

Onderzoek naar het hergebruikpotentieel van materialen uit bestaande sociale woningen aan de hand van casestudies

Dries Haverbeke, Jelle Van Der Poorten

Studentennummers: 01805056, 01704554

Promotoren: prof. dr. ir. arch. Marijke Steeman, prof. dr. Lionel Devlieger
Begeleider: Katrien Devos

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

Academiejaar 2022-2023

Onderzoek naar het hergebruikpotentieel van materialen uit bestaande sociale woningen aan de hand van casestudies

Dries Haverbeke, Jelle Van Der Poorten

Studentennummers: 01805056, 01704554

Promotoren: prof. dr. ir. arch. Marijke Steeman, prof. dr. Lionel Devlieger
Begeleider: Katrien Devos

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

Academiejaar 2022-2023

Voorwoord

Hergebruik is de toekomst. Dat blijkt ook te gelden in de bouwsector. Als 2 toekomstig industrieel ingenieurs bouwkunde ijverden we om dit thesisonderwerp rond hergebruik van bouwmaterialen in de wacht te slepen. Dit onderwerp trok onmiddellijk onze aandacht, want het is actueel en essentieel om onze huidige omgang met materialen te herdenken om zo naar een meer duurzame bouwwereld te evolueren. Het geloof in dit onderwerp en de onschatbare steun die we gedurende dit leerrijke thesisjaar hebben ontvangen, zijn afkomstig van bepaalde personen die we in dit voorwoord willen erkennen en bedanken.

Vooreerst willen we onze dank betuigen aan promotor prof. dr. ir. arch. Marijke Steeman, promotor prof. dr. Lionel Devlieger en begeleider ir. arch. Katrien Devos die ons dit boeiend onderwerp toewezen. We zijn hen zeer dankbaar voor het vertrouwen dat ze in ons hebben gesteld en de waardevolle feedback die we hebben ontvangen. Ze hebben succesvol een delicate balans bereikt tussen het toestaan van vrijheid om onze eigen weg te vinden en het bieden van begeleiding wanneer nodig.

Daarenboven een speciaal woord van dank aan David Desmeyer, Sven Van De Vijver en collega's actief in de sociale huisvestingssector en Mathias Vanhee, projectleider bij Renotec, voor de vlotte correspondentie, plaatsbezoeken en uitgebreide interviews.

Daarnaast wensen we het kabinet van Matthias Diependaele, Vlaams minister van Financiën en Begroting, Wonen en Onroerend Erfgoed, te bedanken om ons te ontvangen en te woord te staan in zijn kabinet samen met adjunct-kabinetschef wonen Simon Gheysen en raadgever wonen Jan Decraen.

Verder zijn we dankbaar voor de samenwerking binnen het masterproefatelier Circulair Bouwen van de Stadsacademie. De workshops gedurende het jaar hebben ons uitgedaagd om buiten onze visie als industrieel ingenieur bouwkunde te denken. We willen het hele team van de Stadsacademie en onze medestudenten bedanken voor hun waardevolle bijdrage aan ons denkproces.

Tot slot bedanken we ook elkaar voor de vlotte samenwerking. We hopen dat onze masterthesis een bijdrage kan leveren aan de duurzaamheid binnen de sociale huisvesting.

We wensen de lezer alvast veel leesplezier en nogmaals dank aan alle betrokkenen.

Dries en Jelle

Toelating tot bruikleen

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

The authors give permission to make this master dissertation available for consultation and to copy parts of this master dissertation for personal use. In all cases of other use, the copyright terms must be respected, regarding the obligation to state explicitly the source when quoting results from this master dissertation.

Gent, 1 juni 2023

De auteurs

Handtekening Dries

Handtekening Jelle

Dries Haverbeke & Jelle Van Der Poorten

Toelichting in verband met het masterproefwerk en de mondelinge uiteenzetting

Deze masterproef vormt een onderdeel van een examen. Eventuele opmerkingen die door de beoordelingscommissie tijdens de mondelinge uiteenzetting van de masterproef werden geformuleerd, werden niet verwerkt in deze tekst.

This master's dissertation is part of an exam. Any comments formulated by the assessment committee during the oral presentation of the master's dissertation are not included in this text.

Overzicht

Hergebruikpotentieel materialen uit bestaande sociale woningen: 20 casussen Gentse SHM's

Auteurs: Dries Haverbeke (01805056)
Jelle Van Der Poorten (01704554)

Promotor: prof. dr. ir. -arch. Marijke Steeman
prof. dr. Lionel Devlieger

Begeleider: ir. -arch. Katrien Devos

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

Vakgroep Bouwkundige Constructies en Bouwmaterialen

Voorzitter: prof. dr. ir. Wouter De Corte

Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur

Academiejaar 2022-2023

Samenvatting:

Het sociaal huisvestingspatrimonium en bij uitbreiding het Vlaamse patrimonium hebben een stadium bereikt waarin renovaties en het hergebruik van constructiematerialen een urgente kwestie zijn geworden. Deze thesis onderzoekt hoe hergebruik in de toekomst bij deze sociale huisvestingsmaatschappijen kan georganiseerd worden.

In de literatuurstudie wordt het Vlaamse woningenbestand bekeken met extra aandacht voor het sociale huisvestingspatrimonium. Daarnaast wordt in deze literaire studie onderzocht welke materialen gebruikt zijn bij het optrekken van deze gebouwen. Er wordt gekeken naar hoe deze materialen ten opzichte van elkaar zijn vervat (bevestiging en volgorde). Met deze inzichten worden de hedendaagse gangbare hergebruikprocessen onder de loep genomen. In de literatuur worden de voor- en nadelen van hergebruik bestudeerd, toegepast op de regionale context.

De eerste pijler van het onderzoek omvat de materiaalinventarisatie van 20 woningen uit verschillende wijken met een bouwperiode tussen 1945-2005. Deze steekproef geeft een goede inschatting van het sociale huisvestingspatrimonium gebouwd in deze bouwperiode. De materiaalinventarisatie geschiedt met een intern ontwikkelde database, dewelke een overzicht geeft van de typisch gebruikte constructie opbouwen en bouwmaterialen. Met deze verzamelde data worden grafieken opgesteld die de gelijkenissen en verschillen in materiaalgebruik en bouwmethode weergeven in de tijd.

In de tweede pijler worden interviews afgenomen met actoren actief in de sociale huisvestingssector en de renovatiesector, waarin ze via een enquête materialen uit een geselecteerde materiaalgroep beoordelen. Deze beoordelingen worden samengebracht in een determinatietabel waaruit de geprefereerde materialen voor hergebruik vloeien. Niet elk materiaal leent zich tot hergebruik, hierdoor wordt naast materiaalhergebruik ook hergebruik op element- en gebouwniveau onderzocht.

De eerste en tweede pijler worden parallel uitgevoerd en resulteren in de derde pijler, waarin een kader wordt opgesteld die projectleiders uit de sociale huisvesting helpt om het hergebruikpotentieel maximaal toe te passen en zo tot het meest duurzame (ver)bouwproject te komen.

Trefwoorden:

materiaalinventarisatie – patrimonium SHM's – constructiematerialen – hergebruik(potentieel)

The reuse potential of the Flemish Social housing patrimonial: 20 cases from ‘Volkshaard’ and ‘Habitare+’

Dries Haverbeke & Jelle Van Der Poorten

Supervisors: prof. dr. -arch. Marijke Steeman, ir. -arch Katrien Devos

Abstract - Human-induced climate change is a significant threat to humanity, resulting in a rise in global temperatures and drastic consequences for ecosystems. In Flanders, Belgium, the construction sector is a major contributor to CO₂ emissions and resource consumption. To address this, a transition from a linear economy to a circular economy is necessary. This study focuses on the reuse potential of construction materials and building elements in social housing in Ghent, conducted through material inventories, feasibility assessments, and the development of a framework for sustainable construction. The results include detailed material inventories, Sankey diagrams, and CAD illustrations of material assemblies. A table identifies materials suitable for reuse, and a framework assists project leaders in maximizing reuse potential. The study concludes that social housing corporations predominantly follow a traditional approach but should prioritize easier disassembly and consider sustainable options. Renovation is often preferred over demolition and reconstruction, with a focus on material-level, element-level, and building-level reuse to reduce environmental impact.

Keywords: Reuse potential - Social housing patrimony - Sustainable construction - Material inventory

I. INTRODUCTION

Human-induced climate change represents the most significant and pervasive threat ever experienced by humanity. Climate change, resulting from the enhanced greenhouse effect, leads to a rise in global temperatures. This temperature increase has numerous drastic consequences for the Earth and its inhabitants. Currently, ecosystems worldwide are being impacted by these effects, affecting both fauna and flora. Mitigating this temperature rise is an essential imperative to safeguard the needs of future generations. [1][2]

In the region of Flanders, Belgium, the construction sector is responsible for 40% of CO₂ emissions, 50% of energy consumption, one-third of water usage, and 50% of material flows. [3]

The increasing demand for buildings in the future, driven by demographic trends, necessitates a shift from a linear economy to a circular economy. (Figure 1)

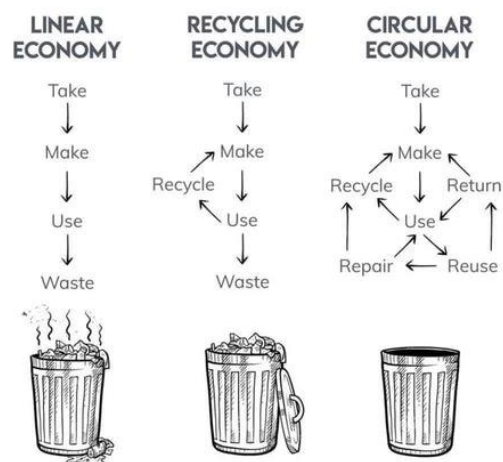


Figure 1: Basics of a circular economy [4]

The Circular Economy represents a system that maximizes resource utilization while minimizing waste and pollution. It is founded upon two key principles: the technical cycle, involving the design of efficient and easily repairable, reusable, upgradable, and recyclable products, and processes to decrease the demand for resources and energy inputs; and the biological cycle, utilizing reusable materials and mimicking natural systems to limit waste and preserve ecosystems. The goal of the circular economy is to establish a sustainable economic model that ensures economic growth and development without depleting natural resources or causing environmental damage. [5]

The average energy performance (EPC) value of a residential property in Flanders amounts to 382 kWh/(m² year). [6] This value indicates a poor state of the energy efficiency characteristics of the Flemish patrimony. The Flemish government is aware of this poor condition and has therefore developed a long-term roadmap aimed at reducing the average energy performance score. During the needed modernization of the Flemish patrimony through demolition-reconstruction or renovations, a significant amount of materials is released. Some of

these materials have not yet completed their full life cycle and can be reintegrated through preservation or non-destructive dismantling. [7] The materials extracted during renovation or demolition can be reused on the same site (on-site) or transported, potentially treated, and utilized at a different location (off-site). The same issue prevails within the housing stock of social housing corporations. Social housing corporations are actively pursuing these energy-related improvements, resulting in numerous ongoing projects. Therefore, it serves as an appealing resource for reuse purposes. Both material-level reuse and building-level reuse are viable options. [8]

II. METHODOLOGY

The master thesis aims to investigate the reuse potential of construction materials and building elements within the social housing patrimony within the time period ranging from 1945 to 2005. This research is conducted on 20 social housing units located in various neighborhoods within the city of Ghent.

In the first part of the research, a material inventory is conducted. The material inventory is carried out using an in-house developed database in Access, which provides an examination of the construction materials, structural assemblies, and methods of attachment. The differences and similarities among these cases are investigated based on the available building information (architectural plans, general and specific building specifications, demolition inventory reports, ...) provided by the social housing corporations and through site visits.

The next part aims to determine the feasibility of material reuse. To achieve this, a table is constructed

based on the literature review and interviews with various stakeholders from the social housing and renovation sectors. This table identifies the materials that are most suitable for reuse. Not every material is suitable for reuse, which is why, in addition to material reuse, reuse at the element and building level is also being investigated.

The first and second parts are executed in parallel, resulting in the third part, wherein a framework is established to assist project leaders in social housing to maximize the application of reuse potential and thus achieve the most sustainable construction project. A summarized overview of the research is presented in Figure 2.

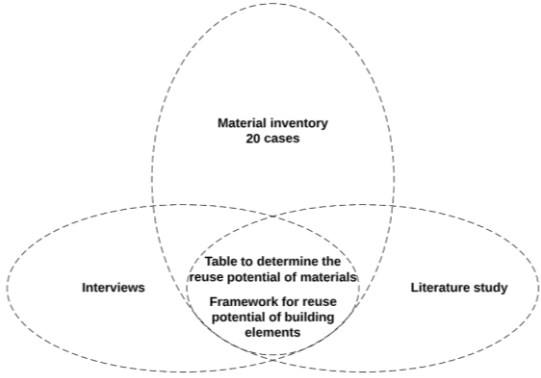


Figure 2: Research scheme

III. RESULTS

The hypotheses made at the beginning were examined in the literature and research. They are answered in the research results. The results of this study consist of three components: the material inventory of the cases, the reuse potential of the materials from the cases, and a framework that leads to the most sustainable scenario for each case.

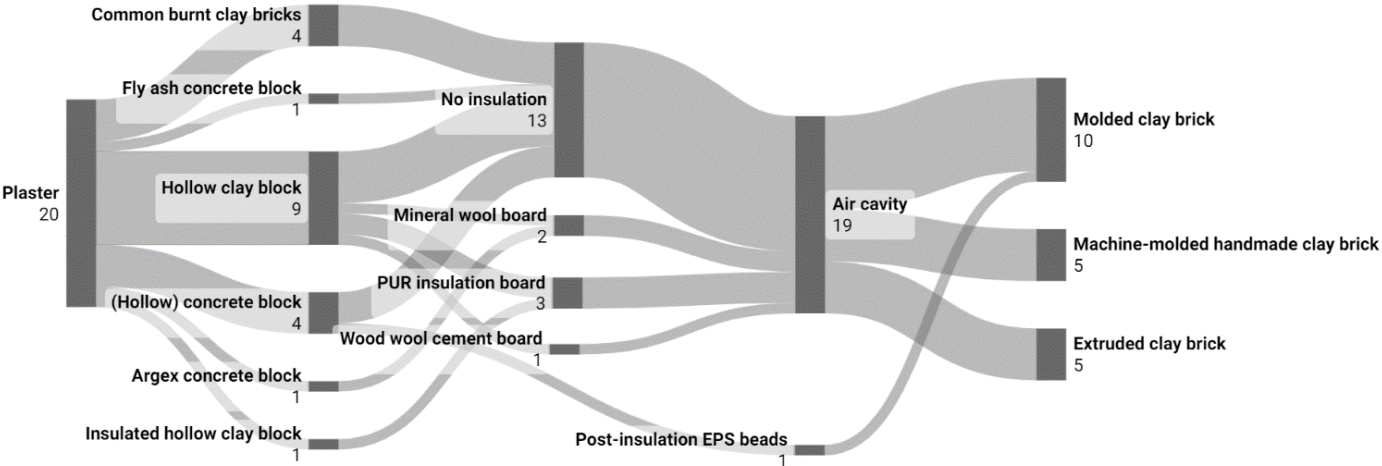


Figure 3: Example Sankey-diagram external wall

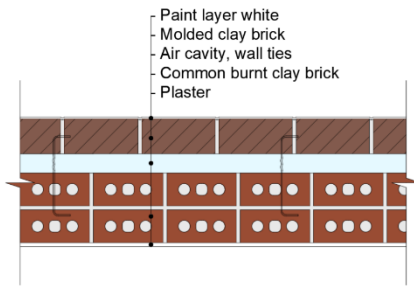


Figure 2: Example De Vennen 1968

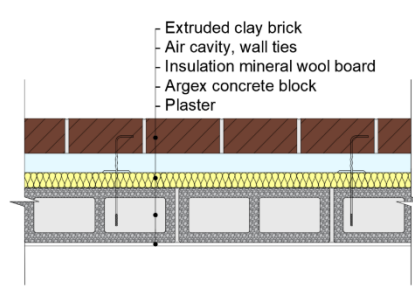


Figure 3: Example Open Veld 1979

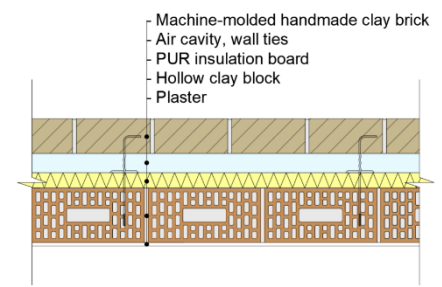


Figure 4: Example Hekelaarstraat 2001

In the first part of the research results, Sankey diagrams are constructed to illustrate the materials used and their concatenation for different material assemblies. Additionally, graphs are generated to represent the temporal evolution of material usage within a material assembly. Furthermore, these assemblies have been illustrated in detail using CAD software to visually capture the inherent differences of each assembly. The material assemblies that are examined in detail include the exterior wall, ground floor, intermediate floor, attic floor, and roof. An example of a Sankey diagram (exterior wall) is depicted in Figure 3. As an example of an illustrated assembly, several investigated exterior wall assemblies are presented in Figure 2, Figure 3 and Figure 4.

The second part of the research results includes a table that identifies the materials that are most suitable for reuse. The table provides a score for each examined material, representing the degree of obstacles to reusability. This score is the cumulative outcome of the individual evaluations conducted by the actors involved. Furthermore, a summary of the arguments is provided.

The outcome of the third section is a framework that assists a project leader in the social housing/renovation sector in the decision-making process of demolishing/rebuilding or renovating a building. This framework considers not just the structural aspects but also the economic, social, and ecological considerations. In addition to supporting the decision-making process, the framework also indicates when reuse of materials should be considered.

IV. CONCLUSIONS

The material inventory reveals that social housing corporations in Flanders have employed a highly traditional approach during the examined construction periods. For instance, each exterior wall is constructed as a solid cavity wall using masonry materials. They exhibit a conservative approach in managing their housing stock.

The reuse of construction materials will present challenges. Buildings from the social housing stock built between 1945 and 2005 typically consist of a limited group of valuable materials that are cost-prohibitive to reuse due to high labor costs. It is necessary for the design of new homes to prioritize easier disassembly. Budget considerations always play a significant role and practically limit the opportunities for reuse. Sustainable options generally involve higher upfront costs. Nonetheless, these costs can be regarded as an investment in a more sustainable future. Social housing associations must be willing to take the step to consider these factors.

In addition to material-level reuse, attention should be given to reuse at the element and building levels, as the structural quality of the examined buildings is often sufficiently good. For this reason and based on the decision tree analysis, renovation is frequently the preferred option over demolition and reconstruction. A comprehensive renovation, where stripped materials are reused to the maximum extent possible, is the most appropriate choice for reducing the operational energy of our building patrimony without creating excessive additional material impact.

V. REFERENCES

- [1] Martin Sobota, I. D., Margot Holländer. (2022). *Carbon-Based-Design*.
<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf>
- [2] Tracker, C. A. (2021). *Warming Projections Global Update*.
https://climateactiontracker.org/documents/853/CAT_2021-05-04_Briefing_Global-Update_Climate-Summit-Momentum.pdf
- [3] OVAM. (2019). *Wat is circulair bouwen?*
<https://bouwen.vlaanderen-circulair.be/nl/wat-is-het#:~:text=In%202019%20was%20de%20bouwsector,en%2050%25%20van%20de%20materiaalstromen.>
- [4] OVAM. (2021). Urban Mining van gebouwen.
- [5] Opdenakker, R. (2022). Developing a Framework to Integrate Circularity into Construction Projects. In.
- [6] Statistiek-Vlaanderen. (8/06/2022). *Woningen sociale sector*.
<https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/bouwen-en-wonen/woningen-sociale-sector: Statistiek-Vlaanderen>
Retrieved from
<https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/bouwen-en-wonen/woningen-sociale-sector>
- [7] Arora, M., Raspall, F., Fearnley, L., & Silva, A. (2021). Urban mining in buildings for a circular economy: Planning, process and
- [8] Gebouwen, G. D. (2023). *Hergebruik in al zijn gedaanten*.
<https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/hergebruik-hertoepassing-bouwmetaal/hergebruik-zijn-gedaanten>

Inhoudsopgave

VOORWOORD	
TOELATING TOT BRUIKLEEN	
TOELICHTING IN VERBAND MET HET MASTERPROEFWERK EN DE MONDELINGE UITEENZETTING	
INHOUDSOPGAVE	
LIJST MET FIGUREN	
LIJST MET GRAFIEKEN.....	
LIJST MET TABELLEN.....	
VERKLARENDE WOORDENLIJST	
INLEIDING	1
2 ONDERZOEK.....	2
DEEL 1: LITERATUURSTUDIE	3
1 KLIMAATDOELEN.....	3
2 TRANSITIE NAAR EEN CIRCULAIRE ECONOMIE	4
2.1 <i>De essentie van een circulaire economie</i>	4
2.2 <i>Een circulaire bouweconomie</i>	4
2.2.1 Urban mining.....	5
2.2.2 Hergebruik.....	5
2.2.3 Prioriteitsladder	6
2.2.4 Circulair ontwerpen.....	7
3 HET PATRIMONIUM VAN BELGIË ALS GRONDSTOFFENBANK.....	8
3.1 <i>Belgisch patrimonium in cijfers</i>	8
3.2 <i>Sociale woningen</i>	12
3.2.1 Het patrimonium van de sociale huisvestingmaatschappijen	12
3.2.2 De energetische staat van het patrimonium van de SHM's	14
3.3 <i>Materiaalgebruik in het Vlaams patrimonium</i>	15
4 HERBRUIKBARE BOUWMATERIALEN	16
4.1 <i>Ruwbouw</i>	16
4.1.1 Beton.....	16
4.1.2 Structureel staal	18
4.1.3 Structureel hout	20
4.1.4 Dragend metselwerk	22
4.2 <i>Bouwschil</i>	22
4.2.1 Gevelmetselwerk.....	22
4.2.2 Dakpannen	25
4.2.3 Dorpels	26
4.2.4 Vensterbanken	28
4.3 <i>Binnenafwerking</i>	30
4.3.1 Vinylbevloering.....	30

4.3.2	Linoleumbvloering.....	31
4.3.3	Tegelvloering.....	31
4.4	<i>Uitrusting: keramisch sanitair</i>	35
5	SCHADELIJKE BOUWMATERIALEN IN HET VLAAMS PATRIMONIUM.....	36
5.1	<i>Asbest</i>	36
5.1.1	De stof en haar soorten.....	36
5.1.2	Hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest	37
5.1.3	Toepassingen van Asbest in het Vlaams gebouwenpark.....	37
5.1.4	Asbestattest Vlaanderen	38
5.1.5	Drie-delige code voor asbesthoudende materialen	38
6	HEDENDAAGSE AANPAK AFVALSTROMEN UIT SLOOP	39
6.1	<i>Sloopopvolgingsplan Vlaanderen</i>	39
6.2	<i>Sloopattest</i>	40
6.3	<i>Eural-code</i>	40
7	HINDERNISSEN BIJ HERGEBRUIK VAN BOUWMATERIALEN	41
7.1	<i>Financiële hindernissen</i>	41
7.2	<i>Hindernissen van logistieke, technische en praktische aard</i>	42
7.3	<i>Hindernissen van culturele aard:</i>	43
	DEEL 2: ONDERZOEKSMETHODIEK	44
1	CASES SHM's	45
1.1	<i>Essentiële informatie van de cases</i>	45
2	DATABASE MATERIAALINVENTARISATIE.....	49
2.1	<i>Data</i>	49
2.2	<i>Tabellen</i>	50
2.2.1	Materiaaltoevoeging database.....	51
2.2.2	Toevoeging materiaalopbouw database	52
2.3	<i>Query's</i>	52
	DEEL 3: ONDERZOEKSRESULTATEN.....	53
1	MATERIAALGEBRUIK CASES	53
1.1	<i>Buitenmuren (Façade)</i>	53
1.2	<i>Daken</i>	58
1.2.1	Daken hoofdgebouwen	58
1.2.2	Daken bijgebouwen.....	64
1.3	<i>Vloeropbouwen</i>	67
1.3.1	Gelijkvloers.....	67
1.3.2	Garage	72
1.3.3	Vloeropbouw tussenvloer	73
1.3.4	Zoldervloer	76
2	HERGEBRUIKPOTENTIEEL CASES SHM'S.....	77
2.1	<i>Voor- en nadelen van de bestudeerde materiaalgroepen</i>	77
2.1.1	Structurele ruwbouwmaterialen:	77
2.1.2	Afwerkingsmaterialen:	77
2.2	<i>Determineren herbruikbare materialen</i>	78

2.3	<i>Laaghangend fruit</i>	82
3	BEPALENDE FACTOREN RENOVATIE/SLOOP EN HEROPBOUW	82
3.1	<i>Beleenbaarheid</i>	83
3.2	<i>Staat van de woning</i>	83
3.3	<i>Leeftijd van de woning</i>	83
3.4	<i>Bewoonbare oppervlakte</i>	84
3.5	<i>Structurele aanpassingen beheersbaar</i>	84
3.6	<i>Herhuisvesting</i>	85
3.7	<i>Compactheid</i>	85
3.8	<i>Milieu-impact</i>	85
3.9	<i>Renovatieplanning</i>	85
3.10	<i>Versnippering van de wijk</i>	86
3.11	<i>Terugverdientijd</i>	86
3.12	<i>Krakers</i>	86
3.13	<i>Input van de gemeente</i>	86
3.14	<i>EPC pre-calculatie</i>	86
3.15	<i>2 tools vanuit de VMSW</i>	87
	CONCLUSIE	89
	<i>Materiaalgebruik cases</i>	89
	<i>Hergebruikpotentieel via determinatietabel en beslissingsboom</i>	90
	BRONNEN	91
	BIJLAGEN	96

Lijst met figuren

Figuur 1: aandeel bouwsector in uitstoot en gebruik hulpbronnen (OVAM, 2019).....	1
Figuur 2: Emissies van broeikasgassen wereldwijd scenario's o.b.v. Belofte, Doelen en Huidige Beleid (Martin Sobota, 2022) (Tracker, 2021)	3
Figuur 3: Illustratie van de technische en biologische cyclus per economisch model (Opdenakker, 2022)	4
Figuur 4: Perspectieven hergebruik (Gids Duurzame Gebouwen, 2023).....	5
Figuur 5: Prioriteitsladder (Potting et al., 2017).....	6
Figuur 6: Circulair ontwerpen (Ecoengineers, 2022)	7
Figuur 7: Schema van het langetermijnpad voor eengezinswoningen (VEKA, 01/01/2023)	14
Figuur 8: Schema van het langetermijnpad voor appartementen (VEKA, 01/01/2023)	14
Figuur 9: Verhoudingen materialen in een woning (OVAM, 2021)	15
Figuur 10: Renovatieproject kantoor Kortrijk.....	17
Figuur 11: Hergebruik van betonelementen uit flatgebouw	18
Figuur 12: Parkeergarage Reinier de Graaf (links) en dierenpark Amersfoort (rechts) (Nedam, 2023).....	19
Figuur 13: Nieuwe busterminal met onderdelen van een vliegtuighangar uit WO II (Opalis, 2023g) .	20
Figuur 14: Omega Center for Sustainable Living (Opalis, 2023c).....	21
Figuur 15: Wooncomplex "Vandergoten" in Laken.....	24
Figuur 16: DNA-woning (Opalis, 2023b)	24
Figuur 17: Verbouwing van een pakhuis tot eengezinswoning en kunstatelier	26
Figuur 18: Geometrie van een natuurstenen dorpel (FCRBE, 2021e)	26
Figuur 19: Dorpel vrijgemaakt van het metselwerk (FCRBE, 2021e).....	27
Figuur 20: Natuurstenen vensterbank in Westveld	28
Figuur 21: PVC-vensterbank in Canteclaerwijk, Cobberstraat 12	28
Figuur 22: Marmercomposiet vensterbank in Canteclaerwijk, Tijbaartstraat 8	29
Figuur 23: Toonbank uit herbruikte marmeren tabletten.....	30
Figuur 24: Vinyltegels in Cobbestraat 12.....	30
Figuur 25: Vinyl in Open Veld.....	30
Figuur 26: Cementtegels Tijbaartstraat 6	32

Figuur 27: Cementtegels Aarseleweg 34.....	32
Figuur 28: Keramische tegels Herman Teirlinckstraat 12.....	32
Figuur 29: Keramische tegels Hekelaarstraat.....	32
Figuur 30: Aarseleweg 34	33
Figuur 31: Sint-Pieterslaan 8.....	33
Figuur 32: Oscillerend gereedschap	34
Figuur 33: Voegenkrabber.....	34
Figuur 34: Reciprozaag	34
Figuur 35: Impressie café le grand central	34
Figuur 36: close up hergebruikte tegels.....	34
Figuur 37: Hergebruik sanitair Chiro van Itterbeek	35
Figuur 38: Asbesttoepassingen patrimonium SHM's (Boydens, 03/01/2020; Pede, 23/06/2022)	38
Figuur 39: Locatie cases.....	46
Figuur 40: Tijdelijk cases.....	48
Figuur 41: Opbouw tabellen database	50
Figuur 42: Selectie uit tabel Materials.....	51
Figuur 43: Materiaalopbouw buitenmuur wijk Dijsegem	52
Figuur 44: Gedetailleerde muuropbouwen.....	58
Figuur 45: Opbouw spantendak	65
Figuur 46: Opbouw gordingendak	66
Figuur 47: Opbouwen platte daken	66
Figuur 48: Vloerafwerkingen leefruimtes	68
Figuur 49: Opbouwen gelijkvloers.....	71
Figuur 50: Vloerafwerkingen garage	72
Figuur 51: Opbouwen tussenvloer	76
Figuur 52: Kernboring welfsels beton met assen te Viermeersen (Desmeyer, 28/04/2023).....	84
Figuur 53:Doorsnede welfsels beton Malem 1955 (Desmeyer, 28/04/2023).....	84

Lijst met grafieken

Grafiek 1: Aantal gebouwen in België in 2022, onderverdeeld per type	9
Grafiek 2: Aantal gebouwen in België per gewest.....	9
Grafiek 3: Aantal woongelegenheden in Vlaanderen in 2022, onderverdeeld per bouwtype	10
Grafiek 4: Leeftijd van het Vlaams gebouwenpark in 2022.....	10
Grafiek 5: Leeftijd van het gebouwenpark van de SHM's in 2020	13
Grafiek 6: EPC-gemiddeld van het patrimonium van de SHM's	14
Grafiek 7: Milieu-impact van een vloerplaat uit gewapend beton (WTCB, 2020)	16
Grafiek 8: Sankey-diagram opbouwen buitenmuren.....	55
Grafiek 9: Evolutie dragend metselwerk buitenmuur	56
Grafiek 10: Evolutie isolatie buitenmuur	56
Grafiek 11: Evolutie gevelmetselwerk buitenmuur.....	56
Grafiek 12: Sankey-diagram dakopbouwen hoofdgebouw	61
Grafiek 13: Evolutie daktypes	62
Grafiek 14: Evolutie onderdak	62
Grafiek 15: Evolutie isolatie dak.....	63
Grafiek 16: Evolutie dakbedekkingen.....	63
Grafiek 17: Sankey-diagram dakopbouwen bijgebouwen.....	64
Grafiek 18: Sankey-diagram vloeropbouwen gelijkvloers.....	69
Grafiek 19: Evolutie isolatie vloeren gelijkvloers.....	70
Grafiek 20: Evolutie vloerafwerking gelijkvloers natte ruimtes	70
Grafiek 21: Evolutie vloerafwerking droge ruimtes.....	70
Grafiek 22: Vloerafwerking garage.....	72
Grafiek 23: Sankey-diagram vloeropbouwen tussenvloer.....	74
Grafiek 24: Evolutie overspanningstechniek tussenvloer	75
Grafiek 25: Evolutie vloerafwerking tussenvloer natte ruimtes	75
Grafiek 26: Evolutie vloerafwerking tussenvloer droge ruimtes.....	75
Grafiek 27: Overspanning zoldervloer	76

Lijst met tabellen

Tabel 1: Percentages en absolute aantallen van elk gebouwtype in het Belgisch gebouwenpark in 2022 (Statbel, 2022)	8
Tabel 2: Percentages en absolute aantallen gebouwen per gewest (Statbel, 2022)	9
Tabel 3: Aantal woongelegenheden in Vlaanderen in 2022, onderverdeeld per gebouwtype (Statbel, 2022).....	10
Tabel 4: Leeftijd Vlaams gebouwenpark in 2022	11
Tabel 5: aantal woongelegenheden R1 en R2 opgetrokken tussen 1946-2001 (Statbel, 2022)	12
Tabel 6: Spreiding bouwperiode patrimonium SHM's 2020 VS 2010 (VMSW, 09/08/2021).....	13
Tabel 7: Testen voor structureel hout.....	20
Tabel 8: Testen om het hergebruikpotentieel te onderzoeken (FCRBE, 2021h).....	23
Tabel 9: Testen uitgevoerd tijdens het reinigen van de stenen (FCRBE, 2021h).....	23
Tabel 10: Afwerkingstechnieken van dakpannen (FCRBE, 2021c).....	25
Tabel 11: Bewerkingen natuurstenen dorpels	27
Tabel 12: Types Cementtegels (FCRBE-partnerschap, 2021e).....	32
Tabel 13: Invloedsfactoren demonteerbaarheid	33
Tabel 14: Samenvattende informatie asbest.....	36
Tabel 15: Drie-delige code asbesthoudende materialen	38
Tabel 16: Criteria staat van gebouw	46
Tabel 17: Overzicht Cases.....	47
Tabel 18: Beschrijving buitenmuren	53
Tabel 19: Beschrijving dakopbouwen.....	59
Tabel 20: Beschrijving vloeropbouwen gelijkvloers.....	67
Tabel 21: Beschrijving vloeropbouwen tussenvloer	73
Tabel 22: Ondervraagde actoren	78
Tabel 23: Voorbeeld mening straatstenen David De Smeyter	78
Tabel 24: Determinatietabel herbruikbare materialen	79

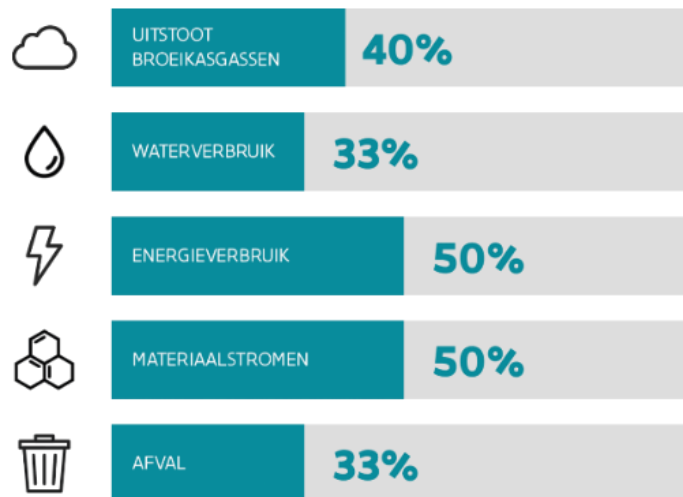
Verklarende woordenlijst

IER:	Ingrijpende Energetische Renovatie
PUR:	Polyurethaan
XPS:	Geëxtrudeerd polystyreen
EPS:	geëxpandeerd polystyreen
EPC:	Energieprestatiecertificaat
SOP:	SloopOpvolgingsPlan
SHM:	Sociale huisvestingsmaatschappij
BIM:	BouwwerkInformatieModel
F _{s3} :	Derde financieringssysteem
VKF:	Vlaams Klimaatfonds
VEKA:	Vlaams Energie en Klimaatagentschap
VMSW:	Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen
EPDM:	Ethyleen Propyleen Dieen Monomeer
PVC:	Polyvinylchloride
ERP:	EnergieRenovatieProgramma

Inleiding

1 Situering en relevantie in de bouwsector

Om de klimaatdoelstellingen te kunnen halen zullen alle sectoren hun steentje moeten bijdragen. In 2019 was de bouwsector in Europa verantwoordelijk voor 40% van de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂, 50% van het energieverbruik, 1/3 van het waterverbruik en 50% van de materiaalstromen. Ook de productie en het transport van bouwmaterialen zijn verantwoordelijk voor een aanzienlijk percentage van de wereldwijde CO₂- uitstoot. (OVAM, 2019)



Figuur 1: aandeel bouwsector in uitstoot en gebruik hulpbronnen (OVAM, 2019)

Bij het evalueren van de uitstoot van gebouwen moet zowel gekeken worden naar de ingebedde energie als naar de operationele energie. De ingebedde energie heeft betrekking tot de energie die wordt verbruikt bij het winnen van grondstoffen en materialen voor de opbouw van het gebouw. Er wordt hierbij gekeken naar onder andere de delfprocessen van de grondstoffen, de productieprocessen en het transport van deze materialen naar de bouwplaats. De operationele energie daarentegen heeft betrekking op de energie die wordt verbruikt bij het gebruik van het gebouw, zoals verwarming, verlichting en airconditioning. Een gebouw met een hoog energieverbruik is bijvoorbeeld een gebouw met veel transmissieverliezen doordat het niet geïsoleerd is.

