledig te slopen gebouw bleek dit soms iets te specifiek voor sloopaannemers. Hoe dan ook staan ze het dichtst bij de praktijk en zijn ze een goede bron om rotswol te recupereren uit een plat dak. Sloopopvolgingsbedrijven daarentegen zijn bedrijven die gespecialiseerd zijn in het beheer en de opvolging van sloopprojecten. Eén van hun taken is het opstellen van sloopopvolgingsplannen (SOP's), waarin onder andere een oplijsting gemaakt wordt van alle bouwmaterialen aanwezig in het sloopproject, waaronder de isolatie. Daarnaast kwam het grootste aandeel van de participatie aan dit onderzoek van dakdekkers, met in het bijzonder dakdekkers van industriële daken. Niet alleen omdat ze sneller in contact komen met platte daken die rotswol bevatten, maar ook omdat ze vaak projecten tegenkomen met grote dakoppervlaktes waarbij vaak een significante hoeveelheid isolatie vrijkomt. Tot slot zijn er nog enkele specifieke partijen zoals de isolatiefabrikant, het architecten-/adviesbureau of de dienst stedenbouw van een stad. Deze staan vaak iets verder van de praktijk, maar zijn daarom niet minder relevant om in contact te komen met dergelijke sloop- of ontmantelprojecten. Partijen als deze waren binnen dit onderzoek voornamelijk handig om de juiste informatie te verzamelen omtrent de te ontmantelde isolatie.

1.1.2 Casestudies in kaart gebracht

In onderstaande figuur (fig. 3) worden de zeven besproken casestudies in kaart gebracht. Door deze te linken aan het kleur van de soort partij die hielp deze casestudie te vinden (fig. 2), kan achterhaald worden welke partijen relevant zijn om rotswolisolatie te verzamelen uit platte daken. Uit deze mapping blijkt niet alleen dat dakdekkers de belangrijkste partij vormen, maar ook dat er nog vele andere mogelijkheden zijn. Daarenboven is het duidelijk dat het vinden van dergelijke projecten gebonden is aan de regio van het gecontacteerde bedrijf. Hieruit volgt dat netwerken een belangrijk aspect vormt om een onderzoek uit te voeren zoals dit. Ook bij toekomstig hergebruik van isolatiematerialen uit gebouwen is het dus belangrijk om een dergelijk netwerk op te bouwen en te onderhouden.



Fig. 3: Mapping van alle besproken casestudies binnen dit onderzoek over Vlaanderen.

1.1.3 Ontmanteling van oude rotswolisolatie uit platte daken

Om kennis en inzicht te verwerven over de ontmanteling van rotswolisolatie uit platte daken, wordt er zowel praktisch als theoretisch uitgelegd hoe dit op een efficiënte manier kan.

1.1.3.1 Praktisch: Ontmanteling

Hoe oude rotswol ontmanteld kan worden in de praktijk, valt enkel te leren uit de ervaring op de werf zelf. Daarom zal de ontmanteling, op basis van eigen ervaring en beeldmateriaal, bij elke casestudie besproken worden. Allereerst zal er telkens uitgelegd worden wat het moeilijkste was aan de ontmanteling, welke materialen in de dakopbouw hier een belangrijke rol in speelden, in welke volgorde er ontmanteld wordt, en welk gereedschap hiervoor nodig is. Dan zal er gekeken worden of de isolatie nog intact en herbruikbaar is als plaat op zich. Vervolgens wordt de meest voorkomende schade samen met de achterliggende oorzaak besproken. Tot slot is het de bedoeling om, als de casestudie hiertoe leidt, kort uit te leggen hoe de isolatieplaten op een zorgvuldige manier verzameld, gestockeerd en vervoerd werden.

1.1.3.2 Theoretisch: Losmaakbaarheidsindex

Om de ontmanteling van de isolatie vanuit de verschillende casestudies op een kwantitatieve manier met elkaar te vergelijken zal de losmaakbaarheid berekend worden voor elke dakopbouw. De losmaakbaarheidsindex is een meetmethodiek ontwikkeld door Alba Concepts, Dutch Green Building Council (DGBC), Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en W/E Adviseurs en is gebaseerd op volgende definitie.

“De losmaakbaarheid van een gebouw is de mate waarin objecten demontabel zijn op alle schaalniveaus, zonder afbreuk te doen aan de functie van het object of omliggende objecten om zo de bestaande waarde te beschermen.” (van Vliet et al., 2021, p.7)

De uitkomst van deze meetmethode is een getal tussen 0 en 1 dat de losmaakbaarheid van een knoop of pakket van bouwmaterialen weergeeft, met 1 de meest losmaakbare opbouw. Belangrijk om te weten is dat hier altijd gekeken wordt naar de verbinding tussen het te onderzoeken object in de opbouw en het onderliggend dragend element. De losmaakbaarheidsindex (LI_n) bestaat uit vier technische losmaakbaarheidsfactoren die afgeleid kunnen worden aan de hand van de bijhorende tabel (tabel 1) en formules (van Vliet et al., 2021). Allereerst wordt de losmaakbaarheid van de connectie van het element (LIc_n) berekend (1) met behulp van de factoren van het type verbinding (TV_n) en de toegankelijkheid ervan (ToV_n). Vervolgens wordt hetzelfde gedaan (2) voor de losmaakbaarheid van de samenstelling van het element (LIs_n) met de factoren van de doorkruisingen (DK_n) en de randopsluiting van het element (RO_n). Ten slotte kan met deze twee losmaakbaarheidsindices de losmaakbaarheidsindex van het product of element (LIp_n) berekend worden (3).

De losmaakbaarheidsindex van de isolatieproducten die bestudeerd worden in dit onderzoek zijn enkel afhankelijk van één factor, namelijk deze van het type verbinding met het structureel element (TV_n). Doordat isolatie in een plat dak altijd bedekt wordt met één of meerdere lagen waterdichting, zijn de verbindingen met de isolatie niet toegankelijk en zal deze telkens onherstelbare schade aanrichten aan het product of omliggende producten. Hierdoor is de factor voor de toegankelijkheid van de verbinding (ToV_n) voor elke casestudie gelijk aan 0,10. De factor van de doorkruisingen (DK_n) is ook constant voor alle casestudies en is gelijk aan 1,00, omdat Isolatieplaten uit een plat dak dus modulair gezoneerd zijn en geen doorkruisingen bevatten. Mechanische bevestigingen worden niet beschouwd als volwaardige producten die de isolatieproducten doorkruisen, maar als bevestigingen. Tot slot is ook de factor voor de randopsluiting (RO_n) van een isolatieplaat constant. Een isolatieplaat uit een plat dak is volledig ingesloten door de dakbedekking, dus is deze factor gelijk aan 0,10.

$$(1) Llc_n = \frac{2}{\frac{1}{TV_n} + \frac{1}{ToV_n}} \quad (2) Lis_n = \frac{2}{\frac{1}{DK_n} + \frac{1}{RO_n}} \quad (3) Lip_n = \frac{2}{\frac{1}{Llc_n} + \frac{1}{Lis_n}}$$

,waarbij: Llc_n = losmaakbaarheidsindex van de connectie van element n
 TV_n = type verbinding van element n
 ToV_n = toegankelijkheid verbinding van element n
 Lis_n = losmaakbaarheidsindex van de samenstelling van element n
 DK_n = doorkruisingen van element n
 RO_n = randopsluiting van element n
 Lip_n = losmaakbaarheidsindex van product of element n

Type verbinding (TV_n)		Score
Droge verbinding	<i>Los (geen bevestigingsmateriaal), Klikverbinding, Klittenbandverbinding, Magnetische verbinding</i>	1,00
Verbinding met toegevoegde elementen*	<i>Bout- en moerverbinding, Veerverbinding, Hoekverbindingen, Schroefverbinding, Verbindingen met toegevoegde verbindingselementen**</i>	0,80
Directe integrale verbinding	<i>Pin-verbindingen***, Spijkerverbinding</i>	0,60***
Zachte chemische verbinding	<i>Kitverbinding, Schuimverbinding (PUR)</i>	0,20
Harde chemische verbinding	<i>Lijmverbinding, Aanstortverbinding Lasverbinding, Cementgebonden verbinding Chemische ankers, Harde chemische verbinding</i>	0,10
Toegankelijkheid verbinding (ToV_n)		Score
<i>Vrij toegankelijk zonder extra handelingen</i>		1,00
<i>Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken</i>		0,80
<i>Toegankelijk met extra handelingen met volledig herstelbare schade</i>		0,60
<i>Toegankelijk met extra handelingen met gedeeltelijk herstelbare schade</i>		0,40
<i>Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten</i>		0,10
Doorkruisingen (DK_n)		Score
<i>Geen doorkruisingen - modulaire zonering van elementen uit verschillende lagen</i>		1,00
<i>Incidentele doorkruisingen van elementen uit verschillende lagen</i>		0,40
<i>Volledige integratie van elementen uit verschillende lagen</i>		0,10
Randopsluiting (RO_n)		Score
<i>Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van elementen</i>		1,00
<i>Overlappend, gedeeltelijke belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van elementen</i>		0,40
<i>Gesloten, volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van elementen</i>		0,10

* Toegevoegde verbindingselementen dienen uitgevoerd te worden in materialen die ongevoelig zijn voor degradatie door weer- en/of gebruiksomstandigheden (bijvoorbeeld RVS).

** Bijvoorbeeld een gevel ophangstelsysteem

*** Bijvoorbeeld een niet-verbinding

Tabel 1: Scores om de 4 losmaakbaarheidsfactoren te bepalen, overgenomen uit 'Circular buildings – meetmethodiek losmaakbaarheid 2.0' (van Vliet et al., 2021)

1.2 Niet onderzochte casestudies

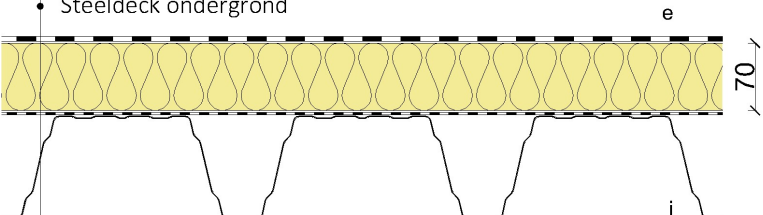
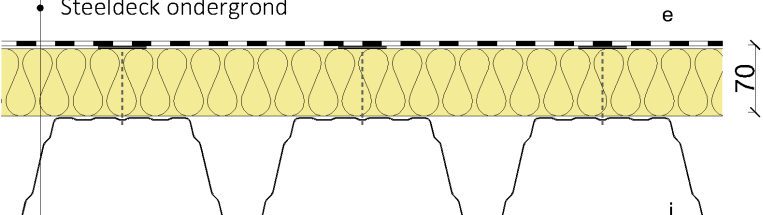
In dit hoofdstuk worden vijf casestudies besproken waarbij de prestaties van de aanwezige rotswolisolatie om verschillende redenen niet konden worden onderzocht. Hoewel er geen nader onderzoek zal gebeuren naar de rotswolisolatie als materiaal, leveren deze vijf casestudies wel waardevolle informatie op voor het begrijpen van het ontmantelingsproces van rotswolisolatie uit bestaande platte daken. Daarom zijn deze casestudies toch relevant om op te nemen als hedendaagse praktijkvoorbeelden binnen dit onderzoek. Ze zullen helpen bij het beantwoorden van basisvragen over de recuperatie van isolatiematerialen uit bestaande gebouwen, namelijk hoe men in contact kan komen met mogelijke (sloop)projecten, op welke manier isolatie vrijkomt uit platte daken en wat er gebeurt met deze oude isolatie. De drie casestudies, die wel werden onderzocht, zullen in de hoofdstukken die hierop volgen meer in detail besproken worden (zie 1.3, 1.4 en 1.5).

1.2.1 Sint – Martens – Latem

Een eerste casestudie betreft de ontmanteling van een opslagloods voor autobanden in Sint-Martens-Latem (tabel 2). De volledige draagstructuur en de gebouwschil, waaronder ook de minerale wol isolatie uit het platte dak, werd door de sloopaannemer (Lammens Recycling) afgebroken en ontmanteld in de zomer van 2021. De ontmantelde isolatieplaten werden hierna gestockeerd en afgevoerd naar Polen voor hergebruik. Via het sloopopvolgingsbedrijf B²ASC was het mogelijk om 2 isolatieplaten, die nog overbleven uit deze stock, te verzamelen voor dit onderzoek. Achteraf bleek het dak uit twee verschillende delen te bestaan, namelijk een ouder deel en een deel dat later is bijgezet. In het nieuwere deel werd de rotswolisolatie mechanisch bevestigd op de steeldeck ondergrond (afb. 8). Het oudere deel bevatte glaswolisolatie met een damp scherm die met bitumen op de steeldeckplaten bevestigd was (afb. 9). De twee verzamelde isolatieplaten bleken glaswolisolatie te zijn afkomstig uit het oudere dak. Dit was duidelijk te zien aan de opvallend gele kleur van de platen (zie afb. 10). Ondanks het feit dat het niet om rotswol ging, was er geen reden om deze stalen niet te testen op hun prestaties. De voornaamste reden was omdat deze testen oorspronkelijk gepland waren in het laboratorium van ROCKWOOL in Roermond, Nederland. Nadat de stalen daar waren aangekomen, besloot het laboratorium echter geen proeven uit te voeren op deze isolatieplaten, waardoor de verzamelde stalen daar zijn achtergebleven. Hoe dan ook blijft deze casestudie een goed voorbeeld van hoe bouwmaterialen op een zorgvuldige manier ontmanteld, verzameld en mogelijks hergebruikt kunnen worden in een ander project.

1.2.1.1 Ontmanteling

De moeilijkheidsgraad van de ontmanteling van de isolatie uit dit plat dak wordt besproken op basis van de verzamelde foto's (zie bijlage B). De dakbedekking kon in beide gevallen gewoon verwijderd worden door ze voorzichtig los te trekken, maar veroorzaakte wel schade aan de toplaag van de isolatie. Bij het meest recente dak kon de rotswolisolatie makkelijk ontmanteld worden door eerst de mechanische bevestigingen te verwijderen of ze door te knippen. In deze opbouw was ook geen damp scherm of sterke lijm aanwezig tussen de rotswolisolatie en de steeldeck ondergrond, waardoor nagenoeg alle zijden van de plaat weinig aangetast werden. Het oudere dak met glaswolisolatie daarentegen was moeilijker te ontmantelen. Doordat de glaswol isolatieplaten met bitumen op het damp scherm verlijmd waren, konden ze niet zonder schade of resterende lijmresten aan de onder- en zijkanten ontmanteld worden. Uiteindelijk bleven deze glaswolplaten nog intact, omdat ze stijf genoeg waren en zo niet scheurden. Beide daken werden ontmanteld met behulp van schoppen om de isolatie onderaan los te maken of om het damp scherm te verwijderen. Hierna werden de isolatieplaten ingepakt in folie om ze daarna met een kraan van het dak te halen en te transporteren.

Adres:	Xavier De Cocklaan 26, Sint-Martens-Latem
Functie:	Opslagloods voor autobanden
Contactpersoon:	Steven Meersman (B ² ASC)
Aantal genomen stalen:	2 platen
Ontmanteld door:	Sloopaannemer (Lammens Recycling)
Datum van staalafname:	zomer 2021
Dakopbouwen:	<p>Dak 1 (oud):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 70mm glaswolisolatie (verlijmd met bitumen) • Dampscherm (verlijmd met bitumen) • Steeldeck ondergrond  <p>Dak 2 (recent):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 70mm rotswolisolatie (mechanisch bevestigd) • Steeldeck ondergrond 

Tabel 2: Algemene informatie over de casestudie in Sint-Martens-Latem



Afb. 8 (links): Rotswolisolatie uit het meest recente dak die met folie ingepakt wordt.

Afb. 9 (midden): Gestapelde glaswolisolatie op het oudere dak met resten bitumen en dampscherm.

Afb. 10 (rechts): De twee verzamelde glaswol isolatieplaten.

1.2.1.2 Losmaakbaarheidsindex

Op basis van de verzamelde informatie over de casestudie in Sint-Martens-Latem kan de losmaakbaarheidsindex van de glas- en rotswolisolatie in deze twee platte daken berekend worden. Het type verbinding bij dak 1 is een harde chemische verbinding, waarvoor de factor 0,10 bedraagt. De isolatie uit dak 2 was mechanisch bevestigd en kan gezien worden als een schroefverbinding, waarvoor de factor gelijk is aan 0,80. De losmaakbaarheidsindex van dak 1 en dak twee bedragen zo respectievelijk 0,13 en 0,18 (tabel 3).

	TV _n	ToV _n	Llc _n	DK _n	RO _n	Lls _n	Llp _n
Dak 1	0,10	0,10	0,10	1,00	0,10	0,18	0,13
Dak 2	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18

Tabel 3: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit dak 1 en 2 in Sint-Martens-Latem

1.2.2 Steenokkerzeel

In een volgende casestudy wordt er dieper ingegaan op de mogelijke losmaakbaarheid van twee verschillende dakopbouwen uit loodsen in Steenokkerzeel (tabel 5). Hierbij werd door Regie Der Gebouwen technisch advies gevraagd aan ROCKWOOL over het herisoleren van twee daken met rotswolisolatie. Gezien deze verouderde daken dateren van eind de jaren 90 is de dakbedekking aan vervanging toe en werd er geopteerd om een nieuwe laag thermische isolatie aan te brengen met een nieuwe dakbedekking. Aan de hand van een grondige dakinspectie werd er informatie verzameld over de opbouwen van deze twee platte daken. Hierin werden vooral kleine problemen vastgesteld zoals mogelijke lekken in de dakafdichting, opstapeling van water en diepere indrukking van de isolatie door het belopen ervan. Beide daken werden gedragen door een stalen vakwerkstructuur die verbonden is met de structuur van de loods. Bij het eerste dak werd hier een dakvloer uit cellenbeton op bevestigd met daarop een PE-folie als damp scherm. De 60mm dikke rotswolisolatie werd dan mechanisch bevestigd in de dakvloer waarop vervolgens de PVC dakbedekking mechanisch bevestigd werd met de PVC dakbanen in de overlappen. Op de vakwerkstructuur van het tweede dak werd een steeldeck ondergrond geplaatst zonder damp scherm erbovenop. Vervolgens werd hier 100mm rotswolisolatie mechanisch op bevestigd met opnieuw een PVC dakbedekking mechanisch bevestigd in de overlappen. Hoewel het hier gaat over een goed gedocumenteerde casestudy, was het toch niet mogelijk om stalen rotswolisolatie te verzamelen. Aangezien er nageïsoleerd werd met een nieuwe laag isolatie op de bestaande dakopbouw was het niet toegestaan om enkele platen weg te halen en te verzamelen. Desondanks kan er, aan de hand van de verzamelde informatie over de dakopbouwen, toch een inschatting gemaakt worden van de losmaakbaarheid ervan. De foto's van de dakinspectie (afb. 11 en 12 en bijlage C) kunnen hier bij helpen.

1.2.2.1 Ontmanteling

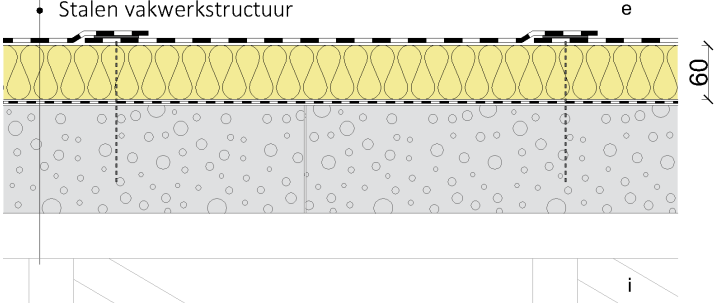
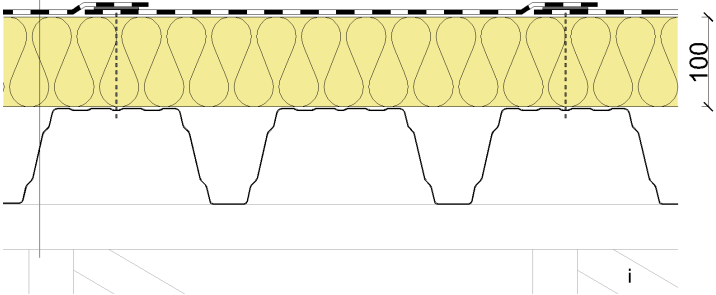
Aangezien er geen isolatie ontmanteld werd wordt hier geen praktische beschrijving van gemaakt.

1.2.2.2 Losmaakbaarheidsindex

De factor van het type verbinding is bij beide daken gelijk aan 0,80 vanwege de mechanische verbinding met de steeldeck ondergrond. De losmaakbaarheidsindex is dus gelijk aan 0,18 (tabel 4).

	TV _n	ToV _n	Llc _n	DK _n	RO _n	Lls _n	Llp _n
Dak 1 & 2	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18

Tabel 4: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit dak 1 en 2 in Steenokkerzeel

Adres:	Haachtsesteenweg 138, 1820 Steenokkerzeel
Functie:	Onderhoudsloodsen van de directie Luchtsteun in Melsbroek
Contactpersoon:	Luc Van Audenhaege (ROCKWOOL)
Aantal genomen stalen:	geen stalen genomen
Dakopbouwen:	<p><u>Dak 1:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • PVC dakbedekking (mechanisch bevestigd in de overlappen) • 60mm rotswoolisolatie (mechanisch bevestigd) • Dampscherm (PE-folie) • Cellenbetonnen dakvloer • Stalen vakwerkstructuur  <p><u>Dak 2:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • PVC dakbedekking (mechanisch bevestigd in de overlappen) • 100mm rotswoolisolatie (mechanisch bevestigd) • Steeldeck ondergrond • Stalen vakwerkstructuur 

Tabel 5: Algemene informatie over de casestudie in Steenokkerzeel



Afb. 11 (links): Stalen structuur met opgelegde cellenbeton dakvloer van Dak 1.

Afb. 12 (rechts): Beide daken naast elkaar met op het ene dak zichtbare opstapeling van water.

1.2.3 Bornem

De casestudie in Bornem is een project dat via het initiatief 'Rockcycle' van Rockwool binnen kwam om een bepaalde hoeveelheid rotswol te proberen recyclen uit dit industriegebouw (tabel 7). Via Freya Michiels (Bureau Bouwtechniek), die aangesteld werd om advies te geven bij de renovatie van deze platte daken, was het mogelijk om verdere informatie en contactpersonen (Tectum group) te verzamelen over dit project. Vervolgens brachten deze contactpersonen telkens updates over de ontmanteling van het dak en over de mogelijkheden om stalen te nemen. Het platte dak van dit industriegebouw bestaat uit 3 delen en heeft een totale oppervlakte van ongeveer 13 000 m². De leeftijd van het dak kan geschat worden aan de hand van de rookluiken die in 1999 geplaatst werden. De isolatie kan echter ouder zijn aangezien er tijdens de ontmanteling van het dak meerdere lagen bitumineuze dakdichting werden aangetroffen, wat wijst op verschillende renovaties van de dakbedekking.

Het doel van deze dakrenovatie was om alle aanwezige isolatie en dakbedekking te verwijderen en te vervangen door nieuwe dikkere PIR-isolatie. Aangezien het dak bestaat uit drie verschillende delen, werden ook verschillende soorten isolatiematerialen teruggevonden. De eerste twee delen waren geïsoleerd met PIR-isolatie en het laatste deel met rotswol. Doordat de rotswolisolatie pas vrijkwam tijdens het ontmantelen van het laatste deel was het wegens tijdsgebrek niet meer mogelijk om stalen hiervan te verzamelen. Daarenboven was het volgens de dakwerkers bijna onmogelijk om de isolatie te ontmantelen zodanig dat deze nog intact genoeg bleef om er testen op uit te voeren, laat staan te hergebruiken. Het plan om deze rotswolisolatie te recyclen via 'Rockcycle' bleek niet mogelijk, enerzijds omdat het te duur was en anderzijds omdat er teveel resten overbleven van de aangebrachte roofing.

1.2.3.1 Ontmanteling

De manier waarop deze isolatieplaten ontmanteld werden, wordt besproken op basis van de foto's (bijlage D). Allereerst werd de dakbedekking in kleinere stukken doorgesneden zodat deze met behulp van een schop kan verwijderd worden (afb. 13). Aangezien de dakbedekking uit meerdere lagen bitumineuze dakdichting bestond bleek het niet eenvoudig om deze lagen te verwijderen, waardoor er heel wat schade toegebracht werd aan de toplaag van de isolatie. Vervolgens werd de isolatie, opnieuw met een schop, verwijderd samen met de mechanische bevestigingen (afb. 14). Hierdoor bleken, volgens de contactpersoon van Tectum, de isolatieplaten makkelijk te breken, waardoor zo goed als geen volwaardige platen uit dit dak konden gehaald worden voor hergebruik. Hierbij moet in rekening gebracht worden dat het doel van deze ontmanteling bestond uit het zo snel mogelijk verwijderen van de isolatie en de dakbedekking, waardoor de staat van de isolatie afhankelijk was van hoe voorzichtig de arbeiders te werk gingen. Tot slot belandden de isolatie en de dakbedekking samen in een container (afb. 15), waarna ze getransporteerd werden naar een verwerkingsbedrijf dat vervolgens de isolatie ging scheiden van de bitumineuze dakdichting en daarna verbranden.

1.2.3.2 Losmaakbaarheidsindex

De losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit het dak van Bornem bedraagt 0,18 aangezien het type verbinding tussen isolatie en steeldeck opnieuw een schroefverbinding is en zo met een factor van 0,80 gerekend kan worden (tabel 6).

TV _n	ToV _n	Llc _n	DK _n	RO _n	Lls _n	Llp _n
0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18

Tabel 6: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit het dak in Bornem

Adres:	Industrieweg 2-24, Bornem
Functie:	Industriegebouw, opslag autobanden en voertuigen
Contactpersonen:	Freya Michiels (Bureau Bouwtechniek) Roger Vandeweyer & Yves Rosier (Tectum group)
Aantal genomen stalen:	geen stalen genomen
Dakopbouw:	<ul style="list-style-type: none"> • Meerdere lagen bitumineuze dakdichting (bitumineus verkleefd) • 60mm rotswolisolatie (mechanisch bevestigd) • Steeldeck ondergrond

Tabel 7: Algemene informatie over de casestudie in Steenokkerzeel



Afb. 13 (links): Dakbedekking die in stukken werd doorgesneden

Afb. 14 (midden): Arbeiders die de dakbedekking en isolatie verwijderen met behulp van een schop

Afb. 15 (rechts): Container met de verwijderde bitumineuze dakdichting en isolatie

1.2.4 Gent

Om in contact te komen met casestudies voor dit onderzoek moet er niet altijd veel moeite gedaan worden. De volgende casestudie werd namelijk per toeval ontdekt door een container rotswolisolatie te zien staan op straat in Gent (tabel 9). Door direct contact op te nemen met de bijhorende aannemer (Van Severen NV) was het mogelijk om de volgende dag direct het dak te inspecteren en stalen te nemen samen met één van de aanwezige arbeiders. Tijdens het werfbezoek werd al snel duidelijk dat er problemen waren met de waterdichting van het dak, waardoor de aanwezige isolatie vochtig was. Het doel van deze dakrenovatie was dan ook om alle aanwezige isolatie in de verschillende daken te verwijderen en te vervangen door een nieuwe laag rotswol- of PIR-isolatie en dakbedekking. Alle relevante foto's van dit werfbezoek zijn terug te vinden in bijlage E.

In tegenstelling tot de meeste andere casestudies bestaat de dakvloer uit een betonnen draagvloer met een hellingschape. Aan de hand van een insnijding kon de opbouw van het dak achterhaald worden en de staat van de isolatie gecheckt worden (afb. 16). Vervolgens werd er geprobeerd om op verschillende plaatsen stalen te nemen door de dakbedekking te verwijderen met een cuttermes (afb. 17) en zorgvuldig een volledige plaat rotswolisolatie eruit te halen (afb. 18). Hoewel er enkele stukken zijn meegenomen, werd geconcludeerd dat de rotswolisolatie ook te beschadigd en vervuild was om op een kwalitatieve manier de prestaties ervan te kunnen testen. Daarbij zou te veel tijd gekost hebben om deze volledig te laten drogen in het labo.

1.2.4.1 Ontmanteling

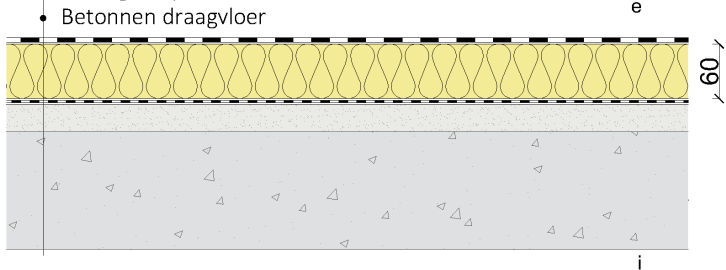
Buiten de eigen insnijdingen en staalnames (zie hierboven), is het ook interessant om kort even de manier van ontmantelen door deze aannemer te bespreken. De ontmanteling van deze specifieke dakopbouw werd duidelijk beïnvloed door de aanwezigheid van het vocht en de slechte staat van de isolatie. Met behulp van een slijpschijf werd allereerst de bitumineuze dakdichting doorgesneden, waarna ze met de hand van de isolatie kon getrokken worden. Hierna werd de isolatie met een schop losgemaakt van het dampscherm en opgeschept (afb. 19). Aangezien de isolatie heel vochtig was, kon deze eenvoudig verwijderd worden, maar met als gevolg dat de isolatie geheel beschadigd en gescheurd was (afb. 20). Uiteindelijk werden alle stukken isolatie samen met de dakbedekking in Big Bags met een telescoopkraan (afb. 21) naar beneden gehaald en in een container verzameld en vervoerd naar een afvalverwerkingsbedrijf.

1.2.4.2 Losmaakbaarheidsindex

De verbinding tussen de rotswolisolatie en de betonnen draagvloer is een lijmverbinding. Dit betekent dat de factor voor het type verbinding gelijk is aan 0,10 en zo de losmaakbaarheidsindex 0,13 bedraagt (tabel 8).

TV_n	ToV_n	Llc_n	DK_n	RO_n	Lls_n	Llp_n
0,10	0,10	0,10	1,00	0,10	0,18	0,13

Tabel 8: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit het dak in Gent

Adres:	Franklin Rooseveltlaan 1, Gent
Functie:	Overheidsinstelling De Stroom
Contactpersoon:	Kenny Beyaert (Van Severen NV)
Aantal genomen stalen:	3 verschillende stukken (1,5 m ²)
Ontmanteld door:	Gentiel Acar & arbeider (Van Severen NV)
Datum staalafname:	04/05/2023
Dakopbouw:	<ul style="list-style-type: none"> • Dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 60mm rotswolisolatie (verlijmd) • Dampscherm • Hellingschape • Betonnen draagvloer 

Tabel 9: Algemene informatie over de casestudie in Gent



Afb. 16 (links): Insnijding in de dakopbouw

Afb. 17 (midden): Dakbedekking die handmatig verwijderd wordt

Afb. 18 (rechts): Vochtige plaat isolatie uit de dakopbouw gehaald



Afb. 19 (links): Slijpschijf op de voorgrond en arbeider die isolatie losmaakt met een schop

Afb. 20 (midden): Rotswolisolatie vervuild en gescheurd in stukken na losmaken

Afb. 21 (rechts): Telescoopkraan die Big Bag met isolatie en dakbedekking naar beneden haalt

1.3 Roeselare



Afb. 22: Luchtfoto van het oude Heilig Hart Ziekenhuis in Roeselare (bron: Focus en WTV)

1.3.1 Algemene informatie over het gebouw/project en de staalafname

De eerste staalnames komen uit een sloopproject in Roeselare, waar de afbraak van een oude ziekenhuissite op de planning stond (tabel 10). Via het sloopopvolgingsbedrijf B²ASC (zie 1.2.1) werd er contact gelegd met de projectleider van sloopaannemer Verhelst. De werfleider verleende toegang tot de werf en hielp ook mee om de isolatie te ontmantelen. Om iets specifiekere informatie te verzamelen omtrent de daken van dit ziekenhuis werd ook contact opgenomen met de dienst stedenbouw van Stad Roeselare. Zij verleenden vervolgens toegang tot het archief en bracht ons in contact met de juiste persoon, namelijk de projectingenieur van het huidige AZ Delta ziekenhuis. Via deze weg kon de nodige informatie, waaronder de leeftijd van de onderzochte isolatie, uiteindelijk verzameld worden.

Op voorhand was niet bekend of de platte daken op de slooplocatie rotswol bevatte. Daarom werden alle toegankelijke platte daken gecontroleerd op rotswolisolatie door een kleine insnijding te maken in de dakdichting. Indien er rotswolisolatie werd gevonden, werden er minstens 2 volledige platen uit de dakopbouw verwijderd. Bij het eerste werfbezoek werden in totaal 4 platte daken met rotswolisolatie gevonden (afb. 23) en in totaal werden er 10 stalen genomen. Deze stalen werden net als de glaswolisolatie (zie 1.2.1) niet bruikbaar bevonden door het laboratorium van ROCKWOOL om dergelijke testen op uit te voeren. Daarom werden er tijdens een tweede werfbezoek opnieuw, enkel uit dak 1 en 2, in totaal 9 stalen genomen waarop uiteindelijk testen werden uitgevoerd.

1.3.2 Dak 1 – R1a & R1b

Het eerste dak bevond zich aan de noordwest zijde van het ziekenhuis en betreft een lager gelegen dak dat deels bezond en vaak beschaduwd was. Dit compartiment van het ziekenhuis werd bijgebouwd in 2011 en fungeerde als een zone voor intensieve zorgen. De dakopbouw kon echter volledig achterhaald worden nadat de alle rotswolisolatie ontmanteld werd. Specifieke informatie omtrent dit dak kan teruggevonden worden in tabel 11.

Adres:	Wilgenstraat 32, Roeselare
Functie:	Oud Heilig Hart Ziekenhuis, later AZ Delta
Contactpersonen:	Bram Vandekerckhove (Projectleider Verhelst Aannemingen) Laurens Colle (Werfleider Verhelst Aannemingen) Annelies Swaenepoel (Stad Roeselare) Thijs Vanbecelaere (Projectingenieur AZ Delta Roeselare)
Aantal genomen stalen:	Eerste staalname 10 platen en tweede staalname 9 platen
Ontmanteld door:	Gentiel Acar & Laurens Colle (werfleider)
Datum van staalafnames:	09/03/2023 en 22/03/2023

Tabel 10: Algemene informatie over de casestudie in Gent



Afb. 23: Aanduiding op de site van de staalnames uit de platte daken (bron: Google Maps)

Bouwjaar:	2011 – leeftijd rotswol minstens 12 jaar
Aantal genomen stalen:	6 platen, 3 bovenlaag (1,80 m ²) en 3 onderlaag (2,16 m ²)
Afmetingen (d x b x l):	Toplaag (R1a): 11cm – 14cm (afschot) x 60cm x 100cm Onderlaag (R1b): 7cm x 60cm x 120cm
Dakopbouw:	<ul style="list-style-type: none"> • Dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 110 -140mm ROCKWOOL Rhinox Afschot (bevestigd met PUR-schuim) • 70mm ROCKWOOL Taurox DUO NP (bevestigd met PUR-schuim) • Dampscherm • Betonnen draagvloer

Tabel 11: Specifieke informatie over de genomen stalen uit dak 1 van de casestudie in Roeselare

De opbouw van het dak bestond uit een betonnen dakvloer met een damp scherm (afb. 24) waarop twee lagen rotswolisolatie bevestigd werden met PUR-schuim (afb. 25). Deze dubbele laag rotswolisolatie bestaat uit een onderlaag van 7 cm en een bovenlaag in afschot van 11 cm – 14 cm. Tot slot bestaat de dakbedekking uit een bitumineuze dakdichting. Tijdens het tweede werfbezoek werden 6 stalen genomen uit het dak, 3 rotswolplaten uit de onderlaag en 3 rotswolplaten uit de bovenlaag (afb. 26). Om de prestaties van deze rotswolisolatie te kunnen vergelijken met waarden uit oude technische productbladen of ATG's moet het specifiek type ROCKWOOL isolatie achterhaald worden. Aan de hand van de oude offertes van HURO, de toenmalige aannemer voor het dak, was het mogelijk om de types rotswolisolatie te achterhalen. De verzamelde onderlaag bestaat uit 7cm dikke rotswolplaten van het type Taurox DUO NP die uit een 'Dual Density' bestaat . De platen in de bovenlaag is van het type Rhinox Afschot van 11 – 14 cm dik en beschikken over een zogenaamde 'Triple Density' (zie 1.3.3). Op deze manier kan er gekeken worden naar de waarden van technische documentatie uit 2011 om eventuele degradatie van deze rotswol op te sporen (zie deel 2).

1.3.2.1 Ontmanteling

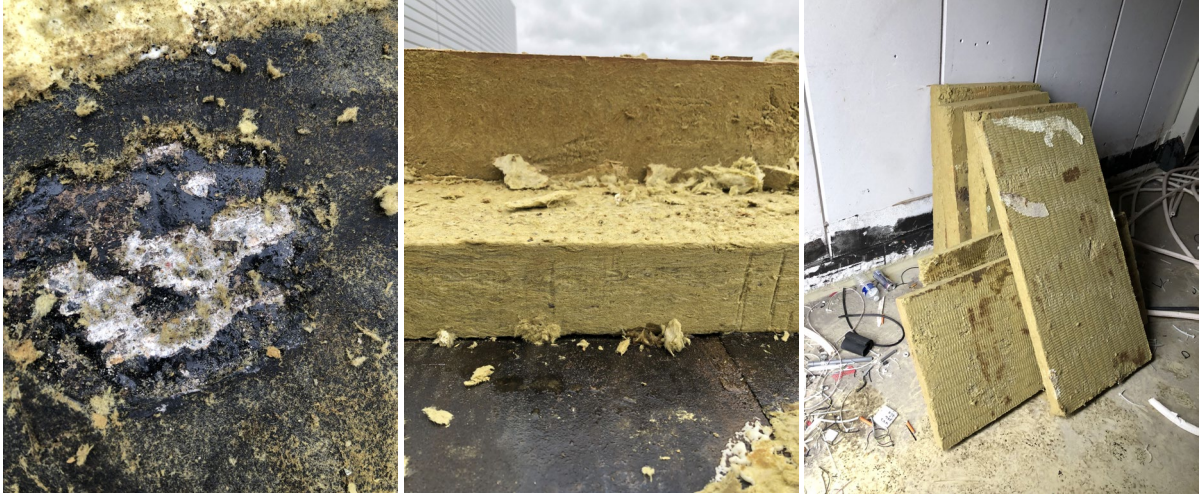
De ontmanteling van de rotswolisolatie uit dit dak kan beschreven worden in twee fases, namelijk de ontmanteling van de bovenlaag en de onderlaag isolatie (zie Bijlage F). Voor er stalen konden genomen worden uit de bovenlaag isolatie moest eerst de dakbedekking verwijderd worden. Met behulp van een elektrische handzaag en een kleine slijpschijf werd er geprobeerd om de dakbedekking door te snijden, waarna deze met de hand van de isolatie kon getrokken worden (afb. 27). Om vervolgens volledig intacte platen uit de bovenlaag te halen werden de aangrenzende platen kapotgemaakt zodat er hiertussen geen horizontale verbinding meer aanwezig was. De enige verbinding die nog overbleef was de verticale verbinding met de onderlaag. Met behulp van een truweel werd deze zoveel mogelijk losgemaakt waardoor de plaat zorgvuldig met de hand van de onderlaag kon getrokken worden (afb. 28). Het was duidelijk dat het kapotmaken van de PUR-schuim verbinding de grootste uitdaging was om deze stalen te nemen (afb. 29). Uiteindelijk konden er 3 platen uit de toplaag ontmanteld worden. Tenslotte werd op dezelfde manier een staalname van 3 platen gedaan uit de onderlaag rotswolisolatie. Hier werden opnieuw de verbindingen met omliggende platen kapotgemaakt met een koevoet (afb. 30), waarna handmatig de platen van het damp scherm losgetrokken werden. Opnieuw was de rotswolplaat met PUR-schuim verbonden op het damp scherm (afb. 31), maar in vergelijking met het ontmantelen van platen uit de bovenlaag ging dit iets vlotter. Dit kan komen door een lagere hechting aan het damp scherm. Ook werd er vocht aangetroffen tussen het damp scherm en de isolatieplaat, mogelijks veroorzaakt door inwendige condensatie of waterlekkage (afb. 32). Dit kan er ook voor gezorgd hebben dat de onderlaag iets vlotter kon ontmanteld worden. Over het algemeen zijn de verzamelde rotswolplaten nog redelijk intact gebleven na de ontmanteling. De meest voorkomende schade werd veroorzaakt door het verwijderen van de dakbedekking op de bovenlaag en het breken van de PUR-schuim verbindingen. Na de staalafname werden de platen vervoerd naar het laboratorium, waar ze konden drogen om vervolgens versneden te worden om testen op uit te voeren.

1.3.2.2 Losmaakbaarheidsindex

De rotswolisolatie aanwezig in de dakopbouw van dak 1 werd bevestigd op de betonnen dakvloer met PUR-schuim. De factor voor het type verbinding is dus gebaseerd op een zachte chemische verbinding en bedraagt 0,20. De losmaakbaarheidsindex is hierdoor gelijk aan 0,15 (tabel 12).

TV_n	ToV_n	Llc_n	DK_n	RO_n	Lls_n	Llp_n
0,20	0,10	0,13	1,00	0,10	0,18	0,15

Tabel 12: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit dak 1 in Roeselare



Afb. 24 (links): Betonnen dakvloer zichtbaar onder het dampscherm
 Afb. 25 (midden): onder- en bovenlaag rotswolisolatie op dampscherm
 Afb. 26 (rechts): 6 verzamelde rotswolplaten



Afb. 27 (links): Dakbedekking doorgesneden met slijpschijf en verwijderd van de isolatie
 Afb. 28 (midden): Na ontmanteling van 1 plaat uit de bovenlaag met truweel en koevoet
 Afb. 29 (rechts): PUR-schuim bevestiging en afdruk van brander zichtbaar tussen boven- en onderlaag



Afb. 30 (links): Stukken isolatie na ontmantelen onderlaag
 Afb. 31 (midden): Rotswolplaat uit onderlaag met zichtbare PUR-schuim bevestiging
 Afb. 32 (rechts): Aangetroffen water door inwendige condensatie of lekkage

1.3.3 Dak 2 – R2

Het tweede dak waaruit stalen genomen werden bevond zich aan de noordoost zijde van de ziekenhuissite, waardoor het vaak beschaduwd werd. De functie van dit compartiment was een meer algemene zone van het ziekenhuis en dateert ook van 2011 (tabel 14). De opbouw is vergelijkbaar met de dakopbouw van het eerste dak (zie 1.3.2), met het verschil dat er hier met een hellende dekvloer gewerkt werd uit schuimbeton. Hierop werd een damp scherm aangebracht met daarop een dunnere laag rotswolisolatie van 6 cm die opnieuw bevestigd was met PUR-schuim. Tijdens het tweede werfbezoek werden 3 platen rotswol ontmanteld uit het dak. Net zoals de isolatie uit het vorige dak, kon het type rotswolisolatie achterhaald worden aan de hand van oude offertes van HURO. In deze dakopbouw werd ook ROCKWOOL Rhinox gebruikt met een zogenaamde ‘Triple Density’ die nu niet meer geproduceerd wordt.

“Triple Density: drie geïntegreerde lagen met een stevige onderlaag, een harde middenlaag en een extra harde toplaag. Hierdoor wordt de druk over een extra groot oppervlak verdeeld, wat resulteert in een nóg betere beloopbaarheid.” (Technisch productblad Rockwool Rhinox, 2009, p.3).

1.3.3.1 Ontmanteling

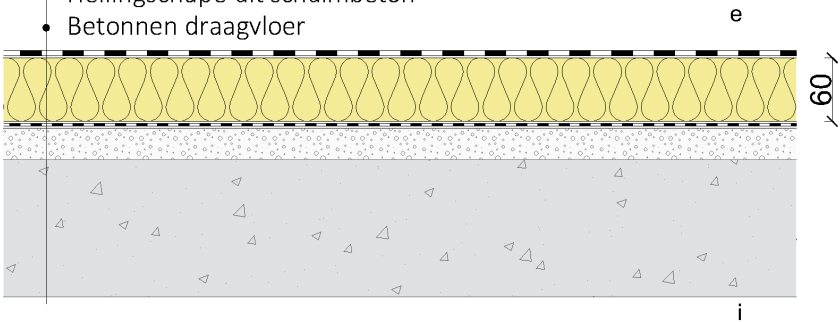
De ontmanteling van deze rotswolisolatie is vergelijkbaar met die van Dak 1, met het verschil dat er maar één laag isolatie moest ontmanteld worden (zie Bijlage G). Met behulp van een elektrische handzaag werd de dakbedekking eerst deels doorgesneden, waarna ze met de hand van de isolatie getrokken werd (afb. 33). Vervolgens werden de verbindingen met de omliggende platen kapot gemaakt met behulp van een koevoet, waarna de platen met de hand van het damp scherm konden getrokken worden (afb. 34). Aangezien dit maar om één laag isolatie ging, was de ontmanteling iets eenvoudiger en ging dit vlotter dan het eerste dak. Tot slot werden de 3 genomen stalen in het droge gelegd en vervoerd naar het labo om verder uit te drogen samen met de andere stalen (afb. 35). De isolatieplaten kwamen opnieuw redelijk intact uit de dakopbouw en de meest voorkomende schade werd opnieuw veroorzaakt door de verbinding met de dakbedekking (afb. 36) en de PUR-schuim verbindingen (afb. 37). Over het algemeen werd weinig tot geen vocht teruggevonden tijdens deze ontmanteling. Wat ook opviel toen deze platen ontmanteld werden waren de cirkelvormige brandplekken. Deze zijn hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de brander bij het aanbrengen van de bitumineuze dakdichting op de rotswolisolatie met warme bitumen (afb. 38).

1.3.3.2 Losmaakbaarheidsindex

Net zoals bij het eerste dak werd een schuimverbinding gebruikt om de isolatie op de betonnen dakvloer te bevestigen. Bijgevolg is de losmaakbaarheidsindex hier ook gelijk aan 0,15 (tabel 13).

TV _n	ToV _n	LIc _n	DK _n	RO _n	LI _s _n	LIp_n
0,20	0,10	0,13	1,00	0,10	0,18	0,15

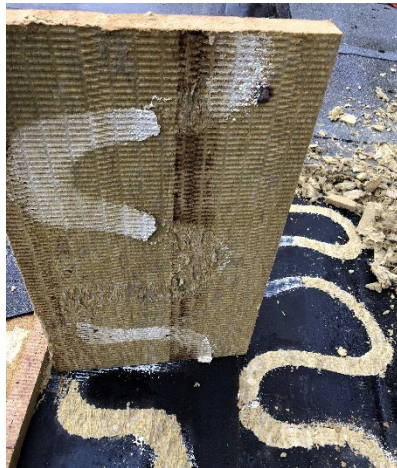
Tabel 13: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit dak 2 in Roeselare

Bouwjaar:	2011 – leeftijd rotswol minstens 12 jaar
Aantal genomen stalen:	3 platen (1,80 m ²)
Afmetingen (d x b x l):	6cm x 60cm x 100cm
Dakopbouw:	<ul style="list-style-type: none"> • Dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 60mm ROCKWOOL Rhinox (bevestigd met PUR-schuim) • Dampscherm • Hellingschape uit schuimbeton • Betonnen draagvloer 

Tabel 14: Specifieke informatie over de genomen stalen uit dak 2 van de casestudie in Roeselare



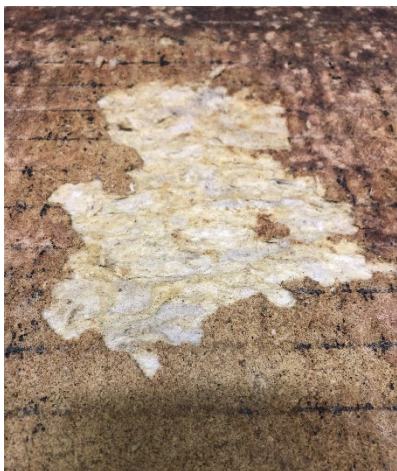
Afb. 33 (links): Bitumineuze dakdichting van de isolatie getrokken



Afb. 34 (midden): Ontmantelde rotswolplaat met zichtbare PUR-schuim bevestiging



Afb. 35 (rechts): Alle stalen vanuit Roeselare, verzameld in het labo



Afb. 36 (links): Schade aan de toplaag van de isolatie door het verwijderen van de dakdichting



Afb. 37 (midden): Overblijvend PUR-schuim op de rotswolplaten



Afb. 38 (rechts): Cirkelvormige brandplekken aan de onderzijde van de rotswolplaat

1.3.4 Dak 3 en 4

Tot slot werden tijdens het eerste werkbezoek ook stalen genomen van 2 andere daken waar rotswol in werd teruggevonden, maar waar achteraf geen testen op konden uitgevoerd worden. Beide gevallen worden toch kort besproken om inzicht te krijgen in de ontmanteling van deze dakopbouwen (tabel 16). De rotswolisolatie uit dak 3 kwam uit een klein dak van een bijgebouw dat één bouwlaag omvatte en bereikbaar was via andere omliggende daken. Wat specifiek was aan deze dakopbouw is dat er een ballastlaag van grind bovenop de dakbedekking lag. Daaronder werd opnieuw de klassieke opbouw teruggevonden, een betonnen dakvloer met dampscherm en 5cm rotswolisolatie (zie Bijlage H).

Het laatste dak was noordelijker gelegen op de site en betreft een dak waar veel technische installaties op geplaatst werden. Daarbij heeft de bitumineuze dakdichting ook een specifieke aluminium afwerking aan de buitenzijde. Bovenop de betonnen dakvloer werd geen dampscherm teruggevonden, maar wel een laag rotswolisolatie van 6cm die rechtstreeks bitumineus verlijmd was op de dakvloer. Alvorens er rotswolisolatie geconstateerd werd via een insnijding (afb. 39), was er al heel wat opstapeling van regenwater zichtbaar. Daarbij werd er ook een hoge indrukking waargenomen bij het betreden van dit dak.

1.3.4.1 Ontmanteling

Nadat er rotswolisolatie geconstateerd werd aan de hand van een kleine insnijding, werd de grindlaag opzijgeschoven (afb. 40) zodat een grotere uitsnijding kon gedaan worden in de dakdichting met een elektrische handzaag. Deze kon vervolgens heel vlot verwijderd worden van de isolatie alsof het niet verlijmd of verbonden was (afb. 41). Ondanks de platen gewoon met de hand konden verwijderd worden uit de dakopbouw, veroorzaakte de verbinding met het dampscherm toch nog wat schade aan de interieurzijde van de isolatie. Tijdens de ontmanteling werd ook geconstateerd dat de rotswolplaten heel vochtig waren (afb. 42). Daarenboven waren de twee genomen stalen ook vervuild tijdens de ontmanteling door de aanwezige grindlaag. Tot slot werden de stalen vervoerd naar het labo van ROCKWOOL, waarna ze onbruikbaar verklaard werden om testen op uit te voeren. Hierna werd beslist om geen tweede staal meer te nemen uit deze dakopbouw wegens te weinig kwalitatief isolatiemateriaal aanwezig op deze kleine dakoppervlakte.

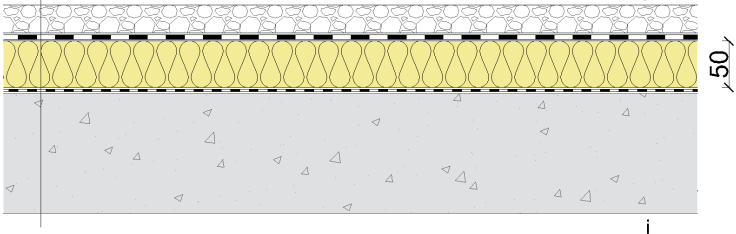
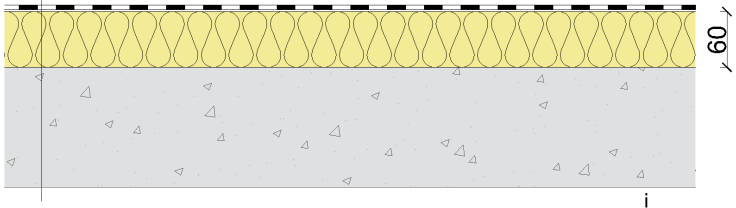
De ontmanteling van de aanwezige rotswolisolatie in dak 4 verliep niet zo eenvoudig (zie bijlage I). Allereerst werd de dakbedekking doorgesneden met een elektrische handzaag (afb. 43), waarna deze verwijderd kon worden zodat de isolatie bloot kwam te liggen. Hierna werd de omringende isolatie kapotgemaakt zodat er twee volledige platen uit het dak konden ontmanteld worden (afb. 44). Het verwijderen van de bitumineuze dakdichting was niet zozeer een probleem, maar het was vooral de verlijmd verbinding met de betonnen ondergrond die de ontmanteling bemoeilijkte. Daarenboven waren de isolatieplaten heel vochtig, waardoor ze niet stijf genoeg waren om ze heel te houden. Samen zorgde dit ervoor dat de genomen stalen heel vochtig en beschadigd waren. Om die reden konden deze ook niet getest worden op hun prestaties door het labo van ROCKWOOL. Wegens de slechte staat van de aanwezige isolatie werd er opnieuw beslist om geen tweede staalname te nemen.

1.3.4.2 Losmaakbaarheidsindex

De losmaakbaarheidsindex voor de rotswolisolatie in dak 3 en 4 is gelijk aan 0,13 aangezien hier allebei een lijmverbinding gebruikt werd en de factor voor het type verbinding gelijk is aan 0,10 (tabel 15).

	TV_n	ToV_n	Llc_n	DK_n	RO_n	Lls_n	Llp_n
Dak 3 & 4	0,10	0,10	0,10	1,00	0,10	0,18	0,13

Tabel 15: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit dak 3 en 4 in Roeselare

Aantal genomen stalen:	<u>Per dak:</u> 2 platen
Afmetingen (d x b x l):	<u>Dak 3:</u> 5cm x 60cm x 120cm <u>Dak 4:</u> 6cm x 60cm x 100cm
Dakopbouwen:	<p><u>Dak 3:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dakbedekking met grindlaag als ballast • 50mm rotswolisolatie (verlijmd) • Dampscherm • Betonnen draagvloer  <p><u>Dak 4:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 60mm rotswolisolatie (verlijmd) • Betonnen draagvloer 

Tabel 16: Specifieke informatie over de staalname uit dak 3 en 4 van de casestudie in Roeselare



Afb. 39 (links): Insnijding in dak 3 voor check op rotswol en grindlaag verwijderd voor ontmanteling
Afb. 40 (midden): Dakbedekking verwijderd en twee platen rotswol losgemaakt van het dampscherm
Afb. 41 (rechts): Aanwezigheid van vocht in de dakopbouw van dak 3



Afb. 42 (links): Rotswol geconstateerd na insnijding in de dakbedekking
Afb. 43 (midden): Arbeider die de bitumineuze dakdichting doorsnijdt met een kleine slijpschijf
Afb. 44 (rechts): Dak na het verwijderen van twee platen rotswolisolatie

1.4 Deerlijk



Afb. 45: Voorzijde IBCOM site Deerlijk (bron: Google Maps)

1.4.1 Algemene informatie over het gebouw/project

De volgende casestudy betreft het dak van een opslagloods in Deerlijk waaraan enkele herstellingen moesten gebeuren. De arbeiders van de aangenomen firma Asfaltwerken Tijtgat moesten hiervoor enkele stukken rotswol wegsnijden en vervangen door nieuwe PIR-isolatie. Via de contactpersoon (Anthony Tijtgat) was het uiteindelijk mogelijk om deze weggesneden stukken rotswolisolatie op te halen voor dit onderzoek.

1.4.2 Dak 1 – D1

Via de bouwheer kon achterhaald worden dat deze opslagloods gebouwd werd in 1995 en de dakisolatie sindsdien nog niet vervangen werd. De leeftijd van deze isolatie is dus minstens 28 jaar, wat meteen de oudste stalen rotswolisolatie zijn binnen dit onderzoek. Door de versnijdingen tijdens de herstellingen aan dit dak werden 4 stukken verzameld met diverse afmetingen. De dakopbouw van dit industrieel dak bestond uit een steeldeck staalplaat met daarop 4cm rotswolisolatie mechanisch bevestigd. De bitumineuze dakdichting bestond uit 2 lagen verlijmd met warme bitumen (tabel 18).

1.4.2.1 Ontmanteling

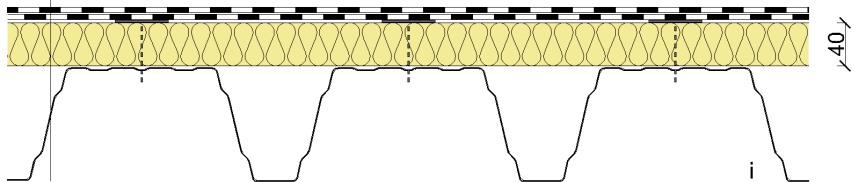
De ontmanteling van deze stalen rotswolisolatie kan beschreven worden aan de hand van de foto's van de uitgevoerde herstellingen (zie bijlage J). Allereerst werd een insnijding gemaakt met een slijpschijf in de bitumineuze dakdichting om deze van de isolatie los te trekken rondom de plek van de herstelling (afb. 46). Op sommige plaatsen werden deze uitsnijdingen terug opgevuld met PIR-isolatie (afb. 47), waarna het gat in de dakbedekking opnieuw gedicht werd met een overlappende laag bitumineuze dakdichting. In het kader van dit onderzoek werden de grootste uitgesneden stukken rotswolisolatie bijgehouden en verzameld om de nodige testen op uit te voeren (afb. 48). Aangezien dit gaat om mechanisch bevestigde isolatie zonder een damp scherm of enige verlijmd bevestiging op de steeldeck ondergrond, is de interieurzijde van deze isolatieplaten amper beschadigd. De meest voorkomende schade werd opnieuw veroorzaakt door het lostrekken van de bitumineuze dakdichting, waardoor de toplaag van de isolatie mee verwijderd werd. Wat ook onvermijdbare schade met zich meebracht was het verwijderen van de mechanische bevestigingen die telkens smalle gaten achter lieten in de rotswolplaten.

1.4.2.2 Losmaakbaarheidsindex

De factor van het type verbinding (TV_n) bedraagt 0,80 aangezien we hier te maken hebben met een schroefverbinding tussen isolatie en steeldeck. Hierdoor is de losmaakbaarheidsindex gelijk aan 0,18.

TV _n	ToV _n	Llc _n	DK _n	RO _n	Lls _n	Llp _n
0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18

Tabel 17: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit het dak in Deerlijk

Adres:	Nijverheidslaan 58, Deerlijk
Functie:	Opslagloods IBCOM Business Center
Contactpersoon:	Anthony Tijtgat (Asfaltwerken Tijtgat)
Ontmanteld door:	Arbeiders van firma Tijtgat
Datum van staalafname:	07/04/2023
Bouwjaar:	1995 – leeftijd rotswol minstens 28 jaar
Aantal genomen stalen:	4 divers weggesneden stukken (1,12 m ²)
Afmetingen (d x b x l):	<ul style="list-style-type: none"> - 4cm x 63cm x 60cm - 4cm x 65cm x 33cm - 4cm x 57cm x 33cm - 4cm x 60cm x 57cm
Dakopbouw:	<ul style="list-style-type: none"> • 2 lagen dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 40mm rotswolisolatie (mechanisch bevestigd) • Steeldeck ondergrond 

Tabel 18: Algemene en specifieke informatie over de staalname uit het dak van de casestudie in Deerlijk



Afb. 46 (links): Dakbedekking verwijderd ter hoogte van de plaats van de herstelling

Afb. 47 (midden): Uitsnijding opgevuld met PIR-isolatie na herstelling

Afb. 48 (rechts): 4 verzamelde stukken rotswolisolatie met diverse afmetingen

1.5 Waregem



Afb. 49: Foto van de voorzijde van de Label Products site in Waregem

1.5.1 Algemene informatie over het gebouw/project

Tot slot wordt als laatste casestudie de dakrenovatie van 3 industriële daken van een etikettenbedrijf (Label Products) uit Waregem onderzocht. Hier werd aan industrieel dakdekker Asfaltwerken Tjigtat gevraagd om een dikkere laag isolatie aan te brengen over deze dakoppervlakte. De eenvoudigste optie om een laag isolatie bovenop de bestaande dakopbouw aan te brengen was niet mogelijk. Wegens het gewicht van de extra isolatie en de bestaande zonnepanelen zou de dakstructuur dit niet meer kunnen dragen. Daarom werd de aanwezige isolatie en dakbedekking volledig verwijderd en vervangen door PIR-isolatie.

Dit project bestond uit 3 daken die elk op hun beurt gerenoveerd moesten worden, waardoor er 3 verschillende staalnames genomen konden worden. Zo werden er in totaal 12 rotswolplaten verzameld. Om deze platen uiteindelijk te verzamelen voor dit onderzoek werd contact gehouden met Anthony Tjigtat die de werf opvolgde. Zo konden de stalen per dak opgehaald worden van zodra er rotswol ontmanteld werd door de arbeiders. De volgorde en de situering van deze 3 verschillende daken worden aangeduid op het dakenplan van de site (afb. 50). Aangezien de daken heel gelijkaardig zijn qua omstandigheden en dakopbouw worden ze samen besproken (tabel 19).

1.5.2 Dak 1,2 en 3 – W1, W2 en W3

De leeftijd van deze 3 verschillende daken kon eenvoudig achterhaald worden via de bouwheer van dit renovatieproject. Elk dak dateert van een ander bouwjaar wat kan wijzen op het telkens aanbouwen en uitbreiden van dit bedrijfsgebouw. Het bouwjaar van het eerste dak (W1) dateert van het 1998 en bevat zo rotswolisolatie van minstens 25 jaar oud. De bouw van het tweede (W2) en derde dak (W3) dateren respectievelijk van het jaar 2001 en 2006, en bevatten dus rotswolisolatie van respectievelijk 22 en 17 jaar oud.

De algemene dakopbouw van deze 3 daken zijn zeer gelijkaardig. In alle 3 de gevallen gaat het om een steeldeck ondergrond waarop rotswolisolatie mechanisch bevestigd werd. Daarbovenop werd telkens een tweelaagse bitumineuze dakdichting op bevestigd met warme bitumen. Het enige verschil zit hem in de dikte en het type van de isolatielaag. Bij dak 1 en 2 werden 6cm dikke rotswolplaten gebruikt van het type ROCKWOOL Taurox. Dak 3 daarentegen werd geïsoleerd met 8cm dikke rotswolplaten van het nieuwere type ROCKWOOL Taurox DUO NP en beschikte over de 'Dual Density' technologie.



Afb. 50: Aanduiding op de site van de staalnames uit de platte daken in Waregem (bron: Google Maps)

Adres:	Vichtseweg 176A, Waregem
Functie:	Etikettenbedrijf (Label Products)
Contactpersoon:	Anthony Tijtgat (Asfaltwerken Tijtgat)
Ontmanteld door:	Arbeiders van firma Tijtgat
Datum van staalafnames:	19/04/2023 , 26/4/2023 en 4/5/2023
Bouwjaar:	<u>W1</u> : 1998 – leeftijd rotswol minstens 25 jaar <u>W2</u> : 2001 – leeftijd rotswol minstens 22 jaar <u>W3</u> : 2006 – leeftijd rotswol minstens 17 jaar
Aantal genomen stalen:	<u>Per dak</u> : 4 platen, 2 grote in twee gesneden (2,40 m ²)
Afmetingen (d x b x l):	<u>W1 en W2</u> : 6cm x 60cm x 100cm (origineel: 6cm x 120cm x 100cm) <u>W3</u> : 8cm x 60cm x 100cm (origineel: 8cm x 120cm x 100cm)
Dakopbouwen:	<p><u>W1 en W2</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 lagen dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 60mm ROCKWOOL Taurox (mechanisch bevestigd) • Steeldeck ondergrond <p><u>W3</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 lagen dakbedekking (bitumineus verkleefd) • 80mm ROCKWOOL Taurox DUO NP (mechanisch bevestigd) • Steeldeck ondergrond

Tabel 19: Algemene en specifieke informatie over de staalnames uit de daken van de casestudie in Waregem

Het specifieke type van deze rotswolisolatie werd eenvoudig achterhaald via overblijfsels van etiketten (afb. 51) waarop de afmetingen, de ontwerpwaarde voor de lambdawaarde (λ_d) en de bijhorende technische goedkeuring (ATG 96/2146) aangeduid stonden. Daarenboven werden ook resten van wegbrandfolies teruggevonden met het type 'Taurox ROCKWOOL' op aangeduid (afb. 52).

1.5.2.1 Ontmanteling

De ontmanteling en vervanging van de rotswolisolatie was identiek dezelfde voor de 3 daken (zie bijlage K, L en M). Allereerst werd met een speciale slijpschijf op wielen de dakbedekking doorgesneden in kleinere stukken (afb. 53). Hierna kon de bitumineuze dakdichting handmatig verwijderd worden of met behulp van een schop. Vervolgens werden de mechanische bevestigingen verwijderd of doorgeknipt zodat de rotswolplaten eenvoudiger van de steeldeck ondergrond konden verwijderd worden (afb. 54). Aangezien deze platen hun stijfheid nog niet verloren waren, konden de platen zonder scheuren ontmanteld worden waardoor ze nog hun originele afmetingen hadden. Deze rotswolplaten werden dan verzameld en op een stapel gelegd waarvan dan per dak stalen konden van genomen worden (afb. 55). De originele afmetingen van deze rotswolplaten waren 120cm breed en 100cm lang, maar moesten gehalveerd worden om deze te kunnen vervoeren naar het labo. Net zoals in alle andere casestudies was de toplaag van elke rotswolplaat beschadigd door het verwijderen van de bitumineuze dakdichting. Desondanks bleef de interieurzijde van deze isolatieplaten nog redelijk intact na de ontmanteling doordat deze mechanisch bevestigd werden. Het verwijderen van deze mechanische bevestigingen lieten echter wel minieme gaten achter in de rotswolplaten.

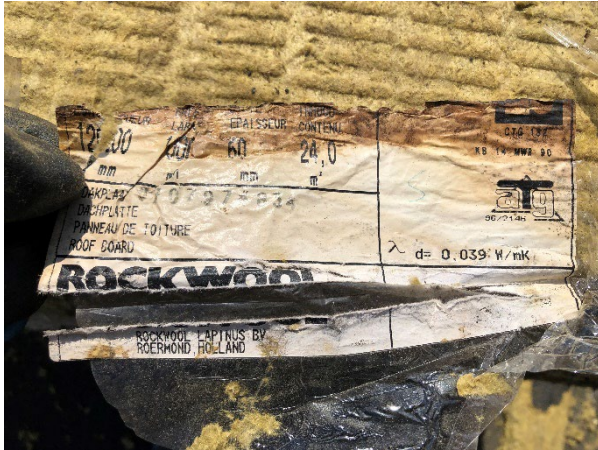
Tot slot werd de renovatie verder uitgevoerd en werd de rotswolplaten vervangen door platen PIR-isolatie (afb. 56), waarop er vervolgens een nieuwe laag PVC dakbedekking op bevestigd werd (afb. 57). Wat er uiteindelijk gebeurde met de grote hoeveelheid ontmantelde rotswolisolatie was iets dat algemeen veel voorkomt bij dit soort dakrenovaties. Deze belandden containers samen met de versneden stukken bitumineuze dakdichting en allerhande ander plastic afval van de renovatie (afb. 58). Nadien werden deze containers afgevoerd naar een afvalverwerkingsbedrijf die alles zo goed mogelijk probeert te sorteren. Aansluitend zal de rotswolisolatie verbrand worden aangezien deze teveel resten bitumen bevat en niet 'proper' genoeg is om gerecycleerd te worden.

1.5.2.2 Losmaakbaarheidsindex

De losmaakbaarheidsindex van de drie daken binnen deze casestudie bedraagt 0,18. Aangezien we hier opnieuw te maken hebben met een schroefverbinding is de factor voor het type verbinding gelijk aan 0,80 (tabel 20).

	TV_n	ToV_n	Llc_n	DK_n	RO_n	LIs_n	Llp_n
Dak 1,2 & 3	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18

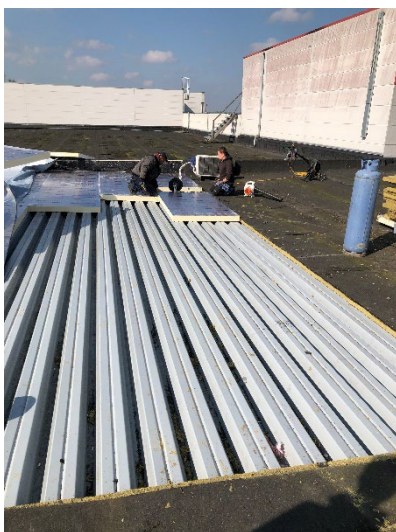
Tabel 20: Berekening van de losmaakbaarheidsindex van de rotswolisolatie uit de 3 daken in Waregem



Afb. 51 (links): Overblijfsel van een etiket van de aanwezige rotswoolisolatie
 Afb. 52 (rechts): Overblijfsel van de wegbrandfolie van de aanwezige rotswoolisolatie



Afb. 53 (links): Slijpschijf op wielen om de dakbedekking mee door te zagen
 Afb. 54 (midden): Verzamelde mechanische bevestigingen na het verwijderen uit de isolatie
 Afb. 55 (rechts): Gestapelde isolatieplaten na ontmanteling en 4 verzamelde stalen



Afb. 56 (links): Arbeiders die PIR-isolatie plaatsen na het verwijderen van de rotswoolisolatie
 Afb. 57 (midden): PVC dakbedekking aangebracht op de geplaatste PIR-isolatie
 Afb. 58 (rechts): Container met rotswool, bitumineuze dakdichting en ander plastic afval van de werf

1.6 Conclusie

Ter conclusie worden de belangrijke aspecten omtrent het vinden en ontmantelen van minerale wol isolatie uit platte daken nog eens besproken. Op basis van de ervaring uit de 8 onderzochte casestudies kan allereerst besloten worden dat het belangrijk was om een netwerk op te bouwen van verschillende soorten partijen om casestudies te vinden met rotswol in een plat dak. De belangrijkste partij die deelnam aan dit onderzoek waren de dakdekkers, specifiek industriële dakdekkers. Deze kwamen vaker in contact met afbraak- of renovatieprojecten van platte daken, waardoor ze sneller konden laten weten als er ergens rotswolisolatie kon ontmanteld worden. De andere partijen die betrokken waren binnen dit onderzoek waren algemene sloopaannemers, een sloopopvolginsbedrijf, fabrikant, technisch architect-/adviesbureau en een dienst stedenbouw. Deze contacten waren vooral nuttig bij het verzamelen van de juiste informatie omtrent elke casestudie.

Indien er in de toekomst isolatie uit platte daken ontmanteld moet worden met als doel om deze te hergebruiken, dan leert het eerste deel van deze scriptie ons het belang van het verzamelen van informatie over elk dak. Vooraleer er tot ontmanteling kan overgegaan worden is het aangeraden na te gaan hoe de dakopbouw van elk dak eruitziet. Dit kan door een dakinspectie uit te voeren of aan de hand van oude offertes of technische fiches die verkrijgbaar zijn via de bouwheer. Op die manier kan de ontmanteling van isolatie uit een dak goed voorbereid worden en kan er een inschatting gemaakt worden van de staat van de aanwezige isolatie.

Binnen dit onderzoek werd de ontmanteling van minerale wol isolatie uit verschillende casestudies bestudeerd. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de moeilijkheidsgraad van de ontmanteling in de praktijk afwijkt van de theorie. De ontmanteling van elk dak werd theoretisch benaderd aan de hand van de losmaakbaarheidsindex. De losmaakbaarheidsindices van de verschillende bestudeerde casestudies lagen tussen 0,13 en 0,18 (tabel 21). Deze lage waarde is vooral te wijten aan de dakbedekking die er altijd voor zorgt dat de isolatie uit een plat dak opgesloten en niet rechtsreeks bereikbaar is. Doordat de losmaakbaarheidsindex voor minerale wol isolatie uit platte daken enkel afhankelijk was van de factor voor het type verbinding, was er weinig verschil in waarde tussen de verschillende casestudies.

In de praktijk is er wel veel verschil op vlak van de ontmanteling van minerale wol isolatie uit variërende dakopbouwen. Het grootste verschil is vooral zichtbaar tussen de isolatie die verlijmd wordt en deze die mechanisch bevestigd wordt op de dakvloer. De bevestiging van isolatie op een betonnen dakvloer gebeurt vaak met een chemische verbinding zoals een lijm- of schuimverbinding (PUR). Uit de ervaring van de ontmanteling van de isolatieplaten bij casestudies zoals in Gent of Roeselare werd snel duidelijk dat de moeilijkheidsgraad van de ontmanteling hoger lag dan verwacht. Enerzijds omdat er zowel verticale verbindingen aanwezig waren met de dakvloer, alsook horizontale verbindingen tussen de platen onderling. Anderzijds was het dak met een dubbele laag isolatie (R1) veel moeilijker te ontmantelen dan deze met één enkele laag (R2). Dit komt vooral omdat isolatieplaten vaak geschrant geplaatst worden ten opzichte van elkaar bij een dakopbouw met een dubbele laag isolatie.

De ontmanteling bij de casestudies met mechanisch bevestigde isolatie op een steeldeck ondergrond daarentegen verliep iets vlotter. Dakdekkers hebben ondertussen al enige ervaring opgebouwd omtrent het ontmantelen van mechanisch bevestigde isolatie bij dakrenovaties of -herstellingen. Daardoor verliep de praktische ontmanteling van desbetreffende casestudies ongeveer allemaal op dezelfde manier. Allereerst werd de dakbedekking in stukken gesneden en verwijderd van de isolatie waardoor de mechanische verbindingen bloot kwamen te liggen en verwijderd kon worden. Aangezien er geen andere verbindingen zijn tussen de isolatieplaten onderling of met de dakvloer, konden deze platen zonder veel moeite in hun geheel ontmanteld worden.

Uit alle besproken casestudies kan geconcludeerd worden dat schade aan de ontmantelde minerale wol platen onvermijdbaar is. De schade die in elke casestudie duidelijk zichtbaar was, was die aan de toplaag van de isolatie. Bij het verwijderen van de dakbedekking werd de bitumineuze verbinding met de onderliggende isolatie kapot getrokken en verwijderde dit telkens grote stukken van de toplaag van de isolatie. Hierdoor konden de minerale wol platen nooit volledig intact uit de dakopbouw ontmanteld worden. Daarbij waren er nog enkele andere schadefenomenen zichtbaar na het ontmantelen van de isolatie, zoals de smalle openingen doorheen de platen veroorzaakt door mechanische bevestigingen. Ook werden er resterende lijmresten teruggevonden aan de boven- en zijkanten van de isolatieplaten.

Met het oog op hergebruik ligt het grootste potentieel om rotswol uit platte daken te verzamelen dus bij de industriële platte daken. Niet alleen omdat het meestal gaat om grote dakoppervlaktes, maar vooral omdat de isolatie vaak mechanisch bevestigd is. Hierdoor blijft de interieurzijde van de isolatie bespaard van schade door chemische verbindingen na de ontmanteling. Daarenboven zijn ze in de praktijk eenvoudiger te ontmantelen dan een plat dak met isolatie op een betonnen dakvloer. Indien er echter als doel gesteld wordt om minerale wol isolatie uit platte daken in zijn geheel te hergebruiken, dan zal er altijd moeten omgegaan worden met de onvermijdbare schade veroorzaakt door de ontmanteling. Zelfs al wordt er voorzichtiger tewerk gegaan bij de ontmanteling van de isolatie, de schade zal weinig beperkt kunnen worden en daarbij zal dit alleen maar meer tijd en geld kosten.

Tenslotte beschrijft dit eerste deel van deze scriptie alle nodige informatie om verder onderzoek uit te voeren naar de prestaties van de verzamelde stalen minerale wol isolatie. In totaal werden er 7 casestudies opgevolgd waarvan er uit 7 verschillende daken minstens 3 stalen verzameld werden per laag isolatie aanwezig in de dakopbouw. Aangezien deze daken isolatiemateriaal bevatten met een variërende leeftijd en dakopbouw, is het relevant om onderzoek te doen op de prestaties ervan en eventuele degradatie bloot te leggen in het volgend deel van deze scriptie.

Casestudie	Leeftijd	Element	Onderliggend structureel element	Score
				Lipn
Sint-Martens-Latem	1	-	Glaswol (70mm)	0,13
	2	-	Rotswol (70mm)	0,18
Steenokkerzeel	1	-	Rotswol (60mm)	0,18
	2	-	Rotswol (100mm)	0,18
Bornem	-	Rotswol (60mm)	Steeldeck	0,18
Gent	-	Rotswol (60mm)	Beton	0,13
Roeselare	1	12 jaar	Rotswol (70mm)	0,15
	2	12 jaar	Rotswol (70mm)	0,15
	3	-	Rotswol (50mm)	0,13
	4	-	Rotswol (60mm)	0,13
Deerlijk	28 jaar	Rotswol (40mm)	Steeldeck	0,18
Waregem	1	25 jaar	Rotswol (60mm)	0,18
	2	22 jaar	Rotswol (60mm)	0,18
	3	17 jaar	Rotswol (80mm)	0,18

Tabel 21: Alle casestudies met bijhorende informatie en losmaakbaarheidsindices (onderzochte casestudies in het vet)

Deel 2: De prestaties van oude rotswolisolatie uit platte daken

2.1 Inleiding: normen en richtlijnen voor isolatie door de jaren heen

Een goed begrip van de geschiedenis van normen en richtlijnen voor isolatie is essentieel binnen dit onderzoek. Door na te gaan met welke grenswaarden isolatieproducenten vroeger rekening moesten houden, kunnen we de prestaties van oude isolatiematerialen correct beoordelen en analyseren.

Vanaf de jaren 1960 ontstond er een opkomende trend van wetenschappelijke benadering rond het isoleren van gebouwen. Het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTTCB), nu bekend als Buildwise, streefde ernaar om de kwaliteit van de bouw te verbeteren door middel van verschillende publicaties. In 1962 werd bijvoorbeeld een publicatie uitgebracht over het isoleren van platte daken. Enkele jaren later werkten het WTTCB, samen met de Koninklijke Federatie van de Architectenverenigingen van België (FAB) en de Nationale Confederatie van het Bouwbedrijf (NCB), aan een 'Algemeen bestek voor de uitvoering van privé-bouwwerken'. Dit resulteerde uiteindelijk in 1973 in een referentiewerk voor de dagelijkse praktijk van architecten en aannemers, waarin basisconcepten, eigenschappen en technische richtlijnen voor de toepassing van isolatie in gebouwen werden opgenomen. Kort daarna, in 1974, werd de eerste Belgische norm over thermische isolatie (NBN B62-001) gepubliceerd (Van de Voorde et al., 2015). Het doel van deze norm was voornamelijk om voldoende hygrothermisch comfort te waarborgen in gebouwen en tegelijkertijd te voorkomen dat eigenaars te veel kosten zouden maken aan extra verwarmings- en luchtinstallaties (NBN B 62-001, 1974). Later werden deze normen en richtlijnen, ook voor isolatieproducten, steeds verder uitgebreid. Dit resulteerde in strengere regels en grenswaarden voor de productie van isolatiematerialen, en er werd meer controle uitgevoerd om aan deze eisen te voldoen.