Het is essentieel dat beide vormen van energie-efficiëntie in acht worden genomen bij de bouw van gebouwen. Er moet gestreefd worden naar een minimale resultante van het ingebed energieverbruik en het operationeel energieverbruik.

In België wordt heden ten dage voornamelijk gefocust op het operationeel energieverbruik door bv. het verplicht EPC-certificaat bij verkoop of verhuur van een wooneenheid. Deze energetische eisen zijn vastgelegd voor de toekomst en worden stapsgewijs strenger. Het creëren van een zeer energie-efficiënte woning brengt een grote extra materiaal impact met zich mee. Deze extra materiaalimpact mag niet groter worden dan de reductie van de operationele energie impact.

2 Onderzoek

Deze studie heeft tot doel te onderzoeken hoe het patrimonium van sociale huisvestingmaatschappijen, met uitbreiding het Vlaams patrimonium, het best wordt aangewend om de klimaatdoelstellingen te behalen indien gekeken wordt naar de ingebedde energie van eengezinswoningen en kleine meergezinswoningen. De studie wordt uitgevoerd aan de hand van onderstaande drie pijlers.

1. Materiaalinventarisatie en analyse van het sociale huisvestingspatrimonium

Aan de hand van verschillende cases (20 wijken) uit verschillende bouwperiodes verdeeld tussen 1945 en 2005. Deze cases zijn gelegen in de regio rond Gent en zijn eigendom van verschillende sociale huisvestingmaatschappijen. Er wordt een overzicht opgesteld met betrekking tot de typisch gebruikte constructie opbouwen en bouwmaterialen. De interessantste opbouwen worden gedetailleerd geïllustreerd met behulp van CAD-tekeningen. Op basis van grafieken en Sankey-diagrammen wordt een analyse gemaakt van de toegepaste materialen, de bevestigingswijzen en het gebruik doorheen de tijdsperiodes.

2. Hergebruikpotentieel van materialen uit het sociale huisvestingspatrimonium

Het hergebruikpotentieel van het gebouwenpatrimonium wordt op twee niveaus bekeken. In de tweede pijler wordt gekeken naar hergebruik op materiaalniveau en in de derde pijler wordt gekeken naar hergebruik op gebouwniveau. Hergebruik op materiaalniveau wordt onderzocht door het opstellen van een determinatietabel die tot stand komt door de vergaarde kennis vanuit de literatuurstudie te toetsen aan de haalbaarheid volgens geïnterviewde specialisten die actief zijn in de sociale huisvestingssector en renovatiesector. De tabel geeft een indicatie voor het laaghangend fruit binnen het sociale huisvestingspatrimonium (de materialen die zich het best lenen tot hergebruik).

3. Beslissingsboom tussen renovatie of sloop en heropbouw van woningen uit het sociale huisvestingspatrimonium

Op basis van de bevindingen uit pijler 1 en 2 wordt een visie uitgewerkt voor de meest geprefereerde aanwending van het bestudeerde patrimonium om zowel het operationele energieverbruik van het patrimonium drastisch te verlagen zonder dat dit gepaard gaat met een te grote extra materiaalimpact. Dit kader helpt actoren uit de sociale huisvesting om enerzijds te bepalen wanneer een constructie best gerenoveerd of gesloopt en heropgebouwd wordt. Bij zowel sloop als renovatie van een dergelijke constructie komen materialen vrij die getoetst kunnen worden aan de determinatietabel. Tevens kan dit onderzoek helpen het beleid rond duurzaam gebruik van bouwmaterialen verder vorm te geven.

Deel 1: Literatuurstudie

1 Klimaatdoelen

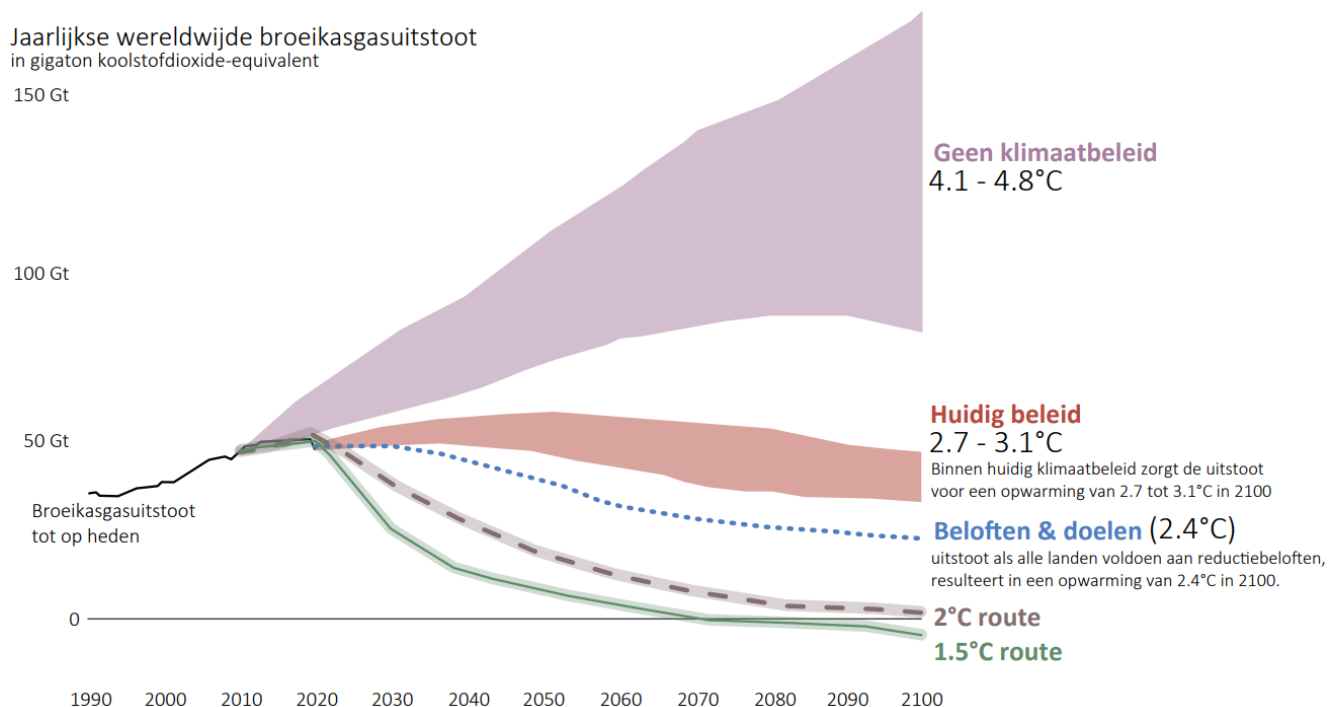
De door de mens veroorzaakte klimaatverandering is de grootste, meest doordringende bedreiging die de mensheid ooit heeft meegemaakt. De klimaatverandering veroorzaakt door het versterkt broeikas effect zorgt ervoor dat de temperatuur op aarde stijgt. Deze temperatuurstijging heeft tal van drastische gevolgen op de aarde en haar bewoners. Op dit moment worden er wereldwijd fauna en flora getroffen door deze gevolgen. Het beperken van deze temperatuurstijging is essentieel om de behoeften van toekomstige generaties niet in gedrang te brengen. Het is noodzakelijk dat er actie wordt ondernomen zodat we op tijd komen om het tij te keren.

Het klimaatakkoord van Parijs wil de temperatuurstijging ruim onder 2°C (t.o.v. de pre-industriële periode) houden en zelfs nastreven om deze temperatuurstijging te beperken tot 1,5°C.

Het behalen van deze doelstellingen vereist een gezamenlijke inspanning van overheden, bedrijven en individuen. Investeren in hernieuwbare energie, energie-efficiëntie en duurzame woonoplossingen zijn enkele van de stappen die genomen moeten worden om deze doelstellingen te bereiken.

Figuur 2 geeft de wereldwijde broeikasgasuitstoot en opwarmingsscenario's weer:

- Elk scenario heeft een factor van onvoorspelbaarheid, aangegeven door de onzekerheidsmarge in lage tot hoge uitstoot.
- Opwarming refereert aan de verwachte wereldwijde temperatuurstijging in 2100, t.o.v. pre-industriële temperaturen.

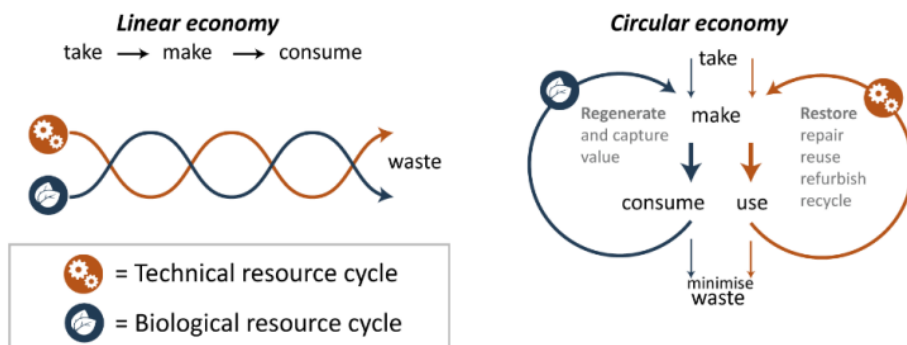


Figuur 2: Emissies van broeikasgassen wereldwijd scenario's o.b.v. Belofes, Doelen en Huidige Beleid (Martin Sobota, 2022) (Tracker, 2021)

2 Transitie naar een circulaire economie

2.1 De essentie van een circulaire economie

De transitie van een lineair economisch model naar een circulair economisch model is een essentiële stap om de uitstoot en verspilling van grondstoffen tegen te gaan. De circulaire economie is een systeem waarbij hulpbronnen zo lang mogelijk worden gebruikt en afval en vervuiling worden beperkt. Het is gebaseerd op twee belangrijke principes: technische en biologische cycli. De technische cyclus betreft het ontwerpen van producten en processen die efficiënt zijn en gemakkelijk te repareren, hergebruiken, opwaarderen en recyclen, waardoor de behoefte aan grondstoffen en energie-inputs afneemt. De biologische cyclus betreft het gebruik van herbruikbare materialen en het nabootsen van natuurlijke systemen, waarbij afval van een proces de input vormt voor een ander, waardoor afval wordt beperkt en ecosystemen worden behouden. Het doel van de circulaire economie is om een duurzaam economisch model te creëren dat economische groei en ontwikkeling garandeert zonder natuurlijke hulpbronnen uit te putten of milieuschade te veroorzaken. (Opdenakker, 2022)



Figuur 3: Illustratie van de technische en biologische cyclus per economisch model (Opdenakker, 2022)

2.2 Een circulaire bouweconomie

De circulaire bouweconomie stelt zich tot doel om een systeem te creëren waarbij afval wordt vermeden en grondstoffen zo efficiënt mogelijk worden gebruikt. Dit kan worden bereikt door middel van technologische innovatie, het aanpassen van businessmodellen en het stimuleren van samenwerking tussen verschillende sectoren.

De toepassing van circulaire principes in de bouw kan leiden tot een reductie van de CO₂-uitstoot en bijdragen aan de vermindering van de klimaatverandering. Bijvoorbeeld door het gebruik van hergebruikte materialen uit urban mining, gebruik van duurzame materialen, zoals hout en biobased bouwmaterialen, en door het verminderen van energieverbruik door middel van het toepassen van passiefhuisprincipes. Er kan ook worden gewerkt aan het verhogen van de levensduur van gebouwen, waardoor de frequentie van sloop en herbouw wordt verminderd. (Circulair, 2022; Embuild et al., 2023)

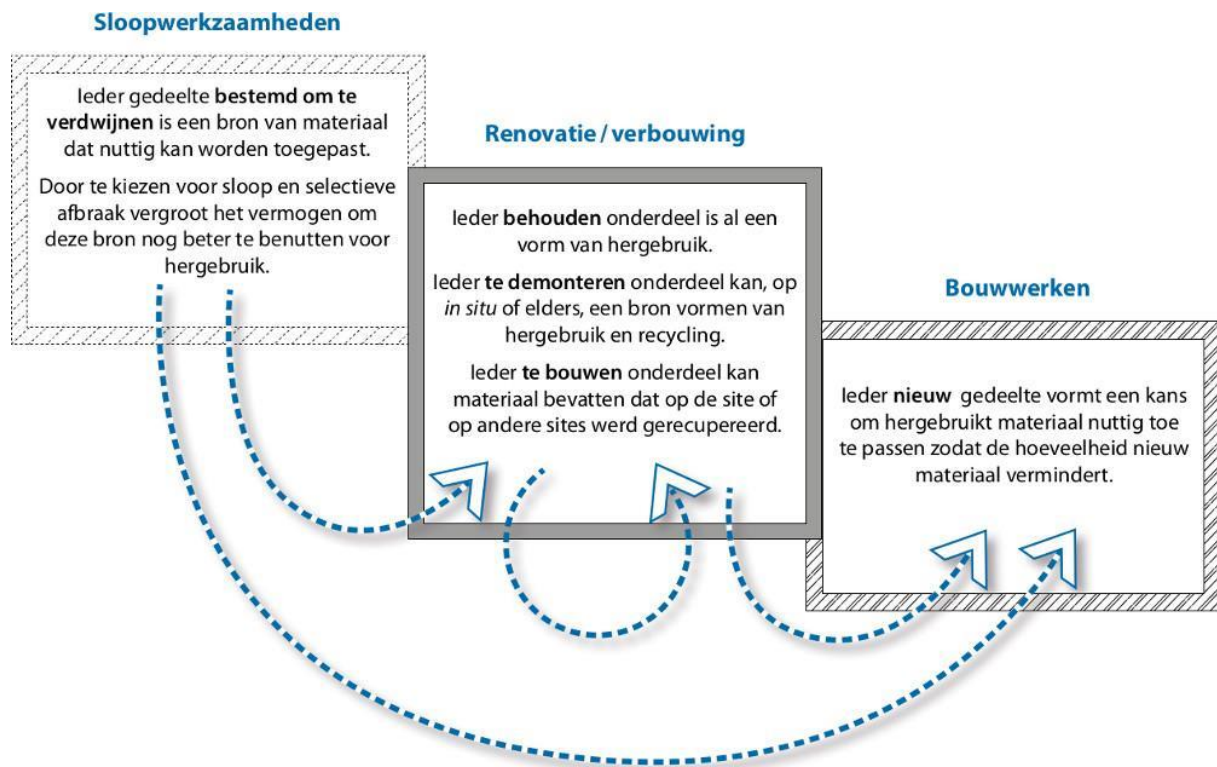
De circulaire bouweconomie kan bijdragen aan de versterking van de regionale economie door de stimulering van lokale productie en werkgelegenheid. De implementatie van circulaire principes in de bouwsector vraagt om een omvattende aanpak en samenwerking tussen verschillende sectoren. Er moet een duidelijke regelgeving en beleid worden opgesteld en er moet geïnvesteerd worden in onderzoek en ontwikkeling. Daarnaast is er behoefte aan opleiding en scholing van professionele actoren om de overgang naar een circulaire bouweconomie te versnellen. (Embuild et al., 2023)

2.2.1 Urban mining

Bij urban mining wordt de stad beschouwd als grote opslagbank van bouwmaterialen. De stad wordt gezien als een mijn vol waardevolle grondstoffen die kunnen gebruikt worden in toekomstige gebouwen. De grondstoffen komen vrij bij de afbraak of renovatie van bestaande gebouwen. Deze opslagbank is niet ontworpen met het idee om uit elkaar gehaald te worden. De materialen demonteren en opnieuw hoogwaardig inzetten wordt op heden nog niet op grote schaal toegepast ten gevolge van meerdere hindernissen. In hoofdstuk 0 worden deze hergebruikhindernissen uitvoerig uitgelicht. (Arora et al., 2021; OVAM, 2021)

2.2.2 Hergebruik

Een land zoals België beschikt over een groot patrimonium. Een groot deel van dit patrimonium is niet in staat om de huidige noden en toekomstige noden te vervullen (demografisch, energetisch, ...). Bij het moderniseren van dit woningenbestand door middel van sloop-heropbouw of renovaties komen veel materialen vrij. Deze materialen hebben hun volledige levenscyclus nog niet doorlopen en kunnen opnieuw ingezet worden door behoud of schadeloze demontage van de materialen. (OVAM, 2021)



Figuur 4: Perspectieven hergebruik (Gids Duurzame Gebouwen, 2023)

Afbraak: Bij een afbraak moet er steeds getracht worden om een zo groot mogelijke hoeveelheid materialen te hergebruiken. Indien hergebruik niet mogelijk is, is recyclage noodzakelijk.

Renovatie: Elk behouden element bij een renovatie wordt aanzien als een vorm van hergebruik.

Nieuwbouw: Het gebruik van nieuwe materialen moet zoveel mogelijk worden beperkt door materialen te gebruiken die vrijgekomen zijn door afbraak en renovatie.

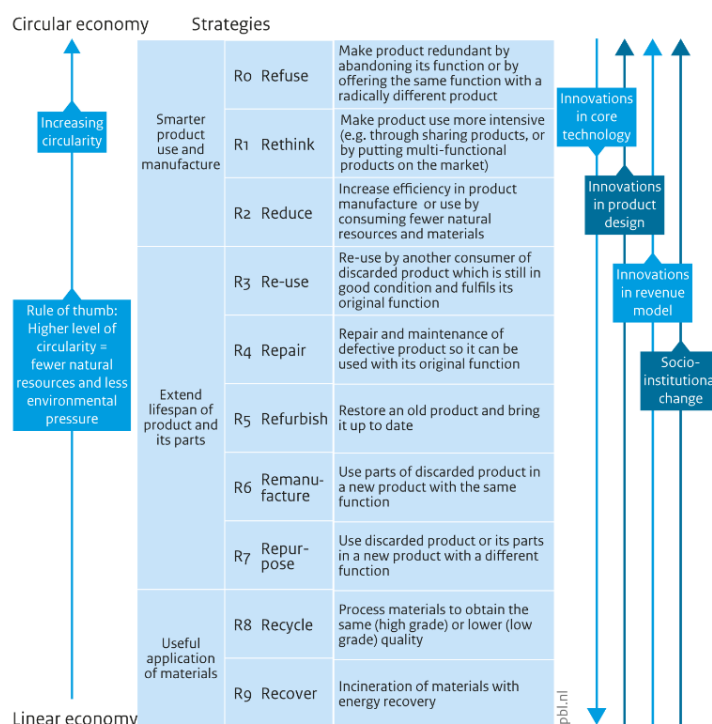
➔ Vrijgekomen materialen kunnen zowel in situ als ex situ hergebruikt worden.

Hergebruik in situ: Materialen worden hergebruikt op de locatie waar ze ontgonnen worden. Hierbij kan het zijn dat de materialen een opschoning ondergaan. Deze vorm van hergebruik wordt verkozen.

Hergebruik ex situ: Hergebruik van materialen waarbij de materialen van een andere locatie komen. Dit brengt extra transport en stockage met zich mee.

2.2.3 Prioriteitsladder

In de circulaire economie wordt gestreefd naar zo weinig mogelijk verspilling van grondstoffen. Hiervoor werd een prioriteitsladder, weergegeven in Figuur 5, in het leven geroepen die aangeeft welke stappen eerst moeten doorlopen worden. Startend bovenaan de ladder bij de meest circulaire situatie.



Figuur 5: Prioriteitsladder (Potting et al., 2017)

Reuse/ Hergebruiken	Bouwdelen, materialen of producten worden, al dan niet na reiniging, in zijn geheel voor dezelfde functie hergebruikt.
Repair/ Repareren	Het product of gebouw wordt tijdens zijn levenscyclus preventief onderhouden of hersteld om de levensduur te verlengen.
Refurbish/ Renoveren	De functionele en technische kwaliteiten van een product verbeteren door het op te knappen of moderniseren.
Remanufacture/ Herfabriceren	Een nieuw product met dezelfde functie vervaardigen gebruikmakend van de eventueel gerepareerde onderdelen uit het afgedankt product.
Repurpose/ Herbestemmen	Onderdelen van een afgedankt product gebruiken in een nieuw product met andere functie.

2.2.4 Circulair ontwerpen

Naast het hergebruiken van bouwmaterialen d.m.v. urban mining is het van groot belang dat toekomstige gebouwen op een manier vervaardigd worden opdat hergebruik eenvoudiger mogelijk is. Circulair bouwen omvat dus naast het efficiënt hergebruiken van bouwmaterialen ook het efficiënt inzetten van bouwmaterialen en het ontwerpen van structuren met een circulaire visie. Deze visie wordt geïllustreerd. Structuren ontworpen met een circulaire visie kunnen volgende mogelijkheden bieden (Circulair, 2022):

- Functie van het gebouw kan eenvoudig gewijzigd worden
- Structuur wordt opgebouwd met materialen die de tand des tijds kunnen doorstaan
- De gebruikte materialen kunnen eenvoudig hergebruikt worden
- Het gebouw wordt ontworpen zodat de benodigde operationele energie minimaal is
- De gebruikte materialen hebben een geringe milieu-impact
- ...



Figuur 6: Circulair ontwerpen (Ecoengineers, 2022)

3 Het patrimonium van België als grondstoffenbank

In dit hoofdstuk zal onderzocht worden hoe het gebouwenpark van Vlaanderen, met uitbreiding dat van België, gebouwd tussen ±1945 en ±2000, eruitziet indien er gekeken wordt naar volgende bouwtypes: gesloten bebouwing, halfopen bebouwing en appartementen. De appartementen worden genuanceerd omdat de appartementen die deel uitmaken van de cases horende bij dit onderzoek niet te vergelijken zijn met reguliere appartementen. Ze zijn immers veel kleinschaliger. Het gaat over appartementen die gebouwd zijn zoals de woningen gebouwd zijn met eenzelfde geometrie en maximaal drie volwaardige verdiepingen.

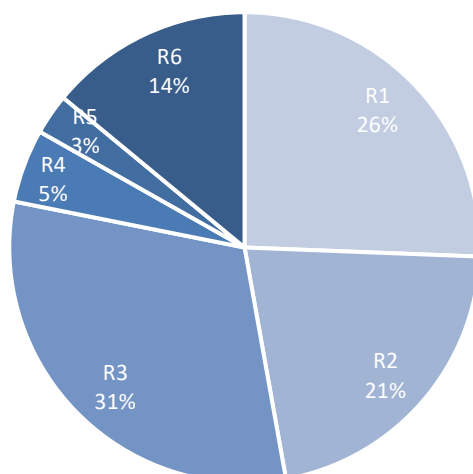
3.1 Belgisch patrimonium in cijfers

In deze paragraaf zullen de cijfers van het Belgisch statistiekbureau Statbel omtrent het gebouwenpark in België in 2022 onderzocht worden. Er wordt hierbij getracht een overzicht te creëren van het woningenbestand in Vlaanderen dat representatief is voor de cases die bij deze masterproef worden beschouwd. Eerst wordt gekeken naar het volledige Belgische gebouwenpatrimonium, waarna er wordt ingezoomd op het Vlaams patrimonium. De leeftijd van het Vlaams patrimonium wordt in kaart gebracht om vervolgens te kijken naar de representatieve gebouwvormen zijnde: gesloten bebouwingen, halfopen bebouwingen en appartementsgebouwen, die zich bevinden in het tijdsbestek van de cases horende bij deze masterproef. Stap voor stap worden de gemaakte aannames toegelicht.

Grafiek 1 geeft de verdeling van het Belgisch gebouwenpatrimonium weer per bouwtype. In deze grafiek is te zien dat ruim 80 procent van het Belgisch gebouwenpatrimonium een woonfunctie heeft. België telt op januari 2022 4.612.284 gebouwen. Deze gebouwen bevatten 5.680.956 woonegelegenheden.

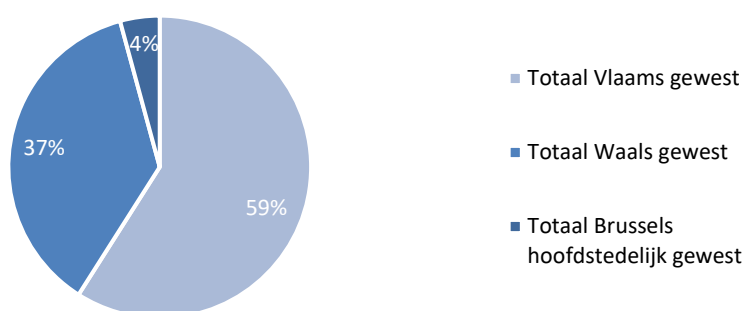
Tabel 1: Percentages en absolute aantallen van elk bouwtype in het Belgisch gebouwenpark in 2022 (Statbel, 2022)

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Huizen in gesloten bebouwing	Huizen in halfopen bebouwing	Huizen in open bebouwing	Flatgebouwen met appartementen	Handelshuizen	Alle andere gebouwen	Partieel Totaal
1.181.382	994.769	1.427.873	233.052	129.108	646.100	4.612.284
25,6%	21,6%	31,0%	5,1%	2,8%	14,0%	100%



Grafiek 1: Aantal gebouwen in België in 2022, onderverdeeld per type

Op 1 januari 2022 telde België 4.612.284 gebouwen. Grafiek 2 geeft weer hoeveel procent van het totaal aantal gebouwen er in elk gewest staat. Het grootste aandeel (59 procent) van deze gebouwen staan op grondgebied van het Vlaams gewest. Deze 2.721.927 gebouwen zijn samen goed voor 3.316.778 woonegelegenheden.



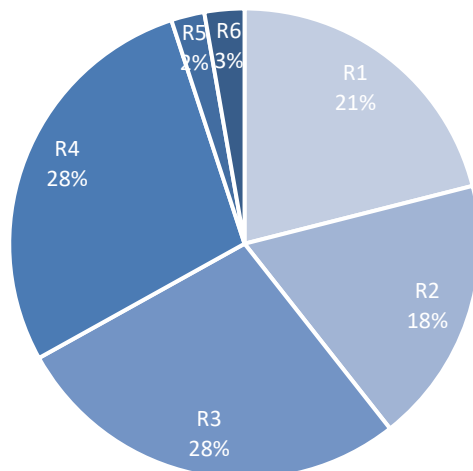
Grafiek 2: Aantal gebouwen in België per gewest

Tabel 2: Percentages en absolute aantallen gebouwen per gewest (Statbel, 2022)

Totaal aantal gebouwen Vlaams gewest	Totaal aantal gebouwen Waals gewest	Totaal aantal gebouwen Brussels hoofdstedelijk gewest	Totaal aantal gebouwen België
2.721.927	1.695.472	194.885	4.612.284
59,0%	36,8%	4,2%	100,0%

De 3.316.778 woonegelegenheden die er in Vlaanderen zijn op 1 januari 2022 zijn ondergebracht in 6 verschillende types gebouwen (R1-R6). Deze cijfers worden voorgesteld door Grafiek 3 en geven aan dat maar liefst 45,8% van de woonegelegenheden van het bouwtype R2 of R3 is.

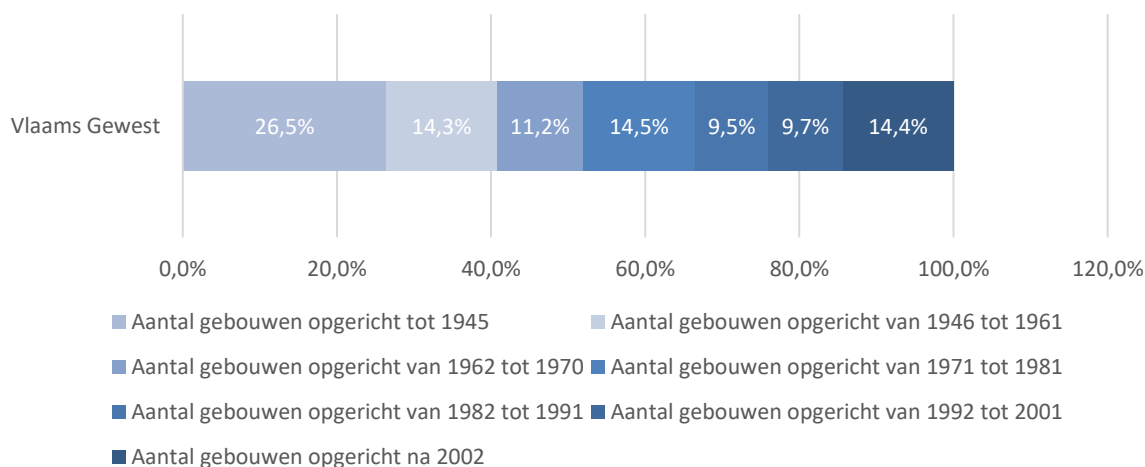
Halfopen en bovenal open bebouwingen hebben een lage gebouwdichtheid. Deze lage gebouwdichtheid gaat gepaard met lintbebouwing. Deze twee redenen hebben een grote negatieve impact op zowel het efficiënt gebruik van kostbare materialen alsook op vlak van de energie-efficiëntie van het Vlaams bouwenpark.