Het UEAtc (Union Européenne pour les Agréments Techniques dans la Construction) speelde hier destijds een belangrijke rol in. Tot op heden houdt deze organisatie zich bezig met het bevorderen van de samenwerking tussen Europese instellingen in de bouwsector die technische goedkeuringen uitbrengen. Door middel van advies en controle op bouwactiviteiten, waaronder het onderhouden van technische richtlijnen en controles op isolatiematerialen, proberen ze de kwaliteit en veiligheid in de bouwsector te waarborgen. In 1983 publiceerde het UEAtc de eerste *'Algemene richtlijn voor de beoordeling van dakafdichtingssystemen'* (MOAT No. 27., 1983), waarin beknopte regels werden gegeven voor het plaatsen van isolatie in daken. In 1992 volgden hierop de *'Technische richtlijnen voor de beoordeling van thermische isolatiesystemen die bedoeld zijn om waterdichte bedekkingen te ondersteunen op platte en hellende daken'* (MOAT No. 50., 1992). Voor het eerst werden hierin algemene grenswaarden voor de prestaties van isolatiematerialen opgenomen. Dit stelde isolatieproducenten in staat om zich hierop te baseren, in plaats van hun eigen grenswaarden te hanteren.

Desondanks bleven dit slechts richtlijnen en was er geen algemeen verplicht kader voor de prestaties van isolatieproducten. Om de betrouwbaarheid van deze prestaties te waarborgen, was er behoefte aan een specifieke norm voor isolatieproducten, zoals minerale wol. In 1998 werd een eerste ontwerpnorm opgesteld, die uiteindelijk in 2001 werd vastgelegd als Europese en Belgische norm (NBN-EN 13162:2001). De meest recente versie van deze norm, de 4e editie, werd uitgebracht in 2015. Deze norm beschrijft de productkenmerken en bevat procedures voor het testen, evalueren, markeren en labelen van minerale wol producten, zoals rotswol, die fabrieksmatig worden vervaardigd.

Fabrikanten kunnen, afhankelijk van het beoogde gebruik, de verschillende vereisten van hun nieuw geproduceerde minerale wol isolatie testen, om de nodige certificaten en technische goedkeuringen te verkrijgen en hun product op de markt te brengen. Indien er een geharmoniseerde norm bestaat voor het product is één van de eerste stappen die een fabrikant, distributeur of importeur moet uitvoeren het aanbrenge van een CE-markering. Een CE-markering geeft aan dat het product voldoet aan de wettelijke eisen en de fabrikant neemt hiermee de verantwoordelijkheid voor de aangegeven productprestaties op zich. Sinds 1 maart 2003 is het aanbrenge van een CE-markering verplicht voor minerale wol isolatie (Afdeling Energie en Klimaat (WTGB), 2009) en sinds 1 juli 2013 is ook de Construction Products Regulation (CPR) van kracht. Deze Europese verordening vereist dat CE-gemarkeerde producten een Declaration of Performance (DoP), ofwel een prestatieverklaring, moeten hebben. Deze verklaring bevat een overzicht van de belangrijkste prestaties en het beoogde gebruik van het product.

Daarnaast kunnen isolatieproducenten er ook voor kiezen om een Technische Goedkeuring (ATG) aan te vragen voor hun product, uitgevaardigd door de Belgische Unie voor de Technische Goedkeuring in de Bouw (BUtgb). Het behalen van een ATG heeft als doel om de geschiktheid en de beoogde toepassing van het isolatieproduct te waarborgen en de bouwsector te informeren over de eigenschappen van het product en hoe deze isolatieproducten kwalitatief kunnen ontworpen en geplaatst worden in een gebouw.

Met het oog op het hergebruiken van minerale wol isolatie, is het relevant om enkel de belangrijkste eigenschappen te testen. Daarom wordt er, binnen dit onderzoek, een selectie gemaakt van de specifieke testnormen die relevant zijn voor minerale wol isolatie in platte daken. Buiten de dichtheid (NBN EN 1602) worden deze allemaal beschreven in de algemene productnorm voor minerale wol isolatie (NBN EN 13162 + A1, 2015):

NBN EN ISO 29767 : Korte-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling.

NBN EN 12087: Waterabsorptie op lange termijn

NBN EN ISO 29469: Drukspanning aan 10% vervorming of druksterkte

NBN EN 12430: Puntbelasting bij 5mm indrukking

NBN EN 12667 + NBN EN 12939: Thermische weerstand en warmtegeleiding

Naargelang de mogelijkheden binnen dit onderzoek is het de bedoeling om dergelijke eigenschappen te testen op de verzamelde oude rotswol isolatieplaten. Om de resultaten van deze testen te kunnen vergelijken met de waarde die bij opgegeven werd toen het product geproduceerd werd, wordt er op zoek gegaan naar oude technische documentatie. Met dank aan Luc Van Audenhaege kon er elke case aan een type en bijhorende Technische Goedkeuring (ATG) gelinkt worden. Hieronder is een overzicht van elke ATG per case. Aangezien sommige oude ATG's niet meer online beschikbaar zijn worden deze allemaal verzameld in bijlage O.

<u>R1a</u> (2011):	ATG 11/2601	<i>Rhinox Afschot</i>
<u>R1b</u> (2011):	ATG 11/2413	<i>Taurox DUO NP</i>
<u>R2</u> (2011):	ATG 11/2601	<i>Rhinox</i>
<u>D1</u> (1995):	ATG 94/1685	-
<u>W1</u> (1998):	ATG H3 577-2	<i>Taurox NP Bitufilm</i>
<u>W2</u> (2001):	ATG H3 577-2	<i>Taurox NP Bitufilm</i>
<u>W3</u> (2006):	ATG 04/2413	<i>Taurox DUO NP Bitufilm</i>

2.2 Gemiddelde densiteit: NBN EN 1602

De eerste eigenschap die besproken wordt is de gemiddelde densiteit en is gebaseerd op de norm voor het meten van de densiteit van materialen voor de thermische isolatie van gebouwen (NBN EN 1602, 2013). Deze norm werd ingetrokken in 2013 en wordt ook niet opgenomen in de productnorm. Dit betekent dat fabrikanten de densiteit van hun isolatieproducten niet moeten testen of declareren om een CE-markering te verkrijgen. Waarom deze eigenschap toch gemeten wordt in dit onderzoek heeft twee voornaamste redenen. Enerzijds kan de densiteit een oorzaak zijn voor het bekomen van afwijkende resultaten of degradatiefenomenen na het testen van de prestaties op de rotswolisolatie. Hierdoor kunnen er analyses gedaan worden en verbanden onderzocht worden. Anderzijds is de densiteit een goede indicatie voor de toepassing waarin dit rotswolproduct (her)gebruikt kan worden. Het meten van deze eigenschap kost tevens niet veel moeite en kan dus interessante informatie opleveren voor dit onderzoek. Deze testen werden zelf uitgevoerd in het laboratorium van het Technicumgebouw (T4) in Gent.

2.2.1 Testmethode

De testmethode zal niet verlopen zoals er exact in NBN EN 1602 beschreven wordt (NBN EN 1602, 2013). Dit zou enerzijds te veel tijd in beslag nemen, anderzijds wordt het gemiddelde berekend van de densiteit van alle uitgesneden testmonsters die gebruikt werden in dit onderzoek. Hierdoor is het eindresultaat een goede schatting van de densiteit van de verzamelde rotswolisolatie.

2.2.1.1 Voorbereiding

Om de densiteit te meten van de verzamelde rotswolplaten was er geen voorbereiding nodig. De testmonsters werden tevens al allemaal uitgesneden en gedroogd ter voorbereiding van alle onderstaande uitgevoerde testen (zie 2.3.1.1, 2.4.1.1, 2.5.1.1, 2.6.1.1, 2.7.1.1 en 2.8.1.1).

2.2.1.2 Testprocedure

Allereerst wordt de dikte gemeten van de uitgesneden testmonsters. Bij de isolatieplaten in afschot (R1a) werd de dikte gemeten met een meetlat in het midden van het testmonster zodat een gemiddelde dikte kon afgelezen worden. De dikte van alle overige testmonsters is gebaseerd op de meetresultaten van de lambda-waarde metingen uitgevoerd door Buildwise (zie 2.8 en bijlage X), waar de dikte van elk testmonster zowel vóór als na de proef werd opgemeten. Met de aangewezen oppervlakte van elk testmonster kon dan het volume berekend worden. Vervolgens werd elk testmonster gewogen voor de proef, zodat de droge massa kon afgelezen worden en uiteindelijk de densiteit van elk testmonster kon berekend worden. Tot slot werd een gemiddelde genomen van alle bekomen densiteiten.

2.2.1.3 Berekening testresultaten

De densiteit ρ (kg/m³) van elk testmonster kan eenvoudig berekend worden met formule (1). Vervolgens kan de gemiddelde densiteit ρ_{gem} (kg/m³) in berekend worden (2).

$$(1) \rho = \frac{m}{V} \qquad (2) \rho_{gem} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n}{n}$$

Waarbij,

m = de droge massa van het testmonster, in kilogram (kg)

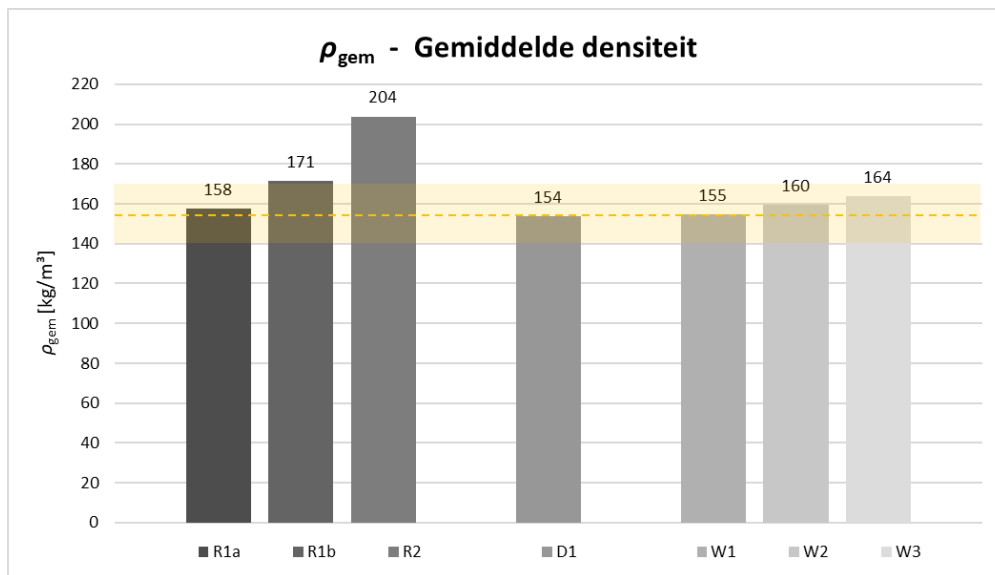
V = het volume van het testmonster, in kubieke meter (m³)

ρ_n = de densiteit van elk specifiek testmonster, in kilogram per kubieke meter (kg/m³)

n = het aantal gemeten testmonsters

2.2.2 Resultaten

De resultaten van de gemiddelde densiteit van elke casestudie worden weergegeven in onderstaande grafiek en de exacte berekeningen kunnen teruggevonden worden in bijlage P. Om een referentiewaarde te zoeken van de densiteit van oude rotswol werd er gekeken in oude productfiches en technische goedkeuringen. Aangezien de densiteit geen verplicht te controleren waarde is, was dit niet eenvoudig terug te vinden. In een oude technische goedkeuring voor oude types ROCKWOOL isolatie voor een warm dak (ATG 94/1685, 1994) kon een referentiewaarde gevonden worden van $155\text{kg/m}^3 \pm 10\%$ voor de densiteit (zie bijlage O). Alhoewel deze technische goedkeuring dateert van 1994 kan de vermelde waarde toch als referentie dienen om de resultaten van de gemeten densiteiten mee te vergelijken. Het aangegeven bereik voor de volumemassa uit de oude technische goedkeuring wordt weergegeven in het geel op onderstaande grafiek.



Grafiek 1: Gemiddelde densiteit per casestudie

2.2.3 Vaststellingen en hypothesen

Over het algemeen liggen de uitgekomen waardes nagenoeg allemaal binnen het aangegeven bereik uit ATG 94/1685, wat wijst op weinig verandering in volumemassa doorheen de tijd. Opmerkelijk is dat de stalen van R1b en vooral R2 van Roeselare een veel hogere densiteit hebben. Bij het wegen van de verschillende testmonsters van R2 was er wel opmerkelijk veel variatie zichtbaar wat zorgde voor een hoog gemiddelde. Dit kan verklaard worden door de 'Triple Density' technologie die gebruikt werd bij de productie van het type ROCKWOOL Rhinox (zie 1.3.3). Alle andere rotswolplaten beschikten over een 'Dual Density' of bestonden uit één densiteit.

2.2.4 Conclusie

Kortom kan er besloten worden dat de densiteit van oude rotswolisolatie niet veel verandert. De dikte van deze platen werd telkens met minstens 2mm is verminderd door de verwijderde toplaag na het losmaken van de bitumineuze dakdichting. Aangezien het gewicht van deze verwijderde toplaag ook wegvalt blijft de densiteit ongeveer gelijk.

2.3 Korte-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_p): EN ISO 29767

Onderzoek heeft aangetoond dat er op termijn een afname van de waterafstotendheid kan worden waargenomen (Langmans & Roels, 2017) (Stazi et al., 2009) (Stazi et al., 2014) (EURIMA & FIW München, 2016). Dit kan invloed hebben op de prestaties en de herbruikbaarheid van deze minerale wol producten. Daarom is het cruciaal om inzicht te krijgen in de huidige korte-termijn waterabsorptie van oude minerale wol isolatie, in dit geval rotswol. Deze testmethode staat nog beschreven in de algemene productnorm (NBN EN 13162 + A1, 2015) onder NBN EN 1609, maar is ondertussen al geüpdatet naar NBN EN ISO 29767 (NBN EN ISO 29767, 2019). Deze testen werden zelf uitgevoerd in het laboratorium van het Technicumgebouw (T4) in Gent volgens de recente versie van de norm.

2.3.1 Testmethode

Tijdens dit onderzoek wordt een testmonster 24 uur lang in water geplaatst, waarbij de verandering in massa wordt gemeten. Het overtollige water dat aan het oppervlak blijft zitten maar niet door het testmonster is geabsorbeerd, wordt verwijderd door middel van drainage (methode A) of door aftrek van de initiële wateropname (methode B). Aangezien de waarden voor de korte-termijn waterabsorptie in technische fiches gebaseerd zijn op methode A, is het logisch om binnen dit onderzoek ook methode A te gebruiken. Om verschillende invloeden op de waterafstotendheid van deze rotswolisolatie te achterhalen, worden zowel de interieur- als exterieurzijde van de isolatieplaat getest. Er worden telkens 3 verschillende afgenomen isolatieplaten getest, waaruit dus 2 testmonsters gesneden worden, wat neerkomt op 6 resultaten per casestudie.

2.3.1.1 Voorbereiding

Voor deze proef is er water, een waterreservoir, 2 latten en enkele gewichten nodig. Daarnaast moeten de verzamelde isolatieplaten nog op de juiste afmetingen versneden worden. Volgens de norm moet het testmonster een lengte en een breedte hebben van 200 (+- 1) mm. Deze mogen geen originele randen bevatten van de isolatieplaat. Daarom wordt er, met een mes, op minstens 2cm van de originele rand gesneden. Uiteindelijk wordt er een testmonster bekomen met de correcte afmetingen (afb. 59). Hierna wordt de kant die droog blijft gekenmerkt met een 'x', zodat men weet welke zijde van de isolatieplaat er getest wordt. Om te weten als het gaat om de interieur- of exterieurzijde wordt elke zijde gekenmerkt met respectievelijk 'i' of 'e'. Tot slot worden de 3 verschillende testmonsters per geteste zijde genummerd met 'I - II - III'.

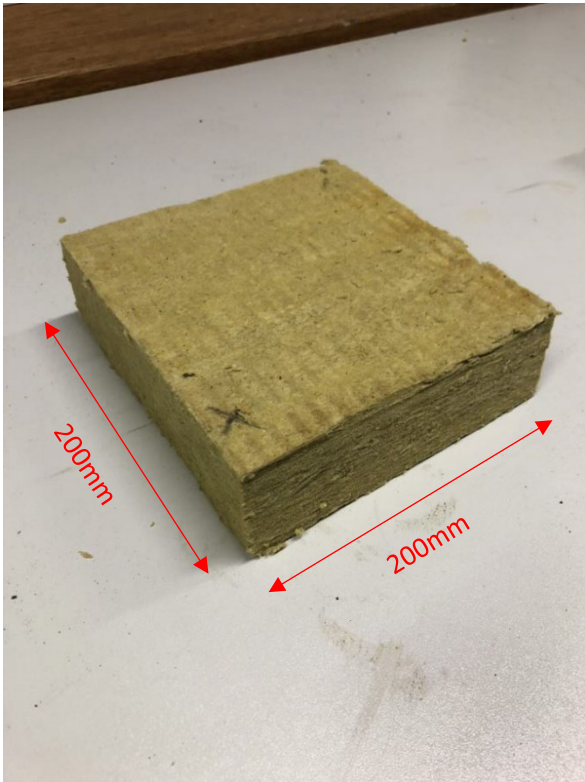
2.3.1.2 Testprocedure

STAP 1: Elk testmonster wordt gewogen vlak voor ze in het waterreservoir geplaatst worden. De massa moet bepaald worden tot op 0,1 gram. Deze massa noemen we dan m_0 .

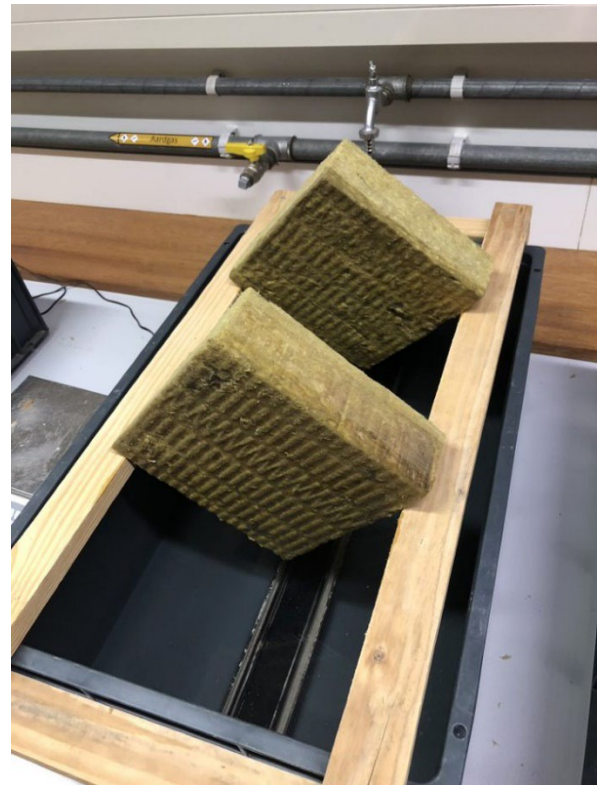
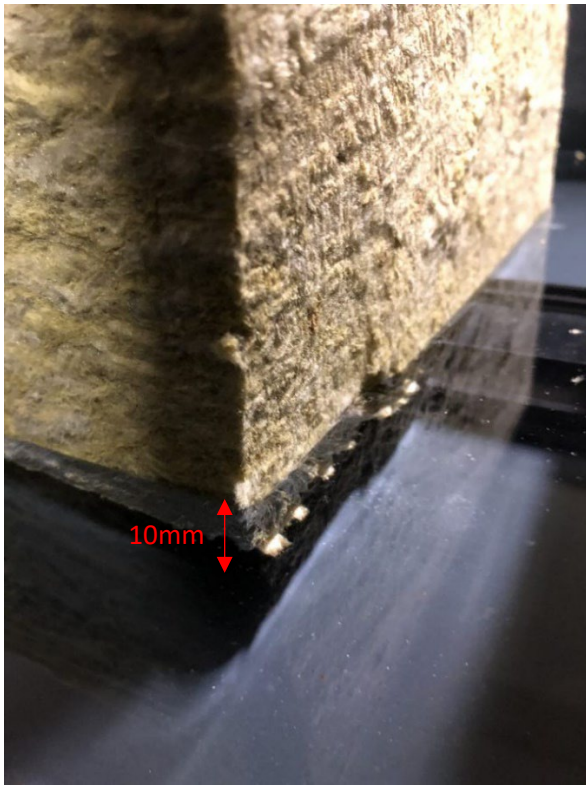
STAP 2: Na het wegen wordt het testmonster, met twee dunne latten, op een verhoog geplaatst in het waterreservoir. Aan de hand van gewichten wordt ervoor gezorgd dat het testmonster blijft liggen en niet begint te drijven (afb. 60). Hierna wordt het waterniveau bijgevuld tot het verschil met de onderkant van het testmonster 10 (+-2) mm bedraagt (afb. 61). Tijdens de test is het de bedoeling om dit waterniveau zo constant mogelijk te houden door handmatig het water bij te vullen. Voor de waterabsorptietest op korte termijn moet elk testmonster in contact komen met het water voor 24 uren (+-30 minuten).

STAP 4: Na 24 uren wordt elk testmonster uit het waterreservoir gehaald en op het droogrek geplaatst. Hierbij is het belangrijk dat het testmonster over een helling van 45 graden geplaatst wordt (afb. 62). Elk testmonster zal voor 10 (+- 0,5) minuten draineren.

STAP 5: Na 10 minuten drainage wordt elk testmonster opnieuw gewogen. De massa moet bepaald worden tot op 0,1 gram. Deze massa noemen we dan m_{24} .



Afb. 59 (links): Testmonster uitgesneden op de juiste afmetingen
Afb. 60 (rechts): Testmonsters geplaatst in het waterreservoir



Afb. 61 (links): Waterniveau gedurende de test
Afb. 62 (rechts): Testmonsters worden voor 10 minuten gedroogd onder een hoek van 45 graden

2.3.1.3 Berekening testresultaten

Uiteindelijk kan de korte-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_p) berekend worden aan de hand van de volgende formule:

$$W_p = \frac{m_{24} - m_0}{A_p}$$

Waarbij,

m_0 = de initiële massa van het testmonster, in kilogram (kg)

m_{24} = de massa van de testmonster na 24 uur gedeeltelijk onderdompelen, in kilogram (kg)

A_p = de oppervlakte van de onderkant van het testmonster, in vierkante meter (m^2)

W_p zal weergegeven worden tot op 0,01 kg/m^2

2.3.2 Resultaten

De resultaten van de waterabsorptietest op korte termijn worden per casestudie weergegeven in bijlage Q en samengevat weergegeven in de grafieken 2 en 3. Hierin wordt een onderscheiding gemaakt tussen de waterabsorptie getest aan de exterieurzijde en aan de interieurzijde. Om de leesbaarheid te verhogen is de Y-as in de grafieken telkens aangepast aan het bereik van de resultaten, de rode en de gele lijn dienen daarom ook als duidelijke referentie in elke grafiek. De rode lijn staat voor de maximum waarde die de geharmoniseerde norm voor de productie van minerale wol isolatie (NBN EN 13162 +A1., 2015) oplegt voor de waterabsorptie op korte termijn, deze bedraagt 1,0 kg/m^2 . De gele lijn geeft de waarde aan die in de ATG's staan van ROCKWOOL dakisolatieproducten, namelijk 0,5 kg/m^2 (zie bijlage O).

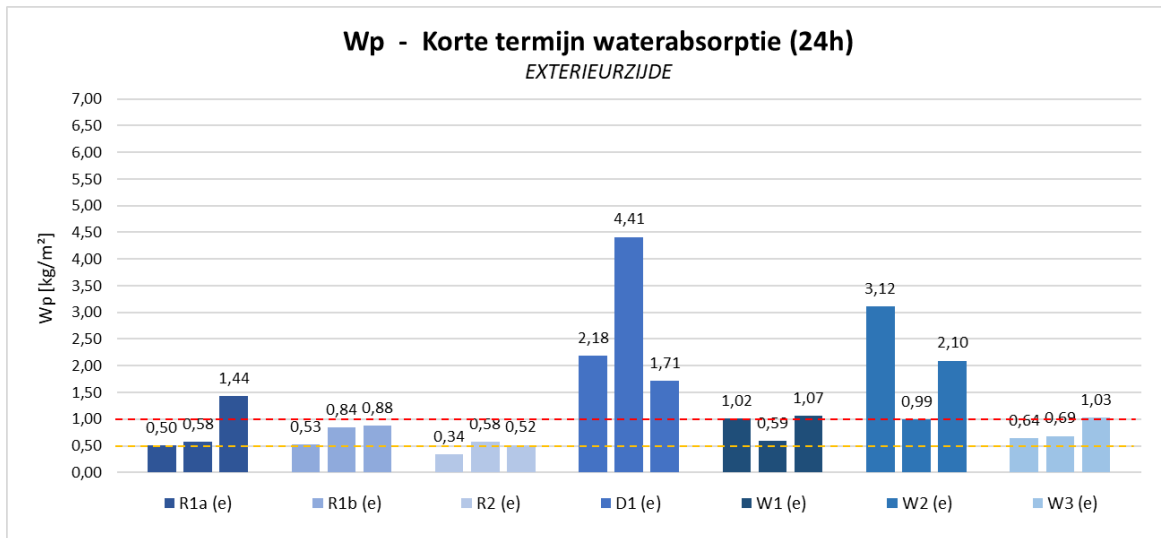
2.3.3 Analyse resultaten

Om de resultaten van deze waterabsorptietest op korte termijn goed te kunnen interpreteren worden in deze analyse verbanden gezocht tussen de verschillende parameters die een invloed kunnen hebben op de waterafstotendheid.

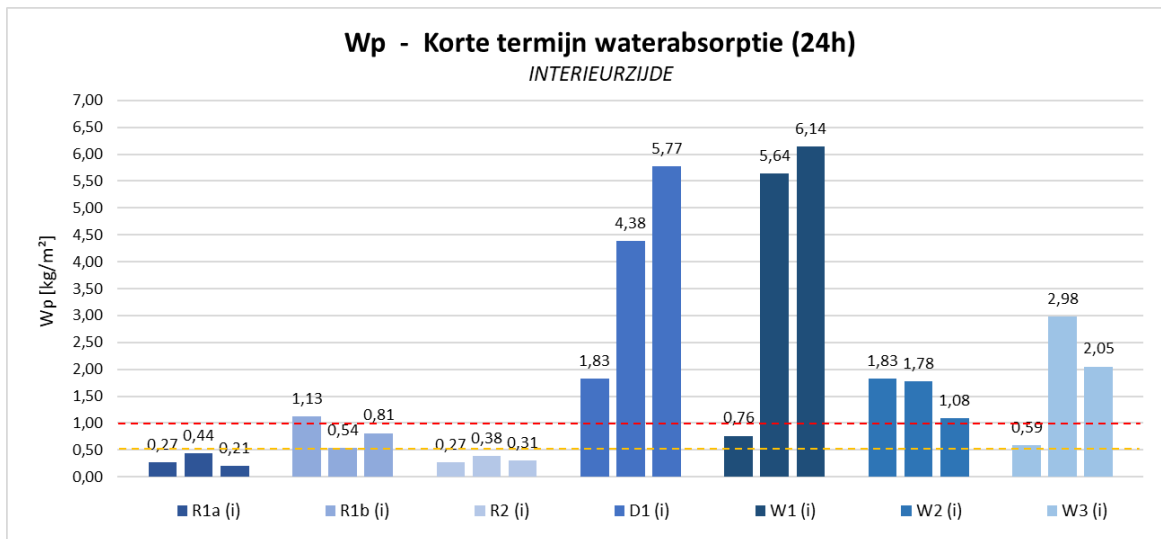
2.3.3.1 Degradatie korte termijn waterabsorptie vs. leeftijd

Een cruciale vraag die rijst na het testen van de waterafstotendheid van deze rotswolisolatie, is of er sprake is van degradatie. Aan de hand van een spreidingsdiagram wordt de degradatie van de waterabsorptiecoëfficiënt uitgezet in functie van de leeftijd van de isolatie (grafiek 4). Op die manier kan er nagegaan worden als de waterafstotendheid bij rotswolisolatie afneemt doorheen de tijd. De productnormnorm beschrijft een maximumwaarde van 1,0 kg/m^2 voor de waterabsorptiecoëfficiënt van minerale wol isolatie. Aangezien de verzamelde rotswolisolatie minstens deze waarde had toen ze vroeger nieuw geproduceerd werd, wordt ze als referentie gebruikt om de degradatie te berekenen. Hierbij worden de resultaten van de waterabsorptietest dus telkens verminderd met 1,0 kg/m^2 . Indien de waarde voor de degradatie negatief is, wordt ze ingesteld als 0.

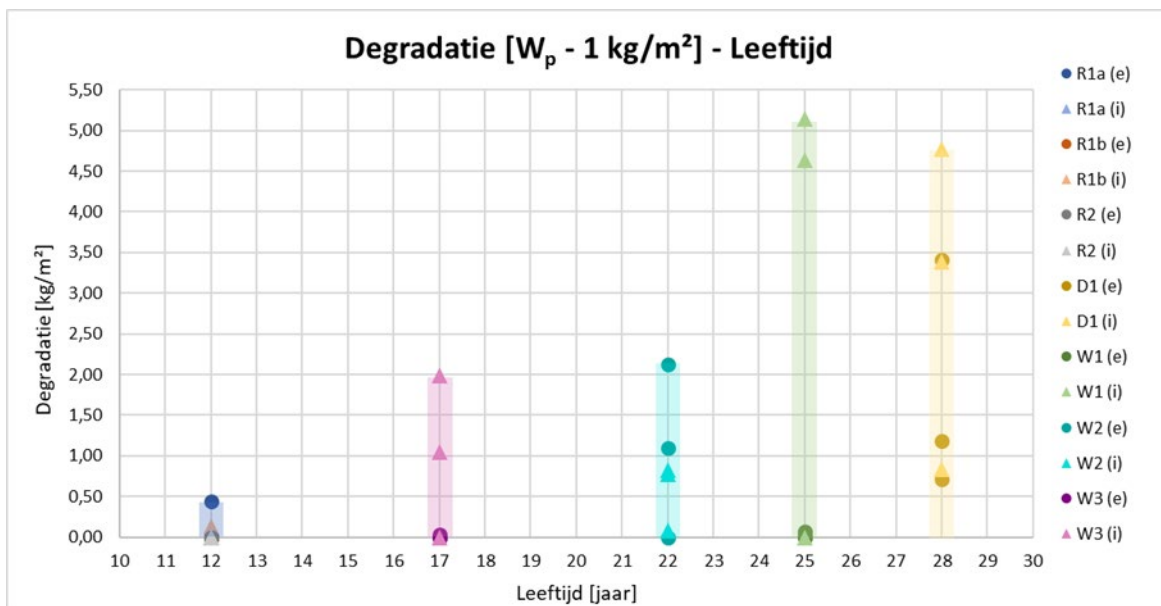
De spreidingsgrafiek geeft een duidelijk beeld van stijgende waarden van de waterabsorptie naarmate de isolatie ouder wordt. Dit bevestigt nogmaals het verlies van de waterafstotendheid bij rotswolisolatie naarmate deze ouder wordt in de opbouw van een plat dak. Daarenboven is er ook een verschil tussen de testmonsters afkomstig uit een dakopbouw met een betonnen dakvloer (R1a, R1b en R2) en deze met een steeledek ondergrond (D1, W1, W2 en W3). Hoewel er een groot verschil is in leeftijd tussen deze twee groepen, scoort de groep met de steeledek ondergrond toch beduidend slechter dan deze met betonnen dakvloer.



Grafiek 2: Resultaten van de korte termijn waterabsorptietest aan de exteriorzijde



Grafiek 3: Resultaten van de korte termijn waterabsorptietest aan de interieurzijde



Grafiek 4: Korte termijn waterabsorptie uitgezet ten opzichte van de leeftijd van de isolatie

2.3.3.2 Exterieurzijde vs. interieurzijde

Deze testen werden uitgevoerd aan beide zijden van de isolatieplaat. Daarom is het relevant om de resultaten van de korte termijn waterabsorptie van de exteriorzijde te vergelijken met deze van de interieurzijde. In grafiek 5 wordt een spreidingsdiagram weergegeven waarin de exteriorzijde uitgezet wordt ten opzichte van de interieurzijde. De punten die zich in de groene zone bevinden behalen de norm van $1,0 \text{ kg/m}^2$ aan beide zijden, deze in de gele zones enkel aan één zijde en deze in de rode zone aan geen enkele zijde. Hieruit blijkt dat 33% niet voldoet aan beide zijden, 29% enkel aan één zijde en 38% wel voldoet aan beide zijden. De resultaten in de rode en gele zones zijn nagenoeg allemaal afkomstig uit de groep met rotswolisolatie bevestigd op een steeldeck ondergrond. Aan de hand van de getekende bissectrice ($y = x$) kan ook opgemerkt worden dat er veel verschil is tussen de waarden voor de waterabsorptiecoëfficiënt langs beide zijden. Hierbij scoort de interieurzijde duidelijk veel slechter dan de exteriorzijde, vooral bij de rotswolisolatie bevestigd op een steeldeck ondergrond.

2.3.3.3 Variatie exteriorzijde en interieurzijde

Over het algemeen werd er direct veel variatie vastgesteld tussen de uitgekomen waarden van deze korte termijn waterabsorptietesten. Daarom is het relevant om deze variatie uit te zetten in twee staafdiagrammen, één voor de exteriorzijde (grafiek 6) en één voor de interieurzijde (grafiek 7). In deze balken geven de 3 horizontale lijnen de waarden aan voor de 3 uitgekomen waarden van de waterabsorptietest. Het kruis in het midden van elke balk geeft het gemiddelde aan. Uit deze twee grafieken kan er afgeleid worden dat de variatie bij de rotswolisolatie bevestigd op een steeldeck ondergrond (blauw) veel groter is dan deze op een betonnen dakvloer (grijs). Specifieker nog is er meer variatie te zien bij de resultaten van de testen op de interieurzijde. In volgend onderdeel wordt er gezocht naar een oorzaak voor deze variatie.

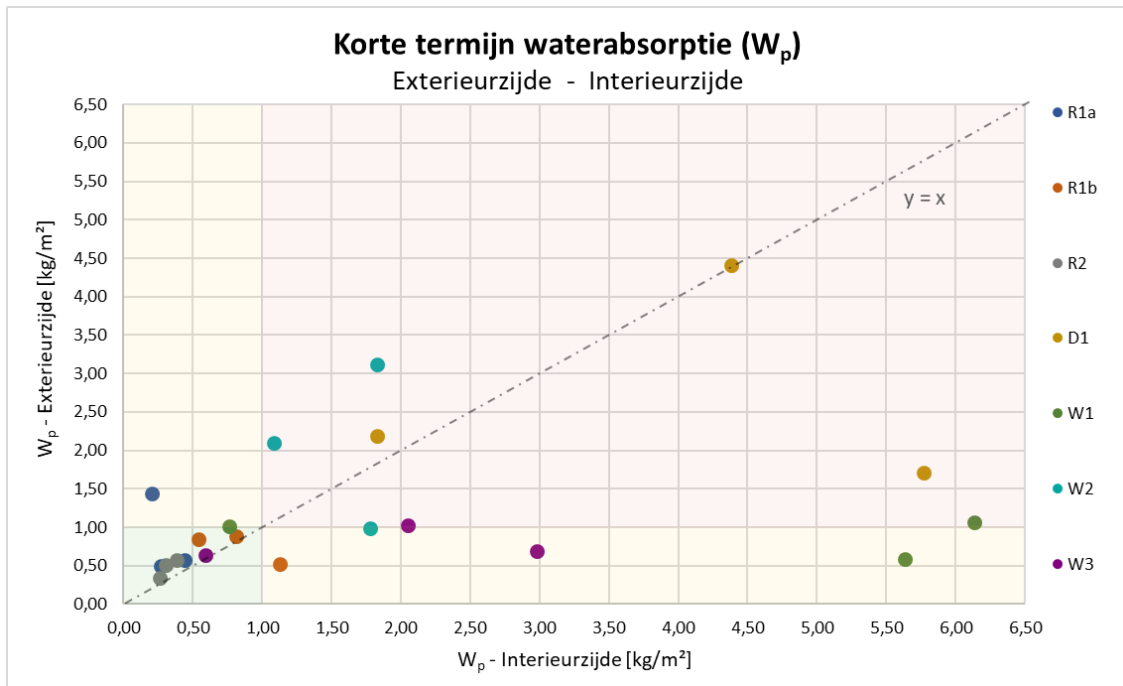
2.3.4 Vaststellingen en hypothesen

Zoals hierboven vermeld is veel variatie in de resultaten van deze waterabsorptieproef op korte termijn. Enerzijds is er een duidelijk verschil in resultaten door de leeftijd van de isolatie. De stalen afgenomen uit het ziekenhuis in Roeselare zijn een pak jonger, wat een reden kan zijn waardoor de prestaties mogelijks minder degradatie en variatie vertonen. Anderzijds is er ook veel variatie zichtbaar naargelang de opbouw waaruit de rotswolisolatie kwam, specifiek nog de structurele ondergrond waarop de isolatie bevestigd werd.

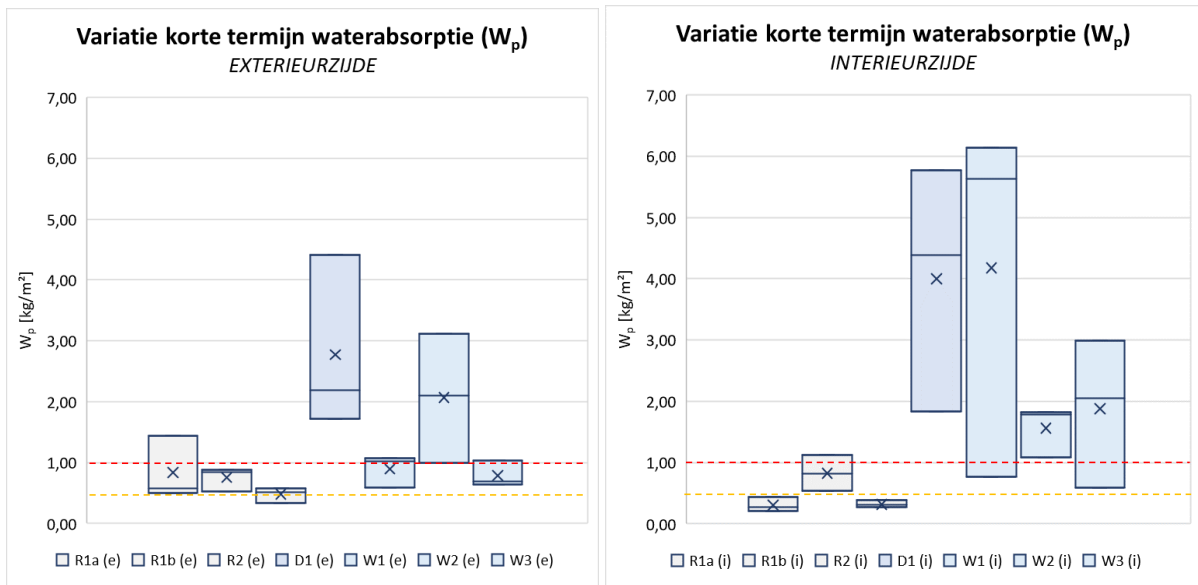
Na het uitvoeren van deze korte termijn waterabsorptietest werden de testmonsters te drogen gelegd. Bij de testmonsters uit een van de daken in Waregem viel na enkele minuten drogen opeens op dat er patronen zichtbaar werden bij de testmonsters die getest werden langs de interieurzijde (zie afb. 63,64 en 65). Deze patronen kunnen verwijzen naar het patroon dat de steeldeck ondergrond achtergelaten heeft aan de interieurzijde van de isolatie. Een hypothese kan dus zijn dat de grote variatie bij de interieurzijde van de mechanisch bevestigde rotswolisolatie te danken is aan de steeldeck ondergrond waarop het bevestigd werd.

2.4 Waterabsorptie patronen bij mechanisch bevestigde rotswol isolatie op een steeldeck ondergrond

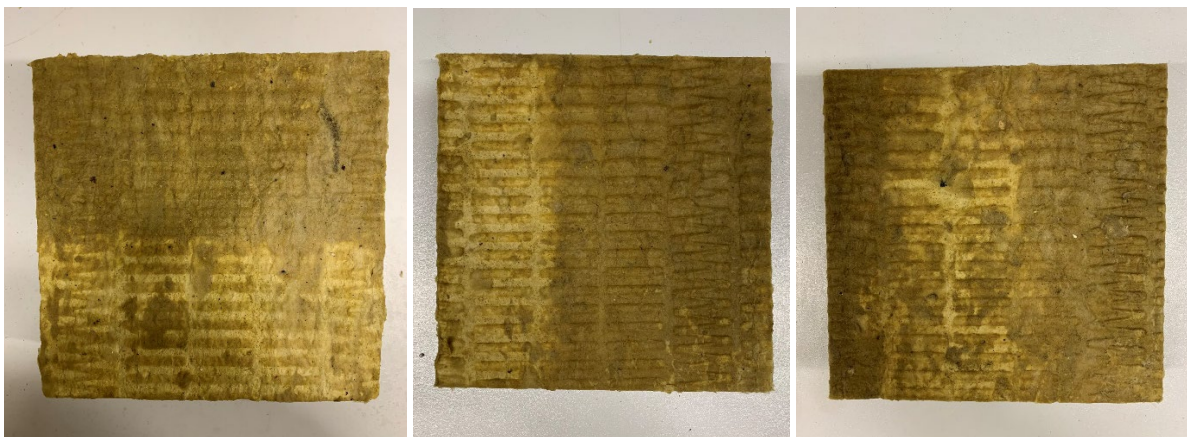
Voor er een algemene conclusie getrokken wordt omtrent de korte termijn waterabsorptie van oude rotswolisolatie wordt er in dit onderdeel dieper in gegaan op de zichtbare patronen bij de rotswol uit de mechanisch bevestigde daken op een steeldeck ondergrond. Om bovenstaande hypothese te bevestigen worden extra testen uitgevoerd op de interieurzijde van de rotswolisolatie uit de daken met een steeldeck ondergrond, namelijk uit Deerlijk (D1) en Waregem (W1, W2 en W3). Deze testen werden zelf uitgevoerd in het laboratorium van het Technicumgebouw (T4) in Gent.



Grafiek 5: Korte termijn waterabsorptie van de exteriorzijde tegenover de interieurzijde



Grafiek 6 en 7: Variatie in resultaten van de exteriorzijde (links) en interieurzijde (rechts)



Afb. 63, 64 & 65: Patronen zichtbaar na de waterabsorptieproef op de interieurzijde van verschillende testmonsters

2.4.1 Testmethode

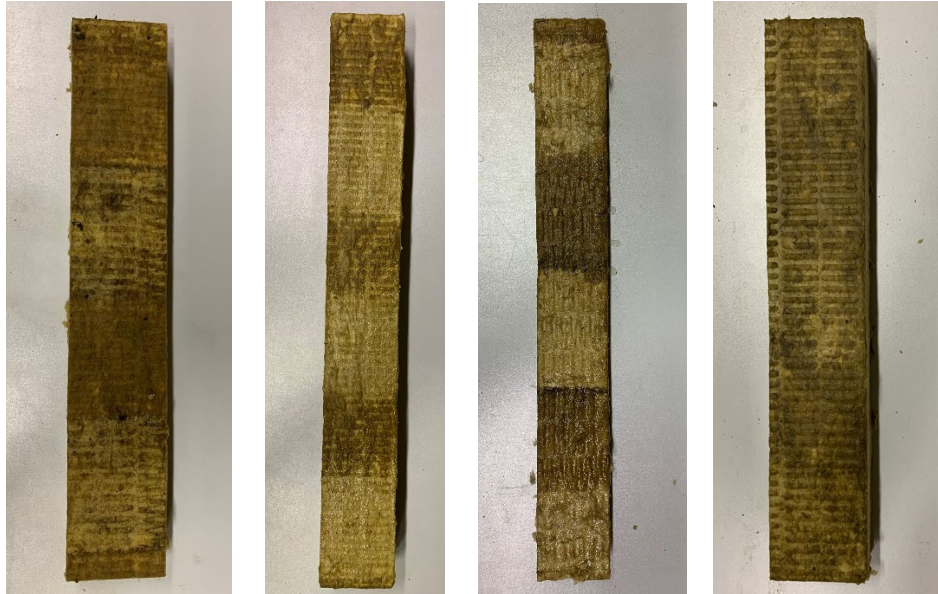
Eerst en vooral werd op zoek gegaan naar de draagrichting van de steeldeck profilering. Hiervoor werden twee aangrenzende stroken van minstens 10cm uit een rotswolisolatieplaat gesneden. Door de interieurzijde van één van deze twee stroken enkele minuten onder te dompelen in water, werd het patroon van deze steeldeck profilering zichtbaar (afb. 66, 67, 68 en 69). Vervolgens werd de andere aangrenzende strook er terug naast gelegd zodat dit patroon hierop kon aangeduid worden (afb. 70). Aan de hand van de locaties van de mechanische bevestigingen konden de zones die aan de lucht en aan de steeldeck blootgesteld werden onderscheiden worden van elkaar. Aangezien de zichtbare stroken niet breder dan 20cm zijn, konden geen testmonsters volgens de norm (20cm x 20cm) uitgesneden worden. Daarom werden er per strook isolatie 4 testmonsters van 10cm op 10cm uitgesneden (afb. 71). Twee hiervan kwamen in contact met de steeldeck ondergrond en werden gekenmerkt met een 'S'. De andere twee werden gekenmerkt met een 'L' aangezien deze in contact stonden met lucht tussen de steeldeck profileringen. Vervolgens werd de waterabsorptietest uitgevoerd (afb. 72) zoals beschreven in 2.3.1.2 en de waterabsorptiecoëfficiënt berekend zoals in 2.3.1.3.

2.4.2 Resultaten

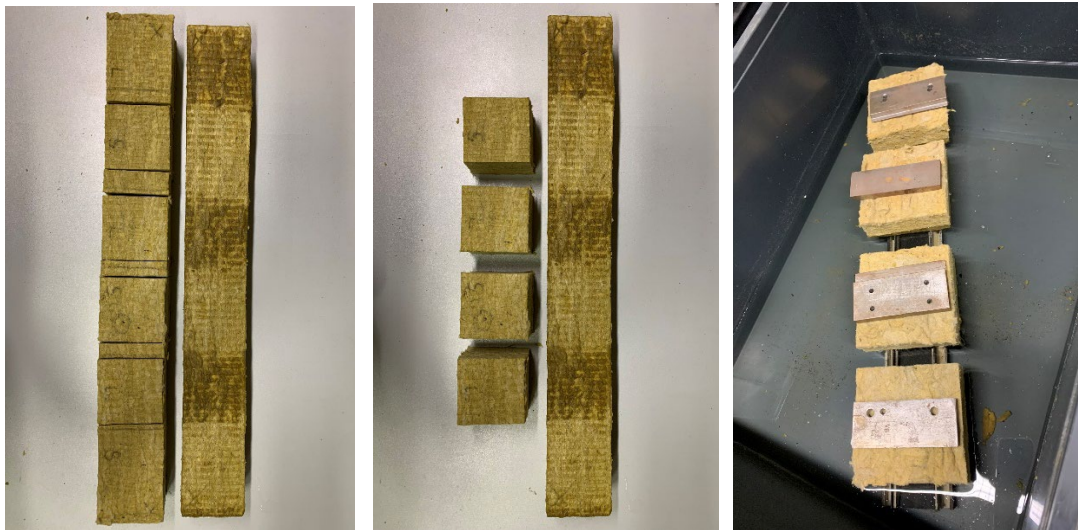
De resultaten van deze extra uitgevoerde testen spreken voor zich (grafiek 8 en bijlage R). De waarden voor de waterabsorptiecoëfficiënt zijn beduidend veel hoger bij de zones die in contact kwamen met lucht tussen de steeldeck profilering dan de zones die op het steeldeck profiel lagen. Het gemiddelde van de waterabsorptiecoëfficiënt van de testmonsters blootgesteld aan lucht bedraagt 7,61 kg/m². Het gemiddelde van de testmonsters die op de steeldeck lagen bedraagt 1,65 kg/m².

2.4.3 Conclusie

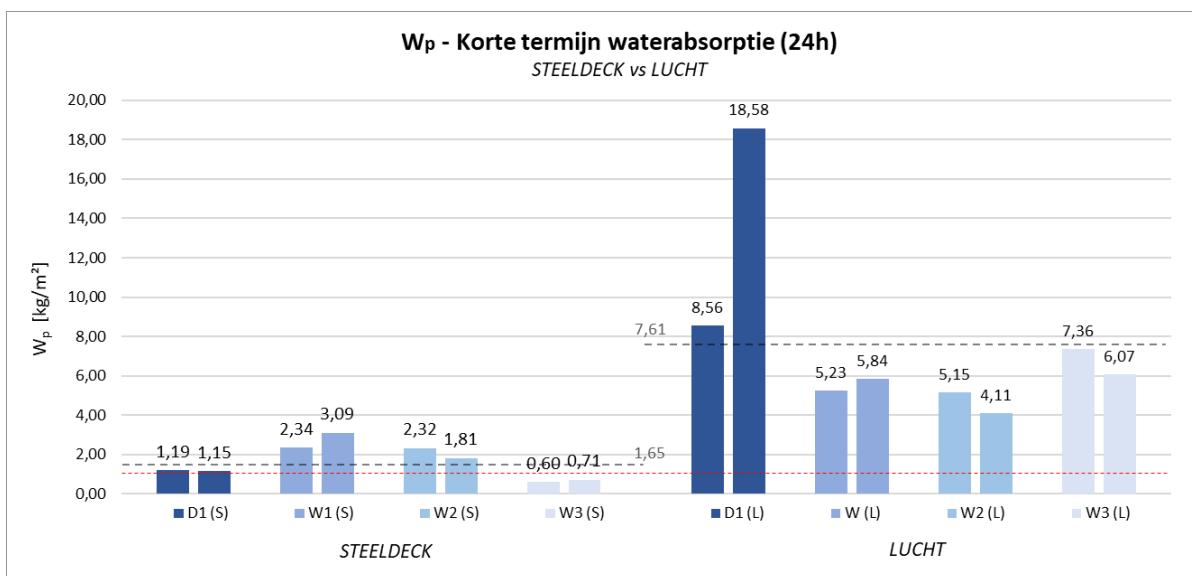
Alles samengevat vertoont de waterabsorptieproef op korte termijn aanzienlijke variatie in resultaten. Deze variatie kan worden toegeschreven aan verschillende factoren. Allereerst is er een opmerkelijk verschil tussen isolatiestalen van verschillende leeftijden, waarbij de waterafstotendheid degradeert naarmate de minerale wol isolatie ouder wordt. Bovendien is er ook veel verschil waarneembaar tussen de waterabsorptie van de interieurzijde en de exterieurzijde. Zo blijkt de opbouw van de rotswolisolatie en de specifieke structuur van de ondergrond waarop de isolatie is bevestigd ook een bepalende factor is. Dit onderzoek toont namelijk aan dat rotswolisolatie bevestigd op een steeldeck ondergrond een opmerkelijk degradatiepatroon vertoont op vlak van waterabsorptie. De zones waar de isolatie aan lucht blootgesteld werd tussen de steeldeck profilering scoorden namelijk 4,5 keer slechter op vlak van waterabsorptie dan de zones die op de steeldeck profilering lagen. De afwezigheid van een dampscherm of de bewerkingslagen tegen corrosie van de steeldeck kunnen hier hypothetisch mogelijke oorzaken van zijn. De exacte reden waarom het hydrofoob gedrag van minerale wol isolatie afneemt naarmate deze ouder wordt of in een andere dakopbouw geplaatst wordt is dan ook specifiek onderzoek die buiten deze scriptie valt. Tijdens het productieproces van rotswolisolatie wordt er een bepaalde minerale olie toegevoegd aan de rotswolvezels die voor een waterafstotende laag moet zorgen. Welke stof dit exact is en hoeveel hiervan toegevoegd wordt mag niet vrijgegeven worden voor publicatie. Als rotswol platen niet afgedekt worden met een folie en heel lang onbeschermd in de buitenlucht staan, kan de olie onder invloed van zonlicht degraderen, of door langdurige inwerking van regenwater uitgewassen worden. Daarom worden platen die lang op het terrein staan met een folie afgedekt en volledig doorgemeten op hun prestaties. Indien prestaties niet goed zijn worden ze vernietigd (J.Reneerkens, persoonlijke communicatie, 4 mei 2023). De hogere waterabsorptie bij oude rotswolisolatie is dus duidelijk een eigenschap die in het achterhoofd moet gehouden, zeker als het gaat om het hergebruiken van deze isolatie. Hierbij moet telkens afgewogen worden als het vocht in de omgeving van de hergebruikte isolatie voor ernstige problemen zal zorgen of niet.



Afb. 66, 67, 68 & 69: Patroon van de steeldeckprofilering zichtbaar na stroken isolatie in het water onder te dompelen.



Afb. 70, 71, 72: Aanduiding van het patroon (links), uitsnijden van testmonsters (midden) en waterabsorptietest (rechts).



Grafiek 8: Korte termijn waterabsorptie van de interieurzijde aan de zone op steeldeck en aan lucht

2.5 Lange-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_{lp}) : EN 12087

In de productnorm voor minerale wol isolatie (NBN EN 13162 + A1, 2015) wordt niet alleen de waterabsorptie op korte termijn opgenomen, maar ook deze op lange termijn. Met het oog op een potentieel kader voor het hergebruiken van oude minerale wol isolatie wordt er in dit onderdeel onderzocht als een korte termijn test een voldoende referentie is voor de waterafstotendheid in vergelijking met de waterabsorptietest op lange termijn. Op die manier zouden er enkel korte termijn testen moeten gebeuren bij potentieel herbruikbare minerale wol isolatie. Deze testen werden zelf uitgevoerd in het laboratorium van het Technicumgebouw (T4) in Gent.

2.5.1 Testmethode

De testmethode voor deze proef wordt beschreven in de norm (NBN EN 12087, 2013). Deze is identiek aan de korte termijn test (zie 2.3.1), alleen duurt deze test 28 dagen en is het daarom belangrijk om het waterpeil van 10mm zo constant mogelijk te houden gedurende deze periode. Per case werden er telkens twee testmonsters beproeft, één aan de interieurzijde en één aan de exterieurzijde.

2.5.2 Resultaten

De resultaten van de waterabsorptietesten op lange termijn worden weergegeven in grafiek 9 en per casestudie in bijlage S . De rode lijn dient als referentie naar de maximumwaarde van $3,0 \text{ kg/m}^2$ die de productnorm oplegt voor minerale wol isolatie (NBN EN 13162 + A1, 2015).

2.5.3 Analyse resultaten

2.5.3.1 Degradatie lange termijn waterabsorptie vs. leeftijd

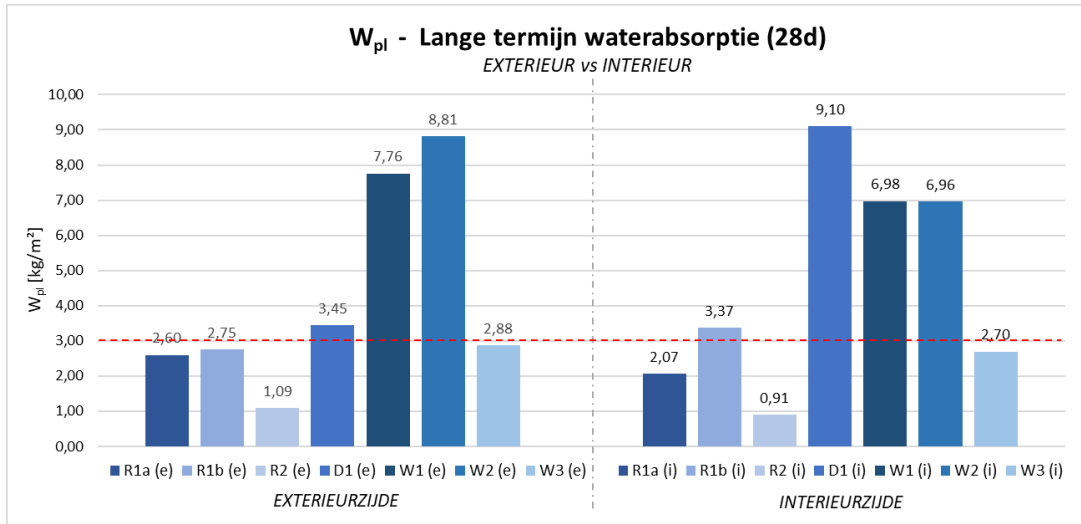
Net zoals bij de korte termijn test wordt de degradatie van de lange termijn waterabsorptie uitgezet in functie van de leeftijd van de isolatie (grafiek 10). De degradatie wordt hier opnieuw berekend door elk resultaat te verminderen met de grenswaarde die de productnorm voorschrijft: $3,0 \text{ kg/m}^2$. Ondanks er maar twee waarden zijn per case, kan er opnieuw een stijging van de waterabsorptie waargenomen worden naarmate de isolatie ouder wordt. De degradatie van de waterabsorptie van oude rotswolisolatie is dus zichtbaar op korte en lange termijn.

2.5.3.2 Korte vs. lange termijn waterabsorptie

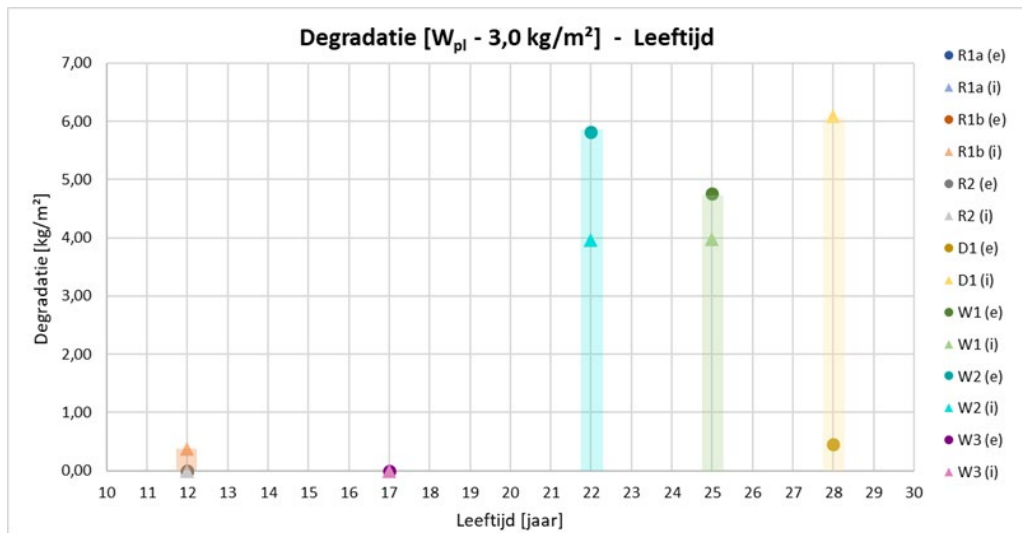
De waterabsorptie op lange termijn kan tot slot vergeleken worden met de waterabsorptie op korte termijn van de testmonsters afkomstig uit dezelfde isolatieplaat. Deze twee waarden worden vervolgens uitgezet tegenover elkaar in een spreidingsdiagram (grafiek 11). Buiten enkele uitschieters kan een stijgende regressielijn worden waargenomen in de grafiek, wat erop wijst dat er een verband is tussen beide. Als de waterabsorptie op korte termijn hoog is voor een rotswolisolatieplaat, dan zal deze logischerwijs ook hoog zijn op lange termijn. Van deze resultaten bevindt 43% zich in de rode zone, wat betekent dat ze voor beide eigenschappen buiten de limiet vallen die de productnorm voorschrijft. Deze komen nagenoeg allemaal uit een dak met steeldeck ondergrond.

2.5.4 Conclusie

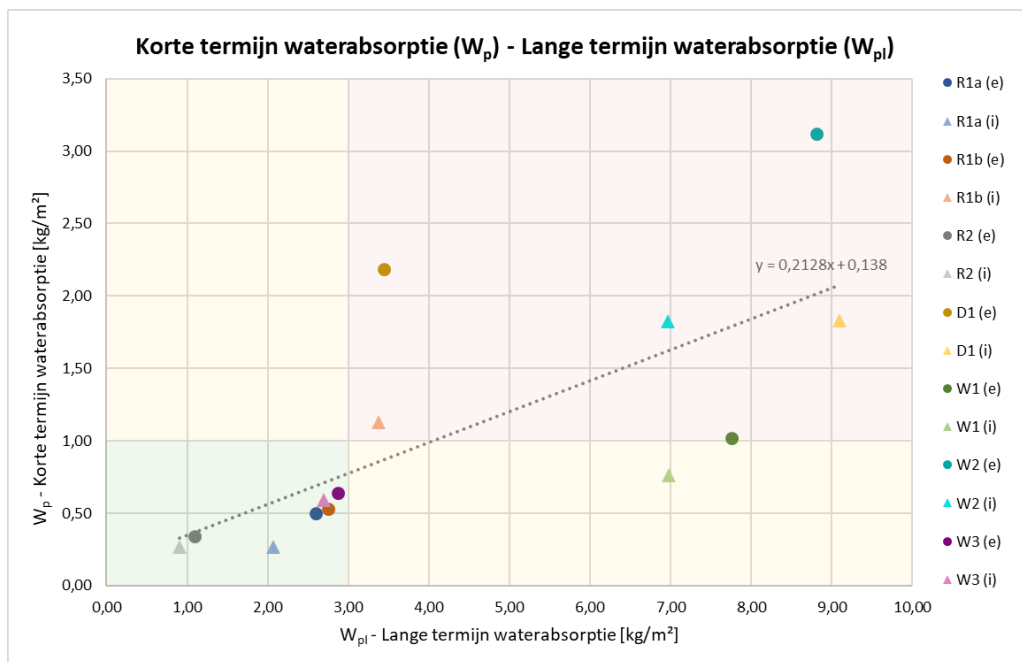
Kortom kan er geconcludeerd worden dat er bij de waterabsorptie op lange termijn dezelfde degradatiefenomenen waarneembaar zijn als bij deze op korte termijn. Er kan dus gesteld worden dat de korte termijn test een even goede inschatting weergeeft van de waterafstotendheid als de lange termijn test. Op die manier zou potentieel herbruikbare rotswolisolatie enkel een korte termijn test moeten ondergaan indien de prestaties op vlak van waterabsorptie van belang zijn in de herbestemming van deze gerecupereerde rotswolisolatie.



Grafiek 9: Resultaten van de lange termijn waterabsorptietest



Grafiek 10: Lange termijn waterabsorptie ten opzichte van de leeftijd van de isolatie



Grafiek 11: Korte termijn waterabsorptie tov. de lange termijn waterabsorptie

2.6 Drukspanning bij 10% vervorming of druksterkte: EN ISO 29469

Een belangrijke eis voor een plat dak is de betrouwbaarheid voor eventueel onderhoud of zelfs langdurige belastingen. Om aan deze eis te voldoen moet minerale wol isolatie in platte daken aan bepaalde mechanische prestaties voldoen. Een eerste belangrijke mechanische prestatie die beschreven wordt in de productnorm voor minerale wol isolatie (NBN EN 13162 + A1, 2015) is de drukspanning bij 10% vervorming. In deze productnorm wordt nog verwezen naar de oude testnorm voor het testen van het gedrag bij samendrukking (NBN EN 826, 2013), maar sinds kort werd deze ingetrokken en vervangen door een nieuwe ISO-norm (NBN EN ISO 29469, 2022) die hier zal gevolgd worden. In totaal werden 42 druktesten uitgevoerd, voor elk van de 7 casestudies telkens 3 testen op de exterieurzijde en 3 op de interieurzijde. De testen voor dit onderzoek werden uitgevoerd in het laboratorium van het Textiel-, Wetenschap en Ingenieurscentrum (UGent - CTSE) onder begeleiding van laboverantwoordelijke Sofie Moorkens en laborante Katrien Ver Eecke.

2.6.1 Testmethode

2.6.1.1 Voorbereiding

Allereerst werden de testmonsters uitgesneden uit de verzamelde rotswolplaten met behulp van een mes. Volgens de norm mag er gekozen worden tussen een aantal afmetingen voor de testmonsters van deze proef. Omwille de beperkte hoeveelheid verzameld testmateriaal werd gekozen voor afmetingen van 20cm op 20cm. Bovendien komen deze afmetingen ook overeen met deze van de waterabsorptietesten, wat handig kan zijn om deze gedroogde testmonsters te gebruiken als reserve. Na het uitsnijden wordt er telkens duidelijk aangeduid met een "X" op welke zijde er druk moet uitgeoefend worden (afb 73). Vervolgens worden de testmonsters een dag op voorhand naar het labo gebracht om te klimatiseren. De norm omschrijft een omgeving met $50 \pm$ relatieve vochtigheid en een temperatuur van $23 \pm 2^\circ\text{C}$. In dit laboratorium heerst een klimaat met 65 ± 4 % relatieve vochtigheid en een temperatuur van $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Het labo beschikt over een trek- en druktest machine (afb 74) waarbij er twee meetcellen beschikbaar waren om druk uit te voeren, één van 2kN en één van 50kN. Beide meetcellen zijn gekalibreerd met een nauwkeurigheid van $\pm 1\%$. Om de druk gelijkmatig over het testmonster te verdelen werden twee aluminium platen gemaakt in het atelier van het Technicumgebouw (T4) in Gent (afb 75). Ten slotte moesten nog alle specifieke voorinstellingen geprogrammeerd worden in de software van de druktest machine. Hierbij was het belangrijk om het eindpunt van de proef goed in te schatten. De meetcel van 2kN komt overeen met 50kPa en aangezien er voor sommige testmonsters een hogere drukspanning dan 50kPa verwacht wordt, werd de meetcel van 50 kN gebruikt voor de druktesten.

2.6.1.2 Testprocedure

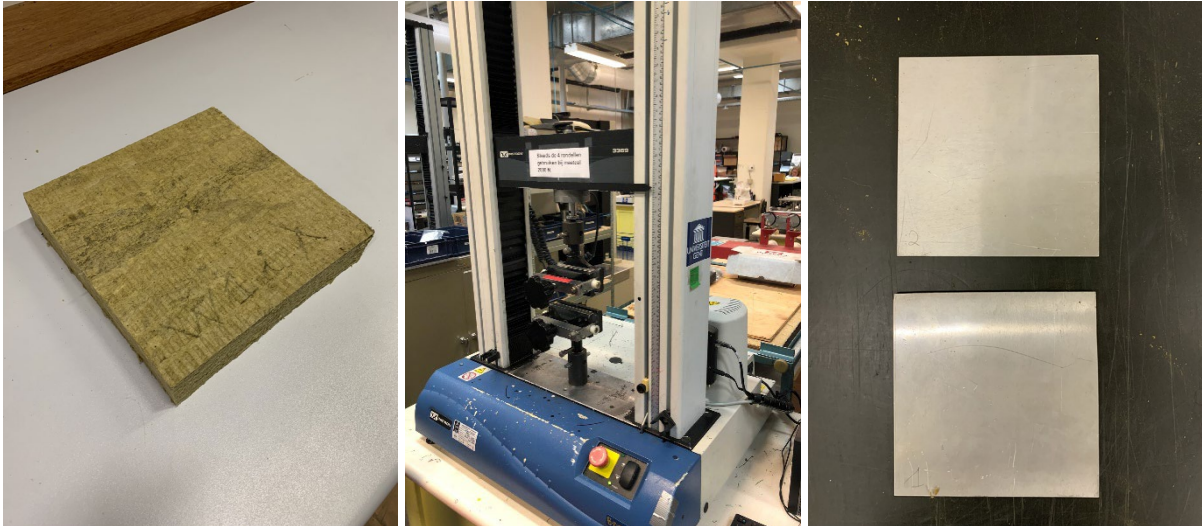
STAP 1: Plaats het testmonster centraal tussen de twee platen van de druktest machine (afb. 76).

STAP 2: Volgens de norm moet een voorspanning aangebracht worden van 250 ± 10 Pa. Aangezien de drukplaat al een druk uitoefent van 266 Pa en de druktestmachine minstens 1 N moet aanbrengen alvorens de meting kan beginnen, wordt er met een totale voorspanning gewerkt van ± 290 Pa.

STAP 3: Eens de voorspanning bereikt is start de meting en wordt het testmonster samengedrukt met de beweegbare plaat aan een constante snelheid van verplaatsing, die gelijk is aan $0,1 * d$ per minuut. Hierbij is d de dikte van het testmonster, uitgedrukt in mm (afb. 77). Aangezien de drukspanning bij 10% vervorming moest gemeten worden duurde elke proef exact één minuut.

STAP 4: Blijf doorgaan met samendrukken totdat een vervorming van 10% is bereikt, wat een drukvastheid bij 10% vervorming oplevert, of totdat het monster eerder bezwijkt, wat een maximale druksterkte oplevert. Voor rotswolisolatie wordt er geen bezwijken verwacht vooraleer de 10% vervorming is opgetreden, daarom wordt de proef pas stopgezet na 12% om zeker alles te registreren.

STAP 5: Registreer de kracht-verplaatsingscurve (afb. 78).



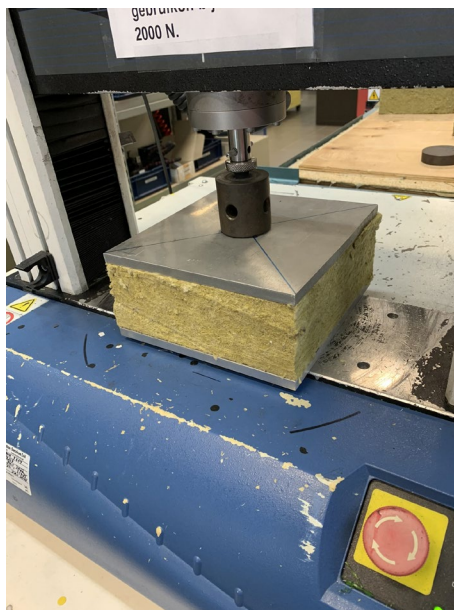
Afb. 73 (links): Uitgesneden testmonster met aanduiding van de zijde waarop druk moet uitgeoefend worden

Afb. 74 (midden): Trek- en druktest machine in het labo

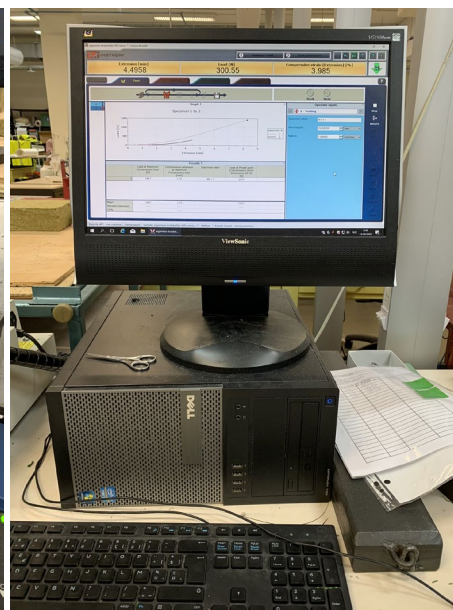
Afb. 75 (rechts): Twee aluminium drukplaten van 20cm op 20cm



Afb. 76: Testmonster tussen de twee drukplaten geplaatst



Afb. 77 (links): Druk wordt uitgeoefend op het testmonster door de druktest machine



Afb. 78 (rechts): Kracht-verplaatsingscurve wordt geregistreerd op de computer

2.6.1.3 Berekening testresultaten

Allereerst wordt de vervorming (ε) berekend aan de hand van formule (1). Vervolgens kan de drukspanning bij 10% vervorming (σ_{10}) berekend worden aan de hand van formule (2).

$$(1) \varepsilon = \frac{\Delta d}{d_0} \qquad (2) \sigma_{10} = 10^3 \frac{F_{10}}{A_0}$$

Waarbij,

ε = de vervorming, in procent (%)

Δd = het dikteverschil, ofwel de indrukking die de kracht veroorzaakt, in millimeter (mm)

d_0 = de originele dikte alvorens er vervorming optreedt, in millimeter (mm)

σ_{10} = de drukspanning bij 10% vervorming, in kilo Pascal (kPa)

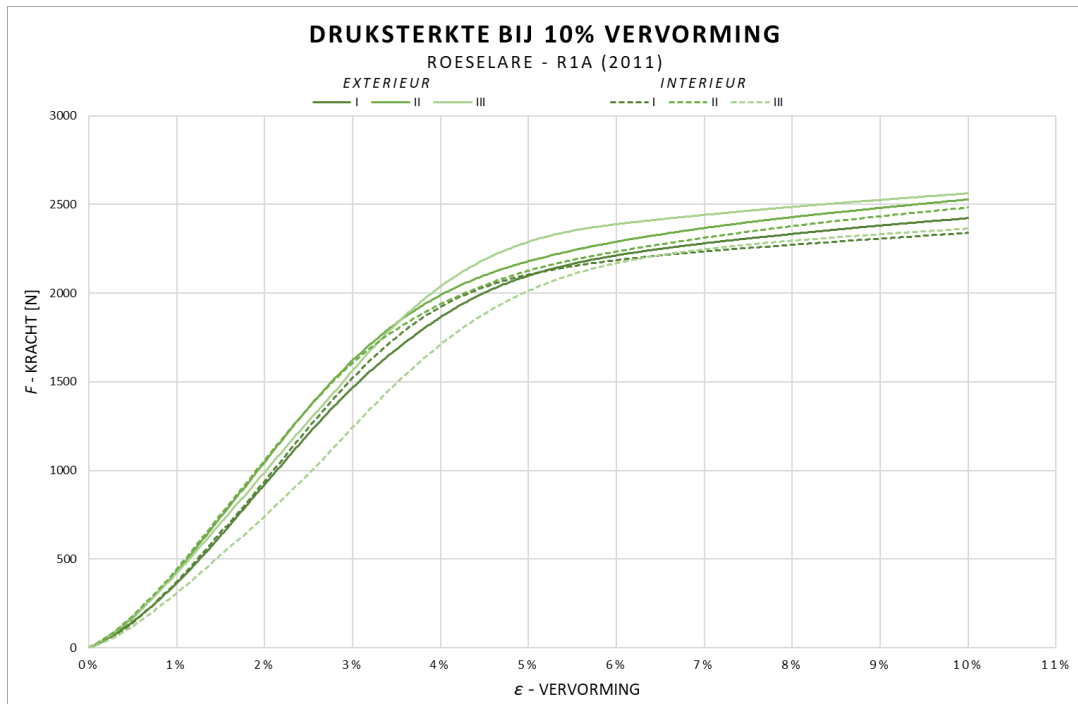
F_{10} = de kracht die overeenkomt met een vervorming van 10%, in Newton (N)

A_0 = de initiële oppervlakte van het testmonster, in vierkante meter (m²)

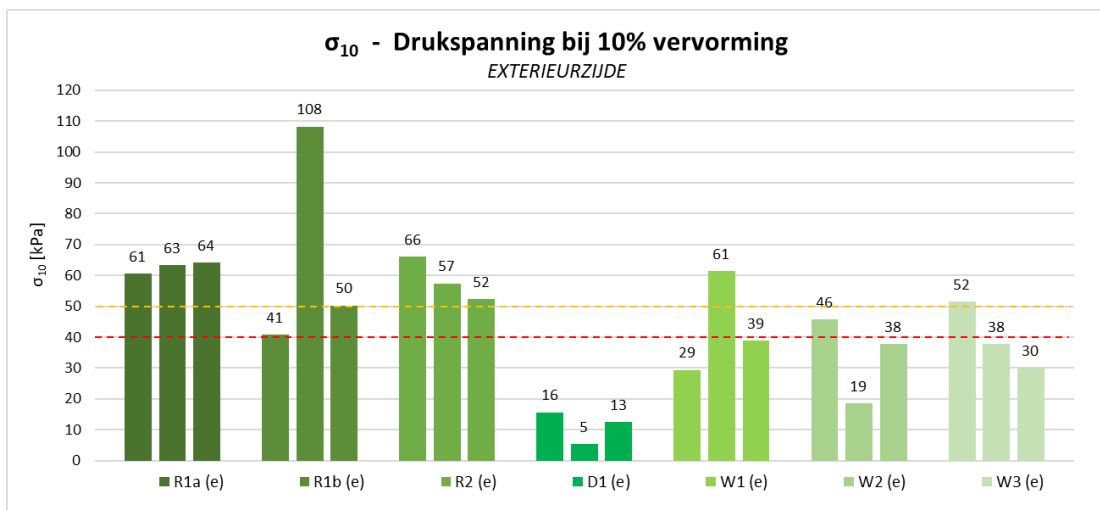
2.6.2 Resultaten

Na het uitvoeren van de druktesten werd alle geregistreerde data verwerkt en omgezet in grafieken per casestudie. Allereerst wordt de kracht (F) weergegeven in functie van de vervorming (ε) zoals in grafiek 12 gedaan wordt voor casestudie R1a. Alle andere kracht-vervormingscurves kunnen teruggevonden worden in bijlage T. Om de leesbaarheid en interpretatie van de grafieken te verhogen werd ervoor gekozen om de vervorming (ε) uit te zetten op de x-as in plaats van de verplaatsing (Δd). Kracht-verplaatsingscurves zouden namelijk minder eenvoudig kunnen vergeleken worden met elkaar aangezien de diktes van de testmonsters niet voor elke casestudie gelijk zijn.

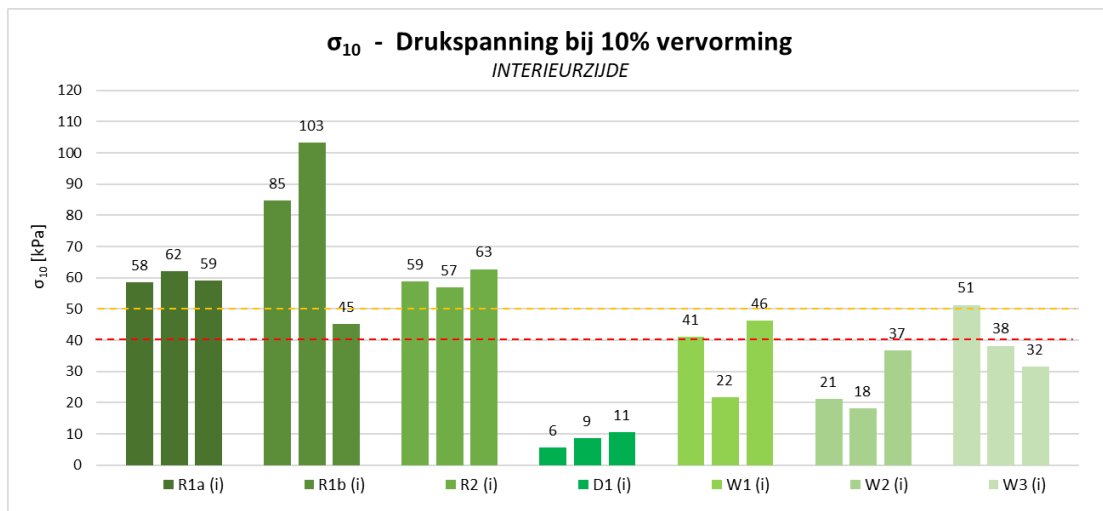
Vervolgens kunnen alle waarden voor de drukspanning bij 10% vervorming (σ_{10}) naast elkaar gelegd worden in een staafdiagram voor de testen op de exterieurzijde (grafiek 13) en de interieurzijde (grafiek 14). In bijlage U kunnen de resultaten per cese bekeken worden. Om na te gaan als de verzamelde rotswolisolatie nu slechtere mechanische prestaties levert, worden de minimumwaarden opgezocht in oude technische documentatie. De BUtgb-classificatie schrijft enkele waarden voor de samendrukbaarheid voor verschillende isolatiematerialen op basis van de toegankelijkheid van het dak. Voor minerale wol in platte daken die enkel toegankelijk zijn voor voetgangers voor het onderhoud van het dak (P2) wordt er een minimum opgelegd van 40 kPa voor de drukspanning bij 10% vervorming (Technische Voorlichting nr. 280, 2022, p.71). Deze grenswaarde wordt in de staafdiagrammen aangeduid met een rode stippellijn. Er kan vervolgens ook specifieker op zoek gegaan worden naar minimumcriteria die de fabrikant vroeger oplegde in oude technische goedkeuringen of productbladen. Deze oude technische goedkeuringen die dateren van in 2003 geven voor zowel het type ROCKWOOL Rhinox als Taurox een minimum drukspanning van 50kPa aan (bijlage O). Deze grenswaarde kan dus als referentiewaarde dienen voor de rotswolisolatie verzameld uit Roeselare en Waregem en wordt aangeduid met een gele stippellijn op de grafieken. Voor de casestudie uit Deerlijk, die rotswol bevat van in 1995, was het moeilijk om documentatie terug te vinden die de prestaties van deze oude rotswolisolatie beschrijft. Ondanks het type rotswolisolatie niet gekend is bij deze casestudie werd er toch een oude technische goedkeuring teruggevonden uit 1994 (bijlage O). In deze oude ATG werd een minimumwaarde teruggevonden van 66kPa, maar aangezien deze getest is volgens een andere norm (CEN/TC 88 438) wordt er geen rekening gehouden met deze grenswaarde. Bovendien is er geen zekerheid dat deze technische goedkeuring betrekking heeft op de verzamelde rotswolisolatie uit Deerlijk. Deze isolatieplaten hebben volgens deze oude ATG een minimale dikte van 50 mm, terwijl de isolatiestalen een dikte van 40 mm hebben. Daarom wordt er als referentiewaarde de 40 kPa gebruikt die de BUtgb voorschrijft.