Grafiek 3: Aantal woonegelegenheden in Vlaanderen in 2022, onderverdeeld per bouwtype

Tabel 3: Aantal woonegelegenheden in Vlaanderen in 2022, onderverdeeld per bouwtype (Statbel, 2022)

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Huizen in gesloten bebouwing	Huizen in halfopen bebouwing	Huizen in open bebouwing	Flatgebouwen met appartementen	Handelshuizen	Alle andere gebouwen	Partieel Totaal
698.066	608.362	913.309	930.044	75.938	91.059	3.316.778
21,0%	18,3%	27,5%	28,0%	2,3%	2,7%	100,0%



Grafiek 4: Leeftijd van het Vlaams bouwenpark in 2022

Tabel 4: Leeftijd Vlaams gebouwenpark in 2022

Ouderdom	Vlaams Gewest	
Aantal gebouwen opgericht tot 1945	720.075	26,5%
Aantal gebouwen opgericht van 1946 tot 1961	389.284	14,3%
Aantal gebouwen opgericht van 1962 tot 1970	305.374	11,2%
Aantal gebouwen opgericht van 1971 tot 1981	394.910	14,5%
Aantal gebouwen opgericht van 1982 tot 1991	257.509	9,5%
Aantal gebouwen opgericht van 1992 tot 2001	263.280	9,7%
Aantal gebouwen opgericht na 2002	391.495	14,4%
	2.721.927	100,0%

59,2 % van het Vlaams gebouwenpatrimonium heeft een oprichtingsjaartal tussen 1946-2001. De cases gebruikt bij dit onderzoek hebben oprichtingsjaartallen die zich bevinden in deze tijdsperiode. Indien hier enkel de woongelegenheden uit gefilterd worden met een bouwtype dat representatief is voor de bijhorende cases dan wordt Tabel 5 bekomen. Bij deze tabel worden de open bebouwingen (R3) buiten beschouwing gelaten, daar SHM's geen open bebouwingen hebben optrokken in deze tijdsperiode.

Exclusief appartementen: De appartementen worden buiten beschouwing gelaten. De appartementen die deel uitmaken van de onderzochte cases hebben maximaal drie volwaardige bouwlagen en bevatten maar enkele appartementen per residentie. Deze appartementen gelijkstellen met de appartementen die opgenomen worden binnen de cijfers van Statbel zou een vertekend beeld geven. Enkel de gesloten en halfopen bebouwingen blijven over. 32,9 procent van de woongelegenheden in Vlaanderen in de tijdspanne 1946-2001 is van het bouwtype R1 of R2. Indien deze 612.389 woongelegenheden afgezet worden tegen het totaal aantal woongelegenheden in Vlaanderen in 2022 wordt een percentage van 19,4 % bekomen. Hieruit volgt dat 1/5 van de woningen op Vlaams grondgebied op basis van constructiedatum en bouwtype representatief zijn voor de in deze thesis behandelde cases van de SHM's. Het bekomen aantal 612.389 woongelegenheden van bouwtype R1 en R2 opgetrokken tussen 1946-2001 zal vervolgens verder onderzocht worden. Deze hoeveelheid woongelegenheden is een ruime onderschatting omdat de appartementen niet werden meegenomen in de berekening.

Inclusief appartementen: Worden de appartementen wel meegenomen uitgaand van een equivalent van 7,4 entiteiten per appartementsblok dan wordt de representatieve groep vergroot tot 1.199.460. Dit aantal is goed voor een 64,4 procent van de woongelegenheden in Vlaanderen in de tijdspanne 1946-2001. Afgezet tegenover het totaal aantal woongelegenheden in Vlaanderen in 2022 wordt een percentage van 38,1 procent bekomen. Uit dit aantal wordt het aandeel woonentiteiten gefilterd dat representatief is voor de constructiewijzen van de SHM's.

Tabel 5: aantal woonegelegenheden R1 en R2 opgetrokken tussen 1946-2001 (Statbel, 2022)

	R1	R2	Totaal
Aantal gebouwen opgericht van 1946 tot 1961	108.500	119.390	227.890
Aantal gebouwen opgericht van 1962 tot 1970	49.703	74.472	124.175
Aantal gebouwen opgericht van 1971 tot 1981	53.232	82.364	135.596
Aantal gebouwen opgericht van 1982 tot 1991	23.006	41.111	64.117
Aantal gebouwen opgericht van 1992 tot 2001	19.713	40.898	60.611
	254.154	358.235	612.389

3.2 Sociale woningen

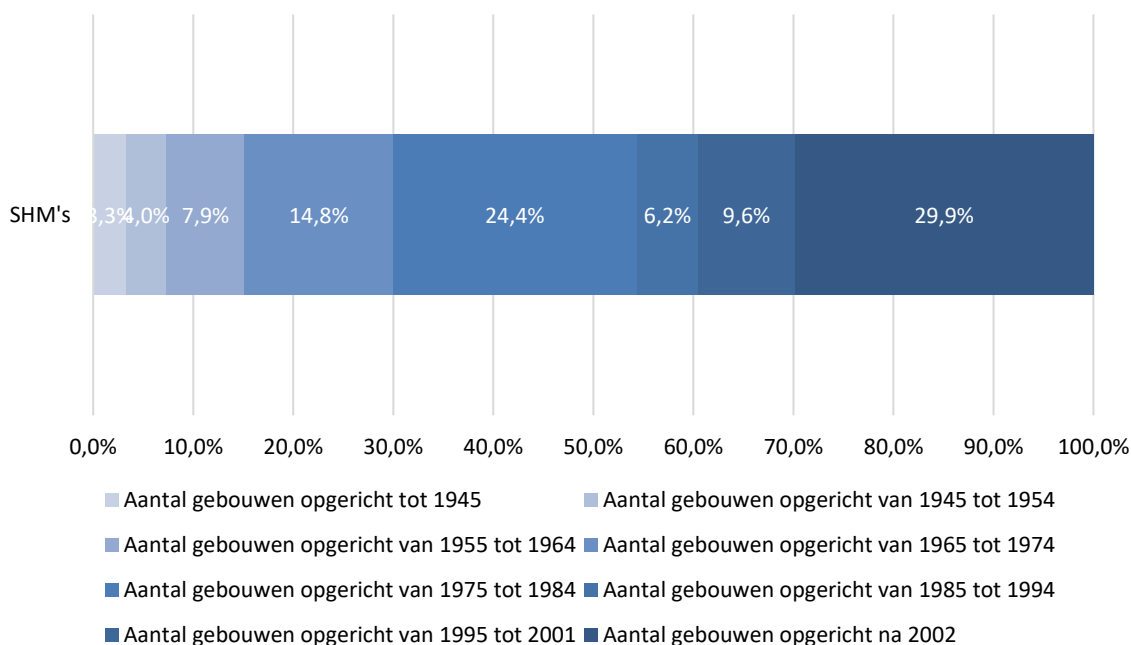
De woningmarkt in de sociale sector bestaat uit een aantal verschillende categorieën, waaronder sociale huurwoningen, die verhuurd worden door sociale huisvestingsmaatschappijen (SHM's) en sociale verhuurkantoren (SVK's). Op het einde van 2021 telde het Vlaamse Gewest 175.309 sociale huurwoningen verhuurd door een SHM, het Vlaams Woningfonds of onderverhuurd door een SVK. Van deze sociale huurwoningen is 91% in beheer van een SHM, 7% van een SVK en 0,5% van het Vlaams Woningfonds. Lokale besturen verhuren ook sociale woningen, maar hun aandeel in de totale hoeveelheid sociale huurwoningen is relatief beperkt. (Statistiek-Vlaanderen, 8/06/2022)

3.2.1 Het patrimonium van de sociale huisvestingmaatschappijen

Het patrimonium van de SHM's telt 160.875 woonegelegenheden waarvan 89.943 appartementen en 70.932 huizen. Indien de vereenvoudiging gemaakt wordt, dat gedurende 1995-2004 het aantal woningen dat gebouwd werd uniform verdeeld is, kan gesteld worden dat 107.496 woonegelegenheden gebouwd werden tussen de periode 1946-2001. Dit is 66,8% van het patrimonium van de SHM's. (VMSW, 09/08/2021)

Table 6: Spreading bouwperiode patrimonium SHM's 2020 VS 2010 (VMSW, 09/08/2021)

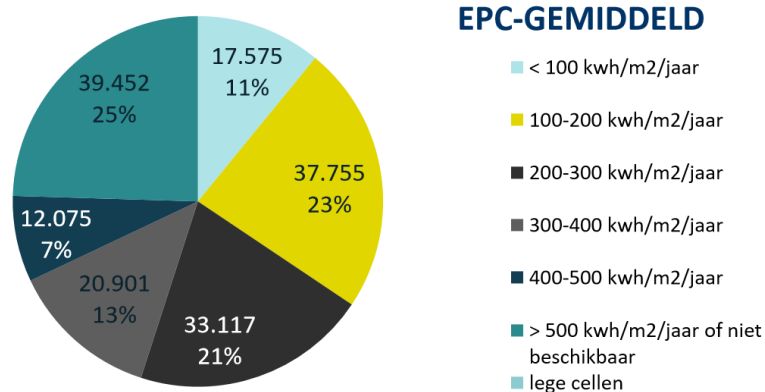
PATRIMONIUM	VL-GW 2020		PATRIMONIUM	VL-GW 2010	
BOUWPERIODE 10 JAAR	# APP	#HUIS	BOUWPERIODE 10 JAAR	# APP	#HUIS
< 1945	2.694	2.629	< 1945	2.472	3.659
1945-1954	2.313	4.120	1945-1954	3.099	5.240
1955-1964	6.732	5.901	1955-1964	7.794	9.004
1965-1974	12.102	11.732	1965-1974	14.238	13.336
1975-1984	14.368	24.820	1975-1984	15.481	27.594
1985-1994	4.502	5.415	1985-1994	4.529	5.928
1995-2004	16.833	6.404	1995-2004	14.959	7.312
2005-2014	15.046	5.652	2005-2014	4.611	2.332
> 2015	15.353	4.259	> 2015	0	0
TOTALEN	89.943	70.932		67.183	74.405



Grafiek 5: Leeftijd van het bouwenpark van de SHM's in 2020

3.2.2 De energetische staat van het patrimonium van de SHM's

Het Vlaamse ERP2020 verplicht de verduurzaming van het Vlaams woningenpatrimonium. In 2020 mogen er in Vlaanderen geen woningen met enkele beglazing, zonder dakisolatie of met weinig energiezuinige verwarmingssystemen meer zijn. Elke twee jaar worden de huisvestingmaatschappijen (SHM's) hierover bevraagd via een patrimoniumenquête. De gemiddelde EPC-waarde van een woning in Vlaanderen bedraagt 382 kWh/(m² jaar) (Statistiek-Vlaanderen, 8/06/2022). Grafiek 6 geeft de gemiddelde EPC-waardes van het patrimonium van de SHM's weer. Indien deze waardes vergeleken worden met de schema's voor renovatieplicht van het Vlaams Energie en Klimaatagentschap (VEKA), kan geconcludeerd worden dat het gros van het patrimonium en hierbij quasi alle gebouwen van 1946-2001 op z'n minst energetisch moeten gemoderniseerd worden. Om het gebouwenpark van de SHM's energetisch te moderniseren zullen de woningen ofwel energetisch gerenoveerd moeten worden ofwel afgebroken worden en opnieuw opgebouwd naar hedendaagse normen.



Grafiek 6: EPC-gemiddeld van het patrimonium van de SHM's



Figuur 7: Schema van het langetermijnpad voor eengezinswoningen (VEKA, 01/01/2023)



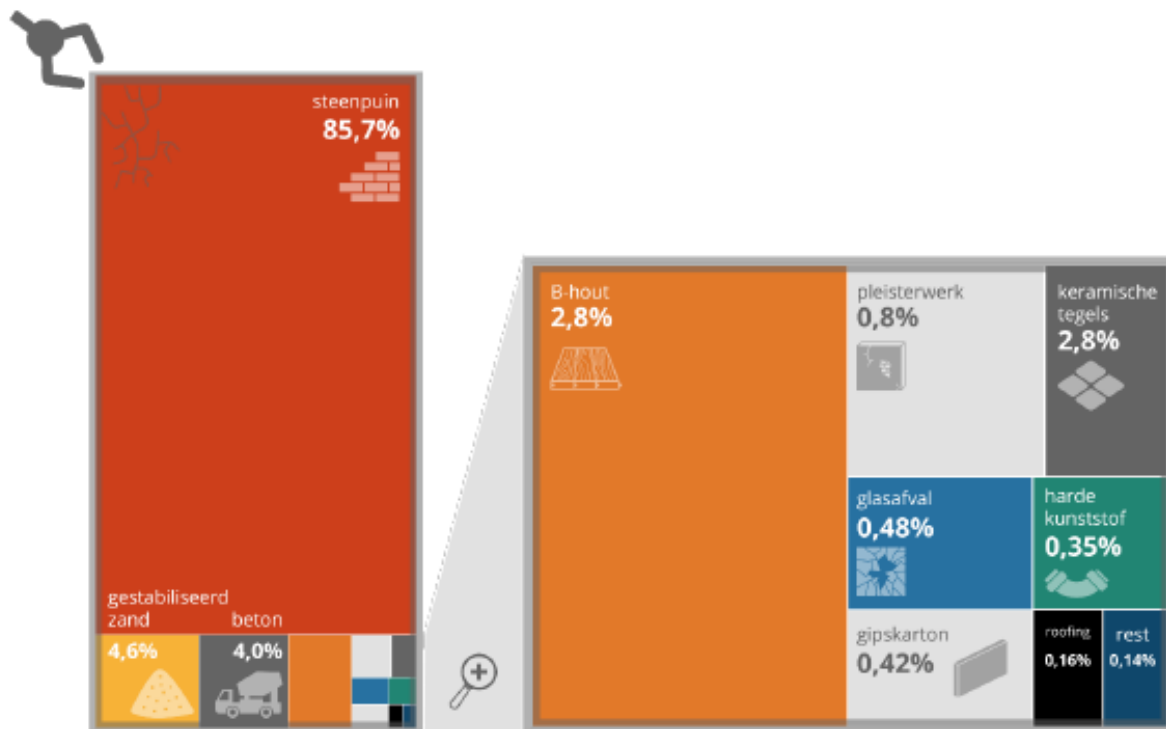
Figuur 8: Schema van het langetermijnpad voor appartementen (VEKA, 01/01/2023)

3.3 Materiaalgebruik in het Vlaams patrimonium

In de toekomst zal frequenter ingezet worden op de stedelijke ontginning. Hierbij zullen materialen geoogst worden uit de bebouwde omgeving en opnieuw hoogwaardig ingezet worden. Het doel hiervan is de milieu-impact van de bouwsector drastisch te verminderen. Er zijn drie bronnen voor de recuperatie van bouwmaterialen. Er is een markt voor hergebruikmaterialen waar de bouwelementen door gespecialiseerde bedrijven worden geleverd. De materialen kunnen op dezelfde locatie als het nieuwe project gebruikt worden, waarbij hergebruik in situ wordt toegepast. Een laatste mogelijkheid is het ontmantelen op een andere locatie (ex situ), waarbij transport en opslag noodzakelijk zijn. (FCRBE, 2020)

De bouwsector in Vlaanderen produceert 15 miljoen ton of 8,3 miljoen m³ bouw- en sloopafval per jaar. Proeftuin Circulair bouwen onderzocht welke materialen zich onderscheiden in het bouw- en sloopafval. Hiervoor werden elf proefwerven onderzocht om een beeld te schetsen van de realiteit.

De materialen die zich in een woning bevinden, kunnen opgesplitst worden in twee groepen: steenachtige en niet-steenachtige materialen. Volgens het onderzoek van Proeftuin Circulair Bouwen vertegenwoordigen de steenachtige materialen 95% van het materiaal in een kleine woning waar 235 ton materiaal aanwezig is. De verhoudingen zijn te zien in Figuur 9. De woningen die in deze masterproef onderzocht worden, zijn qua typologie en materiaalgebruik te vergelijken met de woning die onderzocht werd bij Proeftuin Circulair Bouwen. (OVAM, 2021)



Figuur 9: Verhoudingen materialen in een woning (OVAM, 2021)

4 Herbruikbare bouwmaterialen

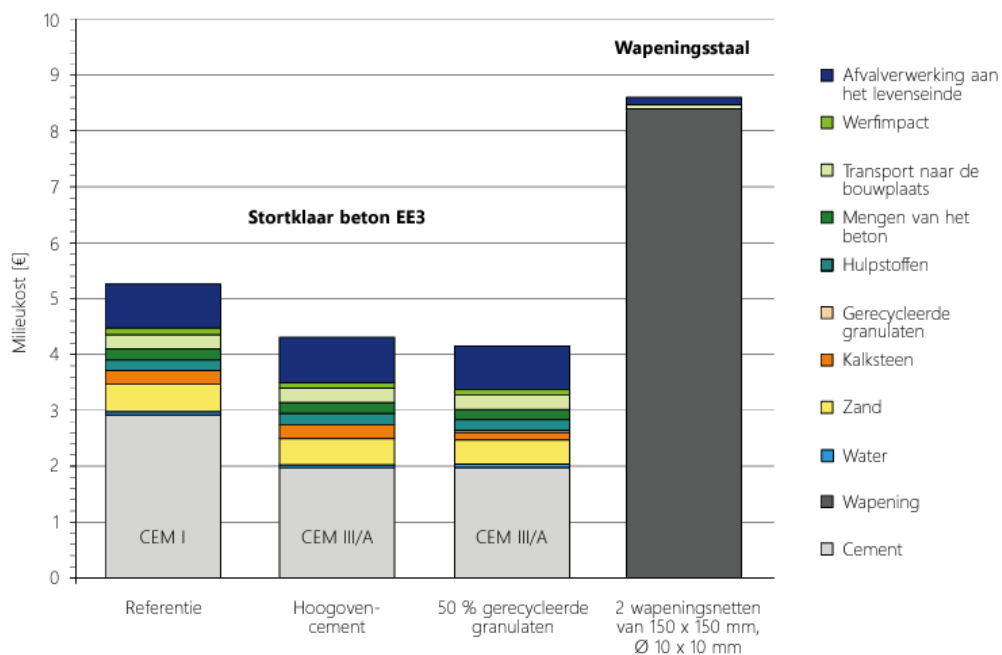
In dit onderdeel worden de mogelijkheden tot hergebruik van bouwmaterialen onderzocht. Er wordt onderscheid gemaakt tussen ruwbouwmaterialen, de bouwschil, binnenafwerking, schrijnwerk, bestrating en uitrusting. (Opalis, 2023d)

4.1 Ruwbouw

4.1.1 Beton

Beton kende zijn doorbraak na de intensieve periode van wederopbouw na de Tweede Wereldoorlog. De overheden steunden talloze uitvindingen en nieuwe bouwprocedures met ter plaatse gestort en prefabbeton, omdat ze er kans in zagen voor efficiëntieverbeteringen en kostenbesparingen. (FCRBE, 2021b)

Vandaag is beton het meest gebruikte bouw materiaal ter wereld of zelfs, na water, het meest gebruikte materiaal op aarde. (FCRBE, 2021b) Echter heeft beton meteen ook de grootste milieu-impact in de bouwsector. De milieu-impact houdt rekening met de volledige levenscyclus, van het ontginnen van de grondstoffen tot de afbraak en afvalverwerking aan het einde van de levensduur. In Grafiek 7 is de milieu-impact van een vloerplaat uit gewapend beton met een oppervlakte van 1 m² en een dikte van 15 cm voor verschillende samenstellingen weergegeven. (WTCB, 2020)



Grafiek 7: Milieu-impact van een vloerplaat uit gewapend beton (WTCB, 2020)

In de grafiek is te zien dat het wapeningsstaal en het cement veruit de grootste impact hebben. Bij het wapeningsstaal is dit vooral te wijten aan de invloed van de metalen op de indicatoren met betrekking tot de menselijke toxiciteit. Deze impact kan gereduceerd worden door het wapeningspercentage te optimaliseren. De grote impact van het cement gaat gepaard met de aanzienlijke CO₂-emissies tijdens de productie van de Portlandklinker, het hoofdbestanddeel van Portlandcement, alsook bij de afvalverwerking die veel energieverbruik en fijnstofvorming met zich meebrengt.

De milieu-impact kan in dit geval verlaagd worden door gebruik te maken van andere cementsoorten met een lager klinkergehalte. Bij het gebruik van gerecycleerde of hoogovencementen kunnen milieuwinsten van respectievelijk 60% en 20% bereikt worden. Vandaag de dag is er nog geen hergebruikproces van cement beschikbaar. (WTCB, 2020)

Beton is vandaag op de hergebruikmarkt terug te vinden onder de vorm van straatstenen of klinkers die afkomstig zijn van de bewerking (verzagen) van betonnen constructie-elementen. Betonnen constructie-elementen zelf zijn tot op heden niet terug te vinden op de hergebruikmarkt. Om die reden wordt bij het hergebruik van beton geopteerd om de betonnen constructie van een gebouw te behouden en daar een nieuwe schil rond te bouwen. (FCRBE, 2021a)

Toepassing 1: Zie toepassing 1 bij Structureel staal.

Toepassing 2: Renovatieproject kantoorgebouw Kortrijk



Figuur 10: Renovatieproject kantoor Kortrijk

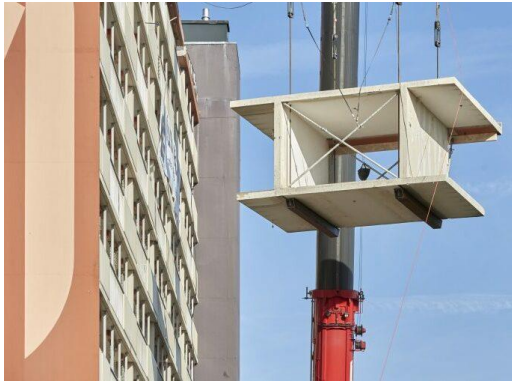
Type hergebruik: Op dezelfde locatie (in situ)

Hergebruik van: Draagstructuur: ter plaatse gestorte kolommen en ribbenvloeren

Dit project betreft de renovatie van een bestaand kantoorgebouw in Kortrijk tot een duurzaam pilotproject van de Vlaamse Overheid. Het gebouw heeft een vloeroppervlak van 2000 m² en werd volledig gestript tot de initiële draagstructuur, dewelke bestaat uit ter plaatse gestorte betonnen kolommen en ribbenvloeren. Rond de bestaande draagstructuur werd een nieuwe buitenschil geplaatst, bestaande uit schrijnwerk en een onafhankelijke prefab betonstructuur van verticale kokers en horizontale luifels. De nieuwe buitenschil heeft een eigen fundering en gebruikt de initiële draagstructuur enkel voor de horizontale stabiliteit. (Geers & Severen, 2020)

Dit project is uitgevoerd onder toezicht van architect OFFICE Kersten Geers David Van Severen bvba en heeft in 2021 de Outstanding Precast prijs gewonnen. De Outstanding Precast prijs wordt georganiseerd door FEBE en focust elk jaar op een bijzonder aspect, wat in 2021 duurzaamheid was. (FEBE, 2021)

Toepassing 3: Drie circulaire proefwoningen in Kerkrade



Figuur 11: Hergebruik van betonelementen uit flatgebouw

Type hergebruik: Op een andere locatie (ex situ)

Hergebruik van: Deel van betonnen hoogbouwflat
betonblokken gemaakt uit gebroken betonelementen

In het circulaire SUPERLOCAL-project in Kerkrade zijn delen van een bestaand hoogbouwflat los gezaagd en eruit gehesen. Het uitgehesen materiaal, samen met ander sloopmateriaal, is gebruikt om drie circulaire woningen te bouwen. Een voorbeeld van één van deze woningen is te zien in Figuur 11. De basis van deze woning is een uit de flat gehesen appartement. De woning wordt aangevuld met van gerecycled beton gemaakte blokken. De buitengevel van deze testwoning bestaat uit gemetselde betonblokken. (SUPERLOCAL, 2020)

4.1.2 Structureel staal

Er bestaan tal van handelsvormen van stalen elementen in de bouw en iedere vorm kent zijn eigen toepassing. In wat volgt wordt dieper ingegaan op stalen elementen die gebruikt worden als ligger in een woning om een overspanning te creëren, omdat dit de enige elementen zijn die in de cases van deze masterscriptie voorkomen.

Stalen liggers worden gebruikt als afzonderlijke dragende verticale of horizontale elementen. Ze zijn vaak eenvoudig te ontmantelen door hun bout-moer verbindingen. Echter is momenteel staal in België nog niet volledig geïntegreerd in de hergebruikmarkt. Dit komt omdat schroothandelaars een goede prijs bieden voor de recyclage van het staal. Nochtans heeft de productie van nieuwe elementen, zelfs wanneer ze gerecycleerd staal bevatten, een grote milieu-impact. De stalen elementen die vandaag op de hergebruikmarkt terug te vinden zijn, zijn afkomstig van industriële toepassingen, zoals hangars en productiehallen. Ze worden nauwelijks als compleet bouw pakket aangeboden, maar wel in onderdelen van de constructie of elk afzonderlijk. (Opalis, 2023f)

Alvorens stalen liggers gerecupereerd kunnen worden, wordt door een deskundige een voorafgaand onderzoek uitgevoerd. Hij controleert de algemene staat van de elementen, de plaatsings- en verbindingmethode, de commerciële waarde van de elementen en de logistieke omstandigheden op de werf. Op basis van die factoren oordeelt de deskundige of het al dan niet haalbaar en rendabel is om de stalen elementen te hergebruiken. (FCRBE, 2021g)

Bij de ontmanteling van volledige stalen constructies is een goede coördinatie noodzakelijk om de veiligheid van de werknemers en de integriteit van de liggers te waarborgen. De elementen die verbonden zijn met een bout-moerverbinding kunnen mechanisch gedemonteerd worden.

Lasverbindingen worden zo dicht mogelijk bij de las doorgesneden om een zo groot mogelijke lengte van het element te bewaren. Bij deze handelingen is het belangrijk om rekening te houden met de plastische vervorming van bouten onder te grote spanningen en het plotseling bezwijken van lasverbindingen. Tijdens de demontage is het aangeraden om voortdurend ondersteuning te voorzien met behulp van hefwerktuigen. (FCRBE, 2021g)

Na de ontmanteling worden de elementen grof gereinigd. De ligger wordt ontdaan van mortelresten. Hulpstukken, zoals verstijvingsribben of verbindingselementen die hinderlijk zijn voor het verplaatsen, worden gedeeltelijk of volledig verwijderd. (FCRBE, 2021g)

Liggers afkomstig uit wooneenheden kunnen meestal direct na reiniging hergebruikt worden, hoewel liggers uit grotere constructies vaak nog bewerkingen moeten ondergaan. Het is mogelijk om liggers te verzagen tot een gewenste lengte of het aanbrengen of verwijderen van extra toepassingen, zoals draadtappen, lassen van elementen, boringen, etc... Er kunnen coatings aanwezig zijn die vernieuwd, hersteld of verwijderd moeten worden. (FCRBE, 2021g)

Er zijn beperkingen tot het hergebruik van stalen liggers in volgende gevallen:

- Liggers die blootgesteld werden aan extreme puntbelastingen, zware schokken of brand
- Liggers die vermoeiing vertonen
- Liggers afkomstig van extreme toepassingen (bv. Blootgesteld aan radioactiviteit)
- Liggers met een aanzienlijke afname van hun dwarsdoorsnede door corrosie
- Liggers met zichtbare (of vermoedelijke) tekenen van plastische vervorming
- liggers die vóór 1970 zijn vervaardigd, aangezien hun samenstelling wellicht niet voldoet aan de hedendaagse staalnormen (FCRBE, 2021g)

Toepassing 1: Parkeergarage dierenpark Amersfoort



Figuur 12: Parkeergarage Reinier de Graaf (links) en dierenpark Amersfoort (rechts) (Nedam, 2023)

Type hergebruik: Op een andere locatie (ex situ)

Hergebruik van: 95% van het staal en de betonnen vloerplaten

Om de 900 000 bezoekers die jaarlijks afzakken naar het dierenpark in Amersfoort een parkeergelegenheid te bieden, is er in 2019 een parkeergarage van 3 verdiepingen hoog gebouwd. Volledig modulair, demontabel en circulair, want de parkeergarage deed eerder dienst aan het Reinier de Graaf Ziekenhuis in Delft. Maar liefst 95% van het staal en de betonnen vloerplaten zijn geïntegreerd in de nieuwe parkeergarage. Later is er nog een 4^{de} verdieping op gemonteerd, waar nog eens 955 auto's extra kunnen staan. (Nedam, 2023)

Toepassing 2: Vliegtuighangar wordt busterminal



Figuur 13: Nieuwe busterminal met onderdelen van een vliegtuighangar uit WO II (Opalis, 2023g)

Type hergebruik: Op een andere locatie (ex situ)

Hergebruik van: 24 stalen spanten en originele bouten en moeren ($\pm 17\ 000$ stuks)

Een Britse T2-hangar uit de tweede wereldoorlog werd volledig gedemonteerd. Na restauratie van de elementen, werden ze gebruikt als onderdelen voor de overkapping van het openbaar vervoer knooppunt in Schiphol Noord. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de hergebruikelementen en de nieuwe onderdelen door de originele spanten roestbruin te kleuren. De nieuwe onderdelen, zoals windverbanden en gordingen, zijn grijs gekleurd. (Opalis, 2023g)

4.1.3 Structureel hout

De term constructiehout vertegenwoordigt een groot aandeel elementen. Er zijn verschillende afmetingen, houtsoorten, behandelingen, toepassingen, etc. In deze masterthesis wordt dieper ingegaan op massieve houten constructie-elementen met een rechthoekige dwarsdoorsnede, zoals ze in de te behandelen cases zullen voorkomen. Ze kunnen afkomstig zijn van dakgebinten, verdiepingvloeren en scheidingswanden in de vorm van spanten, balken en kepers. De houten elementen worden voor de demontage getest met de testen besproken in Tabel 7 op de haalbaarheid voor hergebruik. (Opalis, 2023e)

Tabel 7: Testen voor structureel hout

Test	Beschrijving
Visuele inspectie	Het hout wordt gecontroleerd op: <ul style="list-style-type: none">• Kruip• Natuurlijke gebreken (kwasten)• Spinthout• Spletten en barsten• Houtaantastingen• Schimmelplekken, vochtplekken en verkleuring• Oxidatie van de metalen verbindingen
Meting met resistograaf	Metten van de sterkte, dichtheid en hardheid
Test met een schroevendraaier	Er wordt lokaal afschilfering veroorzaakt: Breuk langs vezels → gezond hout Breken in kleine stukjes → rot hout
Test met rubberen hamer	Zacht op het hout tikken om de aanwezigheid van holle of rotte plekken te lokaliseren
Vochtigheidsmeter	Metten van de vochtigheid

De demontage van de elementen dient zorgvuldig en doordacht te gebeuren zodat de gehele constructie niet instort. Gelijksoortige elementen worden gegroepeerd, genummerd en correct geïdentificeerd om de homogeniteit en traceerbaarheid te garanderen. Ze worden beschermd tegen weersinvloeden en gestockeerd op dwarsdragers, zodat er geen contact is met de grond. (FCRBE, 2021d)

Naargelang het toekomstige doel van de houten elementen is het al dan niet noodzakelijk om bewerkingen op het hout uit te voeren. De meest voorkomende bewerking is het verwijderen van spijkers, schroeven en andere metalen elementen. Dit kan met behulp van een tang of pneumatische drevel. Het is een tijdrovend proces, maar is noodzakelijk voor de verdere bewerking van het hout, want anders kunnen machines beschadigd raken door het metaal. Mogelijks worden bijkomende bewerkingen uitgevoerd zoals een oppervlaktereiniging met een borstel, het drogen van het hout indien het vochtgehalte te hoog is of een klasse-indeling om ervoor te zorgen dat het gerecupereerde hout voldoet aan de eisen van de toekomstige toepassing. (FCRBE, 2021d)

De houten elementen kunnen hergebruikt worden voor hetzelfde of een ander doeleinde op dezelfde of een andere locatie. In veel gevallen is het enkel mogelijk om het hout voor toepassingen met lagere eisen dan de originele te hergebruiken. Een laatste mogelijkheid is het maken van meubels of sierbalken met het gerecupereerde hout. (FCRBE, 2021d)

Toepassing: Omega Center for Sustainable Living



Figuur 14: Omega Center for Sustainable Living (Opalis, 2023c)

- Type hergebruik:** Op een andere locatie (ex situ)
- Hergebruik van:** Cipress balken afkomstig van champignonkwekerijen
Beuken planken: 50 m²
Constructiehout en multiplexplaten: 43 m³
Houten binnendeuren

Bij dit project werd een grote hoeveelheid hergebruikt hout gebruikt. 90 % van het gebruikte hout is gerecupereerd hout gewonnen uit andere projecten. In de Amerikaanse bouwsector wordt veelvuldig gebruik gemaakt van hout. Mede hierdoor is er een zeer uitgebreide markt voor gerecupereerd hout. (Opalis, 2023c)

4.1.4 Dragend metselwerk

Er worden twee types dragend metselwerk onderscheiden zijnde baksteen (recupsteen, boerkes, ...) en blokken (snelbouwsteen, betonblokken, ...). Het hergebruik van bakstenen is analoog aan 4.2.1 Gevelmetselwerk. Daar blokken steeds aan elkaar bevestigd zijn door middel van een cement- of lijmverbinding zijn deze quasi onmogelijk in hun geheel te hergebruiken. Een lijmverbinding is moeilijker te demonteren dan een cementverbinding, omdat deze dunner en sterker is. Dragend metselwerk is vaak afgeschermd van de invloeden van buitenaf, waardoor het in goede staat verkeert en hergebruik van de volledige ruwbouw de meest ideale oplossing is.