Grafiek 12: Kracht – vervormingscurves voor de casestudie R1a in Roeselare.



Grafiek 13: Alle resultaten voor de drukspanning bij 10% vervorming getest aan de exteriorzijde.



Grafiek 14: Alle resultaten voor de drukspanning bij 10% vervorming getest aan de interiorzijde.

2.6.3 Analyse resultaten

2.6.3.1 Degradatie drukspanning bij 10% vervorming vs. leeftijd

Om na te gaan als deze mechanische prestatie afneemt bij verouderde rotswolisolatie, wordt de degradatie uitgezet in functie van de leeftijd (grafiek 15). De degradatie wordt bepaald door het verschil te nemen van de grenswaarde van 40kPa en de bekomen waarde van de drukspanning bij 10%. Indien dit verschil negatief is wordt een waarde van 0 weergegeven op de grafiek. Het spreidingsdiagram geeft aan dat er degradatie waarneembaar is naargelang de isolatie ouder wordt. De casestudies waar de isolatie mechanisch bevestigd werd op een steeldeck ondergrond vertonen een daling van maximum 35 kPa tegenover de grenswaarde. Bij de casestudie in Waregem zijn er per dak telkens een 4-tal van de 6 resultaten lager dan de minimumwaarde. Bij de casestudie in Deerlijk zijn deze alle 6 lager. De reden waarom de rotswolisolatie uit Waregem zo slecht scoort ligt waarschijnlijk aan de langdurige belasting ten gevolge van de aanwezige zonnepanelen op deze daken. Niet alleen het gewicht ervan, maar ook de windbelasting die deze zonnepanelen opnemen kunnen voor continue druk- of trekspanning gezorgd hebben op de aanwezige rotswolisolatie. De lage waarden bij de casestudie in Deerlijk kunnen worden toegeschreven aan de ouderdom van de isolatie. Dit komt niet alleen door relaxatie van het materiaal, maar ook door de oude productietechnologie van deze rotswolisolatie.

2.6.3.2 Verschil exterieur - interieur

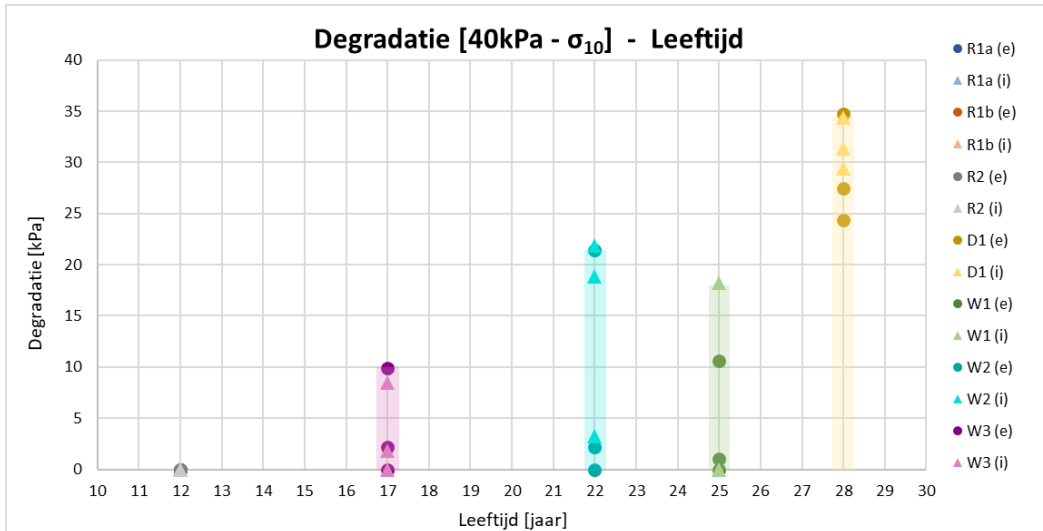
Om in te schatten als er een verschil is tussen de drukspanning bij 10% vervorming getest op de exterieur en de interieurzijde, worden deze resultaten in functie van elkaar uitgezet in grafiek 16. Door vervolgens ook de bissectrice ($y = x$) te tekenen kon er gekeken worden als beide waarden van deze proef enig verband vertoonden met elkaar. Buiten enkele uitschieters is duidelijk te zien dat de punten van deze spreidingsgrafiek rond deze rechte liggen. Dit toont aan dat de drukspanning bij 10% vervorming getest op de exterieurzijde recht evenredig is met deze aan de interieurzijde en dat de mechanische prestatie aan beide kanten vaak dezelfde is. De rode zone op de grafiek geeft het opgelegde minimum weer van de BUtgb voor beide zijden. Hieruit blijkt dus dat 7 van de 21 waarden, ofwel 33% niet voldoen aan de grenswaarde langs beide zijden van de isolatieplaat.

2.6.3.3 Drukspanning bij 10% vervorming vs. Densiteit

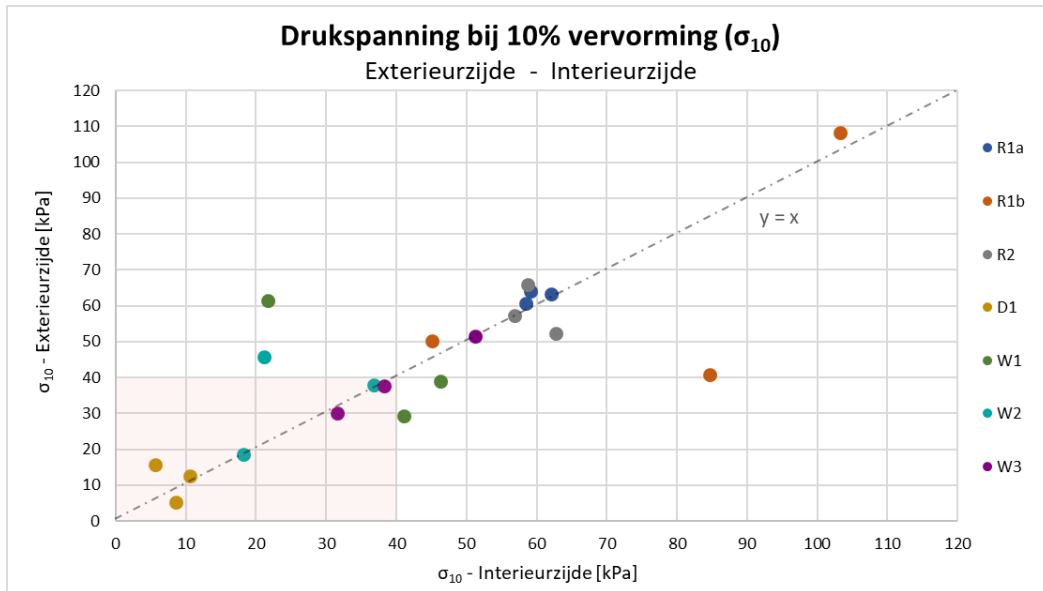
Tot slot werd elk resultaat van de druktest uitgezet in functie van bijhorende densiteit van elk testmonster (grafiek 17). Om een verband te zien tussen deze twee eigenschappen werd telkens een lineaire trendlijn gegenereerd op basis van de 3 resultaten per geteste zijde van elke case. Hieruit kan geconcludeerd worden dat deze 3 punten telkens weinig van de trendlijn afwijken en er recht evenredig verband bestaat. Hoe hoger de densiteit van rotswolisolatie, hoe hoger de drukspanning bij 10% vervorming. Het feit dat de samendrukbaarheid afhankelijk is van de volumemassa wordt ook bevestigd in de technische voorlichting voor platte daken (Technische Voorlichting nr. 280, 2022, p.75). Aan de hand van de rode zone kan gezien worden hoe de testmonsters met een lage densiteit niet voldoen aan de grenswaarde van 40kPa. Er liggen 18 van de 42 waarden (43%) onder het minimum.

2.6.4 Conclusie

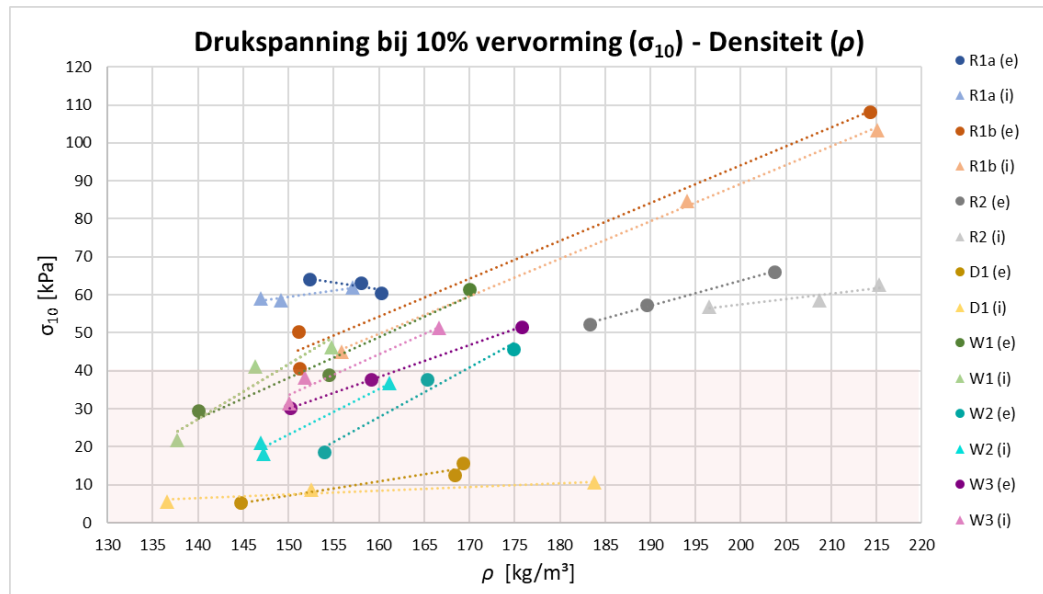
Algemeen kan er geconcludeerd worden dat de samendrukbaarheid van oude rotswolisolatie uit platte daken afhankelijk is van verschillende factoren. Eerst en vooral de leeftijd en dan vooral de belastingen die de isolatie heeft opgenomen doorheen zijn levensduur. Aangezien rotswolplaten bevestigd op een steeldeck onderlaag gedeeltelijk in overspanning liggen door de profilering, speelt het soort dakvloer ook een rol. Een laatste factor is de densiteit, de samendrukbaarheid stijgt namelijk naarmate densiteit van de isolatie stijgt. Tot slot bewijst dit onderzoek ook dat de samendrukbaarheid getest op beide zijden van de isolatieplaat nagenoeg dezelfde is. Denkend aan het hergebruiken van rotswolisolatie uit platte daken is het dus theoretisch mogelijk om een rotswolplaat omgekeerd in een nieuwe opbouw te plaatsen zonder een verlies in mechanische prestatie.



Grafiek 15: Degradatie (40kPa - σ_{10}) in functie van de leeftijd van de isolatie



Grafiek 16: Drukspanning bij 10% vervorming getest op de exteriorzijde in functie van de testen op de interieurzijde



Grafiek 17: Drukspanning bij 10% vervorming in functie van de densiteit

2.7 Puntbelasting bij 5mm indrukking: EN 12430

Een andere mechanische prestatie die beschreven staat in de productnorm en belangrijk is bij isolatie in platte daken is de puntbelasting bij 5mm indrukking, ook wel de ponsweerstand genoemd. In dit onderdeel worden opnieuw druktesten uitgevoerd op de verzamelde rotswolisolatie volgens de norm (NBN EN 12430, 2013). Deze keer zal de belasting worden uitgeoefend in de vorm van een puntlast tot er 5mm indrukking wordt geregistreerd. Net als de druktesten in vorige onderdeel werden in totaal 42 druktesten uitgevoerd, namelijk voor elk van de 7 casestudies telkens 3 testen op de exterieurzijde en 3 op de interieurzijde. De testen voor dit onderzoek werden ook hier uitgevoerd in het laboratorium van het Textiel-, Wetenschap en Ingenieurscentrum (UGent - CTSE) onder begeleiding van laboverantwoordelijke Sofie Moorkens en laborante Katrien Ver Eecke.

2.7.1 Testmethode

2.7.1.1 Voorbereiding

Volgens de norm moeten de testmonsters voor deze proef uitgesneden worden met afmetingen van 30cm op 30cm. De voornaamste reden waarom de norm deze afmetingen oplegt is omdat er een invloed kan zijn van de afwerkingslaag (glasvlies, bitumen, wegbrandfolie,...) die aangebracht is op de rotswolisolatie. Aangezien de toplaag van de verzamelde stalen telkens werd verwijderd wordt er hier dus geen grote invloed van verwacht. De afmetingen voorgeschreven in de norm werden gerespecteerd voor één van de drie testmonsters omwille van de beperkte hoeveelheid verzameld testmateriaal. Voor de overige testmonsters werd er gekozen om de gedroogde stalen van de waterabsorptietesten te gebruiken met afmetingen 20cm op 20cm. Vervolgens werd de testzijde van elk testmonster gekenmerkt met een cirkel die in het midden wordt uitgetekend (afb. 79). Hierna werden de testmonsters een dag op voorhand naar het labo gebracht om te klimatiseren op 65 ± 4 % relatieve vochtigheid en een temperatuur van 20 ± 2 °C.

Voor het uitvoeren van de drukproeven werd de meetcel van 2kN gebruikt, aangezien er geen hogere ponsweerstand dan dit verwacht werd. Vervolgens werd een specifieke stalen cilinder aan de druktest machine gekleefd. In de norm staat namelijk geschreven dat deze proef moet uitgevoerd worden met een cilinder met diameter 79,8mm en een afrondingsstraal van 0,5mm. Omdat deze afmetingen zo specifiek zijn werd deze cilinder op maat gemaakt in het atelier van het Technicumgebouw (T4) in Gent (afb. 80). Tot slot werden nog alle voorinstellingen geprogrammeerd in de software van de druktest machine alvorens de druktesten van start konden gaan.

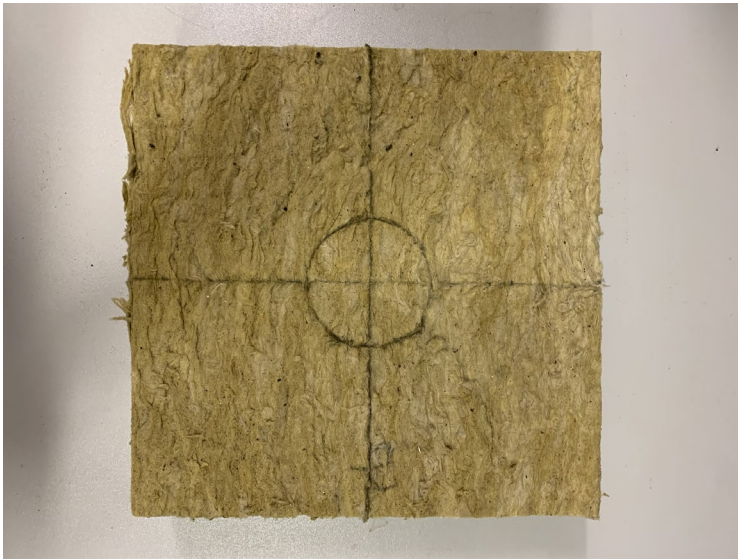
2.7.1.2 Testprocedure

STAP 1: Plaats het testmonster in de druktest machine op de onderplaat zodat de stalen cilinder zich centraal boven het testmonster bevindt (afb. 81).

STAP 2: Breng een voorbelasting aan met een kracht van $2,5 \pm 0,25$ N, overeenkomend met een druk van 500 ± 50 Pa (afb. 82). Vanaf dit punt bereikt wordt begint het opmeten van de indrukking te lopen.

STAP 3: Druk de stalen cilinder door op het testmonster aan een constante snelheid van 50 ± 5 mm/min en neem hierbij de kracht-verplaatsing curve op (in stappen van 50N).

STAP 4: Blijf doorgaan met samendrukken en indien de stalen cilinder een indrukking van 5mm veroorzaakt laat de test nog iets langer doorlopen zodat dit punt zeker geregistreerd wordt. Hierna kan de test gestopt worden en de kracht van de puntbelasting, F_p , vastgelegd worden. Verdere berekeningen zijn hierbij niet nodig.



Afb. 79 (links): Testmonster waarop de cirkel voor de puntlast werd uitgetekend

Afb. 80 (rechts): Stalen cilinder met diameter 79,8mm gemaakt voor het aanbrengen van de correcte puntbelasting



Afb. 81 (links): Druktestmachine met stalen cilinder vlak boven het testmonster



Afb. 82 (rechts): Stalen cilinder oefent een kracht uit op het testmonster

2.7.2 Resultaten

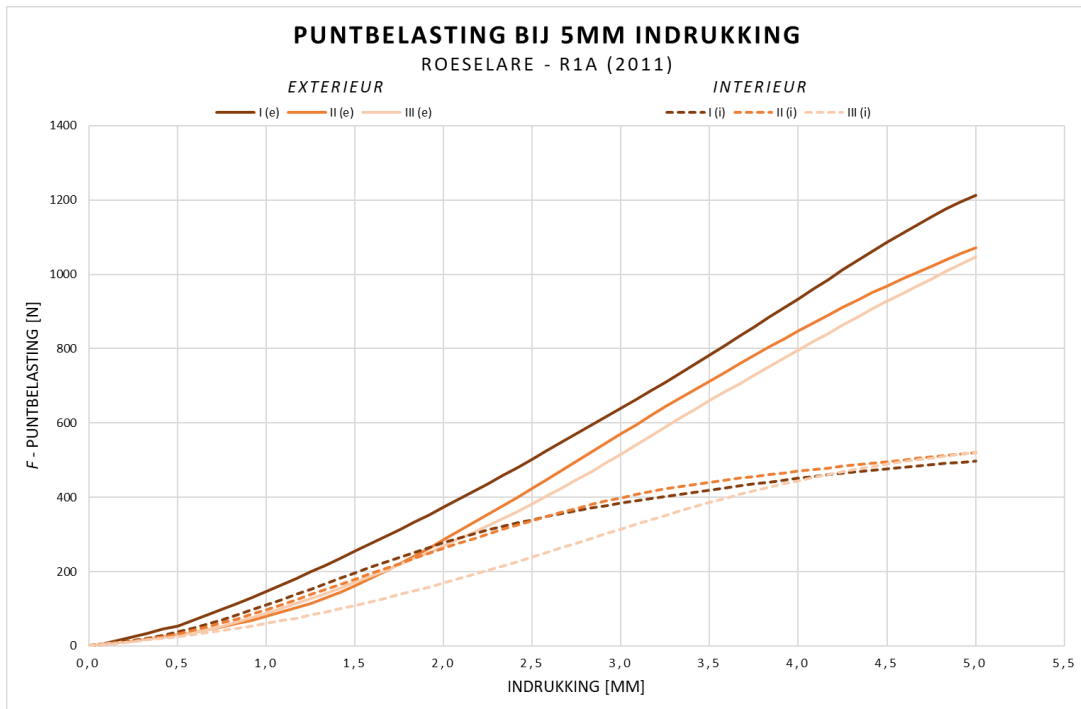
Nadat alle geregistreerde data van de uitgevoerde testen opnieuw werden verwerkt, konden opnieuw de kracht-verplaatsingscurves uitgezet worden. Grafiek 18 geeft de curves weer dan de 6 uitgevoerde testen op de testmonsters van de stalen uit R1a. Alle andere kracht-ervormingscurves kunnen teruggevonden worden in bijlage V. In deze grafieken werd dus de uitgevoerde puntbelasting uitgezet in functie van de verplaatsing, ofwel de indrukking. Het verloop van deze curves wordt onderbroken bij een indrukking van 5 mm zodat de ponsweerstand kan afgelezen worden.

Vervolgens werden alle resultaten voor de ponsweerstand samengevoegd in twee staafdiagrammen. De ene staafdiagram geeft de ponsweerstand weer getest langs de exterieurzijde van de testmonsters (grafiek 19) en de andere staafdiagram geeft de ponsweerstand weer van de testmonsters getest langs de interieurzijde (grafiek 20). Om op een correcte manier analyses uit te voeren op deze resultaten moet er op zoek gegaan worden naar referentiewaarden voor de ponsweerstand in oude technische goedkeuringen of productbladen. Tabel 22 geeft een overzicht van de gevonden grenswaarden gevonden in technische goedkeuringen die ongeveer dateren van het jaar van elke case (bijlage W). De ponsweerstand die de rotswolisolatie zou moeten hebben volgens de criteria van de fabrikant is afhankelijk van het type rotswolisolatie. Aangezien er veel verschil zit op deze waarden wordt er in dit onderdeel geen algemene referentiewaarde gebruikt bij het vergelijken van de resultaten. Deze grenswaarden worden op beide staafdiagrammen aangeduid met een gele stippellijn.

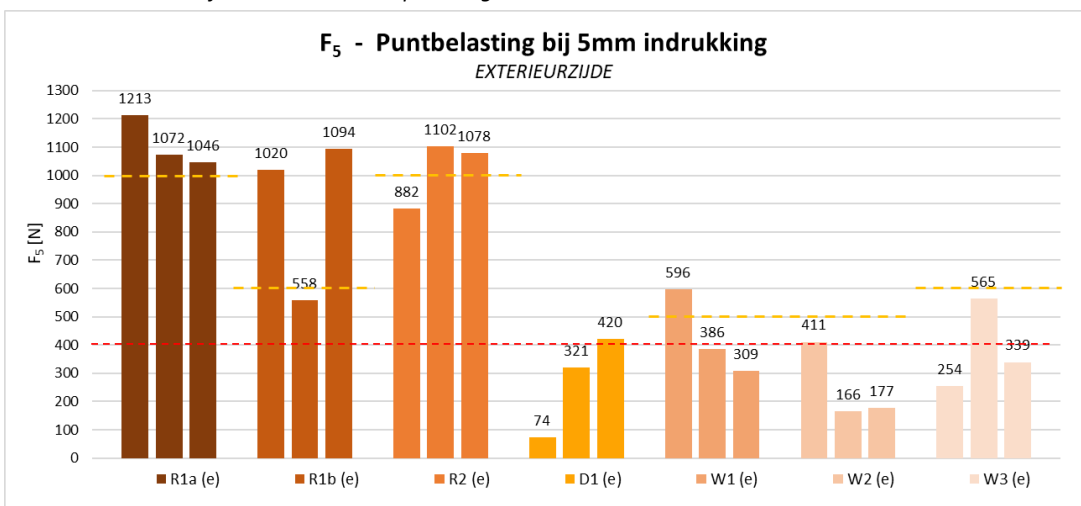
De verzamelde stalen rotswolisolatie uit R1a en R2 zijn van het type Rhinox en zouden een ponsweerstand van minimum 1000N moeten kunnen weerstaan. Voor de rotswolisolatie uit R1b en W3 wordt er rekening gehouden met een minimumwaarde van 600N, aangezien het hier gaat om het type Taurox DUO met een. De resultaten van de verzamelde stalen uit W1 en W2 worden dan vergeleken met een ponsweerstand van 500N. In deze twee cases werden rotswolplaten gebruikt met een mono densiteit van het type Taurox. Tenslotte is er nog de casestudie uit Deerlijk (D1) waarbij er geen exacte referentie werd gevonden. Daarom werd hier met de grenswaarde vergeleken die opgelegd is door de BUtgb (Technische Voorlichting nr. 280, 2022, p.71). In oude technische fiches werd deze waarde vastgelegd op 100N, maar de minimumnorm vandaag voor platte daken is strenger en ligt op 400N. Denkend aan het potentieel hergebruiken van dit isolatiemateriaal worden de resultaten dus telkens vergeleken met een ponsweerstand van 400N.

Case	Type isolatie	Jaar	ATG	BUtgb	Fabrikant
<i>R1a</i>	Rhinox Afschot	2011	ATG 11/2601	400 N	1000 N
<i>R1b</i>	Taurox DUO NP	2011	ATG 11/2413	400 N	600 N
<i>R2</i>	Rhinox	2011	ATG 11/2601	400 N	1000 N
<i>D1</i>	-	1995	ATG 94/1685	400 N	-
<i>W1</i>	Taurox NP Bitufilm	1998	ATG H3 577-2	400 N	500N
<i>W2</i>	Taurox NP Bitufilm	2001	ATG H3 577-2	400 N	500N
<i>W3</i>	Taurox DUO NP Bitufilm	2006	ATG 04/2413	400 N	600N

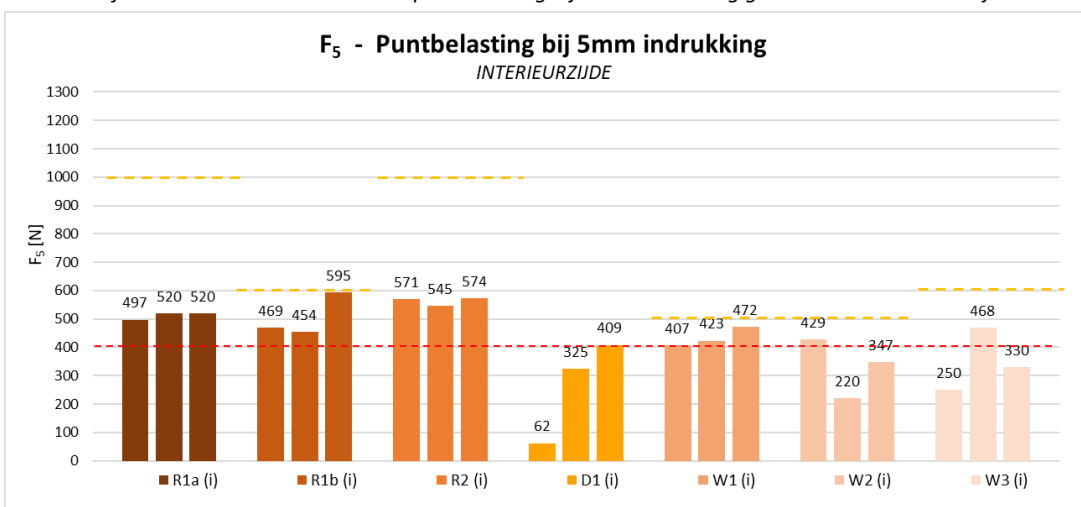
Tabel 22: Overzicht van de minimumwaarden voor de ponsweerstand per case, afkomstig uit oude technische goedkeuringen.



Grafiek 18: Kracht – verplaatsingscurves voor de casestudie R1a in Roeselare.



Grafiek 19: Alle resultaten voor de puntpbelasting bij 5mm indrukking getest aan de exteriorzijde.



Grafiek 20: Alle resultaten voor de puntpbelasting bij 5mm indrukking getest aan de interiorzijde.

2.7.3 Analyse resultaten

2.7.3.1 Degradatie puntbelasting bij 5mm indrukking vs. Leeftijd

Om na te gaan als er degradatie optreedt bij de ponsweerstand worden de resultaten vergeleken met de opgegeven minimumwaarde en uitgezet in functie van de leeftijd van de isolatie (grafiek 21). Hierbij werd telkens het verschil genomen tussen de grenswaarde en de bekomen ponsweerstand. Indien dit verschil negatief blijkt te zijn en dus hoger ligt dan de minimumwaarde, dan wordt een waarde van 0 ingegeven. Op de grafiek is zichtbaar dat er bij de rotswolisolatie uit alle casestudies degradatie optreedt. Desondanks moet hier wel bij vermeld worden dat de hoge waarden voor de casestudies uit Roeselare allemaal resultaten zijn van de testen op de interieurzijde. Aangezien deze rotswolplaten over een extra harde toplaag beschikken is er een groot verschil tussen de ponsweerstand van de exterieur- en interieurzijde. De minimumgrens is uiteraard gebaseerd op testen langs de exterieurzijde van deze isolatieproducten waardoor het logisch is dat de ponsweerstand getest op de interieurzijde veel lager ligt en er op die manier 'degradatie' optreedt.

2.7.3.2 Verschil exterieur - interieur

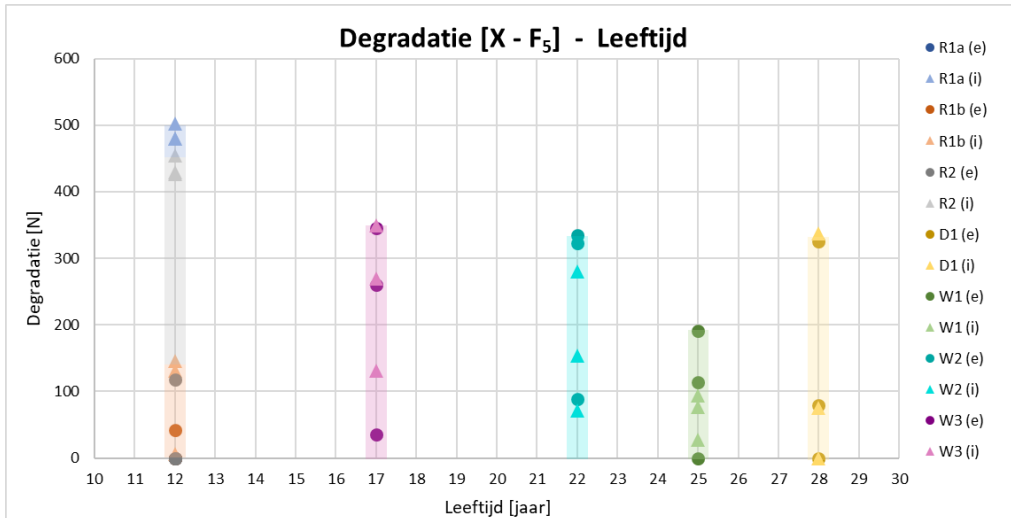
Om het verschil weer te geven tussen de ponsweerstand getest op beide zijden van de isolatieplaten worden beide waarden in functie van elkaar weergegeven (grafiek 22). Hierbij wordt opnieuw een bissectrice ($y = x$) getekend om te kijken als de ponsweerstand langs beide zijden recht evenredig zijn met elkaar en dus ook gelijk. Bij de resultaten van de casestudies uit Waregem en Deerlijk liggen de punten ongeveer rond deze rechte. Dit kan verklaard worden doordat deze isolatieplaten uit één of maximum twee densiteiten bestaat zonder een verharde toplaag. De hoge waarden bij de testmonsters uit Roeselare zijn zoals eerder vermeld vooral te wijten aan de extra harde toplaag langs de exterieurzijde. Bovendien geeft de rode zone op de grafiek het opgelegde minimum weer van de BUtgb voor beide zijden, namelijk 400 N. Hieruit blijkt dus dat 6 van de 21 waarden, ofwel 29% binnen deze rode zone liggen en dus niet voldoen aan de grenswaarde langs beide zijden van de isolatieplaat.

2.7.3.3 Puntbelasting bij 5mm indrukking vs. Densiteit

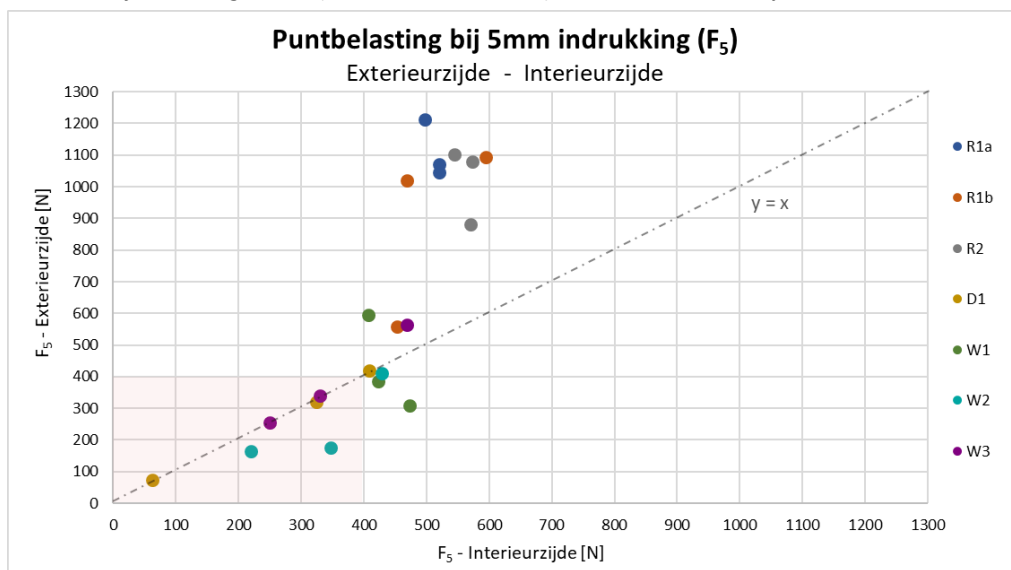
Tot slot wordt nog het verband met de densiteit geanalyseerd. Aan de hand van een spreidingsdiagram wordt de ponsweerstand weergegeven in functie van de densiteit van de rotswolisolatie (grafiek 23). Hieruit kan opnieuw afgeleid worden dat er een groot verschil is tussen de ponsweerstand van de exterieurzijde van de stalen uit Roeselare en de rest van de resultaten. Vervolgens kan ook een stijgende trend waargenomen in deze grafiek aan de hand van de gegenereerde regressielijn. Een hogere densiteit van het testmonster resulteert in een hogere ponsweerstand tot aan 600 N. Tenslotte kan met behulp van de rode zone berekend worden hoeveel procent er van alle resultaten niet aan de minimumcriteria van de BUtgb voldoen. 14 van de 42, ofwel 33% voldoet niet aan deze minimumwaarde voor de ponsweerstand.

2.7.4 Conclusie

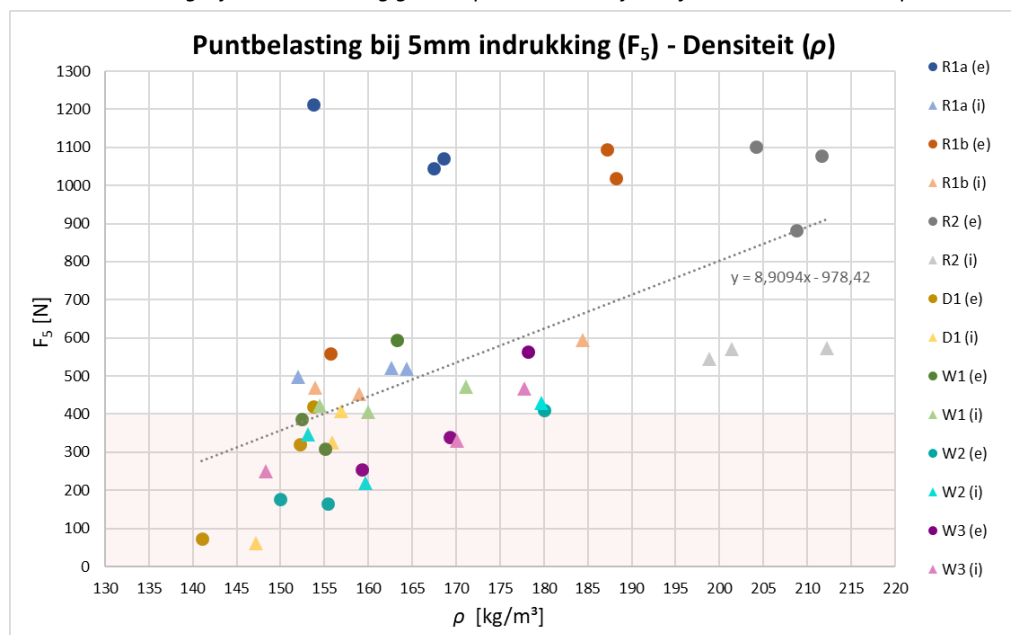
Uit deze bevindingen kan allereerst geconcludeerd worden dat deze mechanische prestatie vooral afhankelijk is van het type rotswolisolatie. Specifieker nog van de gelaagdheid en de verschillende densiteiten die verwerkt zijn in die lagen en dan vooral de toplaag. Voor de rest kan er besloten worden dat er toch een afname van deze prestatie zichtbaar is bij alle cases als er vergeleken wordt met de criteria van de fabrikant. Indien de ponsweerstand dus een belangrijk aspect zou zijn in een nieuwe toepassing voor deze potentieel herbruikbare isolatieplaten, dan zal er zowel rekening moeten gehouden worden met het type rotswolisolatie als met de algemene degradatie langs beide zijden van de isolatieplaat.



Grafiek 21: Degradering (minimumwaarde – F₅) in functie van de leeftijd van de isolatie



Grafiek 22: Puntbelasting bij 5mm indrukking getest op de exteriorzijde in functie van de testen op de interieurzijde



Grafiek 23: Puntbelasting bij 5mm indrukking in functie van de densiteit

2.8 Thermische weerstand en warmtegeleiding: EN 12667 + EN 12939

Minerale wol wordt gekenmerkt voor een goede thermische stabiliteit (Technische Voorlichting nr. 280, 2022, p.75). Om de herbruikbaarheid van de verzamelde rotswolisolatie in te kunnen schatten konden testen op de thermische prestaties ervan dus niet ontbreken. Deze testen worden beschreven in de norm NBN EN 12667 of NBN EN 12939 voor dikkere producten. Voor het uitvoeren van de lambda-waarde metingen op de verzamelde testmonsters wordt de norm NBN EN 12667 gevolgd (NBN EN 12667, 2001). De testen voor dit onderzoek werden uitgevoerd door Buildwise, het vroegere Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB) onder leiding van laboverantwoordelijke Antoine Tilmans. De exacte resultaten ervan zullen dan ook gekaderd worden binnen een lopend FCRBE-project over hergebruik van bouwmaterialen. Dit project van Interreg (EU) onder de naam '*Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe*', kortom FCRBE, is een project met als doel om de hoeveelheid bouwelementen in Noordwest-Europa te verhogen met meer dan 50% tegen 2032 (Interreg North-West Europe, z.d.). De intellectuele eigendom van deze waarden behoort dan ook tot dit FCRBE-project en dus Buildwise.

2.8.1 Testmethode

2.8.1.1 Voorbereiding

De meting van de warmtegeleidingscoëfficiënt kon enkel gebeuren op rotswolisolatie uit 6 van de 7 cases. Aangezien de isolatie uit case R1a te dik was om te kunnen testen werd besloten om hier geen testen op uit te voeren. Niettemin zal de meting van de onderlaag uit dezelfde dakopbouw (R1b) ook een goede inschatting van de warmtegeleiding opleveren. In eerste instantie werden de 6 testmonsters uitgesneden uit de isolatieplaten met afmetingen van 30 cm bij 30 cm. Deze testmonsters werden vervolgens overgebracht naar het testcentrum van Buildwise in Limelette (afb. 83). Voordat de daadwerkelijke test kon worden uitgevoerd, ondergingen de testmonsters een droogproces in een oven. Dit was bedoeld om overtollig vocht te verwijderen en mogelijke vertragingen in de testprocedure te voorkomen.

2.8.1.2 Testprocedure

Het meetinstrument dat in dit onderzoek is toegepast, betreft een toestel met warmtestroommeters (fig. 4 en afb. 84). Hierbij wordt het testmonster geplaatst tussen een koele en warme component. Het daaropvolgende temperatuurverschil wordt gemeten via warmtestroommeters, wat vervolgens wordt gebruikt om de lambda-waarde te berekenen. Volgens de kalibratie van dit toestel is de onzekerheid van de gecertificeerde thermische geleidbaarheid gelijk aan $\pm 0,00028$ W/mK op het 95% betrouwbaarheidsniveau binnen het bereik van (-10 °C : +50 °C).

2.8.1.3 Berekening testresultaten

De warmtegeleidingscoëfficiënt λ (W/m.K) kan berekend worden aan de hand van volgende formule:

$$\lambda = \frac{f * e_h * d}{T_1 - T_2}$$

Waarbij,

f = de ijkingsfactor van de warmtestroommeter

e_h = de uitvoerspanning van de warmtestroommeter

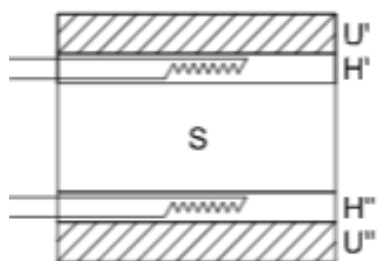
d = de dikte van het proefmonster

T_1 = de gemiddelde temperatuur van de warme zijde van het proefmonster (K)

T_2 = de gemiddelde temperatuur van de koude zijde van het proefmonster (K)



Afb. 83 : Testcentrum van Buildwise in Limelette, België



symmetrische configuratie met 1
proefmonster

Legende

U', U'' koel- en verwarmingselementen
H, H', H'' warmtestroommeters
S, S', S'' proefmonsters



Fig. 4 (links): Configuratie van lambda-waarde metingen met een warmtestroommeter overgenomen uit NBN EN 12667
Afb. 84 (rechts): Proefopstelling van de warmtestroommeter in het laboratorium van Buildwise

2.8.2 Resultaten

De proefverslagen van de testen op 6 onderzochte cases kunnen teruggevonden worden in bijlage X. De waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt worden weergegeven in een staafdiagram (grafiek 24). Hierbij worden twee referentielijnen getekend, de rode lijn verwijst naar de maximumwaarde van 0,040 W/m.K die de fabrikant oplegt in oude ATG's voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van deze rotswolproducten (bijlage O). De gele lijn geeft de rekenwaarde aan bij ontstentenis die beschreven wordt in het Transmissie Referentie Document (TRD), namelijk 0,050 W/m.K (Transmissie Referentie Document, 2018). Deze rekenwaarde mag gebruikt worden bij transmissieberekeningen in het kader van de energieprestatieregelgeving indien de eigenschappen van dit isolatieproduct niet gekend zijn. Deze grafiek geeft aan dat geen enkel resultaat het criteria van de fabrikant overstijgt.

2.8.2 Analyse resultaten

2.8.2.1 Warmteweerstand

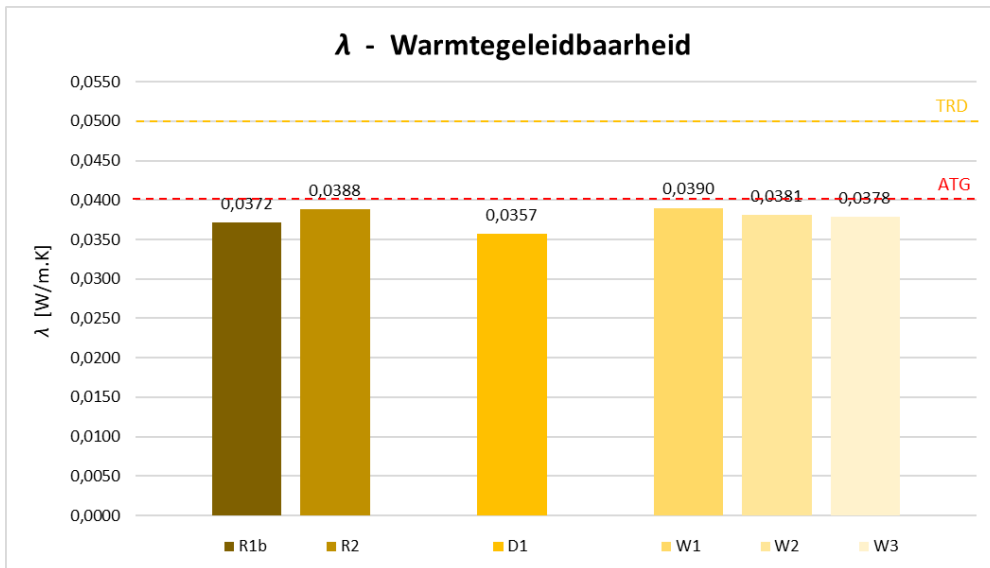
Ter analyse wordt in grafiek 25 de gemeten warmteweerstand weergegeven ten opzichte van de theoretische warmteweerstand gebaseerd op de waarde bij ontstentenis ($\lambda_u = 0,050$ W/m.K) in het TRD. Hier is duidelijk dat de warmteweerstand van deze oude rotswolisolatie in werkelijkheid veel hoger is dan ze theoretisch kan berekend worden via het TRD. Dit wijst erop dat testen als deze handig kunnen zijn als het gaat over het hergebruiken van deze rotswolisolatie. Indien deze waarde niet gekend zou zijn en er gerekend zou worden met de waarde bij ontstentenis, dan zou dit leiden tot inefficiënt materiaal(her)gebruik. De EPB-eisen (Energieprestatie en Binnenklimaat) voor bouwaanvragen vanaf 1 januari 2018 leggen een maximaal toelaatbare U-waarde van 0,24 W/m².K voor de volledige opbouw van een dak (Energiebesluit: Bijlage VII, 2019). Specifieker nog wordt er een minimumnorm van 0,75 m².K/W opgelegd voor de warmteweerstand van dakisolatie (Dakisolatie is verplicht, z.d.). In grafiek 25 is te zien dat alle waarden boven dit minimum zitten, zelfs indien er gerekend wordt met waarde bij ontstentenis.

2.8.2.2 Warmtegeleidbaarheid vs. densiteit

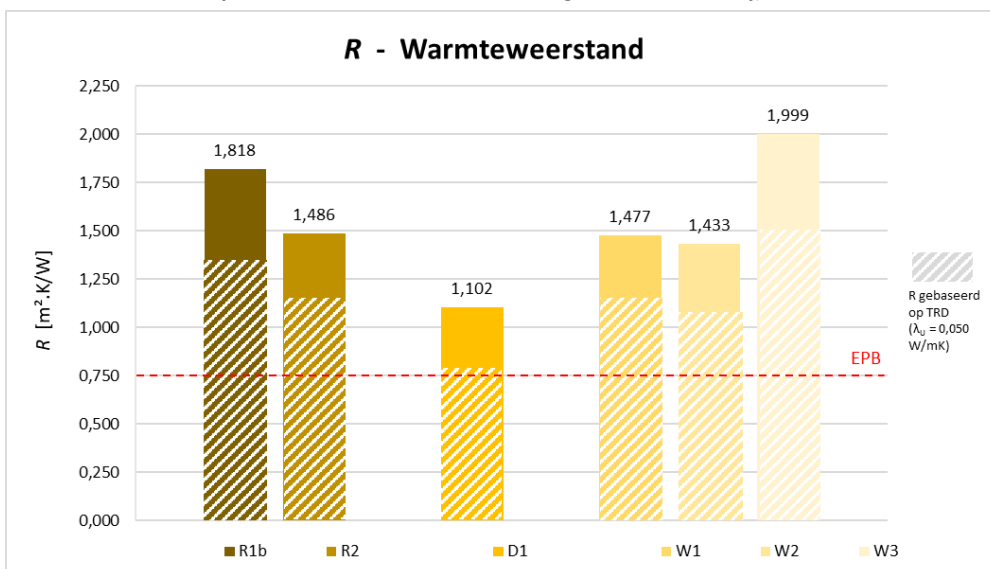
Onderzoek toont namelijk aan dat een breed scala aan gemeten gegevenspunten een bepaalde referentiecurve volgen als de lambda-waarde in functie van de densiteit wordt uitgezet (Veiseh, et al. 2009). Dit toont aan dat er weldegelijk een bepaald verband is tussen de twee parameters. Niettemin is er wel een aanzienlijke spreiding merkbaar tussen de gegevenspunten, die voornamelijk te wijten is aan de variatie in productieomstandigheden. In grafiek 26 wordt de relatie tussen de warmtegeleidingscoëfficiënt en de dichtheid van de isolatie weergegeven aan de hand van een spreidingsdiagram. Hierin kan vastgesteld worden dat er toch een bepaalde natuurlijke spreiding lijkt te zitten op de lambda-waarde voor een bepaalde densiteit. Aangezien de densiteit van de verzamelde rotswolisolatie weinig veranderd is doorheen de tijd, heeft deze oude rotswolisolatie zijn thermische prestaties behouden.

2.8.2 Conclusie

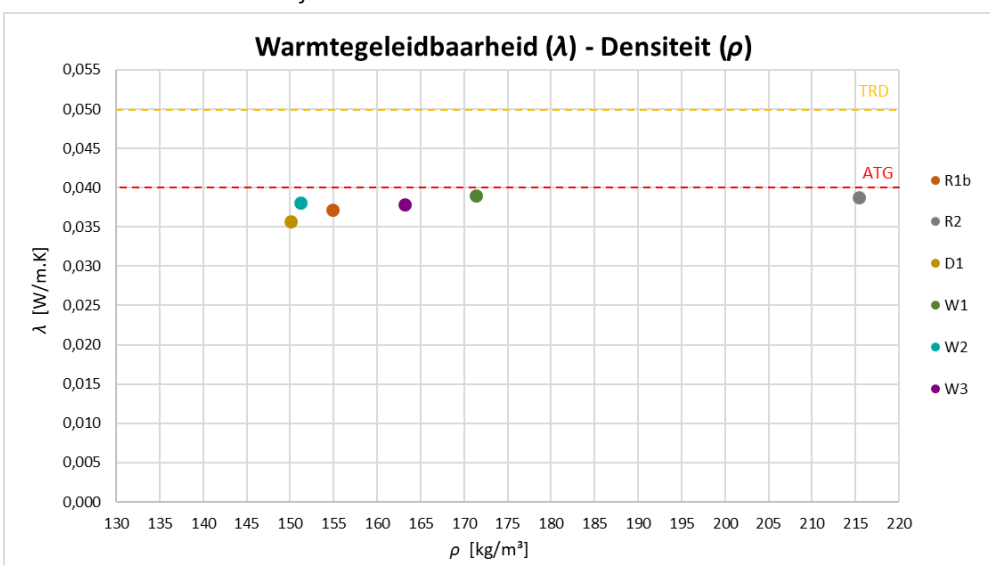
Kortom toont dit onderzoek aan dat er geen degradatie merkbaar is bij de warmtegeleidbaarheid van rotswolisolatie van maximum 28 jaar oud. Daarenboven is de warmteweerstand van oude rotswolisolatie aanzienlijk hoger dan de waarde die wordt berekend volgens de waarden bij ontstentenis vastgelegd in het TRD. Het testen van de thermische prestaties van dergelijke verouderde isolatieproducten blijkt dan ook van essentieel belang bij het potentieel hergebruik ervan. Dit biedt enerzijds de nodige zekerheid omtrent de thermische prestaties wanneer ze in nieuwe projecten worden toegepast. Anderzijds voorkomt het dat hergebruikte isolatie in de thermische schil onnodig wordt overgedimensioneerd, wat bijdraagt aan een efficiënter gebruik van materialen.



Grafiek 24: Resultaten voor de warmtegeleidbaarheidscoëfficiënt



Grafiek 25: Resultaten voor de warmteweerstand



Grafiek 26: Spreidingsdiagram van de warmtegeleidbaarheid in functie van de densiteit

2.9 Overzicht van de resultaten

2.9.1 Roeselare

Roeselare - R1a (2011)				
Soort meting		Meetresultaten		
d - Dikte [mm]		110 - 140 (afschot)		
ρ_{gem} - Gemiddelde dichtheid [kg/m ³]		158		
W_p - Korte termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	0,50	0,58	1,44
	int.	0,27	0,44	0,21
W_{pl} - Lange termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	2,60		
	int.	2,07		
σ_{10} - Druksterkte bij 10% vervorming [kPa]	ext.	61	63	64
	int.	58	62	59
F_5 - Puntbelasting bij 5mm indrukking [N]	ext.	1213	1072	1046
	int.	497	520	520
λ - Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m*K)]		/		

Tabel 23: Overzicht van alle resultaten uit casestudie R1a

Roeselare - R1b (2011)				
Soort meting		Meetresultaten		
d - Dikte [mm]		68		
ρ_{gem} - Gemiddelde dichtheid [kg/m ³]		171		
W_p - Korte termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	0,53	0,84	0,88
	int.	1,13	0,54	0,81
W_{pl} - Lange termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	2,75		
	int.	3,37		
σ_{10} - Druksterkte bij 10% vervorming [kPa]	ext.	41	108	50
	int.	85	103	45
F_5 - Puntbelasting bij 5mm indrukking [N]	ext.	1020	558	1094
	int.	469	454	595
λ - Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m*K)]		0,0372		

Tabel 24: Overzicht van alle resultaten uit casestudie R1b

Roeselare - R2 (2011)				
Soort meting		Meetresultaten		
d - Dikte [mm]		58		
ρ_{gem} - Gemiddelde densiteit [kg/m ³]		204		
W_p - Korte termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	0,50	0,58	1,44
	int.	0,27	0,44	0,21
W_{pl} - Lange termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	1,09		
	int.	0,91		
σ_{10} - Druksterkte bij 10% vervorming [kPa]	ext.	66	57	52
	int.	59	57	63
F_5 - Puntbelasting bij 5mm indrukking [N]	ext.	882	1102	1078
	int.	571	545	574
λ - Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m*K)]		0,0388		

Tabel 25: Overzicht van alle resultaten uit casestudie R2

2.9.2 Deerlijk

Deerlijk - D1 (1995)				
Soort meting		Meetresultaten		
d - Dikte [mm]		39		
ρ_{gem} - Gemiddelde densiteit [kg/m ³]		154		
W_p - Korte termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	2,18	4,41	1,71
	int.	1,83	4,38	5,77
W_p - EXTRA: waterabsorptie interieur [kg/m ²]	std.	1,19	1,15	/
	lucht	8,56	18,58	/
W_{pl} - Lange termijn waterabsorptie [kg/m ²]	ext.	3,45		
	int.	9,10		
σ_{10} - Druksterkte bij 10% vervorming [kPa]	ext.	16	5	13
	int.	6	9	11
F_5 - Puntbelasting bij 5mm indrukking [N]	ext.	74	321	420
	int.	62	325	409
λ - Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m*K)]		0,0357		

Tabel 26: Overzicht van alle resultaten uit casestudie D1

2.9.3 Waregem

Waregem - W1 (1998)				
Soort meting		Meetresultaten		
d - Dikte [mm]		58		
ρ_{gem} - Gemiddelde densiteit [kg/m ³]		155		
W_p - Korte termijn waterabsorptie [kg/m ²]	<i>ext.</i>	1,02	0,59	1,07
	<i>int.</i>	0,76	5,64	6,14
W_p - EXTRA: waterabsorptie interieur [kg/m ²]	<i>std.</i>	2,34	3,09	/
	<i>lucht</i>	5,23	5,84	/
W_{pl} - Lange termijn waterabsorptie [kg/m ²]	<i>ext.</i>	7,76		
	<i>int.</i>	6,98		
σ_{10} - Druksterkte bij 10% vervorming [kPa]	<i>ext.</i>	29	61	39
	<i>int.</i>	41	22	46
F_5 - Puntbelasting bij 5mm indrukking [N]	<i>ext.</i>	596	386	309
	<i>int.</i>	407	423	472
λ - Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m*K)]		0,0390		

Tabel 27: Overzicht van alle resultaten uit casestudie W1

Waregem - W2 (2001)				
Soort meting		Meetresultaten		
d - Dikte [mm]		54		
ρ_{gem} - Gemiddelde densiteit [kg/m ³]		160		
W_p - Korte termijn waterabsorptie [kg/m ²]	<i>ext.</i>	3,12	0,99	2,10
	<i>int.</i>	1,83	1,78	1,08
W_p - EXTRA: waterabsorptie interieur [kg/m ²]	<i>std.</i>	2,32	1,81	/
	<i>lucht</i>	5,15	4,11	/
W_{pl} - Lange termijn waterabsorptie [kg/m ²]	<i>ext.</i>	8,81		
	<i>int.</i>	6,96		
σ_{10} - Druksterkte bij 10% vervorming [kPa]	<i>ext.</i>	46	19	38
	<i>int.</i>	21	18	37
F_5 - Puntbelasting bij 5mm indrukking [N]	<i>ext.</i>	411	166	177
	<i>int.</i>	429	220	347
λ - Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m*K)]		0,0381		

Tabel 28: Overzicht van alle resultaten uit casestudie W2

Waregem - W3 (2006)				
Soort meting		Meetresultaten		
d - Dikte [mm]		76		
ρ_{gem} - Gemiddelde densiteit [kg/m ³]		164		
W_p - Korte termijn waterabsorptie [kg/m ²]	<i>ext.</i>	0,64	0,69	1,03
	<i>int.</i>	0,59	2,98	2,05
W_p - EXTRA: waterabsorptie interieur [kg/m ²]	<i>std.</i>	0,60	0,71	/
	<i>lucht</i>	7,36	6,07	/
W_{pl} - Lange termijn waterabsorptie [kg/m ²]	<i>ext.</i>	2,88		
	<i>int.</i>	2,70		
σ_{10} - Druksterkte bij 10% vervorming [kPa]	<i>ext.</i>	52	38	30
	<i>int.</i>	51	38	32
F_5 - Puntbelasting bij 5mm indrukking [N]	<i>ext.</i>	254	565	339
	<i>int.</i>	250	468	330
λ - Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/(m*K)]		0,0378		

Tabel 29: Overzicht van alle resultaten uit casestudie W3

2.10 Conclusie

Dit uitgebreide onderzoek naar de eigenschappen van oude rotswolisolatie biedt een diepgaand inzicht in de potentiële herbruikbaarheid van minerale wol isolatie uit platte daken. De bevindingen onthullen cruciale informatie over de dichtheid, waterabsorptie, mechanische en thermische prestaties van dergelijke materialen. Door deze informatie te verwerken ontstaat een eerste worp naar de mogelijkheden en beperkingen van hergebruik van minerale wol isolatie.

Een eerste opvallende observatie is dat de dichtheid van oude rotswolisolatie over het algemeen weinig verandert. Ondanks dat de dikte van de isolatieplaten met minstens 2 mm wordt verminderd door het verwijderen van de toplaag na ontmanteling, blijft de dichtheid vrijwel constant. Dit gegeven heeft dan ook voordelige implicaties op de mechanische en thermische prestaties aangezien deze afhankelijk zijn van de dichtheid.

Het onderzoek naar de waterabsorptie op korte en lange termijn onthult een interessante variatie aan resultaten. Deze variatie kan worden toegeschreven aan verschillende factoren, waarbij veroudering een sleutelrol speelt. De waterafstotendheid van oude minerale wol isolatie neemt af naarmate het materiaal ouder wordt. Bij de korte termijn waterabsorptie scoort 62% van de alle testmonsters slechter dan de opgelegde norm. Dit kan hypothetisch twee oorzaken hebben, enerzijds kan dit komen door frequent contact met vocht doorheen zijn eerste levenscyclus in de dakopbouw. Anderzijds is het mogelijk dat de hydrofobe stof die wordt toegevoegd aan de rotswolvezels bij de productie afgebroken wordt doorheen de tijd. Desalniettemin vereisen deze twee hypothesen verder onderzoek om mogelijke oplossingen te kunnen vinden voor een hergebruikscenario.

Een ander belangrijk gegeven is de dakvloer waarop deze oude minerale wol isolatie bevestigd werd. In dit onderzoek kon er vastgesteld worden dat er een specifiek patroon ontstaat aan de interieurzijde van rotswolisolatie bevestigd op een steeldeck ondergrond. In de zones tussen de profilering komt de isolatie namelijk rechtsreeks in contact met vochtige lucht doorheen de jaren wat een hogere waterabsorptie veroorzaakt dan bij de zones die op de profilering liggen. Hoe dan ook heeft de degradatie van de waterafstotendheid bij oude minerale wol isolatie duidelijke implicaties voor het hergebruik van dergelijke isolatie. Er zal telkens moeten overwogen worden of de nieuwe toepassing van deze hergebruikte isolatie een verhoogde vochtopname met zich meebrengt of niet.

De mechanische prestaties van de oude minerale wol isolatie uit platte daken zijn afhankelijk van diverse factoren, waaronder de leeftijd, de dichtheid, het type isolatie en de oorspronkelijke situatie. De resultaten van de testen op samendrukbaarheid tonen aan dat 43% van alle testmonsters niet voldoen aan de minimumnorm voorgelegd door de BUtgb. Deze degradatie is te wijten aan de ouderdom en het type ondergrond waarop de isolatie bevestigd werd. Interessant is ook dat de samendrukbaarheid vergelijkbaar blijkt te zijn aan beide zijden van de isolatieplaat, wat hergebruik in de omgekeerde richting theoretisch mogelijk maakt zonder verlies van mechanische prestaties. De ponsweerstand daarentegen wordt grotendeels beïnvloed door het type rotswolisolatie en de verschillende densiteiten binnen de lagen. Uit resultaten van bijhorende testen blijkt dat 33% van de testmonsters niet voldoen aan de norm opgelegd door de BUtgb. Hierbij moeten degradatieverschijnselen dus vooral bekeken worden in functie van de specifieke eigenschappen van het producttype rotswolisolatie vooraleer hergebruik overwogen kan worden.

Op het gebied van thermische prestaties is het bemoedigend om te zien dat de warmtegeleidbaarheid van oude rotswolisolatie niet significant degradeert na maximaal 28 jaar. Dit benadrukt de duurzaamheid en potentiële waarde van oude isolatiematerialen voor hergebruik. Bovendien blijkt de warmteweerstand aanzienlijk hoger te zijn dan wat wordt voorgeschreven volgens normen indien geen prestaties gekend zijn van minerale wol isolatie. Thermische prestatiebeoordelingen zijn dus van cruciaal belang bij het hergebruiken van oude isolatiematerialen. Dit biedt niet alleen zekerheid voor de thermische prestaties van gerecupereerde isolatie in nieuwe projecten, maar minimaliseert ook overdimensionering, wat leidt tot efficiënter gebruik van materialen.

Deze uitgebreide conclusie vat het onderzoek samen en schetst een helder beeld van de potentie en de uitdagingen van het hergebruik van oude rotswolisolatie in hedendaagse bouwpraktijken. Terwijl dichtheid en thermische prestaties standvastig blijven, vereisen waterabsorptie en mechanische stabiliteit specifieke aandacht. Een multidisciplinaire aanpak, waarin materiaalwetenschap, bouwtechniek en duurzaamheidsinzichten samenkomen, zal van onschatbare waarde zijn bij het effectief implementeren van gerecupereerde isolatiematerialen in toekomstige projecten. Dit onderzoek wijst niet alleen op de technische aspecten van hergebruik, maar illustreert ook de bredere noodzaak om duurzame bouwpraktijken te omarmen in het licht van grondstoffenschaarste en milieuoverwegingen.

Deel 3: Hergebruik van minerale wol isolatie uit platte daken

Na het praktische en theoretische werk in de eerste twee delen van deze scriptie, verschuift de focus in dit derde deel naar een meer abstracte benadering van hergebruik van minerale wol isolatie uit platte daken. Dit deel richt zich voornamelijk op het perspectief van een fictief bedrijf dat zich bezig houdt met het verzamelen, recupereren en herbestemmen van minerale wol isolatie. Er wordt vanuit gegaan dat deze isolatie al ontmanteld en verzameld is zoals beschreven in Deel 1, en dat het al getest is op de belangrijkste prestaties, zoals beschreven in Deel 2. Vanuit deze basis wordt gezocht naar geschikte herbestemmingen voor deze herbruikbare isolatieproducten. Om dit te bereiken zullen drie streefdoelen besproken worden die belangrijk zullen zijn bij het uitwerken van een businessmodel van zo'n recuperatiebedrijf. Met deze drie streefdoelen wordt er vooral nagedacht over circulaire economie, duurzaamheid, efficiëntie en milieubewustzijn. Hierop volgt tenslotte de afsluitende conclusie van deze masterproef, waar het conceptuele bedrijf wordt uitgewerkt aan de hand van alle vergaarde informatie en inzichten die voortvloeien uit de drie delen van deze scriptie.

3.1 Inleiding: situering van dit onderzoek in de circulaire wereld

Ter inleiding wordt eerst een beeld geschetst van waar dit onderzoek zich specifiek situeert in de wereld van circulair bouwen. Hiervoor is het belangrijk om te weten wat circulair bouwen nu effectief inhoudt. Vlaanderen Circulair definieert circulair bouwen als:

'een bouwpraktijk die streeft naar een efficiënt en effectief gebruik van hulpbronnen om economisch, sociale én ecologische (meer)waarde te creëren of minstens te behouden, rekening houdend met de bestaande erfenis en de toekomstige opportuniteiten eigen aan onze bouwwereld.' (Vlaanderen Circulair, z.d.-b)

De term 'circulair bouwen' kan gezien worden als een overkoepelend begrip dat werkt op meerdere niveaus. Het hergebruiken van minerale wol isolatie bevindt zich specifiek op materiaalniveau, waarbij de opdracht pas begint bij het einde van zijn eerste levenscyclus. Het doel van dit onderzoek is niet om te speculeren over toekomstig hergebruik en hoe het product in de toekomst ontworpen kan worden voor hergebruik. Aangezien er weinig verandering kan worden aangebracht aan deze bestaande isolatieproducten, ligt de focus op hoe ze opnieuw kunnen worden ingezet in gelijkwaardige toepassingen. Het hoofddoel is het gebruik van hulpbronnen (zoals grondstoffen, water, energie en ruimte) te minimaliseren en zo te streven naar een milieubewustere aanpak. Het gebruik van nieuwe grondstoffen wordt hier alvast vermeden, aangezien het isolatieproduct in zijn geheel kan worden hergebruikt of dienen als grondstof op zich (fig. 5).

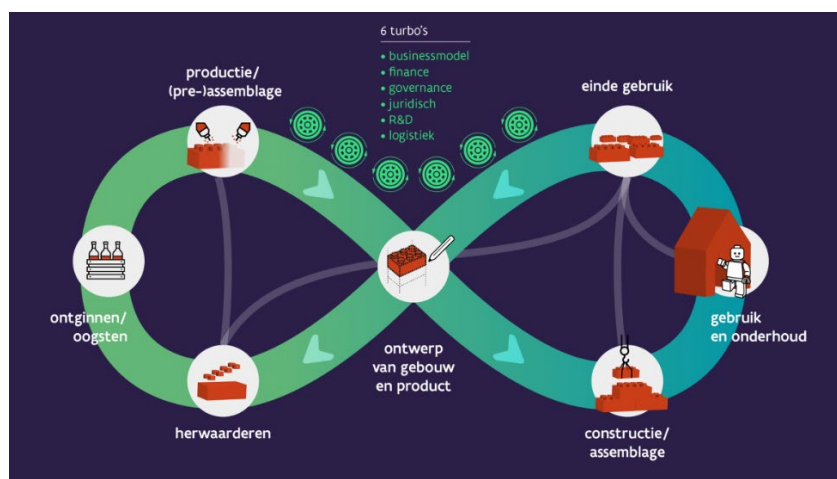


Fig. 5: Schematisch overzicht 'circulair bouwen', overgenomen van Vlaanderen Circulair

In het kader van het BBSM-project (le Bati Bruxellois: Source de nouveaux Matériaux) werd een product-toepassingsfiche gemaakt specifiek voor het hergebruiken van minerale wol in thermische isolatie (Poncelet et al., 2021b). Deze fiche is ter aanvulling bij het 'Technisch kader voor hergebruikmaterialen' (Poncelet et al., 2021a) en is geen officieel document die gevalideerd is door de bouwsector. Dit document dient vooral om de verschillende mogelijkheden te verkennen en zal binnen dit onderzoek als een richtinggevende bron gebruikt worden. Zoals eerder vermeld in 'Vraagstelling en methodiek' (zie 0.4) worden in deze twee documenten de algemene stappen beschreven van de procedure om de technische prestaties van hergebruikmaterialen, alsook minerale wol isolatie, aan te tonen (fig. 6). Ondanks dat dit stappenplan een goede basis vormt, kan dit nog verfijnd worden naar een procedure die wordt uitgewerkt voor een fictieve handelaar van gerecupereerde minerale wol isolatie. Het verschil zit hem niet zozeer in de definiëring van de stappen, maar in de volgorde van de stappen. In het algemeen stappenplan worden de technische eisen en prestaties beoordeeld aan de hand van de beoogde toepassing, die al vast ligt. In het geval van een handelaar is het moeilijk om op voorhand de nieuwe toepassing al exact te weten van deze isolatieproducten. Daarom zal er gewerkt worden met een standaardprocedure waarin het recupereren, testen en inventariseren van de oude minerale wol isolatie beschreven wordt. Hiermee worden zoveel mogelijk opties voor de nieuwe toepassing open gehouden en kunnen deze isolatieproducten met een groter bereik aangeboden worden op de recuperatiemarkt.

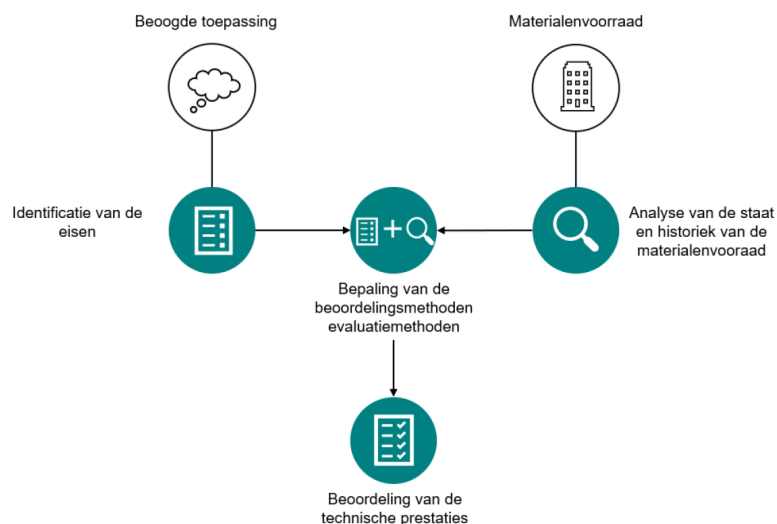


Fig. 6: Stappenplan van de procedure voor het aantonen van de technische prestaties van hergebruikmaterialen, overgenomen uit het 'Technisch kader voor hergebruikmaterialen', BBSM, 2021

Desalniettemin bevat de product-toepassingsfiche alreeds een uitgebreid overzicht van de fundamentele eisen en de beoogde toepassingen van hergebruikte minerale wol isolatie. Daarom zal er in dit deel specifiek gefocust worden op drie doelstellingen die de fictieve handelaar moet helpen om op een kwalitatieve manier minerale wol isolatie te gaan hergebruiken. Allereerst wordt er altijd gezocht naar een evenwaardige hergebruiktoepassing voor de minerale wol isolatie. Eens de nieuwe toepassing vast ligt, wordt er gestreefd naar een bepaalde garantie die een handelaar kan bieden voor deze hergebruik producten. Hierbij wordt zowel een inspanning verwacht van de handelaar als de koper, aangezien niet altijd aan alle eisen kan voldaan worden. De laatste doelstelling is om bij elke stap van de procedure zo milieubewust mogelijk na te denken. Op die manier wordt er verzekerd dat een recuperatiebedrijf een milieuvriendelijkere oplossing is dan het afvalverwerkingsbedrijf waar momenteel gedemonteerde minerale wol isolatie uit platte daken naartoe gaat. Ten slotte wordt alle informatie samengevat in een concreet stappenplan voor de fictieve handelaar. Dit zal dan ook dienen als algemeen besluit van deze masterproef.

3.2 Streven naar een evenwaardige hergebruikstoepassing

Eens de ontmantelde minerale wol isolatie getransporteerd en verzameld is kan er overgegaan worden tot een eerste analyse van de staat van deze isolatie. Op basis van deze analyse zal de procedure voor deze isolatie verder bepaald worden. Om 'downcycling' van deze isolatie te vermijden worden er alternatieven gezocht om telkens alle binnengebrachte isolatie te hergebruiken. Vervolgens is het ook belangrijk om alle verzamelde informatie goed te inventariseren om tot slot op zoek te gaan naar een evenwaardige hergebruiktoepassing.

3.2.1 Downcycling vermijden

Eens alle minerale wol isolatie ontmanteld is, krijgt deze verzamelde hoeveelheid de benaming van een 'batch'. Deze benaming is gebaseerd op de definitie van de 'materialenvoorraad' beschreven in het technisch kader van het BBSM-project als:

'een aantal materialen of elementen die in een bepaald gebied of op een bepaalde locatie worden aangetroffen en die vergelijkbare kenmerken en een vergelijkbare historiek hebben.' (Poncelet et al., 2021a, p.16)

Een 'batch' minerale wol isolatie is dus de verzamelde hoeveelheid isolatie die ontmanteld is uit éénzelfde dak en waarvan dus de historiek, eigenschappen, leeftijd en het type dezelfde zijn. Eens deze batch isolatie is toegekomen bij het recuperatiebedrijf zal er een eerste visuele sortering gebeuren op basis van de toestand waarin de isolatieplaten verkeren. Vaak zal al duidelijk zijn bij de ontmanteling of de isolatie nog in staat is om op zijn geheel te hergebruiken of niet. Vervolgens zullen de isolatieplaten die geschikt zijn voor hergebruik per batch gesorteerd en gestockeerd worden. Hierbij is het belangrijk om de prestaties van de isolatie te behouden. De opslagplaats moet ten eerste als beschutting dienen tegen vocht, daarbij is het ook belangrijk dat er genoeg verluchting aanwezig is zodat de platen kunnen drogen. Een ander belangrijk aspect is het vermijden van grote belastingen op de platen. Als stapels te hoog worden zullen de onderste platen te veel samengedrukt worden waardoor ze hun mechanische prestaties kunnen verliezen.

Zoals eerder vermeld, wordt er altijd als doel gesteld om alle isolatie op een of andere manier te hergebruiken of recyclen. Indien de staat van de isolatie te slecht is en als niet herbruikbaar wordt gezien tijdens de visuele sortering, moeten er oplossingen gezocht worden om deze te kunnen recyclen. Een goed alternatief zou dus zijn om al deze voorgesorteerde 'slechte' isolatie te verzamelen onder één materialenvoorraad en daarna te verwerken. Hoe deze verwerkt moet worden is een apart onderzoek die buiten het bereik van deze scriptie valt. Desondanks kunnen er toch enkele ideeën opgenoemd worden zoals het versnipperen in vlokken tot na-isolatie van spouwmuren. Het idee zou hier zijn om allereerst de isolatie vrij te maken van resten bitumen of andere lijmen. Daarna worden de platen versnipperd en goed gedroogd zodat al het vocht verwijderd is. Aangezien het onderzoek in deel 2 aantoont dat oude rotswolisolatie een hoge waterabsorptie vertoont is het ook aan te raden om een proces te vinden dat een nieuwe waterafstotende laag aan deze vlokken geeft. Hierbij moet telkens in het achterhoofd gehouden worden dat dit op een milieuvriendelijke manier moet gebeuren. Het eindproduct kan dan gebruikt worden om in te blazen in spouwen, zoldervloeren, tussenwanden, enzovoort. Een ander alternatief is het persen van deze vlokken tot een gerecycleerde isolatieplaat. Dit kan gebaseerd worden op het programma 'Rockcycle' van fabrikant Rockwool die oude rotswolplaten verzamelt, versnipperd, samenperst en terug in het productieproces steekt als grondstof (Rockwool, z.d.). Het grote verschil met dit alternatief is dat hier veel minder energie aan te pas moet komen en dat isolatieplaten die minder 'proper' zijn ook gerecycleerd kunnen worden. Om de milieukost zo laag mogelijk te houden van zo'n verwerkingsproces moet er vermeden worden dat er met te hoge temperaturen gewerkt wordt.

Deze alternatieven trachten zo het 'downcyclen' van oude minerale wol isolatie te vermijden aangezien het eindproduct op een duurzame manier terug ingezet kan worden in een nieuwe thermische schil. Hierbij wordt nog eens benadrukt dat het hier gaat om fictieve ideeën, daarom kan het interessant zijn voor de industrie om hier verder onderzoek naar te doen. Bovendien dragen deze ideeën mee aan het concept van de circulaire economie, (Vlaanderen Circulair, z.d.-b), aangezien er getracht wordt om deze isolatieproducten zo hoogwaardig mogelijk te blijven inzetten in de economie. Dit in tegenstelling tot de klassieke lineaire aanpak die bijvoorbeeld vandaag vooral gehanteerd wordt bij minerale wol isolatie uit platte daken. De levensduur van rotswolisolatie ligt veel hoger dan die van dakbedekkingsmaterialen (zie 3.4.1). Doordat deze dakbedekking vaak na 20 à 30 jaar tot vervanging toe is, heeft de aanwezige minerale wol isolatie nog niet zijn potentiële levensduur bereikt en wordt deze samen met de dakbedekking verwerkt in de afvalstroom. Zo blijkt ook uit verschillende casestudies beschreven in deel 1.

3.2.2 Een database voor toekomstige circulaire projecten

Nadat de batch isolatie gesorteerd is voor geheel hergebruik kan er overgegaan worden naar de beoordeling van de technische prestaties. Dit gebeurt telkens aan de hand van een standaard procedure die bestaat uit testen die weinig tijd en energie vragen. Alle testmethodes gebeuren telkens via de normen die beschreven staan in de productnorm voor minerale wol isolatie (NBN EN 13162). Hieruit kunnen niet alleen degradatieverschijnselen opgespoord worden, maar ook praktische eigenschappen achterhaald worden die belangrijk zullen zijn bij het vinden van een evenwaardige hergebruiktoepassing. Een eerste eigenschap die onder de loep genomen wordt zijn de dimensies. Hier zal specifiek gekeken worden naar de afmetingen (lengte, breedte en dikte) van de platen en zal er telkens berekend worden hoeveel totale oppervlakte de batch isolatie kan invullen. Bijkomend kan er ook gekeken worden naar de vlakheid of haaksheid van de platen. Indien de dimensies gekend zijn zal net als in dit onderzoek (2.2) de gemiddelde dichtheid bepaald worden van de batch isolatie. Dit kan zowel door volledige platen als testmonsters voor andere proeven te wegen. Hoe meer metingen gedaan worden, des te beter de inschatting van de gemiddelde dichtheid. De derde eigenschap die getest kan worden in deze eenvoudige testprocedure is de waterabsorptie. In dit onderzoek werd aangetoond dat de waterabsorptie degradeert naargelang minerale wol isolatie ouder wordt. Daarom is het een goed idee om elke batch te testen op deze eigenschap. Niet alleen om mee te nemen in de beslissing over de nieuwe hergebruiktoepassing, maar ook om algemeen onderzoek hiernaar verder uit te breiden. Bovendien is de testmethode weinig arbeidsintensief en moeten enkel testen op korte termijn gebeuren om al een goed beeld te krijgen van de degradatie (zie 2.5.4). Deze testen verlopen telkens volgens de norm (NBN EN ISO 29767) en voor elke batch zal er een aantal testmonsters genomen worden die representatief is voor de hoeveelheid ervan.

Afhankelijk van de groei van zo'n bedrijf kan deze eenvoudige testprocedure nog aangevuld worden met proeven op de mechanische en/of thermische prestaties van de isolatie. De nood om de mechanische prestaties te testen is afhankelijk van het type isolatie en kan eerst visueel bepaald worden. Door met de hand of een gewicht de isolatieplaat eens in te drukken en te kijken naar de vervorming kan er al direct een inschatting gemaakt worden. Indien dit op het eerste zicht een grote vervorming vertoont, dan zijn aanvullende testen op de mechanische prestaties niet nuttig. Bij weinig indrukking kunnen er extra testen gedaan worden op de samendrukbaarheid (NBN EN ISO 29469) en/of de ponsweerstand (NBN EN 12430) waar ook in dit onderzoek testen op zijn gedaan (2.6 en 2.7). Net zoals in dit onderzoek kunnen ook testen uitgevoerd worden naar de warmtegeleidingscoëfficiënt van de verzamelde minerale wol isolatie (zie 2.8). Dit vereist opnieuw een nieuwe proefopstelling waarmee iemand kan werken en voldoet aan de bijhorende norm (NBN EN 12667 + 12939). Eens de testprocedure geprogrammeerd en gestart is, is hier nog weinig controle over nodig, wat deze testen

niet arbeidsintensief maken. Het uitvoeren van de testen op beide prestaties hangt dus vooral af van de mogelijkheid om als bedrijf deze proefopstellingen aan te schaffen. Daarenboven moet ook nagedacht worden over het energieverbruik van deze testopstellingen aangezien de milieukost zo laag mogelijk moet gehouden worden.

Nadat deze algemene eigenschappen zijn getest, kunnen ze worden opgenomen in een database die alle verzamelde informatie en testresultaten omvat. Deze database zal dan uiteindelijk de basis vormen voor een inventaris van alle verzamelde isolatiebatches. In eerste instantie worden historische gegevens verwerkt, zoals leeftijd, isolatietype, vorige functie, eventuele schade, vorige constructie en verbindingen met andere elementen. Net zoals in het eerste deel van het onderzoek kan de losmaakbaarheidsindex ook hier worden berekend. Bovendien kunnen de waarden van de technische parameters die in de standaardprocedure zijn getest, worden opgenomen, waarbij vooral afmetingen en dichtheid van belang zijn voor de nieuwe toepassing. Indien extra testen worden uitgevoerd op de isolatiebatch, zullen de aanvullende resultaten ook worden toegevoegd aan de database.

Het gebruik van een digitale database kan handig zijn voor een fictief recuperatiebedrijf om verschillende redenen. Allereerst kunnen deze tabellen gelinkt worden aan een algemene inventaris om op een digitaal platform te plaatsen, zoals een website voor de verkoop van tweedehands isolatiematerialen. Op die manier krijgen potentiële klanten meteen de meest recente informatie mee over elke batch isolatie die in stock beschikbaar is om te hergebruiken. Bovendien kan deze database een goede bron van informatie zijn voor verschillende digitale ontwerptools. Een eerste voorbeeld is het BIM-platform (Bouw Informatie Model) waar er in één gedeeld bestand gewerkt wordt tussen alle betrokkenen in het bouwproces. Hierin wordt alle nodige data gekoppeld aan het ontwerpen en uitvoeren van een bouwproject. Aan de hand van de database van de verzamelde isolatie kunnen dus alle eigenschappen en richtlijnen voor het hergebruik van deze isolatie in een nieuw project op een centrale plaats gedeeld worden met alle betrokkenen uit het bouwteam. Tenslotte zijn deze verzamelde gegevens ook handig om te delen met TOTEM (Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials), een tool die een inschatting maakt van de milieu-impact van bouwelementen- of materialen. Aangezien de eisen op vlak van milieu steeds strenger worden zal er in toekomstige projecten meer en meer met deze tool gewerkt moeten worden. Daarom zal het belangrijk zijn om transparant om te gaan met de verzamelde gegevens ten opzichte van deze tool. Op deze manieren kan een database dus gunstig zijn voor het vinden van een nieuwe hergebruiktoepassing in toekomstige circulaire projecten.

3.2.3 Bepalen van de mogelijke toepassingen

Het spreekt voor zich dat een isolatieproduct hergebruikt wordt in dezelfde toepassing als de oorspronkelijke, maar gezien de actuele markt voor hergebruikte isolatie zou het niet slim zijn om enkel aan deze toepassing te denken. Aangezien de vraag naar hergebruikte isolatie in nieuwe projecten vrij laag is, moeten deze hergebruikte producten kunnen gebruikt worden in meerdere toepassingen om een groter bereik te hebben op de verkoopmarkt. De hergebruiktoepassing van een batch isolatie zal dus nooit op voorhand vastliggen, waardoor er innovatief moet omgesprongen worden met het integreren van deze hergebruikproducten in een nieuwe opbouw. Zoals eerder vermeld is dit ook de reden waarom het beoordelen van algemene prestaties aan de hand van de standaard testprocedure vóór het vastleggen van de toepassing komt. Eens de nieuwe toepassing in een project vast ligt, dan kunnen eventueel extra prestaties getest worden (zie 3.3).

Een bepalende factor in het overwegen van een nieuwe toepassing is de dichtheid, ofwel de volumieke massa. Deze eigenschap is niet alleen een belangrijke parameter voor de toepassing, maar vormt ook een goede indicatie om de thermische, akoestische en mechanische prestaties in te schatten van

minerale wol isolatie. Dit onderzoek heeft namelijk al aangetoond dat zowel de warmtegeleiding (zie 2.8.2.2) , samendrukbaarheid (zie 2.6.3.3) en de ponsweerstand (zie 2.7.3.3) afhankelijk zijn van de densiteit.

In tabel 30 wordt het bereik van de densiteit weergegeven voor elk van de meest voorkomende toepassingen van rotswolisolatieproducten. Deze waarden zijn gebaseerd op de productinformatie van diverse types rotswolisolatie die specifiek zijn afgestemd op deze toepassingen. Hieruit blijkt direct dat er twee onderscheidbare groepen zijn: toepassingen die hoge densiteit isolatie vereisen ($>100 \text{ kg/m}^3$) en toepassingen waarbij lage densiteit ($<80 \text{ kg/m}^3$) voldoende is. De hoge densiteit isolatie wordt gebruikt voor toepassingen met hoge mechanische eisen, zoals platte daken en zwevende dekvloeren. Andere toepassingen vragen om isolatiemateriaal met lage densiteit, omdat ze weinig structurele eisen hebben en mechanische prestaties minder relevant zijn.

Toepassing	Densiteit
<u>Dak</u>	
<i>Plat dak</i>	105 - 163 kg/m^3
<i>Hellend dak</i>	25 - 40 kg/m^3
<u>Muur</u>	
<i>Spouwmuur</i>	35 - 65 kg/m^3
<i>Houtskelet</i>	35 - 55 kg/m^3
<i>Vliesgevel</i>	35 - 70 kg/m^3
<i>Inblaaswol</i>	60 - 80 kg/m^3
<i>Gemene muur</i>	35 kg/m^3
<i>Binnenwand</i>	35 - 55 kg/m^3
<u>Vloer</u>	
<i>Houten vloer</i>	35 - 55 kg/m^3
<i>Betonvloer (onderzijde)</i>	45 - 55 kg/m^3
<i>Zwevende dekvloer</i>	100 - 150 kg/m^3

Tabel 30: Densiteit van rotswolisolatie per specifieke toepassing, waarden gebaseerd op producten van Rockwool

3.2.4 Platte dak rotswolisolatie in een nieuwe opbouw

In dit onderdeel zal nagedacht worden over hoe rotswolisolatie uit platte daken in nieuwe toepassingen geïntegreerd kan worden. Aangezien het doel nog altijd blijft om downcycling te vermijden, zal het belangrijk zijn om de oorspronkelijke kwaliteiten van de hergebruikte isolatie in te zetten en te behouden. De grootste uitdaging ligt voornamelijk in het gebruik van hoog-densiteitsisolatie in toepassingen die maar een lage densiteit vereisen, hoewel dit niet onmogelijk is aangezien de isolatiewaarde behouden blijft. Het omgekeerde verhaal, als minerale wol isolatie met een lage densiteit in een toepassing voor hoge densiteit wordt ingezet, lijkt eerder onmogelijk. Aangezien de mechanische prestaties hier van belang zijn, zullen isolatieproducten met een lage densiteit niet aan de normen voldoen. Desondanks zijn er genoeg andere toepassingen waarin deze lage-densiteitsisolatie kan hergebruikt worden.

Bij het hergebruik van rotswolisolatie uit platte daken in nieuwe toepassingen zijn verschillende cruciale eigenschappen van belang. Allereerst zal het hogere gewicht van deze isolatieplaten een rol spelen, waarbij de structurele geschiktheid voor de nieuwe toepassing moet worden overwogen. Ook de dikte is van belang, aangezien de meeste toepassingen een minimale warmteweerstand vereisen om te voldoen aan de maximaal toegestane U-waarde ($U_{\text{max}} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) volgens de EPB-regelgeving (Energiebesluit: Bijlage VII, 2019). Wat ook van een belangrijke rol zal spelen is de beschadigde toplaag

van de rotswolisolatie uit het platte dak (zie deel 1). Daarbij zal de afnemende waterafstotendheid van de rotswolisolatie ook een invloed hebben op de keuze van de toepassing. Hierbij moet zorgvuldig worden afgewogen of dit bouwfysische problemen zal veroorzaken. Mogelijke oplossingen, zoals het toevoegen van een waterafstotende laag, zullen telkens overwogen worden. Het is dus essentieel om probleemoplossend te denken en creatief om te gaan met degradatie en andere beperkingen van oude minerale wol uit platte daken. De bevindingen en conclusies uit deel 1 en 2 zullen daarom steeds als referentie dienen. Eigenschappen die niet in dit onderzoek zijn getest, zullen als minder doorslaggevend worden beschouwd. Niettemin moet worden erkend dat fundamentele eisen voor brandgedrag en gevaarlijke stoffen ook een rol spelen in nieuwe toepassingen. Dit zal algemeen worden besproken in sectie 3.3.1.

3.2.4.1 Van plat dak naar plat dak

De meest voor de hand liggende optie is natuurlijk om deze oude rotswolisolatie terug in een nieuw plat dak te hergebruiken. Desalniettemin zijn er enkele dingen waar altijd aandacht aan gegeven moet worden. Allereerst moet er overwogen worden als de hoge waterabsorptie van deze isolatie niet voor problemen zal zorgen in de nieuwe dakopbouw. Extra aandacht voor de waterkerende lagen in de nieuwe dakopbouw is dus een must zodat contact met vocht zoveel mogelijk vermeden wordt. Om vochtproblemen door inwendige condensatie te vermijden wordt ook aangeraden om goed na te denken over de integratie van een dampscherm in de dakopbouw. Uiteraard zijn deze opmerkingen omtrent vocht in de dakopbouw telkens afhankelijk van het specifieke materiaal en de uitvoering van deze waterkerende en dampremmende lagen. Nog een optie om deze prestatie te verbeteren is om extra waterafstotende lagen te gaan aanbrengen op deze platen. Natuurlijk moet hier ook overwogen worden hoe belangrijk een hoge waterabsorptie van de isolatie is in de nieuwe opbouw tegenover de energie die nodig is om dit product terug meer waterafstotend te maken.

Een ander aspect die aandacht verdient is de schade aan de toplaag. Door het lostrekken van de dakbedekking bij de ontmanteling werd telkens een deel van de toplaag meegetrokken (zie deel 1). Hierdoor hebben deze platen hun bovenste hechtingslaag verloren waarop terug een nieuwe dakbedekking moet bevestigd worden. Een voorstel om dit probleem op te lossen is om simpelweg deze isolatieplaten omgekeerd in de nieuwe dakopbouw te hergebruiken. Het onderzoek rond de mechanische prestaties in sectie 2.6 en 2.7 toont namelijk aan dat in de meeste gevallen de mechanische eigenschappen ongeveer dezelfde zijn aan beide zijden. Aangezien de onderzijde van ontmantelde rotswolplaten weinig tot geen schade vertonen, kan deze intacte laag gebruikt worden om een nieuwe verbindingsfolie aan te brengen zoals bijvoorbeeld een glasvlies, wat vandaag veel gebruikt wordt. De reden waarom dit niet aan de originele bovenkant kan gebeuren is omdat deze vaak niet vlak genoeg meer zijn, waardoor het moeilijker is om een nieuw glasvlies aan te brengen. Daarenboven kan er ook geprobeerd worden om het aanbrengen van een nieuwe aanhechtingsfolie te combineren met een waterafstotende laag. Opnieuw moet hier overwogen worden als het product of de integratie hier veel efficiënter door zal worden.

Ten slotte moet er ook nagedacht worden over de verbindingen tussen de elementen in de nieuwe dakopbouw. In deel 1 kan er vastgesteld worden dat mechanisch bevestigde isolatie eenvoudiger te ontmantelen is en ook een iets hogere losmaakbaarheidsindex heeft. Om de nieuwe dakopbouw op een circulaire manier te ontwerpen kan een mechanische bevestiging dus een goede oplossing zijn. Daarbij zal ook een circulaire oplossing moeten gezocht worden voor de verbinding met de dakbedekking. In alle onderzochte dakopbouwen bleek dit telkens de oorzaak voor de meeste schade aan de isolatieplaten (zie deel 1). Door de dakbedekking op een circulaire manier te ontwerpen zal niet alleen schade vermeden worden, maar ook tijd en moeite bespaard worden bij de volgende ontmanteling van dit plat dak.

3.2.4.2 Van plat dak naar hellend dak

Een alternatieve overweging is het hergebruik van rotswolplaten in een hellend dak. Echter, gezien het aanzienlijke verschil in densiteit tussen rotswolplaten van platte daken en die in hellende daken, lijkt deze optie minder gunstig. In hellende daken wordt rotswolisolatie met een lage densiteit gebruikt, aangezien het voldoende samendrukbaar moet zijn om tussen de dakspanten te passen. De stuggere en minder samendrukbare rotswolplaten afkomstig van platte daken zouden exact op maat gesneden moeten worden om tussen de spanten te passen. Deze methode van isolatie is inefficiënt en lijkt niet haalbaar. Een praktischere optie kan zijn om deze isolatie te hergebruiken in de zoldervloer. Door hun goede mechanische eigenschappen kunnen deze platen op een houten zoldervloer worden bevestigd met een eenvoudige afwerking erbovenop.

3.2.4.3 Van plat dak naar muur

Een volgende toepassing voor de hergebruikte rotswolisolatie is in een muuropbouw. Ook hier is er een groot verschil in densiteit, aangezien rotswolplaten die gebruikt worden in een muur een densiteit hebben van 35 tot 70 kg/m³. De rotswolplaten afkomstig uit een plat dak zullen dus veel zwaarder, en dus meer belastend zijn voor de verticale structuur waartegen ze worden aangebracht. Bovendien is de afnemende waterafstotendheid van oude rotswolisolatie geen voordeel in deze 'natte' toepassing. Vocht afkomstig van condensatie of inslaande regen zal ervoor zorgen dat deze platen meer vocht opnemen dan toegestaan in een nieuwe muuropbouw. Daarom zal in elk geval rekening moeten gehouden worden met de aanwezigheid van vocht in de muuropbouw. Suggesties zoals het integreren van een waterkerende folie of een geventileerde spouw kunnen hiervoor goede oplossingen zijn.

Natuurlijk bestaan er verschillende soorten muuropbouwen waarin isolatie gebruikt kan worden. De meest voorkomende is de spouwmuur. Hier zal de mogelijkheid om hergebruikte rotswolisolatie uit platte daken toe te passen vooral afhangen van de sterkte van de draagmuur waarop de isolatie bevestigd wordt. Aan de hand van extra stevige isolatiepluggen kunnen deze zwaardere platen bevestigd worden. Het vochtprobleem zal vooral afhangen van de oriëntatie van de muur, aangezien de westkant van een gebouw in België vaker te maken krijgt met regen en wind. Desondanks kan de spouw voor voldoende droging zorgen als deze goed geventileerd is. Een ander systeem die vooral toepast wordt bij het na-isoleren van spouwmuren is de inblaaswol. Zoals eerder vermeld kan dit een goede toepassing zijn voor de versnipperde rotswolisolatie die niet meer op zijn geheel kon hergebruikt worden (zie 3.2.1).

Een andere mogelijkheid is het hergebruiken in een zogenaamd ETICS-systeem (External Thermal Insulation Composite System). Dit is een buitengevelsysteem waarbij een buitenpleister aangebracht op de isolatie die bevestigd is aan de draagmuur. Problemen hier zullen vooral veroorzaakt worden door vocht tijdens de uitvoering, aangezien de aangebrachte wapenings-, hechtings- en pleisterlagen vaak vocht bevatten. Volgens TOTEM wordt de levensduur van isolatie gebruikt in dit systeem ingeschat op 40 jaar in de plaats van minimum 60 jaar bij spouwmuren of houtskelet wanden ("Levensduren in Totem", 2020). Doordat de isolatie moeilijk kan drogen of geventileerd worden in dit systeem, zal vocht dus een algemeen probleem vormen doorheen de levensduur van een gebouw.

Een ander soort muuropbouw is deze in een houtskeletbouw waar isolatie vooral tussen de houten stijlen bevestigd wordt. Hier kan opnieuw hetzelfde probleem aangehaald worden als bij hellende daken. Aangezien gerecupereerde rotswolplaten een vaste afmeting hebben zal het stijl- en regelwerk van de houtskeletwand moeten aangepast worden aan deze afmetingen. De platen versnijden op de juiste tussenafstand van de stijlen is ook een optie, maar dit zal veel tijd en moeite kosten. De aanwezigheid van overtollig vocht zal in deze toepassing minder problemen veroorzaken aangezien er

zowel een waterkerende folie aan de buitenzijde als een dampremmende folie aan de binnenzijde wordt bevestigd. Dit wordt ook vooral gedaan om het hout te beschermen, waardoor de isolatie ook meteen beschermd wordt tegen vocht.

Vervolgens kan rotswolisolatie ook nog toegepast worden in vliesgevels. Hierbij is opnieuw het draagvermogen van de structuur een belangrijke parameter om rotswolplaten met een hogere densiteit hierop te bevestigen. Aangezien vliesgevels vaak grote raampartijen moeten kunnen dragen lijkt dit niet echt een probleem. Net zoals bij houtskeletbouw wordt er hier een verticaal of horizontaal regelwerk voorzien om de isolatie tussen te bevestigen. Hier is het dus opnieuw belangrijk om dit regelwerk te ontwerpen in functie van de bestaande afmetingen van de platen. Daarenboven is een vliesgevel ook vaak geventileerd, wat kan helpen bij het drogen na een te hoge vochtopname.

Ten slotte zijn er nog de gemene muur en de binnenwand waarin rotswolisolatie kan toegepast worden. In beide gevallen zijn vooral de akoestische prestaties van de platen belangrijk. Daarom wordt ook aangeraden om hier testen op te doen of toch minstens een goede inschatting van te maken als deze hergebruikt worden in deze toepassing. Hoe dan ook is dit een veilige oplossing als het gaat om vocht, aangezien de isolatie in deze toepassing niet of heel weinig in contact komt met vocht.

De grootste struikelblokken om rotswolisolatie uit een plat dak te hergebruik in een muur zijn, vocht, structurele integriteit en de vaste afmetingen van de platen. Daarenboven moeten de platen telkens voldoende dik zijn om de maximaal toegestane U- waarde van $0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ te halen volgens de EPB-eisen. Met nieuwe rotswolproducten in een spouwmuur kan dit al gehaald worden vanaf platen met een dikte van 100mm (*ROCKWOOL*, z.d.-b). Zoals bewezen in dit onderzoek heeft rotswolisolatie op lange termijn geen verlies in thermische prestaties, maar over het algemeen heeft muurisolatie vaak een iets lagere warmtegeleidingscoëfficiënt ($0,032 - 0,035 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) dan platte dak isolatie ($0,040 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) (*ROCKWOOL*, z.d.-b). Hierdoor zullen platen uit een plat dak van minstens 120mm nodig zijn om te voldoen aan de eisen, afhankelijk van de andere componenten in de muuropbouw.

3.2.4.4 Van plat dak naar vloer

Tot slot kunnen hergebruikte rotswolplaten ook toegepast worden in een vloeropbouw. Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen vloeren in contact met de buitenomgeving en verdiepingsvloeren. De structuur van deze vloeren bestaat vaak uit een betonplaat of een houten roostering. Allereerst wordt er gekeken naar rotswolisolatie die hergebruikt wordt in vloeren met een houten roostering. Indien het gaat om een tussenvloer, dan is het grote voordeel dat deze potentiële hergebruikssituatie een droge toepassing is. Aangezien de isolatie zich binnen het verwarmd volume bevindt, is de kans veel kleiner dat deze isolatie veel in contact komt met vocht. Rotswolisolatie in tussenvloeren wordt immers meer gebruikt om akoestische prestaties te leveren. Indien deze prestaties voldoen aan de eisen voor de akoestiek dan kunnen hergebruikte platen eenvoudig bevestigd worden op, onder of tussen de houten roostering. Indien er rekening gehouden wordt met de bestaande afmetingen van de platen kunnen deze ook tussen de houten roostering bevestigd worden. Als de houten vloer grenst aan een buitenomgeving zoals de grond of een onverwarmde ruimte, dan zijn de thermische prestaties opnieuw belangrijk en zal er een dikker pakket isolatie voorzien worden. Het temperatuurverschil tussen binnen en buitenomgeving kan in deze hergebruikssituatie opnieuw voor de aanwezigheid van vocht zorgen door condens. Hierdoor moet het aanbrengen van een dampscherm steeds overwogen worden.

Tenslotte zijn er ook mogelijkheden om de rotswolplaten te hergebruiken bij een betonnen vloer. Bij een tussenvloer wordt dit vooral gebruikt als akoestische scheiding tussen twee verdiepen, wat op twee manieren kan uitgevoerd worden. Enerzijds kan de rotswolisolatie aan de onderkant van de

betonplaat mechanisch bevestigd worden en kan dit ook gezien worden als plafond isolatie. Dit wordt vaak toegepast in ondergrondse garages om het verdiep erboven voldoende akoestisch te scheiden. Opnieuw is dit een goede oplossing aangezien dit in een droge omgeving is. Bovendien is het mechanische bevestigen van deze isolatie een goed aspect naar toekomstige ontmanteling toe. Ook bij een vloer die grenst aan een buitenomgeving kan dit systeem toegepast worden.

Anderzijds kan de rotswolisolatie ook in een zwevende dekvloer verwerkt worden. Hier wordt de isolatie op de betonplaat gelegd, waarna er een waterkerende folie aangebracht wordt om de isolatie te beschermen van het vocht bij het aanbrengen van de dekvloer. De vloerverwarming of andere technische voorzieningen worden verwerkt in de dekvloer waarop dan de vloerafwerking komt. Door deze zwevende dekvloer vereist de vloeropbouw dus een isolatielaag die weinig samendrukbaar is en dus een hoge dichtheid vereist, zo wordt ook aangetoond in tabel 31. Het feit dat de rotswolisolatie uit een plat dak ook een hoge dichtheid heeft kan een voordeel zijn in deze nieuwe hergebruikssituatie. Deze belangrijke parameter wordt aangegeven aan de hand van samendrukbaarheidsklassen. Hoe minder samendrukbaar, hoe meer gebruiksbelasting de isolatie kan opnemen. De gebruiksbelasting verschilt naargelang de functie van het verdiep of gebouw. Aan de hand van de technische specificaties van verschillende types rotswolplaten (*ROCKWOOL*, z.d.-b) kan er een onderscheid gemaakt worden (tabel 31).

<i>Functie gebouw</i>	<i>Gebruiksbelasting</i>	<i>Samendrukbaarheidsklasse</i>
<i>Appartementen en woningen</i>	2 kPa (ca. 200 kg/m ²)	CP5
<i>Kantoren en scholen</i>	4 kPa (ca. 400 kg/m ²)	CP3
<i>Supermarkten en industriële gebouwen</i>	10 kPa (ca. 1000 kg/m ²)	CP2

Tabel 31: Gebruiksbelasting en samendrukbaarheidsklasse per functie, gebaseerd op producten van Rockwool

Deze samendrukbaarheidsklassen worden bepaald aan de hand van de norm NBN EN 12431. Om een voorbeeld te geven van hoe deze klassen getest worden op rotswolisolatie, wordt dit kort uitgelegd aan de hand van de samendrukbaarheidsklasse CP2 (NBN EN 12431, 2013). Voor CP2 geldt een maximale samendrukbaarheid “c” van 2mm. Deze samendrukbaarheid wordt volgens de norm bepaald als volgt:

$$c = d_L - d_B$$

Waarbij,

d_L = de dikte onder statische druk van 0,25 kPa (ca. 25 kg/m²)

d_B = de dikte onder statische druk van 2 kPa (ca. 200kg/m²) gemeten 2 minuten nadat er gedurende 2 minuten een statische druk van 50 kPa (ca. 5000 kg/m²) werd aangebracht.

Aangezien de bepaling van de samendrukbaarheidsklasse anders is dan de manier waarop de drukspanning bij 10% vervorming getest wordt, is het moeilijk om hiertussen een verband te vinden tussen beiden. Aangezien de BUtgb een minimum oplegt van 40 kPa bij 10% vervorming (zie 2.6.2) lijkt het niet onmogelijk om deze platen te hergebruiken in een zwevende dekvloer. Een optie zou dus kunnen zijn om tijdens het testen van de mechanische prestaties ook een bijkomende test te doen om de maximale gebruiksbelasting te bepalen van hergebruikte rotswolisolatie uit platte daken.

3.3 Streven naar een bepaalde garantie

Duurzaamheid van bouwmaterialen is iets wat hoog aangeschreven staat in de bouwsector, daarom zal er altijd vraag zijn naar de garantie op de fundamentele eisen van gerecupereerde isolatie. Indien er dus specifieke testen nodig zijn naargelang de eisen in de nieuwe toepassing, dan is dat vooral een economisch vraagstuk. Aangezien de kost hiervan hoger zal liggen, wordt hier een inspanning verwacht van de vragende partij. Ofwel zal die een hergebruik product kopen op basis van de standaard testen die zijn uitgevoerd na het verzamelen en zullen er aannames moeten gemaakt worden op de parameters. Ofwel worden er extra kosten voorzien voor het testen van specifieke prestaties van een product. Op die manier kan een bepaalde garantie opgebouwd worden in de vorm van een 'ATG-lightversie'.

3.3.1 De fundamentele eisen

Naast aanvullende eisen die eenvoudig kunnen getest worden in de standaard testprocedure beschreven in sectie 3.2.2, zijn er ook fundamentele eisen waaraan voldaan moet worden. Deze fundamentele eisen kunnen volgens het BBSM-project worden gedefinieerd als:

'De prestaties die wettelijk vereist en/of noodzakelijk zijn opdat het materiaal geschikt zou zijn voor het beoogde gebruik, rekening houdend met de gezondheid en veiligheid van de betrokken personen tijdens de volledige levensduur van het bouwwerk.' (Poncelet et al., 2021b, p.8)

Fundamentele eisen	Kenmerken van isolatiematerialen van minerale wol	Te bereiken of te declareren prestatie ¹		Toepassing
		Op te geven klassen of niveaus	Te bereiken klassen of niveaus	
Brandveiligheid	Brandreactie	Brandreactieklasse voor het volledige systeem (inclusief de onderliggende lagen en de bevestigingsmethode) ²	Eisen van het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing.	Bouwwerken onderworpen aan eisen inzake brandreactie
Energiebesparing en thermische isolatie	Thermische eigenschappen	Warmtegeleidingsniveaus en warmteweerstand, indien van toepassing	Bijdragen aan de globale prestatie van een systeem of bouwwerk - Moet ervoor zorgen dat de U- en R-waarden worden gehaald die bepaald zijn door de geldende gewestelijke verordeningen.	Toepassing als warmte-isolatie
		Dikte		
Hygiëne, gezondheid en milieu	Gevaarlijke stoffen	Opgave van de emissies / het gehalte aan gevaarlijke stoffen	Afwezigheid van gevaarlijke stoffen (vezels)	Alle toepassingen

¹ Indien nodig, zie bijkomende voorwaarden voor de declaratie van niveaus en klassen in de wetgeving en de normen rond de uitvoeringsmaatregelen van deze eisen.

² Tenzij de onderliggende lagen worden beschermd door een constructiedeel met een brandwerend vermogen K. Meer informatie in het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994.

Tabel 32: Overzicht van de fundamentele eisen bij (her)gebruik van minerale wol isolatie, overgenomen uit de 'Product-toepassingsfiche: producten van minerale wol voor hergebruik in thermische isolatie', BBSM, 2021

Deze fundamentele eisen gelden voor nieuw geproduceerde minerale wol isolatie. Aangezien er nog geen wettelijk kader is die beschrijft welke eisen er gelden voor hergebruikte minerale wol isolatie, worden deze eisen gebruikt als referentie. De drie fundamentele eisen voor minerale wol isolatie worden beschreven in de product-toepassingsfiche voor hergebruik van minerale wol isolatie en worden weergegeven in tabel 32, overgenomen uit de product-toepassingsfiche (Poncelet et al., 2021b).

Een eerste fundamentele eis voor (her)gebruik van minerale wol isolatie is de brandreactie. De eisen omtrent brandveiligheid staan beschreven in *Het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de gebouwen moeten voldoen* (7 juli 1994.- Koninklijk Besluit). De brandreactie voor een product wordt omschreven aan de hand van het EUROCLASS systeem. Minerale wol isolatie wordt beschouwd als een isolatiemateriaal dat van nature niet brandbaar is. Uit de verschillende brandtesten blijkt dan ook dat zowel rotswol (Rockwool, 2021) als glaswol (Brandveiligheid, z.d.) tot de hoogste Euro-brandklasse A1 behoren. Om aan deze brandklasse te voldoen moet de minerale wol isolatie 4 brandtesten doorstaan, namelijk de Single Burning Item test (SBI test), de Calorische Bom test, de Kleine Vlam test en de ISO-oven test (Rockwool, 2021). Het spreekt voor zich dat deze testen enorm veel tijd, geld en energie kosten. Binnen het concept van een recuperatiebedrijf dat de prestaties van oude minerale wol isolatie moet testen is het dus niet echt mogelijk om deze testen uit te voeren, en dus deze fundamentele eis volledig wettelijk na te komen.

De tweede eis betreft de thermische prestatie van de minerale wol isolatie en werd in dit onderzoek al uitvoerig besproken. De belangrijkste waarde die moet nagekomen worden is de maximum toegestane U-waarde van $0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ voor alle opake scheidingsconstructies, met uitzondering van deuren, poorten en lichte gevels (Energiebesluit: Bijlage VII, 2019). Hierbij zal de R-waarde en dus ook de dikte van de isolatie een grote rol spelen. Ten opzichte van de brandtesten is het bepalen van de warmtegeleidbaarheid een test die veel meer haalbaar is binnen een fictief recuperatiebedrijf. Daarom werd ook besloten in sectie 3.2.2 dat het aanschaffen van een testopstelling voor het meten van de warmtegeleidingscoëfficiënt afhankelijk is van de groei van het bedrijf.

De derde en laatste eis heeft betrekking op de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in de minerale wol producten. Hier gaat het om twee soorten gevaarlijke stoffen die minerale wol zou kunnen afgeven aan zijn omgeving, namelijk vluchtige organische stoffen (VOS) en vezels. In België is er momenteel geen specifieke regelgeving voor de emissie van vluchtige organische stoffen, buiten een verordening die enkel geldt voor vloerbedekkingsmaterialen (Poncelet et al., 2021b). Om deze aanwezigheid van gevaarlijke stoffen te testen moeten er specifieke testen gebeuren naar de chemisch samenstelling. Dit is iets dat enkel extern kan gebeuren, waardoor de kosten ook hier hoog kunnen oplopen.

De reden waarom deze drie eisen niet reeks in de standaard testprocedure worden opgenomen is omdat deze testen veel tijd, geld en energie kosten. Daarom is het de bedoeling om op dit moment een gulden middenweg te vinden voor de hergebruiksector van isolatiematerialen. Naar de toekomst toe is er nog veel ruimte om te evolueren naar een kader rond het al dan niet verplicht testen en garanderen van prestaties van hergebruikte isolatie. In dit onderzoek worden er twee opties voorgesteld om om te gaan met deze garantie. Een eerste optie is om aannames te maken van alle fundamentele en eventueel aanvullende parameters die belangrijk zijn voor minerale wol isolatie. Hierbij zal de garantie vaak afhangen van de berekening met veiligheidsfactoren ofwel resultaten van algemene onderzoeken. De andere optie is om als fictief bedrijf de prestaties te garanderen aan de hand van een eigen technische goedkeuring onder de vorm van een ATG 'light'-versie voor een specifieke batch minerale wol isolatie. Beide opties worden in volgende twee onderdelen besproken.

3.3.2 Aannames maken op de parameters

Allereerst wordt er gekeken naar welke aanname er kan gemaakt worden op de eisen rond brandveiligheid. Zoals eerder vermeld behoort minerale wol isolatie tot de beste Euro-brandklasse A1 voor nieuw geproduceerde producten. In de product-toepassingsfiches wordt er vermeld dat de brandreactie van gebruikte minerale wol isolatie zeer weinig onderhevig is aan veroudering (Poncelet et al., 2021b). Daarbij wordt ook vermeld dat de algemene productnorm (NBN EN 13162 + A1, 2015) stelt dat de brandreacties van producten van minerale wol niet veranderen in de tijd indien aan één van deze twee voorwaarden voldaan wordt (Poncelet et al., 2021b):

- 1) *Indien de prestaties zijn opgegeven overeenkomstig met EN 13501-1 en de basisregels voor montage en bevestiging zijn gevolgd zoals in EN 15715*
- 2) *Indien het product niet meer dan 1,0% in gewicht organisch materiaal bevat (aangetoond volgens EN 13820). Dit gehalte aan organische stof mag volgens de productnorm niet toenemen in de loop van de tijd.*

In deze gevallen mag een aanname gedaan worden dat het materiaal tot klasse A1 behoort. Bovendien moeten er geen aannames gedaan worden voor industriële gebouwen, gebouwen met maximaal 2 verdiepingen en een oppervlakte kleiner dan 100 m² en eengezinswoningen. Uit *Het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de gebouwen moeten voldoen* (7 juli 1994.- Koninklijk Besluit) blijkt namelijk dat de eisen inzake brandreactie voor deze drie gevallen niet van toepassing zijn (Poncelet et al., 2021b). Indien de hergebruiktoepassing tot één van deze drie gevallen behoort moet er dus geen bewijs voorgelegd worden van de brandreactie van de minerale wol isolatie.

Ten tweede kunnen er ook aannames gedaan worden op de thermische prestaties van oude minerale wol isolatie. Het transmissiereferentiedocument schrijft in het kader van de EPB-eisen een waarde voor indien de lambda-waarde van een minerale wol product niet gekend is (Transmissie Referentie Document, 2018). Deze waarde bedraagt 0,050 W/m.K en werd ook als grenswaarde aangeduid bij de resultaten van de uitgevoerde testen in sectie 2.8. Hieruit kon namelijk geconcludeerd worden dat deze waarde bij ontstentenis veel te hoog is aangezien de warmtegeleidbaarheid van minerale wol isolatie niet afneemt. Een optie zou dus zijn om op basis van verschillende onderzoeken deze waarde specifiek voor minerale wol isolatie te verlagen naar bijvoorbeeld 0,045 W/m.K. Een andere optie zou zijn om met een bepaalde veiligheidsfactor te werken op de lambda-waarde die beschreven staat in oude technische documentatie. Dit kan uiteraard enkel indien het type isolatie met zekerheid kan vastgelegd worden. Op deze twee manieren zullen isolatiepakketten minder overgedimensioneerd worden in een hergebruiktoepassing, waardoor het materiaal op een efficiëntere manier (her)gebruikt wordt. Indien er wel testen mogelijk zouden zijn binnen het bedrijf, dan moeten er minstens 10 testresultaten voorgelegd kunnen worden om een gedeclareerde lambda-waarde uit te komen volgens de productnorm (NBN EN 13162 + A1, 2015). Deze manier van testen is niet gebaseerd op een hergebruiksituatie, maar op de statistische aanpak bij massaproductie. Daarom zal er moeten afgewogen worden waaruit het meeste voordeel gehaald kan worden, namelijk de aannames volgens de EPB-eisen of het meervoudig testen om een gedeclareerde waarde uit te komen. Hoe dan ook is deze afweging voer voor discussie aangezien de EPB-eisen streng gereguleerd zijn en zelfs sancties of boetes kunnen uitschrijven indien de eisen niet nagekomen worden.

Ten slotte moet er nog een inschatting gemaakt worden over aanwezige gevaarlijke stoffen. In de product-toepassingsfiches wordt beweerd dat een toename van vluchtige organische stoffen (VOS) veroorzaakt wordt op verschillende manieren (Poncelet et al., 2021b). Allereerst kunnen gebruikte lijmen of bindmiddelen in minerale wol VOS uitstoten. De aanwezige luchtvochtigheid zou ook een rol spelen aangezien het emissiegehalte zou stijgen bij hoge vochtgehalten. Tenslotte komt er ook VOS vrij bij schimmelvorming. Een eerste visuele analyse op schimmels kan dus een eenvoudige stap zijn in de procedure. Uiteraard is het belangrijk om te weten wat de gevaren zijn van oude minerale wol isolatie

op vlak van gezondheid en hygiëne. Daarom kan er als bedrijf een eigen onderzoek opgestart worden naar de gevaren op vlak van deze stoffen. Dit niet alleen om potentiële kopers gerust te stellen, maar ook in het kader van een algemene regelgeving die in de toekomst een garantie kan bieden omtrent de algemene aanwezigheid van gevaarlijke stoffen.

Andere aanvullende eisen zijn afhankelijk van de hergebruikstoepassing en kunnen in overweging genomen worden nadat de nieuwe toepassing bepaald is. Bovendien kosten deze specifieke testen iets minder tijd en geld, waardoor het aan de potentiële koper is om te beslissen om hier een meerprijs voor te betalen. Doorheen de tijd is het zo de bedoeling om als bedrijf ervaring op te doen in het onderzoek en resultaten te verzamelen van verschillende eigenschappen van oude minerale wol isolatie. Op die manier kunnen er bepaalde procedures ontwikkeld worden waar in de toekomst gewoon een algemene aanname kan gedaan worden op basis van deze onderzoeken.

3.3.3 Een ATG 'light'-versie voor hergebruikte isolatie?

Tot slot wordt nog een andere optie besproken omtrent het verzekeren van de prestaties van minerale wol. Een algemene ATG opstellen voor hergebruikte isolatie zou niet echt haalbaar zijn, aangezien de technische richtlijnen en prestaties afhankelijk zijn van de nieuwe toepassing. Daarom wordt in dit idee voorgesteld om per batch isolatie een specifieke technische goedkeuring op te stellen die alle relevante aspecten beschrijven in de nieuwe hergebruiktoepassing. In deze masterproef wordt het benoemd onder de naam 'ATG-light', maar uiteraard wordt deze benaming enkel conceptueel gebruikt. Het kan gezien worden als een soort eenvoudig certificaat/label dat gebaseerd is op een standaard versie voor hergebruikte minerale wol isolatie. Deze standaardversie bevat niet alleen aannames afkomstig uit wetenschappelijke onderzoeken, maar ook algemene richtlijnen voor het integreren van het hergebruikproduct in een nieuwe opbouw. Deze standaardversie kan vervolgens aangevuld worden met de gegevens die verzameld worden in de database (zie 3.2.2), namelijk algemene informatie over de historiek, de hoeveelheid, de afmetingen, het type isolatie en resultaten van de standaardtesten. Op die manier moet er voor een bepaalde garantie gezorgd worden voor de potentiële koper van deze hergebruikproducten. Afhankelijk van de nieuwe toepassing en de wil van de koper kunnen er ook extra testen uitgevoerd worden om ook een garantie te bieden op aanvullende prestaties. Ook deze resultaten zullen vervolgens in de ATG-light opgenomen worden.

Zoals eerder vermeld is het ook de bedoeling om in deze standaardversie richtlijnen op te nemen omtrent de integratie in de nieuwe opbouw. Deze richtlijnen zijn vooral gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek en ervaring. Bijvoorbeeld hoe er kan omgegaan worden als een hergebruikproduct gecombineerd wordt met een nieuw isolatieproduct of een anders soort isolatieproduct (bv. PU-isolatie). Het opbouwen van deze richtlijnen valt zeker niet te onderschatten en zal veel tijd kosten eens ze veel mogelijke hergebruiksituaties goed kunnen beschrijven. Daarom is het durven hergebruiken van minerale wol isolatie via een fictief bedrijf niet alleen goed voor het milieu, maar ook goed voor de toekomst van de hergebruiksector. Aangezien een bedrijf als dit uit elke casestudie ervaring kan opbouwen omtrent het richtinggevend kader die gebruikt wordt in deze ATG-light. Er wordt dan ook van het bedrijf verwacht dat ze elk jaar een nieuwe en meer uitgebreide versie uitbrengen die dan gecontroleerd kan worden aan de hand van een audit.

Tot slot moet er nogmaals benadrukt worden dat het gaat om ideeën om een kader te ontwikkelen omtrent de garantie op prestaties. Een verplichte CE-markering voor hergebruikte isolatie lijkt voorlopig nog ver weg van haalbaar en is ook duidelijk voer voor discussie. Om toch al ergens te beginnen werden daarom verschillende opties voorgesteld in dit onderdeel. Desalniettemin moet het doel zijn om in de toekomst ook een duidelijke regelgeving te ontwikkelen omtrent de CE-markering van hergebruikte isolatiematerialen. Bovendien wordt er in het technisch kader voor hergebruiksmaterialen (Poncelet et

al., 2021a) een voorbeeld weergegeven waarin het verkrijgen van een certificaat wel gelukt is. Een Deens bedrijf heeft namelijk een CE-markering gekregen voor recuperatiebakstenen. Via een Europese technische beoordelingsprocedure konden de bepaalde prestaties opgegeven worden via een prestatieverklaring (DoP – Declaration of Performance) (Ghyoot, 2018).

3.4 Streven naar een minimum aan milieukost

Dit laatste doel heeft betrekking op de volledige procedure om minerale wol isolatie te hergebruiken. Hierbij is het uiteraard niet de bedoeling dat hergebruik meer milieukosten met zich meebrengt dan wanneer het als afval verwerkt wordt. Daarom wordt er altijd gestreefd om beter te doen dan vandaag. Hoe en waar de verhoging van de milieukost zoveel mogelijk moet vermeden worden zal afhangen van de hergebruiksituatie.

3.4.1 Beter doen dan vandaag

Net zoals beschreven wordt in de vraagstelling en methodiek van deze scriptie (zie 0.2) vraagt het produceren van isolatieproducten een grote hoeveelheid aan energie. Daarbovenop heeft zowel het transport als de uiteindelijke verwerking tot afval een aanzienlijke impact op het milieu. Uit een gesprek met de zaakvoerder van een afvalverwerkingsbedrijf (GG Recup) werd geconcludeerd dat momenteel weinig minerale wol isolatie gerecupereerd kan worden en dus in de verbrandingsoven terecht komt (G. Gilgemyn, persoonlijke communicatie, 6 juli 2023). Deze verbrandingsovens moeten op die manier warmte en elektriciteit opwekken. Hoeveel netto-energie winst er gemaakt wordt valt nog te betwijfelen als het gaat om de verbranding van minerale wol isolatie. Aangezien minerale wol als niet brandbaar wordt beschouwd, kan er verondersteld worden dat het verbrandingsproces veel warmte en energie nodig heeft om dit verbrandingsproces op te starten. Binnen dit onderzoek konden geen exacte waarden verzameld worden, maar er kan zeker vanuit gegaan worden dat de milieukost niet bepaald laag ligt indien het op de afvalhoop terecht komt. Niet alleen het verbranden, maar ook het transporteren en verwerken van de isolatie dragen hiertoe bij.

Bovendien is de kans heel groot dat de minerale wol isolatie die tot afval verwerkt wordt nog niet zijn maximale levensduur heeft bereikt. De TOTEM-tool geeft aan dat de levensduur van rotswolisolatie in een plat dak, hellend dak, spouwmuur of skeletwand minstens 60 jaar bedraagt. Voor rotswolisolatie die toegepast wordt in het ETICS-gevelsysteem wordt deze waarde geschat op 40 jaar en voor rotswolisolatie in een verlaagd plafond 30 jaar ("Levensduren in Totem", 2020). Daarom kan nogmaals benadrukt worden dat hergebruik alle potentieel van deze materialen eruit haalt.

Over het algemeen kan dus als doel gesteld worden om zo energieneutraal mogelijk te werken en proberen beter te doen dan vandaag. Alle energie en milieukost die het product al met zich heeft meegebracht kan niet meer teruggedraaid worden. Aan de milieukost die een isolatieproduct met zich meebrengt kan nog gewerkt worden. Daarom moet het hergebruiken van isolatie extra voldoening geven aan de ingebedde energie en milieu-impact en mag de milieukost zeker niet hoger liggen dan wanneer het als afval wordt verwerkt.

3.4.2 Milieukost vermijden bij een hergebruiksituatie

Om deze doelstelling zo goed mogelijk te behalen, moet er bij elke stap van de procedure goed nagedacht worden over de milieu-impact. Dit begint al direct bij de eerste stap, waar een netwerk wordt opgebouwd om projecten met vrijgekomen minerale wol isolatie te verzamelen. Hierbij is het belangrijk dat er gewerkt wordt binnen een bepaalde perimeter rond de opslagplaats(en) van het bedrijf. Dit zal in een volgende stap het transport minder milieubelastend maken. Indien er vervolgens

isolatie moet ontmanteld worden uit een project, dan moet dit gebeuren met zo weinig mogelijk gebruik van energie. In deel 1 van deze masterproef werd de ontmanteling telkens beschreven en kan er geconcludeerd worden dat deze ontmanteling vooral handarbeid is. Er zijn dus weinig energievervlindende tools nodig om minerale wol isolatie te ontmantelen uit een plat dak. Als de isolatie vervolgens getransporteerd wordt is het belangrijk om een goede logistiek aan te houden. Dit betekent om zo lokaal mogelijk te werken en telkens de meest efficiënte oplossing te zoeken door het ophalen en leveren van isolatie te combineren.

Eens de ontmantelde isolatie bij het bedrijf toegekomen is zal de visuele sortering bepalen als de isolatie op zijn geheel hergebruikt kan worden of verwerkt zal worden tot een recyclageproduct. In dit laatste geval moet ervoor gezorgd worden dat de recyclageprocessen (versnipperen, samendrukken, opwarmen, ...) geen te hoge energiekost met zich meebrengen. Deze zal altijd in balans moeten zijn met de energie die bespaard wordt om dit recyclageproduct te kunnen inzetten in een nieuwe toepassing. Vervolgens kan ook nog iets algemeen gezegd worden over het stockeren van de isolatie batches. Deze moeten onder gunstige omstandigheden bewaard worden, maar dit wil niet zeggen dat de opslagloods in de winter volledig moet verwarmd worden. Het energieverbruik van de infrastructuur van het bedrijf speelt dus ook een belangrijke rol (zonnepanelen, hernieuwbare energie,...).

Tenslotte kan ook nog iets gezegd worden over de testen die moeten uitgevoerd worden op de verzamelde isolatieplaten. De standaardtesten die binnen het bedrijf gebeuren worden verondersteld weinig tot niet energievervlindend te zijn. Extra testen naar de specificaties daarentegen moeten vaak extern gebeuren, waardoor hier opnieuw een klein aandeel aan transport bij te pas komt. Natuurlijk is deze heel beperkt aangezien testen telkens maar op enkele stalen gebeuren. Daarbij kan ook verondersteld worden dat een groeiend bedrijf ook investeringen kan doen in eigen testopstellingen zodat deze niet extern moeten gebeuren. Hierbij moet opnieuw gekeken worden naar het specifieke energieverbruik van deze testopstellingen.

In het besluit dat hierop volgt wordt er aan de hand van een symbool (fig. 7) telkens aangeduid wanneer specifieke aandacht nodig is om de milieukost te vermijden in deze specifieke stap.

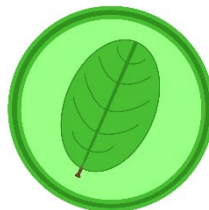
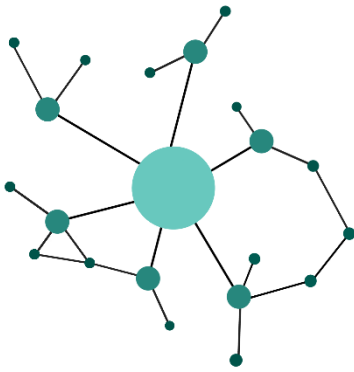


Fig. 7: Symbool voor aandacht milieukost in het stappenplan

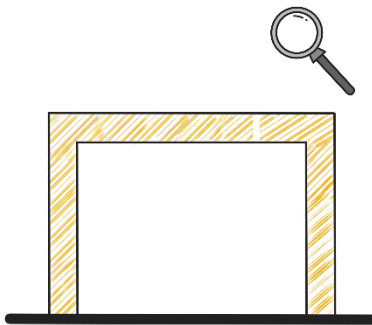
4. Besluit - een recuperatiebedrijf voor minerale wol isolatie

Voordat er tot een algemeen besluit kan gekomen worden, is het belangrijk op te merken dat er een zekere bias in dit onderzoek aanwezig is vanwege het beperkte aantal onderzochte casestudies. Bovendien zijn niet alle prestatieaspecten van de verzamelde rotswolisolatie getest en gaat dit specifiek over rotswolisolatie uit platte daken. Ondanks deze beperkingen blijven de resultaten van dit onderzoek van relatieve waarde binnen de context van Vlaanderen, wat kan dienen als stimulans om verder onderzoek te doen naar de herbruikbaarheid van minerale wol isolatie. Om een algemeen besluit te vormen over deze masterproef worden alle vaststellingen en conclusies uit dit onderzoek verwerkt in één concreet stappenplan van hoe een fictief bedrijf minerale wol isolatie kan recupereren en verhandelen. Hierin wordt elke stap telkens verduidelijkt aan de hand van een korte uitleg en een vereenvoudigde figuur. Aan de hand van een specifiek symbool (fig. 7) wordt ook aangeduid in welke specifieke stap er aandacht nodig is omtrent het energieverbruik en de milieu-impact. Op die manier wordt de lange levensduur van minerale wol isolatie ten volle benut en gaat de energie die in deze producten is gestoken niet zomaar verloren. Hierbij wordt nogmaals vermeld dat dit stappenplan enkel een idee is, en dus als fictief moet beschouwd worden. Dit kort besluit is gebaseerd op een beperkte hoeveelheid informatie en geeft dan ook enkel richtlijnen of ideeën weer.



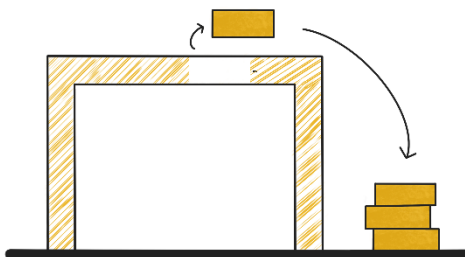
STAP 1: Netwerken

- Projecten verzamelen met minerale wol isolatie
- Via verschillende partijen
- Netwerk opbouwen



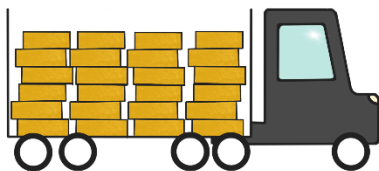
STAP 2: Inspectie oorspronkelijke situatie

- Nagaan van de dakopbouw
- Inschatten van de hoeveelheid
- Informatie verzamelen over isolatie (leeftijd, type, bevestiging,...)



STAP 3: Ontmantelen & verzamelen

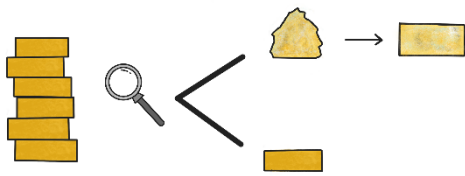
- Juiste ontmanteltechniek aan de hand van de inspectie
- Kan ook door externe aannemer gebeuren
- Isolatie horizontaal stapelen beschut tegen vocht
- Klaarmaken voor transport
- Vanaf nu een 'batch' isolatie



STAP 4: Transporteren

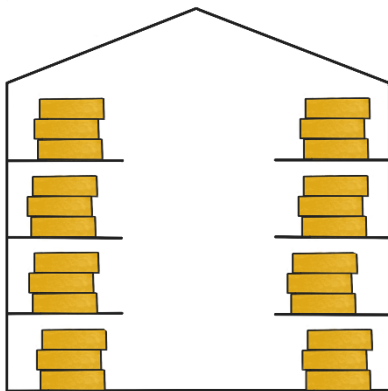
- Zo lokaal en efficiënt mogelijk
- Logistiek belangrijk





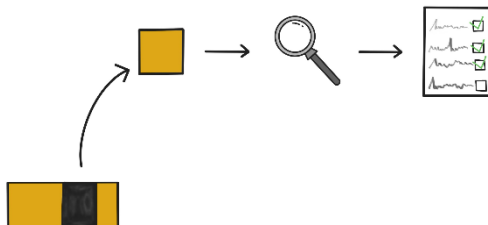
STAP 5: Analyseren & sorteren

- Visueel sorteren
- Keuze maken op basis van toestand van de isolatie:
 - Geheel hergebruiken
 - Verwerken tot recyclageproduct (nog te ontwikkelen)



STAP 6: Stockeren

- Batches stockeren per type
- Geschikte opslagplaats
- Prestaties behouden
- Voorzieningen opslagloods

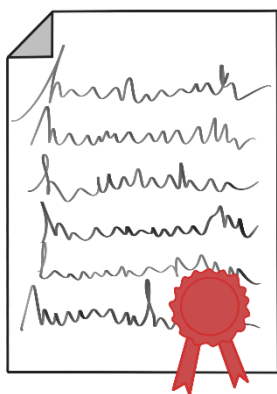
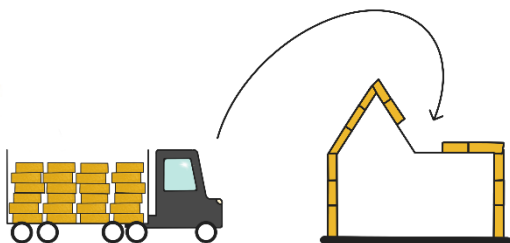


STAP 7: Beoordeling technische prestaties

- Standaardprocedure
- Weinig intensieve testen
- Eenvoudige testprocedure:
 - Dimensies
 - Densiteit
 - Waterabsorptie
- Aanvullende testprocedure:
 - Samendrukbaarheid
 - Ponsweerstand
 - Warmtegeleiding



Sorto	Overzicht	Analysen	Analysen



STAP 8: Inventariseren

- Overzicht van alle batches
- Op basis van een database
- Informatie over:
 - Historiek
 - Prestaties
 - Type isolatie
- In functie van verkoop

STAP 9: Herbestemmen

- Evenwaardige toepassing zoeken
- Eventueel bewerken naar nieuwe toepassing
- Verkoop
- Transport naar werf
- Integratie in nieuwe opbouw



STAP 10: Garantie

- Fundamentele eisen
- Keuze:
 - Aannames op parameters
 - Specifieke testen
- 'ATG-light'
- Certificering voor hergebruikmaterialen
- Ervaring opbouwen in veelgebruikte toepassingen



Fig. 8: Stappenplan voor fictief recuperatiebedrijf

5. Referenties

Figuren

- Fig. 1 Overgenomen van CINARK - Centre for Industrialised Architecture, The Royal Danish Academy – Architecture, Design, Conservation
CINARK, & Zepernick Jensen, J. (2019). *The construction material pyramid*. Materialepyramiden. <https://www.materialepyramiden.dk/>
- Fig. 2 Eigen figuur. *Overzicht van alle betrokken partijen, gesorteerd per soort*
- Fig. 3 Eigen figuur. *Mapping van alle besproken casestudies*
- Fig. 4 Overgenomen uit de norm NBN EN 12667
NBN EN 12667. (2001). *Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance*. CEN, Brussel, België.
- Fig. 5 Overgenomen van Vlaanderen Circulair
Vlaanderen Circulair. (z.d.). *Wat is circulair bouwen?* Geraadpleegd op 12 augustus 2023, van <https://bouwen.vlaanderen-circulair.be/nl/wat-is-het>
- Fig. 6 Overgenomen uit technisch kader voor hergebruikmaterialen
Poncelet, F., (WTCB), Vrijders, J., (WTCB), & BBSM. (2021b). *Product-toepassingsfiche: producten van minerale wol voor hergebruik in thermische isolatie*. <https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2022/07/BBSM-WP6-Product-toepassingsfiche-Hergebruik-van-minerale-isolatie-voor-thermische-isolatie-1.pdf>
- Fig. 7 Eigen figuur. *Symbol voor aandacht milieukost in het stappenplan*
- Fig. 8 Eigen figuur. *Stappenplan voor fictief recuperatiebedrijf*

Afbeeldingen

- Afb. 1 en 2 Foto's gekregen van Arnout Verstraete (Devagro).
- Afb. 3 en 4 Foto's gekregen van Steven Meersman (B²ASC).
- Afb. 5 Foto gekregen van Anthony Tijtgat (Asfaltwerken Tijtgat NV)
- Afb. 6 Eigen foto.
- Afb. 7 Foto gehaald van de Opalis website.
Opalis & Huismus bvba. (z.d.). *Recupmarkt magazijn van Huismus bvba*. <https://opalis.eu/nl/handelaars/huisumus-recupmarkt>
- Afb. 8 tot 21 Eigen foto's.
- Afb. 22 Foto overgenomen uit
700 ton asbest wordt uit leegstaand Heilig Hartziekenhuis gehaald. (z.d.). Focus en WTV. <https://www.focus-wtv.be/nieuws/700-ton-asbest-wordt-uit-leegstaand-heilig-hartziekenhuis-gehaald>
- Afb. 23 Foto overgenomen en bewerkt van

	Google Maps. (z.d.). https://www.google.com/maps
Afb. 24 tot 44	Eigen foto's.
Afb. 45	Foto overgenomen van Google Maps. (z.d.). https://www.google.com/maps
Afb. 46 tot 49	Eigen foto's.
Afb. 50	Foto overgenomen van Google Maps. (z.d.). https://www.google.com/maps
Afb. 51 tot 84	Eigen foto's

Tabellen

Tabel 1	Aangepast overgenomen uit ' <i>Circular buildings – meetmethodiek losmaakbaarheid 2.0</i> ' van Vliet, M., (Alba Concepts), van Grinsven, J., (Alba Concepts), & Teunizen, J., (Alba Concepts). (2021). <i>Circular Buildings: Meetmethodiek losmaakbaarheid 2.0</i> . In Dutch Green Building Council. https://www.dgbc.nl/publicaties/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v20-41
Tabel 2 tot 31	Eigen tabellen.
Tabel 32	Aangepast overgenomen uit Poncelet, F., (WTCB), Vrijders, J., (WTCB), & BBSM. (2021b). <i>Product-toepassingsfiche: producten van minerale wol voor hergebruik in thermische isolatie</i> . https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2022/07/BBSM-WP6-Product-toepassingsfiche-Hergebruik-van-minerale-isolatie-voor-thermische-isolatie-1.pdf

Grafieken

Grafiek 1 tot 26	Eigen grafieken.
------------------	------------------

Bibliografie

7 juli 1994. - *Koninklijk Besluit tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing, waaraan gebouwen [...] moeten voldoen*. Titel gewijzigd door KB 2016-12-07/20, art. 1, 009; Van kracht: 01-04-2017

Afdeling Energie en Klimaat (WTCB). (2009). *Materiaal voor thermische isolatie: Productspecifieke procedures* [Dataset]. In Productgegevensdatabank in het kader van de EPB-regelgeving.
https://epbd.be/wp-content/uploads/2020/11/doc_1.1_S.a_NL_isolatiemateriaal_v2.2_20090804.pdf

ATG 03/H577-2. (2003). *Productgoedkeuring met Certificatie: Minerale Wol – Rotswol (MW)*. BUtgb-UBAtc, Rockwool, België. https://api.butgb-ubatc.be/api/public/file/ATG03H577-01B_050201_1.pdf?_ga=2.71519056.2109706237.1692294040-1226137675.1682348592&_gl=1*_ngn9wr*_ga*MTIyNjEzNzY3NS4xNjgyMzQ4NTky*_ga_0R3EB16CHF*MTY5MjI5NDZAzOS4xMy4xLjE2OTIyOTQxNjEuMC4wLjA.

ATG 04/2413. (2004). *Technische Goedkeuring met Certificatie: Isolatiesysteem voor warm dak Taurox DUO NP, Taurox DUO NP Bitufilm, Taurox DUO Bitumen*. BUtgb, Rockwool, België.

ATG 11/2413. (2011). *Technische Goedkeuring ATG met Certificatie: Isolatiesysteem voor warm dak Taurox DUO NP, Taurox DUO NP Bitufilm, Taurox DUO Bitumen*. BUtgb, BCCA, Rockwool, België.

ATG 11/2601. (2011). *Technische Goedkeuring ATG met Certificatie: Isolatiesysteem voor warm dak Rhinox, Rhinox film, Rhinox Afschot en Rhinox Afschot film*. BUtgb, BCCA, Rockwool, België.

ATG 94/1685. (1994). *Technische Goedkeuring met Certificaat: Isolatiesysteem voor warm dak Rockwool serie 340 type 341, 345, 348 en 349*. BUtgb, Rockwool, België.

Brandveiligheid. (z.d.). Knauf Insulation.

<https://www.knaufinsulation.nl/kenniscentrum/brandveiligheid#:~:text=Alle%20onbektelede%20gl aswol%20isolatie%2C%20minerale,goede%20keuze%20voor%20brandveilig%20bouwen>

CINARK, & Zepernick Jensen, J. (2019). *The construction material pyramid*. Materialepyramiden. <https://www.materialepyramiden.dk/>

Dakisolatie is verplicht. (z.d.). www.vlaanderen.be.

<https://www.vlaanderen.be/woningkwaliteitsnormen/dakisolatie-is-verplicht>

Debacker, W., (VITO), Vrijders, J., (WTCB), Voorter, J., (UHasselt), Vergauwen, A., (WTCB), Bergmans, J., (VITO), Stouthuysen, P., (Datavisser), & OVAM. (2021). *Urban Mining van gebouwen*. Vlaanderen Circulair. https://vlaanderen-circulair.be/src/Fontend/Files/userfiles/files/FINAL%20Eindrapport%20Deelopdracht%201_versi e%2020210329_hoge%20resolutie.pdf

DuBIT (Odisee Hogeschool), Bouwfysica (UGent), & WTCB (Buildwise). (z.d.). *To bio or not to bio*. milieubewust isoleren. <https://www.milieubewustisoleren.be/>

Energiebesluit: Bijlage VII. (2019). *Maximaal toelaatbare U-waarden of minimaal te realiseren R-waarde*.

https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1659708731/Energiebesluit_Bijlage_VII_Maximaal_toelaatbare_U-waarden_of_minimaal_te_realiseren_R-waarden_xqmmqs.pdf

EURIMA & FIW München. (2016). *Durability Project Mineral wool* (E3.3-2016/01).

https://www.rockwool.com/sybsiteassets/rw-uk/downloads/brochures/fiw_e3-3_2016_01- eurima-brussels_durability-project.pdf

European Commission (EU). (z.d.). *Energy performance of buildings directive*.

https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

FIDO. (2018). *Brochure SDG's* [Brochure]. Federaal Instituut voor Duurzame Ontwikkeling.

Füchsl, S., Rheude, F., & Röder, H. (2022). *Life cycle assessment (LCA) of thermal insulation materials: A critical review*. *Cleaner materials*, 5, 100119. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100119>

Ghyoot M. (2018). *How to assess the functional adequacy of reused construction elements*. *Synthese rondetafel nr.3*, BBSM meeting, [pdf online] <https://www.bbsm.brussels>.

HuisMus bv. (z.d.). *TROVO*. <https://www.trovo.be/>

Interreg North-West Europe. (z.d.). *FCRBE - Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe*. <https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/>

Langmans, J., & Roels, S. (2017). *Durability assessment of mineral wool insulation: what are the thermal properties after 20 years?* Department of Civil Engineering, Building Physics Section, KU Leuven, University of Leuven.

Levensduren in Totem. (2020). In *totem-building*. <https://www.totem-building.be/>

MOAT No. 27. (1983). *General Directive for the Assessment of Roof Waterproofing Systems*. UEAtc, EU.

MOAT No. 50. (1992). *Technical guidelines for the assessment of thermal insulation systems intended for supporting waterproof coverings on flat and sloping roofs*. UEAtc, EU.

NBN B 62-001. (1974). *Thermische isolatie – Wintervoorwaarden*.

NBN EN 12087. (2013). *Thermal insulating products for building applications - Determination of long term water absorption by immersion*. CEN, Brussel, België.

NBN EN 12430. (2013). *Thermal insulating products for building applications - Determination of behaviour under point load*. CEN, Brussel, België.

NBN EN 12431. (2013). *Thermal insulating products for building applications - Determination of thickness for floating floor insulating products*. CEN, Brussel, België.

NBN EN 12667. (2001). *Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance*. CEN, Brussel, België.

NBN EN 13162 +A1. (2015). *Thermal insulation products for buildings - Factory made mineral wool (MW) products - Specification*. CEN, Brussel, België.

NBN EN 1602. (2013). *Thermal insulating products for building applications - Determination of the apparent density*. CEN, Brussel, België.

NBN EN 826. (2013). *Thermal insulating products for building applications - Determination of compression behaviour*. CEN, Brussel, België.

NBN EN ISO 29469. (2022). *Thermal insulating products for building applications - Determination of compression behaviour (ISO 29469:2022)*. CEN, Brussel, België.

NBN EN ISO 29767. (2019). *Thermal insulating products for building applications - Determination of short-term water absorption by partial immersion (ISO 29767:2019)*. CEN, Brussel, België.

NVPU. (z.d.). *Is PU isolatiemateriaal recyclebaar?* <https://www.nvpu.nl/is-pu-isolatiemateriaal-recyclebaar/>

Organisation for Economic Co-operation and Development & ICF. (2012). *Greenhouse gas emissions and the potential for mitigation from materials management within OECD countries*. <https://www.oecd.org/env/waste/50035102.pdf>

OVAM, Delem, L., Janssen, A., Vrijders, J., & Wastiels, L., (Buldwise). (2020). *The impact of materials needed for renovation and new housing.: A global environmental impact assessment of the policy actions in the Flemish Climate Policy Plan*. OVAM. <https://ovam.vlaanderen.be/>

Poncelet, F., (WTCB), Vrijders, J., (WTCB), & BBSM. (2021a). *Technisch kader voor hergebruikmaterialen: hoe kunnen de technische prestaties van hergebruikmaterialen worden onderbouwd?* <https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2022/07/BBSM-WP6-Technisch-kader-voor-hergebruik-materialen-1.pdf>

Poncelet, F., (WTCB), Vrijders, J., (WTCB), & BBSM. (2021b). *Product-toepassingsfiche: producten van minerale wol voor hergebruik in thermische isolatie*. <https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2022/07/BBSM-WP6-Product-toepassingsfiche-Hergebruik-van-minerale-isolatie-voor-thermische-isolatie-1.pdf>

Rockwool, & Spronken, H., (RW-CWE). (2019). *Cradle to Cradle gelijkwaardigheid*.

Rockwool, LinkedIn, maart 2023.
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7044926488655077376/>

Rockwool. (2021). *Brandveiligheid: De feiten zwart op wit*. In Rockwool. <https://p-cdn.rockwool.com/sybsiteassets/rw-bnl/downloads-vl/downloads/brochures/brandveiligheid/brochure-brandveiligheid-de-feiten-zwart-op-wit-vl.pdf?f=20210330070635>

Rockwool. (z.d.). *Rockcycle*. ROCKWOOL. <https://www.rockwool.com/be-nl/downloads-tools-en-services/services/rockcycle/>

ROCKWOOL. (z.d.-b). Rockwool. <https://www.rockwool.com/be-nl/>

ROTOR. (z.d.). Opalis. <https://opalis.eu/nl>

Rotswol na 35 nog piekfijn in spouwmuur. (2015). Façade.

Stazi F., Di Perna C., & Munafò P. (2009). *Durability of 20-year-old external insulation and assessment of various types of retrofitting to meet new energy regulations*, Energy Build., vol. 41, no. 7, pp. 721–731.

Stazi F., Tittarelli F., Politi G., Di Perna C. & Munafò P. (2014). *Assessment of the actual hygrothermal performance of glass mineral wool insulation applied 25 years ago in masonry cavity walls*, Energy Build., vol. 68, no. PARTA, pp. 292–304.

Technisch productblad Rockwool Rhinox. (2009). IBP14 N Rhinox. Rockwool.

Technische Voorlichting nr.280. (2022). *Het platte dak.* Buildwise.

Tetty, U. Y. A., Doodoo, A., & Gustavsson, L. (2014). *Effects of different insulation materials on primary energy and CO2 emission of a multi-storey residential building.* Energy and Buildings, 82, 369–377. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.009>

Transmissie Referentie Document. (2018). Bijlage 4 bij het MB van 28 december 2018. https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1675177215/MB_van_28_december_2018_Bijlage_4_voor_bouwaanvragen_vanaf_1_januari_2023_draft_wogkau.pdf

Van de Voorde, S., Bertels, I., & Wouters, I. (2015). *Post-war building materials : in housing in Brussels 1945 - 1975* [Online pdf]. Vrije Universiteit Brussel. <http://www.postwarbuildingmaterials.be/>

Van de Voorde, S., Bertels, I., & Wouters, I. (2015). *Post-war building materials : in housing in Brussels 1945 - 1975* [Online pdf]. Vrije Universiteit Brussel. <http://www.postwarbuildingmaterials.be/>

van Vliet, M., (Alba Concepts), van Grinsven, J., (Alba Concepts), & Teunizen, J., (Alba Concepts). (2021). *Circular Buildings: Meetmethodiek losmaakbaarheid 2.0.* In Dutch Green Building Council. <https://www.dgbc.nl/publicaties/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v20-41>

Veisheh, S., Khodabandeh, N., & Ali, H. (2009). *Mathematical models for thermal conductivity-density relationship in fibrous thermal insulations for practical applications.*

Vlaanderen Circulair. (z.d.-b). *Wat is circulair bouwen?* Vlaanderen Circulair. Geraadpleegd op 14 augustus 2023, van <https://bouwen.vlaanderen-circulair.be/nl/wat-is-het>

6. Bijlagen

Zie toegevoegde bijlagebundel.

DE HERBRUIKBAARHEID VAN ISOLATIEMATERIALEN UIT BESTAANDE GEBOUWEN: SPECIFIEK ONDERZOEK NAAR MINERALE WOL ISOLATIE UIT PLATTE DAKEN

BIJLAGEBUNDEL

Gentiel Acar

Studentennummer: 01807525

Promotors: Prof. dr. ir.-arch. Nathan Van Den Bossche,
Prof. arch. Jan Moens

Begeleider: Luc Van Audenhaege

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad in
Master of Science in de ingenieurswetenschappen: architectuur

Academiejaar: 2022 - 2023

Deze bijlagebundel bevat eigen tabellen en grafieken, de gebruikte afbeeldingen zijn ook van eigen bezit. Indien er documenten gebruikt werden vanuit een externe bron zal dit bij de bijlage zelf vermeld worden.