Tot op heden worden enkel gerecupereerde bakstenen gebruikt voor decoratief, niet-dragend binnen- of buitenmetselwerk. (FCRBE, 2021h) Grote spelers zoals Wienerberger malen keramisch bouwpuin als secundaire grondstof om tegemoet te komen aan de duurzaamheidsvisie van de Vlaamse Overheid inzake materiaalgebruik en emissiereductie in de bouwsector. (Wienerberger, 2018)

4.2 Bouwschil

4.2.1 Gevelmetselwerk

Baksteen staat erom gekend dat het beter tegen invloeden van de buitenomgeving kan dan staal en beton. Door de grote vraag ontstond er zeer lokaal productie van de baksteen. De afmetingen, uitzicht en kleur zijn afhankelijk van het type klei en de oventemperatuur. Het type klei varieert met de loop van de rivier en zo ontstonden er veel regio's met elk hun type baksteen. Deze variëteit is vandaag nog te zien in het aanbod van de leveranciers en op de hergebruikmarkt. (Opalis, 2023a)

Volle bakstenen die met een zachte mortel, zoals kalkmortel, gemetseld zijn, kunnen eenvoudig gerecupereerd worden. Echter werd vanaf begin de 20^{ste} eeuw het gebruik van mortels op cementbasis en later ook lijm mortels ingevoerd. Deze types mortel zorgen voor een snellere uitvoering en hebben, in tegenstelling tot kalkmortel, een hogere aanvangssterkte en sterkere hechting, waardoor het schoonmaken van de steen moeilijker wordt. Bij het gebruik van holle of geperforeerde bakstenen hangen de stenen vaster aan elkaar. Deze factoren zorgen ervoor dat het vaak minder efficiënt is om de steen te hergebruiken in plaats van te recyclen. (KNB, 2018) De plaats waar de stenen origineel toegepast waren, kan ook een beperking zijn voor het hergebruik ervan. Zo zijn bakstenen die gebruikt zijn in stallen (ammoniak), regenputten (water) en schoorstenen (roet) niet geschikt voor hergebruik, omdat ze tijdens hun gebruiksfase permanente schade hebben opgelopen door verontreiniging. (FCRBE, 2021h)

In veel gevallen wordt een demontage- en reinigingsproef uitgevoerd op een steekproef van bakstenen om de mogelijkheden voor hergebruik in te schatten. Een deskundige kan aan de hand van plannen, foto's of een bezoek inschatten hoe rendabel het is om de bakstenen te hergebruiken. Hij houdt rekening met de algemene staat en de commerciële waarde van de stenen en de logistieke omstandigheden op de werf. Ter plaatse is het mogelijk om bijkomende testen uit te voeren om het hergebruikpotentieel verder te onderzoeken. Ze worden weergegeven in Tabel 8. (FCRBE, 2021h)

Tabel 8: Testen om het hergebruikpotentieel te onderzoeken (FCRBE, 2021h)

Test	Beschrijving
Karstenbuis	Het meten van de waterabsorptie van bakstenen
Vochtmetor of calcium carbide test	Het vochtgehalte van de bakstenen meten om de porositeit na te gaan
Rebound sclerometer	De druksterkte of hardheid van de baksteen op een niet-destructieve manier nagaan
Platte cilinder	Een schatting maken van de drukspanningen
Indicatorstrips	Aanwezigheid van oplosbare zouten opsporen

Voor de demontage wordt de oppervlaktebekleding, zoals pleisterwerk, verwijderd met behulp van een beitcl of breekhamer. Vervolgens gebeurt een manuele ontmanteling bij kleinere volumes en een machinale ontmanteling met behulp van een grijpkraan voor grotere volumes. Bij het reinigen van de stenen worden ze gesorteerd aan de hand van controles die besproken worden in Tabel 9. (FCRBE, 2021h)

Tabel 9: Testen uitgevoerd tijdens het reinigen van de stenen (FCRBE, 2021h)

Test	Beschrijving
Visueel	Stenen met aanzienlijke schade worden weggegooid. Minstens één strek en één kop moeten in goede staat zijn.
Olfactorisch	Stenen met een vieze geur (ammoniak, mazout, etc.) worden weggegooid.
Auditief	Er wordt met een hard voorwerp een tik gegeven op de steen. Klinkt deze dof, dan is hij poreus en moet hij weggegooid worden. Een helder geluid wijst erop dat de steen intact is.
Mechanisch	Er wordt over de stenen gewreven. Bij afschilfering wijst dit op een poreuze steen en dient deze weggegooid te worden.

De bakstenen worden verspringend op pallets gestapeld en met krimpfolie omwikkeld. Wanneer de stenen worden toegepast voor hergebruik in situ kunnen ze ook op een vlakke droge grond bewaard worden. Ze moeten te allen tijde beschermd zijn tegen weersomstandigheden, stof en opstijgend vocht uit de grond. (FCRBE, 2021h)

Toepassing 1: Wooncomplex “Vandergoten” in Laken



Figuur 15: Wooncomplex "Vandergoten" in Laken

Type hergebruik: Op dezelfde locatie (in situ)

Hergebruik van: 2000 m² gevelbaksteen van een opslaggebouw

In de omgeving van het Bockstaelplein in Laken is een opslaggebouw uit de jaren 50, gelegen tussen twee spoorlijnen, omgetoverd in een wooncomplex van 53 appartementen met 1 tot 4 slaapkamers. Echter is het opslaggebouw niet helemaal verdwenen, want de gevelstenen werden teruggewonnen en hergebruikt in de gevel van het wooncomplex. Niet enkel de gevelstenen zijn achtergebleven, maar ook het volume van de nieuwbouw en het ritme van de ramen zijn geïnspireerd op het oude gebouw. (Aerts, 2021)

Dit project werd mogelijk gemaakt door architectenbureau R2D2 en bouwheer Eiffage Développement. Het won in 2018 de BeCircular projectoproep. De projectgroep ondersteunt ondernemingen die sterk inzetten op circulariteit door hen financieel bij te staan bij innovatieve projecten. (GOB, 2020)

Toepassing 2: DNA-woning



Figuur 16: DNA-woning (Opalis, 2023b)

Type hergebruik: Op een andere locatie (ex situ)

Hergebruik van: 50 m³ bakstenen

In de DNA-woning was het de bedoeling van de architecten om de woning zo te ontwerpen dat het project binnen de bouwschil gemakkelijk kon worden aangepast. Dit bracht moeilijkheden met zich mee omtrent de eisen voor isolatie en luchtdichtheid. De oplossing hiervoor is om langs de buitenschil, opgetrokken uit recuperatiebakstenen, een tweede structuur te voorzien bestaande uit een houten geraamte. Het houten geraamte zorgt voor de isolatie en de luchtdichtheid van het gebouw. Enkel het dak rust op de gevelmuren. De verdiepingen staan er los van zodat een doorlopende isolatie kon worden aangebracht. (Opalis, 2023b)

4.2.2 Dakpannen

Dakpannen kennen hun toepassingen als gevelbekleding en dakbedekking van hellende daken en verzekeren onder normale omstandigheden de waterdichtheid van de constructie. Ze worden vervaardigd door het bakken van een kleimengsel op een temperatuur van 1000 tot 1100 °C gedurende 12 tot 48 uur. De technische eigenschappen van de pannen zijn afhankelijk van de samenstelling van het kleimengsel, de baktemperatuur en de afwerkingstechniek. De mogelijke afwerkingstechnieken zijn weergegeven in Tabel 10. (FCRBE, 2021c)

Tabel 10: Afwerkingstechnieken van dakpannen (FCRBE, 2021c)

Afwerkingstechniek	Handeling	Eigenschappen
Onbehandeld		Rood, mat en licht ruw
Geëngobeerd	Na het drogen wordt een fijne, vloeibare kleilaag met metaaloxiden of pigmenten aangebracht	Donkerrood, bruin of zwart Mat of zijdeglanzend
Geglazuurd	Na het drogen wordt een glazuursuspensie, bestaande uit silicaten en metaaloxiden, aangebracht.	Rood, bruin of zwart Mat of glanzend in verschillende tinten Glad, weinig poreus en goed bestand tegen vuil, mossen en algenbloei
Donkere scherf	Klei wordt gekleurd door toevoeging van mangaanoxide.	Over de gehele dikte zwart Eventuele oppervlakteschade is weinig of niet zichtbaar
Gesmoord	Smoren is het beperken van zuurstof tijdens het bakproces	Blauwgrijs
Beschermende behandelingen	Gerecupereerde dakpannen kunnen tijdens hun eerste gebruik geverfd zijn of behandeld met een waterafstotende laag	

De recuperatie van de kleidakpannen kan zowel in situ als via professionele hergebruikhandelaars (ex situ). Het model, de grootte en de staat van het algemene lot zijn factoren die de hergebruikwaarde bepalen. Een deskundige bepaalt het hergebruikpotentieel op basis van foto's of een bezoek ter plaatse. Hij houdt hierbij rekening met de algemene staat, de bevestigingsmethode en de commerciële waarde van de dakpannen. Bijkomend worden de nodige veiligheidsvoorzieningen en de logistieke omstandigheden op de werf in acht genomen. (FCRBE, 2021c)

De demontage dient zorgvuldig te gebeuren om de integriteit van de dakpannen te waarborgen. Tijdens de demontage worden pannen met zichtbare gebreken meteen geëlimineerd. Onzichtbare gebreken aan de dakpan worden opgespoord met behulp van een klanktest. Er wordt met een hard voorwerp een tik tegen de dakpan gegeven. Een dakpan met interne schade maakt een dof geluid, terwijl een onbeschadigde dakpan een helder geluid nabootst. De pannen die geschikt zijn voor hergebruik worden gesorteerd op model, afmetingen, kleur en eventuele afwerkingstechniek. Gerecupereerde dakpannen worden op hun zijkant in palletkooien gestockeerd. Dit beperkt het risico op een breuk en voorkomt waterstagnatie op de pannen, die een negatieve invloed kunnen hebben op de porositeit en de technische eigenschappen. De enige behandelingen die de pannen ondergaan tussen het demonteren en het opnieuw plaatsen, is mossen, algen of vuil verwijderen met een zachte borstel of via een stoomreiniging. Het is uit den boze om de pannen te reinigen met een hogedrukreiniger, daar het hun oppervlak ernstig kan beschadigen waardoor de pan poreuzer wordt en de waterdichtheid negatief kan beïnvloeden. Hoe poreuzer de dakpan, hoe sneller algen en mossen kunnen aanhechten. (FCRBE, 2021c)

Toepassing: Verbouwing van een pakhuis tot eengezinswoning en kunstatelier



Figuur 17: Verbouwing van een pakhuis tot eengezinswoning en kunstatelier

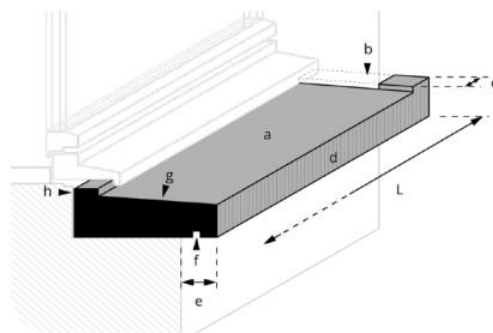
Type hergebruik: in situ en ex situ

Recuperatie van: Dakpannen en terrastegels
Leuningen, tegels en stenen

Het project betreft de transformatie van een oud pakhuis, gebouwd tussen 1900 en 1970, tot een eengezinswoning en een gedeeld kunstatelier. De bestaande structuur wordt zoveel als mogelijk behouden en verstevigd om verspilling van bouwmaterialen te beperken. Bijkomend hergebruiken ze de dakpannen en terrastegels van het gebouw toen het zijn functie kende als pakhuis. Bij dit project zijn de leuningen, tegels en stenen afkomstig van de werken aan Paleis des Exposition in Charleroi. (Agwa, 2020)

4.2.3 Dorpels

Natuurstenen dorpels worden gebruikt aan de onderkant bij deur- en raamopeningen langs de buitenzijde van de bouwschil. Ze worden ontworpen zoals te zien in Figuur 18. Om de waterdichtheid en waterafvoer te garanderen, wordt de dorpel voorzien van een uitsprong (e), druiprand (f), helling van het bovenzvlak (g) en een opkant (h). Om de stevigheid van het bouwwerk en het kantelen van de dorpel te voorkomen, wordt hij op een mortelbed gelegd en langs beide zijden minstens 5 cm in het metselwerk ingewerkt. (FCRBE, 2021e)



Figuur 18: Geometrie van een natuurstenen dorpel (FCRBE, 2021e)

Natuursteen is een zeer sterk en duurzaam materiaal, waardoor het hergebruik van deze elementen interessant wordt. De demontage van een dorpel kan van start gaan nadat het raam of de deur verwijderd is. De dorpel wordt eerst losgemaakt van het metselwerk met behulp van geschikt gereedschap (bv. een trilhamer, pneumatische beitel of slijptol) voordat hij uit zijn sparring wordt gehaald.

Deze stap is weergegeven in Figuur 19. Als de dorpel is vrijgemaakt, kan hij met de juiste zorg uit het metselwerk gehaald worden. Bij deze handeling is het belangrijk om rekening te houden met het gewicht ($\pm 2,5 \text{ g/cm}^3$) en de aanwezigheid van witte nerven of aders die voor barsten of breuken kunnen zorgen. (FCRBE, 2021e)



Figuur 19: Dorpel vrijgemaakt van het metselwerk (FCRBE, 2021e)

Na de demontage van de dorpel, worden de mortelrestanten verwijderd met een borstel en water of eventueel met een geschikt mes. Beschadigde dorpels kunnen gerepareerd worden met minerale mortel of stenen inzetstukken. De sortering van de gerecupereerde elementen gebeurt volgens kwaliteit, kleur en grootte. De dorpels met standaardafmetingen kunnen vaak na reiniging meteen hergebruikt worden. Andere elementen zullen één of meerdere bewerkingen moeten ondergaan. De mogelijke bewerkingen zijn weergegeven in Tabel 11. (FCRBE, 2021e)

Tabel 11: Bewerkingen natuurstenen dorpels

Bewerking	Handeling
Zagen	De afmetingen van de dorpel aanpassen of de zijden vlak en verticaal maken
Behouwen en mechanisch bewerken	Profiel en de randen van de dorpel bijwerken of corrigeren
Afwerking	Het uitzicht van de dorpel aanpassen door: <ul style="list-style-type: none"> - Slijpen - Schuren - Verzoeten - Frijnen - Punthameren - Vlammen

In afwachting tot herbestemming worden de dorpels buiten opgeslagen en met spanbanden vastgezet op pallets. Metalen spanbanden worden vermeden, omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken. De dorpels worden horizontaal op elkaar gestapeld met een houten afstandshouder tussenin, zodat de elementen onderling geen beschadigingen oplopen door wrijving. De houten afstandshouder moet onbehandeld, droog en vrij zijn van looistoffen die vlekken op de dorpels kunnen veroorzaken. (FCRBE, 2021e)

4.2.4 Vensterbanken

Vensterbanken zijn tamelijk dunne en langwerpige platen die horizontaal geplaatst worden onder vensteropeningen, op schoorstenen en boven radiatoren. Ze kunnen vervaardigd worden uit natuursteen, kunststof en composieten. (FCRBE, 2021f)

- **Natuursteen**

Natuursteen staat erom gekend dat het een sterk en duurzaam materiaal is, waardoor het materiaal interessant is voor hergebruik. Veel voorkomende soorten natuursteen voor vensterbanken zijn marmer, graniet en blauwe hardsteen. De vensterbanken uit natuursteen zijn vaak vlakke platen, waardoor het mogelijk is om ze te hergebruiken voor een andere toepassing (bv. muurbekleding). Een voorbeeld van het gebruik van een natuurstenen vensterbank in de case Westveld is te zien in Figuur 20. (FCRBE, 2021f)



Figuur 20: Natuurstenen vensterbank in Westveld

- **Kunststof**

Kunststoffen vensterbanken zijn lichte elementen die beschikbaar zijn in verschillende vormen en kleuren. De meest voorkomende kunststof die hiervoor gebruikt wordt, is polyvinylchloride (PVC). Door het lichte gewicht zijn ze makkelijk te (de)monteren. Een voorbeeld van het gebruik van een PVC-vensterbank is te zien in Figuur 21.



Figuur 21: PVC-vensterbank in Canteclaerwijk, Cobberstraat 12

- **Composieten**

Een composiet is een samengesteld materiaal. Voor vensterbanken gaat het vaak om kwartscomposiet en marmercomposiet. Deze zijn samengesteld uit kwarts- of marmergranulaten, harsen en kleurpigmenten. Met deze samengestelde materialen kunnen verschillende afwerkingen nagebootst worden zoals marmer, arduin en beton. Kwartscomposiet is een kras- en slijtvast materiaal, terwijl marmercomposiet gevoelig blijft voor krassen en aantasting. Een voorbeeld van het gebruik van een vensterbank in marmercomposiet is weergegeven in Figuur 22.



Figuur 22: Marmercomposiet vensterbank in Canteclaerwijk, Tijbaartstraat 8

- **Demontage vensterbanken**

De demontage van vensterbanken wordt voorafgegaan door een demontagetest die de haalbaarheid en de rentabiliteit van de demontage inschat. Hierbij worden de staat, de commerciële waarde en de logistieke omstandigheden nagegaan door een deskundige. (FCRBE, 2021f)

Het demonteren begint bij het verwijderen van de kitvoegen tussen het raam en de vensterbank met behulp van een snijmes. Vervolgens worden de ingewerkte uiteinden vrijgemaakt door de bepleistering en het metselwerk te breken. Om het tablet los te wrikken, wordt gebruik gemaakt van een hefboom. Dit moet met de juiste zorg gebeuren want met te veel kracht, zal het element breken. Als het tablet los zit, kan het horizontaal verwijderd worden. Naar gelang de nieuwe toepassing van de vensterbanken kunnen ze gereinigd en gezaagd worden of kan er eventueel een andere afwerking aangebracht worden. (FCRBE, 2021f)

Toepassing: Glacier Gaston, Brussel



Figuur 23: Toonbank uit hergebruikte marmeren tabletten

Type hergebruik: Op een andere locatie (ex situ)

Hergebruik van: Verschillende marmeren tabletten

Interieurarchitect Lionel Jadot heeft het ijsalon ‘Glacier Gaston’ een nieuw kleurrijk interieur bezorgd. Hierbij worden de marmeren tabletten hergebruikt als bekleding van de toog. Ze zijn afkomstig van verschillende bouwerven en verlaten plekken. (Agboton, 2023)

4.3 Binnenafwerking

Het sociale huisvestingpatrimonium kent drie grote groepen op vlak van vloerbedekking. De Vinylvloeren, linoleumvloeren en anderzijds de tegelvloeren.

4.3.1 Vinylbevloering

Vinylbevloering is een type vloerbedekking dat bestaat uit synthetische materialen zoals PVC en glasvezel. Het is duurzaam, waterbestendig en gemakkelijk te onderhouden. Vinylbevloering kan worden geïnstalleerd op bijna elk type ondergrond en is beschikbaar in verschillende kleuren en patronen, waardoor het een veelzijdige optie is voor elk interieur. De kostprijs van vinylbevloering is relatief laag in vergelijking met andere vloerbedekkingen en kan gemakkelijk worden geïnstalleerd zonder speciaal gereedschap. Voorbeelden van vinyltoepassingen zijn zichtbaar in Figuur 24 en Figuur 25.



Figuur 24: Vinyltegels in Cobbestraat 12



Figuur 25: Vinyl in Open Veld

- **Hergebruikmogelijkheid vinyl:**

Vinylbevoering is moeilijk te hergebruiken door minstens vier redenen. Enerzijds is de initiële kostprijs van vinyl zeer laag, dus loont het niet om arbeid te verrichten om deze voorzichtig te verwijderen. Vinyl is bevestigd met lijm en dus moeilijk zonder schade te demonteren. Dikwijls is vinyl bevestigd met asbesthoudende lijm of bevat het vinyl zelf asbestvezels. De toestand van vinyl na 20-50 jaar intensief gebruik is op z'n minst slecht. Op basis van deze argumenten is vinyl geen logisch hergebruik product. (V. & P., 2011)

4.3.2 Linoleumbefloering

Linoleum is een vloerbedekking gemaakt van natuurlijke materialen zoals lijnzaadolie, houtmeel en kurk. Het is duurzaam en gemakkelijk te onderhouden. Linoleum is verkrijgbaar in verschillende kleuren en patronen. In tegenstelling tot bij vinylbevoering bevat linoleum nooit asbest. Het linoleum kan wel bevestigd zijn met een asbesthoudende lijm. (Silveira, 2016)

4.3.3 Tegelbevoering

Tegels worden vaak gebruikt als bevoering vanwege hun duurzaamheid, esthetiek en onderhoudsgemak. Ze zijn bestand tegen slijtage, beschikbaar in verschillende kleuren en patronen en kunnen gemakkelijk worden gereinigd. Vanwege de duurzaamheid, het onderhoudsgemak en de vochtbestendigheid worden tegels vaak gebruikt als bevoering en muurbezetting in vochtige ruimtes zoals badkamers en keukens. Enkel de drie meest voorkomende types tegels worden hier beschreven, zijnde de keramische tegels, terracotta tegels en tegels op basis van cement. Op basis van vormgeving worden twee types tegels beschouwd: geperste en getrokken tegels. Geperste tegels bestaan uit een bevochtigde poedermengeling en worden onder hoge druk in een mal geperst tot het gewenste formaat. Getrokken tegels ontstaan uit een geknede grondstofpasta die door een trek- of duwbak getrokken wordt. De trek- of duwbak zorgt voor de vorm van de tegel en moet telkens op maat worden afgesneden. (FCRBE-partnerschap, 2021c)

- **Tegels op basis van cement**

Beschrijving:

Dit type tegels wordt geproduceerd op basis van een mengsel uit gekleurd cement en zand dat wordt vorm gegoten en geperst. Hierna worden de tegels gedroogd zonder te bakken. Sommige tegels bevatten steenachtig granulaat in de slijtvaste bovenlaag of doorheen de volledige doorsnede. Cementtegels zijn dankzij het uitgehard cement bestand tegen druk, schokken en vervormingen. Door hun samenstelling zijn ze poreus, wat tot gevolg heeft dat cementtegels gevoelig zijn voor vorst, zuur en vlekken. De meest voorkomende vierkante cementtegels hebben nominale afmetingen van 10 x 10 cm (dikte 10 mm) en 20 x 20 cm of 25 x 25 cm (dikte 15-40 mm). Er worden twee types onderscheiden naargelang de samenstelling van de slijtlaag (zichtbare laag). De eigenschappen van de twee types zijn weergegeven in Tabel 12 en het verschil in uiterlijk wordt gevisualiseerd in Figuur 26 en Figuur 27. (FCRBE-partnerschap, 2021e)

Tabel 12: Types Cementtegels (FCRBE-partnerschap, 2021e)

		Cement tegels	Terrazzo tegels
Enkellaagse samenstelling		Wit of grijs cement, steenpoeder en kleurpigment.	Aangepast granulaat van steenpoeder, korrels en scherven, omgeven door een grijze of witte cementpasta en kleurpigment.
Dubbellaagse samenstelling	Slijtlaag (zichtbare laag)	Gelijkaardig samengesteld aan enkellaagse. ± 4 mm dik	Gelijkaardig samengesteld aan enkellaagse
	Onderlaag (Zool)	Bestaat uit zand, grijs cement en fijn grind voor de stevigheid. ± 11 mm dik	Bestaat uit zand, grijs cement en fijn grind voor stevigheid.



Figuur 26: Cementtegels Tijbaartstraat 6



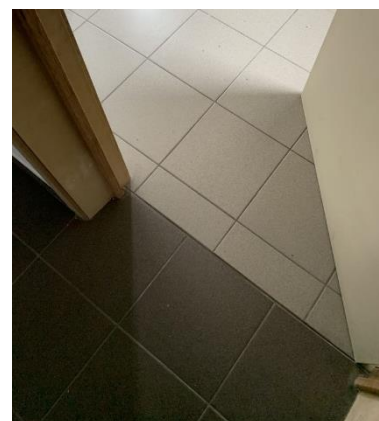
Figuur 27: Cementtegels Aarseleweg 34

- **Keramische tegels**

Keramische tegels zijn samengesteld uit klei en veldspaat, ze worden geperst en gebakken op 1300 °C. Hierdoor garanderen ze een hoge weerstand, zijn ze hard, niet poreus en vorst- en krasbestendig. Er bestaan verschillende soorten keramische tegels: geglazuurde, geëngobeerde, ongeglazuurde en niet-geëngobeerde. Voorbeelden van deze tegels zijn weergegeven in Figuur 28 en Figuur 29. (FCRBE-partnerschap, 2021c)



Figuur 28: Keramische tegels Herman Teirlinckstraat 12



Figuur 29: Keramische tegels Hekelaarstraat

- **Terracotta tegels**

Ongeglazuurde terracotta tegels, afgebeeld in Figuur 30 en Figuur 31, worden geproduceerd door het bakken van een mengsel. Dit mengsel bestaat uit klei (of aarde) en zand dat wordt ontgast. De tegels worden gebakken aan een temperatuur van 900 tot 1050 °C.



Figuur 30: Aarselweg 34



Figuur 31: Sint-Pieterslaan 8

- **Hergebruik van tegels**

De demontage van tegels is niet makkelijk maar indien ze heelhuids kunnen onttrokken worden, lenen ze zich perfect tot hergebruik. De demontage dient zorgvuldig te verlopen zodat de tegels niet beschadigd worden. Toch dient de demontage snel genoeg te verlopen zodat de arbeidskosten onder controle blijven. Om tegels te verwijderen, worden twee methodes bekeken. De eerste methode wordt gebruikt om de tegel zorgvuldig te verwijderen door middel van het wegkrabben van de voegen rond de tegel. Bij de tweede methode wordt de spanning op de te hergebruiken tegel verminderd door de tegel vrij te maken aan twee loodrechte zijden. De methodes voor het hergebruiken van keramische tegels en tegels op basis van cement zijn zeer gelijkaardig en worden derhalve samen beschreven. Het hergebruiken van tegels is mogelijk maar er zal hierbij verlies optreden. Bij het verwijderen van tegels, zullen er tegels breken. Dit zal afhangen van verschillende factoren: de sterkte van de tegel, de hechting tot het onderliggend oppervlak en de manier van verwijderen. Het verwijderen van tegels kan zeer tijdrovend zijn. Voor tegels met een hoge aanschafwaarde kan dit rendabel zijn, echter wordt in deze masterscriptie worden tegels gebruikt in het sociale huisvestingpatrimonium onderzocht. Deze tegels hebben typisch een lagere waarde. Om deze tegels te hergebruiken moet het demonteren vlot verlopen. De invloedfactoren voor de demonteerbaarheid van een tegel zijn weergegeven in Tabel 13. (FCRBE-partnerschap, 2021b, 2021c, 2021d)

Tabel 13: Invloedfactoren demonteerbaarheid

Invloedfactoren demonteerbaarheid	
Demontagetests	Met demontagetests kan er achterhaald worden wat de rentabiliteit van het hergebruik is. Met een test kan er gekeken worden hoeveel arbeid en dus geld het kost om tegels te demonteren.
De plaatsingswijze/hechting	De tegels kunnen gelegd zijn in een cementmortel op een bed van gestabiliseerd zand, direct in een verse betonvloer of met een mortellijm op een droge betonvloer. De plaatsingswijze heeft een grote invloed op de hechting.
De eigenschappen van de voegen	De dikte en de sterkte van de voeg.
De eigenschappen van de tegel zelf	De grootte, vorm (vierkant of hexagonaal) en dikte van de tegel bepalen in grote mate de demonteerbaarheid.

Demontage methode 1:

Deze methode laat toe om elke tegel zorgvuldig te verwijderen door de voegen rondom de tegel weg te krabben. Dit proces is zeer arbeidsintensief. Deze methode kan nuttig zijn bij een renovatie, maar laat niet toe om op grotere schaal te hergebruiken omdat de arbeidskosten te groot zijn ten opzichte van de waarde van de tegel.

Eerst wordt beoordeeld of de tegels geschikt zijn om opnieuw te worden gebruikt. Daarna worden de voegen met een voegenkrabber of multitool verwijderd en wordt de ruimte rond de tegel met een hamer en beitel vrijgemaakt. Ten slotte kan de tegel verwijderd worden door met een plamuurmes onder de tegel te wrikken. Indien dit niet volstaat, kunnen de tegels verhit worden met een gasbrander.



Figuur 32: Oscillerend gereedschap



Figuur 33: Voegenkrabber



Figuur 34: Reciprozaag

Demontage methode 2:

Er wordt van start gegaan bij tegels die al loszitten. Indien er geen tegels loszitten worden best de tegels aan de rand opgeofferd zodat er een tegel overschiet die aan twee loodrecht op elkaar staande zijden vrij is. Wanneer twee van de vier tegelranden vrij zijn, is de spanning in de tegel lager, waarna de substantie onder de tegel dient weggehaald te worden. Dit kan met behulp van bijvoorbeeld een bijtel. Door met een rubberen hamer zachtjes te kloppen op de hoek waar onder de substantie is onttrokken zal de tegel loskomen.

Toepassing: Café le grand central



Figuur 35: Impressie café le grand central



Figuur 36: close up hergebruikte tegels

Type hergebruik: op een andere locatie (ex situ)

Recuperatie van: Tegels Val Benoit: **350 m²**
Keukenelementen: **5 stuks**
Urinoirs, lavabo's en toiletten

Het betreft een transformatie van een saai handelspand naar een trendy, industrieel eetcafé dat zijn charme te danken heeft aan het gebruik van 2^{de} hands spullen en bouwmaterialen gewonnen uit hergebruik. (Opalis, 2016)

4.4 Uitrusting: keramisch sanitair

Sanitair uit keramiek leent zich goed tot hergebruik. Indien de keramiek in goede staat is, is een uitgebreid hergebruikproces niet noodzakelijk. Vaak is het sanitair bevuild met allerlei plekken en verschillende soorten residuen. Onderstaande plekken en residuen kunnen door middel van een reinigingsproces worden verwijderd. (FCRBE-partnerschap, 2021a)

- Zeepresten
- Organische resten, schimmels
- Kalk
- Urine
- Roest (bijvoorbeeld rond de scharnieren van de toiletbril)

• Hergebruikproces keramisch sanitair

Het proces omvat 6 stappen:

1. Ontmanteling

Uitsluitend keramiek, niet gebarsten en ontdaan van alle toebehoren.

2. Transport naar behandelingslocatie

Het sanitair wordt stevig verpakt en naar de behandelingslocatie gebracht.

3. Weken in biologisch zuurbad

De elementen worden ondergedompeld in een biologisch zuurbad, waarna alle residuen verdwijnen.

4. Spoelen

Het sanitair wordt afgespoeld met een hogedrukreiniger.

5. Verpakken en transport naar werf

Het sanitair wordt stevig verpakt en naar de werf gebracht.

6. Herinstallatie

De herinstallatie geschiedt analoog aan de installatie van nieuw sanitair.

De belangrijkste reden waardoor sanitair niet hergebruikt wordt, is de aversie van mensen omwille van hygiëne. Indien het bovenstaand proces wordt toegepast, houdt dit argument niet langer stand, maar de toepassing van dit proces weegt wel op de financiële haalbaarheid van sanitair hergebruik. Het sociale huisvesting patrimonium heeft hieromtrent enkele troeven die kunnen ingezet worden.

Toepassing: Toiletten voor de Chiro van Itterbeek



Figuur 37: Hergebruik sanitair Chiro van Itterbeek

Type hergebruik: Op een andere locatie (ex situ)

Recuperatie van: Sanitair (urinoirs, hangwc's en wastafels): 8 stuks
Keramische tegels: 14 m²
3 verschillende types gevelbakstenen: 2,7 m³ in totaal
Dakpannen: 20 m²

Het sanitair blok naast de Chiro van Itterbeek is ontworpen door Rotor en bestaat grotendeels uit hergebruikmaterialen en werf- en productieoverschotten, met minder dan een derde aan nieuwe materialen. De gevel is opgebouwd uit recuperatiebakstenen, waardoor het nieuwe gebouw samensmelt met de oude boerderij maar toch zijn eigenheid behoudt. Het interieur maakt ook gebruik van hergebruikmaterialen, zoals keramische tegels en gerecupereerde sanitaire toestellen. Het project diende als een proeftuin om de mogelijkheden en uitdagingen van hergebruikprojecten te verkennen en was een leerervaring voor alle betrokken partijen. (Opalis, 2019)

5 Schadelijke bouwmaterialen in het Vlaams patrimonium

5.1 Asbest

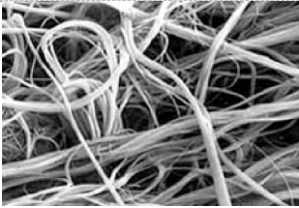




Het hergebruiken van bouwmaterialen kan bemoeilijkt worden indien in het gebouw waar de grondstoffen aan onttrokken worden schadelijke stoffen zoals asbest aanwezig zijn. Anderzijds noodzaakt de aanwezigheid van asbest, een minutieuze verwijdering bij sloop of renovatie van het gecontamineerde gebouw. Deze nauwgezette aanpak biedt opportuniteiten om het hergebruik van bepaalde bouwmaterialen te koppelen aan de verwijdering van het asbest.

5.1.1 De stof en haar soorten

Asbest is de verzamelnaam voor een reeks van vezelachtige, natuurlijke mineralen. Deze mineralen bevinden zich in de bovenste laag van de aardkorst. Ruw asbest bestaat uit langwerpige bundels die zicht in de lengte splitsen tot uiterst fijne deeltjes. Deze deeltjes kunnen zo klein worden zodat ze met het blote oog niet meer zichtbaar zijn. Het inhaleren van deze kleine asbestvezels kan leiden tot tal van ziektes zoals asbestose en longkanker. Asbest is een stof die eenvoudig te delven is, goedkoop is en zeer makkelijk te verwerken. Daarnaast bezit asbest tal van voordelige technische specificaties: het is hittebestendig, onbrandbaar, slijtvast en thermisch en akoestisch isolerend.

Er bestaan twee mineraalgroepen: de amfibolen en de serpentijnen. De serpentijn asbestvezels zijn zeer dun en grillig van vorm (krullend) en hebben een wollig uitzicht. De amfibool asbestvezels zijn zeer dun, stekelig, stug en absoluut recht. De verschillende mineraalgroepen kunnen van elkaar onderscheiden worden door hun kleur bij delven. Nadat de mineralen verwerkt zijn, bezit asbest een witgrijze kleur en is het niet meer mogelijk om de groepen op vlak van kleur te onderscheiden. Tabel 14 geeft de onderverdeling van de meest voorkomende asbestsoorten per mineraalgroep. (ISSA, 2006)

Tabel 14: Samenvattende informatie asbest

Asbest			
Mineraalgroep	Serpentijnen	Amfibolen	
Wereldwijd asbestgebruik	±90%	±10%	
Uiterlijk/vorm van de vezel			
Onderverdeling	Chrysotiel (Witte asbest)	Amosiet (Bruine asbest)	Crocidoliet (Blauwe asbest)
	Het dankt zijn witte kleur aan het hoge gehalte van magnesium. Chrysotiel is met voorsprong de meest gebruikte asbestsoort.	De lichtbruine kleur heeft het te danken aan het hoge gehalte van ijzeroxide (roest).	Dit is de meest gevaarlijke asbestsoort.
Uiterlijk			

5.1.2 Hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest

Hechtgebonden asbest is asbest dat is verwerkt in een bindmiddel, zoals cement of kunststof. Dit maakt het materiaal stevig en sterk, maar het maakt ook het verwijderen van asbest lastiger. Hechtgebonden asbest wordt vaak aangetroffen in asbestcementplaten, dakbedekking, tussenwanden, en vloerbedekking. Hechtgebonden asbest is niet gevaarlijk zolang het materiaal intact is, maar wanneer het materiaal beschadigd raakt of verouderd is, kunnen asbestvezels vrijkomen en gezondheidsrisico's met zich meebrengen. (ISSA, 2006)

Niet-hechtgebonden asbest, ook wel losse of vrij asbest genoemd, is asbest dat niet is verwerkt in een bindmiddel. Dit maakt het materiaal zachter en flexibeler, maar het maakt ook het verwijderen van asbest gemakkelijker. Niet-hechtgebonden asbest wordt vaak aangetroffen in isolatie van leidingen, buizen, kachels, boilers en in schilderwerk. Niet-hechtgebonden asbest is gevaarlijker dan hechtgebonden asbest, omdat het gemakkelijk kan worden beschadigd of verstoord en asbestvezels kunnen vrijkomen. (ISSA, 2006)

- **Wanneer is asbest gevaarlijk?**

Asbest is gevaarlijk wanneer het in de vorm van stof, zwevend in de ruimte, aanwezig is. Op deze manier kunnen de asbestvezeltjes ingeademd worden. De schadelijkheid is afhankelijk van de grootte van de vezels, de vorm, de chemische samenstelling, de duur van de blootstelling en de concentratie van de ingeademde lucht. De aanwezigheid van asbest in vaste vorm, in bijvoorbeeld gebouwen, vormt geen gevaar zolang het materiaal in goede toestand verkeert en niet bewerkt wordt. Wanneer het asbesthoudend materiaal echter wel bewerkt wordt (boren, slijpen, schuren, zagen), door slijtage loskomt of afbrokkelt, kunnen de onzichtbare vezeltjes in de lucht verspreid worden en vervolgens ingeademd worden.

5.1.3 Toepassingen van Asbest in het Vlaams gebouwenpark

Asbest werd tijdens de wederopbouw na de tweede wereldoorlog op grote schaal toegepast waardoor het zich massaal bevindt in ons gebouwenpark. Volgens een schatting van OVAM (OVAM, 2022) bevatten gebouwen en infrastructuur in Vlaanderen in totaal zo'n 2,3 miljoen ton aan asbesthoudende toepassingen, verdeeld over:

- Ruim 2,8 miljoen woningen,
- 354.000 niet-residentiële gebouwen,
- 40.000 kilometer aan nutsleidingen.

Asbest is vanwege zijn unieke eigenschappen in de bouw veelvuldig toegepast. In Figuur 38 worden veel gebruikte toepassingen uit de cases van de sociale huisvestingsmaatschappijen weergegeven.



Figuur 38: Asbestoepassingen patrimonium SHM's (Boydens, 03/01/2020; Pede, 23/06/2022)

5.1.4 Asbestattest Vlaanderen

Sinds 23/11/2022 is het verplicht om bij verkoop van een woning in Vlaanderen, gebouwd voor 2001, een asbestattest te hebben. Een asbestinventaris is een document waarin de aanwezigheid van asbesthoudende materialen in een bepaald gebouw wordt beschreven. Dit rapport is verplicht bij de verkoop van een gebouw dat dateert van voor 2001. Vanaf 2032 zullen eigenaars van gebouwen ouder dan 2001 verplicht zijn om over een geldige asbestinventaris te beschikken, ongeacht of er sprake is van verkoop of niet. Dit asbestattest valt onder het Vlaamse asbestafbouwbeleid. De Vlaamse Regering heeft als doel om zo snel mogelijk alle aanwezige asbest in Vlaamse gebouwen en woningen, gebouwd voor 2001, in kaart te brengen. Door het detecteren en verwijderen van asbest in slechte staat, streeft de regering ernaar om Vlaanderen tegen uiterlijk 2040 asbestveilig te maken. (OVAM, 2022)

5.1.5 Driedelige code voor asbesthoudende materialen

Deze code (ABC), toegelicht in Tabel 15, wordt toegepast in de sloopopvolgingsplannen en geeft de essentiële informatie weer over de asbestoepassingen horende bij het te slopen project. (Tracimat, 2021)

Tabel 15: Driedelige code asbesthoudende materialen

1 ^{ste} cijfer: Toestand (A)	
1	Hechtgebonden (In goede staat - geen of erg klein risico op vezelvrijgave)
2	Semi-hechtgebonden (In oorsprong hechtgebonden maar beschadigd of verouderd - risico op vezelvrijgave)
3	Losgebonden (Risico op vezelvrijgave)
2 ^{de} cijfer: Verwijderingstechniek (B)	
1	Eenvoudige handelingen
2	Eenvoudige handelingen met bijkomende maatregelen
3	Glovebagmethode
4	Hermetische zone
3 ^{de} cijfer: Type aannemer (C)	
1	Opgeleid personeel – ook aannemers zonder erkenning asbestverwijdering
2	Enkel erkende asbestverwijderende bedrijven

6 Hedendaagse aanpak afvalstromen uit sloop

Door gebouwen selectief te slopen kunnen er zoveel mogelijk waardevolle materialen en producten gerecupereerd worden van de sloopsite of via het sorteercentrum. Deze grondstoffen kunnen vervolgens voorbereid worden voor recycling en hergebruik. In dit onderdeel worden de huidige tools, die beschikbaar zijn in Vlaanderen, om grondstoffen uit sloop te monitoren toegelicht.

6.1 Sloopopvolgingsplan Vlaanderen

Een sloopopvolgingsplan (SOP) is in Vlaanderen verplicht bij de aanvraag van een omgevingsvergunning voor sloop-, ontmantelings- en renovatiewerken die voldoen aan 1 van onderstaande voorwaarden:

- Niet-residentiële gebouwen met een bouwvolume van meer dan 1000 m³ (*)
- In hoofdzaak residentiële gebouwen (> 2/3) met een bouwvolume van meer dan 5000 m³ (*) (m.u.v. eengezinswoningen)
- Infrastructuurwerken en onderhoudswerken aan infrastructuur met een puinvolume van meer dan 250 m³.

(*) Inclusief ondergrondse ruimtes bijv. (kruip)kelders.

Een sloopopvolgingsplan is een uitgebreid rapport dat gedetailleerde informatie bevat over de materialen en hoeveelheden die tijdens sloopwerken zullen vrijkomen, inclusief hun exacte locaties en verwerkingsmethoden na sloop. Dit plan heeft als doel de sloopwerken efficiënt, ecologisch en met maximale verwijdering van gevaarlijke stoffen uit te voeren.

Het sloopopvolgingsplan moet informatie bevatten over alle afvalstoffen die vrijkomen tijdens sloopwerken, waaronder:

- Namen van de afvalstoffen en hun respectievelijke EURAL-code
- Hoeveelheid uitgedrukt in m³ of ton
- Locaties waar de afvalstoffen in het gebouw aanwezig zijn
- Verwerkingsvorm of verschijningsvorm van de afvalstof
- Informatie over de verwerking of het hergebruik van de afvalstoffen

(OVAM, 2012)

6.2 Sloopattest

Het sloopattest fungeert als een instrument voor het bewaken van de verzameling van sloopmateriaal en waarborgt de traceerbaarheid van de verwerking en de herkomst van de afvalstoffen. Hierdoor streven de overheidsorganen naar het verminderen van restverontreiniging, die nog steeds aanwezig is in bouwafval, tot een minimum. Dankzij de selectieve sloopmethoden en de verzameling van afvalstoffen op bronniveau, produceren de breekinstallaties ook een minder verontreinigd puingranulaat. De overheid hoopt op deze manier dat alle storende en gevaarlijke stoffen zoveel mogelijk worden verwijderd en dat het hergebruik wordt gestimuleerd door het afleveren van een hoogwaardiger eindproduct. Volgende twee puinsoorten worden onderscheiden:

- **LMRP** (laag milieurisicoprofiel puin)

Puin waarvan de herkomst gekend is. Er is minder controle noodzakelijk omdat de schadelijke stoffen reeds weg gefilterd werden. Hierdoor kan het puin snel en goedkoper verwerkt worden door de breker.

- **HMRP** (hoog milieurisicoprofiel puin)

Puin waarvan de herkomst niet gekend is. De breker heeft dus geen garanties en zal testen uitvoeren. Hierdoor zal het langer duren voordat het puin verwerkt kan worden en zal de prijs van verwerking vele malen hoger liggen.

Uit dit sloopattest kan de breker afleiden of het puin aanvaard kan worden als LMRP. Het geeft de breker garanties over de herkomst van het puin en toont aan dat de gevaarlijke en storende stoffen correct werden verwijderd.

6.3 Eural-code

Volgens de Europese Afvalstoffenlijst (Eural) worden de verschillende categorieën van afvalstoffen gedefinieerd door middel van een zescijferige code. Wanneer het afval in kwestie als gevaarlijk wordt beschouwd, wordt er een asterisk (*) aan de code toegevoegd.

De eerste twee cijfers van de code verwijzen naar het hoofdstuk waarin het proces waaruit de afvalstof afkomstig is, is opgenomen. De herkomst van de afvalstof kan bepaald worden door te zoeken naar het hoofdstuk waarin deze is opgenomen in de Eural.

Eenmaal het hoofdstuk is vastgesteld, wordt door middel van de volgende twee cijfers het subhoofdstuk bepaald, dat verwijst naar een specifiek deelproces. De laatste twee cijfers verwijzen naar de categorie waartoe de afvalstof behoort, afgeleid uit het specifieke deelproces. (Rossi et al., 2015)

7 Hindernissen bij hergebruik van bouwmaterialen

Het hergebruik van bouwmaterialen is een belangrijke stap in de richting van een meer duurzame bouwsector. Hoewel er veel voordelen zijn aan het hergebruiken van bouwmaterialen, zoals een lagere milieubelasting en potentiële kostenbesparingen, zijn er ook enkele belangrijke hindernissen die moeten worden overwonnen. Hieronder volgt een uitgebreide beschrijving van de belangrijkste hindernissen bij het hergebruik van bouwmaterialen.

7.1 Financiële hindernissen

Bouwprojecten kosten geld, want er moeten veel verschillende kosten worden betaald zoals arbeidskosten, kosten voor bouwmaterialen, vergunningen en verzekeringen. Om binnen het vaak beperkte budget van het bouwproject te blijven, wordt er steeds gezocht naar kostenbesparingen. De keuze van een bouw materiaal hangt dus naast het uiterlijk, de functie, de technische eisen, etc. ook af van de kostprijs ervan. Hergebruik van bouwmaterialen zal pas op grote schaal kunnen toegepast worden als hun prijs competitief is met de prijs van nieuwe bouwmaterialen. Tot op heden is dit echter niet het geval. Er zijn meerdere oorzaken die ervoor zorgen dat hergebruikte bouwmaterialen duurder uitvallen dan de primaire variant.

- **Dure arbeid**

Om bouwmaterialen van een gebouw te onttrekken en vervolgens in te zetten in een ander project, zijn er verschillende handelingen nodig die arbeid vereisen. Het materiaal moet ontmanteld worden en getransporteerd naar een locatie waar het gereinigd, gesorteerd en opgeslagen wordt. Het reinigingsproces is vaak niet geautomatiseerd en vereist dus handwerk. Wanneer het ingezet kan worden in een ander project moet het opnieuw getransporteerd worden en ten slotte geïnstalleerd. Als de uren die deze handelingen vereisen moeten uitbetaald worden aan de lonen voor arbeiders in de bouwsector (PC124), dan lopen de kosten snel hoog op. Waar nieuwe producten vaak vervaardigd worden in lageloonlanden, worden hergebruikte materialen hier hersteld aan hoge lonen. Daarenboven is er mede door de vergrijzing een krapte op de arbeidsmarkt. Bedrijven gespecialiseerd in hergebruik hebben kleine marges, waardoor het moeilijk is geschikte profielen financieel te verleiden. (Paduart et al., 6/05/2015; SERV, 2018)

- **Een relatief lage prijs van nieuwe materialen t.o.v. werkelijke productiekost**

Nieuwe geïmporteerde bouwmaterialen zijn vaak zeer goedkoop, waardoor hergebruikte bouwmaterialen een duur alternatief zijn. Nieuwe bouwmaterialen kunnen zo goedkoop zijn door de werkwijze van de lineaire economie. De lineaire economie, ook wel de "neem-maak-gooi-weg" economie genoemd, produceert goedkope bouwmaterialen door het gebruik van goedkope grondstoffen, efficiëntie in productieprocessen en massaproductie. Dit kan gedaan worden door middel van technologische innovaties, goedkope arbeid in lageloonlanden, economische schaalvoordelen en het uitbuiten van natuurlijke hulpbronnen. Hierdoor kan een groot aanbod van goedkope bouwmaterialen worden gecreëerd. (Debacker et al., 26/05/2021; SERV, 2018)

- **Lage/onbestaande winstmarges in circulair sloopmodel**

De marges bij het recupereren en vervolgens verkopen van bouw- en sloopmaterialen zijn flinterdun, waardoor het enkel winstgevend businessmodellen oplevert bij waardevollere materialen. Daarenboven zijn de investeringen die zulke bedrijven moeten doen op vlak van mankracht en kennis fors. Hierdoor worden materialen met lage waarde momenteel niet gerecupereerd. (Debacker et al., 26/05/2021)

7.2 Hindernissen van logistieke, technische en praktische aard

- **Beperkte beschikbaarheid**

Het kan moeilijk zijn om geschikte bouwmaterialen te vinden die beschikbaar zijn voor hergebruik, vooral als ze specifiek zijn voor een bepaald bouwproject. Vaak hebben producten die in kleinere hoeveelheden aanwezig zijn, maar wel een interessant hergebruikpotentieel hebben, geen economische waarde.

- **Logistiek- en plaatsgebrek**

Bij hergebruik in situ wordt de operatie direct ter plaatse uitgevoerd, zonder extra transportkosten, maar het organiseren van de logistiek op de werf kan complex zijn wegens plaatsgebrek. Bij hergebruik ex situ is het daarentegen een uitdaging om de juiste transportmiddelen en vergunningen te regelen en het ontbreken van een logistieke structuur kan leiden tot hoge kosten. Het is ook belangrijk om het aanbod van herbruikbare materialen af te stemmen op de specifieke vraag. Het is belangrijk om de planning tussen de sloopplaats en opslagplaats goed te coördineren voor een efficiënt materiaalhergebruik. (WTCB, 2020)

- **Onzekere kwaliteit**

De huidige normen in de bouwsector met betrekking tot de eisen aan bouwmaterialen zijn opgesteld uit het oogpunt dat de materialen zijn vervaardigd uit bepaalde processen. Er is daarbij precies geweten welke specificaties een bepaald product beschikt. Het is quasi niet mogelijk om te bepalen wat de specificaties zijn van bouwmaterialen gewonnen uit het patrimonium, gebouwd voor de digitalisering in de bouw. Vaak zijn technische fiches van deze materialen niet beschikbaar. Hierdoor kan niet met 100% zekerheid gezegd worden wat de initiële specificaties zijn van de bouwmaterialen die gebruikt werden. Daarnaast zijn de materialen gedurende jaren gebruikt geweest waardoor deze zich niet meer in dezelfde toestand bevinden als de initiële toestand. De materialen kunnen door de tijd heen gedegradeerd zijn, de sterkte kan afgenomen zijn, brandwerendheid verminderd, etc. (Paduart et al., 6/05/2015)

- **Juridische beperkingen en gebrek aan regelgeving**

Huidige normen zijn vaak niet aangepast aan de praktijk van hergebruik en bieden geen antwoord op materialen met ontbrekende informatie of verschillende omstandigheden. Technische specificaties in lastenboeken, zoals brandeisen en structureisen, maken het hergebruikproces moeilijk omdat deze gegevens niet beschikbaar zijn voor herbruikbare producten. Daarnaast zijn criteria in lastenboeken vaak gericht op prijs, waardoor herbruikbare materialen worden uitgesloten omdat ze relatief duurder zijn. De overheid speelt een cruciale rol bij het bevorderen van duurzaam materiaalgebruik en het afstemmen van criteria voor toekomstige bouwprojecten. (SERV, 2018)

- **Demontageproblemen**

Bij nieuwe projecten van circulaire aard moet de ontwerper rekening houden met hoe de demontage van de materialen tot stand zal komen indien de functie van het gebouw wijzigt. In de praktijk zijn de materialen in onze gebouwen samengesteld op manieren waarbij het quasi niet mogelijk is om deze materialen eenvoudig te scheiden, omdat er gebruik is gemaakt van cementverbindingen, lijmverbindingen, spuitschuimtoepassingen, siliconen, etc. Het gebruik van deze verbindingen is de afgelopen jaren zelfs toegenomen mede door de strengere operationele energie eisen aan onze gebouwen. Om gebouwen lucht- en waterdicht af te werken zijn we tot op heden aangewezen tot zulke verbindingen. Het is essentieel dat er onderzoek wordt gedaan naar alternatieven die demonteerbaar zijn zonder in te boeten op de strenge eisen i.v.m. operationele energie. (Paduart et al., 6/05/2015)

7.3 Hindernissen van culturele aard:

Vaak worden materialen gewonnen uit hergebruik geassocieerd met een inferieure kwaliteit, waardoor de kopers minder geld willen betalen voor een materiaal gewonnen uit hergebruik dan voor de nieuwe variant.

Veel actoren uit de bouw zijn tot op heden nog onwetend over de mogelijkheden voor hergebruik en gaan het daarom nog vaak uit de weg.

Hergebruik van bouwmaterialen is een belangrijke stap in de richting van een duurzame bouwsector, maar er zijn nog enkele hindernissen die moeten worden overwonnen zoals technische beperkingen, juridische beperkingen, financiële beperkingen, beperkte beschikbaarheid, gebrek aan bewustzijn en gebrek aan standaardisatie.

Om deze barrières te overwinnen, moet er onderzoek en ontwikkeling worden gedaan op duurzame bouwmaterialen om de duurzaamheid, kosteneffectiviteit en veiligheid van het hergebruik van bouwmaterialen te verbeteren. Bovendien moeten er sensibiliseringscampagnes worden gehouden om actoren in de bouw op de hoogte te brengen van de voordelen van het hergebruik van bouwmaterialen en hoe ze correct hergebruikt moeten worden. Daarnaast moeten beleidsregels worden aangepast om het bouwen gemakkelijker te maken om bouwmaterialen opnieuw te gebruiken en om de toepassing van duurzame bouwpraktijken te stimuleren.

De prijs van nieuwe bouwmaterialen zou de effectieve productieprijs moeten weerspiegelen daarnaast moeten er maatregelen worden genomen om de prijs van hergebruikte bouwmaterialen te drukken.

Er moet een tool gecreëerd worden om de specificaties van hergebruikte bouwmaterialen te achterhalen zodat er een juridisch kader voor bouwmaterialen uit hergebruik kan opgesteld worden. Het opstellen van normen van het type van Eurocode normen specifiek voor bouwmaterialen uit hergebruik lijkt een deel van de oplossing.

Deel 2: Onderzoeksmethodiek

Hypothese	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiaalinventarisatie en analyse van het sociale huisvestingspatrimonium 2. Hergebruikpotentieel van materialen uit het sociale huisvestingspatrimonium 3. Beslissingsboom tussen renovatie of sloop en heropbouw van woningen uit het sociale huisvestingspatrimonium 	
Onderzoek	Onderzoeksvraag	Onderzoeksmethode
1. Materiaal-inventarisatie	Welke typische constructie opbouwen en bouwmaterialen zijn er toegepast in het sociale huisvestingspatrimonium tussen 1945-2005?	<p>Analyse en materiaalinventarisatie van de constructie opbouwen en bouwmaterialen met behulp van een Access database.</p> <p>Gedetailleerde constructie opbouwen gevisualiseerd met CAD-software.</p> <p>Opstellen van Sankey-diagrammen.</p>
	Hoe evolueert het materiaalgebruik bij deze constructie opbouwen?	Opstellen van stapeldiagrammen die het materiaalgebruik doorheen de tijd weergeeft.
	Hoe is het patrimonium opgebouwd in zijn geheel en hoe beheren de SHM's hun patrimonium?	<p>Gesprekken met actoren uit de sociale huisvestingssector.</p> <p>Conclusies uit analyse van de grafieken.</p>
	2. Hergebruik-potentieel	Welke constructiematerialen blijken het grootste hergebruikpotentieel te bezitten?
Hoever staat het hergebruik van bouwmaterialen in de sociale huisvestingssector?		Interview met het kabinet Diependaele en de celverantwoordelijke Duurzaamheid en innovatie van Volkshaard.
Hoe wordt het huidige woningenbestand beheerd om aan de toekomstige criteria van sociaal wonen te voldoen?		Interview celverantwoordelijke renovatieprojecten van Volkshaard en met het kabinet Diependaele.
3. Visie hergebruik	Wat is de meest interessante aanwending van het gebouwenpatrimonium? Hergebruik materialen op materiaalniveau of op gebouwniveau of een combinatie van beiden?	Beslissingsboom opgesteld uit interview met de celverantwoordelijke renovatieprojecten van Volkshaard, het kabinet Diependaele en uit de opgedane kennis uit literair onderzoek
	Hoe verloopt het beslissingsproces tussen renovatie of sloop en heropbouw?	

1 Cases SHM's

In het kader van deze masterproef worden 20 verschillende sociale woningen bestudeerd naar materiaalgebruik, bouwmethode en hergebruikpotentieel. De verschillen en gelijkenissen tussen deze woningen worden onderzocht op basis van de beschikbare gebouwinformatie aangereikt door de SHM's en door de plaatsbezoeken.

1.1 Essentiële informatie van de cases

Tabel 17 geeft een overzicht van alle essentiële informatie betreffende de bestudeerde wijken. In de eerste kolom is een nummer aan de cases toegekend. Deze nummering is terug te vinden op de kaart, weergegeven in Figuur 39. Figuur 40 toont een afbeelding van de cases gekoppeld aan een tijdlijn. Kolom twee geeft de naam en het adres van de wijk weer. In kolom drie zit het exacte bouwjaar en de bouwperiode vervat waarin de woningen van de wijken zijn opgetrokken. In de vierde kolom wordt het woningtype aangeduid. Er worden drie woningtypes onderscheiden: halfopen woningen, halfopen/gesloten woningen en appartementen. Het betreffen hier kleine appartementen die opgetrokken worden zoals een klassiek gebouwde woning (maximaal drie verdiepingen). De vijfde kolom geeft aan wat de huidige toestand is van de woning. De huidige toestand geeft de staat van het gebouw, de status van de werken en of de wijken globaal gezien al dan niet bewoond zijn weer. Deze huidige toestand wordt dusdanig geïmplementeerd in de database. De factoren van de huidige toestand worden vastgelegd tijdens de plaatsbezoeken van de twintig bestudeerde wijken.

De staat van het gebouw kent drie types: de originele toestand, gedeeltelijke renovatie en totaalrenovatie. Deze types kunnen niet eenduidig vastgelegd worden. Om deze reden worden de criteria per type als volgt gedefinieerd.

- **Originele toestand**

Een woning bevindt zich quasi in de toestand zoals deze werd opgetrokken in het oorspronkelijke bouwjaar. 1 à 2 kleine herstellingswerken uit de linker kolom van Tabel 16 worden buiten beschouwing gelaten.

- **Gedeeltelijke renovatie**

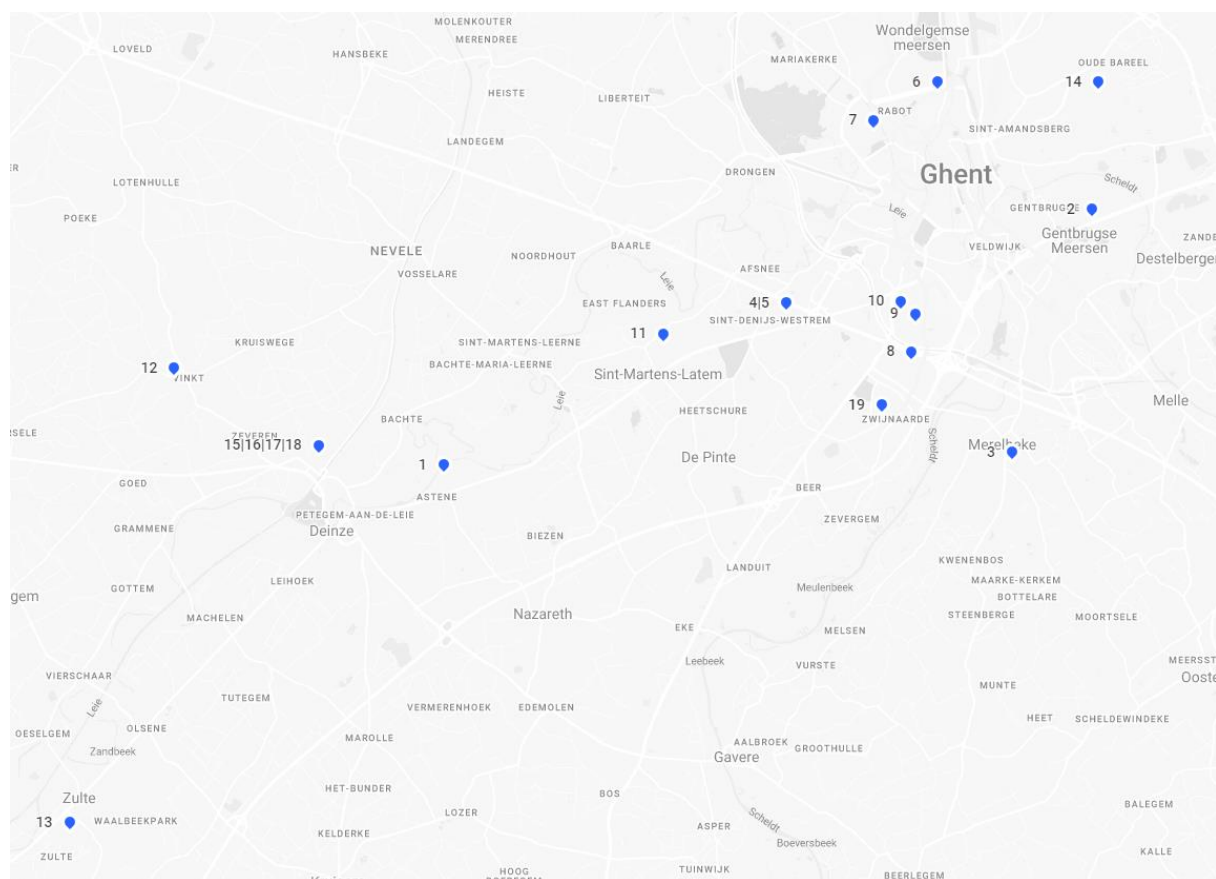
Indien een woning meerdere herstellingswerken uit de linker kolom en enkele herstellingswerken uit de rechter kolom van Tabel 16 is ondergaan, wordt de staat van gedeeltelijke renovatie toegekend.

- **Totaalrenovatie**

Indien een woning volledig gestript is en quasi alle herstellingswerken uit Tabel 16 moeten worden uitgevoerd, wordt de staat van totaalrenovatie toegekend.

Tabel 16: Criteria staat van gebouw

Kleinere renovatiewerken	Grotere renovatiewerken
<ul style="list-style-type: none"> - Nieuw buitenschrijnwerk - Nieuwe keuken - Nieuw sanitair - Dakbedekking platte daken - Plaatsen isolatie zoldervloer/dakgebinte - Vervanging verwarmingsketel - Plaatsen van nieuwe radiatoren - Vochtbestrijding - Gedeeltelijk vervangen pleisterwerk - Vervangen binnenschrijnwerk - Allerhande kleine herstellingswerken - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Vervangen elektriciteitsleidingen - Vervangen vloerplaat - Volledig vervangen pleisterwerk - Vervangen vloerafwerking/plinten - Vervangen sanitaire leidingen - Plaatsen ventilatiesysteem - Volledige vervanging verwarmingssysteem - Aanpassen van de ruwbouw - Afbraakwerken - Aanpassen/vervangen dakstructuur - ...