Inhoud

Nota bij het lezen	5
Vraagstelling en methodiek	7
0.1 Algemene inleiding over isoleren	7
0.2 Milieu-impact en doelstellingen van het (her)gebruiken van isolatiematerialen	7
0.3 Hergebruik en recyclage van isolatie: stand van zaken	7
0.4 Prestaties van hergebruikte isolatiematerialen	7
0.5 Onderzoeksvraag	7
0.6 Methodiek	7
Deel 1: Casestudies: platte daken met minerale wol	7
1.1 De toegankelijkheid van oude rotswolisolatie uit gebouwen	7
1.2 Niet onderzochte casestudies	8
1.2.1 Sint – Martens – Latem	8
1.2.2 Steenokkerzeel	12
1.2.3 Bornem	14
1.2.4 Gent	16
1.3 Roeselare	20
1.4 Deerlijk	35
1.5 Waregem	38
1.6 Conclusie	45
Deel 2: De prestaties van minerale wol isolatie uit platte daken	46
2.1 Inleiding: normen en richtlijnen voor isolatie door de jaren heen	46
ATG 94/1685 (1994 – 1997)	47
ATG 03/H577-2 (2003 – 2008)	54
ATG 04/2413 (2004 – 2009) : Taurox DUO	55
ATG 11/2413 (2011 – 2016) : Taurox DUO	57
ATG 11/2601 (2011-2016) Rhinox	69
2.2 Gemiddelde densiteit: EN 1602	83
2.3 Korte-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_p): EN ISO 29767	90

2.4	Waterabsorptie patronen bij mechanisch bevestigde rotswol isolatie op en steeldeck ondergrond	94
2.5	Lange-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_{lp}) : EN 12087	96
2.6	Drukspanning bij 10% vervorming of druksterkte: EN ISO 29469	98
2.7	Puntbelasting bij 5mm indrukking: EN 12430.....	106
2.8	Thermische weerstand en warmtegeleiding: EN 12667 + EN 12939.....	114
2.9	Overzicht van de resultaten	121
2.10	Conclusie	121
Deel 3: Hergebruik van minerale wol isolatie uit platte daken		121
3.1	Inleiding: situering van dit onderzoek in de circulaire wereld.....	121
3.2	Streven naar een evenwaardige hergebruikstoepassing.....	121
3.3	Streven naar een bepaalde garantie.....	121
3.4	Streven naar een minimum aan milieukost.....	121
4.	Besluit - een recuperatiebedrijf voor minerale wol isolatie	121

Nota bij het lezen

BIJLAGE A – Bladwijzer bij het lezen van de grafieken en tabellen

BLADWIJZER

afkortingen & info casestudies

R1a



Algemene informatie:

- Leeftijd: 12 jaar (2011)
- Dikte: 110 - 140mm (afchot)
- Type: ROCKWOOL Rhinox Afschot (Triple Density)
- Bevestiging: met PUR-schuim op onderste laag isolatie
- Referentie: ATC 11/2601

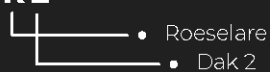
R1b



Algemene informatie:

- Leeftijd: 12 jaar (2011)
- Dikte: 70mm
- Type: ROCKWOOL Taurox DUO NP (Dual Density)
- Bevestiging: met PUR-schuim op betonnen dakvloer + damp scherm
- Referentie: ATC 11/2413

R2



Algemene informatie:

- Leeftijd: 12 jaar (2011)
- Dikte: 60mm
- Type: ROCKWOOL Rhinox (Triple Density)
- Bevestiging: mechanisch bevestigd op steeldeck
- Referentie: ATC 11/2601

D1

- Deerlijk
- Dak 1

Algemene informatie:

- Leeftijd: 28 jaar (1995)
- Dikte: 40mm
- Type: *onbekend*
- Bevestiging: mechanisch bevestigd op steeldeck
- Referentie: ATG 94/1685

W1

- Waregem
- Dak 1

Algemene informatie:

- Leeftijd: 25 jaar (1998)
- Dikte: 60mm
- Type: ROCKWOOL Taurox NP (Mono Density)
- Bevestiging: mechanisch bevestigd op steeldeck
- Referentie: ATG H3 577 - 2

W2

- Waregem
- Dak 2

Algemene informatie:

- Leeftijd: 22 jaar (2001)
- Dikte: 60mm
- Type: ROCKWOOL Taurox NP (Mono Density)
- Bevestiging: mechanisch bevestigd op steeldeck
- Referentie: ATG H3 577 - 2

W3

- Waregem
- Dak 3

Algemene informatie:

- Leeftijd: 17 jaar (2006)
- Dikte: 80mm
- Type: ROCKWOOL Taurox DUO NP (Dual Density)
- Bevestiging: mechanisch bevestigd op steeldeck
- Referentie: ATG 04/2413

Vraagstelling en methodiek

- 0.1 Algemene inleiding over isoleren
- 0.2 Milieu-impact en doelstellingen van het (her)gebruiken van isolatiematerialen
- 0.3 Hergebruik en recyclage van isolatie: stand van zaken
- 0.4 Prestaties van hergebruikte isolatiematerialen
- 0.5 Onderzoeksvraag
- 0.6 Methodiek

Deel 1: Casestudies: platte daken met minerale wol

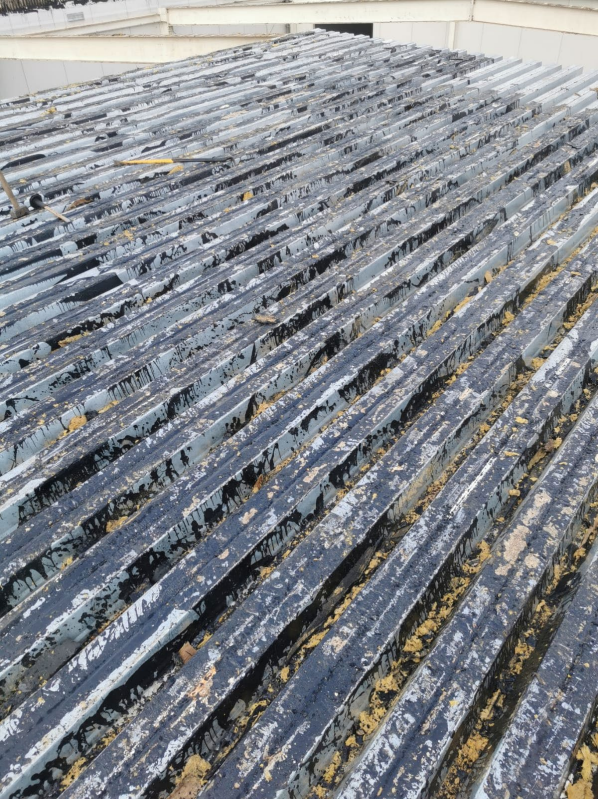
- 1.1 De toegankelijkheid van oude rotswolisolatie uit gebouwen

1.2 Niet onderzochte casestudies

1.2.1 Sint – Martens – Latem

BIJLAGE B – Foto's ontmanteling Sint-Martens-Latem – Bron: Steven Meersman (B²ASC)









1.2.2 Steenokkerzeel

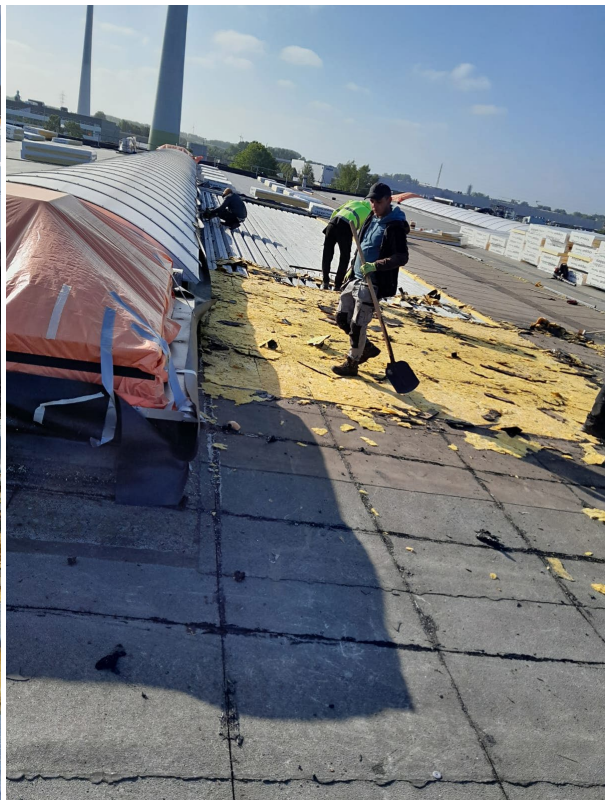
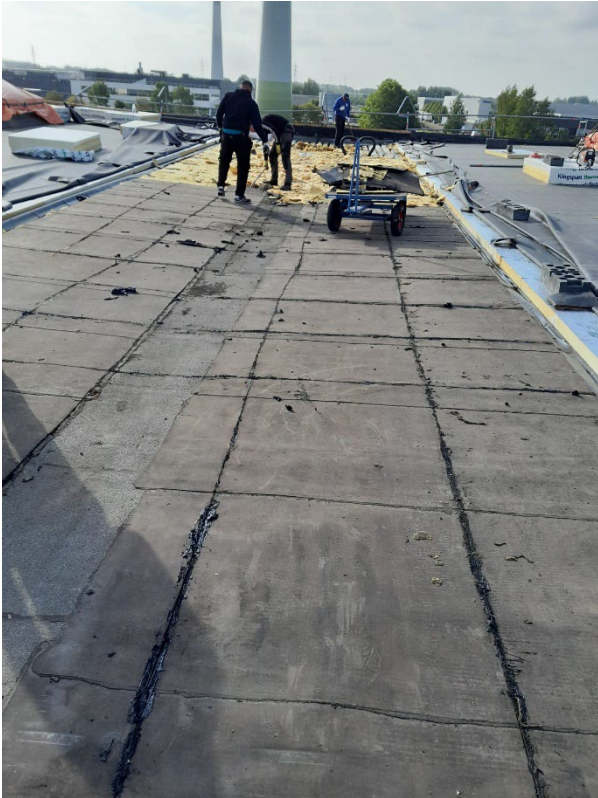
BIJLAGE C – Foto's dakinspectie Steenokkerzeel – Bron: Luc Van Audenhaege (ROCKWOOL)

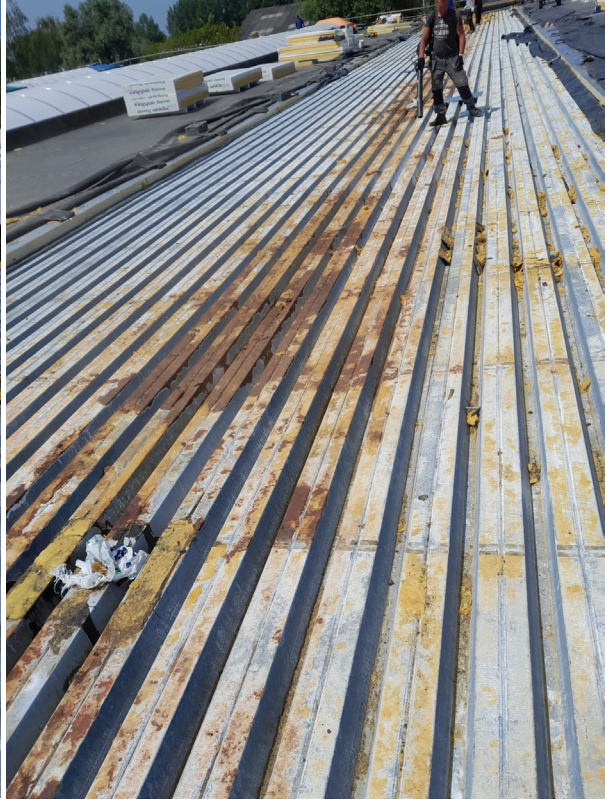




1.2.3 Bornem

BIJLAGE D – Foto's ontmanteling in Bornem – Bron: Roger Vandeweyer (Tectum)

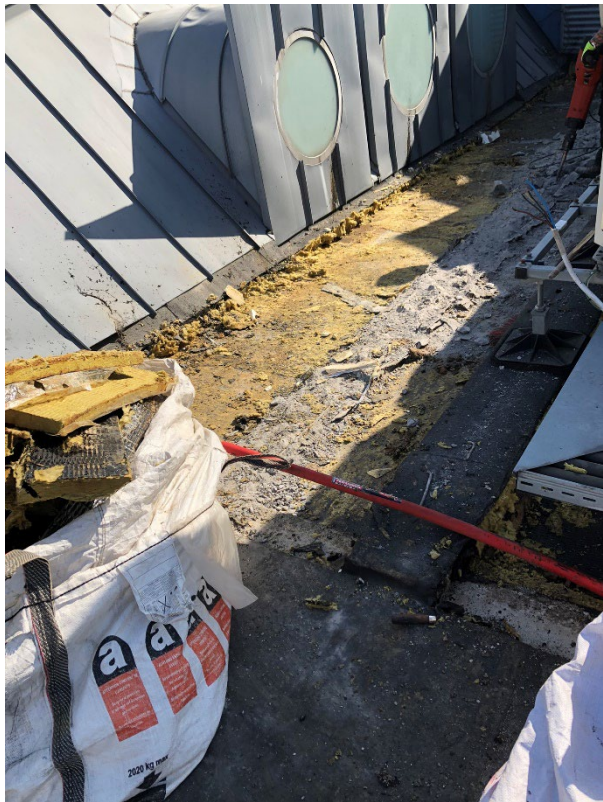




BIJLAGE E - Foto's werfbezoek en staalname Gent



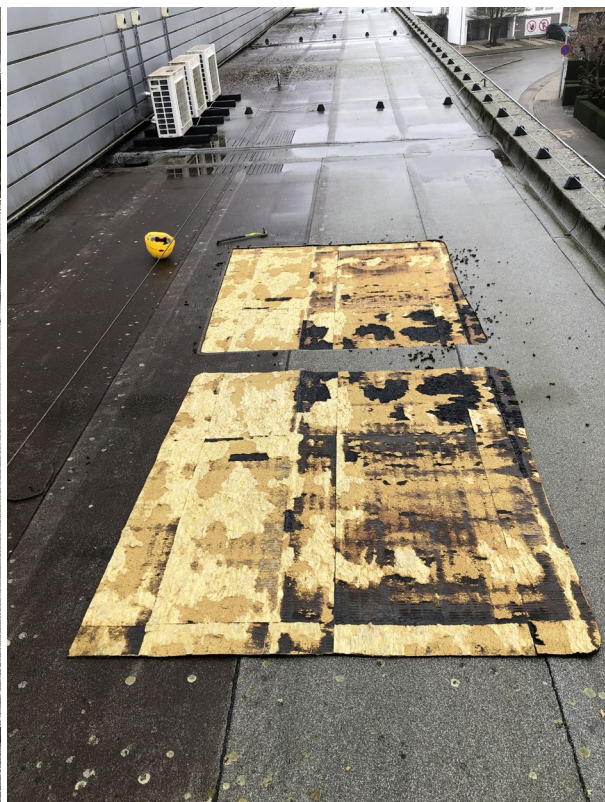




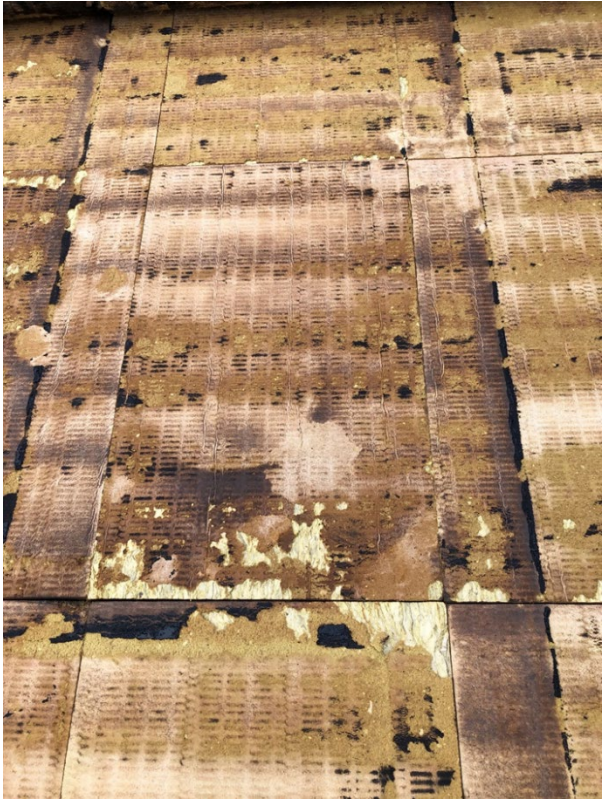


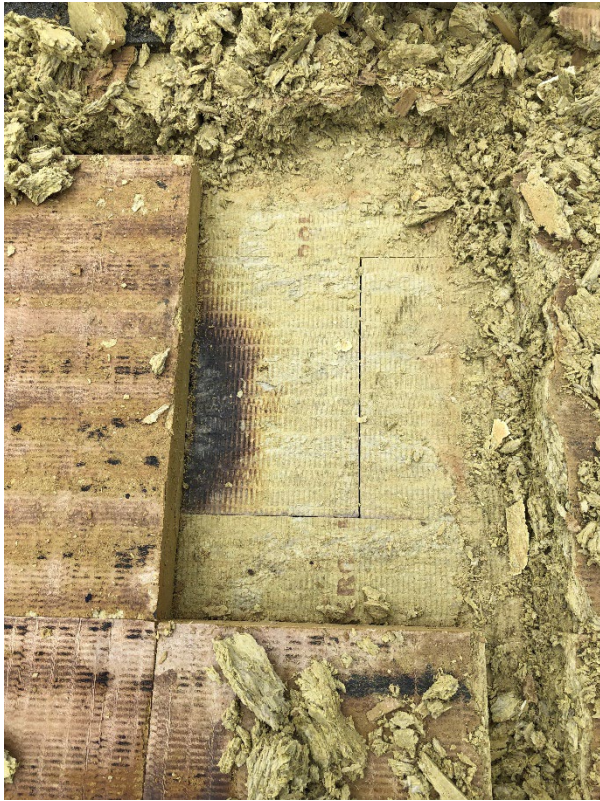
1.3 Roeselare

BIJLAGE F - foto's ontmanteling dak 1 – R1a & R1b (eerste ontmanteling 09/03/2023)



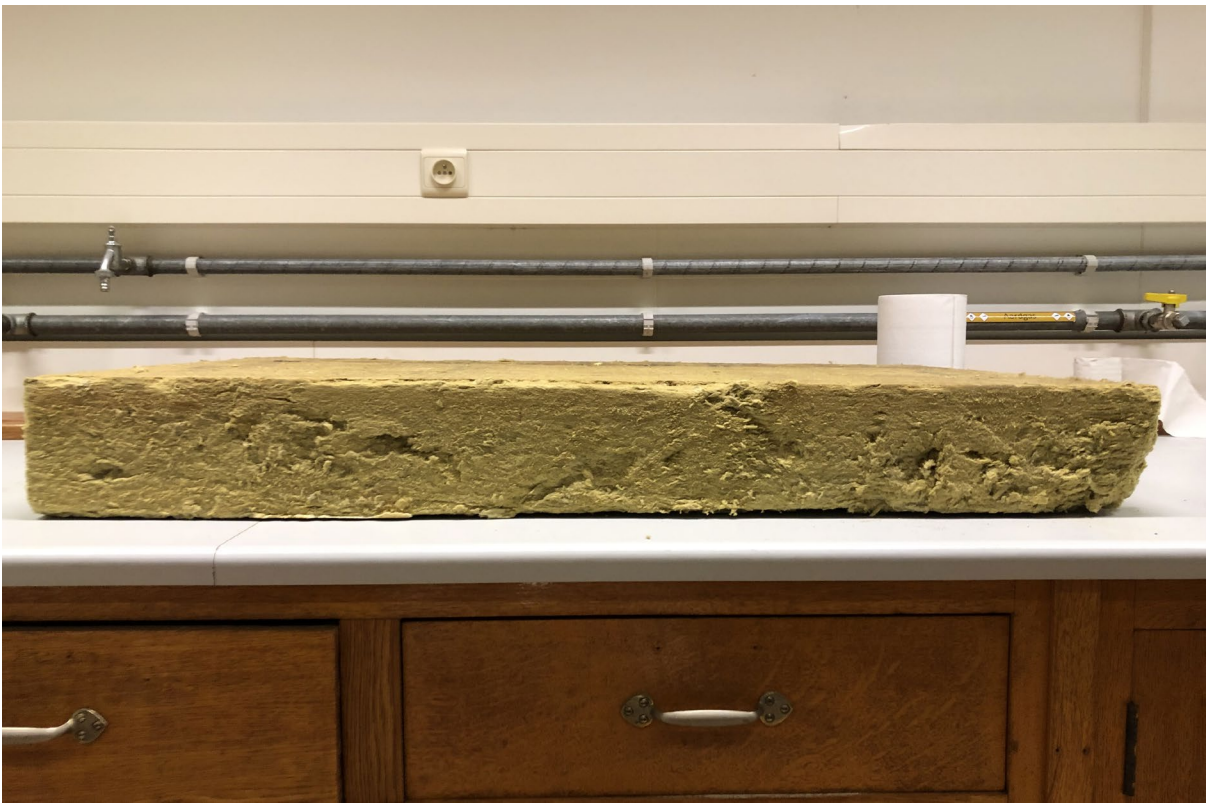
(tweede ontmanteling 22/03/2023)













BIJLAGE G - foto's ontmanteling dak 2 – R2

(eerste ontmanteling 09/03/2023)



(tweede ontmanteling 22/03/2023)







BIJLAGE H - foto's ontmanteling dak 3
30





BIJLAGE I - foto's ontmanteling dak 4

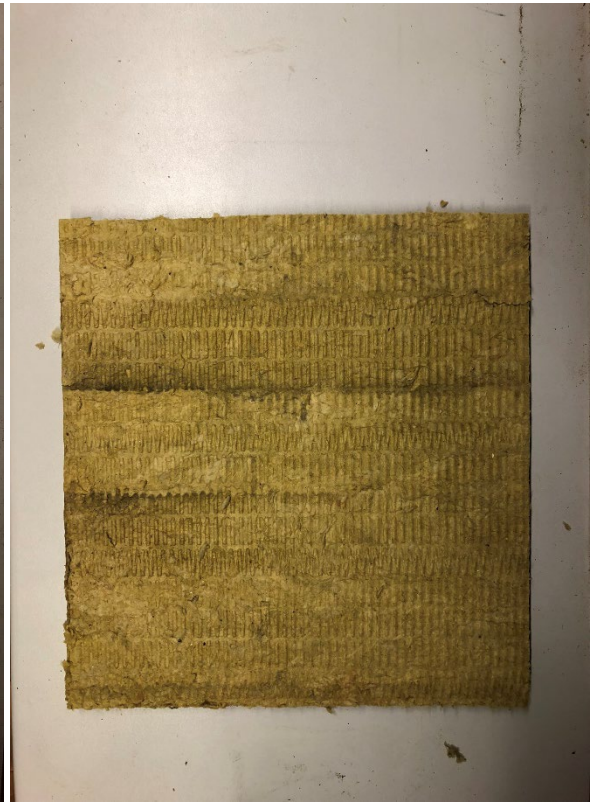
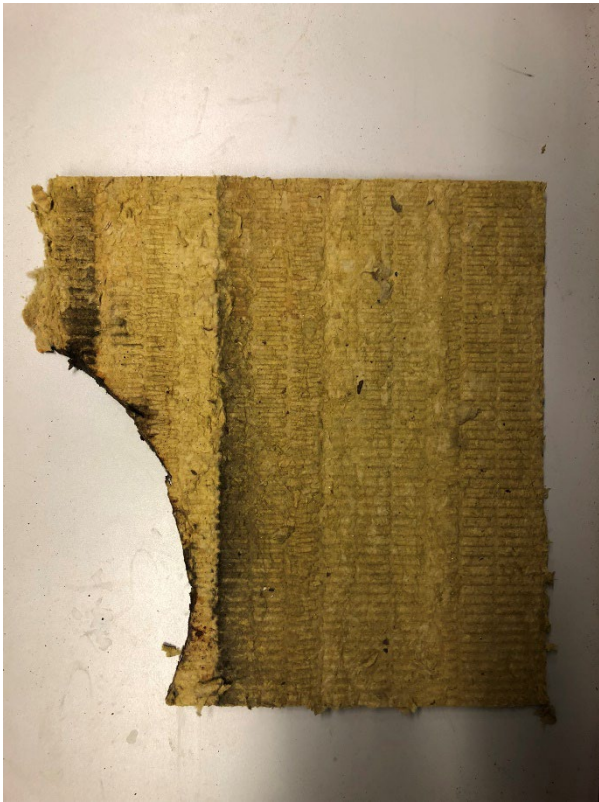




1.4 Deerlijk

BIJLAGE J - foto's ontmanteling dak 1 – D1 – Bron: Anthony Tijtgat (Asfaltwerken Tijtgat)

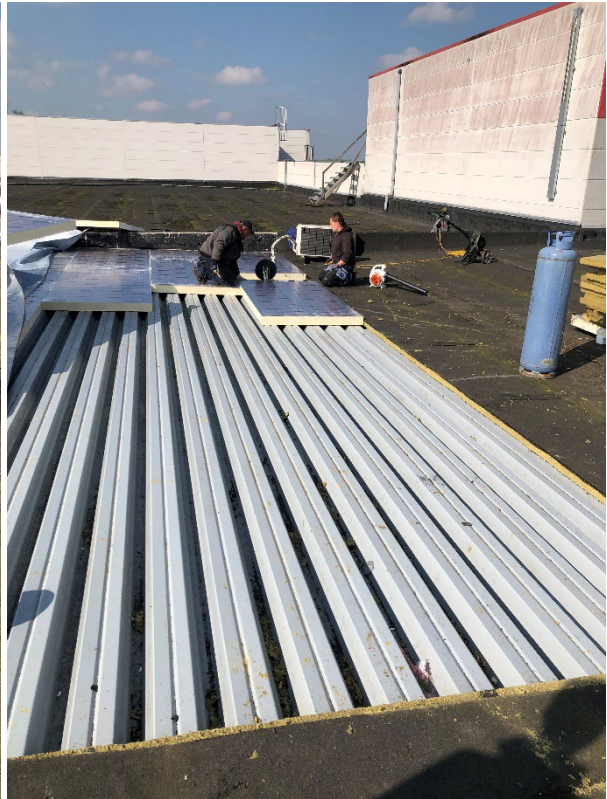




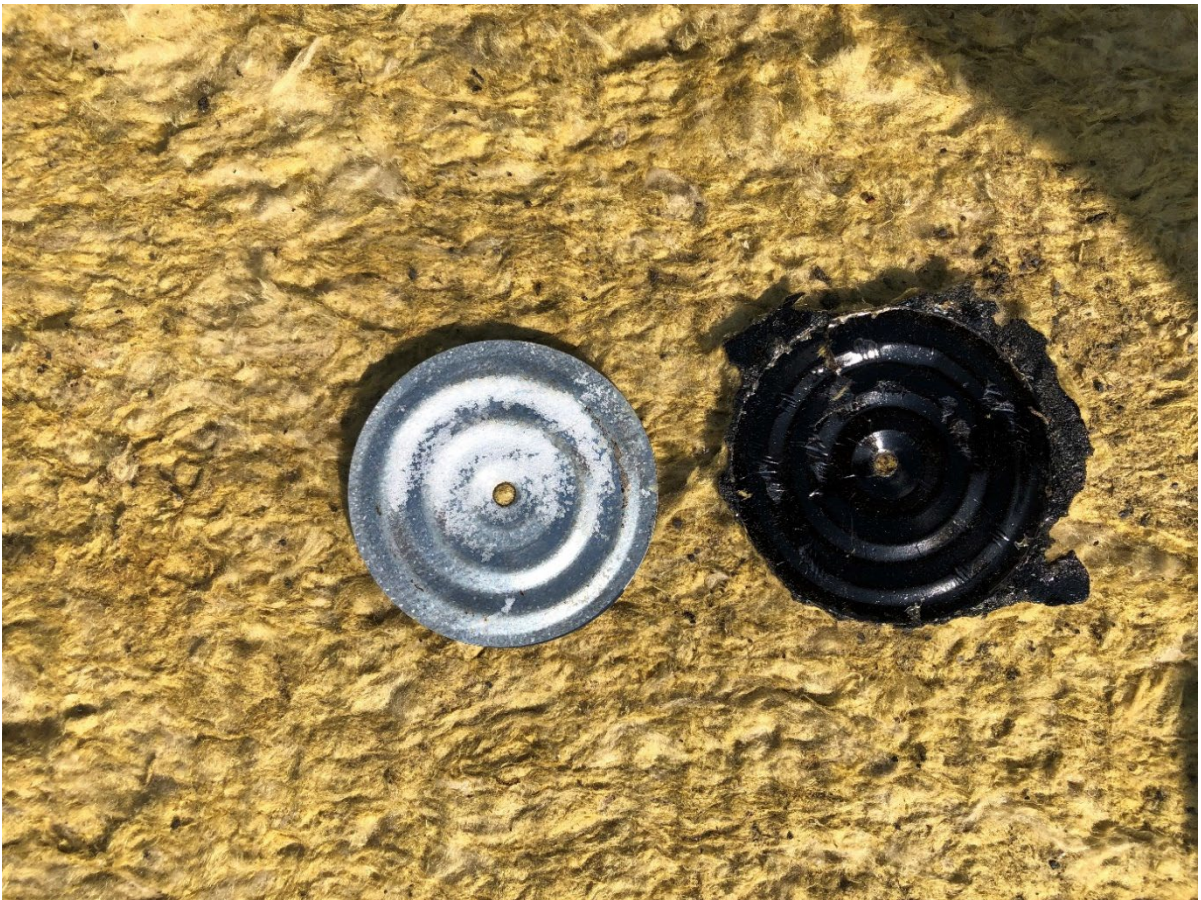


1.5 Waregem

BIJLAGE K - foto's ontmanteling dak 1 – W1

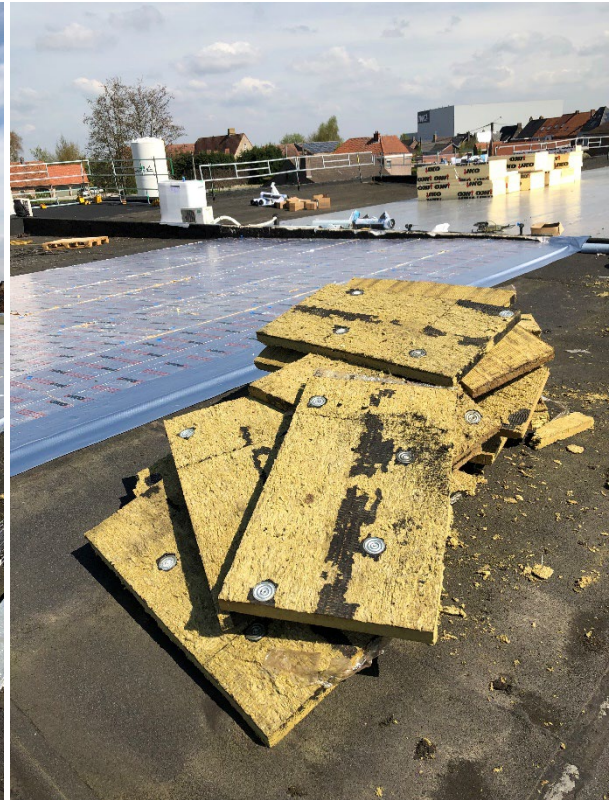


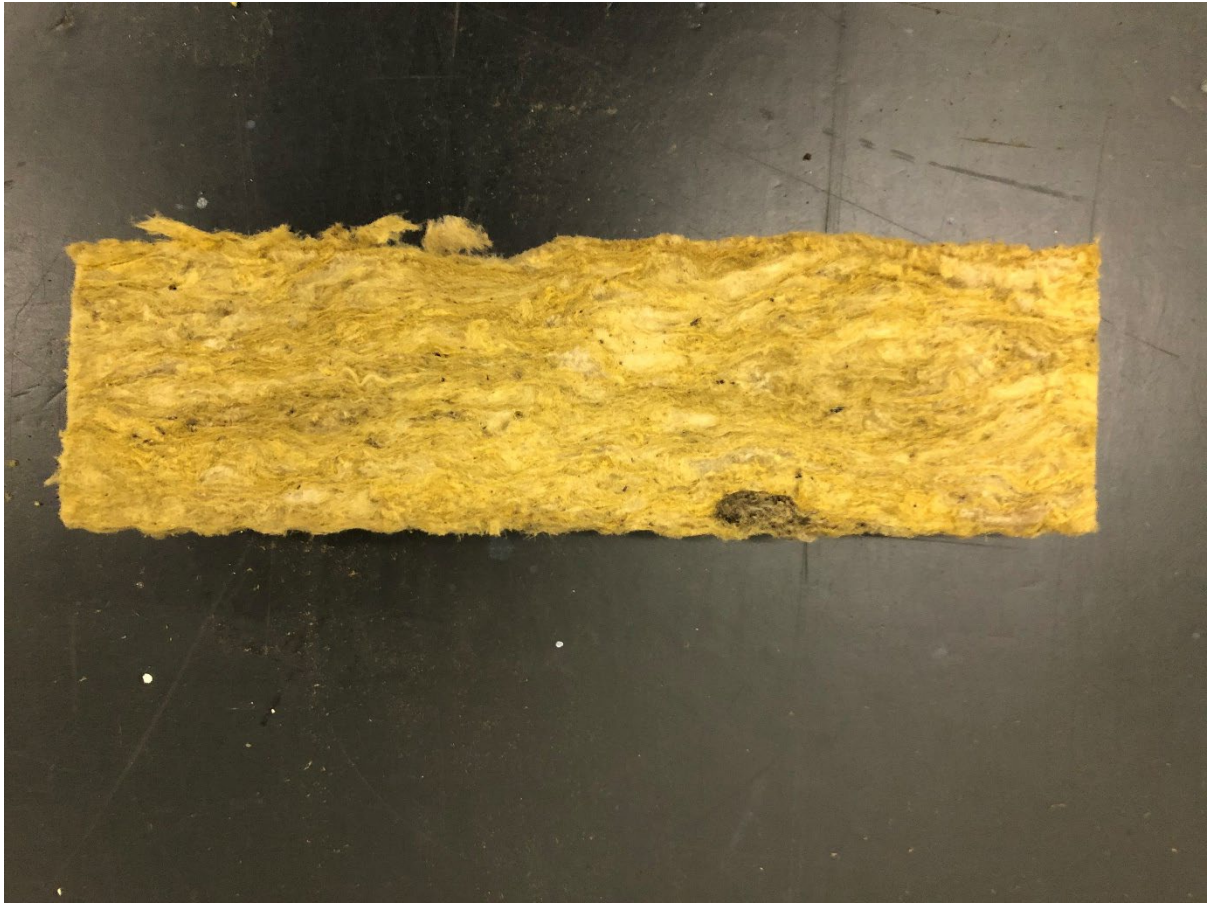




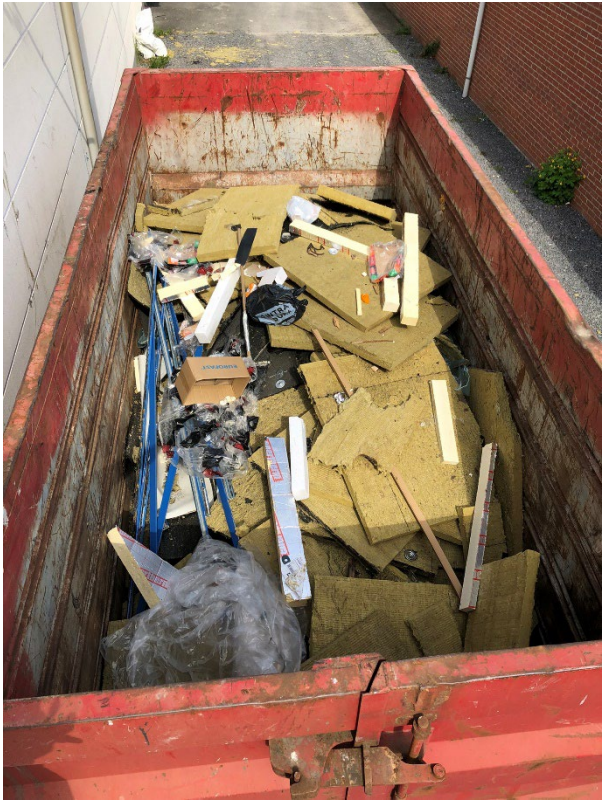
BIJLAGE L - foto's ontmanteling dak 2 - W2

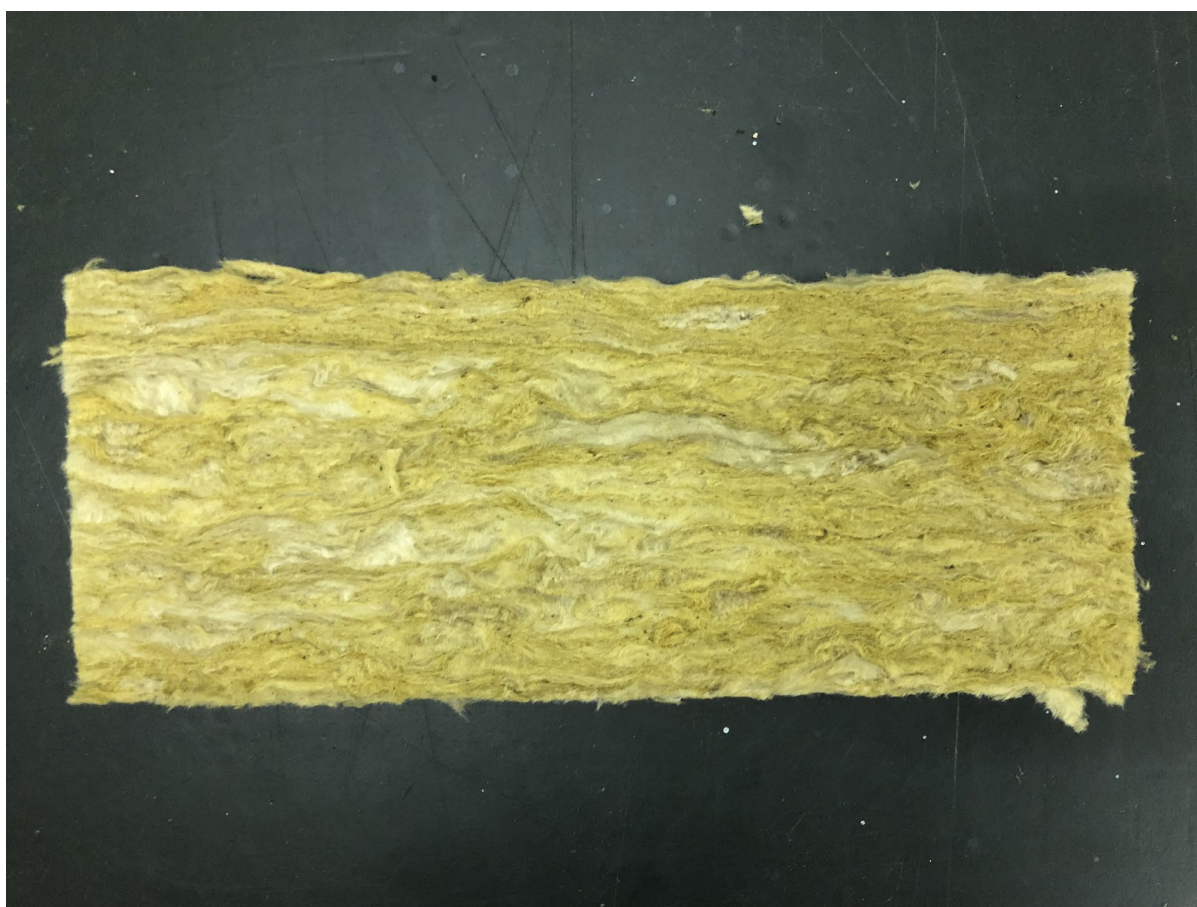






BIJLAGE M - foto's ontmanteling dak 3 – W3





1.6 Conclusie

BIJLAGE N – Overzicht van de berekening van de losmaakbaarheidsindex per casestudie

Casestudie	Element	Onderliggend structureel element	LI van de connectie			LI van de samenstelling			Score	
			TV _n	ToV _n	Llc _n	DK _n	RO _n	Lls _n	Llp _n	
Sint-Martens-Latem	1	Glaswol (70mm)	Steeldeck	0,10	0,10	0,10	1,00	0,10	0,18	0,13
	2	Rotswol (70mm)	Steeldeck	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18
Steenokkerzeel	1	Rotswol (60mm)	Cellenbeton	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18
	2	Rotswol (100mm)	Steeldeck	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18
Bornem		Rotswol (60mm)	Steeldeck	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18
Gent		Rotswol (60mm)	Beton	0,10	0,10	0,10	1,00	0,10	0,18	0,13
Roeselare	1	Rotswol (70mm)	Beton	0,20	0,10	0,13	1,00	0,10	0,18	0,15
	2	Rotswol (70mm)	Beton	0,20	0,10	0,13	1,00	0,10	0,18	0,15
	3	Rotswol (50mm)	Beton	0,10	0,10	0,10	1,00	0,10	0,18	0,13
	4	Rotswol (60mm)	Beton	0,10	0,10	0,10	1,00	0,10	0,18	0,13
Deerlijk		Rotswol (40mm)	Steeldeck	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18
Waregem	1	Rotswol (60mm)	Steeldeck	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18
	2	Rotswol (60mm)	Steeldeck	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18
	3	Rotswol (80mm)	Steeldeck	0,80	0,10	0,18	1,00	0,10	0,18	0,18

Deel 2: De prestaties van minerale wol isolatie uit platte daken

2.1 Inleiding: normen en richtlijnen voor isolatie door de jaren heen

BIJLAGE O – oude ATG's per type en per casestudie op volgorde van jong naar oud:

ATG 94/1685 (1994 – 1997)

ATG 94/1685. (1994). *Technische Goedkeuring met Certificaat: Isolatiesysteem voor warm dak Rockwool serie 340 type 341, 345, 348 en 349*. BUtgb, Rockwool, België.

ATG 03/H577-2 (2003 – 2008)

ATG 03/H577-2. (2003). *Productgoedkeuring met Certificatie: Minerale Wol – Rotswol (MW)*. BUtgb-UBAtc, Rockwool, België. https://api.butgb-ubatc.be/api/public/file/ATG03H577-01B_050201_1.pdf?_ga=2.71519056.2109706237.1692294040-1226137675.1682348592&_gl=1*ngn9wr*_ga*MTlyNjEzNzY3NS4xNjgyMzQ4NTky*_ga_OR3EB16CH F*MTY5MjI5NDAzOS4xMy4xLjE2OTlyOTQxNjEuMC4wLjA.

ATG 04/2413 (2004 – 2009) : Taurox DUO

ATG 04/2413. (2004). *Technische Goedkeuring met Certificatie: Isolatiesysteem voor warm dak Taurox DUO NP, Taurox DUO NP Bitufilm, Taurox DUO Bitumen*. BUtgb, Rockwool, België.

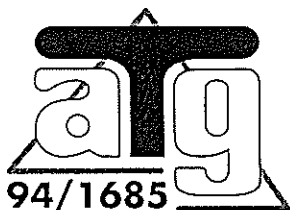
ATG 11/2413 (2011 – 2016) : Taurox DUO

ATG 11/2413. (2011). *Technische Goedkeuring ATG met Certificatie: Isolatiesysteem voor warm dak Taurox DUO NP, Taurox DUO NP Bitufilm, Taurox DUO Bitumen*. BUtgb, BCCA, Rockwool, België.

ATG 11/2601 (2011-2016) Rhinox

ATG 11/2601. (2011). *Technische Goedkeuring ATG met Certificatie: Isolatiesysteem voor warm dak Rhinox, Rhinox film, Rhinox Afschot en Rhinox Afschot film*. BUtgb, BCCA, Rockwool, België.

BUTgb



Geldig van 18.03.1994
tot 17.03.1997

Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw
c/o Ministerie van Verkeer en Infrastructuur, Bestuur voor Verkeersreglementering en
Infrastructuur, Dienst Kwaliteit, Directie Goedkeuring en Voorschriften
Wetstraat 155 B-1040 Brussel Tel. 02/287.31.11
Lid van de Europese Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (EUTgb)

TECHNISCHE GOEDKEURING MET CERTIFIKAAT

Isolatiesysteem voor warm dak

Rockwool serie 340 type 341, 345, 348 en 349

Rockwool Lapinus B.V.
Industriepark Keiberg
Imperiastraat, 8 1930 ZAVENTEM
Tel. 02/721 48 40 Fax 02/721 21 17

BESCHRIJVING

UDC 69.024.3
Daken Toitures
Dächer Roofs

1. Voorwerp

Isolatieplaten voor warm dak op basis van rotswol en dit voor daken met een zwakke helling (< 20 %), waarbij de platen alleen geschikt zijn voor niet-toegankelijke daken (EUTgb-klasse B) (tenzij voor onderhoud).

Afhankelijk van het type plaat worden ze los (+ ballast), gekleefd of mechanisch bevestigd en bedekt met een dakafdichting die voorzien is van een BUTgb goedkeuring.

De technische goedkeuring heeft betrekking op het isolatiemateriaal en op het beschreven systeem, met inbegrip van de plaatsingstechniek, doch niet op de kwaliteit van de uitvoering.

De producten Rockwool vormen het voorwerp van de produktgoedkeuring met certificaat ATG/H577. Deze produktgoedkeuring met certificaat omvat een industriële zelfcontrole van de fabricage en een geregelde externe controle.

De producten die genieten van een technische goedkeuring met certificaat mogen vrijgesteld worden van de keuringsproeven die de plaatsing voorafgaan.

2. Materialen

2.1 Rockwool-platen

Het isolatiemateriaal Rockwool is samengesteld uit rotswolvezels gebonden door middel van een termohardend hars.

2.2 Toebehoren

- Bitumineuze producten volgens de norm NBN B 46-002/003.
- Dakafdichtingen voorzien van een BUTgb-goedkeuring.
- Rockwool 300 lijm : één komponent polyuretaanlijm voor verlijming van de Rockwool dakplaten met als volgende kenmerken :
 - volumemassa : $1,215 \pm 0,25 \text{ kg/dm}^3$
 - viscositeit : $10000 \pm 1000 \text{ mPa.s}$ (Brookfield RVF,5;20 rpm)
 - gehalte aan droge stof : $87 \pm 1 \%$
 - houdbaarheid (gesloten toestand): 6 maand
 - verpakking : bussen van 7 kg.
- Rockwool dubbel afschotsystemen, driehoekslatten (voor de dakranden) en golfopeningvullingen (voor opvulling van de golven van stalen plooiplaten).
- Mechanische bevestigingen voor gebruik op stalen plooiplaten en houten dakconstructies die in het kader van het ATG-onderzoek gebruikt werden (voor gebruik van andere mechanische bevestigingen, zie ATG-bevestigingen of windproeven en informatie van de fabrikant) :
 - verdeelplaatje type SFS/IG : verzinkt staal van 70 x 70, gat $\varnothing 4,2 \text{ mm}$
 - schroef type SFS-IF2 in verzinkt staal (corrosieweerstand EUTgb klasse 2) van 4,8 x 80 tot 140 mm.

3. Elementen

De Rockwool serie 340, met als types 341, 345, 348 en 349, zijn stijve rechthoekige platen van een geelgroenachtige kleur voor gebruik als warmdakisolatie in het toepassingsgebied EUTgb-klasse B :

Afhankelijk van plaattype worden de isolatieplaten al of niet bekleed met een mineraal vlies of geïmpregneerd met een bitumen met al dan niet een PP-wegbrandfolie.

- Type 341 : onbekleed, geschikt voor losliggende (geballaste) of mechanische bevestigde ATG-afdichting.
- Type 345 : éénzijdig bekleed met een mineraal vlies (60 g/m²); geschikt voor met warme bitumen gekleefde ATG-afdichting.
- Type 348 : éénzijdig geïmpregneerd met bitumen 110/30 (± 1 kg/m²) en afgewerkt met een PP-wegbrandfolie, geschikt voor bitumineuze brandrollen.
- Type 349 : éénzijdig geïmpregneerd met bitumen 110/30 (± 1 kg/m²), geschikt voor bitumineuze brandrollen en voor warm of koud verklevan met bitumen.
- Volumemassa 155 kg/m³ ± 10 %.
- Afmetingen :
 - dikte : 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 mm (tolerantie : + 2 mm, - 2 mm)
 - lengte & breedte : 1.000 x 600 mm ; 1.200 x 1.000 mm (tolerantie : lengte ± 5 mm, breedte ± 3 mm).

4. Vervaardiging

De isolatieplaten worden vervaardigd in de Rockwool-fabriek te Roermond in Nederland.

Voor wat betreft de vervaardiging, controles en merking wordt verwezen naar ATG/H577.

Op de verpakking (in pakken op palletten of losse platen op palletten met wikkelfolie) wordt een etiket aangebracht met het plaattype, afmetingen (lengte en breedte), dikte, produktcode en referentie van de technische goedkeuring.

5. Uitvoering

De isolatieplaten in hun verpakking, dienen droog vervoerd en opgeslagen te worden waarbij de nodige voorzorgen genomen moeten worden om beschadigingen te voorkomen.

Het daksysteem omvat :

- een draagvloer (§ 5.1.),
- eventueel een dampscherm (§ 5.2.),
- de isolatieplaten (§ 5.3.),
- een dakafdichting (§ 5.4.),
- eventueel een ballastlaag (§ 5.5.).

5.1 Draagvloer

De draagvloer moet overeenstemmen met de norm NBN B 46-001.

5.2 Dampscherm

Afhankelijk van het te verwachten binnenklimaat in het gebouw, van de vochtigheid in de draagvloer en van de hygrotermische eigenschappen van de diverse materialen in de dakopbouw moet een dampscherm voorzien worden.

De dampschermklasse wordt bepaald door ofwel berekeningen, ofwel door overname van de aanbevelingen vervat in de T.V. 183 van het WTCB.

Deze laatste zijn gebaseerd op de rekenmethode van Glaser waarbij rekening wordt gehouden met niet-stationaire klimatologische randvoorwaarden en met de termische en hygrische traagheid van het dak.

5.3 Plaatsing van de isolatieplaten

De isolatieplaten moeten in verband en goed aangesloten worden gelegd. De bevestiging aan het draagvloer is beschreven in 5.3.1., 5.3.2. en 5.3.3. Het verdient aanbeveling dat de plaatsingsoppervlakten en de materialen droog blijven tot de werken volledig af zijn.

Bij verlijmen van de platen, mag de omgevings-temperatuur bij het plaatsen niet onder de 0 °C (verkleefing met warme bitumen) en 5°C (verkleefing met PUR-lijm) dalen. Bij gebruik van de PUR-lijm worden de isolatieplaten in de lijm geplaatst voordat vliesvorming op de lijmruips optreedt. Afhankelijk van de buitencondities bedraagt de open tijd die toegestaan is 0-10 minuten bij 20 °C (bij hogere temperaturen tot max. 5 minuten). De minimum verwerkingstemperatuur bedraagt 5 °C, terwijl de oppervlaktetemperatuur van de te verlijmen ondergrond zich tussen 5 °C en 70 °C dient te bevinden. De ondergrond zal winddroog zijn.

Voor staalplaten (dikte ≥ 0,75 mm) is een voorafgaande behandeling met primers niet nodig, evenwel worden vette oppervlakken geval per geval onderzocht en is desgevallend een proefverlijming op de werf nodig. Staalplaten afgewerkt met een plastisol-coating zijn niet geschikt als ondergrond voor verlijming gezien ze niet compatibel zijn met de PUR-lijm.

Indien nodig, kunnen de isolatieplaten op de bouwplaats gesneden, gezaagd of doorboord worden. Beschadigde platen mogen niet verwerkt worden.

Bij elke werkonderbreking en in ieder geval aan het einde van elke dag is het noodzakelijk het blootliggend isolatiemateriaal tegen weersinvloeden te beschermen.

5.3.1 DRAAGVLOER VAN BETON OF GEBAKKEN AARDE

Op de draagvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een laag bitumenhechtvernis
- een geblazen bitumen
- een dampscherm
- de platen worden gekleefd in warm geblazen bitumen (1,5 kg/m²) of streepsgewijs met de Rockwool 300 lijm gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 sporen/m²; dosering afh. van dakzone : midden : 300 g/m²; rand. : 400 g/m²; hoek : 500 g/m²) en eventueel losliggend (met ballast Ø 16-32).

Voor de plaatsing van de isolatieplaten zal in functie van de windweerstand rekening gehouden worden met een veiligheidscoëfficiënt van 2 ⁽¹⁾, de windtestresultaten (Q1) vermeld in § 6 (testen op een windkist 2 m x 2 m) en de statistische correctiefactoren (Cs = 1).

Daaruit kunnen de volgende rekenwaarden weer-gegeven worden :

- partieel met Rockwool 300 lijm = $Q_r = 900 \text{ Pa}$ (Cs = 1) ⁽²⁾
- volledig in warme bitumen / $Q_r = 4.5 \text{ kPa}$ (Cs = 1).

5.3.2 DRAAGVLOER VAN HOUT OF HOUTACHTIGE PLATEN

Op de draagvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een gewapende bitumen met polyester mat P 150/16, op het draagvlak genageld
- de plaatsing van het dampscherm
- de platen worden losliggend (met ballast Ø 16-32) of gekleefd in warm geblazen bitumen (1,5 kg/m²) of streepsgewijs met de Rockwool 300 lijm gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 sporen/m²; dosering afh. van dakzone : midden : 300 g/m²; rand. : 400 g/m²; hoek : 500 g/m²).

Voor de plaatsing van de isolatieplaten in functie van de windweerstand dient rekening gehouden met de rekenwaarden reeds vermeld in 5.3.1.

5.3.3 STALEN PLOOIPLATEN

De staalplaten zullen een dikte van $\geq 0,75 \text{ mm}$ hebben. De isolatieplaten worden of mechanisch bevestigd op het draagvlak dwars op de golfopening (uitkragingen vermijdt) of streepsgewijs met de Rockwool 300 lijm gekleefd (zie ook § 5.3). Ze worden daarenboven met verspringende naden geplaatst.

⁽¹⁾ Deze veiligheidscoëfficiënt is samengesteld uit 1,5 (voor proefopstelling) en 1,3 (overeenkomend met een terugkeerperiode van 65 jaar).

⁽²⁾ Uitgaande van de proefopstelling uitgevoerd met 300 g/m² en verder geen verdere proefgegevens bekend zijn voor de hogere doseringgetallen wordt de proef binnen deze ATG als representatief voor een dak-hoekzone beschouwd en dient de proefondervindelijke rekenwaarde vermindert te worden met een faktor van 2,5 (C_{pel}-coëfficiënt).

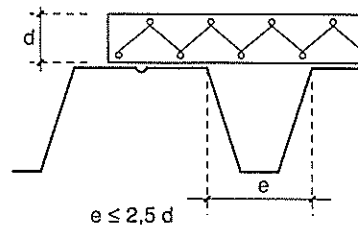
Het uitkragen van de panelen boven de golven van de staalplaat (overdwars geplaatste panelen t.o.v. de golven) is niet toegelaten.

De maximaal toegestane golfopening is afhankelijk van de isolatiedikte : $e = 2,5 \times d$

waarbij

d = isolatiedikte in mm

e = golfopening in mm



In het geval van mechanische bevestigingen hangt het aantal bevestigingen af van de kwaliteit ervan en de dikte van de stalen plooiplaten.

Bij gebruik van een systeem van zelftappende vijzen type SFS/IG met een verdeelplaat type SFS-IF2 worden de , op schema 1 aangegeven, bevestigingspatronen indicatief vermeld. Rekening houdend met een veiligheidscoëfficiënt van 2, de windtestresultaten (Q1) vermeld in § 6 (testen op een windkist 2 m x 2 m) en de statistische correctiefactoren (Cs) kunnen we als rekenwaarde per bevestigingspunt een waarde van **339 N** aanhouden. Deze rekenwaarde werd bepaald op basis van de formule $Q_r = (Q_1 \times C_s) / (2 \times A)$ of $(3500 \times 0,97) / (2 \times 3) \text{ Pa}$ of vermenigvuldigd met 0,6 (lengte x breedte) m² voor de uitdrukking in N.

Er dient voor gezorgd te worden dat de vijzen minimaal 15 mm doorheen de staalplaat komen. Bij gebruik van andere mechanische bevestigings-systemen dienen proeven te worden uitgevoerd, tenzij ze een ATG bezitten.

In het geval de isolatieplaten met de Rockwool 300-lijm streepsgewijs gekleefd worden, zullen de volgende plaatsingsaspecten in acht worden genomen:

- middenzone : één lijmspoor op elke golf à rato van 300 g/m²
- randzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 400 g/m²
- hoekzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 500 g/m².

De plaatsingscondities vermeld in 5.3 dienen gerespekteerd te worden.

Rekening houdend met een veiligheidscoëfficiënt van 2 ⁽¹⁾, de windtestresultaten (Q1) vermeld in § 6

Plaatype : 1000 x 600 mm

Plaatype : 1200 x 1000 mm

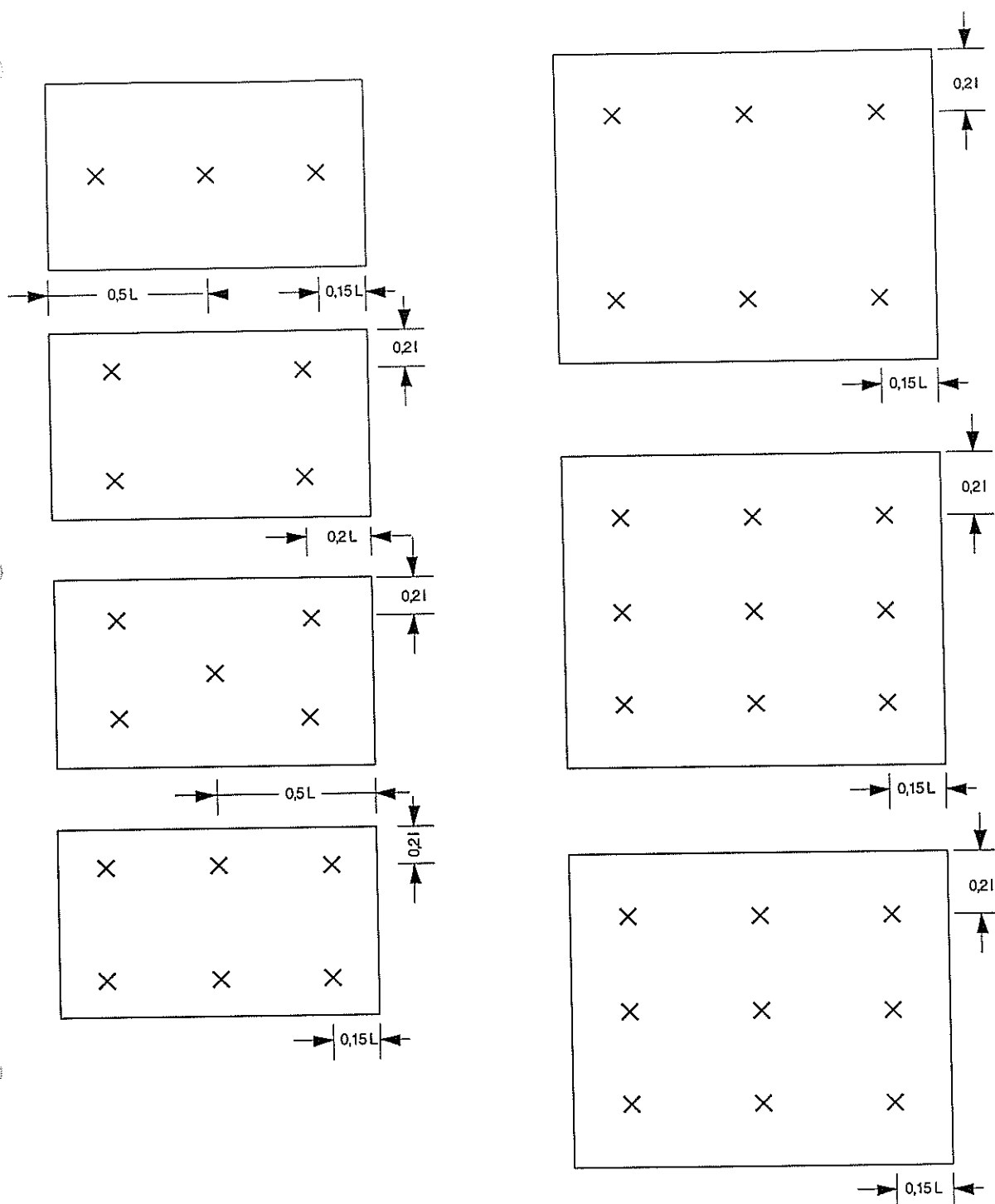


Fig. 1 Plaatsingspatroon voor de mechanische bevestigingen

(testen op een windkist 2 m x 2 m) en de statistische korrektiefactoren ($C_s = 1$) kunnen we de volgende rekenwaarde $Q_r = 900 \text{ Pa}$ ($C_s = 1$)⁽²⁾ aangeven.

5.4 Dakafdichting

De dakafdichting dient een technische goedkeuring met certificaat te bezitten, waarbij de dak-

opbouw (vermeld in § 5.3) desgevallend dient aangepast te worden..

Wanneer de dakafdichting volklevend is aangebracht, kan het noodzakelijk zijn een bijkomende ballast te voorzien waarvan het belang afhankelijk is van de proefresultaten en de indicaties die volgen (zie § 5.5.).

5.5 Weerstand tegen wind

De nodige voorzorgen moeten worden genomen opdat het dak aan de invloeden van de wind kan weerstaan.

⁽²⁾ Uitgaande van de proefopstelling uitgevoerd met 300 g/m^2 en verder geen verdere proefgegevens bekend zijn voor de hogere doseringsgetallen wordt de proef binnen deze ATG als representatief voor een dak-hoekzone beschouwd en dient de proefondervindelijke rekenwaarde vermindert te worden met een faktor van 2,5 (Cpel-koëfficiënt).

De windinvloeden zijn afhankelijk van :

- de aard van de plaatsingstechniek van de dakafdichting en de isolatie (los, deelgekleefd, volgekleefd of mechanisch bevestigd)
- de blootstelling, de vorm en de afmetingen van het gebouw
- de plaats op het dak (hoeken, randen, ...) (zie fig. 2.)
- de aard van het draagvloer, de isolatie en het membraan (stijfheid, dikte, waterdoorlaatbaarheid, ...).

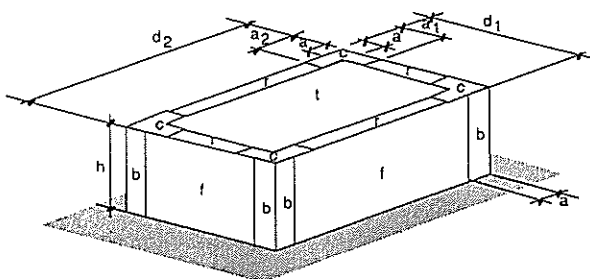


Fig. 2

Bepaling van a		
de grootste waarde weerhouden	indien $h \geq d_1/3$	indien $h < d_1/3$
		0,15 d_1 1 m
Bepaling van a_1 en a_2		
indien $d_2 > 1,5 d_1$	$a_1 = a$ $a_2 = 0,5 d_1$	
indien $d_1 < d_2 < 1,5 d_1$	$a_1 = 0,5 d_1(1,5 - d_2/d_1) + a(d_2/d_1 - 0,5)$ $a_2 = 0,5 d_1(d_2/d_1 - 0,5) + a(1,5 - d_2/d_1)$	

Het belang van deze voorzorgsmaatregelen die moeten worden genomen kan bepaald worden aan de hand van de proefresultaten van de windweerstand en van de gegevens van de norm NBN B 03-002.

De te gebruiken veiligheidscoëfficiënt bedraagt minimum 2 voor een proefopstelling van 2 x 2 m.

De voorzorgsmaatregelen kunnen worden uitgevoerd :

5.5.1 IN HET GEVAL VAN LOSSE PLAATSING :

Door een ballast die niet door de wind kan worden verplaatst (rekening houdend met de korrelgrootte, de dikte van de tegels, eventuele verlijming, ...). De ballast is noodzakelijk in geval van losse plaatsing en kan als volgt worden uitgevoerd :

- ofwel door middel van rolgrind (helling < 5 %);
- ofwel door middel van tegels op tegeldraggers

waarvan de afmetingen moeten bepaald worden in functie van de te dragen belastingen en de eigenschappen van de ondergrond (helling < 10 %);

- ofwel door middel van tegels in een mortelbed op een scheidingslaag van polyestervlies van minstens 250 g/m² (helling > 10 %).

Over de gehele lengte van de betegeling moeten in voldoende mate doorlopende voegen worden voorzien.

5.5.2 IN HET GEVAL VAN VOLGEKLEEFDE PLAATSING :

De ballast kan in bepaalde gevallen noodzakelijk zijn (ondermeer in de meest blootgestelde zones, randen, op isolatiematerialen die onderhevig zijn aan afpelling).

6. Prestaties

De tabel op pagina 6 geeft de aanvaardingscriteria weer die zijn vastgesteld door de EUTgb richtlijnen "Isolatiesystemen voor afdichtingen van platte en hellende daken".

De juistheid van deze criteria werd aan de hand van verschillende controles nagegaan.

Bij gebrek aan deze criteria geeft de tabel de resultaten van de laboratoriumproeven weer. Deze waarden vloeien niet voort uit statistische interpretaties. Enkel de criteria van de fabrikant worden door hem gewaarborgd.

Overzicht van de windproeven (getest volgens EUTgb § 4.1.1.) uitgevoerd in een windkist (2 x 2 m) en dit op platen van 1000 x 600 mm, oftewel 3 hele platen in de windkist.

- Rockwool 349 (50 mm) : staalplaat, mechanisch bevestigd SFS-Isosfast (3x per plaat) en met een enkele SBS-afdichting (bit. gekleefd) : windweerstand tot 3,5 kPa - breuk bij 4,0 kPa in het isolatiemateriaal.
- Rockwool 349 (120 mm) : staalplaat, mechanisch bevestigd SFS-Isosfast (6x per plaat) en met een enkele SBS-afdichting (bit. gekleefd) : windweerstand tot 8,0 kPa - breuk bij 8,5 kPa in het isolatiemateriaal.
- Rockwool 348 (100 mm) : staalplaat, streepgewijs gelijmd met Rockwool-lijm 300 (à rato van 300 g/m² per golf) en met een enkele APP-afdichting (vol gelast) : windweerstand tot 4,5 kPa - breuk bij 5 kPa in het isolatiemateriaal.
- Rockwool 341 (100 mm) : multiplex 18 mm volledig verkleefd met warme bitumen 110/30 en met een enkele SBS-afdichting (met bit. volgekleefd) : windweerstand 9,0 kPa - breuk bij 9,5 kPa in het isolatiemateriaal.

Eigenschappen	Criteria EUtgb	Criteria fabrikant	Resultaten extern labo	
			50	120
Afmetingen en haaksheid				
- lengte (mm)	± 5	± 5	x	
- breedte (mm)	± 3	± 3	x	
- dikte (mm)	± 2	± 2	x	
- vlakheid (mm)				
- plaatopp. < 0,5 m ²	± 3	± 2	x	
- plaatopp. > 0,5 m ²	± 5	± 2	x	
- haaksheid (mm / 500 mm)	± 3	± 3	x	
Volumemassa (kg/m ³)	-	155 ± 10 %	168,4	155,8
Bindmiddelgehalte (% massa)	-	3 ± 1	2,47	
Warmtegeleidbaarheid λ_{10} (ISO 8302) (W/m.K)		0,038	0,0367	
Termisch uitzettingscoëfficiënt :				
(tussen -20° C tot 23° C en +80° C tot -23° C)				
langse richting			- 0,08	-
dwarse richting			- 0,12	-
Dimensionele stabiliteit	< 0,5%		x	x
Haakse treksterkte (kPa)				
- initieel			-	17,6
- onderdompeling tot droging stabilisatie (hor.)	< Δ 20%		-	x
- volgens CEN/TC 88 477		> 15	21,8	19,5
Druksterkte bij 10 % vervorming (kPa)				
- initieel			-	78,6
- onderdompeling tot droging stabilisatie (vert.)			-	60,3
- volgens CEN / TC 88 438		> 66	79,5	78,2
Buigsterkte (kPa) volgens CEN/ TC 88 447 - A			46,0	-
Gelijkmatig verdeelde statische belasting van 20 kPa				
- bij 23 °C tot stabilisatie			3,94 %	-
- na 48 h (80 °C)	< 5 % (klasse B)	< 5 % (klasse B)	x	-
Weerstand tegen puntlast (1000 N)				
- tussen golfopeningen staalplaat (200 mm spanwijdte)				geen breuk (80 mm)
- in uitkraging van 120 mm				geen breuk (80 mm)
Neiging tot kromtrekking		-		nihil
Verschuiving van de afdichting		-		niet van toepassing
Waterabsorptie (% gewicht)		< 2 %	x	x
Diffusieweerstandsgetal μ		1,3		
Brandreactie		A0 (type 341) NBN S21-203		

x : gecontroleerde en conforme waarden
- : geen waarden

* De praktische λ -rekenwaarde bedraagt 0,038 W/m.K.

GOEDKEURING

Beslissing

Gelet op het Ministerieel Besluit van 6 september 1991 tot inrichting van de technische goedkeuring en opstelling van typevoorschriften in de bouwsector (*Belgisch Staatsblad* van 29 oktober 1991).

Gezien de aanvraag ingediend door de firma ROCKWOOL LAPINUS (A/G 891008).

Gezien de confirmatie van het CTG certificaat n° 046/1 (dd.21.07.93) afgeleverd door SBK (Nederland).

Gezien het advies van de Gespecialiseerde Groep Daken van de goedkeuringskommissie, uitgebracht tijdens haar vergadering van 14 januari 1994 op basis van het verslag voorgedragen door het Uitvoerend Bureau Daken van de BUtgb.

Gezien de overeenkomst ondertekend door de fabrikant, waarbij hij zich onderwerpt aan de doorlopende controle op de naleving van de voorwaarden van deze goedkeuring;

Wordt de goedkeuring met certificaat verleend aan de firma ROCKWOOL LAPINUS voor het isolatiesysteem voor warmdak met Rockwoolplaten serie 340 (341, 345, 348, 349), rekening houdend met de hierboven gegeven beschrijving.

Deze goedkeuring dient hernieuwd te worden op 18 maart 1997.

Brussel, 18 maart 1994.

De Directeur-generaal a.i.,

H. COURTOIS.

[Pdf online beschikbaar]

Onderstaande tabel overgenomen uit pagina 2 van:

ATG 03/H577-2. (2003). *Productgoedkeuring met Certificatie: Minerale Wol – Rotswol (MW)*. BUTgb-UBAtc, Rockwool, België. https://api.butgb-ubatc.be/api/public/file/ATG03H577-01B_050201_1.pdf?_ga=2.71519056.2109706237.1692294040-1226137675.1682348592&_gl=1*ngn9wr*_ga*MTIyNjEzNzY3NS4xNjgyMzQ4NTky*_ga_OR3EB16CHF*MTY5MjI5NDZAzOS4xMy4xLjE2OTIyOTQxNjEuMC4wLjA.

Productnaam Nom du produit	Haaksheid Equerrage (mm/m)	Vlakheid Planéité (mm)	Dimensionele stabiliteit Stabilité dimensionnelle 48 h 70 °C, 90 % RV (%)	Druksterkte Compression (kPa)	Treksterkte loodrecht Traction perpendiculaire (kPa)	Puntlast Charge ponctuelle (N)	Waterabsorptie (korte termijn) Absorption d'eau (court terme) (kg/m ²)
TAUROX NP	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)500 ≥ 500	WS ≤ 0,5
TAUROX NP Bituifilm	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)500 ≥ 500	WS ≤ 0,5
TAUROX NP Bitumen	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)500 ≥ 500	WS ≤ 0,5
TAUROX D-c	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR30 ≥ 30	PL(5)750 ≥ 750	WS ≤ 0,5
TAUROX D-c Bituifilm	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR30 ≥ 30	PL(5)750 ≥ 750	WS ≤ 0,5
TAUROX D-c Bitumen	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR30 ≥ 30	PL(5)750 ≥ 750	WS ≤ 0,5
TAUROX D	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR30 ≥ 30	PL(5)750 ≥ 750	WS ≤ 0,5
TAUROX D Bituifilm	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR30 ≥ 30	PL(5)750 ≥ 750	WS ≤ 0,5
TAUROX D Bitumen	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR30 ≥ 30	PL(5)750 ≥ 750	WS ≤ 0,5
TAUROX DUO ^{NP}	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)600 ≥ 600	WS ≤ 0,5
TAUROX DUO ^{NP} Bituifilm	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)600 ≥ 600	WS ≤ 0,5
TAUROX DUO ^{NP} Bitumen	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)600 ≥ 600	WS ≤ 0,5
Rockwool Rhinox (**)	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)1000 ≥ 1000	WS ≤ 0,5
Rockwool Rhinox film (**)	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)50 ≥ 50	TR15 ≥ 15	PL(5)1000 ≥ 1000	WS ≤ 0,5
Rockwool Rhinox D	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR20 ≥ 20	PL(5)1000 ≥ 1000	WS ≤ 0,5
Rockwool Rhinox D film	≤ 5	≤ 6	DS(TH) $\Delta\epsilon_{1h} \leq 1 / \Delta\epsilon_d \leq 1$	CS(10\Y)90 ≥ 90	TR20 ≥ 20	PL(5)1000 ≥ 1000	WS ≤ 0,5

(**) Kan ook als afschotplaat geleverd worden (afschot 1 %, 1,5 %, 2,0 % en 2,5 %)

ATG 04/2413 (2004 – 2009) : Taurox DUO
[Beveiligd document]

Onderstaande tabel overgenomen uit p.10-11 van:

ATG 04/2413. (2004). *Technische Goedkeuring met Certificatie: Isolatiesysteem voor warm dak Taurox DUO NP, Taurox DUO NP Bitufilm, Taurox DUO Bitumen.* B.Utgb, Rockwool, België.

Eigenschappen	Criteria BUtgb	Criteria fabrikant	Bepalings- methode	Resultaten
5.2.1 PRODUCTEIGENSCHAPPEN (CFR. NBN EN 13162:2001)				
Lengte (mm)	± 5 mm	1250, 2000 ± 5 mm	NBN EN 822	x
Breedte (mm)	± 3 mm	600 ± 3 mm	NBN EN 822	x
Dikte (mm)	d > 50 mm : +3/-2 mm	T4	NBN EN 823	x
Haaksheid (mm)	≤ 3 mm/500 mm	≤ 5 mm/1000 mm	NBN EN 824	x
Vlakheid (mm)	≤ 3 mm : ≤ 0,75 m ² ≤ 5 mm : > 0,75 m ²	≤ 3 mm : ≤ 0,75 m ² ≤ 5 mm : > 0,75 m ²	NBN EN 825	x
Dimensionele stabiliteit 48 h - 70 °C 90 % RV (%)	DS(TH) Δε ₁₀ : ≤ 1 Δε ₄ : ≤ 1	DS(TH) Δε ₁₀ : ≤ 1 Δε ₄ : ≤ 1	NBN EN 1604	x
Druksterkte bij 10% vervorming (kPa)	CS(10\Y)40 ≥ 40	CS(10\Y)50 ≥ 50	NBN EN 826	x
Delaminatie (kPa) initieel	TR10 ≥ 10	TR15 ≥ 15	NBN EN 1607	x
na onderdempeling (2 h in water)	Δ ≤ 20%	-	-	x
Warmtegeleidingcoëfficiënt λ _D (W/m.K)		0,040	NBN EN 12667	x
Puntlast (N)	PL(5)100 ≥ 100	PL(5)600 ≥ 600	NBN EN 12430	x
Waterabsorptie (kg/m ²)	WS ≤ 1	WS ≤ 0,5	NBN EN 1609	x
Brandreactie	A1...F	Taurox DUO ^{NP} : A1 Taurox DUO ^{NP} Bitufilm : F Taurox DUO ^{NP} Bitumen : F	Euroclass (classificatie efr. NBN EN 13501-1)	x
5.2.2 SYSTEEMEIGENSCHAPPEN				
Windweerstand	-	zie onderaan § 5.3	EUtgb § 4.1	x
Temperatuurinvloed				
- lineaire maatverandering	≤ 0,5% (max. 5 mm)		EUtgb § 4.31	x
- afschuiving *	- *		EUtgb § 4.34	- *
- invloed op de duur- zaamheid dakafdichting **	- **		EUtgb § 4.33	- **
- Vochtinvloeden				
- dimensionele stabiliteit	≤ 0,5% (max. 5 mm)		EUtgb § 4.41	x
- onderdempeling			zie hoger	-
Mechanische sterkte				
- verdeelde belasting (7 d 40 kPa 80 °C)	≤ 5%	≤ 5 %	EUtgb § 4.51	x
- puntlast 2-zijdig (1000 N)	geen breuk	-	EUtgb § 4.52	x
- uitkregend	geen breuk	-	EUtgb § 4.53	x

* Proef enkel vereist indien de volgende voorwaarden zich gelijktijdig voordoen :

- helling > 20% (11°)
- mechanische bevestiging van de afdichting niet voorgeschreven is ter voorkoming van het afschuiven
- isolatie gecacheerd is.

** Proef niet vereist indien :

- de afdichting los, mechanisch bevestigd of partieel gekleefd is op de isolatie, die zelf bevestigd is op de dakvloer
- de afdichting volgekleefd is op de isolatie die zelf bevestigd is op de dakvloer waarbij het isolatiemateriaal een lineaire maatverandering heeft < 0,5 mm bij een ΔT van 50 °C.

x Getest en conform het criterium van de fabrikant.

Technische Goedkeuring ATG met Certificatie



ATG 11/2413

Isolatiesysteem voor
warm dak

**TAUROX DUO NP,
TAUROX DUO NP Bitufilm,
TAUROX DUO NP Bitumen**

Geldig van 27/06/2011
tot 26/06/2016

Goedkeurings- en Certificatie-operator



Belgian Construction Certification Association
Aarlenstraat, 53
1040 Brussel
www.bcca.be
info@bcca.be

ROCKWOOL N.V.
(commerciële zetel) Bedrijvenzone Cluster Park
Romboutsstraat 7, B-1932 Zaventem
T. : 02/715.68.30 - Fax : 02/715.68.76
Website: www.rockwool.be
e-mail : info@rockwool.be

ROCKWOOL B.V.
Industrieweg 15, NL-6045 JG Roermond
T. : 0031/475/35.35.35 - Fax : 0031/475/35.34.84
Website: www.rockwool.nl
e-mail : info@rockwool.nl

1 Doel en draagwijdte van de technische goedkeuring

Deze technische goedkeuring betreft een gunstige beoordeling door een onafhankelijke goedkeuringsoperator aangeduid door de vzw BUTgb van het product of systeem voor een bepaalde beoogde toepassing. Het resultaat van deze beoordeling werd in deze goedkeuringstekst vastgelegd. In deze tekst wordt het product, of de in het systeem toegepaste producten, geïdentificeerd en worden de te verwachten productprestaties bepaald, gesteld dat het product (de producten) of het systeem (de systemen) verwerkt, gebruikt en wordt (worden) onderhouden zoals uiteengezet in deze goedkeuringstekst.

De technische goedkeuring gaat gepaard met een regelmatige opvolging en een aanpassing aan de stand van de techniek wanneer deze wijzigingen pertinent zijn. Een vijfjaarlijkse revisie wordt opgelegd.

De instandhouding van de technische goedkeuring vereist dat de fabrikant te allen tijde kan bewijzen dat hij al het nodige doet opdat de in de goedkeuring beschreven prestaties bereikt worden. De opvolging hiervan is essentieel voor het vertrouwen in de overeenkomstigheid met deze technische goedkeuring. Deze opvolging wordt toevertrouwd aan een door de BUTgb aangeduide certificatieoperator.

Door middel van het doorlopend karakter van de controles en de statistische interpretatie van de controleresultaten bereikt de bijbehorende certificatie een hoog betrouwbaarheidsniveau.

De goedkeuring, evenals de certificatie van de overeenstemming met de goedkeuring, staan los van individueel uitgevoerde werken. De aannemer en architect blijven onverminderd verantwoordelijk voor de overeenstemming van de uitvoering met de bepalingen van het bestek.

2 Voorwerp

Deze goedkeuring heeft betrekking op een isolatiesysteem voor een warm dak en dit voor daken met een zwakke helling (> 20 % mogelijk behoudens bepaalde voorzorgen cfr. § 6.2.2), begaanbaar voor voetgangers en frequent onderhoud.

Het systeem bestaat uit isolatieplaten op basis van rotswol die samen met de in deze goedkeuring beschreven hulpcomponenten moeten worden toegepast in overeenstemming met de uitvoeringsvoorschriften die in § 5 worden beschreven. De dakopbouw die hierbij toegelaten zijn, worden eveneens aangegeven in § 5.

Afhankelijk van de ondergrond en van het type plaat worden deze isolatieplaten los gelegd, gekleefd (vol in warme bitumen, partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of met bitumineuze koudlijm DERBISEAL S) of mechanisch bevestigd en bedekt met een losliggende, gekleefde of mechanisch bevestigde dakafdichting die voorzien is van een ATG-goedkeuring en overeenstemmende plaatsingstechniek.

De producten Rockwool vormen het voorwerp van de productgoedkeuring met certificatie ATG/H577-2. Deze productgoedkeuring met certificatie omvat een doorlopende productiecontrole door de fabrikant, aangevuld met een regelmatig extern toezicht daarop door de door de BUTgb toegewezen certificatie-instelling.

De goedkeuring van het volledige systeem steunt bovendien op het gebruik van hulpcomponenten waarvan via een attestering vertrouwen wordt gegeven betreffende het voldoen aan de prestaties of identificatiecriteria aangegeven in § 3.2.

De technische goedkeuring heeft betrekking op het isolatiemateriaal en op het beschreven systeem, met inbegrip van de plaatsingstechniek, maar niet op de kwaliteit van de uitvoering.

3 Materialen

3.1 Rockwool Taurox DUO NP-platen

De isolatieplaten Taurox DUO NP, met als types Taurox DUO NP, Taurox DUO NP Bitufilm en Taurox DUO NP Bitumen zijn stijve rechthoekige platen met een geel-groenachtige kleur, samengesteld uit rotswolvezels gebonden door middel van een thermohardend hars. De platen zijn voorzien van een drukvastere geïntegreerde bovenlaag van rotswol. Afhankelijk van het plaattype is de bovenzijde van de isolatieplaten al of niet geïmpregneerd met een bitumen met al dan niet een PP-wegbrandfolie. De bovenzijde van de onbeklede platen Taurox DUO NP is herkenbaar aan de markering.

Productoverzicht en toepassing

Merknaam isolatieplaten	Afwerking	Afmetingen (mm) ^(*) lengte x breedte x dikte	Randafwerking
Taurox DUO NP	onbekleed	1250 x 600 2000 x 600 dikte : 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160	rechte kanten
Taurox DUO NP Bitufilm	éénzijdig geïmpregneerd met bitumen 110/30 (± 1 kg/m ²) en afgewerkt met een PP-wegbrandfolie		
Taurox DUO NP Bitumen	éénzijdig geïmpregneerd met bitumen 110/30 (± 1 kg/m ²)		
(*) platen met tussenliggende diktes en andere lengte en breedte afmetingen zijn leverbaar op aanvraag.			

Type dakvloer (zie § 5.2.3)	Merknaam isolatieplaten		
	Taurox DUO NP	Taurox DUO NP Bitufilm	Taurox DUO NP Bitumen
Beton, cellenbeton, schuimbeton of elementen van gebakken aarde	<ul style="list-style-type: none"> - los (met ballast) - vol in warme bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> - vol in warme bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> - vol in warme bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S
Hout of houtachtige platen	<ul style="list-style-type: none"> - los (met ballast) - mechanisch bevestigd (multiplex) (*) - vol in warme bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> - mechanisch bevestigd (multiplex) (*) - vol in warme bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> - mechanisch bevestigd (multiplex) (*) - vol in warme bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S
Geprofileerde staalplaten (≥ 0,75 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - mechanisch bevestigd - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> - mechanisch bevestigd - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> - mechanisch bevestigd - partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S
Type dakafdichting – zie ATG dakafdichting (zie § 5.2.4)	<ul style="list-style-type: none"> - losliggend (met ballast) - volgekleefde meerlaagse bitumineuze afdichtingen (gieten warm bitumen) - mechanisch bevestigd 	<ul style="list-style-type: none"> - gelaste afdichtingen 	<ul style="list-style-type: none"> - volgekleefde afdichtingen (gieten warm bitumen of kleven met koudlijm)
(*) : niet onderzocht in het kader van de ATG-aanvraag			

3.2 Hulpcomponenten

3.2.1 Lijmtypes

3.2.1.1 Rockwool Daklijm 300

Één component polyurethaanlijm voor verlijming van de Taurox dakplaten op verschillende ondergronden, met volgende kenmerken :

- volumemassa : 1,075 g/cm³ (bij 20°C)
- viscositeit : 10.500 ± 2.500 mPa.s (Brookfield RVF; 20°C)
- gehalte aan droge stof : ca. 95%
- ontvlammingspunt : 36°C
- houdbaarheid (gesloten toestand, koel opgeslagen) : 12 maanden
- verpakking : bussen van 6,5 kg.

In het kader van deze ATG is de Rockwool Daklijm 300 onderworpen aan een goedkeuringsonderzoek en een beperkte certificatie door de door de BUIgb vzw aangestelde certificatie-operator. Dit houdt volgende elementen in :

- De Rockwool Daklijm 300 werd geïdentificeerd via initiële typeproeven.
- De leveringen van de Rockwool Daklijm 300 zijn naspeurbaar en conformiteitsverklaringen opgesteld door de fabrikant van de lijm zijn per levering beschikbaar bij de ATG-houder.
- De Rockwool Daklijm 300 wordt jaarlijks onderworpen aan externe controleproeven.

3.2.1.2 INSTA-STIK

Één component polyurethaanschuim voor verlijming van de Taurox dakplaten op verschillende ondergronden en voor de verkleving van Taurox platen op onbeklede Taurox platen, met volgende kenmerken :

- volumemassa : 1,240 g/cm³ (bij 20°C)
- ontvlammingspunt : > 199°C
- houdbaarheid (gesloten toestand, koel opgeslagen) : 15 maanden
- verpakking : aerosol tanks van 10,4 kg.

In het kader van deze ATG is de lijm Insta-Stik onderzocht bij het goedkeuringsonderzoek. Deze lijm is niet onderworpen aan certificatie. De ATG-houder vraagt jaarlijks aan de fabrikant van de lijm een verklaring betreffende de conformiteit van de productkenmerken.