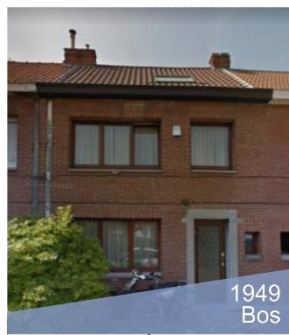
Figuur 39: Locatie cases

Tabel 17: Overzicht Cases

Nr.	Case	Bouwjaar	Woningtype	Huidige toestand		
		Bouwperiode		Staat van gebouw	Status	Bewoning
1	Astene-Krommestraat Krommestraat 61, Deinze	1985	Halfopen	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Niet-bewoond
		1981 - 1990				
2	Bos Emiel Van Swedenlaan 56, Gentbrugge	1949	Halfopen/ Gesloten	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Niet-bewoond
		1945 - 1960				
3	Dijsegem Herman Teirlinckstraat 16, Merelbeke	2003	Halfopen	Originele toestand	N.v.t.	Bewoond
		1991 - 2005				
4	De Vennen 1 Gladioollaan 7, Gent	1968	Appartement	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Bewoond
		1961 - 1970				
5	De Vennen 2 Meiklokjeslaan 20, Gent	2003	Halfopen	Originele toestand	N.v.t.	Bewoond
		1991 - 2005				
6	Geuzenberg Geuzenberg 50, Gent	1984	Appartement	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Bewoond
		1981 - 1990				
7	Hekelaarsstraat Hekelaarsstraat 32, Gent	2001	Appartement	Originele toestand	N.v.t.	Bewoond
		1991 - 2005				
8	Hertoiebos Hertoiebos 83, Gent	1961	Halfopen/ Gesloten	Totaalrenovatie	In uitvoering	N.v.t.
		1961 - 1970				
9	Nieuw Gent Diamantstraat 33, Gent	1974	Appartement	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Bewoond
		1971 - 1980				
10	Nieuw Gent Kikvorsstraat 302, Gent	1972	Halfopen/ Gesloten	Gedeeltelijke renovatie	In uitvoering	N.v.t.
		1971 - 1980				
11	Open Veld Open Veld 14, Sint-Martens Latem	1979	Halfopen	Totaalrenovatie	In uitvoering	N.v.t.
		1971 - 1980				
12	Vinkt Sint-Pieterslaan 8, Deinze	1979	Halfopen	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Niet-bewoond
		1971 - 1980				
13	Vlasstraat Roggestraat 24/Vlasstraat 77, Zulte	1998	Halfopen/ Gesloten	Originele toestand	N.v.t.	Bewoond
		1991 - 2005				
14	Westveld Parkietstraat 4, Sint-Amandsberg	1954	Halfopen/ Gesloten	Totaalrenovatie	In oplevering	Niet-bewoond
		1945 - 1960				
15	Canteclaerwijk 4 Cobbestraat 12, Deinze	1982	Halfopen	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Niet-bewoond
		1981 - 1990				
16	Canteclaerwijk 1 Hermeleinestraat 6, Deinze	1975	Halfopen	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Niet-bewoond
		1971 - 1980				
17	Canteclaerwijk 3 Hermeleinestraat 34, Deinze	1980	Halfopen/ Gesloten	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Niet-bewoond
		1971 - 1980				
18	Canteclaerwijk 2 Tijbaartstraat 6, Deinze	1979	Halfopen/ Gesloten	Gedeeltelijke renovatie	Verleden	Niet-bewoond
		1971 - 1980				
19	Hekers Bottelroosstraat 15, Zwijnaarde	1983	Halfopen	Gedeeltelijke renovatie	In uitvoering	Bewoond
		1981 - 1990				
20	Evere François Villonlaan 31, Evere	1945	Halfopen/ Gesloten	Totaalrenovatie	In uitvoering	Bewoond
		1945 - 1960				



1945
Evere



1949
Bos



1954
Westveld



1961
Hertooiebos



1968
De Vennen 1



1972
Nieuw Gent 1



1974
Nieuw Gent 2



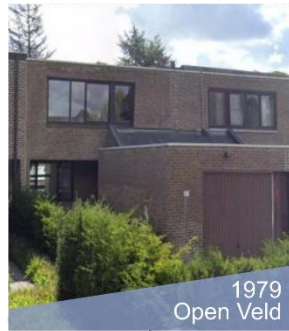
1975
Canteclaer 1



1979
Vinkt



1979
Canteclaer 2



1979
Open Veld



1980
Canteclaer 3



1982
Canteclaer 4



1983
Hekers



1984
Geuzenberg



1985
Astene-Krommestraat



1998
Vlasstraat



2001
Hekelaarstraat



2003
De Vennen 2



2003
Wijk Dijsegem

Figuur 40: Tijdlijn cases

2 Database materiaalinventarisatie

In het kader van deze masterproef worden de materiaalopbouwen geïnventariseerd. Deze materiaalinventarisatie wordt uitgevoerd in een acces database. Deze database heeft tot doel om door middel van tabellen en query's de opbouwen met elkaar te vergelijken en de evolutie in de tijd op vlak van bouwmethoden en materiaalgebruik weer te geven. Met behulp van gelinkte tabellen worden de materialen geïnventariseerd. De resultaatvorming wordt bekomen met behulp van query's.

2.1 Data

De data gebruikt voor dit onderzoek, afkomstig van verschillende sociale huisvestingsmaatschappijen (Volkshaard, Habitare+ en Gentse Haard), bestaat uit primaire gebouwinformatie, SOP's en plaatsbezoeken. De primaire gebouwinformatie dateert van het bouwjaar van de case, waardoor de informatie verouderd en onvolledig is (onbenoemde materialen, plannen met de hand getekend, vervaagde plannen, veel vergane informatie, ...). Om deze reden werd contact opgenomen met de actoren binnen de SHM's om elke case te bezoeken en extra (actuele) informatie te verkrijgen.

Primaire gebouwinformatie: <i>Plannen</i>	Bouwplannen zijn gedetailleerde tekeningen en bevatten essentiële informatie (gevelzichten, doorsnedes, gebruikte materialen, ...) om het project te realiseren.
<i>Specifieke bestekken</i>	Dit is een gedetailleerde beschrijving van de werken voor een specifiek project. In dit document staat beschreven welke materialen gebruikt worden en hoe de werken uitgevoerd moeten worden.
<i>Meetstaten</i>	Een overzicht van de hoeveelheden en de kosten van de materialen die nodig zijn om de werken uit te voeren. Dit document komt tot stand aan de hand van het bestek.

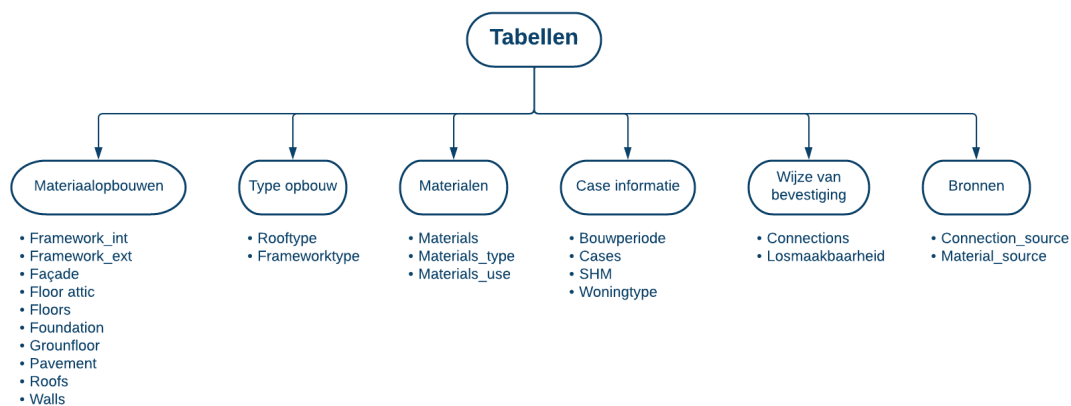
Algemene bestekken: Een algemeen bestek fungeert als een leidraad en referentiedocument voor actoren in een bouwproject. Er zijn historisch 6 technische bestekken ter beschikking, respectievelijk twee van de Nationale Maatschappij voor de Huisvesting NM/T 55 en NM/T 80. In 1991 vond een update plaats tot het document VM/T91. Het bestek VM/T 91 was reeds bij publicatie al verouderd, daarom werkten ontwerpers van de SHM's nagenoeg allemaal op basis van eigen bestekken. De VM/T 91 bevatte bv. nog beschrijvingen van pleister met koehaar of verf met loodwit, wat letterlijk overgenomen is uit de NM/T 55. Voor een aantal posten werd in het document doorverwezen naar de recentere STS. Dit bestek bleef in voege tot 2001. In dit jaar werd de eerste versie van de "B" gepubliceerd. Daaropvolgend verschenen de B2001, B2005 en laatst het BBW in 2014. Dit is momenteel aan een update toe. De 3 recentste bestekken zijn digitaal beschikbaar, terwijl de eerste 3 zich in het archief in Vilvoorde bevinden. (Bosmans, 2023)

SOP: Een sloopopvolgingsplan is een uitgebreid rapport dat gedetailleerde informatie biedt over de materialen en hoeveelheden die tijdens sloopwerken zullen vrijkomen, inclusief hun exacte locaties en verwerkingsmethoden na sloop. Dit plan heeft als doel de sloopwerken efficiënt, ecologisch en met maximale verwijdering van gevaarlijke stoffen uit te voeren.

Plaatsbezoeken: Elke case wordt tijdens dit onderzoek bezocht. Tijdens deze bezoeken worden veel foto's en notities gemaakt. Hierdoor worden de laatste hiaten uitgeklaard.

2.2 Tabellen

De tabellen in de database zijn onderverdeeld in vijf subcategorieën, namelijk: Materiaalopbouwen, materialen, bronnen, wijze van bevestiging en types. Dit wordt voorgesteld in Figuur 41.



Figuur 41: Opbouw tabellen database

Materiaalopbouwen: Deze subcategorie bevat alle bouwlagen die een woning bezit. De bouwlaag geeft alle materialen die er in voorkomen weer en de wijze waarop ze geconnecteerd zijn ten opzichte van elkaar.

Type opbouw: De tabel **Rooftype** maakt een onderscheid tussen plat dak beton, plat dak hout, gordingendak en spantendak. De tabel **Framework_type** geeft het verschil weer tussen ramen, deuren en garagepoorten.

Materialen: Bij een materiaal wordt steeds de bijhorende materiaalgroep (metaal, kunststof, beton, hout, natuursteen, ...) weergegeven door middel van de tabel **Materials_type**. Het materiaalgebruik (binnenafwerking, isolatie, binnenspouwblad, dakafwerking, ...) zit vervat in **Materials_use**. **Materials** geeft de essentiële informatie over elk materiaal weer en linkt naar de twee bovenstaande tabellen.

Case-informatie: Bij elke case wordt steeds de **Bouwperiode**, de sociale huisvestingsmaatschappij **SHM** en het **Woningtype** (HOB, HOB/gesloten en appartement) aangegeven. In de tabel cases komt deze informatie samen en wordt aangevuld met de locatie, de toekomstplannen en de vorige renovaties.

Wijze van bevestiging: Materialen zijn op verschillende wijzes geconnecteerd. Tabel **Connections** bevat alle mogelijke connecties (geniet, genageld, gestort, ingemetst, ...). Sommige connecties zijn makkelijker omkeerbaar dan andere connecties. Met behulp van de tabel **Losmaakbaarheid** wordt aangegeven hoe omkeerbaar een connectie is.

Bronnen: Zowel de bron van de materiaalconnectie (**Connection_source**) als die van de essentiële materiaal informatie (**Material_source**) wordt meegegeven. De voornaamste brontypes zijn: primaire gebouwinformatie (plannen, specifiek bestek, meetstaten, ...), plaatsbezoek en SOP.

Nadat alle cases met bijhorende essentiële informatie zijn toegevoegd wordt gestart met de eigenlijke materiaal inventarisatie. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van twee stappenplannen, enerzijds voor het toevoegen van een materiaal en anderzijds voor het toevoegen van een materiaalopbouw.

2.2.1 Materiaal toevoeging database

Figuur 42 geeft een overzicht van enkele materialen uit de tabel Materials. In deze tabel zijn er 4 kolommen. De eerste kolom geeft het materiaal een nummering (**MaterialID**). De tweede kolom (**MaterialUse**) geeft aan waarvoor het materiaal gebruikt wordt, bv. Isolatie. In de kolom ernaast (**MaterialType**) kan de bijhorende materiaal groep geselecteerd worden, bv. Kunststof. Ten slotte wordt in de vierde kolom (**Description**) de materiaal naam geformuleerd, bv. Isolatie_Platen_PUR_80mm. Naast deze vier kolommen zijn er nog andere kolommen die extra gedetailleerde informatie bevatten.

Er wordt gebruik gemaakt van een consequente naamvoering, zodat voorheen geïmplementeerde materialen eenvoudig worden teruggevonden en nieuwe materialen vlot worden toegevoegd.

MaterialID	MaterialUseID	MaterialTypeID	Description
11	Binnenspouwblad/Verticale structuur	Baksteen	Blokken_Gebakken_Aarde_Hol_140
36	Buitenaafwerking/Buitenspouwblad	Baksteen	Buitenspouwblad_Vormbak_Paepesteen
42	Isolatie	Organisch materiaal	Isolatie_Platen_Rotswol_60mm
60	Binnenaafwerking	Keramik	Tegels_Keramisch
83	Buitenschrijnwerk	Kunststof	Buitenschrijnwerk_PVC_Dubbel_Glas
86	Buitenaafwerking/Buitenspouwblad	Natuursteen	Dorpel_Blauwe_Hardsteen
105	Binnenaafwerking	Kunststof	Vloerafwerking_Linoleum
112	Overspanning	Beton	Overspanning_Welfsels_Beton_inclDruklaag
133	Folie	Kunststof	Folie_Polyethyleenfilm_PE
136	Isolatie	Organisch materiaal	Isolatie_Matten_Minerale_Wol_120mm
173	Isolatie	Organisch materiaal	Isolatie_Matten_Minerale_Wol_120mm
213	Dakbedekking	Compostiet	Onderdak_Plaat_MenuiseriteNT
219	Dakafwerking	Kunststof	Dakbedekking_PVC_ALKORPLANA
245	Binnenaafwerking	Beton	Tegels_Cement_Marmermozaïek
272	Overspanning	Gebakken aarde	Latei_stalton
287	Dakbedekking	Compostiet	Onderdak_Plaat_Menuiserite(asbesthoudend?)
293	Isolatie	Kunststof	Isolatie_Platen_PUR_80mm
308	Overspanning	Beton	Overspanning_Betonplaat_Hor_Ter_Plaatse_Gestort_Gewapend
316	Isolatie	Kunststof	Isolatie_Platen_PIR_50mm

Figuur 42: Selectie uit tabel Materials

2.2.2 Toevoeging materiaalopbouw database

Wanneer alle materialen zijn toegevoegd aan de database, wordt overgegaan tot het opstellen van de materiaalopbouwen. Figuur 43 illustreert de opbouw van de buitenmuur van wijk Dijsegem. Binnen de tabel van de materiaalopbouw wordt gestart met het benoemen van de case (**Case**). In de tweede kolom wordt het materiaal geselecteerd waarvan de naam beschreven is in de kolom **description** binnen de tabel **Material**. Zo wordt voor elke laag binnen de materiaalopbouw een materiaal geselecteerd. Met de kolom **Assembly number** wordt de juiste volgorde van de materialen in de opbouw weergegeven. Kolom vier (**Connection**) geeft weer hoe de lagen onderling geconnecteerd zijn met elkaar. Ten slotte kan de informatiebron van het materiaal en de connectie aangeduid worden in respectievelijk **Material Source** en **Connection Source**.

CaseID	MaterialID	Material Source	ConnectionID	Connection Source	Assembly
2003_2_Wijk Dijsegem	Binnenafwerking_Pleister	Plaatsbezoek	Geplakt	Eenduidige conventie	1
2003_2_Wijk Dijsegem	Blokken_Gebakken_Aarde_Hol_140	Primaire gebouwinform: Gemetst_Mortel 1/3 port		Eenduidige conventie	2
2003_2_Wijk Dijsegem	Isolatie_geëxtrudeerd_polystyreenschuimplaten_40mm	Primaire gebouwinform: Tand_en groefstelsel		Primaire gebouwinform: 3	
2003_2_Wijk Dijsegem	Luchtspon	Primaire gebouwinform: NA		Primaire gebouwinform: 4a	
2003_2_Wijk Dijsegem	Spouwankers_Gegalvaniseerd	Primaire gebouwinform: Ingemetst		Primaire gebouwinform: 4b	
2003_2_Wijk Dijsegem	Buitensponwblad_Handvormsteen_Machinaal	Primaire gebouwinform: Gemetst_Mortel 1/3 port		Primaire gebouwinform: 5	

Figuur 43: Materiaalopbouw buitenmuur wijk Dijsegem

2.3 Query's

Een query is een verzoek of een vraag die wordt gesteld aan een database om specifieke informatie op te halen of te wijzigen. In deze context wordt een query gebruikt om bepaalde informatie te vergelijken. Deze query's vormen de basis voor hoofdstuk 1: Materiaalgebruik cases. Voorbeelden hiervan zijn:

- De evolutie in de tijd voor het gebruik van dragend metselwerk van alle cases.
- Kijken hoeveel cases een volledige thermische schil bevatten, hiervoor moet de vloeropbouw, buitenmuuropbouw en dakopbouw/zoldervloer voorzien zijn van isolatie en dient het buitenschrijnwerk minstens dubbel glas te zijn.
- Welke vloerafwerking gebruikt is, de evolutie hiervan in de tijd en of dit voorkomt in een droge of natte ruimte.
- ...

Deel 3: Onderzoekresultaten

1 Materiaalgebruik cases

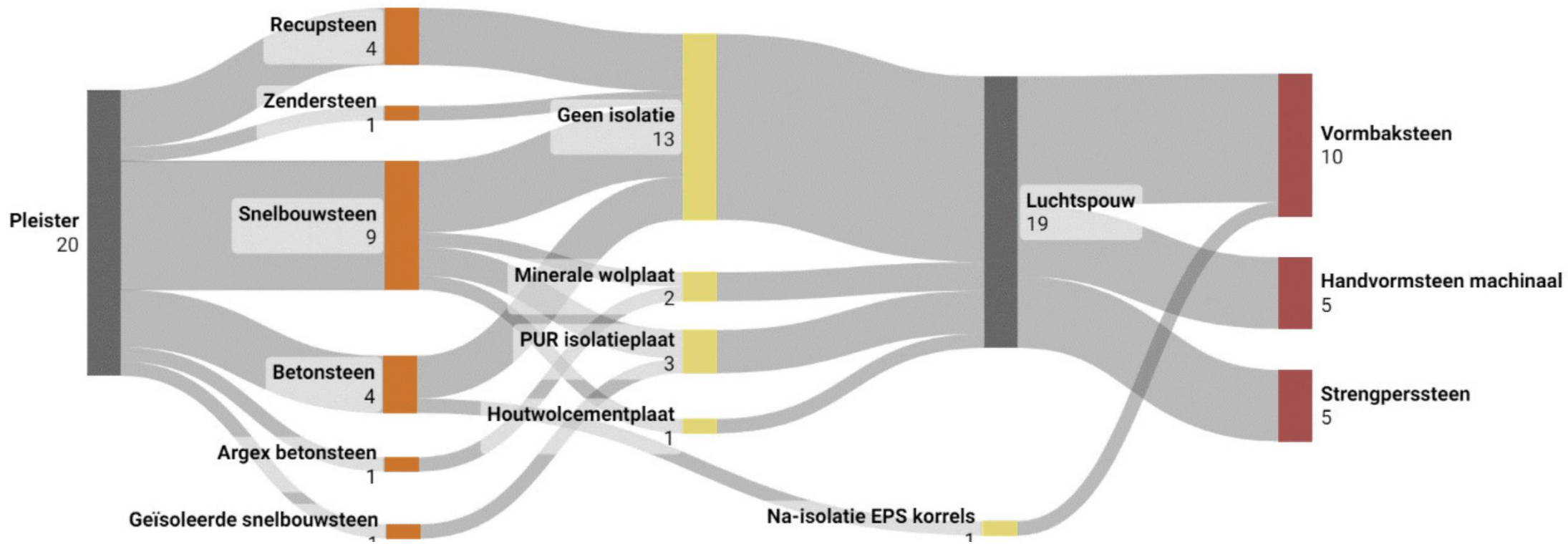
1.1 Buitenmuren (Façade)

Alle woningen uit de bestudeerde wijken zijn als een traditionele spouwmuur opgebouwd. Er zijn meerdere materialen in de buitenmuur die per case verschillen. Grafiek 8 illustreert de voorkomende buitenmuur opbouwen. De grafiek is opgebouwd van links (binnen) naar rechts (buiten), waarbij de corresponderende lagen worden toegelicht in Tabel 18. Ter vereenvoudiging van de grafiek worden verflagen/afwerkingslagen op het gevelmetselwerk, spouwankers en isolatiepluggen niet weergegeven. Deze worden wel toegelicht bij de bouwdetails van de buitenmuren.

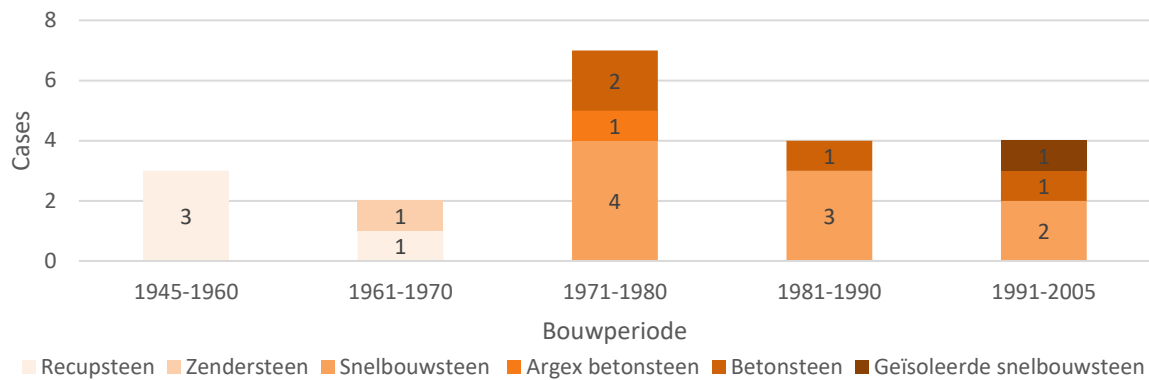
Tabel 18: Beschrijving buitenmuren

1. Pleisterwerk	
Alle binnenmuurvlakken, uitgezonderd de binnenmuurvlakken van de garages of technische ruimtes, zijn bepleisterd.	
2. Dragend metselwerk	
Hier wordt onderscheid gemaakt tussen: recupsteen (4/20), zendersteen (1/20), betonsteen (4/20), argexbetonsteen (1/20) en (geïsoleerde) snelbouwsteen (1/20+9/20). Het gebruik hiervan varieert met de tijd. 50% van de cases is opgetrokken met een snelbouwsteen.	Recupsteen Toegepast: 1945-1968
	Deze boerkes steen wordt twee stenen dik gemetst en kan zowel gaten bevatten als vol zijn.
	Zendersteen Toegepast: 1961-1975
	Anders gekend als assebeton, sintelbeton, slakkenbeton of ook wel sintelsteen. Het is een relatief licht beton dat gemaakt wordt met sintel of hoogovenslakken als het ruwe aggregaat of toeslagstof bij de betonbereiding. Hoogovenslakken zijn een bijproduct dat ontstaat bij de productie van ruwijzer in het hoogovenproces. (Desmeyer, 28/04/2023)
	Betonsteen Toegepast: 1971-2005
	Deze stenen worden zowel massief als hol gefabriceerd. Het beton wordt in een mal gegoten met gestandaardiseerde maten waarna het 8 uur lang verblijft in een met stoom verzadigde atmosfeer waardoor het een hogere weerstand verkrijgt. Afhankelijk van de toeslagmaterialen varieert het gewicht. (Febelcem, 2016)
	Argex betonsteen Toegepast: 1971-1980
	Is een zeer lichte betonsteen, doormiddel van toevoeging van geëxpandeerde kleikorrels. Deze steen heeft voldoende draagkracht, een goede thermische en akoestische isolatie. (TopArgex, 2018)
	Snelbouwsteen Toegepast: 1971-2005
Snelbouwsteen wordt vervaardigd uit gebakken aarde en is op heden het meest courant gebruikte metselwerk voor een- en meergezinswoningen. (Belis, 2019a)	
Geïsoleerde snelbouwsteen Toegepast: 1991-2005	
Dit is een snelbouwsteen waarvan de verticale perforaties gevuld zijn met minerale wol. Het zorgt voor een verbeterde thermische isolatie van de steen. (Belis, 2019a)	

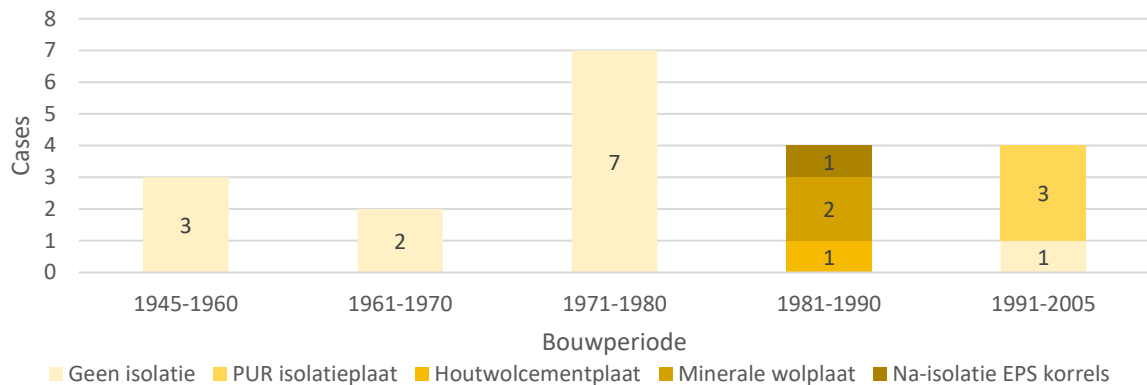
3. Isolatie			
<p>Het gros van de cases (13/20) heeft geen isolatie in de buitenmuur. 7 cases zijn wel geïsoleerd, waarvan 5 in de originele toestand en twee na-isolaties.</p> <p>In de originele toestand wordt de isolatie geplaatst tegen het dragend metselwerk tijdens het optrekken van de spouwmuur. Bij een na-isolatie wordt de isolatie geplaatst bij het uitvoeren van een IER.</p>	<p>Minerale wol</p>	<p>Origineel</p>	<p>Toegepast: 1981-1990</p>
	<p>Er bestaat zowel rots- als glaswol. Rotswol is een isolatiemateriaal op basis van gesmolten basaltgesteente, terwijl glaswol bestaat uit glasvezels aangevuld met zand en kalk. (ISOVER, 2018)</p>		
	<p>Dit type werd vaak toegepast bij woningen met een elektrische verwarming. De isolatie is op heden meestal verzakt, waardoor problemen ontstaan voor na-isolatie. (Desmeyer, 28/04/2023)</p>		
	<p>PUR plaat</p>	<p>Origineel</p>	<p>Toegepast: 1991-2005</p>
	<p>PUR bestaat uit poly-urethaan en is geschikt als spouwmuurisolatie door zijn krimpvrrije, winddichte en vochtwerende eigenschappen. Hierdoor is de plaat bestand tegen schimmels en rot. (Recticel, 2022)</p>		
	<p>Houtwolcementplaat</p>	<p>Origineel</p>	<p>Toegepast: 1981-1990</p>
	<p>Houtwolcement is een combinatie van houtwol en cement. Deze plaat biedt zowel thermische als akoestische isolatie. Idealiter wordt deze plaat gebruikt in combinatie met een ander isolatiemateriaal. (Heraklith, 2023)</p>		
<p>PUR plaat</p>	<p>Na-isolatie</p>	<p>Toegepast: 2023</p>	
<p>Hierbij wordt de PUR plaat bevestigd tegen het gevelmetselwerk. Op de PUR plaat worden vervolgens steenstrips gelijmd. De spouw wordt hierbij behouden maar om convectiestromen in de spouw tegen te gaan worden de openingen afgedicht.</p>			
<p>EPS-korrels</p>	<p>Na-isolatie</p>	<p>Toegepast: 2023</p>	
<p>EPS-korrels lijken op piepschuim en worden in de spouw ingebracht via geboorde gaten in het gevelmetselwerk. Nadien worden de gaten dichtgemaakt met mortel. (Desmeyer, 28/04/2023)</p>			
4. Luchtspouw			
<p>Alle cases beschikken over een luchtspouw. Deze luchtspouw fungeert als barrière tegen doorslaand vocht. Het vocht aanwezig in de luchtspouw wordt door ventilatie (enkele open stootvoegen) afgevoerd. Bij 1 case werd deze luchtspouw opgevuld met EPS-korrels.</p>			
5. Gevelmetselwerk			
<p>Bij de onderzochte cases worden meerdere types gevelsteen toegepast. Er worden drie types onderscheiden op basis van het productieproces.</p>	<p>Machinale handvormsteen</p>	<p>Machinale handvormstenen worden vervaardigd door het inbrengen van een klomp klei in een mal. De klomp klei is week en voorbezand. Met deze methode wordt een typisch grillig generfd uitzicht bekomen. (Baksteenfederatie, 2006)</p>	
	<p>Vormbaksteen</p>	<p>Vormbakstenen worden bekomen door het mechanisch na te persen van weke klei in een mal. Deze steen heeft een strakke vorm. (Baksteenfederatie, 2006)</p>	
	<p>Strengperssteen</p>	<p>Strengpersstenen worden vervaardigd met behulp van een strengpers, in tegenstelling tot de handvorm- en vormbaksteen wordt deze steen niet in een vorm geplaatst of geperst. De machine perst de klei in een lange streng. De streng wordt vervolgens in baksteenvorm gesneden. Deze steen heeft de meest strakke vorm van deze drie types. (Baksteenfederatie, 2006)</p>	
	<p>Strengperssteen</p>	<p>Strengpersstenen worden vervaardigd met behulp van een strengpers, in tegenstelling tot de handvorm- en vormbaksteen wordt deze steen niet in een vorm geplaatst of geperst. De machine perst de klei in een lange streng. De streng wordt vervolgens in baksteenvorm gesneden. Deze steen heeft de meest strakke vorm van deze drie types. (Baksteenfederatie, 2006)</p>	



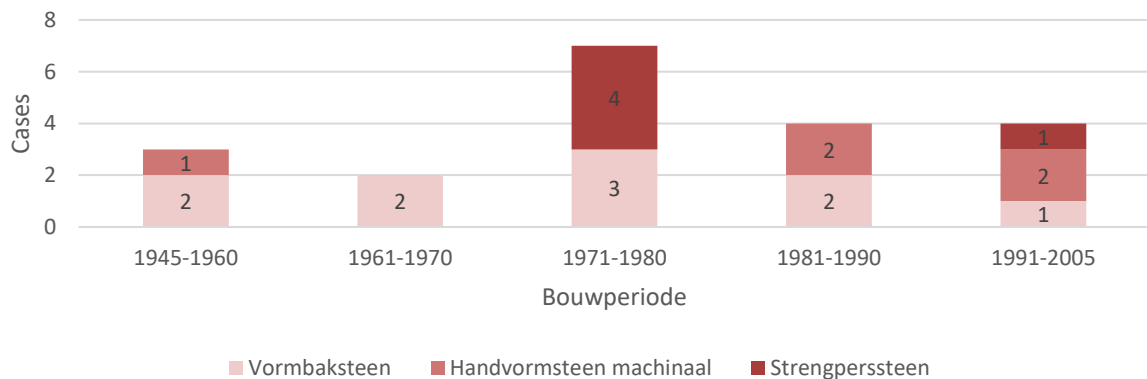
Grafiek 8: Sankey-diagram opbouwen buitenmuren



Grafiek 9: Evolutie dragend metselwerk buitenmuur



Grafiek 10: Evolutie isolatie buitenmuur



Grafiek 11: Evolutie gevelmetselwerk buitenmuur

Grafiek 9 toont de evolutie van het gebruikte dragend metselwerk in de bestudeerde cases. Net na de tweede wereldoorlog werd er enkel gebruik gemaakt van recupsteen (boerkes). Tussen 1961-1975 werd zendersteen toegepast. Na de jaren 70 werd er zowel gebruik gemaakt van betonsteen als van snelbouwsteen. Van de 20 gevolgde cases is de helft opgetrokken in snelbouwsteen.