3.2.1.3 DERBISEAL S

Gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta voor verlijming van de Taurox dakplaten op verschillende ondergronden, met volgende kenmerken :

- volumemassa (EN 542) : 1,10 g/cm³ ± 5% (bij 20°C)
- droogrest : 84 ± 10% (12 h 110°C)
- asgehalte (ISO 1270) : 19,5 ± 10%
- viscositeit 20°C (ASTM D 2196), bij 5/sec
 - wintergrade : 70 - 126 Pa.s
 - summergrade : 300 - 400 Pa.s
- solventen met vlampunt (Abel) : 1°C
- houdbaarheid : in gesloten toestand onbeperkt
- verpakkingen : bussen van 12 kg en 30 kg, worsten van 1,5 kg en 3 kg

In het kader van deze ATG is de lijm Derbiseal S onderzocht bij het goedkeuringsonderzoek. Deze lijm is niet onderworpen aan certificatie. De ATG-houder vraagt jaarlijks aan de fabrikant van de lijm een verklaring betreffende de conformiteit van de productkenmerken.

In het kader van deze ATG werden deze lijmen op de verenigbaarheid getest. Eveneens werd op basis van windproeven een rekenwaarde voor de windweerstand bepaald, cf. § 5.3.

Bij gebruik van andere lijmen dan deze die werden onderzocht in het kader van deze ATG, zal een bijkomend onderzoek dienen uitgevoerd te worden naar de verenigbaarheid van de Taurox DUO^{NP}-platen met de koudlijm. Eveneens zullen windproeven dienen uitgevoerd te worden om de windweerstand te kunnen bepalen.

3.2.2 Mechanische bevestigingen van de isolatie

3.2.2.1 Mechanische bevestigingen voor gebruik op geprofileerde staalplaten die in het kader van het ATG-onderzoek gebruikt werden

- verdeelplaatje type SFS IF/IFT : staal met alucoating van 70 x 70 mm, gat Ø 4,2 mm en met een dikte van 1,0 mm – schroef type SFS IR2 in carbon-staal met durocoat (corrosieweerstand EUtgb-klasse 2) van 4,8 x 80 mm tot 160 mm.
- De karakteristieke statische uittrekwaarde van de schroef is 1450 N (uit staalplaat 0,75 mm).
- De rekenwaarde van de windweerstand per bevestiging wordt vermeld in § 5.3.

In het kader van deze ATG zijn de mechanische bevestigingen onderzocht bij het goedkeuringsonderzoek. Deze mechanische bevestigingen zijn niet onderworpen aan certificatie.

Bij gebruik van andere mechanische bevestigingen dan diegenen die werden onderzocht in het kader van deze ATG (zie § 6) wordt verwezen naar ATG-bevestigingen of windproeven en informatie van de fabrikant.

3.2.2.2 Mechanische bevestigingen voor gebruik op geprofileerde staalplaten

Om te kunnen rekenen met een forfaitaire rekenwaarde van 450 N/bevestiging dienen de mechanische bevestigingen te voldoen aan de volgende kenmerken :

- de minimale diameter van de schroef bedraagt 4,8 mm
- de schroeven zijn voorzien van een aangepast boorpunt
- de karakteristieke statische uittrekwaarde van de schroef is ≥ 1350 N (uit staalplaat 0,75 mm)
- de dikte van het verdeelplaatje is ≥ 1 mm voor de vlakke en ≥ 0,75 mm voor de geprofileerde plaatjes
- de corrosieweerstand weerstaat aan 15 cycli EOTA.

Mechanische bevestigingen voor gebruik op houtachtige ondergronden (bv. multiplex) zullen het voorwerp uitmaken van een bijkomende studie.

3.2.3 Bitumineuze producten

Bitumineuze producten waarvan de overeenkomstigheid met de PTV 46-002 geattesteerd is.

3.2.4 Dampscherm

3.2.5 Dakafdichting

De dakafdichting moet een technische goedkeuring (ATG) met certificatie voor dakafdichtingssysteem bezitten.

- 3.2.6 Gootlijn afschotsysteem Rockwool 303, driehoekslatten en canelurevullingen (voor opvulling van de golven van geperforeerde geprofileerde staalplaten).

4 Vervaardiging en commercialisatie

De isolatieplaten worden vervaardigd door de firma ROCKWOOL B.V. te Roermond in Nederland.

De commercialisatie gebeurt door de firma ROCKWOOL N.V.

Voor wat betreft de vervaardiging en controles wordt verwezen naar de productgoedkeuring met certificatie ATG/H577-2.

Op de verpakking (in pakken of losse platen op rotswolstroken met wikkelfolie) wordt een etiket aangebracht met de nodige gegevens in het kader van de CE-markering, het ATG-merk en nummer en het Keymark-logo indien van toepassing (geldigheid te verifiëren op www.key-mark.org).

5 Opvatting en Uitvoering

5.1 Referentiedocumenten

- TV 215 : Het platte dak – Opbouw, materialen, uitvoering, onderhoud (WTCB)
- TV 239 : Mechanische bevestiging van de isolatie en de afdichting op geprofileerde staalplaten (WTCB)
- BUtgb-document "Summary of the characteristics-criteria in the frame of ATG-applications" dd. januari 2009
- BUtgb-leidraad voor ATG "Bitumineuze koudlijmen – dakafdichtingen" (25.08.1998)
- BUtgb-leidraad voor ATG "Synthetische koudlijmen – dakafdichtingen" (06.05.1999)

5.2 Uitvoering

De isolatieplaten in hun verpakking dienen droog vervoerd en opgeslagen te worden waarbij de nodige voorzorgen genomen moeten worden om beschadigingen te voorkomen.

De dakopbouw overeenkomstig TV 215 van het WTCB omvat :

- een dakvloer (§ 5.2.1)
- een damp scherm (§ 5.2.2)
- de isolatieplaten (§ 5.2.3)
- een dakafdichting (§ 5.2.4)
- eventueel een ballastlaag.

5.2.1 Dakvloer

De dakvloer moet overeenstemmen met de norm NBN B 46-001 en TV 215 van het WTCB.

5.2.2 Dampscherm

Afhankelijk van het te verwachten binnenklimaat in het gebouw, van de vochtigheid in de dakvloer en van de hygrothermische eigenschappen van de diverse materialen in de dakopbouw moet een dampscherm voorzien worden.

De dampschermklasse wordt bepaald door ofwel berekeningen, ofwel overname van de aanbevelingen vervat in de TV 215 van het WTCB. Deze laatste zijn gebaseerd op de rekenmethode van Glaser waarbij rekening wordt gehouden met niet-stationaire klimatologische randvoorwaarden en met de thermische en hygrische traagheid van het dak.

5.2.3 Plaatsing van de isolatieplaten

De isolatieplaten worden in één laag in verband (bij voorkeur halfsteens) en goed aangesloten gelegd, met de gemarkeerde of gebitumineerde drukvastere zijde naar boven. De bevestiging aan de dakvloer is beschreven in 5.2.3.1, 5.2.3.2 en 5.2.3.3.

De isolatieplaten kunnen in twee lagen worden toegepast voor grote dikte of bij de realisatie van afschot. Hierbij wordt de tweede laag met verspringende voegen tegenover de eerste laag geplaatst.

De plaatsingsoppervlakken en de isolatieplaten dienen droog te blijven tot de werken volledig af zijn.

Bij verlijmen van de isolatieplaten, mag de omgevings-temperatuur bij het plaatsen niet onder de 5°C (verkleving met warme bitumen, verkleving met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of met gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S) dalen.

Bij gebruik van de Rockwool Daklijm 300 worden de isolatieplaten in de lijm geplaatst voordat vliesvorming op de lijmruips optreedt. Afhankelijk van de buitencondities bedraagt de open tijd die toegestaan is 0-10 minuten bij 20°C (bij hogere temperaturen tot max. 5 minuten). De minimum verwerkings-temperatuur bedraagt 5°C, terwijl de oppervlaktetemperatuur van de te verlijmen ondergrond zich tussen 5°C en 70°C dient te bevinden. De ondergrond moet winddroog zijn.

Bij gebruik van de INSTA-STIK worden de isolatieplaten op de lijmruips geplaatst. Afhankelijk van de buitencondities (temperatuur en relatieve vochtigheid 50%) bedraagt de open tijd die toegestaan is 5-10 minuten bij 20°C (bij hogere temperaturen tot max. 3 à 5 minuten). De minimum verwerkingstemperatuur bedraagt 5°C, terwijl de oppervlaktetemperatuur van de te verlijmen ondergrond zich tussen 5°C en 43°C dient te bevinden. Verbruik per lijmruips ± 30 g/m, diameter van de rups tussen 19 en 25 mm. De ondergrond moet niet volledig winddroog zijn.

Bij gebruik van de DERBISEAL S worden de isolatieplaten op de lijmruips geplaatst. De minimum verwerkingstemperatuur bedraagt 5°C, terwijl de oppervlaktetemperatuur van de te verlijmen ondergrond zich tussen 5°C en 70°C dient te bevinden. Verbruik per lijmstreep ± 150 g/m, dikte van de streep ± 4 mm, breedte van de streep ± 30 mm. De ondergrond moet winddroog zijn.

Indien nodig, kunnen de isolatieplaten op de bouwplaats gesneden, gezaagd of doorboord worden. Beschadigde platen mogen niet verwerkt worden.

Het is vereist dat bij losliggende plaatsing de afdichting, inclusief ballastlaag, onmiddellijk na de plaatsing van de isolatieplaten wordt aangebracht.

Bij elke werkonderbreking en in ieder geval aan het einde van elke dag is het noodzakelijk de geplaatste isolatieplaten tegen weersinvloeden te beschermen.

De isolatieplaten dienen tijdens de verwerking afdoende te worden beschermd tegen overmatige belasting door werkverkeer (b.v. met behulp van multiplex-platen).

5.2.3.1 Dakvloer van beton, cellenbeton, schuimbeton of elementen van gebakken aarde

Op de dakvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een damp scherm overeenkomstig WTCB-TV 215
- de isolatieplaten worden :
 - o ofwel vol gekleefd in warme bitumen (1,5 kg/m²)
 - o ofwel streepsgewijs met de Rockwool Daklijm 300 gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²; dosering afhankelijk van de dakzone : midden : 300 g/m²; rand : 400 g/m²; hoek : 500 g/m²). De isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken.
 - o ofwel streepsgewijs met de INSTA-STIK gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmrupsen/m²). De isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmrupsen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmrupsen INSTA-STIK en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmrupsen/m², 125 g/m²; rand en hoek 8 lijmrupsen/m², 250 g/m²
 - o ofwel streepsgewijs met de gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²). De isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmsporen DERBISEAL S en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmsporen/m², 600 g/m²; rand en hoek 8 lijmsporen/m², 1200 g/m²
 - o eventueel losliggend geplaatst (met ballast b.v. grind met Ø cf. TV 215 of daktegels op de dakafdichting).

Voor de plaatsing van de isolatieplaten in functie van de windweerstand van het daksysteem dient rekening gehouden te worden met de rekenwaarden vermeld in § 5.3 voor zover deze lager zijn dan de rekenwaarden betreffende windweerstand van de afdichting aangegeven in de ATG-afdichting.

5.2.3.2 Dakvloer van hout of houtachtige platen

Op de dakvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een damp scherm overeenkomstig WTCB-TV 215
- de isolatieplaten worden :
 - o ofwel vol gekleefd in warme bitumen (1,5 kg/m²)
 - o ofwel streepsgewijs met de Rockwool Daklijm 300 gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²; dosering afhankelijk van de dakzone : midden : 300 g/m²; rand : 400 g/m²; hoek : 500 g/m²). De isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken.
 - o ofwel streepsgewijs met de INSTA-STIK gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmrupsen/m²). De isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmrupsen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmrupsen INSTA-STIK en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmrupsen/m², 125 g/m²; rand en hoek 8 lijmrupsen/m², 250 g/m²
 - o ofwel streepsgewijs met de gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²). De isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmsporen DERBISEAL S en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmsporen/m², 600 g/m²; rand en hoek 8 lijmsporen/m², 1200 g/m²
 - o ofwel mechanisch bevestigd (op multiplex)
 - o eventueel losliggend geplaatst (met ballast b.v. grind met Ø cf. TV 215 of daktegels op de dakafdichting).

Voor de plaatsing van de isolatieplaten in functie van de windweerstand van het daksysteem dient rekening gehouden te worden met de rekenwaarden vermeld in § 5.3 voor zover deze lager zijn dan de rekenwaarden betreffende windweerstand van de afdichting aangegeven in de ATG-afdichting.

5.2.3.3 Geprofileerde staalplaten

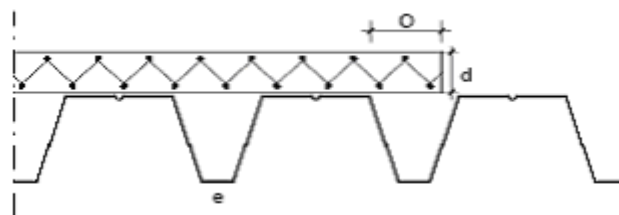
De staalplaten zullen een dikte van $\geq 0,75$ mm hebben.

Op de dakvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een damp scherm overeenkomstig WTCB-TV 215
- de isolatieplaten worden dwars over de golfopeningen en met gesloten en verspringende naden geplaatst en als volgt bevestigd :
 - o ofwel mechanisch bevestigd (zie § 5.2.3.3.1)
 - o ofwel streepsgewijs met de Rockwool Daklijm 300 gekleefd (zie § 5.2.3.3.2 en § 5.2.3)
 - o ofwel streepsgewijs met de INSTA-STIK gekleefd (zie § 5.2.3.3.3 en § 5.2.3)
 - o ofwel streepsgewijs met de gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S gekleefd (zie § 5.2.3.3.4 en § 5.2.3)

Het uitkragen van de isolatieplaten boven de golven van de staalplaat (overdwars geplaatste panelen t.o.v. de golven) is toegelaten mits in achtnaam van de volgende voorwaarden :

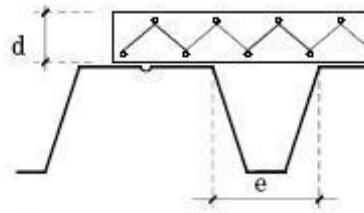
- o uitsluitend toegestaan in de lengterichting van de isolatieplaat;
- o maximale uitkraging met isolatiedikte
 - d = 60 mm tot 75 mm
O = 150 mm
 - d = 80 mm tot 160 mm
O = 2 x d



De maximaal toegestane golfopening is afhankelijk van de isolatiedikte : $e \leq 3 \times d$

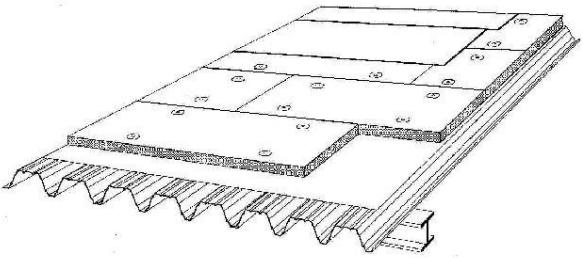
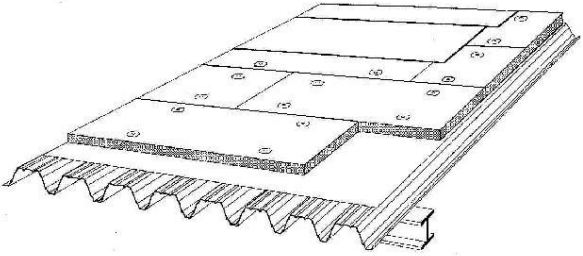
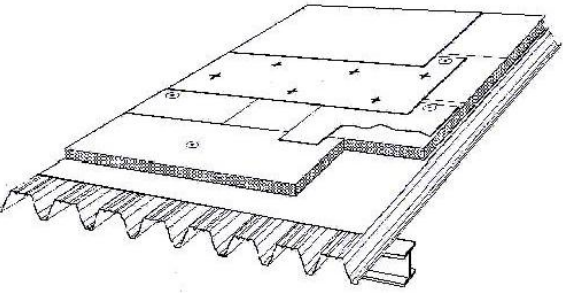
waarbij :

d = isolatiedikte in mm
e = golfopening in mm

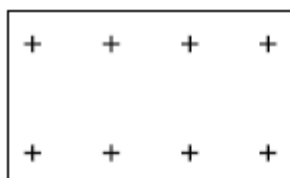
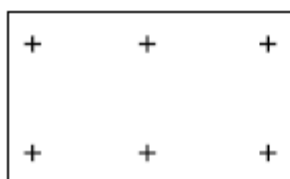


5.2.3.4 Mechanische bevestiging van de isolatieplaten op geprofileerde staalplaten

In het geval van mechanische bevestiging hangt het aantal bevestigingen af van de kwaliteit ervan en de dikte van de geprofileerde staalplaten. Er dient voor gezorgd te worden dat de schroeven minimaal 15 mm doorheen de staalplaat komen. Bij gebruik van een systeem van zelfborende schroeven type SFS IR2 met een verdeelplaatje type SFS IF/IFT worden de, op fig. 1 aangegeven bevestigingspatronen indicatief vermeld. Het aantal bevestigingen per plaat dient berekend te worden op basis van de rekenwaarde Q_r vermeld in § 5.3.

Dakopbouw	Dampscherm	Bevestiging
Dakafdichting gekleefd op mechanisch bevestigde isolatie 	Zonder dampscherm	Het aantal bevestigingen per plaat berekenen op basis van de rekenwaarde vermeld in § 5.3, $Q_r : 625 \text{ N/bevestiging}$ en waarbij de totale windbelasting $1,3 \cdot q_b \cdot (C_{pe1} - C_{pi})$ in rekening wordt gebracht.
	Met dampscherm	Indien er een losliggend lucht- of dampscherm aanwezig is, het aantal bevestigingen per plaat berekenen op basis van de rekenwaarde vermeld in § 5.3, $Q_r : 625 \text{ N/bevestiging}$ en waarbij de totale windbelasting $1,3 \cdot q_b \cdot (C_{pe1} - C_{pi})$ in rekening wordt gebracht.
Eénlaagse dakafdichting bevestigd in de naad of met lineaire bevestigingsstrippen. 	Zonder dampscherm	Voor zover er geen lucht- of dampscherm aanwezig is, de platen verankeren met minimum 1 centrale bevestiging per plaat.
	Met dampscherm	Indien er een losliggend lucht- of dampscherm aanwezig is, het aantal bevestigingen per plaat berekenen op basis van de rekenwaarde Q_r vermeld in § 5.3, $Q_r : 625 \text{ N/bevestiging}$ doch waarbij slechts 50 % van de totale windbelasting $1,3 \cdot q_b \cdot (C_{pe1} - C_{pi})$ in rekening wordt gebracht.
Dakafdichting met een polyestergewapende onderlaag, samen met de isolatieplaten bevestigd volgens het "plic-ploc" systeem. 		Ongeacht of een lucht- of dampscherm aanwezig is, de platen verankeren met minimum 1 centrale bevestiging per plaat. Het aantal bevestigingen voor de gebitumineerde onderlaag met polyestervliesinlage wordt bepaald uitgaande van de totale windbelasting $1,3 \cdot q_b \cdot (C_{pe1} - C_{pi})$ en op basis van de forfaitaire rekenwaarde vermeld in § 3.2.2.2, $Q_r : 450 \text{ N/bevestiging}$ of de rekenwaarde vermeld in de ATG-dakafdichting.

Plaattype : 1250 x 600 mm



Plaattype : 2000 x 600 mm

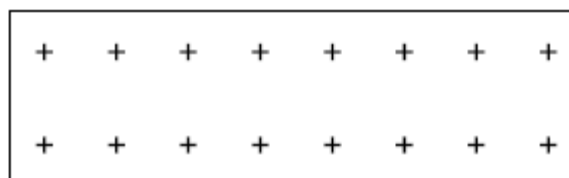
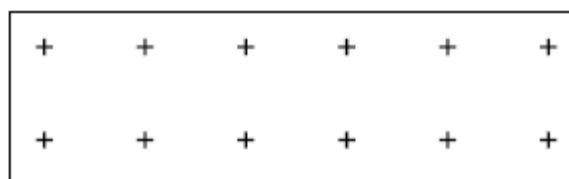
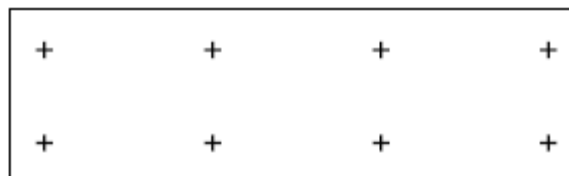
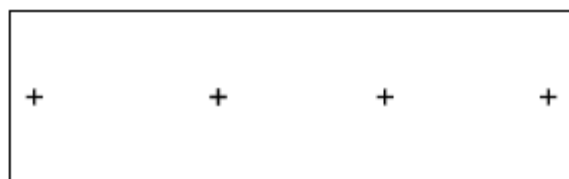


Fig. 1 : Plaatsingspatroon voor de mechanische bevestigingen

(afstand : minimaal 100 mm van de rand in de lengterichting van de plaat en minimaal 150 mm van de rand in de breedterichting van de plaat)

5.2.3.5 5.2.3.3.2 Verkleving van de isolatieplaten met de Rockwool Daklijm 300 op geprofileerde staalplaten

De maximale doorbuiging van de geprofileerde staalplaat bedraagt 1/250.

In het geval de isolatieplaten met de Rockwool Daklijm 300 streepsgewijs gekleefd worden, zullen de volgende plaatsingsaspecten in acht genomen worden :

- middenzone : één lijmspoor op elke golf à rato van 300 g/m² (60 à 75 g/m lijmspoor)
- randzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 500 g/m² (60 à 75 g/m lijmspoor)
- hoekzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 500 g/m² (60 à 75 g/m lijmspoor)

De plaatsingscondities vermeld in § 5.2.3 dienen gerespecteerd te worden. Een voorafgaande behandeling met primers is niet nodig, evenwel worden vette oppervlakken geval per geval onderzocht en is desgevallend een proefverlijming op de werf nodig. Staalplaten afgewerkt met een plastisol-coating zijn niet geschikt als ondergrond voor verlijming gezien ze niet compatibel zijn met de Rockwool Daklijm 300.

5.2.3.6 5.2.3.3.3 Verkleving van de isolatieplaten met INSTA-STIK op geprofileerde staalplaten

De maximale doorbuiging van de geprofileerde staalplaat bedraagt 1/250.

In het geval de isolatieplaten met de INSTA-STIK streepsgewijs gekleefd worden, zullen de volgende plaatsingsaspecten in acht genomen worden :

- middenzone : één lijmrups op elke golf à rato van 125 g/m² (25 à 35 g/m lijmrups)
- randzone : twee lijmrupsen op elke golf à rato van 250 g/m² (25 à 35 g/m lijmrups)
- hoekzone : twee lijmrupsen op elke golf à rato van 250 g/m² (25 à 35 g/m lijmrups)

De plaatsingscondities vermeld in § 5.2.3 dienen gerespecteerd te worden. Een voorafgaande behandeling met primers is niet nodig, evenwel worden vette oppervlakken geval per geval onderzocht en is desgevallend een proefverlijming op de werf nodig.

5.2.3.7 5.2.3.3.4 Verkleving van de isolatieplaten met DERBISEAL S op geprofileerde staalplaten

De maximale doorbuiging van de geprofileerde staalplaat bedraagt 1/250.

In het geval de isolatieplaten met bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S streepsgewijs gekleefd worden, zullen de volgende plaatsingsaspecten in acht genomen worden :

- middenzone : één lijmspoor op elke golf à rato van 600 g/m² (± 150 g/m lijmspoor)
- randzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 1200 g/m² (± 150 g/m lijmspoor)
- hoekzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 1200 g/m² (± 150 g/m lijmspoor)

De plaatsingscondities vermeld in § 5.2.3 dienen gerespecteerd te worden. Een voorafgaande behandeling met primers is niet nodig, evenwel worden vette oppervlakken geval per geval onderzocht en is desgevallend een proefverlijming op de werf nodig.

5.2.4 Dakafdichting

De plaatsing van de dakafdichting gebeurt overeenkomstig de plaatsingsvoorschriften vermeld in de ATG-dakafdichting. Hiertoe zal de dakopbouw vermeld in § 5.2 gerespecteerd, desgevallend aangepast, worden.

- Los aangebrachte afdichtingen zullen steeds voorzien worden van ballast (aangebracht volgens WTCB-TV 215). Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Taurox DUO NP.
- Gelaste afdichtingen worden geplaatst in overeenstemming met WTCB-TV 215 en ATG-dakafdichting. Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Taurox DUO NP Bitufilm.

- Gekleefde afdichtingen worden volgekleefd aangebracht in warme bitumen of met koudlijm en worden geplaatst in overeenstemming met WTCB-TV 215 en ATG-dakafdichting. Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Taurox DUO NP Bitumen en op de Taurox DUO NP met warme bitumen bij meerlaagse afdichtingen.

- Mechanisch bevestigde afdichtingen worden geplaatst in overeenstemming met WTCB-TV 215 en WTCB-TV 239 en ATG-dakafdichting. Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Taurox DUO NP.

5.3 Weerstand tegen wind

De nodige voorzorgen moeten worden genomen opdat het dak aan de invloeden van de wind kan weerstaan.

De windweerstand van de dakisolatie wordt bepaald uitgaande van de te verwachten windbelasting. Deze wordt berekend volgens de TV 215 van het WTCB en NBN B 03-002-1.

Voor losse plaatsing zal de ballastlaag worden aangebracht in overeenstemming met de specifieke eisen van WTCB TV 215.

Voor andere bevestigingswijzen worden hierna de rekenwaarden van de windweerstand (Qr) voor de isolatieplaten aangegeven.

Rekenwaarden van de windweerstand (Qr)

	Vol gekleefd met warme bitumen	Partieel gekleefd met Rockwool Daklijm 300	Partieel gekleefd met INSTA-STIK	Partieel gekleefd met DERBISEAL S	Mechanisch bevestigd (type § 3.2.2)
Beton, cellenbeton**, schuimbeton** of elementen van gebakken aarde	5800 Pa (*) (**)	3000 Pa (**)	3000 Pa (**) met 125 g/m ² 5300 Pa (**) met 250 g/m ²	3700 Pa (**)	-
Hout of houtachtige platen	5800 Pa (*)	3000 Pa	3000 Pa met 125 g/m ² 5300 Pa met 250 g/m ²	3700 Pa	-
Geprofileerde staalplaten (≥ 0,75 mm)	-	3000 Pa	3000 Pa met 125 g/m ² 5300 Pa met 250 g/m ²	3700 Pa	625 N/bevestiger cf. § 3.2.2.1

(*) : Uitgaande van de windtestresultaten vermeld in § 6.3 zou de hogere rekenwaarde van 6700 Pa kunnen worden aangenomen. Indien men deze rekenwaarde in rekening wenst te brengen, zal een bijkomende studie in overleg met de fabrikant worden uitgevoerd.

(**): Deze waarden gelden niet op cellenbeton en schuimbeton.

Voor de verkleefing van een Taurox DUO NP-plaat op een eerste laag isolatieplaten Taurox DUO NP worden hierna de rekenwaarden van de windweerstand (Qr) voor de onderlinge verkleefing van de isolatieplaten aangegeven.

Onderlaag van een tweelaags isolatiesysteem	TAUROX DUO NP, TAUROX DUO NP Bitufilm, TAUROX DUO NP Bitumen Vol gekleefd met warme bitumen	TAUROX DUO NP, TAUROX DUO NP Bitufilm, TAUROX DUO NP Bitumen Partieel gekleefd met INSTA-STIK
Taurox DUO NP	-	5300 Pa met 150 g/m ²
Taurox DUO NP Bitumen	5000 Pa	-

Deze windweerstand (Q_r) houdt rekening met een veiligheidscoëfficiënt van 1,5; de windtestresultaten (Q_1) vermeld in § 6 (testen op een windkist 2 m x 2 m en op een windkist 3 m x 2,8 m) en de statistische correctiefactor (C_s) eveneens vermeld in § 6. Voor de mechanisch bevestigde isolatieplaten dienen voor de bepaling van de rekenwaarde van de windweerstand het aantal schroeven ($A = 3$) en de plaatafmetingen (1250 x 600 mm) eveneens in rekening te worden gebracht op basis van de formule $Q_r = (Q_1 \times C_s \times \text{opp.}) / (1,5 \times A)$.

De opgegeven rekenwaarden zijn te vergelijken met het effect van de windbelasting met een terugkeerperiode van 65 jaar, zoals opgegeven in de tabel van de TV 215 van het WTCB.

Deze rekenwaarden dienen getoetst te worden aan de rekenwaarde voor de dakafdichting (in relatie tot de aanbrengingswijze van de dakafdichting - zie ATG dakafdichting) waarbij de laagste rekenwaarde voor de totale dakopbouw in acht genomen wordt.

5.4 Brandveiligheid

Er dient nagegaan te worden of het KB van 19.12.1997 (inclusief de wijziging in het KB van 04.04.2003 en 01.03.2009) van toepassing is. Indien dit het geval is moeten de volgende eisen i.v.m. de dakopbouw worden gerespecteerd :

- ten aanzien van een brand van buitenaf : de daken moeten worden afgedicht met dakafdichtingen die al dan niet moeten voldoen aan de brandreactieklasse A1 (NBN S 21-203) ofwel moet het dakafdichtingssysteem voldoen aan de $B_{ROOF}(t1)$ klassering conform NBN EN 13501 part 5. Aan deze eisen voldoen dakafdichtingen die conform hun ATG worden geplaatst; hiertoe wordt naar de tabel 1 en de plaatsingsfiche van de dakafdichting verwezen.
- ten aanzien van een brand van binnenuit : de dakvloer moet zo worden ontworpen en uitgevoerd dat deze dakvloer een R_f -waarde heeft afhankelijk van het type gebouw zoals voorzien in het KB.

Ten aanzien van de brandcompartimentering : in het project moet nagegaan worden in hoeverre de dakzones en de dakdetails van brandstoppen, uitgevoerd met onbrandbaar materiaal (Euroclass A1), voorzien en uitgevoerd dienen te worden.

6 Prestaties

6.1 Thermische prestaties

Zie NBN B 62-002 "Thermische prestaties van gebouwen – berekening van de warmtedoorgangscoefficienten (U -waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen", editie 2008.

$$1/U = R_t = R_{si} + R_{\text{warm dak}} + R_{se}$$

$$R_{\text{warm dak}} = R_1 + R_2 + \dots + R_{\text{isol}} + \dots + R_n$$

$$U = 1/R_t \quad (1)$$

$$\Delta U_{\text{cor}} = 1/(R_t - R_{\text{cor}}) - 1/R_t \quad (2)$$

$$U_c = U + \Delta U_{\text{cor}} + \Delta U_g + \Delta U_f \quad (3)$$

Waarbij :

- R_t : de totale warmteweerstand van het warme dak

- $R_{\text{warm dak}}$: warmteweerstand ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) van het warme dak, als som van de warmteweerstanden (rekenwaarden) van de diverse samenstellende lagen
- R_{si} : de warmteovergangswaarde aan het binnenoppervlak, conform NBN EN ISO 6946. Voor het warme dak is $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- R_{isol} : voor een homogene isolatielaag is dit de gedeclareerde warmteweerstand van het isolatieproduct voor de betreffende dikte. $R_{\text{isol}} = R_d$
- R_{se} : de warmteovergangswaarde aan het buitenoppervlak, conform NBN EN ISO 6946. Voor het warme dak is $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- R_{cor} : correctiefactor = $0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ voor plaatsingstoleranties bij de uitvoering van het warme dak
- U : warmtedoorgangscoefficient ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) van het warme dak, berekend volgens (1)
- ΔU_{cor} : correctieterm ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) op de U -waarde voor maat- en plaatsingstoleranties bij de uitvoering, berekend volgens (2)
- U_c : gecorrigeerde warmtedoorgangscoefficient ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) voor het warme dak volgens (3) en conform aan NBN EN ISO 6946
- ΔU_g : toeslag op de U -waarde voor spleten in de isolatielaag, conform NBN EN ISO 6946, voor uitvoering conform de ATG wordt $\Delta U_g = 0$
- ΔU_f : toeslag op de U -waarde voor bevestigingen door de isolatielaag, conform NBN EN ISO 6946

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_0} \left[\frac{R_{\text{isol}}}{R_{T,h}} \right]^2$$

aan te rekenen voor mechanisch bevestigde isolatie met

d_0 (m) = dikte van de isolatielaag

d_1 (m) = lengte van de bevestiging als volgt bepaald :

- bij bevestigingen die de isolatielaag volledig doorboren (onder rechte of schuine hoek) is de lengte gelijk aan of groter dan de dikte van de isolatielaag : $d_1 \geq d_0$
- bij verzonken bevestigingen is de lengte gelijk aan het gedeelte van de bevestiging dat de isolatielaag doorboort, d.w.z. kleiner dan de dikte van de isolatielaag : $d_1 < d_0$

α (-) = is een correctiecoëfficiënt als volgt bepaald :

- $\alpha = 0,8$ indien de mechanische bevestiging de isolatielaag volledig doorboort
- $\alpha = 0,8 \times d_1/d_0$ indien de bevestiging verzonken is in de isolatielaag

λ_f ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$) = de warmtegeleidbaarheid van de mechanische bevestiging, b.v. staal = $50 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$

n_f (m^{-2}) = aantal mechanische bevestigingen per m^2

A_f (m^2) = doorsnede van 1 mechanische bevestiging

R_{isol} = voor een homogene isolatielaag is dit de gedeclareerde warmteweerstand voor de betreffende dikte die door de mechanische bevestiging doorboord wordt. $R_{\text{isol}} = R_d$

$R_{T,h}$ = totale warmteweerstand van het warme dak, zonder rekening te houden met enige koudebrugwerking

Alle R -waarden hebben als eenheid $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Alle U -waarden hebben als eenheid $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.

$$R_{\text{isol}} = R_D [(m^2.K)/W]$$

Dikte (mm)	$R_{\text{isol}} [(m^2.K)/W]$
60	1.50
70	1.75
80	2.00
90	2.25
100	2.50
110	2.75
120	3.00
130	3.25
140	3.50
150	3.75
160	4.00

6.2 Overige prestaties

De prestatiekenmerken van de isolatieplaten worden opgenomen in § 6.2.1.

In de kolom BUTgb worden de minimale aanvaardingscriteria vermeld die door de BUTgb werden vastgelegd. In de kolom fabrikant worden de aanvaardingscriteria vermeld die de fabrikant zichzelf oplegt.

Het naleven van deze criteria wordt bij de verschillende uitgevoerde controles nagegaan en valt onder de productcertificatie. De certificatie is gebaseerd op dezelfde regels als die van het CEN-Keymark – zie www.key-mark.org.

De prestatiekenmerken van het systeem worden opgenomen in § 6.2.2.

In de kolom BUTgb worden de minimale aanvaardingscriteria vermeld die door de BUTgb werden vastgelegd. Bij gebrek aan deze criteria vermeldt de tabel de resultaten van laboratoriumproeven. De vermelde waarden zijn niet afgeleid uit statistische interpretaties en worden niet door de fabrikant gearandeerd.

6.3 Windproeven

Overzicht van de windproeven (getest volgens EUTgb § 4.1.1) uitgevoerd in een windkist (2 x 2 m en 3 x 2,8 m) – proefrapporten 1996 – 2003.

- Rockwool type Taurox DUO NP Bitufilm (120 mm – 1250 x 600 mm) (Cs = 1) : staalplaat, partieel gekleefd met Rockwool Daklijm 300 (2 lijmsporen per bovenzijde van de staalplaat) en met een enkele SBS-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 4,5 kPa (breuk bij 5,0 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmsrepen).

- Rockwool type Taurox DUO NP Bitufilm (80 mm – 1250 x 600 mm) (Cs = 1) : staalplaat, partieel gekleefd met INSTA-STIK (1 lijmrups per bovenzijde van de staalplaat, dosering 125 g/m²) en met een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 4,5 kPa (breuk bij 5,0 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmrupsen).

- Rockwool type Rhinox (80 mm – 1000 x 600 mm) (Cs = 1) : staalplaat, partieel gekleefd met INSTA-STIK (2 lijmrupsen per bovenzijde van de staalplaat, dosering 250 g/m²) en met een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 8,0 kPa (breuk bij 8,5 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmrupsen).

- Rockwool type Taurox DUO NP Bitumen (120 mm – 1250 x 600 mm) (Cs = 1) : staalplaat, partieel gekleefd met bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S (à rato van 2 lijmsporen per bovenzijde van de staalplaat, dosering per lijmspoor 150 g/m) en met een enkele APP-afdichting (volgekleefd met de lasmethode) : windweerstand tot 5,5 kPa (breuk bij 6,0 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmsporen).

- Rockwool type Taurox DUO NP (120 mm – 1250 x 600 mm) (Cs = 1) : multiplexplaten, volledig gekleefd met bitumen 110/30 en met een SBS-afdichting (volledig gekleefd met bitumen 110/30) : windweerstand tot 10,0 kPa (geen schade).

- Rockwool type Taurox DUO NP Bitufilm (60 mm – 1250 x 600 mm) (Cs = 0,97) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 3 bevestigingsmiddelen per plaat en met een enkele SBS-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 4,0 kPa (breuk bij 4,5 kPa – uittrekking van een bevestiging).

- Rockwool type Taurox DUO NP Bitufilm (120 mm – 1250 x 600 mm) (Cs = 1) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 6 bevestigingsmiddelen per plaat en met een enkele SBS-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand 9,0 kPa (breuk bij 9,5 kPa – uittrekking van een bevestiging).

- Rockwool type Taurox DUO NP Bitumen (100 mm – 1250 x 600 mm) (Cs = 1) : multiplexplaten, volledig gekleefd met bitumen 110/30 en tweede laag Rockwool Taurox DELTA (140 à 150 mm – 1000 x 1000 mm), volledig gekleefd met bitumen 110/30 en hierop een enkele SBS-afdichting (volledig gekleefd met bitumen 110/30) : windweerstand tot 7,5 kPa (breuk bij 8,0 kPa - delaminatie in het isolatiemateriaal en tussen het isolatiemateriaal en de dakafdichting).

- Rockwool type Taurox DUO NP (100 mm – 1000 x 1000 mm) (Cs = 1) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 9 bevestigingsmiddelen per plaat en een laag Rockwool Taurox DELTA Bitufilm (50 à 70 mm – 1000 x 1000 mm), partieel gekleefd met INSTA-STIK (1 lijmrups per 200 mm breedte, dosering 150 g/m²) en hierop een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 8,0 kPa (breuk bij 8,5 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmrupsen).

Eigenschappen	Criteria EUTgb	Criteria fabrikant	Bepalings- methode	Resultaten
6.2.1 Producteigenschappen (cfr. NBN EN 13162:2008)				
- lengte (mm)	± 5 mm	1250, 2000 ± 5 mm	NBN EN 822	x
- breedte (mm)	± 3 mm	600 ± 3 mm	NBN EN 822	x
- dikte (mm)	d > 50 mm : +3/-2 mm	T4	NBN EN 823	x
- haaksheid (mm/m)	≤ 5 mm/m	≤ 5 mm/m	NBN EN 824	x
- vlakheid (mm)	≤ 3 mm : ≤ 0,75 m ² ≤ 5 mm : > 0,75 m ²	≤ 3 mm : ≤ 0,75 m ² ≤ 5 mm : > 0,75 m ²	NBN EN 825	x
- dimensionele stabiliteit 48 h 70°C 90% RV (%)	DS(TH) Δε _{l,b} : ≤ 1 Δε _d : ≤ 1	DS(TH) Δε _{l,b} : ≤ 1 Δε _d : ≤ 1	NBN EN 1604	x
- druksterkte bij 10% vervorming (kPa)	CS(10\Y)40 ≥ 40	CS(10\Y)50 ≥ 50	NBN EN 826	x
- delaminatie (kPa) initieel	TR10 ≥ 10	TR15 ≥ 15	NBN EN 1607	x
na onderdompeling (2 h in water)	Δ ≤ 20%	-		x
- warmtegeleidingscoëfficiënt λ _D (W/m.K)		0,040	NBN EN 12667	x
- puntlast (N)	PL(5)400 ≥ 400	PL(5)600 ≥ 600	NBN EN 12430	x
- waterabsorptie (kg/m ²)	WS ≤ 1	WS ≤ 0,5	NBN EN 1609	x
- brandreactie	A1...F	Taurox DUO ^{NP} : A1 Taurox DUO ^{NP} Bitufilm : F Taurox DUO ^{NP} Bitumen : F	Euroclass (classificatie cfr. NBN EN 13501-1)	x x x
6.2.2 Systeemeigenschappen				
- Windweerstand	-	zie § 6.3	EUTgb § 4.1	x
- Temperatuurinvloed - lineaire maatverandering - afschuiving * - invloed op de duur- zaamheid dakafdichting **	≤ 0,5% (max. 5 mm) - * - **		EUTgb § 4.3.1 EUTgb § 4.3.4 EUTgb § 4.3.3	x - * - **
- Mechanische sterkte - verdeelde belasting (7 d 40 kPa 80°C) - puntlast 2-zijdig (1000 N) - uitkragend	≤ 5% geen breuk geen breuk	≤ 5% - -	EUTgb § 4.5.1 EUTgb § 4.5.3 EUTgb § 4.5.2	x x x
* Proef enkel vereist indien de volgende voorwaarden zich gelijktijdig voordoen : - helling > 20% (11°); - mechanische bevestiging van de afdichting niet voorgeschreven is ter voorkoming van het afschuiven - isolatie gecacheerd is.				
** Proef niet vereist indien : - de afdichting los, mechanisch bevestigd of partieel gekleefd is op de isolatie, die zelf bevestigd is op de dakvloer; - de afdichting volgekleefd is op de isolatie die zelf bevestigd is op de dakvloer waarbij het isolatiemateriaal een lineaire maatverandering heeft < 0,5 mm bij een ΔT van 50°C.				
x Getest en conform aan het criterium van de fabrikant.				

7 Voorwaarden

- A. Uitsluitend het in de voorpagina als ATG-houder vermelde bedrijf en het bedrijf (de bedrijven) die het onderwerp van de goedkeuring commercialiseert (commercialiseren) mogen aanspraak maken op de toepassing van deze technische goedkeuring.
- B. Deze technische goedkeuring heeft uitsluitend betrekking op het product of systeem waarvan de handelsnaam op de voorpagina wordt vermeld. Houders van een technische goedkeuring mogen geen gebruik maken van de naam van de BUTgb, haar logo, het merk ATG, de goedkeuringstekst of het goedkeuringsnummer om aanspraak te maken op productbeoordelingen die niet in overeenstemming zijn met de technische goedkeuring, en evenmin voor producten en/of systemen en/of eigenschappen of kenmerken die niet het voorwerp uitmaken van de technische goedkeuring.
- C. Informatie die door de goedkeuringshouder of zijn aangestelde en/of erkende installateurs, op welke wijze dan ook, ter beschikking wordt gesteld van (potentiële) gebruikers van het in de technische goedkeuring behandelde product of systeem (bv. bouwheren, aannemers, voorschrijvers, ...), mag niet in tegenstrijd zijn met de inhoud van de goedkeuringstekst, noch met informatie waarnaar in de goedkeuringstekst verwezen wordt.
- D. Houders van een technische goedkeuring zijn steeds verplicht tijdig eventuele aanpassingen aan de grondstoffen en producten, de verwerkingsrichtlijnen, het productie- en verwerkingsproces en/of de uitrusting, voorafgaandelijk bekend te maken aan de BUTgb vzw, en de door de BUTgb aangeduide certificatieoperator, zodat deze kan oordelen of de technische goedkeuring dient te worden aangepast.
- E. De auteursrechten behoren tot de BUTgb


De BUTgb vzw is een goedkeuringsinstituut dat lid is van de Europese Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (UEAtc, zie www.ueatc.com) en dat aangemeld werd door de FOD Economie in het kader van Richtlijn 89/106/EEG en lid is van de Europese Organisatie voor Technische Goedkeuringen (EOTA, zie www.eota.eu). De door de BUTgb vzw aangeduide certificatie-operators werken volgens een door BELAC (www.belac.be) accrediteerbaar systeem.

Deze technische goedkeuring werd gepubliceerd door de BUTgb, onder verantwoordelijkheid van de goedkeuringsoperator, BCCA, en op basis van het gunstig advies van de Gespecialiseerde Groep "Daken", verleend op 22 maart 2011.

Daarnaast bevestigde de certificatie operator, BCCA, dat de productie aan de certificatievoorwaarden voldoet en dat met de ATG-houder een certificatie-overeenkomst ondertekend werd.

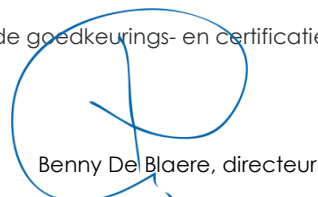
Datum van deze uitgave: 27 juni 2011

Voor de BUTgb, als geldigverklaring van het goedkeuringsproces



Peter Wouters, directeur

Voor de goedkeurings- en certificatieoperator



Benny De Blaere, directeur

Deze technische goedkeuring blijft geldig, gesteld dat het product, de vervaardiging ervan en alle daarmee verband houdende relevante processen:

- onderhouden worden, zodat minstens de prestatieniveaus bereikt worden zoals bepaald in deze goedkeuringstekst
 - doorlopend aan de controle door de certificatie-operator onderworpen worden en deze bevestigt dat de certificatie geldig blijft
- Wanneer niet langer wordt voldaan aan deze voorwaarden, zal de technische goedkeuring worden geschorst of ingetrokken en de goedkeuringstekst van de BUTgb website worden verwijderd.

De geldigheid en laatste versie van deze goedkeuringstekst kan nagegaan worden door de BUTgb website (www.butgb.be) te consulteren of rechtstreeks contact op te nemen met het BUTgb secretariaat.

Technische Goedkeuring ATG met Certificatie



ATG 11/2601

Isolatiesysteem voor
warm dak
**Rockwool Rhinox,
Rockwool Rhinox film,
Rockwool Rhinox Afschot,
Rockwool Rhinox Afschot film**

Geldig van 27/06/2011
tot 26/06/2016

Goedkeurings- en Certificatie-operator



BCCA

Belgian Construction Certification Association
Aarlenstraat, 53
1040 Brussel
www.bcca.be
info@bcca.be

ROCKWOOL N.V.
(commerciële zetel) Bedrijvenzone Cluster Park
Romboutsstraat 7, B-1932 Zaventem
T. : 02/715.68.30 - Fax : 02/715.68.76
Website: www.rockwool.be
e-mail : info@rockwool.be

ROCKWOOL B.V.
Industrieweg 15, NL-6045 JG Roermond
T. : 0031/475/35.35.35 - Fax : 0031/475/35.34.84
Website: www.rockwool.nl
e-mail : info@rockwool.nl

1 Doel en draagwijdte van de technische goedkeuring

Deze technische goedkeuring betreft een gunstige beoordeling door een onafhankelijke goedkeuringsoperator aangeduid door de vzw BUTgb van het product of systeem voor een bepaalde beoogde toepassing. Het resultaat van deze beoordeling werd in deze goedkeuringstekst vastgelegd. In deze tekst wordt het product, of de in het systeem toegepaste producten, geïdentificeerd en worden de te verwachten productprestaties bepaald, gesteld dat het product (de producten) of het systeem (de systemen) verwerkt, gebruikt en wordt (worden) onderhouden zoals uiteengezet in deze goedkeuringstekst.

De technische goedkeuring gaat gepaard met een regelmatige opvolging en een aanpassing aan de stand van de techniek wanneer deze wijzigingen pertinent zijn. Een vijfjaarlijkse revisie wordt opgelegd.

De instandhouding van de technische goedkeuring vereist dat de fabrikant te allen tijde kan bewijzen dat hij al het nodige doet opdat de in de goedkeuring beschreven prestaties bereikt worden. De opvolging hiervan is essentieel voor het vertrouwen in de overeenkomstigheid met deze technische goedkeuring. Deze opvolging wordt toevertrouwd aan een door de BUTgb aangeduide certificatieoperator.

Door middel van het doorlopend karakter van de controles en de statistische interpretatie van de controleresultaten bereikt de bijbehorende certificatie een hoog betrouwbaarheidsniveau.

De goedkeuring, evenals de certificatie van de overeenstemming met de goedkeuring, staan los van individueel uitgevoerde werken. De aannemer en architect blijven onverminderd verantwoordelijk voor de overeenstemming van de uitvoering met de bepalingen van het bestek.

2 Voorwerp

Deze goedkeuring heeft betrekking op een isolatiesysteem voor een warm dak en dit voor daken met een zwakke helling (> 20 % mogelijk behoudens bepaalde voorzorgen cfr. § 6.2.2), begaanbaar voor voetgangers en frequent onderhoud.

Het systeem bestaat uit isolatieplaten op basis van rotswol die samen met de in deze goedkeuring beschreven hulpcomponenten moeten worden toegepast in overeenstemming met de uitvoeringsvoorschriften die in § 5 worden beschreven. De dakopbouwen die hierbij toegelaten zijn, worden eveneens aangegeven in § 5.

Afhankelijk van de ondergrond en van het type plaat worden de isolatieplaten:

- Rockwool Rhinox los gelegd, gekleefd (vol in warm bitumen, partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of met bitumineuze koudlijm DERBISEAL S) of mechanisch bevestigd en bedekt met een losliggende, gekleefde of mechanisch bevestigde dakafdichting die voorzien is van een ATG-goedkeuring en overeenstemmende plaatsingstechniek.

- Rockwool Rhinox Afschot los gelegd, gekleefd (vol in warm bitumen, partieel met Rockwool Daklijm 300 of met INSTA-STIK) of mechanisch bevestigd en bedekt met een losliggende, gekleefde of mechanisch bevestigde dakafdichting die voorzien is van een ATG-goedkeuring en overeenstemmende plaatsingstechniek.

De producten Rockwool vormen het voorwerp van de productgoedkeuring met certificatie ATG/H577-2. Deze productgoedkeuring met certificatie omvat een doorlopende productiecontrole door de fabrikant, aangevuld met een regelmatig extern toezicht daarop door de door de BUIgb toegewezen certificatie-instelling.

De goedkeuring van het volledige systeem steunt bovendien op het gebruik van hulpcomponenten waarvan via een attestering vertrouwen wordt gegeven betreffende het voldoen aan de prestaties of identificatiecriteria aangegeven in § 3.2.

De technische goedkeuring heeft betrekking op het isolatiemateriaal en op het beschreven systeem, met inbegrip van de plaatsingstechniek, maar niet op de kwaliteit van de uitvoering.

3 Materialen

3.1 Rockwool Rhinox-platen

De isolatieplaten Rockwool Rhinox zijn stijve rechthoekige platen met een geel-groenachtige kleur, samengesteld uit rotswolvezels gebonden door middel van een thermohardend hars. De platen zijn voorzien van een drukvastere geïntegreerde bovenlaag van rotswol en een zeer harde toplaag van rotswolvezels. De Rockwool Rhinox-platen zijn aan de bovenzijde afgewerkt met een ruw glasvlies en al dan niet met een wegbrandfolie.

De isolatieplaten Rockwool Rhinox Afschot zijn op afschot gezaagde Rockwool Rhinox isolatieplaten.

Productoverzicht en toepassing

Merknaam isolatieplaten	Afwerking	Afmetingen (mm) ^(*) lengte x breedte x dikte	Randafwerking
Rockwool Rhinox film	met wegbrandfolie	1000 x 600 en 2000 x 600 dikte : 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160	rechte kanten
Rockwool Rhinox	zonder wegbrandfolie		
Rockwool Rhinox Afschot film	met wegbrandfolie	1000 x 600 <ul style="list-style-type: none"> • Afschot 1 % : 50/60 tot 140/150 (10 platen met diktestappen van 10 mm) • Afschot 1,5 % : 50/65 tot 140/155 (7 platen met diktestappen van 15 mm) 	
Rockwool Rhinox Afschot	zonder wegbrandfolie	<ul style="list-style-type: none"> • Afschot 2,0 % : 50/70 tot 130/150 (5 platen met diktestappen van 20 mm) • Afschot 2,5 % : 50/75 tot 125/150 (4 platen met diktestappen van 25 mm) Afschot over de lengte van 1,0 m	

(*) vlakke platen met tussenliggende diktes en andere lengte- en breedte- afmetingen zijn leverbaar op aanvraag.

Type dakvloer (zie § 5.2.3)	Merknaam isolatieplaten	
	Rockwool Rhinox film	Rockwool Rhinox
Beton, cellenbeton, schuimbeton of elementen van gebakken aarde	<ul style="list-style-type: none"> – los (met ballast) – mechanisch bevestigd (beton, cellenbeton) (*) – vol in warm bitumen – partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> – los (met ballast) – mechanisch bevestigd (beton, cellenbeton) (*) – vol in warm bitumen – partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S
Hout of houtachtige platen	<ul style="list-style-type: none"> – los (met ballast) – mechanisch bevestigd (multiplex) (*) – vol in warm bitumen – partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> – los (met ballast) – mechanisch bevestigd (multiplex) (*) – vol in warm bitumen – partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S
Geprofileerde staalplaten (≥ 0,75 mm)	<ul style="list-style-type: none"> – mechanisch bevestigd – partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S 	<ul style="list-style-type: none"> – mechanisch bevestigd – partieel met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of bitumineuze koudlijm DERBISEAL S
Type dakafdichting – zie ATG dakafdichting (zie § 5.2.4)	<ul style="list-style-type: none"> – losliggend (met ballast) – gelaste afdichtingen – mechanisch bevestigd 	<ul style="list-style-type: none"> – losliggend (met ballast) – volgekleefde bitumineuze afdichtingen (gieten warm bitumen, lassen of kleven met bitumineuze koudlijm) – mechanisch bevestigd

(*) : niet onderzocht in het kader van de ATG-aanvraag

	Merksnaam isolatieplaten	
Type dakvloer (zie § 5.2.3)	Rockwool Rhinox Afschot film	Rockwool Rhinox Afschot
Beton, cellenbeton, schuimbeton of elementen van gebakken aarde	<ul style="list-style-type: none"> - los (met ballast) - mechanisch bevestigd (beton, cellenbeton) (*) - vol in warm bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300 of INSTA-STIK 	<ul style="list-style-type: none"> - los (met ballast) - mechanisch bevestigd (beton, cellenbeton) (*) - vol in warm bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300 of INSTA-STIK
Hout of houtachtige platen	<ul style="list-style-type: none"> - los (met ballast) - mechanisch bevestigd (multiplex) (*) - vol in warm bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300 of INSTA-STIK 	<ul style="list-style-type: none"> - los (met ballast) - mechanisch bevestigd (multiplex) (*) - vol in warm bitumen - partieel met Rockwool Daklijm 300 of INSTA-STIK
Geprofileerde staalplaten (≥ 0,75 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - mechanisch bevestigd - partieel met Rockwool Daklijm 300 of INSTA-STIK 	<ul style="list-style-type: none"> - mechanisch bevestigd - partieel met Rockwool Daklijm 300 of INSTA-STIK
Type dakafdichting – zie ATG dakafdichting (zie § 5.2.4)	<ul style="list-style-type: none"> - losliggend (met ballast) - gelaste afdichtingen - mechanisch bevestigd 	<ul style="list-style-type: none"> - losliggend (met ballast) - volgekleefde bitumineuze afdichtingen (gieten warm bitumen, lassen of kleven met bitumineuze koudlijm) - mechanisch bevestigd
(*) : niet onderzocht in het kader van de ATG-aanvraag		

3.2 Hulpcomponenten

3.2.1 Lijmtypes

3.2.1.1 Rockwool Daklijm 300

Één component polyurethaanlijm voor verlijming van de Rockwool Rhinox dakplaten op verschillende ondergronden, met volgende kenmerken :

- volumemassa : 1,075 g/cm³ (bij 20°C)
- viscositeit : 10.500 ± 2.500 mPa.s (Brookfield RVF; 20°C)
- gehalte aan droge stof : ca. 95%
- ontvlammingspunt : 36°C
- houdbaarheid (gesloten toestand, koel opgeslagen) : 12 maanden
- verpakking : bussen van 6,5 kg.

In het kader van deze ATG is de Rockwool Daklijm 300 onderworpen aan een goedkeuringsonderzoek en een beperkte certificatie door de door de BÚtgb vzw aangestelde certificatie-operator. Dit houdt volgende elementen in :

- De Rockwool Daklijm 300 werd geïdentificeerd via initiële typeproeven.
- De leveringen van de Rockwool Daklijm 300 zijn naspeurbaar en conformiteitsverklaringen opgesteld door de fabrikant van de lijm zijn per levering beschikbaar bij de ATG-houder.
- De Rockwool Daklijm 300 wordt jaarlijks onderworpen aan externe controleproeven.

3.2.1.2 INSTA-STIK

Één component polyurethaanschuim voor verlijming van de Rockwool Rhinox dakplaten op verschillende ondergronden en voor de verkleving van Rockwool Rhinox dakplaten onderling en op onbeklede DUO^{NP}-platen, met volgende kenmerken :

- volumemassa : 1,240 g/cm³ (bij 20°C)
- ontvlammingspunt : > 199°C
- houdbaarheid (gesloten toestand, koel opgeslagen) : 15 maanden
- verpakking : aerosol tanks van 10,4 kg.

In het kader van deze ATG is de lijm Insta-Stik onderzocht bij het goedkeuringsonderzoek. Deze lijm is niet onderworpen aan certificatie. De ATG-houder vraagt jaarlijks aan de fabrikant van de lijm een verklaring betreffende de conformiteit van de productkenmerken.

3.2.1.3 DERBISEAL S

Gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta voor verlijming van de Rockwool Rhinox dakplaten op verschillende ondergronden, met volgende kenmerken :

- volumemassa (EN 542) : 1,10 g/cm³ ± 5% (bij 20°C)
- droogrest : 84 ± 10% (12 h 110°C)
- asgehalte (ISO 1270) : 19,5 ± 10%
- viscositeit 20°C (ASTM D 2196), bij 5/sec
 - wintergrade : 70 - 126 Pa.s
 - summergrade : 300 - 400 Pa.s
- solventen met vlampunt (Abel) : 1°C
- houdbaarheid : in gesloten toestand onbeperkt
- verpakkingen : bussen van 12 kg en 30 kg, worsten van 1,5 kg en 3 kg

In het kader van deze ATG is de lijm Derbiseal S onderzocht bij het goedkeuringsonderzoek. Deze lijm is niet onderworpen aan certificatie. De ATG-houder vraagt jaarlijks aan de fabrikant van de lijm een verklaring betreffende de conformiteit van de productkenmerken.

In het kader van deze ATG werden deze lijmen op de verenigbaarheid getest. Eveneens werd op basis van windproeven een rekenwaarde voor de windweerstand bepaald, cf. § 5.3.

Bij gebruik van andere lijmen dan deze die werden onderzocht in het kader van deze ATG, zal een bijkomend onderzoek dienen uitgevoerd te worden naar de verenigbaarheid van de Rockwool Rhinox dakplaten met de koudlijm. Eveneens zullen windproeven dienen uitgevoerd te worden om de windweerstand te kunnen bepalen.

3.2.1.4 DERBIBOND S

Gemodificeerde bitumineuze koudlijm voor de verkleving van DERBIGUM SP-FR (ATG 1502) op de Rockwool Rhinox dakplaten (zonder wegbrandfolie), met volgende kenmerken :

- volumemassa (EN 542) : $1,10 \text{ g/cm}^3 \pm 5\%$ (bij 20°C)
- droogrest : $74 \pm 10\%$ (12 h 110°C)
- asgehalte (ISO 1270) : $26 \pm 10\%$
- viscositeit 20°C (ASTM D 2196)
 - 5/sec : 17,9 – 33,3 Pa.s
 - 35/sec : 6 - 16 Pa.s
- solventen met vlampunt (EN 924) : $\geq 21^\circ\text{C}$
- houdbaarheid : in gesloten toestand onbepaald
- verpakkingen : bussen van 5 kg, 12 kg en 25 kg

DERBIBOND S beschikt over een technische goedkeuring met certificatie ATG 2309.

Bij gebruik van andere lijmen dan deze die werden onderzocht in het kader van deze ATG, zal een bijkomend onderzoek dienen uitgevoerd te worden naar de verenigbaarheid van de Rockwool Rhinox dakplaten met de koudlijm. Eveneens zullen pel- en windproeven dienen uitgevoerd te worden om de windweerstand te kunnen bepalen.

3.2.2 Mechanische bevestigingen van de isolatie

3.2.2.1 Mechanische bevestigingen voor gebruik op geprofileerde staalplaten die in het kader van het ATG-onderzoek gebruikt werden

- verdeelplaatje type SFS IF : staal met alucoating van 70 x 70 mm, gat \varnothing 4,9 mm en met een dikte van 1,0 mm – schroef type SFS IR2 in carbon-staal met durocoat (corrosieweerstand weerstaat aan 15 cycli EOTA) van 4,8 x 80 mm tot 180 mm.
- De karakteristieke statische uittrekwaarde van de schroef is 1450 N (uit staalplaat 0,75 mm).
- De rekenwaarde van de windweerstand per bevestiging wordt vermeld in § 5.3.

In het kader van deze ATG zijn de mechanische bevestigingen onderzocht bij het goedkeuringsonderzoek. Deze mechanische bevestigingen zijn niet onderworpen aan certificatie.

Bij gebruik van andere mechanische bevestigingen dan diegenen die werden onderzocht in het kader van deze ATG (zie § 6) wordt verwezen naar ATG-bevestigingen of windproeven en informatie van de fabrikant.

3.2.2.2 Mechanische bevestigingen voor gebruik op geprofileerde staalplaten

Om te kunnen rekenen met een forfaitaire rekenwaarde van 450 N/bevestiging dienen de mechanische bevestigingen te voldoen aan de volgende kenmerken :

- de minimale diameter van de schroef bedraagt 4,8 mm
- de schroeven zijn voorzien van een aangepast boorpunt
- de karakteristieke statische uittrekwaarde van de schroef is $\geq 1350 \text{ N}$ (uit staalplaat 0,75 mm)
- de dikte van het verdeelplaatje is $\geq 1 \text{ mm}$ voor de vlakke en $\geq 0,75 \text{ mm}$ voor de geprofileerde plaatjes
- de corrosieweerstand weerstaat aan 15 cycli EOTA.

Mechanische bevestigingen voor gebruik op houtachtige ondergronden (bv. multiplex) zullen het voorwerp uitmaken van een bijkomende studie.

3.2.3 Bitumineuze producten

Bitumineuze producten waarvan de overeenkomstigheid met de PTV 46-002 geattesteerd is.

3.2.4 Dampscherm

3.2.5 Dakafdichting

De dakafdichting moet een technische goedkeuring (ATG) met certificatie voor dakafdichtingssysteem bezitten.

3.2.6 Gootlijn afschotsysteem Rockwool 303, driehoekslatten en cannelurevullingen (voor opvulling van de golven van geperforeerde geprofileerde staalplaten).

4 Vervaardiging en commercialisatie

De isolatieplaten worden vervaardigd door de firma ROCKWOOL B.V. te Roermond in Nederland.

De commercialisatie gebeurt door de firma ROCKWOOL N.V.

Voor wat betreft de vervaardiging en controles wordt verwezen naar de productgoedkeuring met certificatie ATG/H577-2.

Op de verpakking (in pakken of losse platen op rotswolstroken met wikkelfolie) wordt een etiket aangebracht met de nodige gegevens in het kader van de CE-markering, het ATG-merk en nummer en het Keymark-logo indien van toepassing (geldigheid te verifiëren op www.key-mark.org).

5 Opvatting en Uitvoering

5.1 Referentiedocumenten

- TV 215 : Het platte dak – Opbouw, materialen, uitvoering, onderhoud (WTCB)
- TV 239 : Mechanische bevestiging van de isolatie en de afdichting op geprofileerde staalplaten (WTCB)
- BUtgb-document "Summary of the characteristics-criteria in the frame of ATG-applications" dd. januari 2009
- BUtgb-leidraad voor ATG "Bitumineuze koudlijmen – dakafdichtingen" (25.08.1998)
- BUtgb-leidraad voor ATG "Synthetische koudlijmen – dakafdichtingen" (06.05.1999)

5.2 Uitvoering

De isolatieplaten in hun verpakking dienen droog vervoerd en opgeslagen te worden waarbij de nodige voorzorgen genomen moeten worden om beschadigingen te voorkomen.

De dakopbouw overeenkomstig TV 215 van het WTCB omvat :

- een dakvloer (§ 5.2.1)
- een dampscherm (§ 5.2.2)
- de isolatieplaten (§ 5.2.3)
- een dakafdichting (§ 5.2.4)
- eventueel een ballastlaag.

5.2.1 Dakvloer

De dakvloer moet overeenstemmen met de norm NBN B 46-001 en TV 215 van het WTCB.

5.2.2 Dampscherm

Afhankelijk van het te verwachten binnenklimaat in het gebouw, van de vochtigheid in de dakvloer en van de hygrothermische eigenschappen van de diverse materialen in de dakopbouw moet een dampscherm voorzien worden.

De dampschermklasse wordt bepaald door ofwel berekeningen, ofwel overname van de aanbevelingen vervat in de TV 215 van het WTCB. Deze laatste zijn gebaseerd op de rekenmethode van Glaser waarbij rekening wordt gehouden met niet-stationaire klimatologische randvoorwaarden en met de thermische en hygrische traagheid van het dak.

5.2.3 Plaatsing van de isolatieplaten

De isolatieplaten worden in één laag in verband (bij voorkeur halfsteens) en goed aangesloten gelegd, met de extra harde toplaag (die voorzien is van een ruw glasvlies aan de bovenzijde) naar boven. De bevestiging aan de dakvloer is beschreven in 5.2.3.1, 5.2.3.2 en 5.2.3.3.

De isolatieplaten kunnen in twee lagen worden toegepast voor grote dikte of bij de realisatie van afschotisolatie met een dikte groter dan de maximale standaard Rockwool Rhinox Afschot platen. Ook kunnen de Rockwool Rhinox isolatieplaten gecombineerd worden met een onderlaag in Taurox DUO ^{NP}. Hierbij wordt de tweede laag met geschrante voegen op de eerste laag geplaatst.

Bij plaatsen van afschotisolatie moet voorafgaandelijk een legplan worden opgemaakt.

De plaatsingsoppervlakken en de isolatieplaten dienen droog te blijven tot de werken volledig af zijn.

Bij verlijmen van de isolatieplaten, mag de omgevings-temperatuur bij het plaatsen niet onder de 5°C (verkleving met warm bitumen, verkleving met Rockwool Daklijm 300, INSTA-STIK of gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S) dalen.

Bij gebruik van de Rockwool Daklijm 300 worden de Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten in de lijm geplaatst voordat vliesvorming op de lijmrups optreedt. Afhankelijk van de buitencondities bedraagt de open tijd die toegestaan is 0-10 minuten bij 20°C (bij hogere temperaturen tot max. 5 minuten). De minimum verwerkingstemperatuur bedraagt 5°C, terwijl de oppervlaktetemperatuur van de te verlijmen ondergrond zich tussen 5°C en 70°C dient te bevinden. Verbruik per lijmstreep ± 75 g/m. De ondergrond moet winddroog zijn.

Bij gebruik van de INSTA-STIK worden de Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten op de lijmrupsen geplaatst. Afhankelijk van de buitencondities (temperatuur en relatieve vochtigheid 50%) bedraagt de open tijd die toegestaan is 5-10 minuten bij 20°C (bij hogere temperaturen tot max. 3 à 5 minuten). De minimum verwerkingstemperatuur bedraagt 5°C, terwijl de oppervlaktetemperatuur van de te verlijmen ondergrond zich tussen 5°C en 43°C dient te bevinden. Verbruik per lijmrups ± 30 g/m, diameter van de rups tussen 19 en 25 mm. De ondergrond moet niet volledig winddroog zijn.

Bij gebruik van de DERBISEAL S worden de Rockwool Rhinox isolatieplaten op de lijmsporen geplaatst. De minimum verwerkingstemperatuur bedraagt 5°C, terwijl de oppervlakte-temperatuur van de te verlijmen ondergrond zich tussen 5°C en 70°C dient te bevinden. Verbruik per lijmstreep ± 150 g/m, dikte van de streep ± 4 mm, breedte van de streep ± 30 mm. De ondergrond moet winddroog zijn.

Indien nodig, kunnen de isolatieplaten op de bouwplaats gesneden, gezaagd of doorboord worden. Beschadigde platen mogen niet verwerkt worden.

Het is vereist dat bij losliggende plaatsing de afdichting, inclusief ballastlaag, onmiddellijk na de plaatsing van de isolatieplaten wordt aangebracht.

Bij elke werkonderbreking en in ieder geval aan het einde van elke dag is het noodzakelijk de geplaatste isolatieplaten tegen weersinvloeden te beschermen.

De isolatieplaten dienen tijdens de verwerking afdoende te worden beschermd tegen overmatige belasting door werkverkeer (b.v. met behulp van multiplex-platen).

5.2.3.1 Dakvloer van beton, cellenbeton, schuimbeton of elementen van gebakken aarde

Op de dakvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een dampscherm overeenkomstig WTCB-TV 215
- de isolatieplaten worden :
 - o ofwel vol gekleefd in warm bitumen (1,5 kg/m²)
 - o ofwel streepsgewijs met de Rockwool Daklijm 300 gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²; dosering afhankelijk van de dakzone : midden : 300 g/m²; rand : 400 g/m²; hoek : 500 g/m²). De Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken.
 - o ofwel streepsgewijs met de INSTA-STIK gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmrupsen/m²). De Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmrupsen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmrupsen INSTA-STIK en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmrupsen/m², 125 g/m²; rand en hoek 8 lijmrupsen/m², 250 g/m²
 - o ofwel streepsgewijs met de gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²). De Rockwool Rhinox isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmsporen DERBISEAL S en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmsporen/m², 600 g/m²; rand en hoek 8 lijmsporen/m², 1200 g/m²
 - o eventueel losliggend geplaatst (met ballast b.v. grind met Ø cf. TV 215 of daktegels op de dakafdichting).

Voor de plaatsing van de isolatieplaten in functie van de windweerstand van het daksysteem dient rekening gehouden te worden met de rekenwaarden vermeld in § 5.3 voor zover deze lager zijn dan de rekenwaarden betreffende windweerstand van de afdichting aangegeven in de ATG-afdichting.

5.2.3.2 Dakvloer van hout of houtachtige platen

Op de dakvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een dampscherm overeenkomstig WTCB-TV 215
- de isolatieplaten worden :
 - o ofwel vol gekleefd in warm bitumen (1,5 kg/m²)
 - o ofwel streepsgewijs met de Rockwool Daklijm 300 gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²; dosering afhankelijk van de dakzone : midden : 300 g/m²; rand : 400 g/m²; hoek : 500 g/m²). De Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken.

- o ofwel streepsgewijs met de INSTA-STIK gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmrupsen/m²). De Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmrupsen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmrupsen INSTA-STIK en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmrupsen/m², 125 g/m²; rand en hoek 8 lijmrupsen/m², 250 g/m²
- o ofwel streepsgewijs met de gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S gekleefd (max. afstand tussen de strepen onderling h.o.h. 250 mm of 4 lijmsporen/m²). De Rockwool Rhinox isolatieplaten onmiddellijk op de vers aangebrachte lijmsporen plaatsen en goed aandrukken. Het aantal lijmsporen DERBISEAL S en de dosering is afhankelijk van de dakzone : midden 4 lijmsporen/m², 600 g/m²; rand en hoek 8 lijmsporen/m², 1200 g/m²
- o ofwel mechanisch bevestigd (op multiplex)
- o eventueel losliggend geplaatst (met ballast b.v. grind met Ø cf. TV 215 of daktegels op de dakafdichting).

Voor de plaatsing van de isolatieplaten in functie van de windweerstand van het daksysteem dient rekening gehouden te worden met de rekenwaarden vermeld in § 5.3 voor zover deze lager zijn dan de rekenwaarden betreffende windweerstand van de afdichting aangegeven in de ATG-afdichting.

5.2.3.3 Geprofileerde staalplaten

De staalplaten zullen een dikte van $\geq 0,75$ mm hebben.

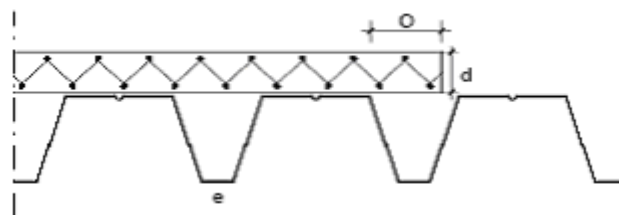
Op de dakvloer wordt achtereenvolgens aangebracht :

- een damp scherm overeenkomstig WTCB-TV 215
- de Rockwool Rhinox isolatieplaten worden dwars over de golfopeningen en met gesloten en verspringende naden geplaatst en als volgt bevestigd :
 - o ofwel mechanisch bevestigd (zie § 5.2.3.3.1)
 - o ofwel streepsgewijs met de Rockwool Daklijm 300 gekleefd (zie § 5.2.3.3.2 en § 5.2.3)
 - o ofwel streepsgewijs met de INSTA-STIK gekleefd (zie § 5.2.3.3.3 en § 5.2.3)
 - o ofwel streepsgewijs met de gemodificeerde bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S gekleefd (zie § 5.2.3.3.4 en § 5.2.3)
- de Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten worden dwars over de golfopeningen en met gesloten en verspringende naden geplaatst en als volgt bevestigd (de langs naden laten verspringen t.o.v. die van de aansluitende dunnere/dikkere afschotplaat) :
 - o ofwel mechanisch bevestigd (zie § 5.2.3.3.1)
 - o ofwel streepsgewijs met de Rockwool Daklijm 300 gekleefd (zie § 5.2.3.3.2 en § 5.2.3)

- o ofwel streepsgewijs met de INSTA-STIK gekleefd (zie § 5.2.3.3.3 en § 5.2.3)

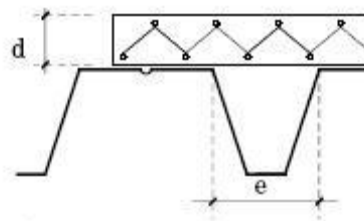
Het uitkragen van de isolatieplaten boven de golven van de staalplaat (overdwars geplaatste panelen t.o.v. de golven) is toegelaten mits in achtname van de volgende voorwaarden :

- o uitsluitend toegestaan in de lengterichting van de isolatieplaat;
- o maximale uitkraging met isolatiedikte
 - d = 60 mm tot 75 mm
O = 150 mm
 - d = 80 mm tot 160 mm
O = 2 x d



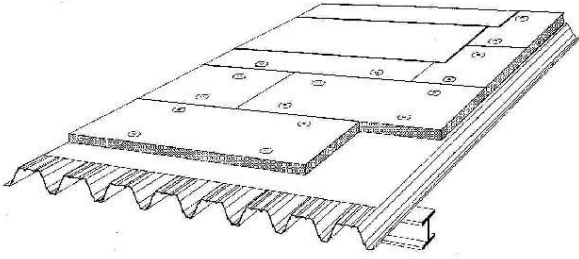
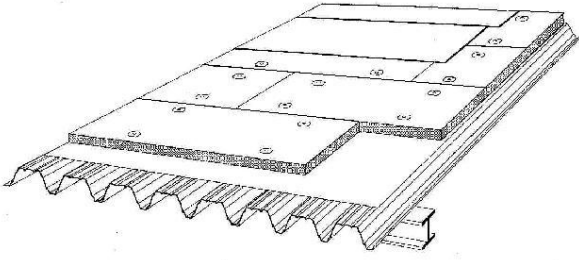
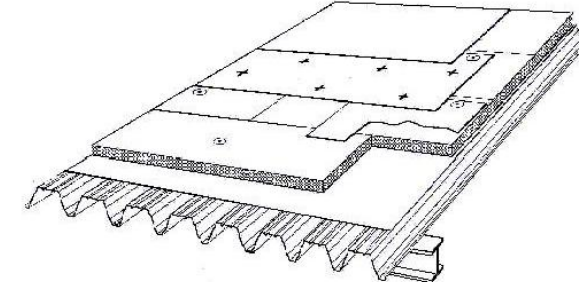
De maximaal toegestane golfopening is afhankelijk van de isolatiedikte : $e \leq 3 \times d$

waarbij :
d = isolatiedikte in mm
e = golfopening in mm

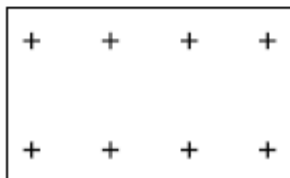
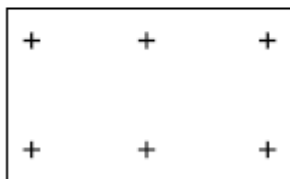


5.2.3.4 5.2.3.3.1 Mechanische bevestiging van de isolatieplaten op geprofileerde staalplaten

In het geval van mechanische bevestiging hangt het aantal bevestigingen af van de kwaliteit ervan en de dikte van de geprofileerde staalplaten. Er dient voor gezorgd te worden dat de schroeven minimaal 15 mm doorheen de staalplaat komen. Bij gebruik van een systeem van zelfborende schroeven type SFS IR2 met een verdeelplaatje type SFS IF worden de, op fig. 1 aangegeven bevestigingspatronen indicatief vermeld. Het aantal bevestigingen per plaat dient berekend te worden op basis van de rekenwaarde Q_r vermeld in § 5.3.

Dakopbouw	Dampscherm	Bevestiging
<p>Dakafdichting gekleefd op mechanisch bevestigde isolatie</p> 	<p>Zonder dampscherm</p>	<p>Het aantal bevestigingen per plaat berekenen op basis van de rekenwaarde vermeld in § 5.3, $Q_r : 675 \text{ N/bevestiging}$ en waarbij de totale windbelasting $1,3 \cdot q_b \cdot (C_{peI} - C_{pi})$ in rekening wordt gebracht.</p>
<p>Eénlaagse dakafdichting bevestigd in de naad of met lineaire bevestigingsstrippen.</p> 	<p>Zonder dampscherm</p>	<p>Voor zover er geen lucht- of dampscherm aanwezig is, de platen verankeren met minimum 1 centrale bevestiging per plaat.</p>
<p>Dakafdichting met een polyesterbewapende onderlaag, samen met de isolatieplaten bevestigd volgens het "plic-ploc" systeem.</p> 		<p>Ongeacht of een lucht- of dampscherm aanwezig is, de platen verankeren met minimum 1 centrale bevestiging per plaat.</p> <p>Het aantal bevestigingen voor de gebitumineerde onderlaag met polyestervliesinlage wordt bepaald uitgaande van de totale windbelasting $1,3 \cdot q_b \cdot (C_{peI} - C_{pi})$ en op basis van de forfaitaire rekenwaarde vermeld in § 3.2.2.2, $Q_r : 450 \text{ N/bevestiging}$ of de rekenwaarde vermeld in de ATG-dakafdichting.</p>

Plaattype : Rhinox en Rhinox Afschot
1000 x 600 mm



Plaattype : Rhinox
2000 x 600 mm

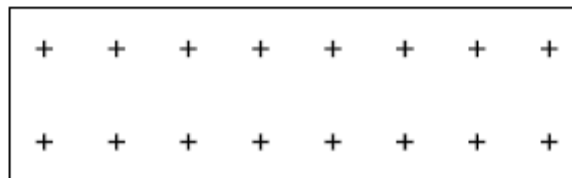
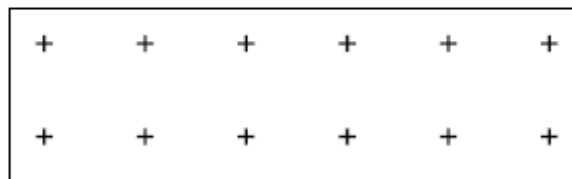
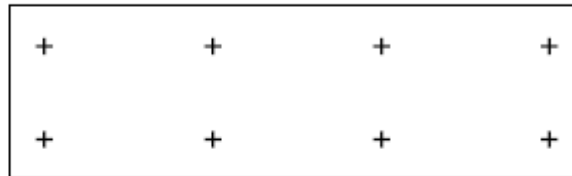
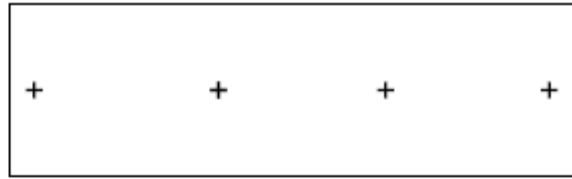


Fig. 1 : Plaatsingspatroon voor de mechanische bevestigingen

(afstand : minimaal 100 mm van de rand in de lengterichting van de plaat en minimaal 150 mm van de rand in de breedterichting van de plaat)

5.2.3.5 5.2.3.3.2 Verkleving van de isolatieplaten met de Rockwool Daklijm 300 op geprofileerde staalplaten

De maximale doorbuiging van de geprofileerde staalplaat bedraagt 1/250.