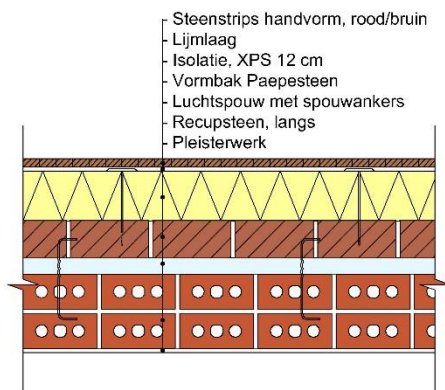
De evolutie van de isolatie van de buitenmuur is te zien in Grafiek 10. Vanaf de jaren 80 werden de eerste woningen geïsoleerd met een minerale wol isolatieplaat. Deze isolatie werd geplaatst in combinatie met elektrische verwarming. Vanaf de jaren 90, begin 2000 werd de eerste generatie PUR platen (4cm dikte) toegepast in de spouwmuur. Na-isolatie wordt veelvuldiger toegepast maar de buitenmuur is het laatste element van de thermische schil dat wordt aangepakt.

Grafiek 11 geeft de evolutie van het gevelmetselwerk weer. De vormbaksteen is het meest gebruikt. De onderzochte tijdsperiode geeft geen merkbare evolutie in steengebruik weer daar deze drie productieprocessen al sinds de 19^e eeuw worden toegepast.

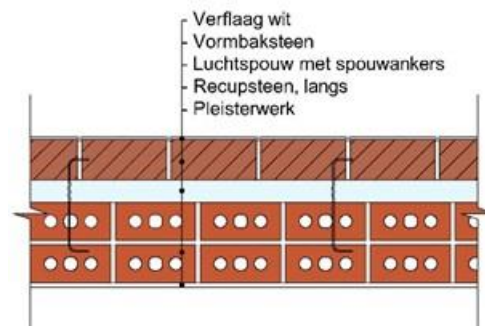
Figuur 44 is een visualisatie van de meest diverse muuropbouwen van de onderzochte cases. De gemaakte selectie geeft alle verschillende dragende binnenmuren, isolaties en gevelmetselwerken weer. De gedetailleerde constructie opbouwen tonen bijkomend de spouwankers, isolatiepluggen en afwerkingslagen op het gevelmetselwerk. In bijlage kan de muuropbouw van elke case worden geraadpleegd.

Bij de cases Evere 1945 en Hekers 1983 werd de thermische schil verbeterd. In Evere door middel van de toevoeging van een isolatiepakket aan de oorspronkelijke gevel. De spouw werd niet opgevuld maar om convectiestromen te voorkomen werden de openingen dichtgemaakt. Op het toegevoegde isolatiepakket in XPS werden steenstrips verlijmd. In Hekers werd de spouw opgevuld met EPS-korrels.

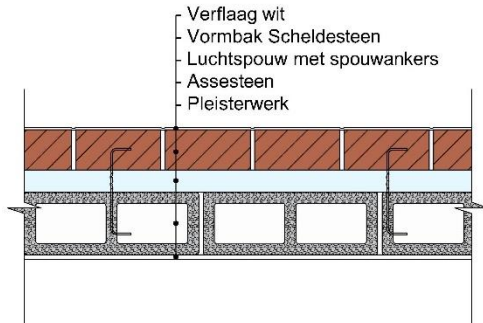
Evere 1945



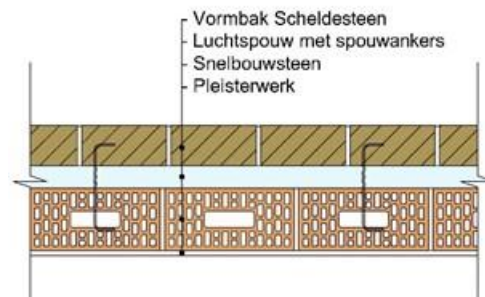
De Vennen 1968



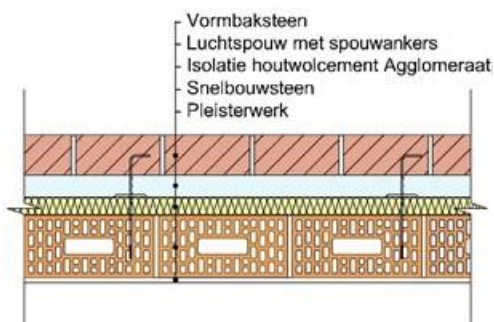
Hertooriebos 1961



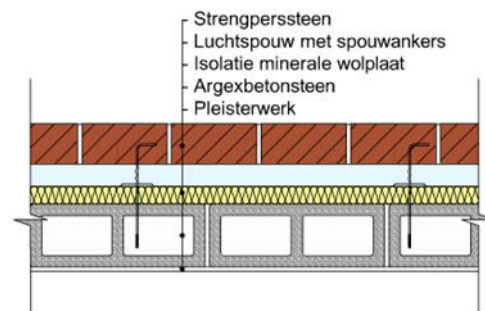
Nieuw Gent 1972



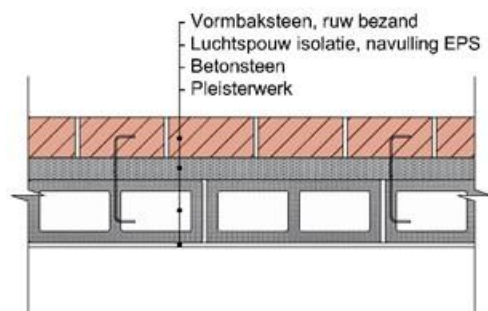
Geuzenberg 1984



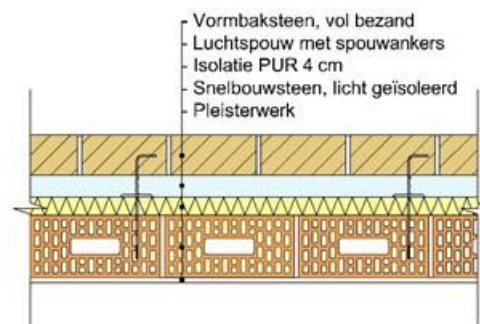
Open Veld 1979



Hekers 1983



De Vennen 2003



Figuur 44: Gedetailleerde muuropbouwen

1.2 Daken

Er wordt onderscheid gemaakt tussen daken van het hoofdgebouw en daken van het bijgebouw. Het dak van het hoofdgebouw vertegenwoordigt het grootste dakoppervlak. Het bijgebouw is een uitsprong of een aangebouwde garage. In geval het bijgebouw de functie van een garage vervult, maakt het vaak geen deel uit van het beschermd volume waardoor de dakopbouw dan niet geïsoleerd is. Het bijgebouw en hoofdgebouw hebben vaak een verschillend daktype.

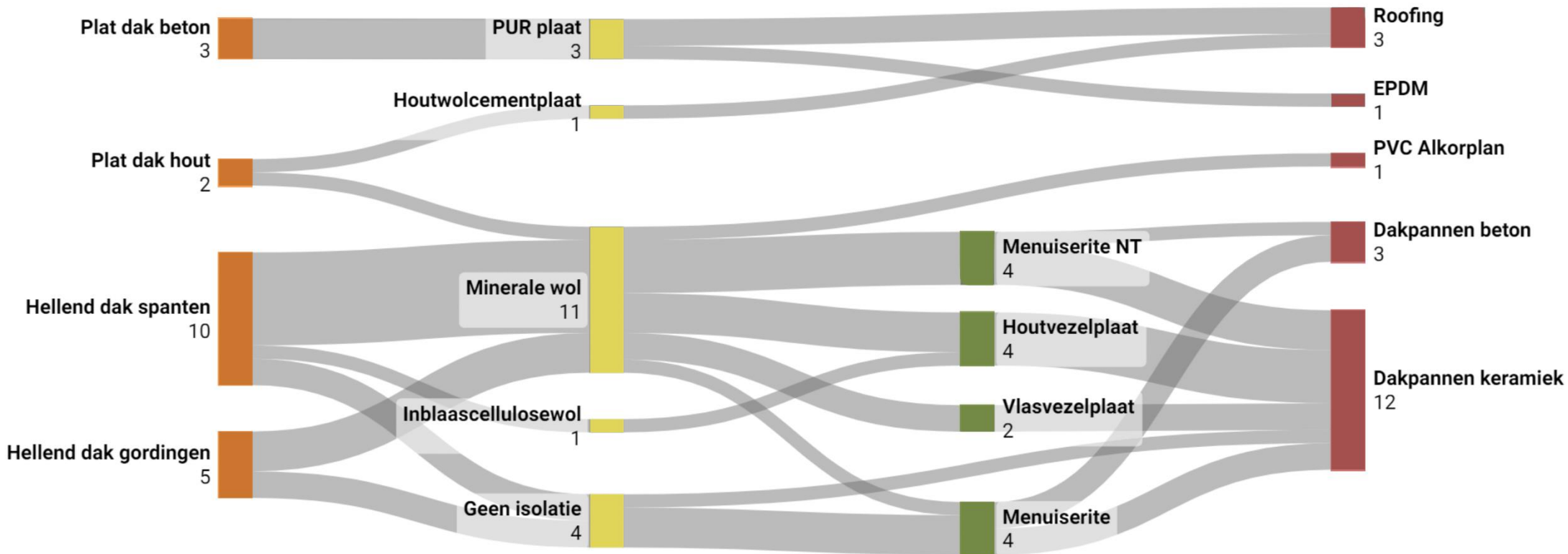
1.2.1 Daken hoofdgebouwen

Grafiek 12 toont de verschillende dakopbouwen bij de hoofdgebouwen. De grafiek geeft van links naar rechts respectievelijk het daktype, isolatie, onderdak en de dakafdichting weer. Ter vereenvoudiging van de grafiek worden binnenafwerkingen, folies, tengel- en panlatten en bevestigingsmiddelen niet beschouwd. Deze worden wel weergegeven bij de bouwdetails. De lagen weergegeven in Grafiek 12 worden toegelicht in Tabel 19.

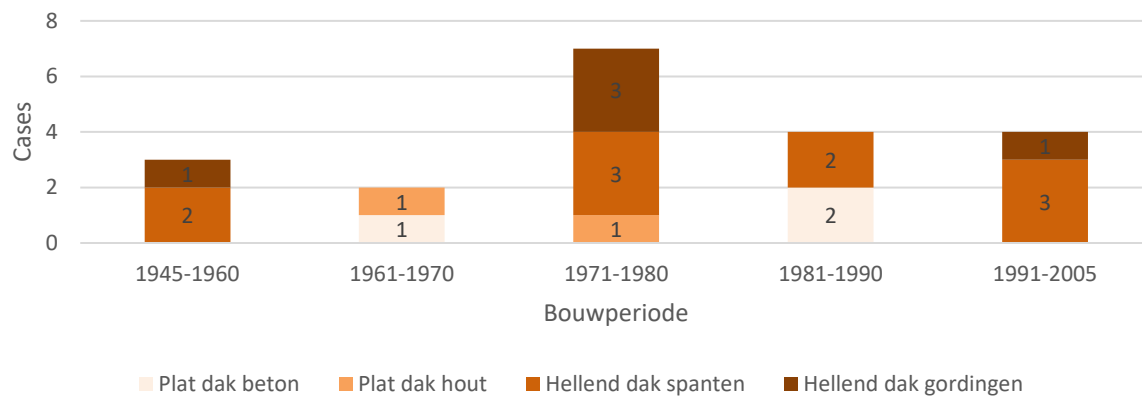
Tabel 19: Beschrijving dakopbouwen

1. Dakconstructie	
<p>Het gros van de daken betreft een hellend dak (15/20). Het patrimonium van de SHM's is zoals eerder aangehaald conservatief en zo onderhoudsvriendelijk mogelijk opgebouwd. Een hellend dak is beter bestand tegen de Belgische weersinvloeden en zal minder snel lekken dan een plat dak waar waterstagnatie kan optreden.</p>	<p>Plat dak beton</p> <p>Hierbij kan de overspanning gerealiseerd worden met welfsels of ter plaatse gestort. De helling wordt verkregen met behulp van hellingsbeton. Een betonnen afdek heeft een betere thermische inertie dan een houten afdek.</p>
	<p>Plat dak hout</p> <p>De overspanning wordt hier gecreëerd met een houten balkenrooster, vaak met Oregon/Douglas. De helling wordt verkregen door middel van houten hellingspieën.</p>
	<p>Hellend dak gordingen</p> <p>Bij een gordingendak met kepers liggen de verticale kepers op de gordingen. De horizontale gordingen zijn bevestigd in de dragende muur. (Belis, 2019b)</p>
	<p>Hellend dak spanten</p> <p>In plaats van gordingen worden voor de kapconstructie spanten gebruikt, die onderling met houten ribben aan elkaar verbonden zijn. De spanten dragen de daklast over naar de vloer (of gevel). (Belis, 2019b)</p>
2. Isolatie	
<p>Bijna alle daken (16/20) zijn op heden geïsoleerd. De woningen met niet geïsoleerde daken beschikken evenwel over een geïsoleerde zoldervloer. De dampschermen zitten steeds aan de warme kant van de ruimte.</p>	<p>PUR plaat</p> <p>Deze drukvaste PUR panelen worden boven op de dakvloer gelegd (warm dak). Door te isoleren langs buiten fungeert het plat dak als warmtebuffer. (Steeleman, 2019)</p>
	<p>Minerale wol</p> <p>De minerale wol komt steeds in dekenvorm voor en wordt tussen de houten balkenroostering vastgeniet. Glaswol wordt het meest aangetroffen, maar ook rotswol werd enkele keren toegepast.</p>
	<p>Houtwolcementplaat</p> <p>Houtwolcement is een combinatie van houtwol en cement. Deze plaat biedt zowel thermische als akoestische isolatie. Idealiter wordt deze plaat gebruikt in combinatie met een ander isolatiemateriaal. (Heraklith, 2023)</p>
	<p>Minerale wol</p> <p>De meeste cases hebben een hellend dak geïsoleerd met minerale wol. De minerale wol is steeds in dekenvorm toegepast. Glaswol wordt het meest aangetroffen, maar ook rotswol werd enkele keren toegepast.</p>
	<p>Inblaascellulose</p> <p>Cellulosevlokken worden gemaakt van oud krantenpapier. Het krantenpapier wordt tot pulp vermalen en vermengd met boorzouten. De boorzouten maken de vlokken brandwerend en schimmelwerend. Deze vlokken worden ingeblazen. (Rescoop-mecise, 2016)</p>

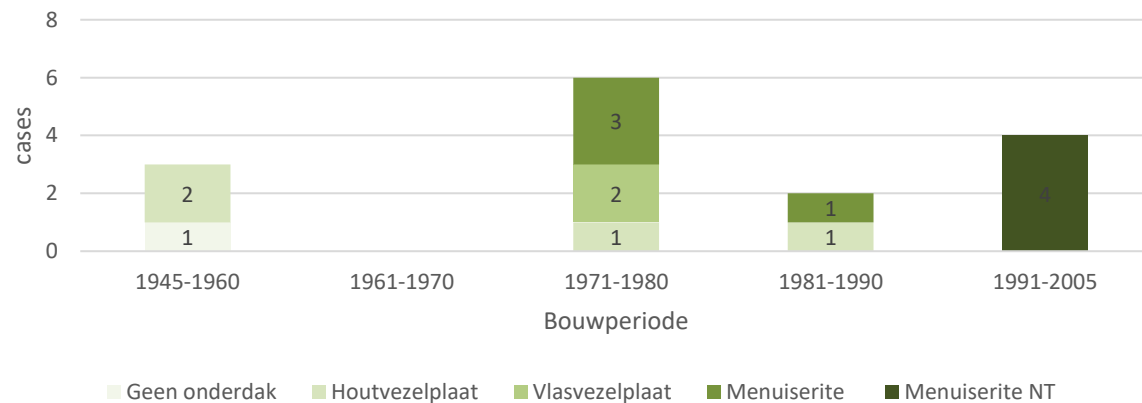
3. Onderdak		
<p>Het onderdak maakt de dakconstructie winddicht en beschermt de onderliggende constructie (isolatiemateriaal) tegen de indringing van vocht, sneeuw en stof.</p>	<p>Menuiserite</p> <p>Menuiserite is de productnaam van vezelcementplaten van de fabrikant Eternit. Deze platen worden toegepast als stijf onderdak. Menuiserite platen voor 1994 zijn in regel asbesthoudend. (Eternit, 2020)</p>	
	<p>Menuiserite NT</p> <p>Menuiserite platen geproduceerd na 1994 zijn asbestvrij en hebben een toevoeging “NT” aan de naam. NT staat voor new technology. (Eternit, 2020)</p>	
	<p>Houtvezelplaat</p> <p>De houtvezels worden onder hoge druk samengeperst waardoor de aanwezige lignine de vezels aan elkaar hecht.</p>	
	<p>Vlasvezelplaat</p> <p>Vlasspaanplaten hebben een homogene structuur en worden geproduceerd van vlasscheven. Vlasscheven zijn fijner van structuur dan houtspanen.</p>	
4. Dakbedekking		
<p>De dakbedekking is een beschermde laag op een plat of hellend dak. In de onderzochte cases wordt voor het platte dak onderscheid gemaakt tussen roofing, EPDM en PVC-dakbedekking, terwijl bij een hellend dak betonnen en keramische dakpannen voorkomen.</p>	<p>Roofing</p> <p>Roofing of bitumen worden gebruikt als toplaag en zorgen voor de waterdichtheid bij een plat dak. Dit type kan gebrand of gelijmd aangebracht worden. Roofing wordt geleverd in rollen met courante breedtes. (Witters, 2017)</p>	
	<p>EPDM</p> <p>EPDM is een synthetisch rubber dat UV-bestendig en zeer elastisch is. Hierdoor is het quasi onmogelijk om de dakafdichting te scheuren. EPDM kan geleverd worden in één stuk of in rollen met courante breedtes en wordt altijd verlijmd. (Witters, 2017)</p>	
	<p>PVC Alkorplan</p> <p>Is een thermoplastisch membraan uit monomeer PVC-P. Deze dakbedekking wordt verlijmd. PVC-P kan bewerkt en opnieuw in het productieproces ingezet worden. Dit voorkomt verspilling van waardevolle grondstoffen. (RENOLIT, 2012)</p>	
	<p>Dakpannen beton</p> <p>Betonnen dakpannen hebben een kortere levensduur maar zijn anderzijds wel goedkoper en sneller te plaatsen vanwege het ontbreken van een kopsluiting. Een betonnen dakpan wordt gedroogd aan 40 graden terwijl een keramische dakpan wordt gebakken op meer dan 1000 graden. (Desmeyer, 28/04/2023)</p>	
	<p>Dakpannen keramiek</p> <p>De SHM's focussen voornamelijk op een lange levensduur en onderhoudsgemak. 12 van de 15 hellende daken zijn om die reden bedekt met keramische dakpannen. (Desmeyer, 28/04/2023)</p>	



Grafiek 12: Sankey-diagram dakopbouwen hoofdgebouw



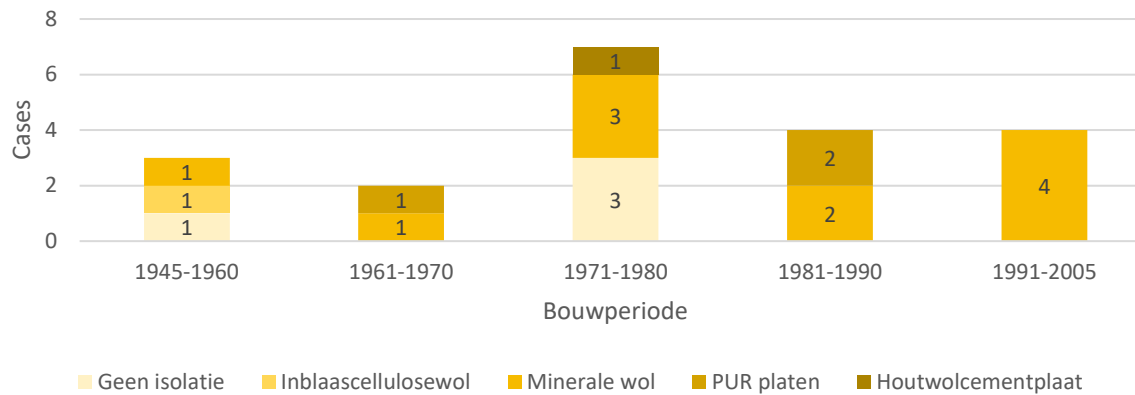
Grafiek 13: Evolutie daktypes



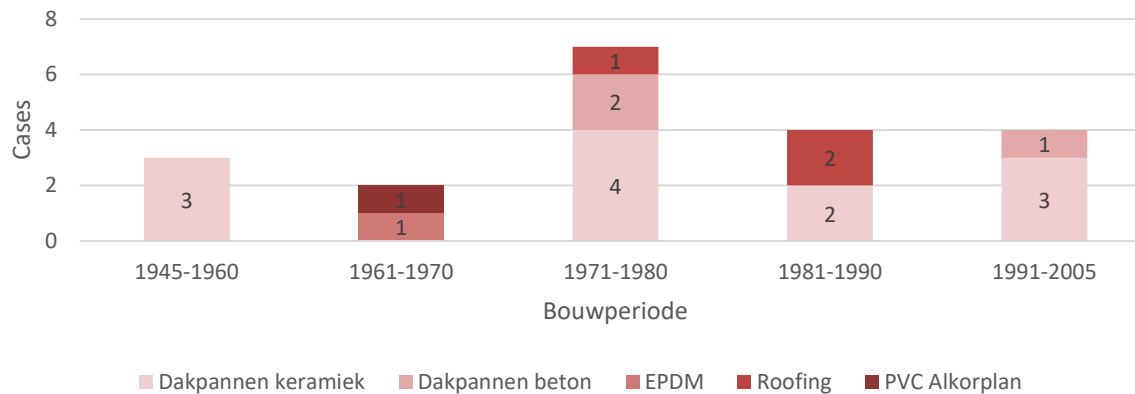
Grafiek 14: Evolutie onderdak

Bij de oudste cases (1945-1960) werd enkel een hellend dak toegepast. Vanaf de jaren 60 komen platte daken voor. Er is vanaf die periode geen eenduidig verband in de tijd vast te stellen, toch blijven hellende daken het overheersende type.

Bij de oudste case werd geen onderdak toegepast. Tot en met de tijdsperiode 1971-1980 werd veelvuldig gebruik gemaakt van vezelplaten. Vanaf die periode werd de asbesthoudende Menuiserite plaat geïntroduceerd. Deze plaat werd gebruikt tot de jaren 90. In de jaren 90 kwam er meer en meer bewustwording van de schadelijke effecten van asbest, waardoor deze vanaf die periode meer en meer uitgefaseerd werden. Vanaf 1994 werden asbestvrije Menuiserite NT platen gebruikt.



Grafiek 15: Evolutie isolatie dak

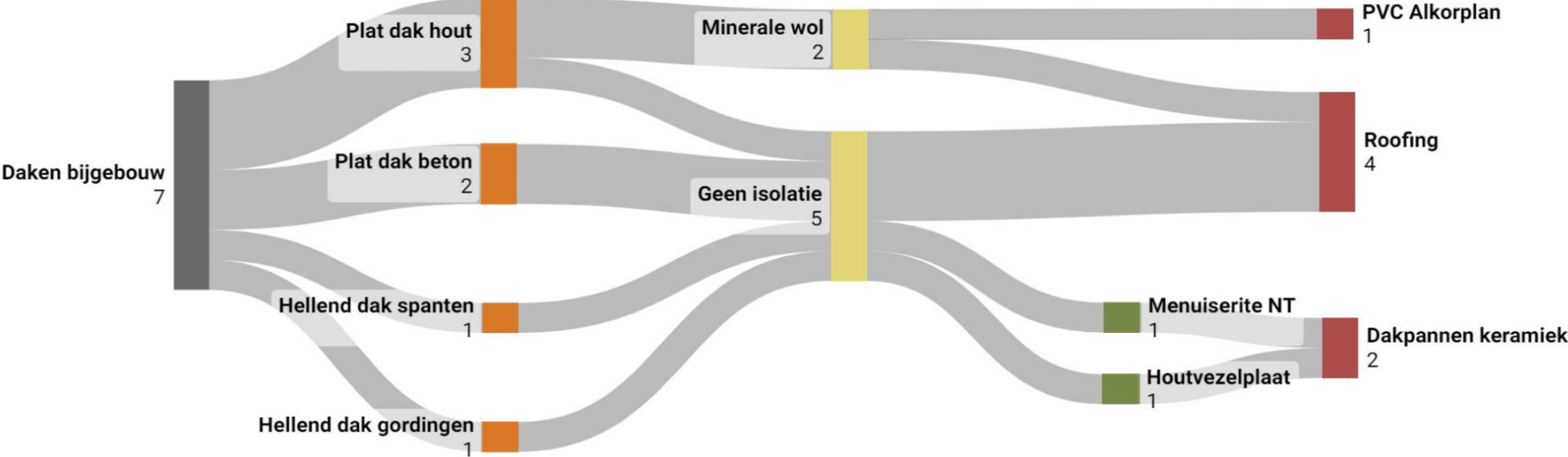


Grafiek 16: Evolutie dakbedekkingen

Zoals eerder vermeld zijn alle cases langs de bovenkant geïsoleerd. Bij 4 cases is het dak niet geïsoleerd maar de zoldervloer wel. Minerale wol is het meest gebruikte isolatiemateriaal. De isolaties uitgevoerd voor 1991 betreffen allemaal na-isolaties. Dat alle daken geïsoleerd zijn is te verklaren door de opgelegde verplichtingen van de overheid. Sinds 2015 kan het gebrek aan voldoende dakisolatie bij de inspectie van de woningkwaliteit resulteren in het toekennen van strafpunten. Het aantal strafpunten is geleidelijk toegenomen. Vanaf 2020 kan het ontbreken van voldoende dakisolatie voldoende reden zijn om de woning als ongeschikt te verklaren. (Rekenhof, 2021)

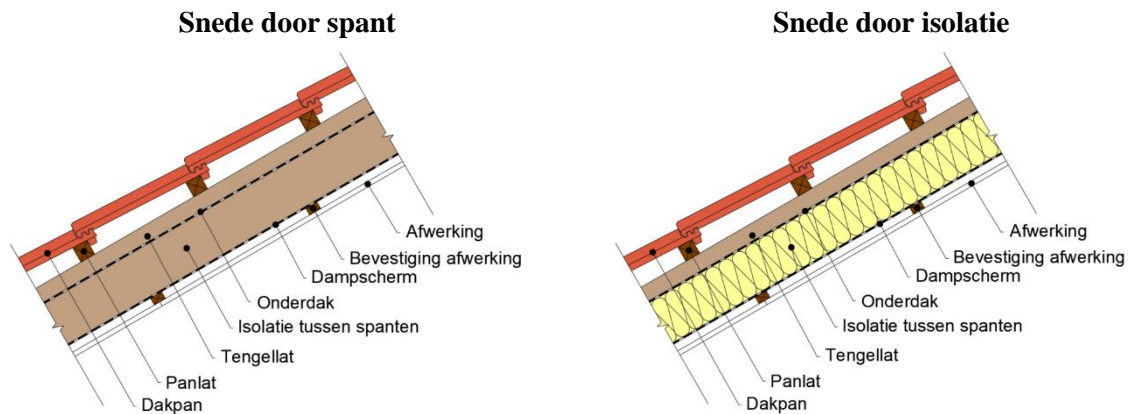
Hellende daken zijn toegepast bij 3/4 van de cases, de overige cases hebben een plat dak. De reden hiervoor is extra kans op lekken bij waterstagnatie voorkomend bij platte daken. Van alle hellende daken is 80% voorzien van keramische dakpannen, terwijl de overige 20% bedekt is met betonnen dakpannen. Dakpannen uit beton hebben een levensduur die veel korter is dan die van keramische dakpannen waardoor de SHM's kiezen voor keramische dakpannen.

1.2.2 Daken bijgebouwen



Grafiek 17: Sankey-diagram dakopbouwen bijgebouwen

Figuur 45 is een visualisatie van de meest voorkomende opbouw voor spantendaken. Links op de figuur wordt gesneden door een spant, terwijl rechts gesneden wordt door de isolatie tussen de spanten. De gedetailleerde constructie opbouw toont bijkomende informatie zoals het dampscherm, de pan- en tengellatten. Het dampscherm wordt steeds aan de warme zijde bevestigd. De tengellatten worden bevestigd op de spanten en de panlatten op de tengellatten.

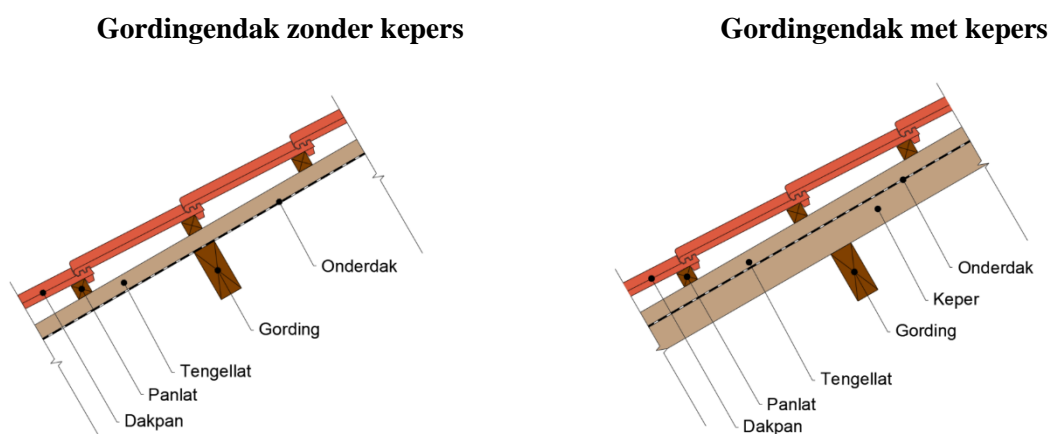


Figuur 45: Opbouw spantendak

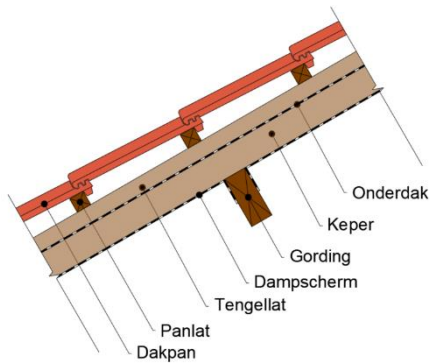
De verschillende opbouwen van de gordingendaken zijn gevisualiseerd in Figuur 46. De tekeningen zijn gebaseerd op de foto's die terug te vinden zijn in bijlage.

De eenvoudigste alsook de oudste opbouw betreft een **gordingendak zonder kepers** waar het onderdak rechtstreeks bevestigd is op de gordingen. Dit type werd enkel toegepast voor kleine overspanningen en bij de bestudeerde cases kwam dit enkel voor bij de daken van de bijgebouwen.

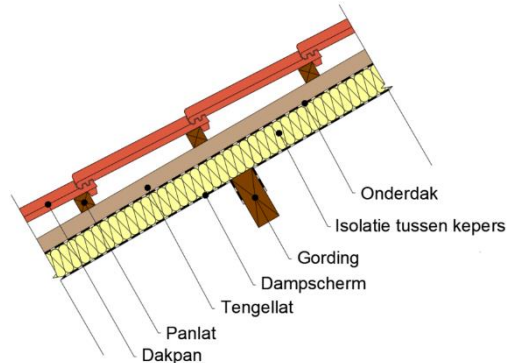
Voor grotere overspanningen wordt gebruik gemaakt van kepers die bevestigd zijn op de gordingen. De opbouwen daarna bevatten twee mogelijke energetische renovaties van het **gordingendak met kepers**. De dakisolatie kan in een **enkele laag**, enkel tussen de kepers, of in een **dubbele laag** zowel tussen de kepers als tussen de gordingen uitgevoerd worden.