In het geval de Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten met de Rockwool Daklijm 300 streepsgewijs gekleefd worden, zullen de volgende plaatsingsaspecten in acht genomen worden :

- middenzone : één lijmspoor op elke golf à rato van 300 g/m² (60 à 75 g/m lijmspoor)
- randzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 500 g/m² (60 à 75 g/m lijmspoor)
- hoekzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 500 g/m² (60 à 75 g/m lijmspoor)

De plaatsingscondities vermeld in § 5.2.3 dienen gerespecteerd te worden. Een voorafgaande behandeling met primers is niet nodig, evenwel worden vette oppervlakken geval per geval onderzocht en is desgevallend een proefverlijming op de werf nodig. Staalplaten afgewerkt met een plastisol-coating zijn niet geschikt als ondergrond voor verlijming gezien ze niet compatibel zijn met de Rockwool Daklijm 300.

5.2.3.6 5.2.3.3.3 Verkleving van de isolatieplaten met INSTA-STIK op geprofileerde staalplaten

De maximale doorbuiging van de geprofileerde staalplaat bedraagt 1/250.

In het geval de Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot isolatieplaten met de INSTA-STIK streepsgewijs gekleefd worden, zullen de volgende plaatsingsaspecten in acht genomen worden :

- middenzone : één lijmrups op elke golf à rato van 125 g/m² (25 à 35 g/m lijmrups)
- randzone : twee lijmrupsen op elke golf à rato van 250 g/m² (25 à 35 g/m lijmrups)
- hoekzone : twee lijmrupsen op elke golf à rato van 250 g/m² (25 à 35 g/m lijmrups)

De plaatsingscondities vermeld in § 5.2.3 dienen gerespecteerd te worden. Een voorafgaande behandeling met primers is niet nodig, evenwel worden vette oppervlakken geval per geval onderzocht en is desgevallend een proefverlijming op de werf nodig.

5.2.3.7 5.2.3.3.4 Verkleving van de isolatieplaten met DERBISEAL S op geprofileerde staalplaten

De maximale doorbuiging van de geprofileerde staalplaat bedraagt 1/250.

In het geval de Rockwool Rhinox isolatieplaten met bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S streepsgewijs gekleefd worden, zullen de volgende plaatsingsaspecten in acht genomen worden:

- middenzone : één lijmspoor op elke golf à rato van 600 g/m² (± 150 g/m lijmspoor)
- randzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 1200 g/m² (± 150 g/m lijmspoor)

- hoekzone : twee lijmsporen op elke golf à rato van 1200 g/m² (± 150 g/m lijmspoor)

De plaatsingscondities vermeld in § 5.2.3 dienen gerespecteerd te worden. Een voorafgaande behandeling met primers is niet nodig, evenwel worden vette oppervlakken geval per geval onderzocht en is desgevallend een proefverlijming op de werf nodig.

5.2.3.8 Onderlinge verkleving van de isolatieplaten

De isolatieplaten Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot kunnen op een eerste laag isolatieplaten Rockwool Rhinox of Taurox DUO ^{NP} worden verkleefd.

De isolatieplaten worden :

- ofwel onderling volledig verkleefd met warm bitumen (1,5 kg/m²)
- ofwel onderling partieel verkleefd met INSTA-STIK (5 lijmrupsen/m² of 150 g/m²)

Voor de plaatsing van de isolatieplaten in functie van de windweerstand van het daksysteem dient rekening gehouden te worden met de rekenwaarden vermeld in § 5.3 voor zover deze lager zijn dan de rekenwaarden betreffende windweerstand van de afdichting aangegeven in de ATG-afdichting.

5.2.4 Dakafdichting

De plaatsing van de dakafdichting gebeurt overeenkomstig de plaatsingsvoorschriften vermeld in de ATG-dakafdichting. Hiertoe zal de dakopbouw vermeld in § 5.2 gerespecteerd, desgevallend aangepast, worden.

- Los aangebrachte dakafdichtingen zullen steeds voorzien worden van ballast (aangebracht volgens WTCB-TV 215). Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Rockwool Rhinox en Rockwool Rhinox film platen.

Rekenwaarden van de windweerstand (Qr)

	Volgekleefd met warm bitumen	Partieel gekleefd met Rockwool Daklijm 300	Partieel gekleefd met INSTA-STIK	Partieel gekleefd met DERBISEAL S (**)	Mechanisch bevestigd (type § 3.2.2)
Beton, cellenbeton*, schuimbeton* of elementen van gebakken aarde	5700 Pa (*)	4000 Pa (*)	3000 Pa (*) met 125 g/m ² 5300 Pa (*) met 250 g/m ²	3300 Pa (*)	-
Hout of houtachtige platen	5700 Pa	4000 Pa	3000 Pa met 125 g/m ² 5300 Pa met 250 g/m ²	3300 Pa	-
Geprofileerde staalplaten (≥ 0,75 mm)	-	4000 Pa	3000 Pa met 125 g/m ² 5300 Pa met 250 g/m ²	3300 Pa	675 N/bevestiger cf. § 3.2.2.1

(*) : Deze waarden gelden niet op cellenbeton en schuimbeton.

(**) : enkel voor de vlakke platen

Voor de verkleving van een Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot plaat op een eerste laag isolatieplaten Taurox DUO ^{NP} of Rockwool Rhinox worden hierna de rekenwaarden van de windweerstand (Qr) voor de onderlinge verkleving van de isolatieplaten aangegeven.

- Gelaste dakafdichtingen worden geplaatst in overeenstemming met WTCB-TV 215 en ATG-dakafdichting. Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Rockwool Rhinox en Rockwool Rhinox film platen.
- Gekleefde bitumineuze dakafdichtingen worden volgekleefd aangebracht in warm bitumen of met bitumineuze koudlijm en worden geplaatst in overeenstemming met WTCB-TV 215 en ATG-dakafdichting. Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Rockwool Rhinox platen (zonder wegbrandfolie).
- Met koudlijm DERBIBOND S volgekleefde dakafdichting, geplaatst in overeenstemming met WTCB-TV 215 en ATG-dakafdichting DERBIGUM SP-FR. Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Rockwool Rhinox platen (zonder wegbrandfolie).
- Mechanisch bevestigde afdichtingen worden geplaatst in overeenstemming met WTCB-TV 215 en WTCB-TV 239 en ATG-dakafdichting. Deze afdichtingstechniek is geschikt om toegepast te worden op de Rockwool Rhinox en Rockwool Rhinox film platen.

5.3 Weerstand tegen wind

De nodige voorzorgen moeten worden genomen opdat het dak aan de invloeden van de wind kan weerstaan.

De windweerstand van de dakisolatie wordt bepaald uitgaande van de te verwachten windbelasting. Deze wordt berekend volgens de TV 215 van het WTCB en NBN B 03-002-1.

Voor losse plaatsing zal de ballastlaag worden aangebracht in overeenstemming met de specifieke eisen van WTCB TV 215.

Voor andere bevestigingswijzen worden hierna de rekenwaarden van de windweerstand (Qr) voor de isolatieplaten aangegeven.

Onderlaag van een tweelaags isolatiesysteem	Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot Volgekleefd met warm bitumen	Rockwool Rhinox of Rockwool Rhinox Afschot Partieel gekleefd met INSTA-STIK
Taurox DUO NP	5000 Pa	5300 Pa met 150 g/m ²
Rockwool Rhinox	5000 Pa	5300 Pa met 150 g/m ²

Deze windweerstand (Q_r) houdt rekening met een veiligheidscoëfficiënt van 1,5; de windtestresultaten (Q_1) vermeld in § 6 (testen op een windkist 2 m x 2 m en op een windkist 3 m x 2,8 m) en de statistische correctiefactor (C_s) eveneens vermeld in § 6. Voor de mechanisch bevestigde isolatieplaten dienen voor de bepaling van de rekenwaarde van de windweerstand het aantal schroeven ($A = 10$) en de plaatafmetingen (2000 x 600 mm) eveneens in rekening te worden gebracht op basis van de formule $Q_r = (Q_1 \times C_s \times \text{opp.}) / (1,5 \times A)$.

De opgegeven rekenwaarden zijn te vergelijken met het effect van de windbelasting met een terugkeerperiode van 65 jaar, zoals opgegeven in de tabel van de TV 215 van het WTCB.

Deze rekenwaarden dienen getoetst te worden aan de rekenwaarde voor de dakafdichting (in relatie tot de aanbreningswijze van de dakafdichting - zie ATG dakafdichting) waarbij de laagste rekenwaarde voor de totale dakopbouw in acht genomen wordt.

5.4 Brandveiligheid

Er dient nagegaan te worden of het KB van 19.12.1997 (inclusief de wijziging in het KB van 04.04.2003 en 01.03.2009) van toepassing is. Indien dit het geval is moeten de volgende eisen i.v.m. de dakopbouw worden gerespecteerd :

- ten aanzien van een brand van buitenaf : de daken moeten worden afgedicht met dakafdichtingen die al dan niet moeten voldoen aan de brandreactieklasse A1 (NBN S 21-203) ofwel moet het dakafdichtingssysteem voldoen aan de B_{ROOF}(f1) klassering conform NBN EN 13501 part 5. Aan deze eisen voldoen dakafdichtingen die conform hun ATG worden geplaatst; hiertoe wordt naar de tabel 1 en de plaatsingsfiche van de dakafdichting verwezen.
- ten aanzien van een brand van binnenuit : de dakvloer moet zo worden ontworpen en uitgevoerd dat deze dakvloer een R_f-waarde heeft afhankelijk van het type gebouw zoals voorzien in het KB.

Ten aanzien van de brandcompartimentering : in het project moet nagegaan worden in hoeverre de dakzones en de dakdetails van brandstoppen, uitgevoerd met onbrandbaar materiaal (Euroclass A1), voorzien en uitgevoerd dienen te worden.

6 Prestaties

6.1 Thermische prestaties

Zie NBN B 62-002 "Thermische prestaties van gebouwen – berekening van de warmtedoorgangscoefficienten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen", editie 2008.

$$1/U = R_t = R_{si} + R_{\text{warm dak}} + R_{se}$$

$$R_{\text{warm dak}} = R_1 + R_2 + \dots + R_{isol} + \dots + R_n$$

$$U = 1/R_t \quad (1)$$

$$\Delta U_{cor} = 1/(R_t - R_{cor}) - 1/R_t \quad (2)$$

$$U_c = U + \Delta U_{cor} + \Delta U_g + \Delta U_f \quad (3)$$

Waarbij :

- R_t : de totale warmteweerstand van het warme dak
- $R_{\text{warm dak}}$: warmteweerstand (m².K/W) van het warme dak, als som van de warmteweerstanden (rekenwaarden) van de diverse samenstellende lagen
- R_{si} : de warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak, conform NBN EN ISO 6946. Voor het warme dak is $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- R_{isol} : voor een homogene isolatielaag is dit de gedeclareerde warmteweerstand van het isolatieproduct voor de betreffende dikte. $R_{isol} = R_D$
- R_{se} : de warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak, conform NBN EN ISO 6946. Voor het warme dak is $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- R_{cor} : correctiefactor = 0,10 m².K/W voor plaatsingstoleranties bij de uitvoering van het warme dak
- U : warmtedoorgangscoefficient (W/m².K) van het warme dak, berekend volgens (1)
- ΔU_{cor} : correctieterm (W/m².K) op de U-waarde voor maat- en plaatsingstoleranties bij de uitvoering, berekend volgens (2)
- U_c : gecorrigeerde warmtedoorgangscoefficient (W/m².K) voor het warme dak volgens (3) en conform aan NBN EN ISO 6946
- ΔU_g : toeslag op de U-waarde voor spleten in de isolatielaag, conform NBN EN ISO 6946, voor uitvoering conform de ATG wordt $\Delta U_g = 0$
- ΔU_f : toeslag op de U-waarde voor bevestigingen door de isolatielaag, conform NBN EN ISO 6946

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_0} \left[\frac{R_{isol}}{R_{T,h}} \right]^2 \text{ aan te rekenen voor}$$

mechanisch bevestigde isolatie met

d_0 (m) = dikte van de isolatielaag

d_i (m) = lengte van de bevestiging als volgt bepaald :

- bij bevestigingen die de isolatielaag volledig doorboren (onder rechte of schuine hoek) is de lengte gelijk aan of groter dan de dikte van de isolatielaag : $d_i \geq d_0$

- bij verzonken bevestigingen is de lengte gelijk aan het gedeelte van de bevestiging dat de isolatielaag doorboort, d.w.z. kleiner dan de dikte van de isolatielaag : $d_1 < d_0$

α (-) = is een correctiecoëfficiënt als volgt bepaald :

- $\alpha = 0,8$ indien de mechanische bevestiging de isolatielaag volledig doorboort
- $\alpha = 0,8 \times d_1/d_0$ indien de bevestiging verzonken is in de isolatielaag

λ_f (W/m.K) = de warmtegeleidbaarheid van de mechanische bevestiging, b.v. staal = 50 W/m.K

n_f (m⁻²) = aantal mechanische bevestigingen per m²

A_f (m²) = doorsnede van 1 mechanische bevestiging

R_{isol} = voor een homogene isolatielaag is dit de gedeclareerde warmteweerstand voor de betreffende dikte die door de mechanische bevestiging doorboord wordt. $R_{isol} = R_D$

$R_{T,h}$ = totale warmteweerstand van het warme dak, zonder rekening te houden met enige koudebrugwerking

Alle R-waarden hebben als eenheid m².K/W.

Alle U-waarden hebben als eenheid W/m².K.

$$R_{isol} = R_D [(m^2.K)/W]$$

Dikte (mm)	$R_{isol} [(m^2.K)/W]$
60	1.50
70	1.75
80	2.00
90	2.25
100	2.50
110	2.75
120	3.00
130	3.25
140	3.50
150	3.75
160	4.00

Plaat nummer	begindikte (mm)	einddikte (mm)	$R_{isol} [(m^2.K)/W]$ minimaal	$R_{isol} [(m^2.K)/W]$ maximaal
Afschot 1,0 %				
A01	50	60	1,25	1,50
A02	60	70	1,50	1,75
A03	70	80	1,75	2,00
A04	80	90	2,00	2,25
A05	90	100	2,25	2,50
A06	100	110	2,50	2,75
A07	110	120	2,75	3,00
A08	120	130	3,00	3,25
A09	130	140	3,25	3,50
A10	140	150	3,50	3,75
Afschot 1,5 %				
B01	50	65	1,25	1,60
B02	65	80	1,60	2,00
B03	80	95	2,00	2,35
B04	95	110	2,35	2,75
B05	110	125	2,75	3,10
B06	125	140	3,10	3,50
B07	140	155	3,50	3,85
Afschot 2,0 %				
C01	50	70	1,25	1,75
C02	70	90	1,75	2,25
C03	90	110	2,25	2,75
C04	110	130	2,75	3,25
C05	130	150	3,25	3,75
Afschot 2,5 %				
D01	50	75	1,25	1,85
D02	75	100	1,85	2,50
D03	100	125	2,50	3,10
D04	125	150	3,10	3,75

De warmtedoorgangscoefficiënt U van het warme dak met variabele dikte of ongelijke vorm (afschotisolatie) wordt berekend volgens §7.5 van NBN B62-002:2008 (volgens NBN EN ISO 6946 bijlage C).

6.2 Overige prestaties

De prestatiekenmerken van de isolatieplaten worden opgenomen in § 6.2.1.

In de kolom BUtgb worden de minimale aanvaardingscriteria vermeld die door de BUtgb werden vastgelegd. In de kolom fabrikant worden de aanvaardingscriteria vermeld die de fabrikant zichzelf oplegt.

Het naleven van deze criteria wordt bij de verschillende uitgevoerde controles nagegaan en valt onder de productcertificatie. De certificatie is gebaseerd op dezelfde regels als die van het CEN-Keymark – zie www.key-mark.org.

De prestatiekenmerken van het systeem worden opgenomen in § 6.2.2.

In de kolom BUTgb worden de minimale aanvaardingscriteria vermeld die door de BUTgb werden vastgelegd. Bij gebrek aan deze criteria vermeldt de tabel de resultaten van laboratoriumproeven. De vermelde waarden zijn niet afgeleid uit statistische interpretaties en worden niet door de fabrikant gearandeerd.

6.3 Windproeven

Overzicht van de windproeven (getest volgens EUTgb § 4.1.1) uitgevoerd in een windkist (2 x 2 m en 3 x 2,8 m).

- Rockwool Rhinox (140 mm – 2000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, partieel gekleefd met Rockwool Daklijm 300 (1 lijmspoor per bovenzijde van de staalplaat, dosering 300 g/m²) en met een vliesgecacheerde PVC-afdichting (partieel gekleefd op de isolatie met PUR-lijm – dosering 250 g/m²) : windweerstand tot 6,0 kPa (breuk bij 6,5 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmsrepen, zowel tussen de isolatie en de afdichting als tussen de isolatie en de staalplaat).

- Rockwool Rhinox (80 mm – 1000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, partieel gekleefd met INSTA-STIK (1 lijmrups per bovenzijde van de staalplaat, dosering 125 g/m²) en met een vliesgecacheerde EPDM-afdichting (partieel gekleefd op de isolatie met INSTA-STIK – dosering 150 g/m²) : windweerstand tot 4,5 kPa (breuk bij 5,0 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmrupsen, tussen de isolatie en de staalplaat).

- Rockwool Rhinox film (80 mm – 1000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, partieel gekleefd met INSTA-STIK (2 lijmrupsen per bovenzijde van de staalplaat, dosering 250 g/m²) en met een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 8,0 kPa (breuk bij 8,5 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmrupsen).

- Rockwool Rhinox film (80 mm – 1000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, partieel gekleefd met bitumineuze snelhechtende pasta DERBISEAL S (à rato van 2 lijmsporen /golf en dosering per lijmspoor 150 g/m) en met een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 5,0 kPa (breuk bij 5,5 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmsporen).

- Rockwool Rhinox (80 mm – 1000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 5 bevestigingsmiddelen SFS per plaat en waarop een enkele APP-afdichting DERBIGUM SP-FR vol gekleefd werd met DERBIBOND S à rato van 1,5 kg/m² : windweerstand tot 6,0 kPa (breuk bij 6,5 kPa - delaminatie van het glasvlies op het isolatiemateriaal).

- Rockwool Rhinox (140 mm – 1000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : multiplexplaten, volledig gekleefd met bitumen 110/30 en met een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 8,5 kPa (breuk bij 9,0 kPa – lostrekken van een plaat van de ondergrond, delaminatie vindt plaats in het bitumen).

- Rockwool Rhinox (60 mm – 2000 x 600 mm) ($C_s = 0,98$) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 5 bevestigingsmiddelen Fischer per plaat en met een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 4,5 kPa (breuk bij 5,0 kPa – uittrekking van een bevestiging).

- Rockwool Rhinox (100 mm – 2000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 10 bevestigingsmiddelen Fischer per plaat en met een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand 8,5 kPa (breuk bij 9,0 kPa – uittrekking van een bevestiging, breuk in de isolatie en delaminatie onder de harde toplaag).

- Rockwool type Taurox DUO ^{NP} Bitumen (100 mm – 1250 x 600 mm) ($C_s = 1$) : multiplexplaten, volledig gekleefd met bitumen 110/30 en tweede laag Rockwool Taurox DELTA (140 à 150 mm – 1000 x 1000 mm), volledig gekleefd met bitumen 110/30 en hierop een enkele SBS-afdichting (volledig gekleefd met bitumen 110/30) : windweerstand tot 7,5 kPa (breuk bij 8,0 kPa - delaminatie in het isolatiemateriaal en tussen het isolatiemateriaal en de dakafdichting).

- Rockwool type Taurox DUO ^{NP} (100 mm – 1000 x 1000 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 9 bevestigingsmiddelen SFS per plaat en een laag Rockwool Taurox DELTA Bitufilm (50 à 70 mm – 1000 x 1000 mm), partieel gekleefd met INSTA-STIK (1 lijmrups per 200 mm breedte) en hierop een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 8,0 kPa (breuk bij 8,5 kPa - delaminatie van het isolatiemateriaal ter plaatse van de lijmrupsen).

- Rockwool Rhinox D (100 mm – 1000 x 600 mm) ($C_s = 1$) : staalplaat, mechanisch bevestigd met 6 bevestigingsmiddelen SFS per plaat en een laag Rockwool Rhinox Afschot film (50 à 70 mm – 1000 x 600 mm), partieel gekleefd met INSTA-STIK (1 lijmrups per 200 mm breedte) en hierop een enkele APP-afdichting (met de brander op de isolatie gelast) : windweerstand tot 10,0 kPa (geen schade).

Eigenschappen	Criteria BUTgb	Criteria fabrikant	Bepalings- methode	Resultaten
6.2.1 Producteigenschappen (cfr. NBN EN 13162:2008)				
- lengte (mm)	± 5 mm	1000, 2000 ± 5 mm	NBN EN 822	x
- breedte (mm)	± 3 mm	600 ± 3 mm	NBN EN 822	x
- dikte (mm)	d > 50 mm : +3/-2 mm	T4	NBN EN 823	x
- haaksheid (mm/m)	≤ 5 mm/m	≤ 5 mm/m	NBN EN 824	x
- vlakheid (mm)	≤ 3 mm : ≤ 0,75 m ² ≤ 5 mm : > 0,75 m ²	≤ 3 mm : ≤ 0,75 m ² ≤ 5 mm : > 0,75 m ²	NBN EN 825	x
- dimensionele stabiliteit 48 h 70°C 90% RV (%)	DS(TH) Δε _{l,b} : ≤ 1 Δε _d : ≤ 1	DS(TH) Δε _{l,b} : ≤ 1 Δε _d : ≤ 1	NBN EN 1604	x
- druksterkte bij 10% vervorming (kPa)	CS(10\Y)40 ≥ 40	CS(10\Y)50 ≥ 50	NBN EN 826	x
- delaminatie (kPa) initieel	TR10 ≥ 10	TR15 ≥ 15	NBN EN 1607	x
na onderdompeling (2 h in water)	Δ ≤ 20%	-		x
- warmtegeleidingscoëfficiënt λ _D (W/m.K)		0,040	NBN EN 12667	x
- puntlast (N)	PL(5)400 ≥ 400	PL(5)1000 ≥ 1000	NBN EN 12430	x
- waterabsorptie (kg/m ²)	WS ≤ 1	WS ≤ 0,5	NBN EN 1609	x
- brandreactie	A1...F	Rockwool Rhinox en Rockwool Rhinox film : B- s1-d0 (1)	Euroclass (classificatie cfr. NBN EN 13501-1)	x
6.2.2 Systeemeigenschappen				
- Windweerstand	-	zie § 6.3	EUTgb § 4.1	x
- Temperatuurinvloed				
- lineaire maatverandering	≤ 0,5% (max. 5 mm)		EUTgb § 4.3.1	x
- afschuiving *	- *		EUTgb § 4.3.4	- *
- invloed op de duur- zaamheid dakafdichting **	- **		EUTgb § 4.3.3	- **
- Mechanische sterkte				
- verdeelde belasting (7 d 40 kPa 80°C)	≤ 5%	≤ 5%	EUTgb § 4.5.1	x
- puntlast 2-zijdig (1000 N)	geen breuk	-	EUTgb § 4.5.3	x
- uitkragend	geen breuk	-	EUTgb § 4.5.2	x
* Proef enkel vereist indien de volgende voorwaarden zich gelijktijdig voordoen : - helling > 20% (11°); - mechanische bevestiging van de afdichting niet voorgeschreven is ter voorkoming van het afschuiven - isolatie gecacheerd is.				
** Proef niet vereist indien : - de afdichting los, mechanisch bevestigd of partieel gekleefd is op de isolatie, die zelf bevestigd is op de dakvloer; - de afdichting volgekleefd is op de isolatie die zelf bevestigd is op de dakvloer waarbij het isolatiemateriaal een lineaire maatverandering heeft < 0,5 mm bij een ΔT van 50°C.				
x Getest en conform aan het criterium van de fabrikant.				
(1) Testcondities : calcium silicaat plaat; zonder luchtsponw; mechanisch bevestigd met schroeven en plaatjes; horizontale en verticale voegen volgens EN 13823				

7 Voorwaarden

- A. Uitsluitend het in de voorpagina als ATG-houder vermelde bedrijf en het bedrijf (de bedrijven) die het onderwerp van de goedkeuring commercialiseert (commercialiseren) mogen aanspraak maken op de toepassing van deze technische goedkeuring.
- B. Deze technische goedkeuring heeft uitsluitend betrekking op het product of systeem waarvan de handelsnaam op de voorpagina wordt vermeld. Houders van een technische goedkeuring mogen geen gebruik maken van de naam van de BUtgb, haar logo, het merk ATG, de goedkeuringstekst of het goedkeuringsnummer om aanspraak te maken op productbeoordelingen die niet in overeenstemming zijn met de technische goedkeuring, en evenmin voor producten en/of systemen en/of eigenschappen of kenmerken die niet het voorwerp uitmaken van de technische goedkeuring.
- C. Informatie die door de goedkeuringshouder of zijn aangestelde en/of erkende installateurs, op welke wijze dan ook, ter beschikking wordt gesteld van (potentiële) gebruikers van het in de technische goedkeuring behandelde product of systeem (bv. bouwheren, aannemers, voorschrijvers, ...), mag niet in tegenstrijd zijn met de inhoud van de goedkeuringstekst, noch met informatie waarnaar in de goedkeuringstekst verwezen wordt.
- D. Houders van een technische goedkeuring zijn steeds verplicht tijdig eventuele aanpassingen aan de grondstoffen en producten, de verwerkingsrichtlijnen, het productie- en verwerkingsproces en/of de uitrusting, voorafgaandelijk bekend te maken aan de BUtgb vzw, en de door de BUtgb aangeduide certificatieoperator, zodat deze kan oordelen of de technische goedkeuring dient te worden aangepast.
- E. De auteursrechten behoren tot de BUtgb

De BUtgb vzw is een goedkeuringsinstituut dat lid is van de Europese Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (UEAtc, zie www.ueatc.com) en dat aangemeld werd door de FOD Economie in het kader van Richtlijn 89/106/EEG en lid is van de Europese Organisatie voor Technische Goedkeuringen (EOTA, zie www.eota.eu). De door de BUtgb vzw aangeduide certificatie-operators werken volgens een door BELAC (www.belac.be) accreditiebaar systeem.

Deze technische goedkeuring werd gepubliceerd door de BUtgb, onder verantwoordelijkheid van de goedkeuringsoperator, BCCA, en op basis van het gunstig advies van de Gespecialiseerde Groep "Daken", verleend op 22 maart 2011.

Daarnaast bevestigde de certificatie operator, BCCA, dat de productie aan de certificatievoorwaarden voldoet en dat met de ATG-houder een certificatie-overeenkomst ondertekend werd.

Datum van deze uitgave: 27 juni 2011

Voor de BUtgb, als geldigverklaring van het goedkeuringsproces

Peter Wouters, directeur

Voor de goedkeurings- en certificatieoperator

Benny De Blaere, directeur

Deze technische goedkeuring blijft geldig, gesteld dat het product, de vervaardiging ervan en alle daarmee verband houdende relevante processen:

- onderhouden worden, zodat minstens de prestatieniveaus bereikt worden zoals bepaald in deze goedkeuringstekst
- doorlopend aan de controle door de certificatie-operator onderworpen worden en deze bevestigt dat de certificatie geldig blijft

Wanneer niet langer wordt voldaan aan deze voorwaarden, zal de technische goedkeuring worden geschorst of ingetrokken en de goedkeuringstekst van de BUtgb website worden verwijderd.

De geldigheid en laatste versie van deze goedkeuringstekst kan nagegaan worden door de BUtgb website (www.butgb.be) te consulteren of rechtstreeks contact op te nemen met het BUtgb secretariaat.

2.2 Gemiddelde densiteit: EN 1602

BIJLAGE P – Alle tabellen voor de berekening van de gemiddelde densiteit per case

R1a					
<i>Korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,7954	0,118	118	0,00472	168,5 kg/m³
I (e)	0,7905	0,118	118	0,00472	167,5 kg/m³
II (i)	0,7899	0,125	125	0,00500	158,0 kg/m³
II (e)	0,7857	0,125	125	0,00500	157,1 kg/m³
III (i)	0,7463	0,127	127	0,00508	146,9 kg/m³
III (e)	0,7737	0,127	127	0,00508	152,3 kg/m³
<i>Lange termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,7563	0,115	115	0,0046	164,4 kg/m³
I (e)	0,748	0,115	115	0,0046	162,6 kg/m³
<i>druksterkte</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,7693	0,120	120	0,0048	160,3 kg/m³
II	0,8056	0,135	135	0,0054	149,2 kg/m³
<i>puntbelasting</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	1,6416	0,120	120	0,0108	152,0 kg/m³
II	1,7989	0,130	130	0,0117	153,8 kg/m³
GEMIDDELD					
			aantal	som	ρ_{gem} [kg/m ³]
			12	1892,6	157,71 kg/m³
					158 kg/m³

R1b					
<i>Korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,4241	0,068	68	0,00272	155,9 kg/m³
I (e)	0,4077	0,068	68	0,00272	149,9 kg/m³
II (i)	0,5827	0,068	68	0,00272	214,2 kg/m³
II (e)	0,5851	0,068	68	0,00272	215,1 kg/m³
III (i)	0,4239	0,068	68	0,00272	155,8 kg/m³
III (e)	0,4109	0,068	68	0,00272	151,1 kg/m³
<i>Lange termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,4323	0,068	68	0,00272	158,9 kg/m³
I (e)	0,4235	0,068	68	0,00272	155,7 kg/m³
<i>druksterkte</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,4112	0,068	68	0,00272	151,2 kg/m³
II	0,5279	0,068	68	0,00272	194,1 kg/m³
<i>puntbelasting</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	1,1521	0,068	68	0,00612	188,3 kg/m³
II	0,9422	0,068	68	0,00612	154,0 kg/m³
III (i)	0,5015	0,068	68	0,00272	184,4 kg/m³
III (e)	0,5091	0,068	68	0,00272	187,2 kg/m³
<i>lambda-waarde</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,9421	0,06764	67,64	0,0060876	154,9 kg/m³
GEMIDDELD					
	aantal	som	ρ _{gem} [kg/m ³]		
	15	2570,6	171,37 kg/m³		
			171 kg/m³		

R2					
<i>Korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,4614	0,058	58	0,00232	198,9 kg/m³
I (e)	0,4559	0,058	58	0,00232	196,5 kg/m³
II (i)	0,4252	0,058	58	0,00232	183,3 kg/m³
II (e)	0,4995	0,058	58	0,00232	215,3 kg/m³
III (i)	0,4925	0,058	58	0,00232	212,3 kg/m³
III (e)	0,4910	0,058	58	0,00232	211,6 kg/m³
<i>Lange termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,4399	0,058	58	0,00232	189,6 kg/m³
I (e)	0,4736	0,058	58	0,00232	204,1 kg/m³
<i>druksterkte</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,4726	0,058	58	0,00232	203,7 kg/m³
II	0,4841	0,058	58	0,00232	208,7 kg/m³
<i>puntbelasting</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	1,0899	0,058	58	0,00522	208,8 kg/m³
II	1,0515	0,058	58	0,00522	201,4 kg/m³
<i>lambda-waarde</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	1,1195	0,05775	57,75	0,0051975	215,4 kg/m³
GEMIDDELD					
	aantal	som	ρ_{gem} [kg/m ³]		
	13	2649,7	203,82 kg/m³		
			204 kg/m³		

D1					
<i>Korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,2432	0,039	39	0,00156	155,9 kg/m³
I (e)	0,2447	0,039	39	0,00156	156,9 kg/m³
II (i)	0,2379	0,039	39	0,00156	152,5 kg/m³
II (e)	0,2258	0,039	39	0,00156	144,7 kg/m³
III (i)	0,2868	0,039	39	0,00156	183,8 kg/m³
III (e)	0,2626	0,039	39	0,00156	168,3 kg/m³
<i>EXTRA korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
L1	0,0615	0,039	39	0,00039	157,7 kg/m³
L2	0,0572	0,039	39	0,00039	146,7 kg/m³
S1	0,0583	0,039	39	0,00039	149,5 kg/m³
S2	0,0571	0,039	39	0,00039	146,4 kg/m³
<i>Lange termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,2399	0,039	39	0,00156	153,8 kg/m³
I (e)	0,2375	0,039	39	0,00156	152,2 kg/m³
<i>druksterkte</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,2131	0,039	39	0,00156	136,6 kg/m³
II	0,2641	0,039	39	0,00156	169,3 kg/m³
III	0,2398	0,039	39	0,00156	153,7 kg/m³
<i>puntbelasting</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,4951	0,039	39	0,00351	141,1 kg/m³
II	0,5166	0,039	39	0,00351	147,2 kg/m³
<i>lambda-waarde</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,5388	0,03938	39,38	0,003544	150,1 kg/m³
GEMIDDELD					
			aantal	som	ρ _{gem} [kg/m ³]
			18	2766,4	153,69 kg/m³
					154 kg/m³

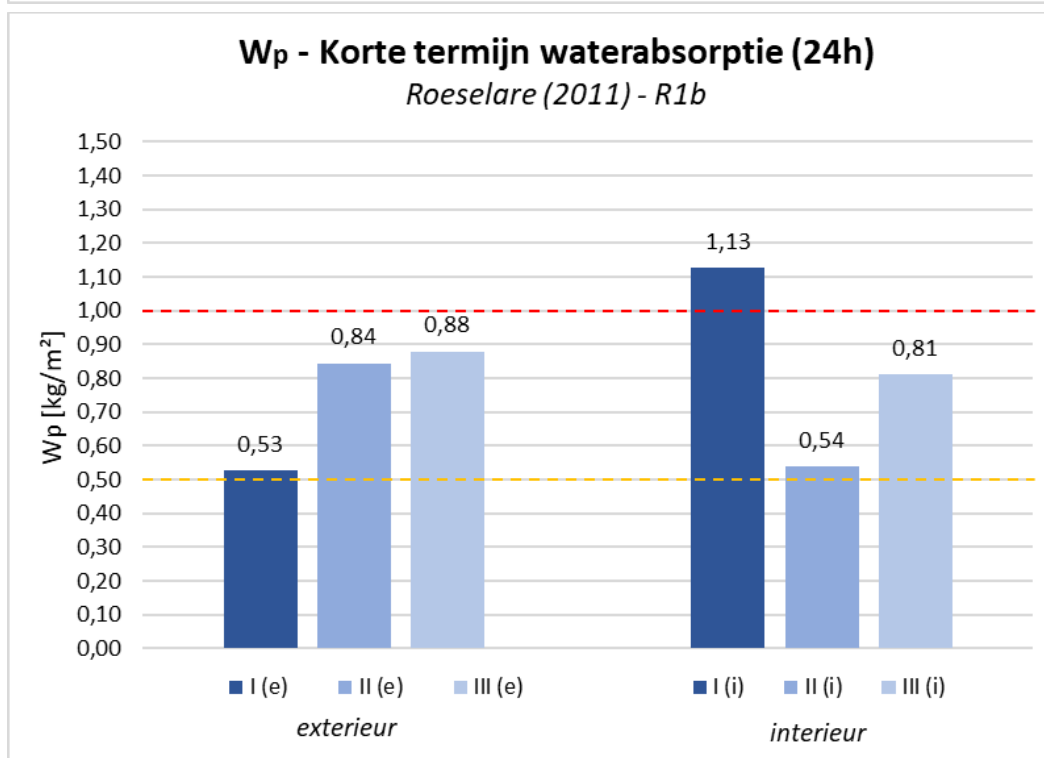
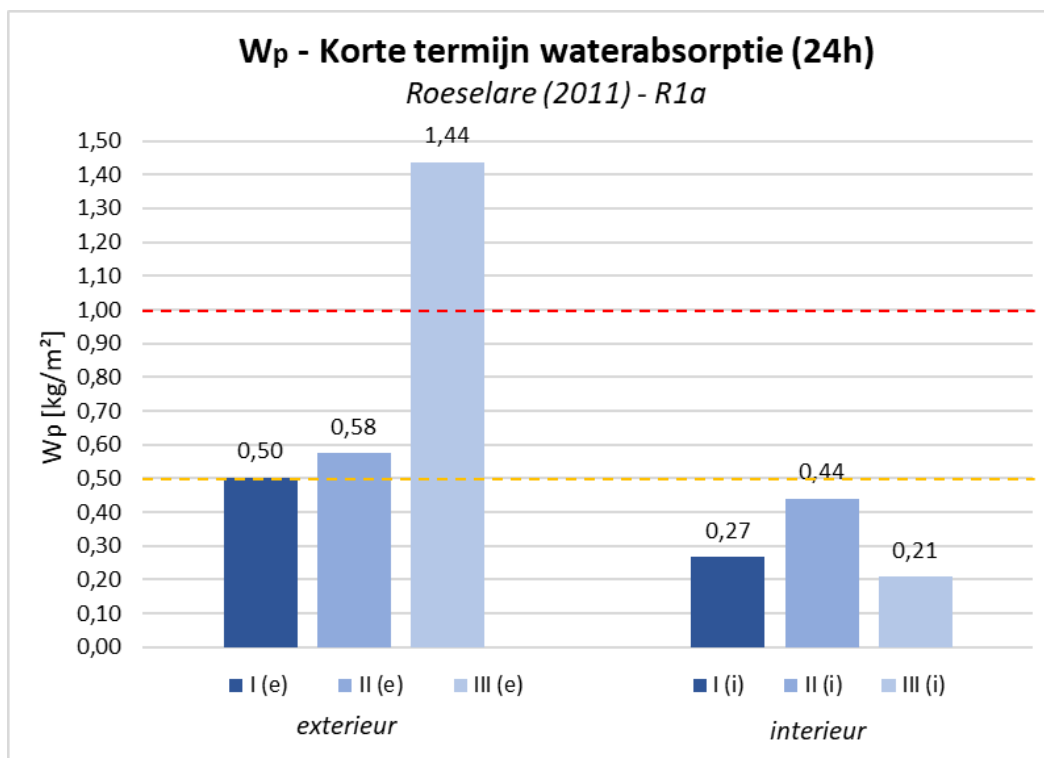
W1					
<i>Korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,3583	0,058	58	0,00232	154,4 kg/m³
I (e)	0,3536	0,058	58	0,00232	152,4 kg/m³
II (i)	0,3597	0,058	58	0,00232	155,0 kg/m³
II (e)	0,3195	0,058	58	0,00232	137,7 kg/m³
III (i)	0,3971	0,058	58	0,00232	171,2 kg/m³
III (e)	0,3944	0,058	58	0,00232	170,0 kg/m³
<i>EXTRA korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
L1	0,083	0,058	58	0,00058	143,1 kg/m³
L2	0,0911	0,058	58	0,00058	157,1 kg/m³
S1	0,0889	0,058	58	0,00058	153,3 kg/m³
S2	0,0842	0,058	58	0,00058	145,2 kg/m³
<i>Lange termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,351	0,058	58	0,00232	151,3 kg/m³
I (e)	0,3611	0,058	58	0,00232	155,6 kg/m³
<i>druksterkte</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,3556	0,058	58	0,00232	153,3 kg/m³
II	0,3601	0,058	58	0,00232	155,2 kg/m³
IV (i)	0,3396	0,058	58	0,00232	146,4 kg/m³
IV (e)	0,325	0,058	58	0,00232	140,1 kg/m³
V (i)	0,359	0,058	58	0,00232	154,7 kg/m³
V (e)	0,3584	0,058	58	0,00232	154,5 kg/m³
<i>puntbelasting</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,8349	0,058	58	0,00522	159,9 kg/m³
II	0,8519	0,058	58	0,00522	163,2 kg/m³
<i>lambda-waarde</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,8908	0,05757	57,57	0,005181	171,4 kg/m³
GEMIDDELD					
			aantal	som	ρ _{gem} [kg/m ³]
			21	3245,0	154,53 kg/m³
					155 kg/m³

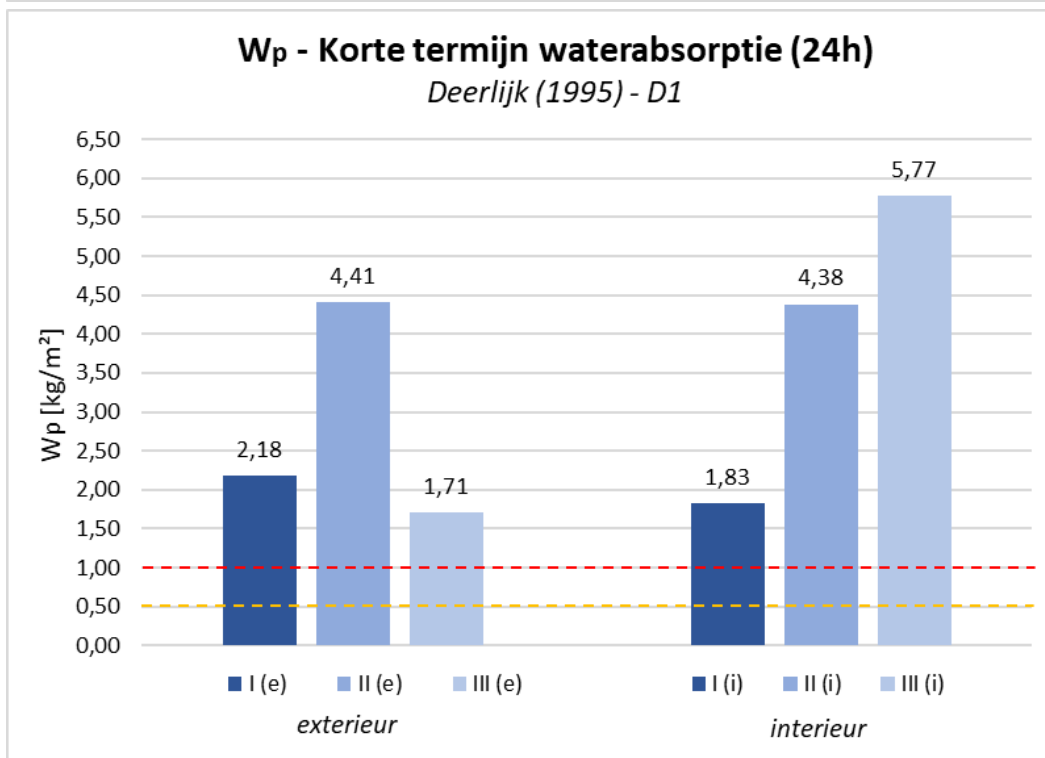
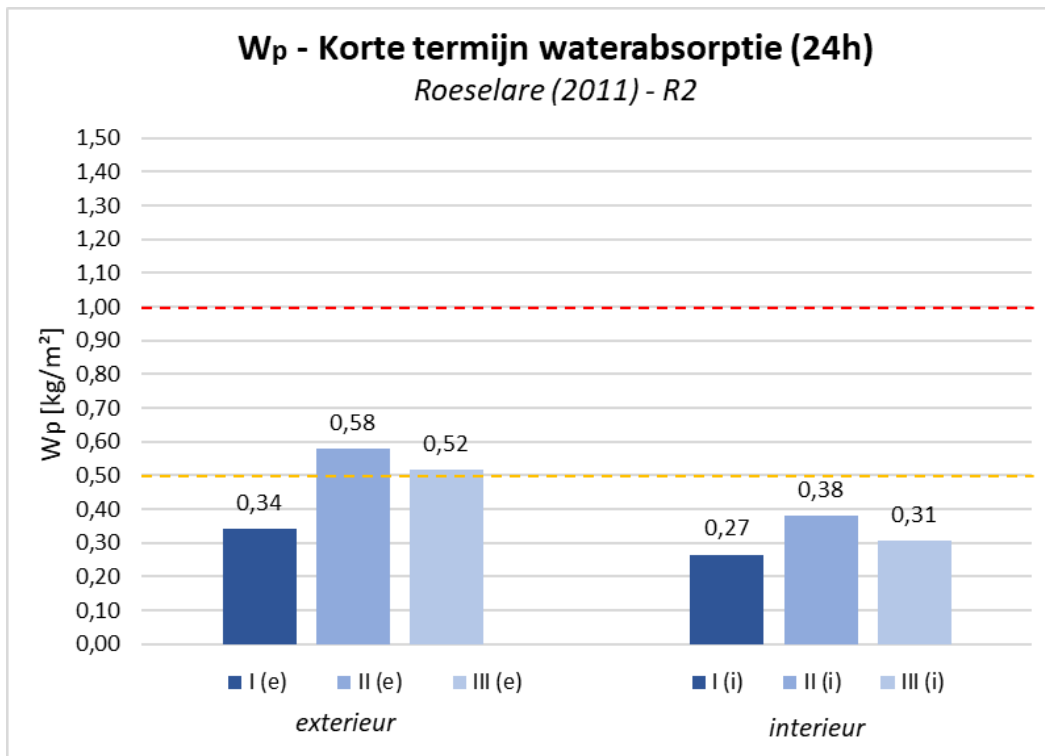
W2					
<i>Korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,3037	0,054	54	0,00216	140,6 kg/m³
I (e)	0,3475	0,054	54	0,00216	160,9 kg/m³
II (i)	0,3307	0,054	54	0,00216	153,1 kg/m³
II (e)	0,324	0,054	54	0,00216	150,0 kg/m³
III (i)	0,3449	0,054	54	0,00216	159,7 kg/m³
III (e)	0,3357	0,054	54	0,00216	155,4 kg/m³
<i>EXTRA korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
L1	0,0895	0,054	54	0,00054	165,7 kg/m³
L2	0,0856	0,054	54	0,00054	158,5 kg/m³
S1	0,0896	0,054	54	0,00054	165,9 kg/m³
S2	0,0833	0,054	54	0,00054	154,3 kg/m³
<i>Lange termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,3594	0,054	54	0,00216	166,4 kg/m³
I (e)	0,31	0,054	54	0,00216	143,5 kg/m³
<i>druksterkte</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,4072	0,054	54	0,00216	188,5 kg/m³
II	0,3148	0,054	54	0,00216	145,7 kg/m³
IV (i)	0,3173	0,054	54	0,00216	146,9 kg/m³
IV (e)	0,3778	0,054	54	0,00216	174,9 kg/m³
V (i)	0,3181	0,054	54	0,00216	147,3 kg/m³
V (e)	0,3326	0,054	54	0,00216	154,0 kg/m³
VI (i)	0,3482	0,054	54	0,00216	161,2 kg/m³
VI (e)	0,357	0,054	54	0,00216	165,3 kg/m³
<i>puntbelasting</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,8747	0,054	54	0,00486	180,0 kg/m³
II	0,8734	0,054	54	0,00486	179,7 kg/m³
<i>lambda-waarde</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,7418	0,05381	53,81	0,004843	151,2 kg/m³
GEMIDDELD					
			aantal	som	ρ _{gem} [kg/m ³]
			23	3668,7	159,51 kg/m³
					160 kg/m³

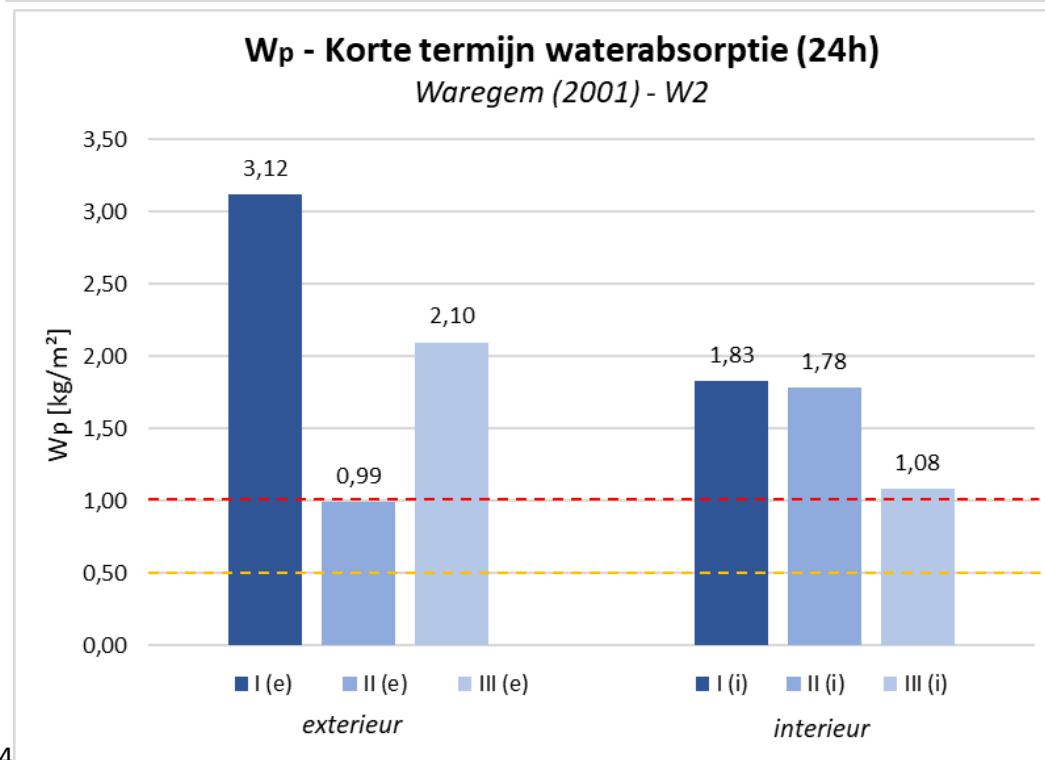
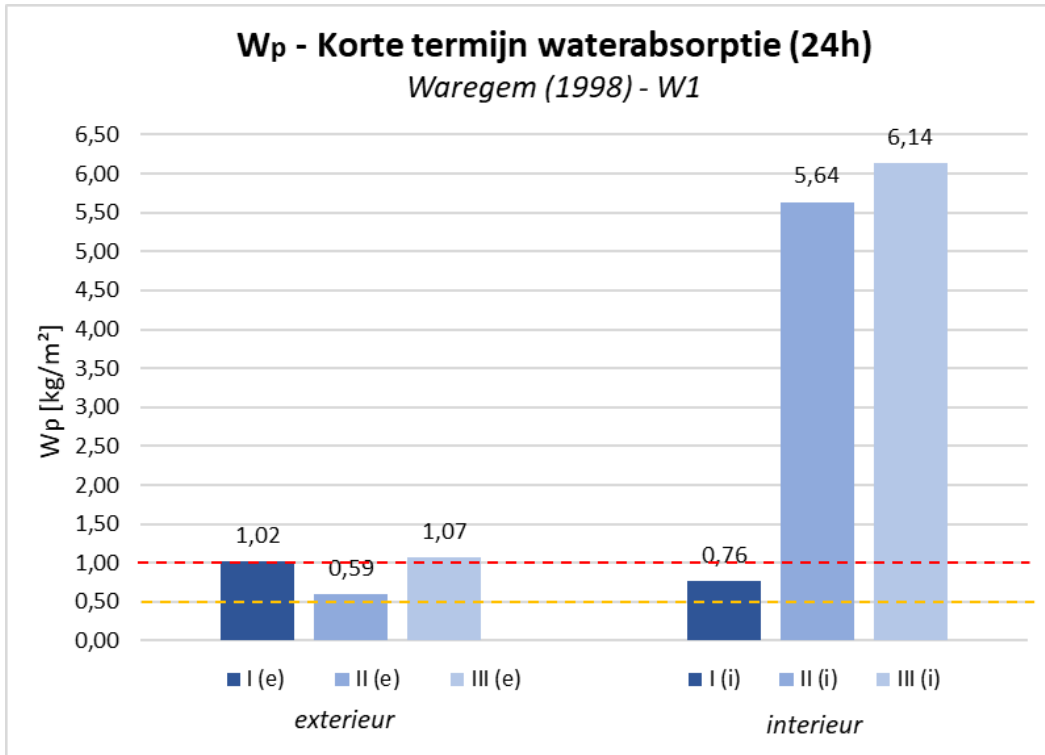
W3					
<i>Korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,4837	0,076	76	0,00304	159,1 kg/m³
I (e)	0,4615	0,076	76	0,00304	151,8 kg/m³
II (i)	0,5403	0,076	76	0,00304	177,7 kg/m³
II (e)	0,5418	0,076	76	0,00304	178,2 kg/m³
III (i)	0,5171	0,076	76	0,00304	170,1 kg/m³
III (e)	0,5147	0,076	76	0,00304	169,3 kg/m³
<i>EXTRA korte termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
L1	0,129	0,076	76	0,00076	169,7 kg/m³
L2	0,1279	0,076	76	0,00076	168,3 kg/m³
S1	0,1291	0,076	76	0,00076	169,9 kg/m³
S2	0,1284	0,076	76	0,00076	168,9 kg/m³
<i>Lange termijn waterabsorptietesten</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I (i)	0,4565	0,076	76	0,00304	150,2 kg/m³
I (e)	0,4563	0,076	76	0,00304	150,1 kg/m³
<i>druksterkte</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	0,4909	0,076	76	0,00304	161,5 kg/m³
II	0,4596	0,076	76	0,00304	151,2 kg/m³
IV (i)	0,5066	0,076	76	0,00304	166,6 kg/m³
IV (e)	0,5345	0,076	76	0,00304	175,8 kg/m³
<i>puntbelasting</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	1,0147	0,076	76	0,00684	148,3 kg/m³
II	1,0894	0,076	76	0,00684	159,3 kg/m³
<i>lambda-waarde</i>					
	m0 [kg]	d0 [m]	d0 [mm]	V0 [m ³]	ρ [kg/m ³]
I	1,1102	0,07563	75,63	0,006807	163,2 kg/m³
GEMIDDELD					
			aantal	som	ρ _{gem} [kg/m ³]
			19	3109,3	163,65 kg/m³
					164 kg/m³

2.3 Korte-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_p): EN ISO 29767

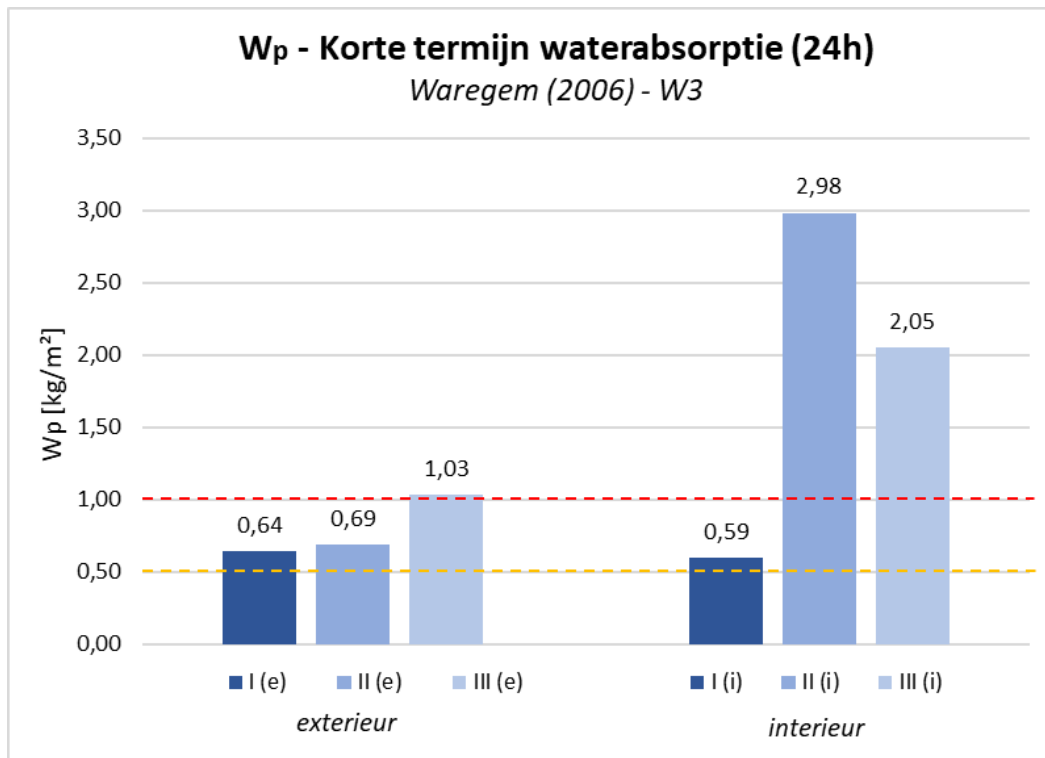
BIJLAGE Q – Resultaten van de korte termijn waterabsorptietest per casestudie





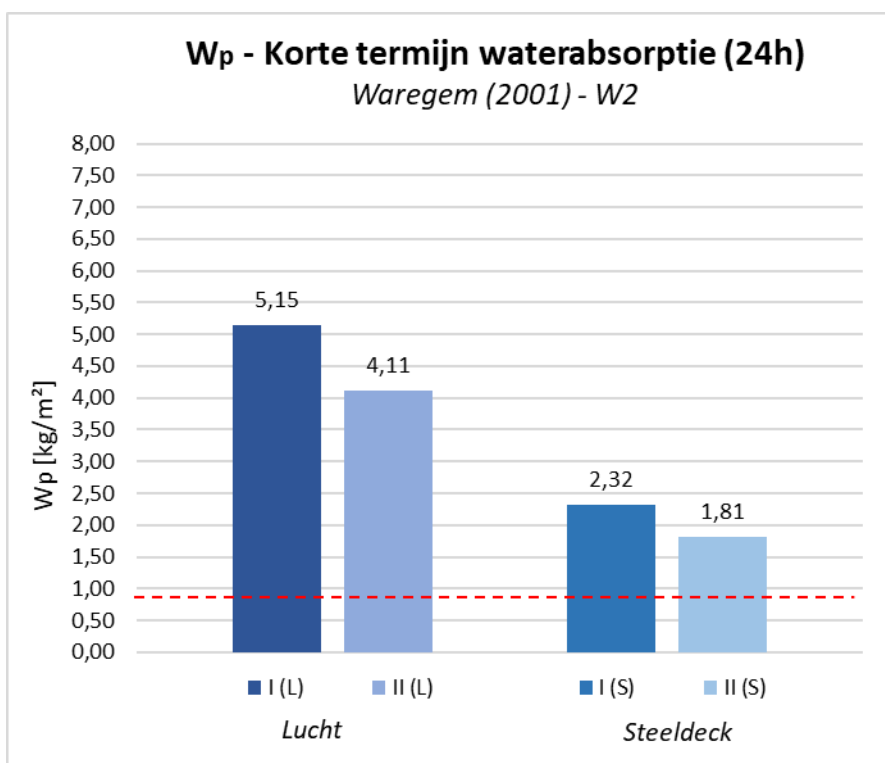
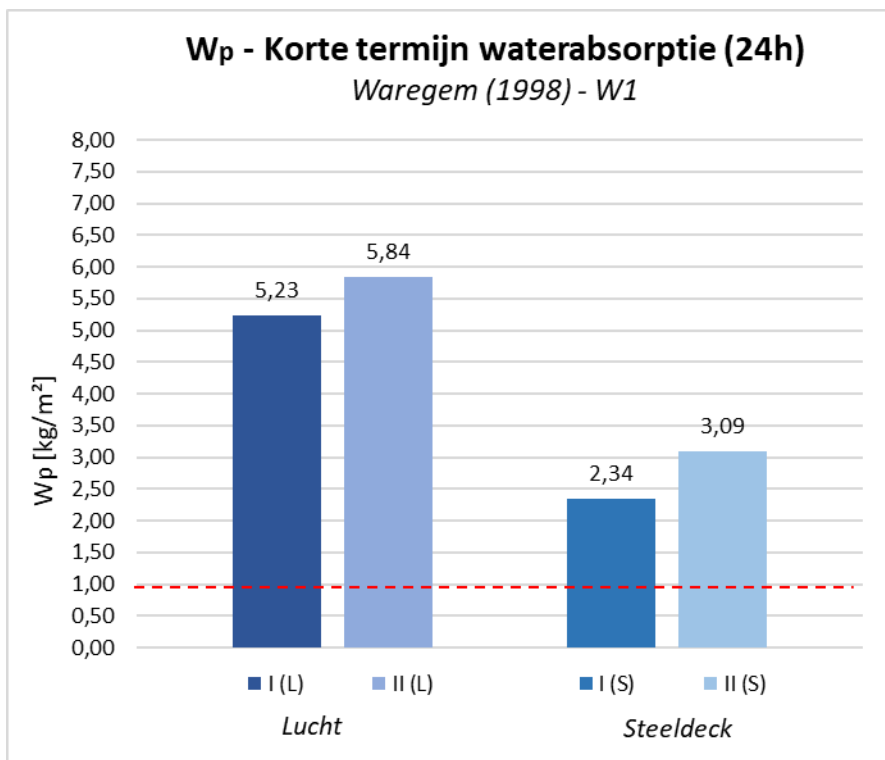


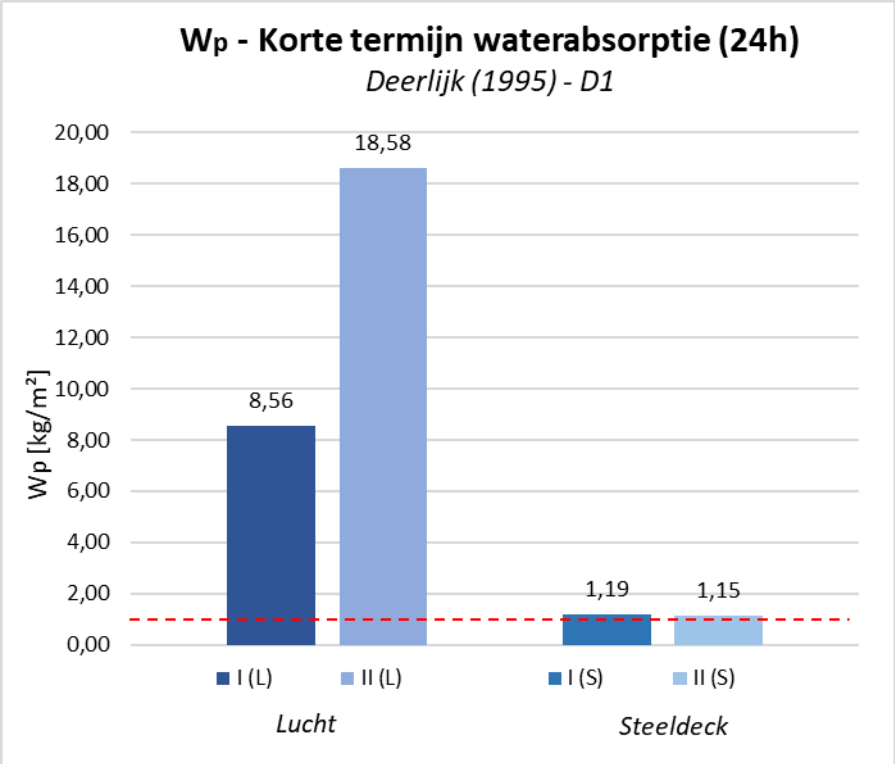
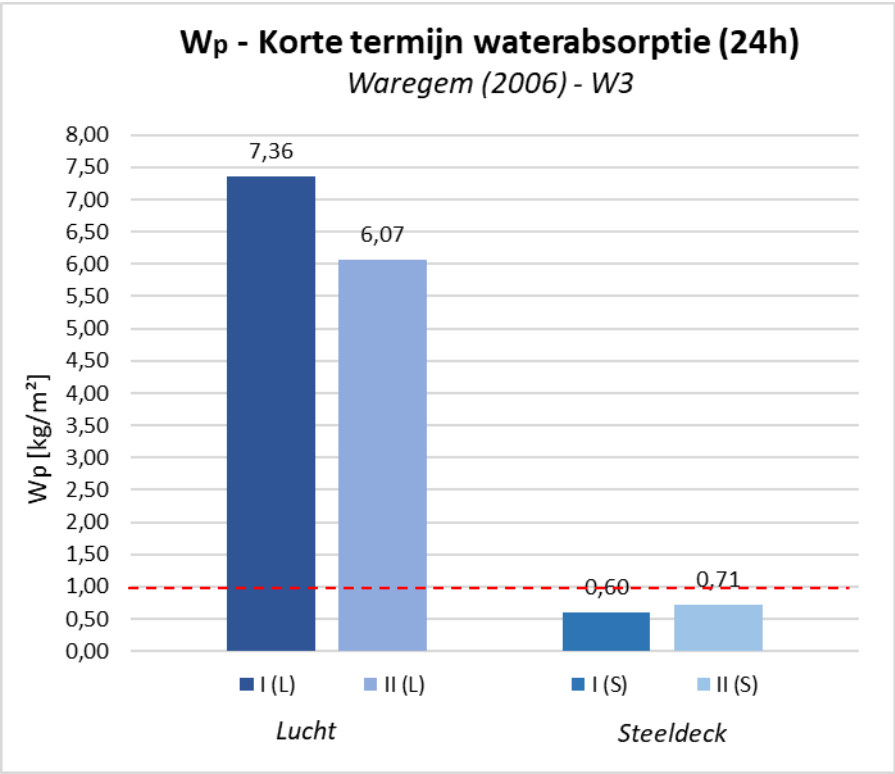
4



2.4 Waterabsorptie patronen bij mechanisch bevestigde rotswol isolatie op en steeldeck ondergrond

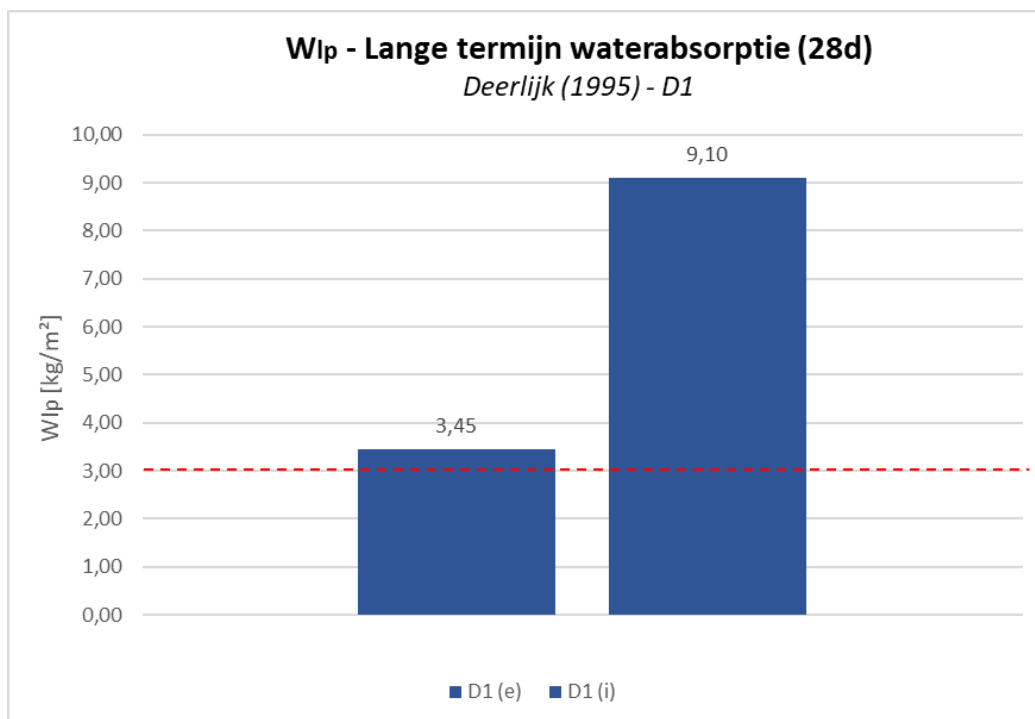
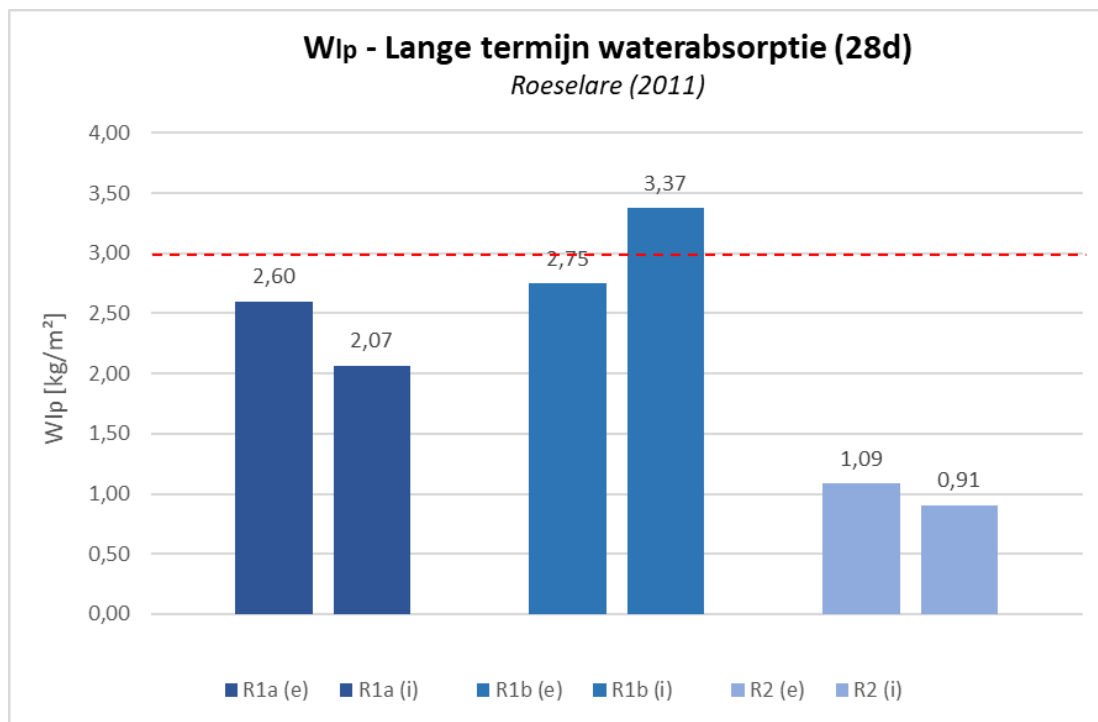
BIJLAGE R – Resultaten van de extra korte termijn waterabsorptietesten per casestudie



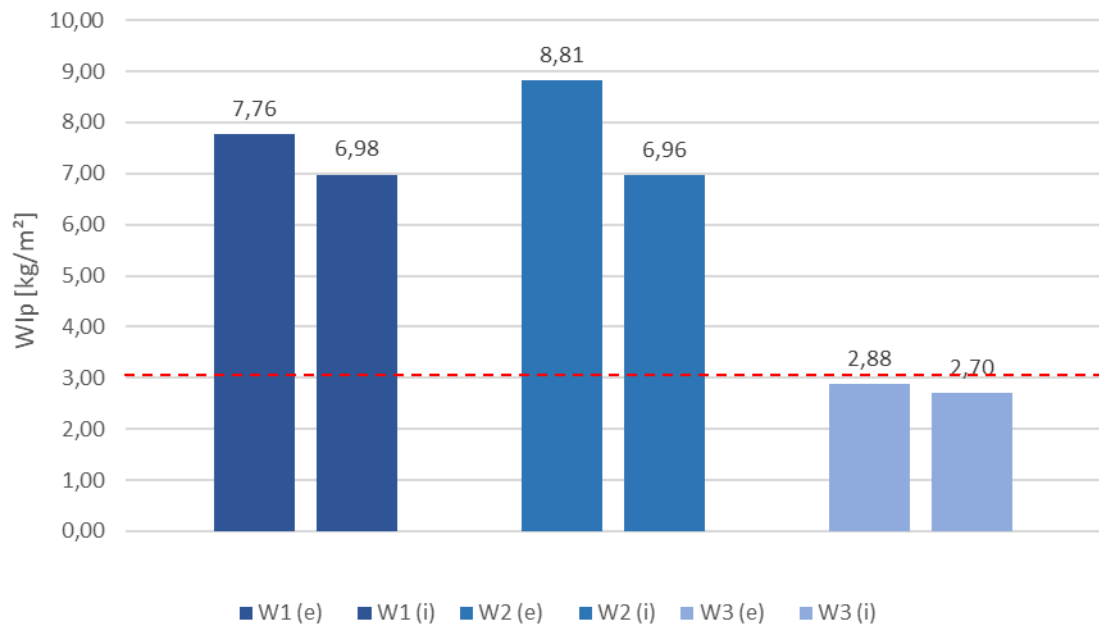


2.5 Lange-termijn waterabsorptie door gedeeltelijke onderdompeling (W_{lp}) : EN 12087

BIJLAGE S – Resultaten van de lange termijn waterabsorptietest per casestudie

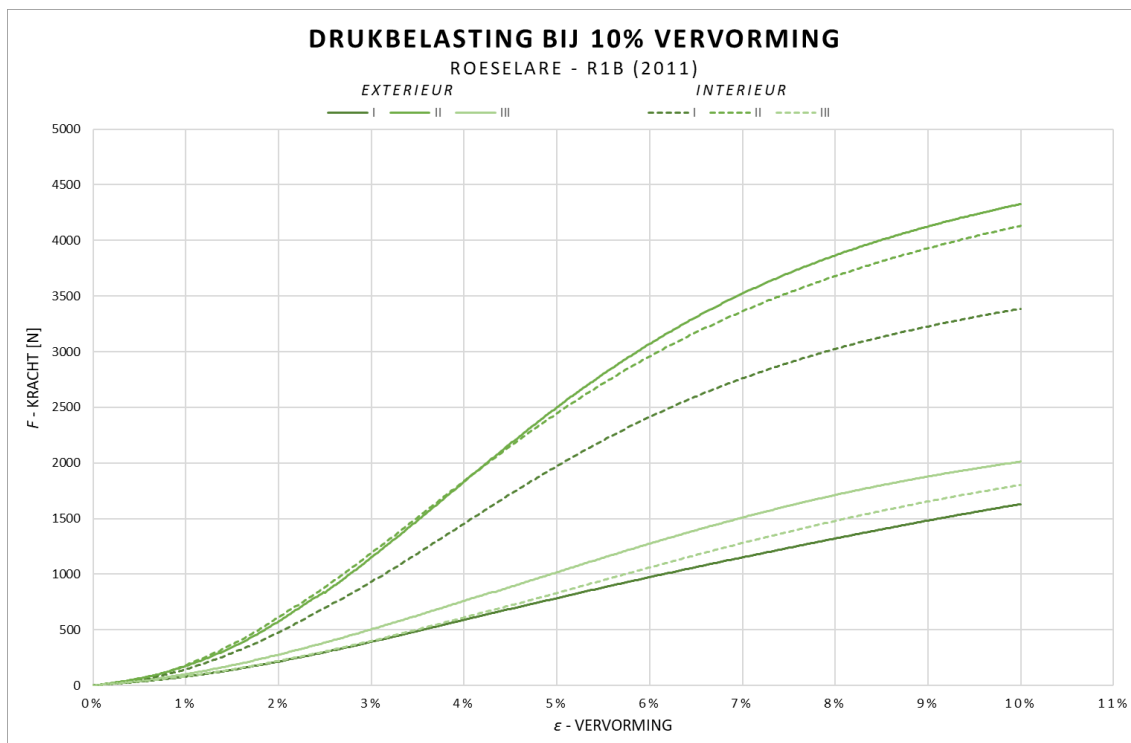
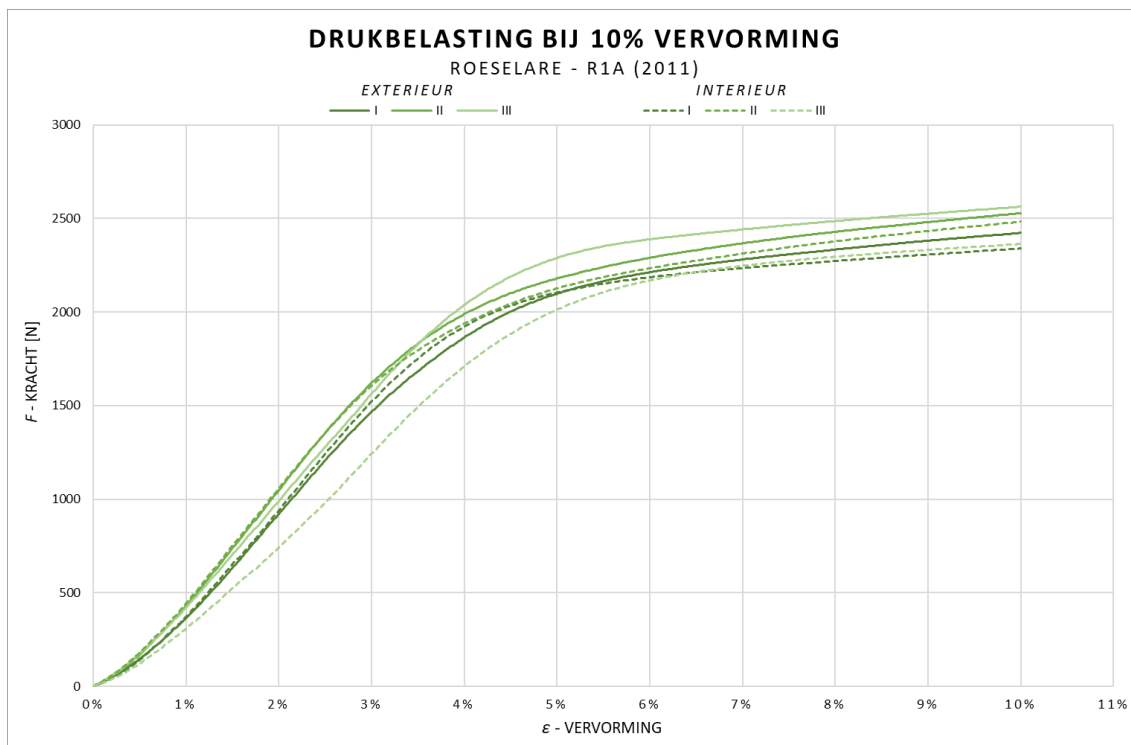


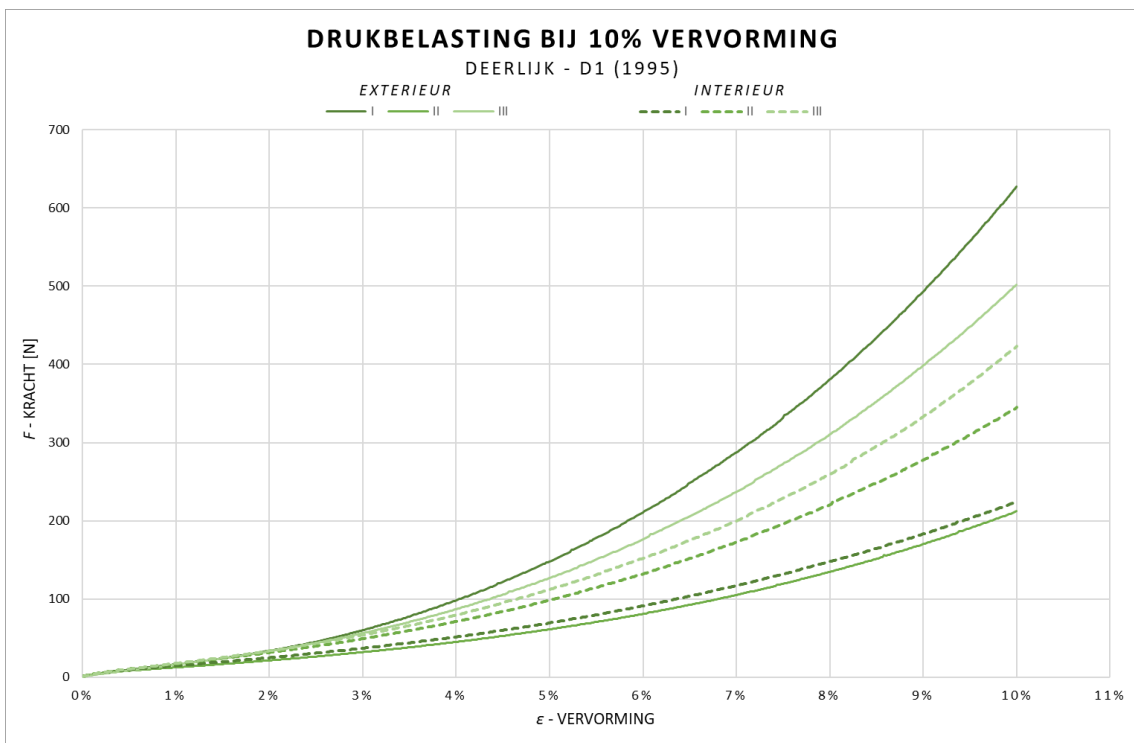
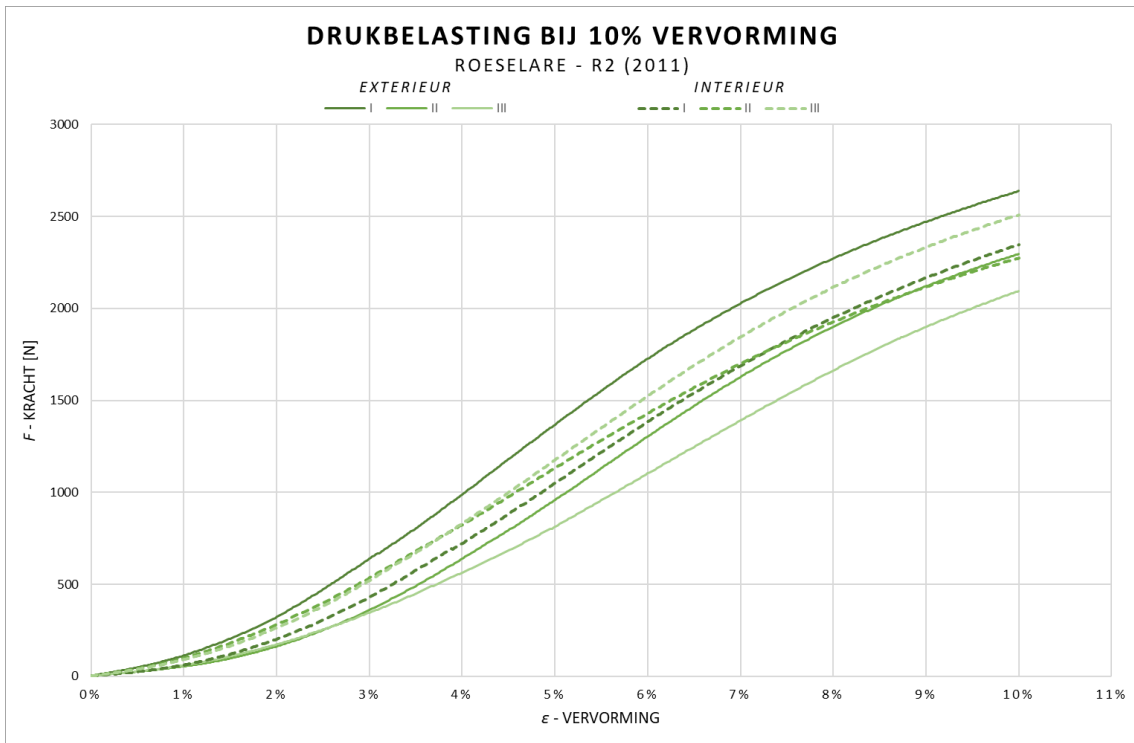
W_{lp} - Lange termijn waterabsorptie (28d)
Waregem (1998 - 2001 - 2006)

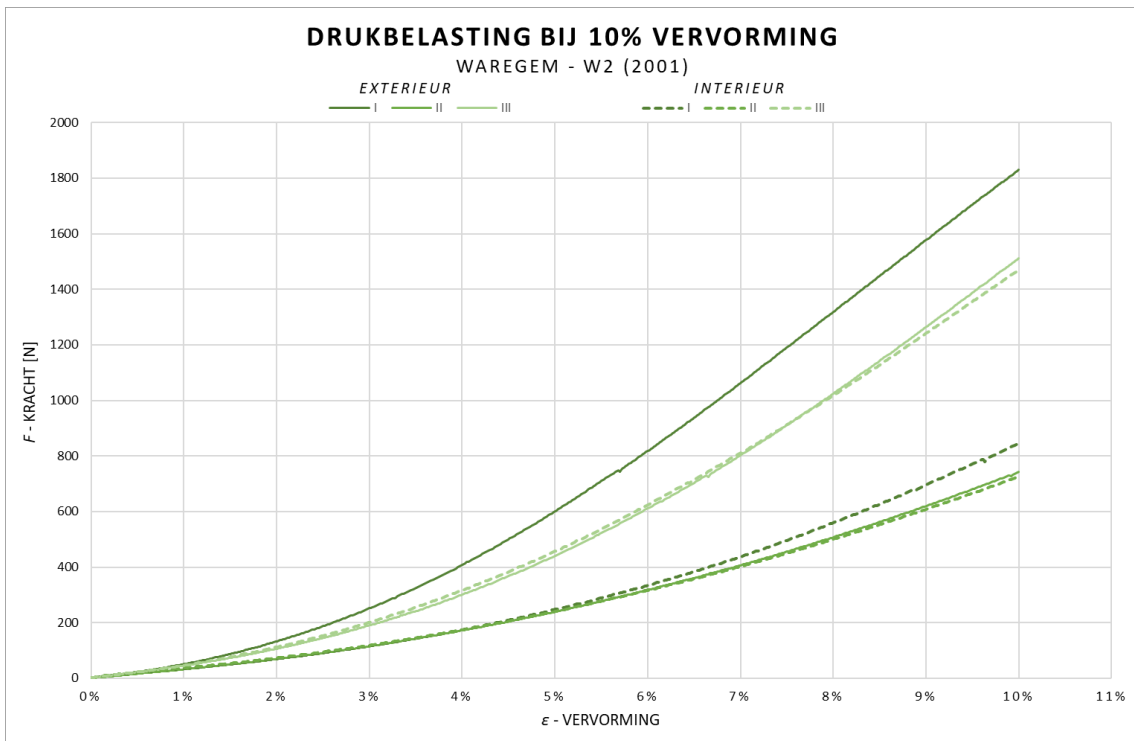
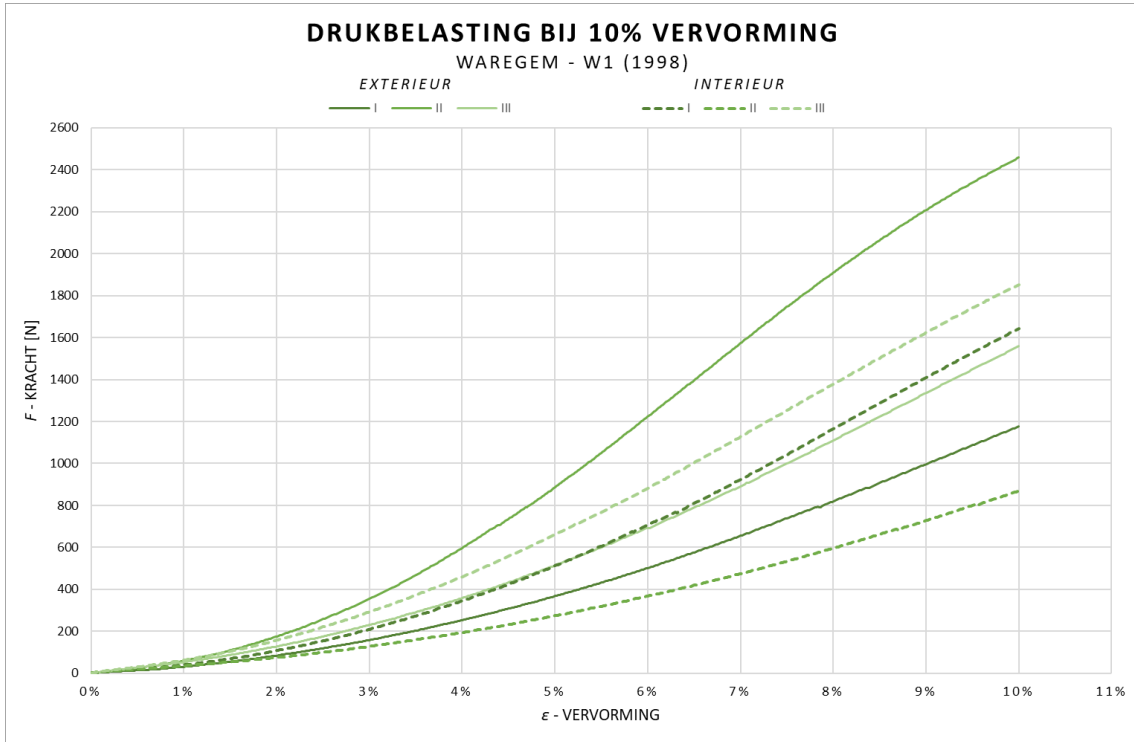


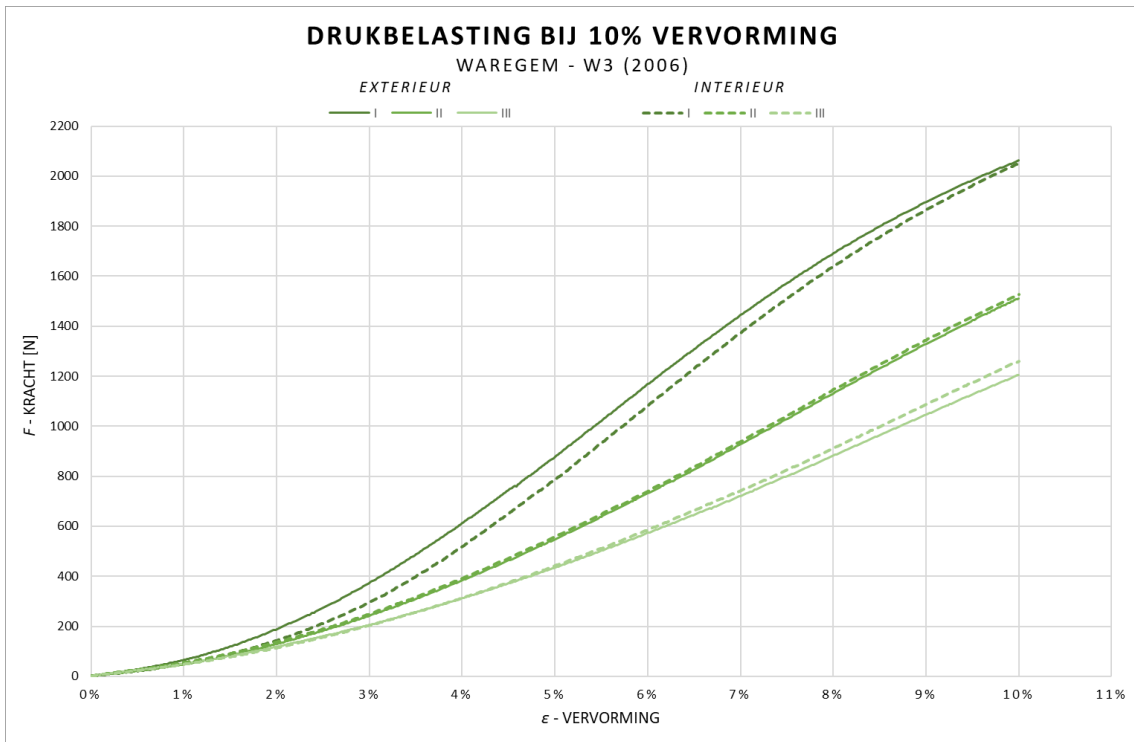
2.6 Drukspanning bij 10% vervorming of druksterkte: EN ISO 29469

BIJLAGE T – Kracht-vervormingscurves van alle casestudies

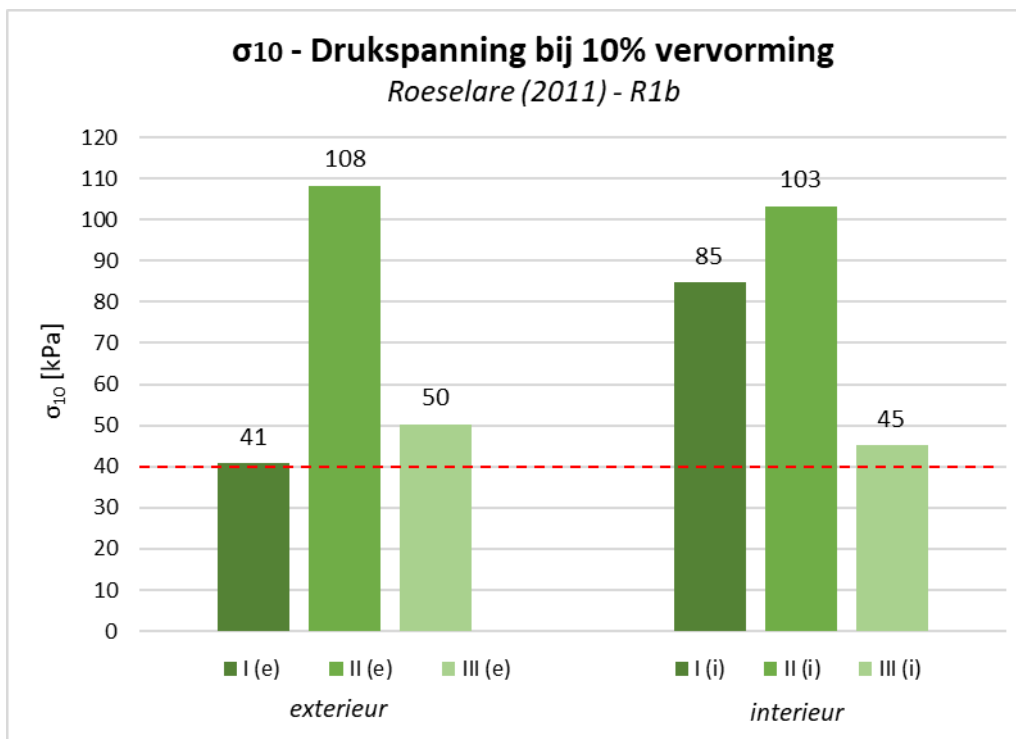
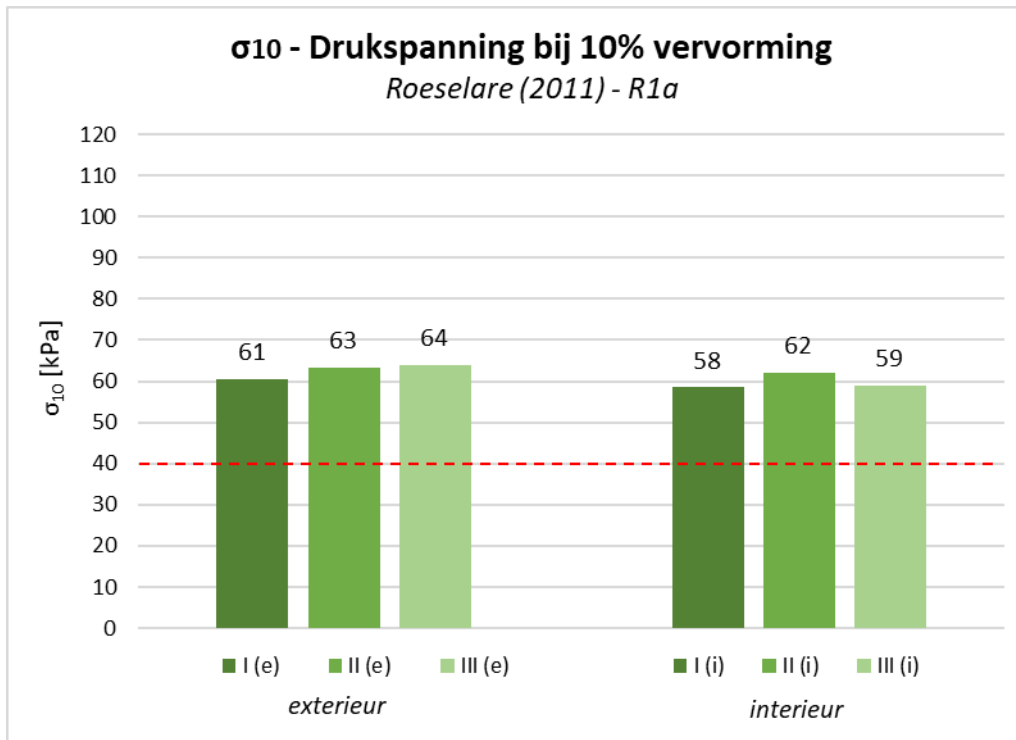


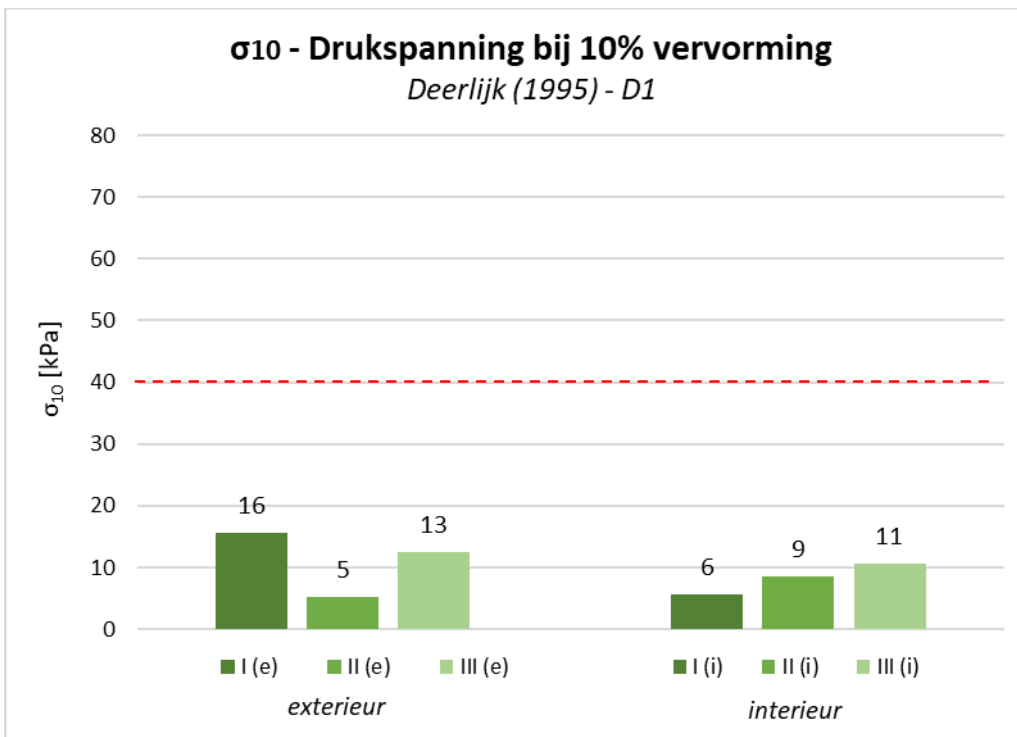
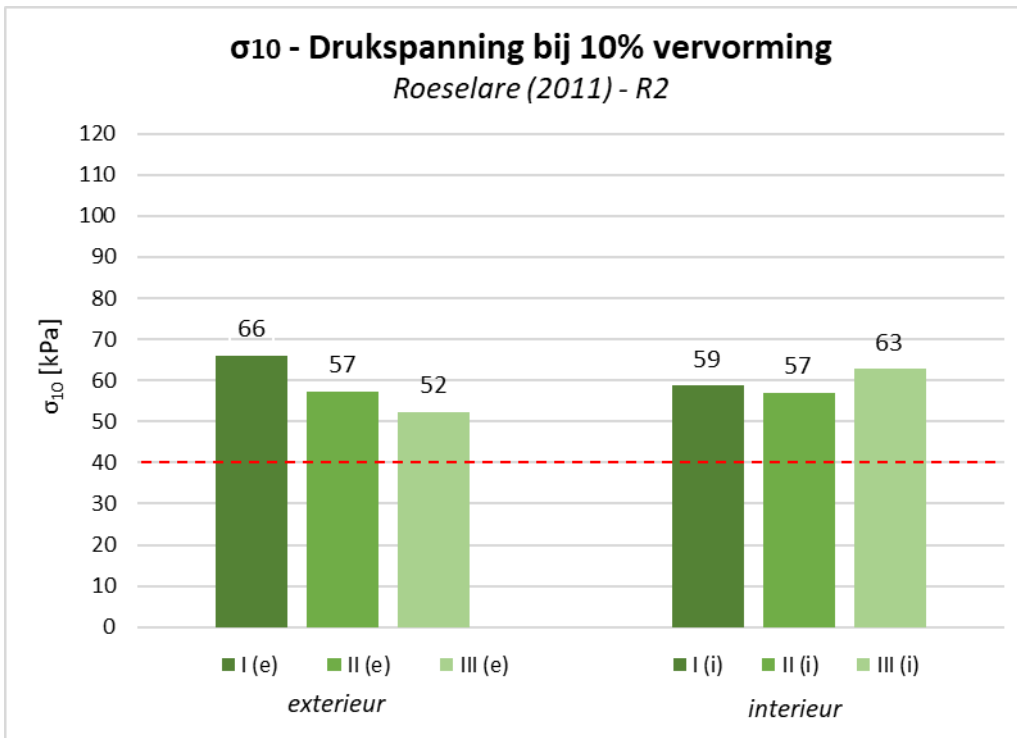


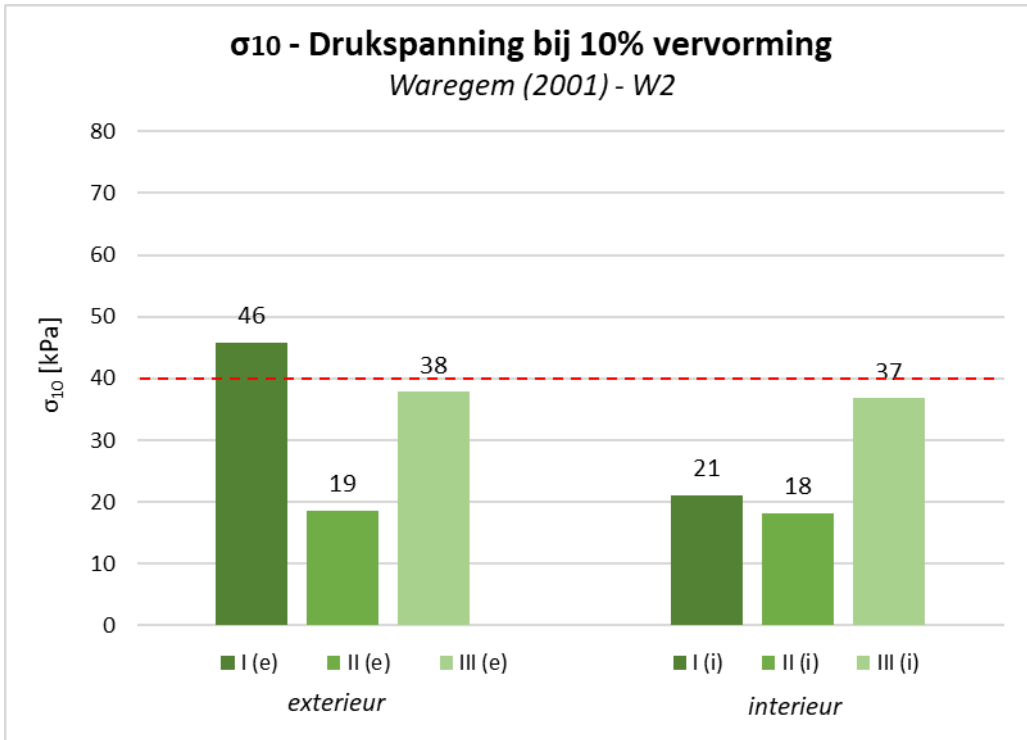
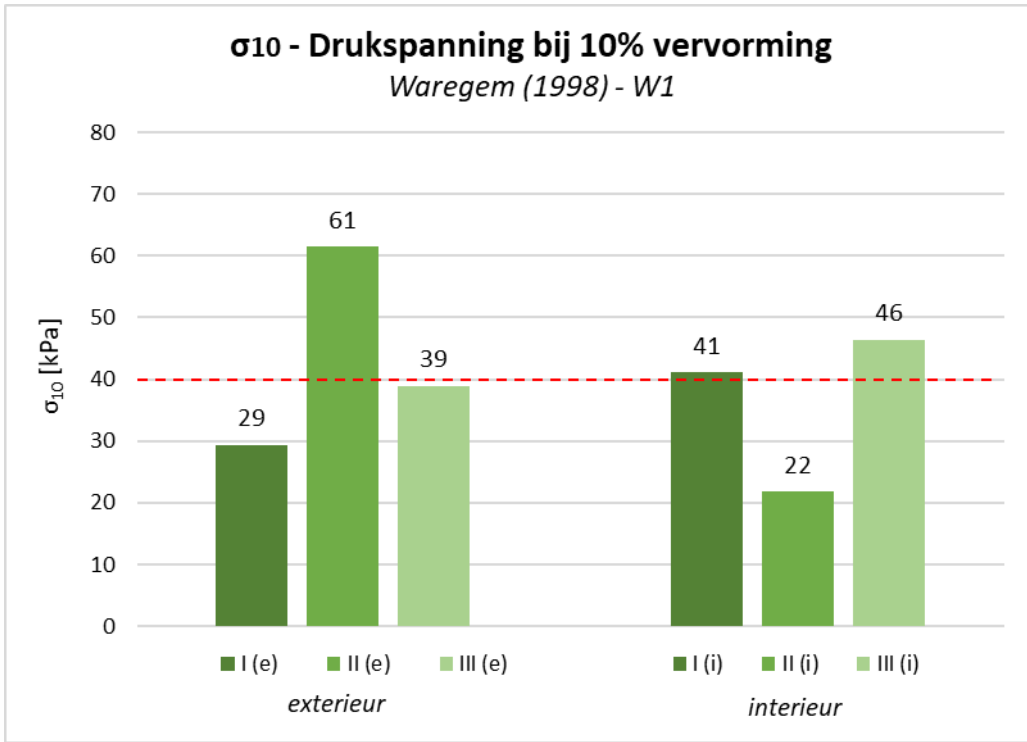


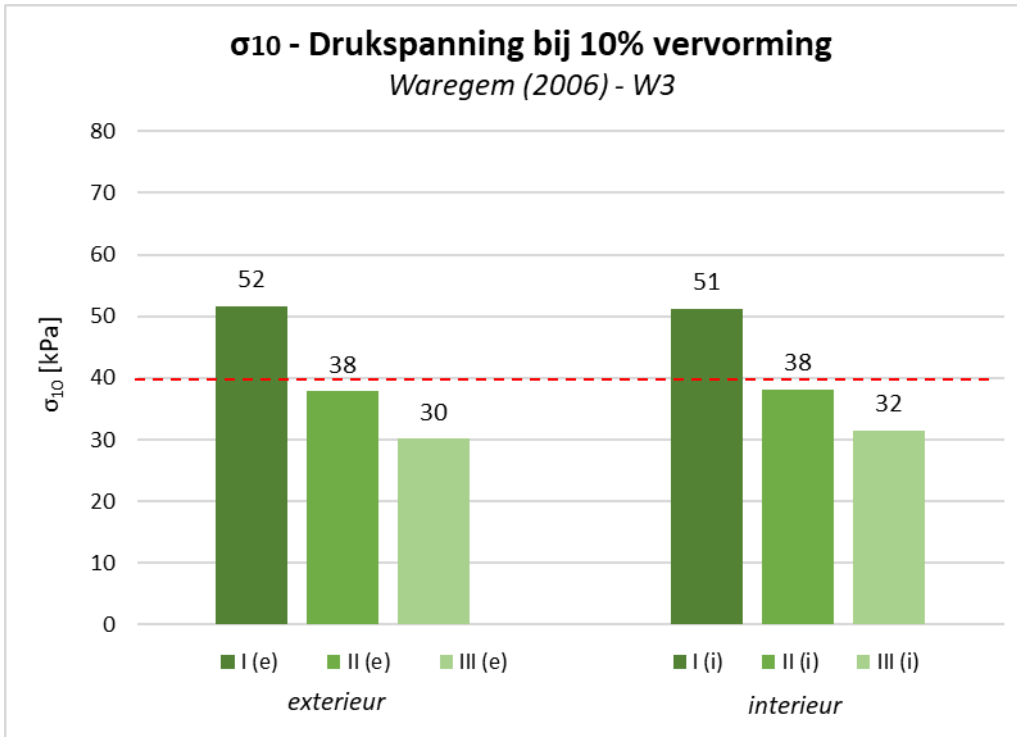


BIJLAGE U – Staafdiagrammen van de drukspanning bij 10% vervorming per casestudie



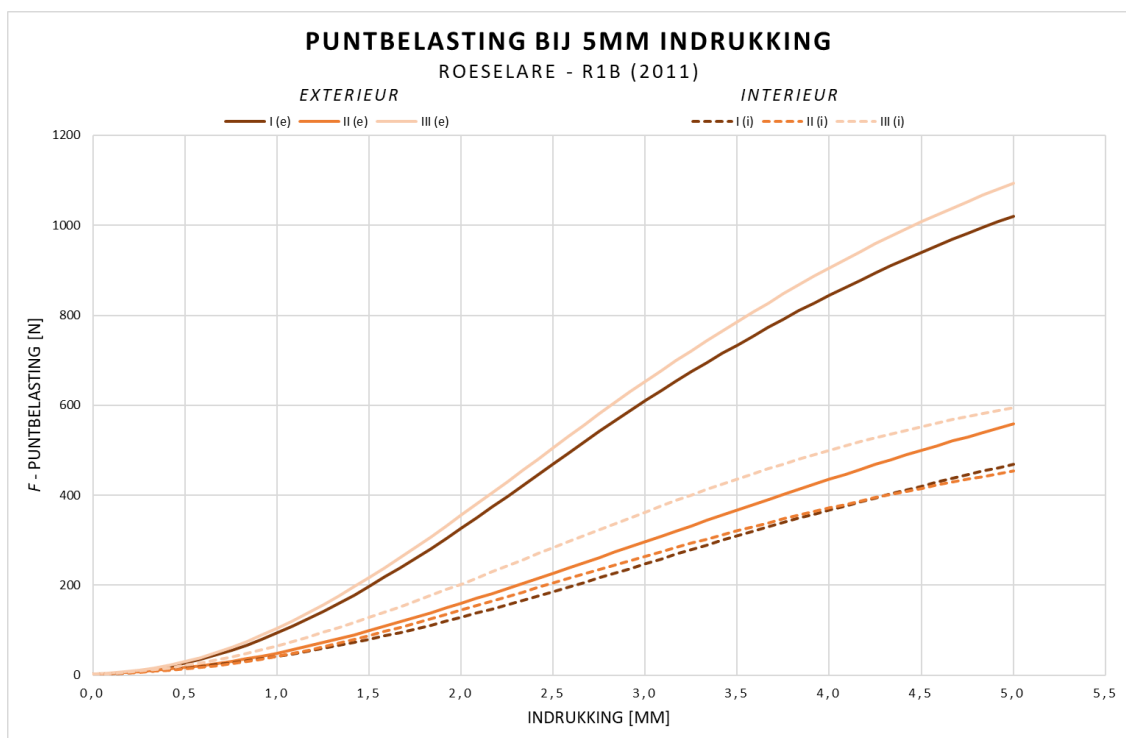
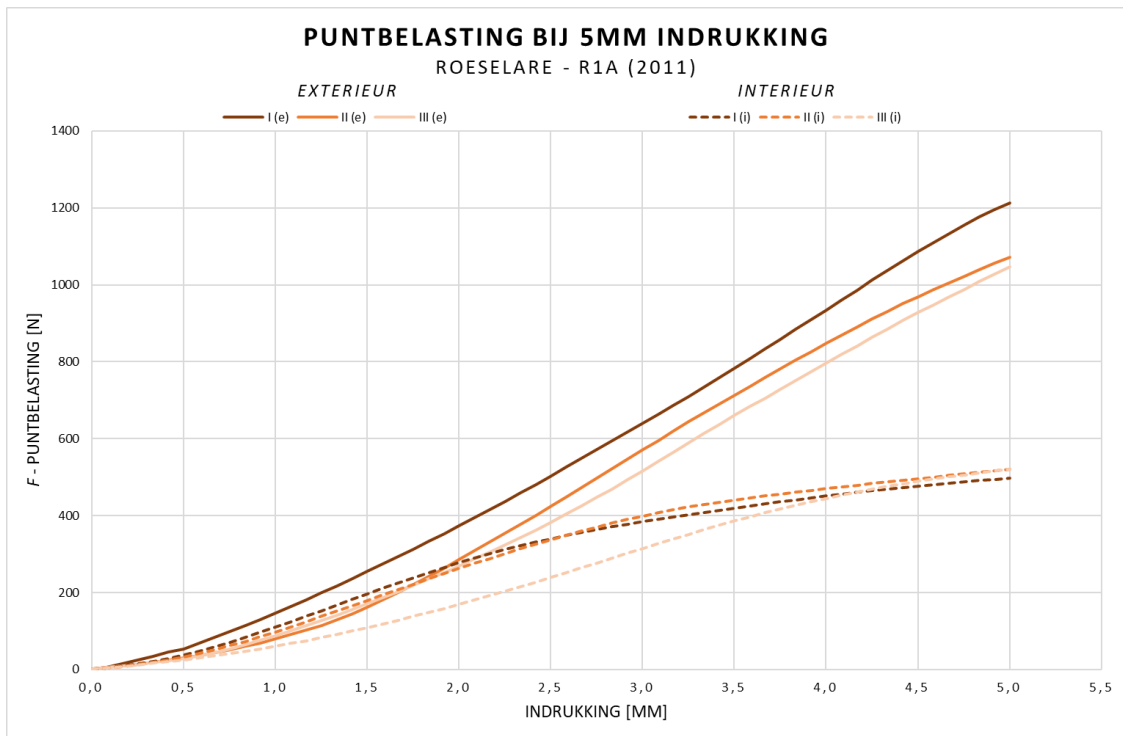


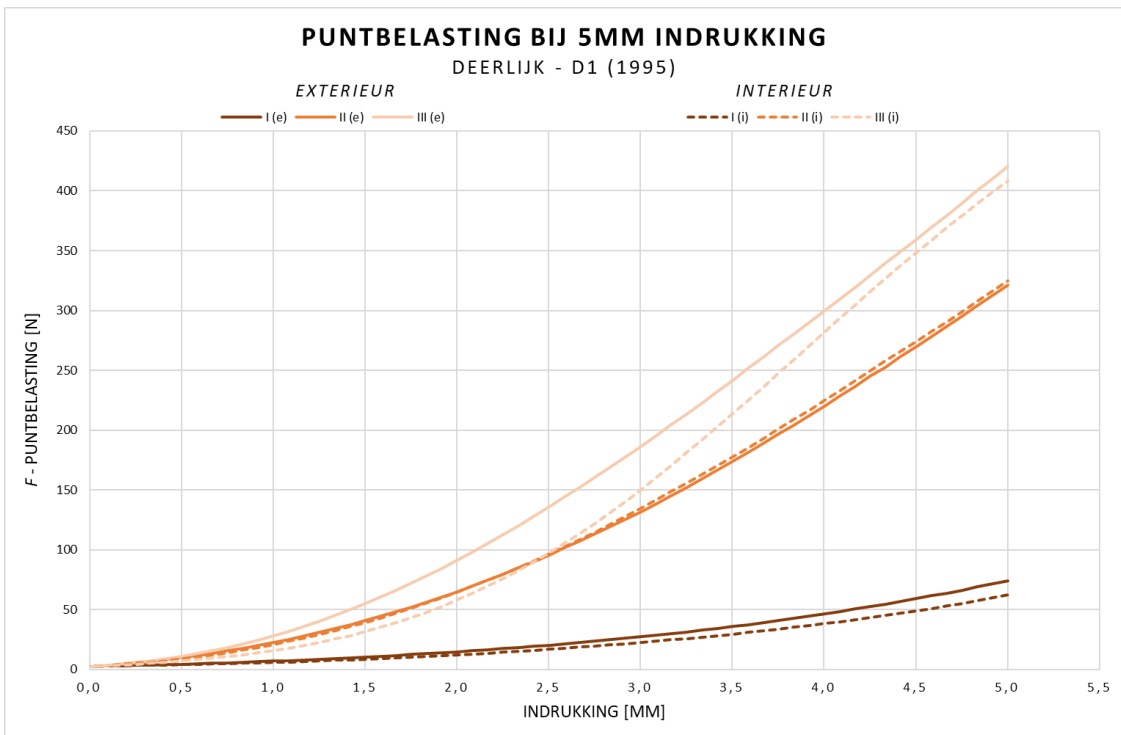
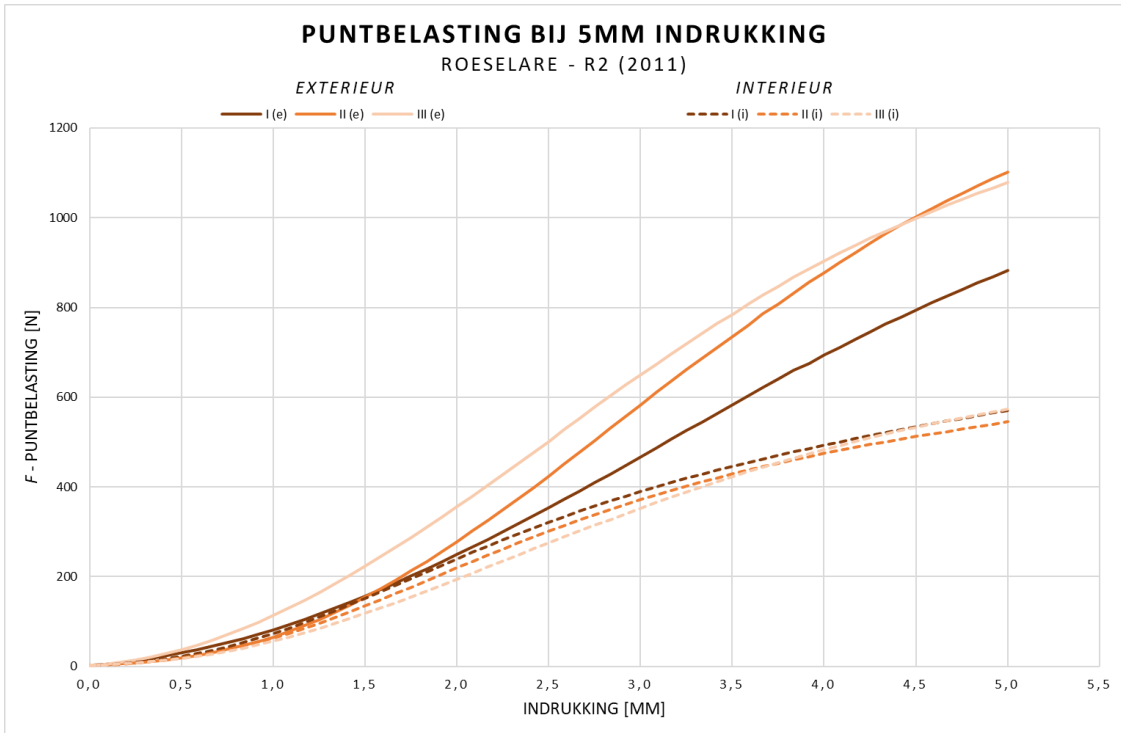


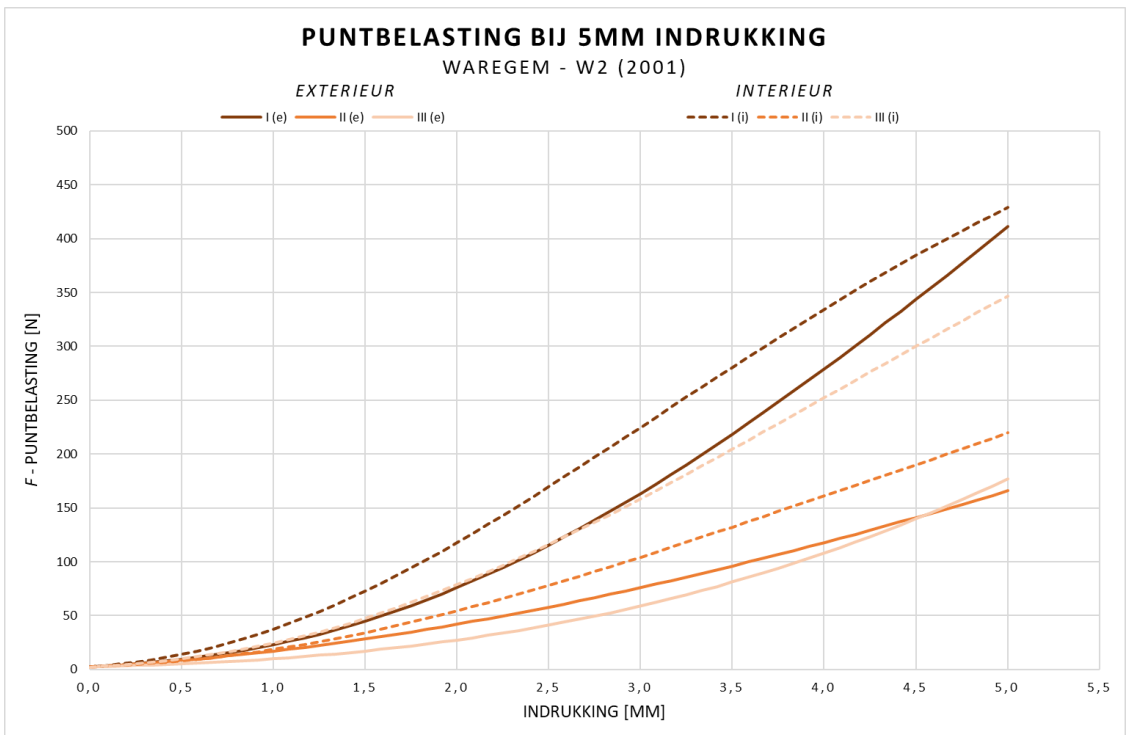
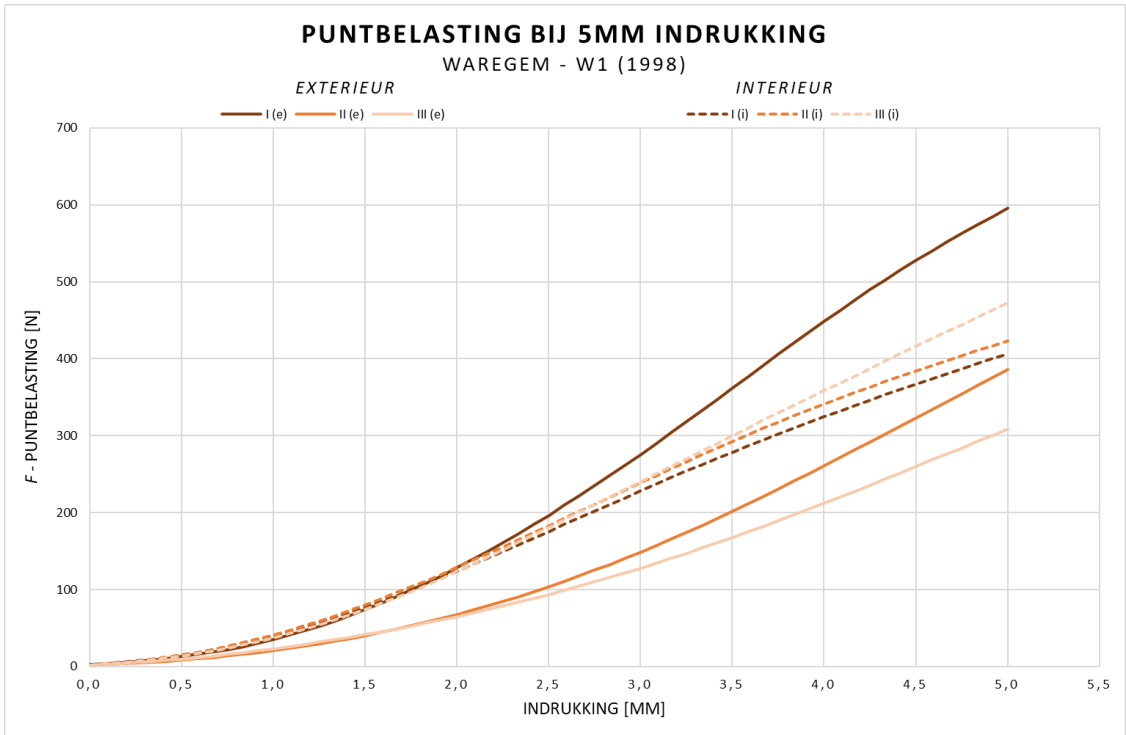


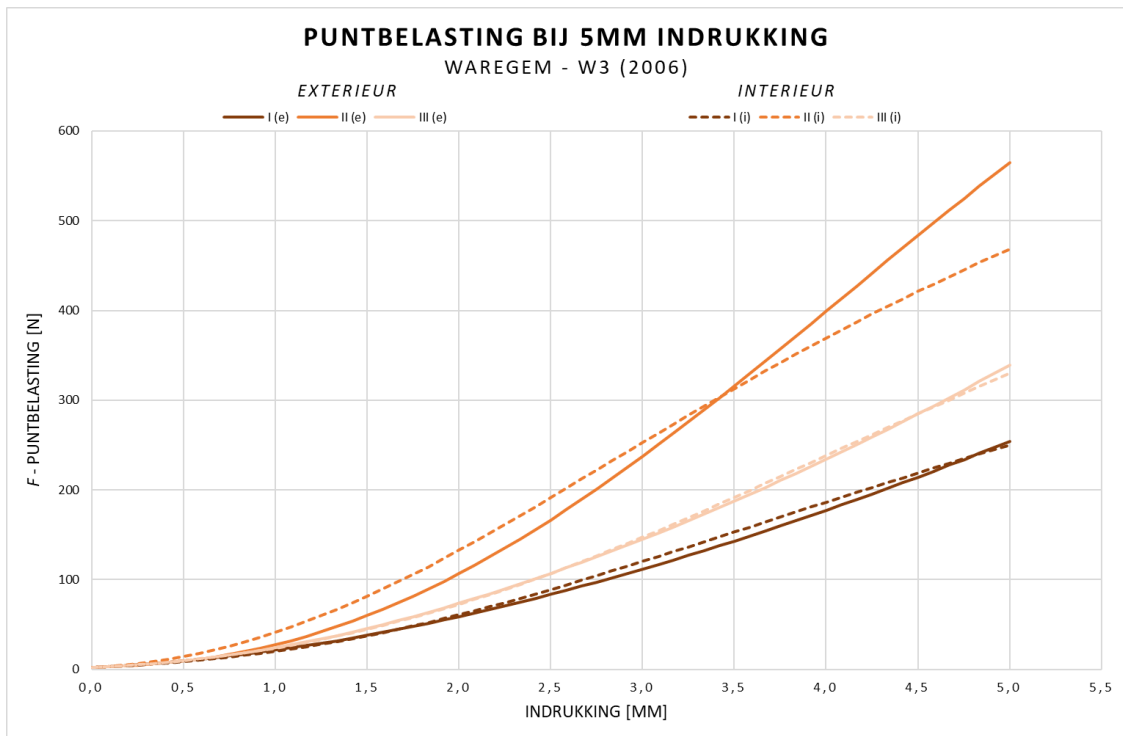
2.7 Puntbelasting bij 5mm indrukking: EN 12430

BIJLAGE V – Kracht-verplaatsingscurves van alle casestudies

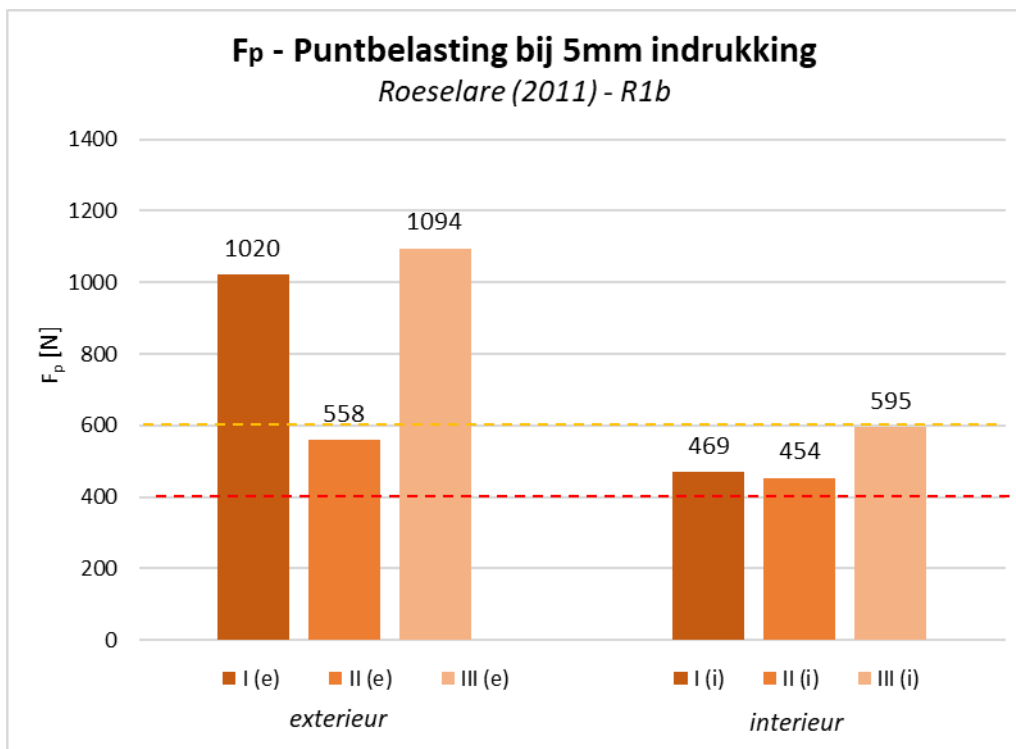
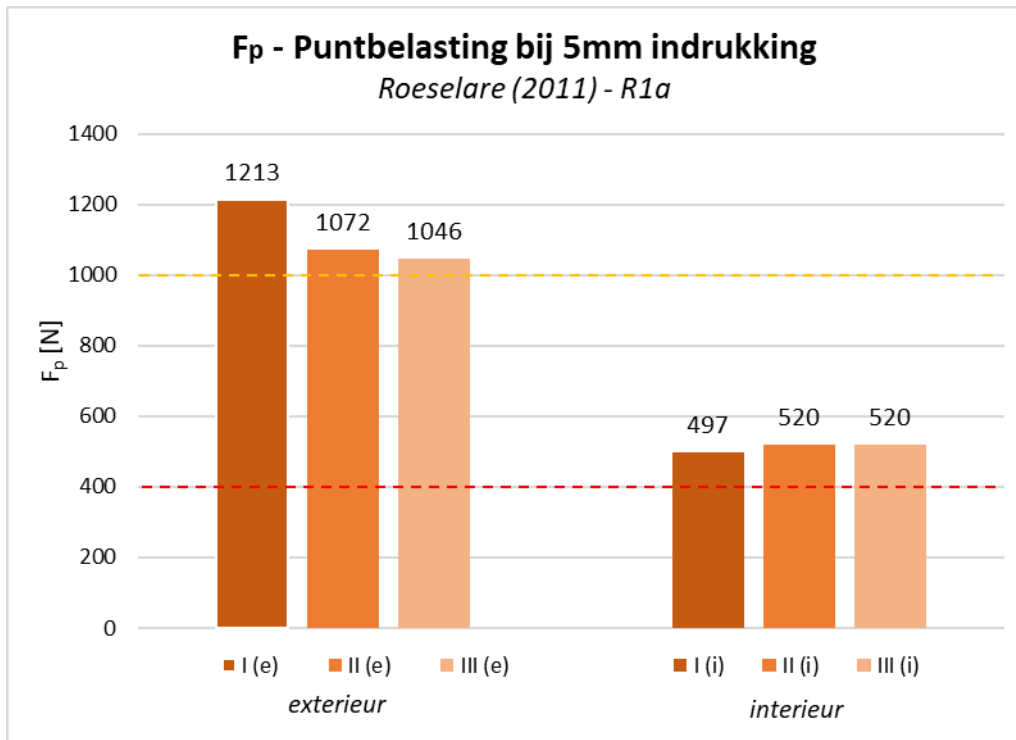


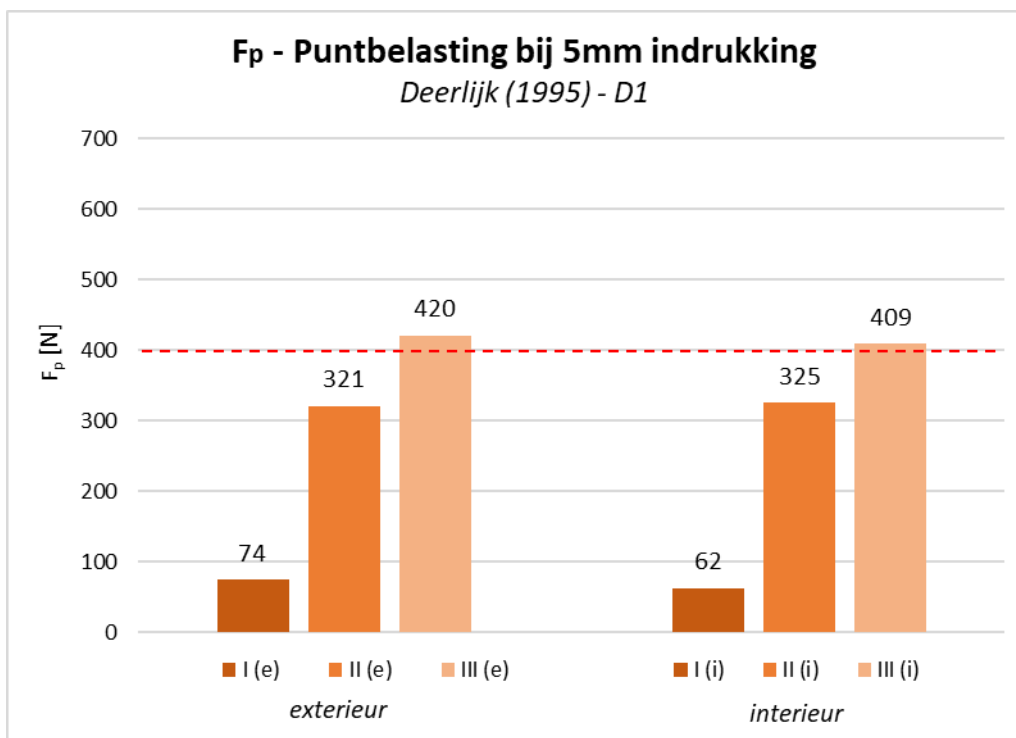
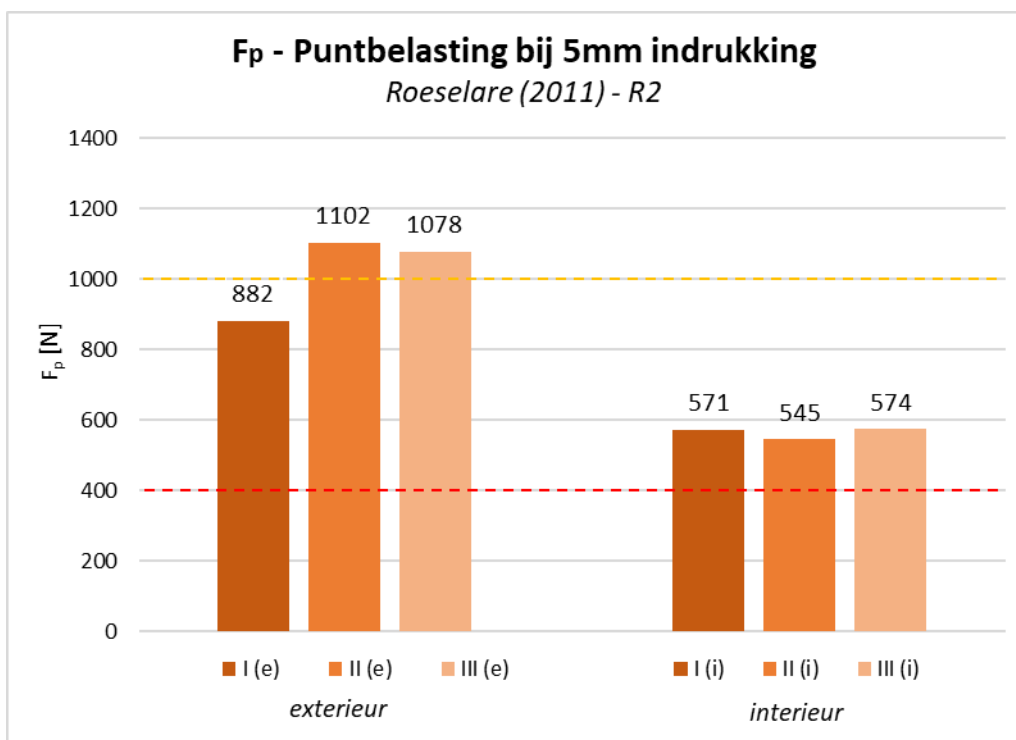


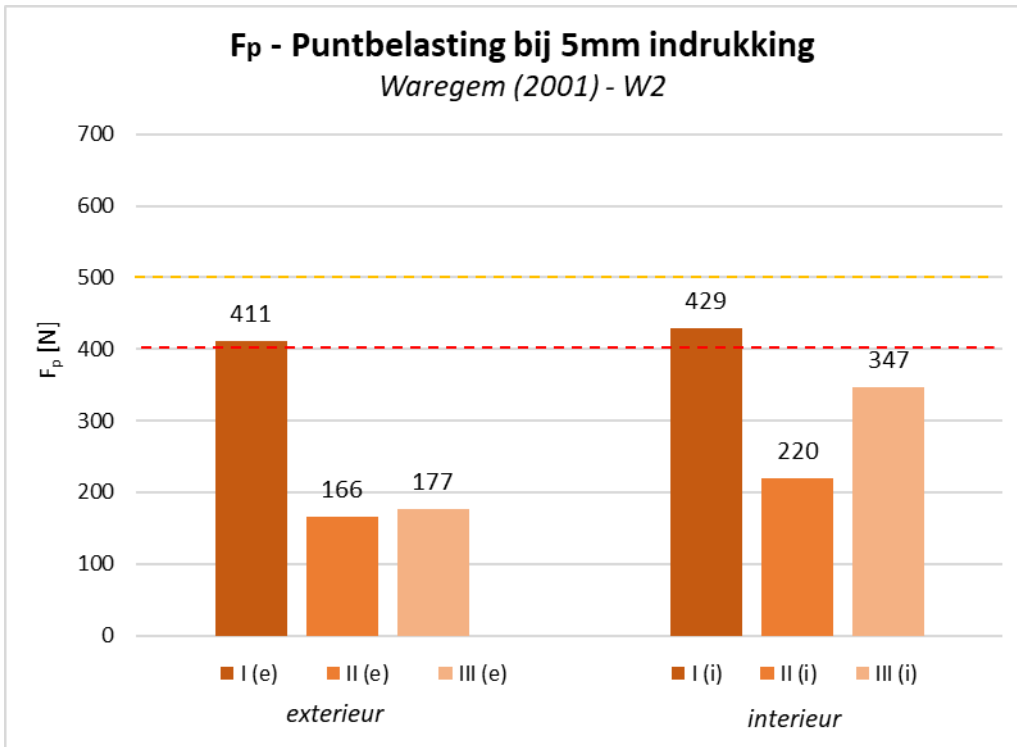
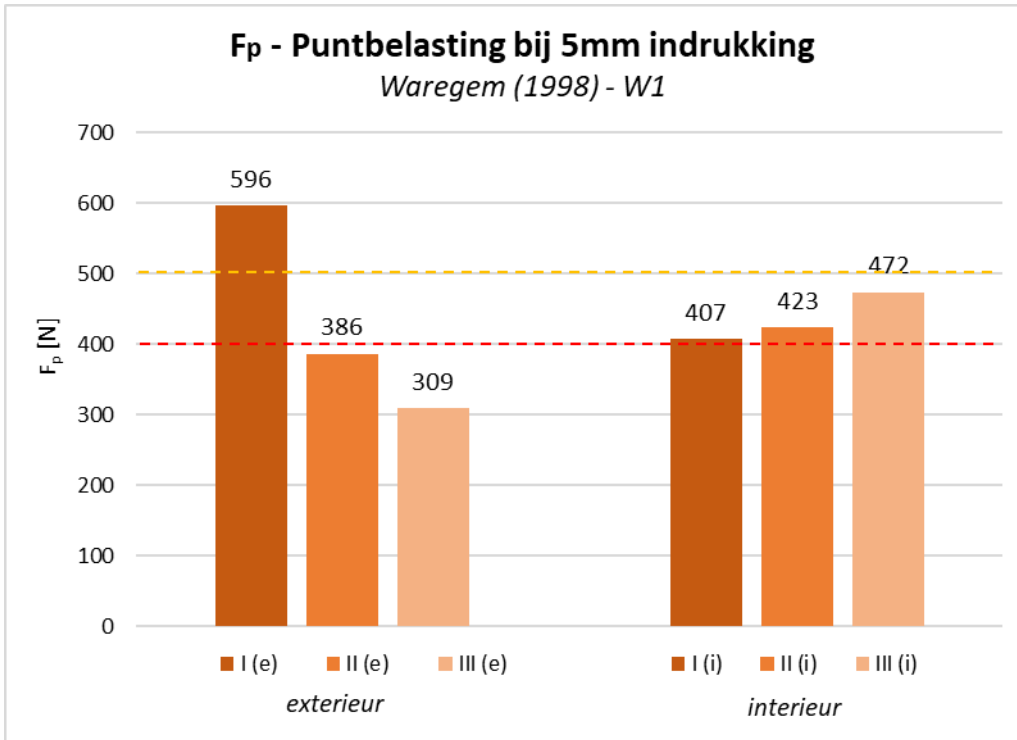


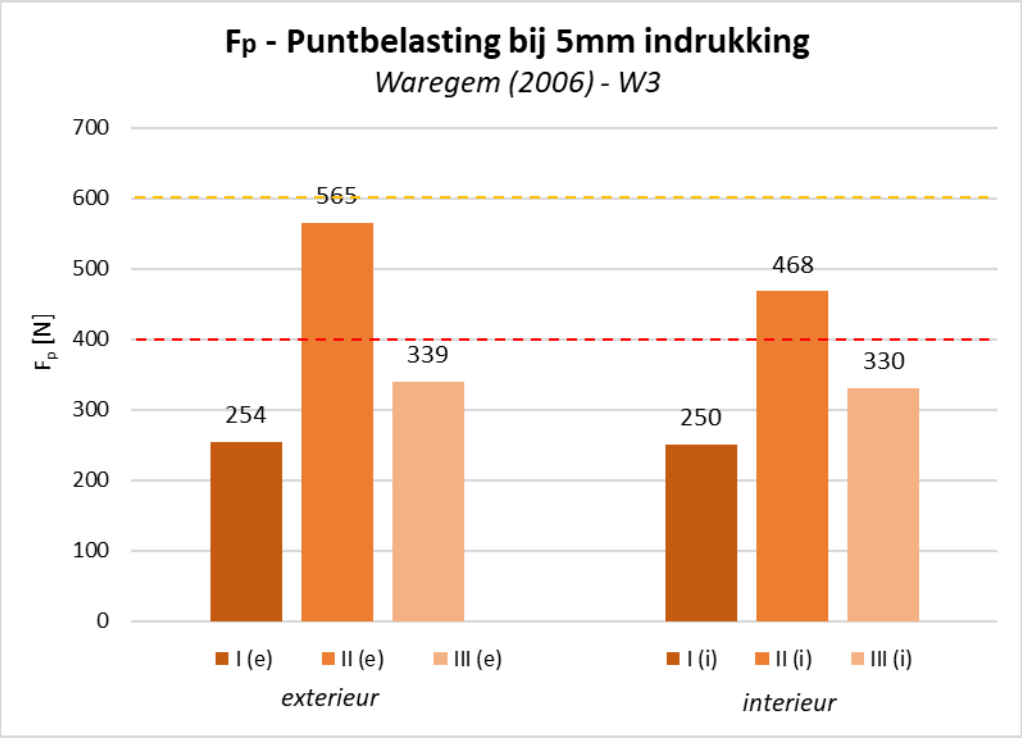


BIJLAGE W – Staafdiagrammen van de puntbelasting bij 5mm indrukking per casestudie









2.8 Thermische weerstand en warmtegeleiding: EN 12667 + EN 12939

BIJLAGE X – Proefverslagen

De intellectuele eigendom van deze waarden behoort tot het testcentrum van Buildwise.

Laboratoria • Proeven • Buildwise. (z.d.). Buildwise. <https://www.buildwise.be/nl/onderzoek-innovatie/laboratoria/>

Deze resultaten werden uitgevoerd en gekaderd binnen een lopend FCRBE-project.

Interreg North-West Europe. (z.d.). *FCRBE - Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe*. <https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/>

Methodes met de warmtestroommeter

Uitrusting: HFM2 - fluxmeter 150

N° DE : RE-etudiant-05
N° Proefstuk : Re-etudiant-R1b

Conditionering : In laboratorium (23°C±2 en 50%rv±5)

Datum van de meting : 13 juli 2023
Datum van de laatste proefpost controle : 18 januari 2023

**De controle van de proefpost wordt uitgevoerd met een transfert monster
De jiking gebeurt met IRMM440 referentiemateriaal**

<u>Monster</u>	Eenheden	Waarde
Lengte	m	0.300
Breedte	m	0.300
Dikte vóór de proef	m	0.06764
Dikte na de proef	m	0.06760
Massa vóór de proef	kg	0.9474
Massa na de proef	kg	0.9465
Droge massa	kg	0.9421
Densiteit na de proef	kg/m ³	155.578
Densiteit in droge toestand	kg/m ³	154.855
Vochtgehalte na de proef	m ³ /m ³	0.001

<u>Gemeten grootheden</u>	Eenheden	Aflezings 1	Aflezings 2	Aflezings 3	Aflezings 4	Aflezings 5	Gemidd.
Oppervlaktetemperatuur van het monster (warme zijde)	°C	20.28	20.28	20.27	20.27	20.27	20.27
Oppervlaktetemperatuur van het monster (koude zijde)	°C	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Warmtestroom (warme zijde)	W/m ²	11.093	11.095	11.007	11.066	11.159	11.084
Warmtestroom (koude zijde)	W/m ²	10.964	10.994	11.044	11.047	10.904	10.991
<u>Berekende grootheden</u>							
Temperatuurverschil	K	20.07	20.07	20.07	20.06	20.07	20.07
Gemiddelde temperatuur van het monster	°C	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24
Warmteweerstand	m ² .K/W	1.819	1.817	1.820	1.815	1.819	1.818
Warmtepermeantie	W/(m ² .K)	0.5496	0.5503	0.5494	0.5511	0.5497	0.5500
Warmtegeleidbaarheid	W/(m.K)	0.0372	0.0372	0.0371	0.0373	0.0372	0.03718

De maximale mogelijke fout op de warmte weerstand, permeantie en geleidbaarheid, bepaald volgens de normen EN 1946-3 en EN 12667, is kleiner dan 2%.

Methodie met de warmtestroommeter

Uitrusting: HFM2 - fluxmeter 150

N° DE : RE-etudiant-04
N° Proefstuk : RE-etudiant-R2

Conditionering : In laboratorium (23°C±2 en 50%rv±5)

Datum van de meting : 17 juli 2023
Datum van de laatste proefpost controle : 18 januari 2023

**De controle van de proefpost wordt uitgevoerd met een transfert monster
De jiking gebeurt met IRMM440 referentiemateriaal**

<u>Monster</u>	Eenheden	Waarde
Lengte	m	0.302
Breedte	m	0.298
Dikte vóór de proef	m	0.05775
Dikte na de proef	m	0.05774
Massa vóór de proef	kg	1.1241
Massa na de proef	kg	1.4235
Droge massa	kg	1.1195
Densiteit na de proef	kg/m ³	273.930
Densiteit in droge toestand	kg/m ³	215.430
Vochtgehalte na de proef	m ³ /m ³	0.058

<u>Gemeten grootheden</u>	Eenheden	Aflezing 1	Aflezing 2	Aflezing 3	Aflezing 4	Aflezing 5	Gemidd.
Oppervlaktetemperatuur van het monster (warme zijde)	°C	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16
Oppervlaktetemperatuur van het monster (koude zijde)	°C	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
Warmtestroom (warme zijde)	W/m ²	13.669	13.656	13.729	13.674	13.660	13.677
Warmtestroom (koude zijde)	W/m ²	13.449	13.457	13.389	13.417	13.462	13.435
<u>Berekende grootheden</u>							
Temperatuurverschil	K	20.16	20.16	20.15	20.14	20.15	20.15
Gemiddelde temperatuur van het monster	°C	10.08	10.08	10.08	10.09	10.09	10.08
Warmteweerstand	m ² .K/W	1.487	1.487	1.486	1.487	1.486	1.486
Warmtepermeantie	W/(m ² .K)	0.6727	0.6726	0.6729	0.6724	0.6731	0.6727
Warmtegeleidbaarheid	W/(m.K)	0.0388	0.0388	0.0389	0.0388	0.0389	0.0388

De maximale mogelijke fout op de warmte weerstand, permeantie en geleidbaarheid, bepaald volgens de normen EN 1946-3 en EN 12667, is kleiner dan 2%.

Methodie met de warmtestroommeter

Uitrusting: HFM2 - fluxmeter 150

N° DE : RE-etudiant
N° Proefstuk : RE-etudiant-D1

Conditionering : In laboratorium (23°C±2 en 50%rv±5)

Datum van de meting : 12 juli 2023
Datum van de laatste proefpost controle : 18 januari 2023

**De controle van de proefpost wordt uitgevoerd met een transfert monster
De jiking gebeurt met IRMM440 referentiemateriaal**

<u>Monster</u>	Eenheden	Waarde
Lengte	m	0.304
Breedte	m	0.300
Dikte vóór de proef	m	0.03938
Dikte na de proef	m	0.03937
Massa vóór de proef	kg	0.5404
Massa na de proef	kg	0.5405
Droge massa	kg	0.5388
Densiteit na de proef	kg/m ³	150.525
Densiteit in droge toestand	kg/m ³	150.052
Vochtgehalte na de proef	m ³ /m ³	0.000

<u>Gemeten grootheden</u>	Eenheden	Aflezings 1	Aflezings 2	Aflezings 3	Aflezings 4	Aflezings 5	Gemidd.
Oppervlaktetemperatuur van het monster (warme zijde)	°C	20.18	20.18	20.18	20.17	20.18	20.18
Oppervlaktetemperatuur van het monster (koude zijde)	°C	1.09	1.09	1.10	1.09	1.09	1.09
Warmtestroom (warme zijde)	W/m ²	17.404	17.490	17.421	17.385	17.478	17.436
Warmtestroom (koude zijde)	W/m ²	17.185	17.214	17.127	17.278	17.181	17.197
<u>Berekende grootheden</u>							
Temperatuurverschil	K	19.08	19.09	19.09	19.08	19.09	19.09
Gemiddelde temperatuur van het monster	°C	10.63	10.64	10.64	10.63	10.64	10.64
Warmteweerstand	m ² .K/W	1.103	1.100	1.105	1.101	1.102	1.102
Warmtepermeantie	W/(m ² .K)	0.9062	0.9089	0.9050	0.9082	0.9077	0.9072
Warmtegeleidbaarheid	W/(m.K)	0.0357	0.0358	0.0356	0.0358	0.0357	0.03572

De maximale mogelijke fout op de warmte weerstand, permeantie en geleidbaarheid, bepaald volgens de normen EN 1946-3 en EN 12667, is kleiner dan 2%.

Methodie met de warmtestroommeter

Uitrusting: HFM2 - fluxmeter 150

N° DE : RE-etudiant-03
N° Proefstuk : RE-etudiant-W1

Conditionering : In laboratorium (23°C±2 en 50%rv±5)

Datum van de meting : 14 juli 2023
Datum van de laatste proefpost controle : 18 januari 2023

**De controle van de proefpost wordt uitgevoerd met een transfert monster
De jiking gebeurt met IRMM440 referentiemateriaal**

<u>Monster</u>	Eenheden	Waarde
Lengte	m	0.301
Breedte	m	0.300
Dikte vóór de proef	m	0.05757
Dikte na de proef	m	0.05756
Massa vóór de proef	kg	0.8938
Massa na de proef	kg	0.8935
Droge massa	kg	0.8908
Densiteit na de proef	kg/m ³	171.904
Densiteit in droge toestand	kg/m ³	171.384
Vochtgehalte na de proef	m ³ /m ³	0.001

<u>Gemeten grootheden</u>	Eenheden	Aflezings 1	Aflezings 2	Aflezings 3	Aflezings 4	Aflezings 5	Gemidd.
Oppervlaktetemperatuur van het monster (warme zijde)	°C	20.20	20.20	20.21	20.20	20.20	20.20
Oppervlaktetemperatuur van het monster (koude zijde)	°C	0.35	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35
Warmtestroom (warme zijde)	W/m ²	13.502	13.530	13.451	13.581	13.456	13.504
Warmtestroom (koude zijde)	W/m ²	13.362	13.432	13.369	13.394	13.303	13.372
<u>Berekende grootheden</u>							
Temperatuurverschil	K	19.85	19.86	19.85	19.85	19.85	19.85
Gemiddelde temperatuur van het monster	°C	10.28	10.27	10.28	10.27	10.27	10.27
Warmteweerstand	m ² .K/W	1.478	1.473	1.481	1.472	1.484	1.477
Warmtepermeantie	W/(m ² .K)	0.6768	0.6789	0.6754	0.6795	0.6740	0.6769
Warmtegeleidbaarheid	W/(m.K)	0.0390	0.0391	0.0389	0.0391	0.0388	0.0390

De maximale mogelijke fout op de warmte weerstand, permeantie en geleidbaarheid, bepaald volgens de normen EN 1946-3 en EN 12667, is kleiner dan 2%.

Methode met de warmtestroommeter

Uitrusting: HFM2 - fluxmeter 150

N° DE : RE-etudiant-02
N° Proefstuk : RE-etudiant-W2

Conditionering : In laboratorium (23°C±2 en 50%rv±5)

Datum van de meting : 14 juli 2023
Datum van de laatste proefpost controle : 18 januari 2023

**De controle van de proefpost wordt uitgevoerd met een transfert monster
De jiking gebeurt met IRMM440 referentiemateriaal**

<u>Monster</u>	Eenheden	Waarde
Lengte	m	0.300
Breedte	m	0.300
Dikte vóór de proef	m	0.05381
Dikte na de proef	m	0.05453
Massa vóór de proef	kg	0.7448
Massa na de proef	kg	0.7443
Droge massa	kg	0.7418
Densiteit na de proef	kg/m ³	151.667
Densiteit in droge toestand	kg/m ³	151.158
Vochtgehalte na de proef	m ³ /m ³	0.001

<u>Gemeten grootheden</u>	Eenheden	Aflezing 1	Aflezing 2	Aflezing 3	Aflezing 4	Aflezing 5	Gemidd.
Oppervlaktetemperatuur van het monster (warme zijde)	°C	20.16	20.16	20.16	20.17	20.16	20.16
Oppervlaktetemperatuur van het monster (koude zijde)	°C	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Warmtestroom (warme zijde)	W/m ²	13.864	13.907	13.904	13.876	13.900	13.890
Warmtestroom (koude zijde)	W/m ²	13.887	13.891	13.812	13.846	13.887	13.864
<u>Berekende grootheden</u>							
Temperatuurverschil	K	19.89	19.89	19.88	19.88	19.88	19.89
Gemiddelde temperatuur van het monster	°C	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22	10.22
Warmteweerstand	m ² .K/W	1.433	1.431	1.435	1.435	1.431	1.433
Warmtepermeantie	W/(m ² .K)	0.6976	0.6989	0.6969	0.6971	0.6987	0.6979
Warmtegeleidbaarheid	W/(m.K)	0.0380	0.0381	0.0380	0.0380	0.0381	0.0381

De maximale mogelijke fout op de warmte weerstand, permeantie en geleidbaarheid, bepaald volgens de normen EN 1946-3 en EN 12667, is kleiner dan 2%.

Methode met de warmtestroommeter

Uitrusting: HFM2 - fluxmeter 150

N° DE : RE-Student-06
N° Proefstuk : RE-etudiant-W3

Conditionering : In laboratorium (23°C±2 en 50%rv±5)

Datum van de meting : 12 juli 2023
Datum van de laatste proefpost controle : 18 januari 2023

**De controle van de proefpost wordt uitgevoerd met een transfert monster
De jiking gebeurt met IRMM440 referentiemateriaal**

<u>Monster</u>	Eenheden	Waarde
Lengte	m	0.300
Breedte	m	0.300
Dikte vóór de proef	m	0.07563
Dikte na de proef	m	0.07559
Massa vóór de proef	kg	1.1134
Massa na de proef	kg	1.1136
Droge massa	kg	1.1102
Densiteit na de proef	kg/m ³	163.685
Densiteit in droge toestand	kg/m ³	163.185
Vochtgehalte na de proef	m ³ /m ³	0.000

<u>Gemeten grootheden</u>	Eenheden	Aflezing 1	Aflezing 2	Aflezing 3	Aflezing 4	Aflezing 5	Gemidd.
Oppervlaktetemperatuur van het monster (warme zijde)	°C	20.40	20.40	20.40	20.40	20.41	20.40
Oppervlaktetemperatuur van het monster (koude zijde)	°C	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Warmtestroom (warme zijde)	W/m ²	10.087	9.974	10.093	10.006	10.008	10.034
Warmtestroom (koude zijde)	W/m ²	9.928	9.965	10.000	9.915	9.923	9.946
<u>Berekende grootheden</u>							
Temperatuurverschil	K	19.97	19.97	19.96	19.97	19.96	19.96
Gemiddelde temperatuur van het monster	°C	10.42	10.42	10.42	10.42	10.42	10.42
Warmteweerstand	m ² .K/W	1.995	2.003	1.987	2.005	2.003	1.999
Warmtepermeantie	W/(m ² .K)	0.5012	0.4993	0.5033	0.4989	0.4992	0.5004
Warmtegeleidbaarheid	W/(m.K)	0.0379	0.0377	0.0380	0.0377	0.0377	0.03782

De maximale mogelijke fout op de warmte weerstand, permeantie en geleidbaarheid, bepaald volgens de normen EN 1946-3 en EN 12667, is kleiner dan 2%.

2.9 Overzicht van de resultaten

2.10 Conclusie

Deel 3: Hergebruik van minerale wol isolatie uit platte daken

3.1 Inleiding: situering van dit onderzoek in de circulaire wereld

3.2 Streven naar een evenwaardige hergebruikstoepassing

3.3 Streven naar een bepaalde garantie

3.4 Streven naar een minimum aan milieukost

4. Besluit - een recuperatiebedrijf voor minerale wol isolatie