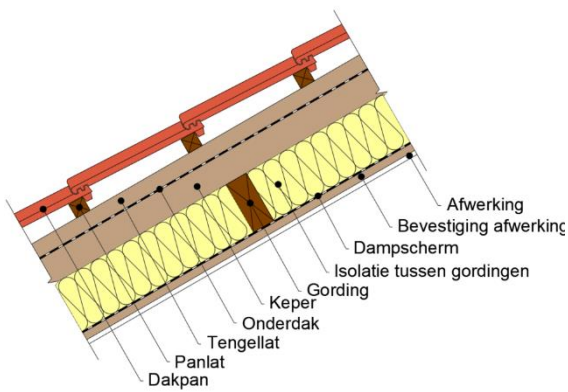
Gordingendak met kepers
Dakisolatie enkele laag, snede door keper



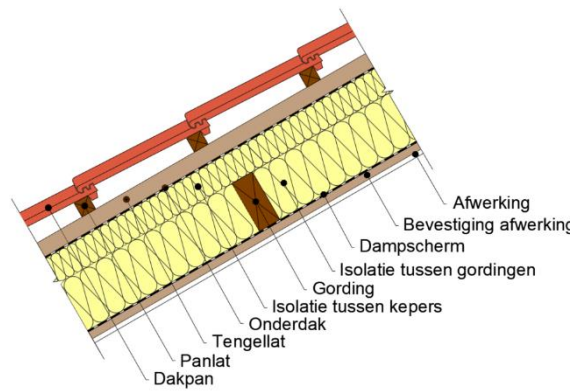
Gordingendak met kepers
Dakisolatie enkele laag, snede door isolatie



Gordingendak met kepers
Dakisolatie dubbele laag, snede door keper



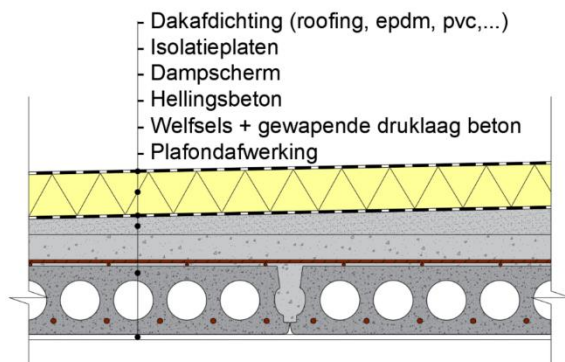
Gordingendak met kepers
Dakisolatie dubbele laag, snede door isolatie



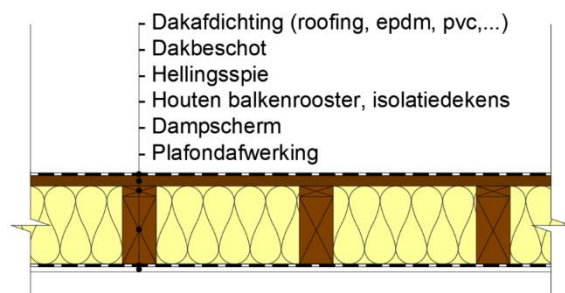
Figuur 46: Opbouw gordingendak

Figuur 47 geeft links en rechts respectievelijk de opbouw voor een plat dak met een betonnen draagstructuur en een plat dak met een houten draagstructuur weer. Het betonnen dak betreft een warm dak geïsoleerd met een drukvaste isolatie. De helling wordt gecreëerd met hellingsbeton. De helling van het houten dak wordt gerealiseerd met behulp van hellingspieën. De zachte isolatie wordt tussen het balkenrooster aangebracht. De (meerlaagse) dakafdichtingen kunnen voor beide daken hetzelfde zijn.

Plat dak beton



Plat dak hout



Figuur 47: Opbouwen platte daken

1.3 Vloeropbouwen

1.3.1 Gelijkvloers

Tabel 20: Beschrijving vloeropbouwen gelijkvloers

1.	Vloerplaat/afdek kelder		
De draagvloer van het gelijkvloers kan bestaan uit een zavelbed, ter plaatse gestorte betonplaat of welfsels indien er een kelder aanwezig is. Een zavelbed is een laag van los geel zand. Dit zavelbed wordt bij totaalrenovaties altijd vervangen door een geïsoleerde betonplaat.			
2.	Uitvullaag leidingen		
De leidingen voor verwarming en elektriciteit worden in de meeste gevallen rechtstreeks op de vloerplaat bevestigd. Om deze oneffenheden weg te werken en een effen vlak te creëren om de isolatieplaten te plaatsen, wordt een uitvullaag gegoten. In de cases waar geen isolatie aanwezig is, wordt geen uitvullaag voorzien maar worden de leidingen weggewerkt in de dekvloer.			
3.	Isolatie		
Bij 10/20 cases is er tot op heden geen isolatie aanwezig in de vloeropbouw. Initieel zijn er 7 cases voorzien van isolatie in de vloeropbouw. Tot op heden zijn er maar 3 cases na geïsoleerd in de vloeropbouw. Deze opbouw isoleren is een ingreep die enkel gedaan wordt bij een totaalrenovatie en niet bij een gedeeltelijke renovatie.	V O L L E G R O N D K E L D E R	PUR plaat	
		PUR isolatieplaten worden geproduceerd door het mengen van isocyanaten en polyolen met additieven. De chemische reactie creëert schuim met bellen van koolstofdioxidegas. Het schuim wordt in een mal gegoten of op een platform gespoten en vervolgens uitgehard. Na het uitharden worden de platen gesneden en afgewerkt. Deze platen worden op de vloerplaat gelegd onder de dekvloer. (Witters, 2018)	
		XPS-plaat	
		XPS-platen worden geproduceerd door het smelten en mengen van polystyreenkorrels met additieven. Het gesmolten mengsel wordt geëxtrudeerd door een matrijs en vervolgens gekoeld, uitgehard en versneden. XPS platen zijn drukvaster en beter bestand tegen vocht dan PUR platen. (URSA, 2020)	
		PIR-plaat	
		PIR (polyisocyanuraat) is een verbeterde versie van polyurethaan (PUR). De samenstelling is hetzelfde, maar het polyol is bij PIR gemodificeerd met een isocyanuraatring. PIR heeft hierdoor een hogere isolatiewaarde, hogere drukvastheid en een grotere brandveiligheid dan PUR. De PIR-plaat wordt in de case waar het voorkomt tegen het kelderplafond bevestigd. (Witters, 2018)	
Minerale wolplaat			
Er bestaat zowel rots- als glaswol. Rotswol is een isolatiemateriaal op basis van gesmolten basaltgesteente, terwijl glaswol bestaat uit glasvezels aangevuld met zand en kalk. Deze isolatie is geplaatst tegen het kelderplafond. (ISOVER, 2018)			
4.	Dekvloer		
Een dekvloer is een afwerkingslaag boven op de draagvloer. Het creëert een egale ondergrond voor de bovenliggende vloerafwerking.			

5. Vloerafwerking		
<p>Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee groepen vloerafwerking. De tegels en de soepele vloerbedekkingen. De tegels worden quasi altijd gebruikt in de natte ruimtes. In de droge ruimtes worden beide materiaalgroepen toegepast. Bij de recentere projecten/renovaties wordt omwille van onderhoud voornamelijk gebruik gemaakt van keramische tegels. Figuur 48 toont een voorbeeld van alle mogelijke vloerafwerkingen in de leefruimtes.</p>	<p>Cementtegels</p> <p>Deze tegels bestaan uit cement, zand en water aangevuld met een toplaag van marmerpoeder en kleurpigment. Cement zorgt voor de uitharding van de tegel. Cementtegels zijn ten opzichte van keramische tegels gevoeliger voor vlekken en krassen. (FCRBE-partnerschap, 2021e)</p>	
	<p>Keramische tegels</p> <p>Keramische tegels worden vervaardigd door het bakken van klei op een temperatuur van meer dan 1000 graden. Bij alle recentere cases en alle huidige renovaties worden keramische tegels gebruikt. (FCRBE-partnerschap, 2021b)</p>	
	<p>Terracotta tegels</p> <p>Terracotta tegels bestaan uit klei en worden ongeglazuurd gebakken. Slechts bij 1 case werd gebruik gemaakt van terracotta tegels. (FCRBE-partnerschap, 2021d)</p>	
	<p>Vinyl</p> <p>Vinyl is een kunststof vloerbedekking. Er wordt een slijtvaste, transparante toplaag voorzien. De kunststof kan een ander uitzicht nabootsen, zoals een houtstructuur of parket. Vinyl gebruikt voor het jaar 2000 kan asbesthoudend zijn, ook de gebruikte lijm kan asbest bevatten. (V. & P., 2011)</p>	
	<p>Linoleum</p> <p>Linoleum is een natuurlijke vloerbedekking met als hoofdbestanddeel lijnzaadolie, aangevuld met hars, een vulmiddel en eventueel een kleurstof. Door enkel gebruik te maken van natuurlijke producten is linoleum 100% recyclebaar. Linoleum bevat nooit asbest, maar de lijm gebruikt voor 2000 kan dit wel bevatten. (Silveira, 2016; V. & P., 2011)</p>	
	<p>T E G E L S</p>	<p>S O E P E L</p>



Terracotta tegels



Keramische tegels



Cementtegels

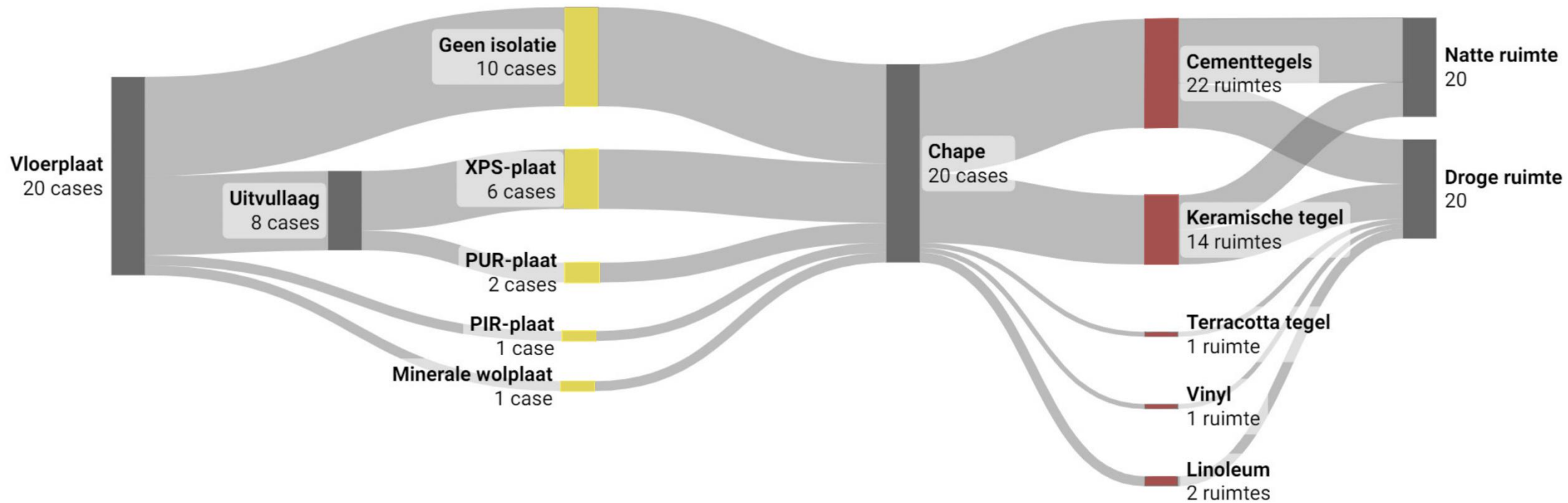


Vinyl

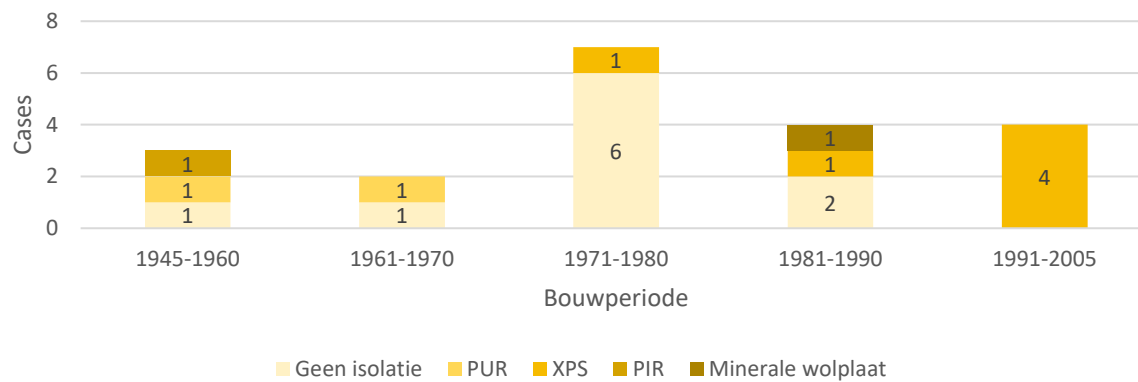


Linoleum

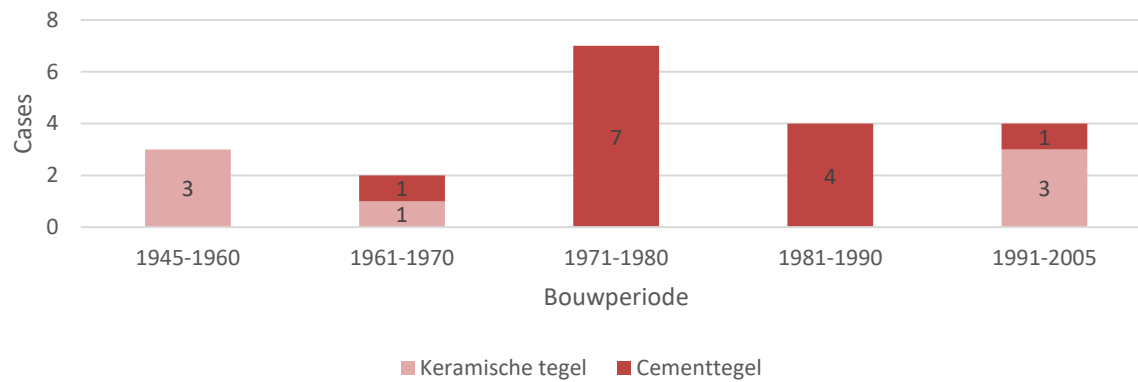
Figuur 48: Vloerafwerkingen leefruimtes



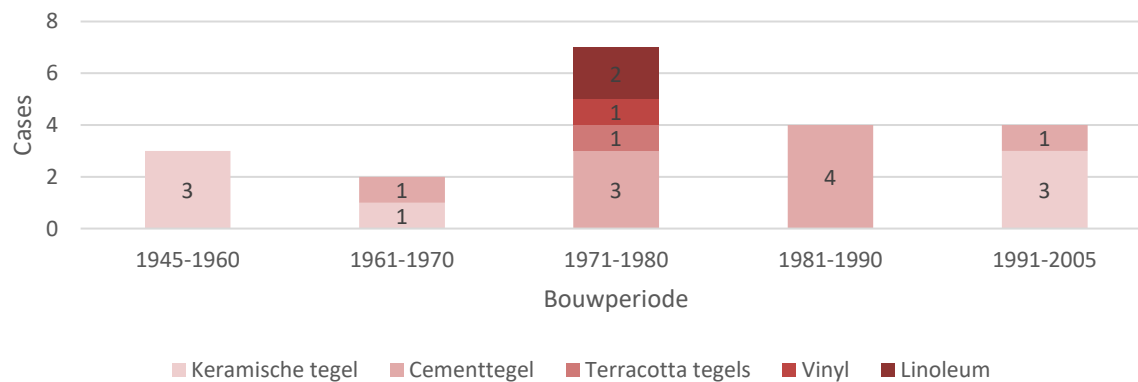
Grafiek 18: Sankey-diagram vloeropbouwen gelijkvloers



Grafiek 19: Evolutie isolatie vloeren gelijkvloers



Grafiek 20: Evolutie vloerafwerking gelijkvloers natte ruimtes



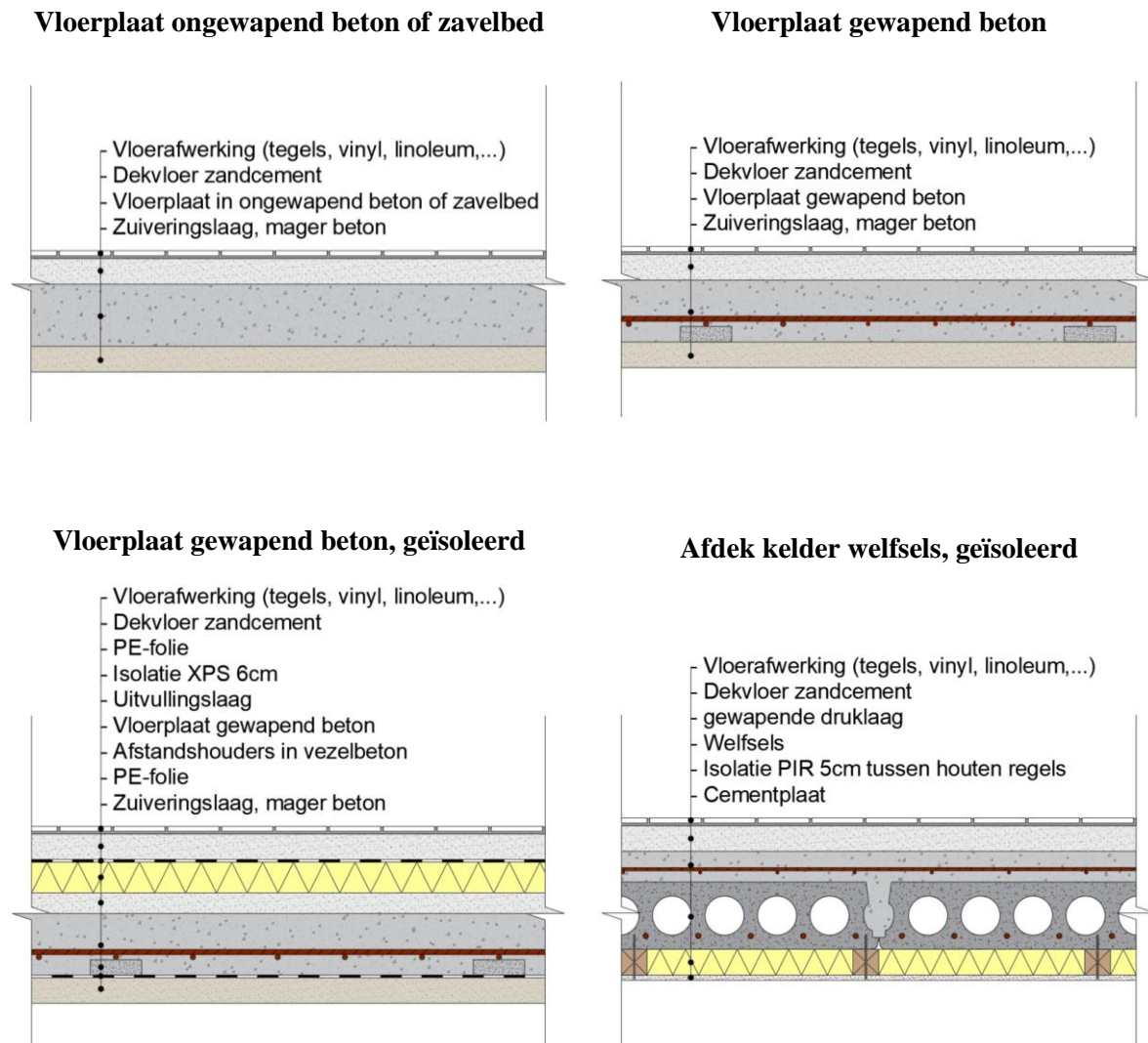
Grafiek 21: Evolutie vloerafwerking droge ruimtes

De vloer op volle grond wordt pas vanaf 1979 geïsoleerd bij nieuwbouw. Het isoleren van de vloeropbouw is pas courant bij de cases tussen 1991-2005. De isolatie aanwezig bij de oudere cases is recent toegevoegd tijdens een renovatie zonder blijvende bewoning.

Voor de vloerafwerking in de natte gelijkvloerse ruimtes wordt steeds gebruik gemaakt van een tegel. Een tegel is namelijk onderhoudsvrij en hygiënischer. Er wordt gebruik gemaakt van twee types tegels, de cementtegel en de keramische tegel. Alle oude cases waren initieel met een cementtegel uitgerust pas vanaf 1991 wordt er courant gebruik gemaakt van keramische tegels. De cases tussen 1945-1970 hebben een keramische tegel, deze keramische tegel is geplaatst bij een renovatie die gebeurde na 1991.

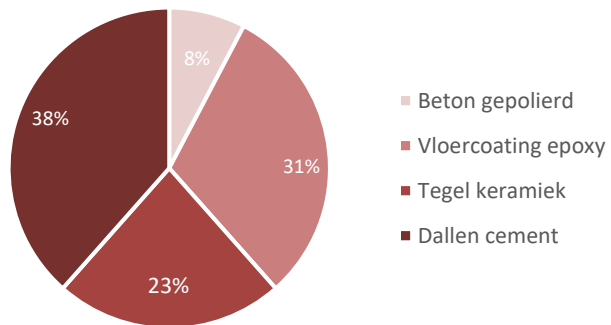
Voor de droge gelijkvloerse ruimtes worden ook andere vloerbedekkingen toegepast. Bij de gerenoveerde cases waar in de natte gelijkvloerse ruimtes gebruik werd gemaakt van keramische tegels werd dit ook door getrokken in de droge ruimtes. De reden hiervan is opnieuw hygiëne en onderhoudsgemak.

De interessante gelijkvloerse opbouwen worden weergegeven in Figuur 49. De cases voor 1979 beschikken over een **zavelbed**, **ongewapende betonnen vloerplaat** of **gewapende vloerplaat** en zijn niet geïsoleerd. Enkel bij de recentere cases 1991-2005 is isolatie in de originele toestand courant toegepast. Wanneer het gelijkvloers niet geïsoleerd is en dit tijdens de totaalrenovatie moet gebeuren om aan de EPC-eisen te voldoen, zal de vloerplaat quasi altijd moeten verwijderd worden om een dikker vloerpakket te verkrijgen en de leidingen te vernieuwen. In het geval er een **kelder** aanwezig is, kan er isolatie voorzien worden tegen het kelderplafond. De kelder muur wordt langs de bovenkant gedeeltelijk van isolatie voorzien om koudebruggen te voorkomen.



Figuur 49: Opbouwen gelijkvloers

1.3.2 Garage



De vloeropbouw van de garage betreft een betonplaat met een vloerafwerking, die in geen enkele case isolatie bevat. De verhouding en de visualisatie van de verschillende vloerafwerkingen zijn respectievelijk weergegeven in Grafiek 22 en Figuur 50.

Grafiek 22: Vloerafwerking garage

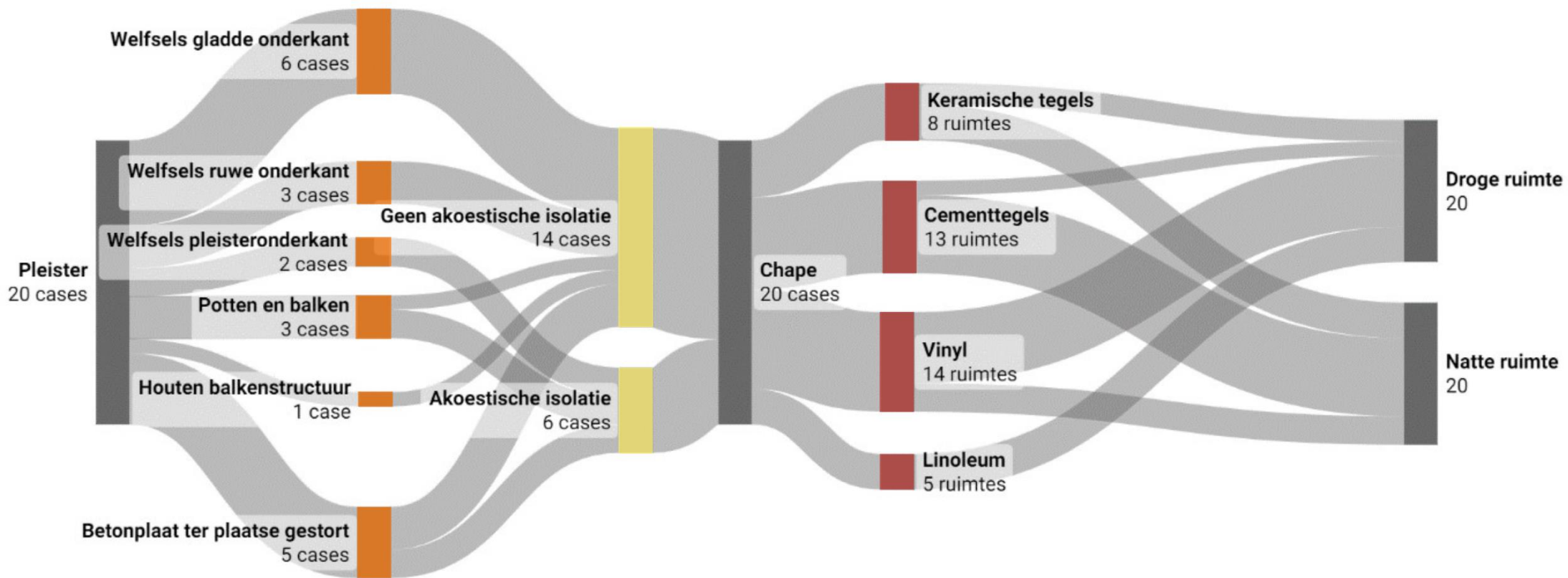


Figuur 50: Vloerafwerkingen garage

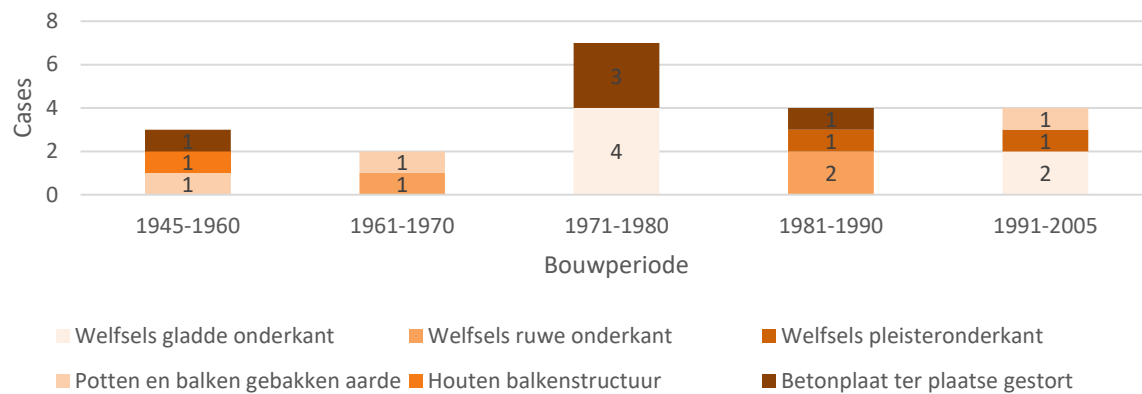
1.3.3 Vloeropbouw tussenvloer

Tabel 21: Beschrijving vloeropbouw tussenvloer

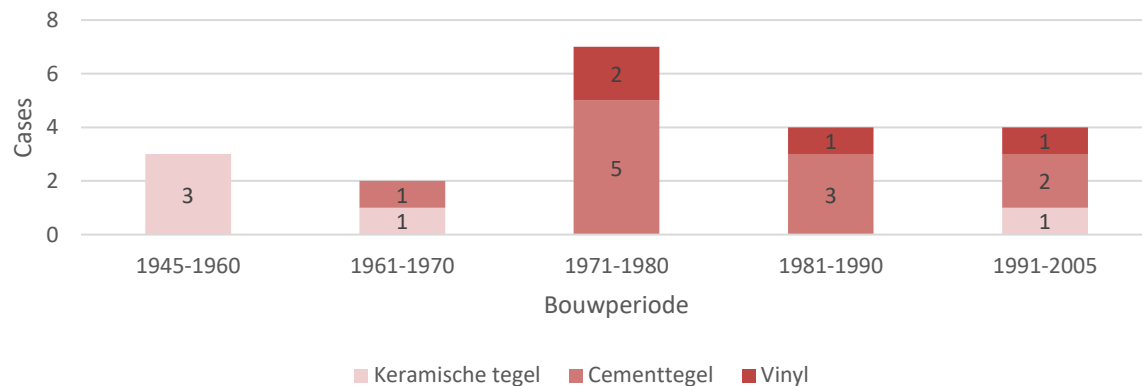
1.	Pleister
Het plafond boven elke ruimte gebruikt voor woonactiviteiten is voorzien van een pleisterlaag. Het plafond van de garages/technische ruimtes is niet voorzien van een pleisterlaag.	
2.	Overspanningstechniek
De helft van de cases beschikt over tussenvloeren met welfsels. Door het optrekken van meerdere woningen te gelijk en het frequenter gebruik van kranen neemt de plaatsing van welfsels toe in de latere bouwperiodes. (Desmeyer, 28/04/2023)	Welfsels
	Welfsels zijn geprefabriceerde betonnen platen, die gebruikt worden om vloeren te overspannen zonder extra ondersteuning. Welfsels bieden structurele sterkte en zorgen voor een minimale bekisting.
	Verdiepingsvloeren bestaande uit welfsels van beton met toegevoegde sintelslakken, zullen bij renovatie ontdaan worden van pleister en chape waarbij de tussenvloer te sterk wordt beschadigd. Hierdoor is hergebruik van de tussenvloer niet meer mogelijk. (Desmeyer, 28/04/2023)
	Potten en balken staltonvloer
	De Staltonvloer is een composietvloersysteem bestaande uit voorgespannen betonnen balken met een keramische onderkant, vulpotten van keramiek en een betonnen druklaag. De vloerdikte wordt bepaald door de combinatie van de vulpot-hoogte en de bovenliggende betonnen druklaag. Dit systeem is licht en manipuleerbaar en er is geen bekisting noodzakelijk. Doordat ook de wanden meestal uit baksteen bestaan, is scheurvorming zo goed als uitgesloten (homogene afwerking). (Ploegsteert, 2023)
	Houten balken structuur
Deze houten balkenroostering bestaat uit horizontale houten balken die in een roosterpatroon worden geplaatst om de vloer te ondersteunen.	
Beton ter plaatse gestort	
Bij deze methode wordt een bekisting gemaakt voor de gewenste vloerconfiguratie te vormen. Er wordt wapeningsstaal geplaatst naargelang de vereiste sterkte waarna het volgestort wordt met beton. Met deze methode kan een vloer ontworpen worden die voldoet aan specifieke ontwerpisen en belastingsvereisten.	
3.	Akoestische isolatie
Akoestische isolatie wordt geplaatst om de geluidsoverdracht tussen verdiepingen te verminderen. Dit wordt veel toegepast in appartementen. In woningen wordt op de bovenverdieping gekozen voor een zachte vloerbekleding (linoleum of vinyl) om het contactgeluid te verminderen.	
4.	Dekvloer
Een dekvloer is een laag boven op een vloerconstructie. Het creëert een egale ondergrond voor de bovenliggende vloerafwerking.	
5.	Vloerafwerking
Zie Tabel 20 bij 1.3.1 Gelijkvloers.	



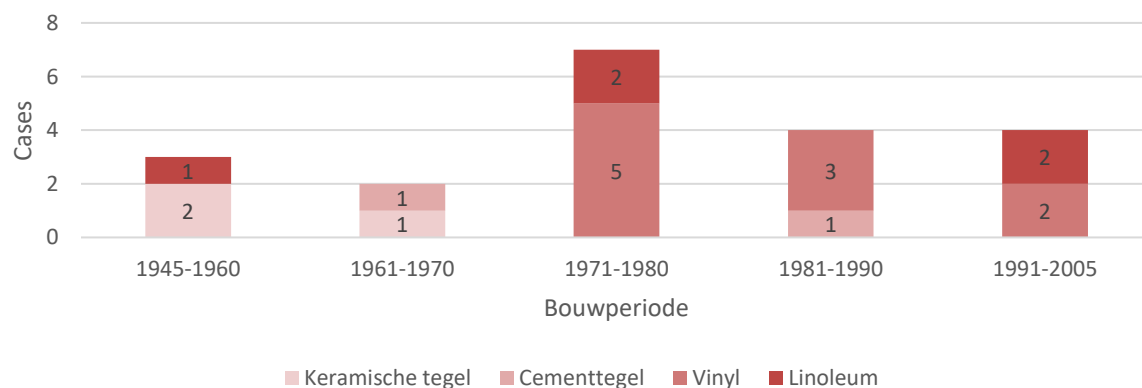
Grafiek 23: Sankey-diagram vloeropbouwen tussenvloer



Grafiek 24: Evolutie overspanningstechniek tussenvloer



Grafiek 25: Evolutie vloerafwerking tussenvloer natte ruimtes



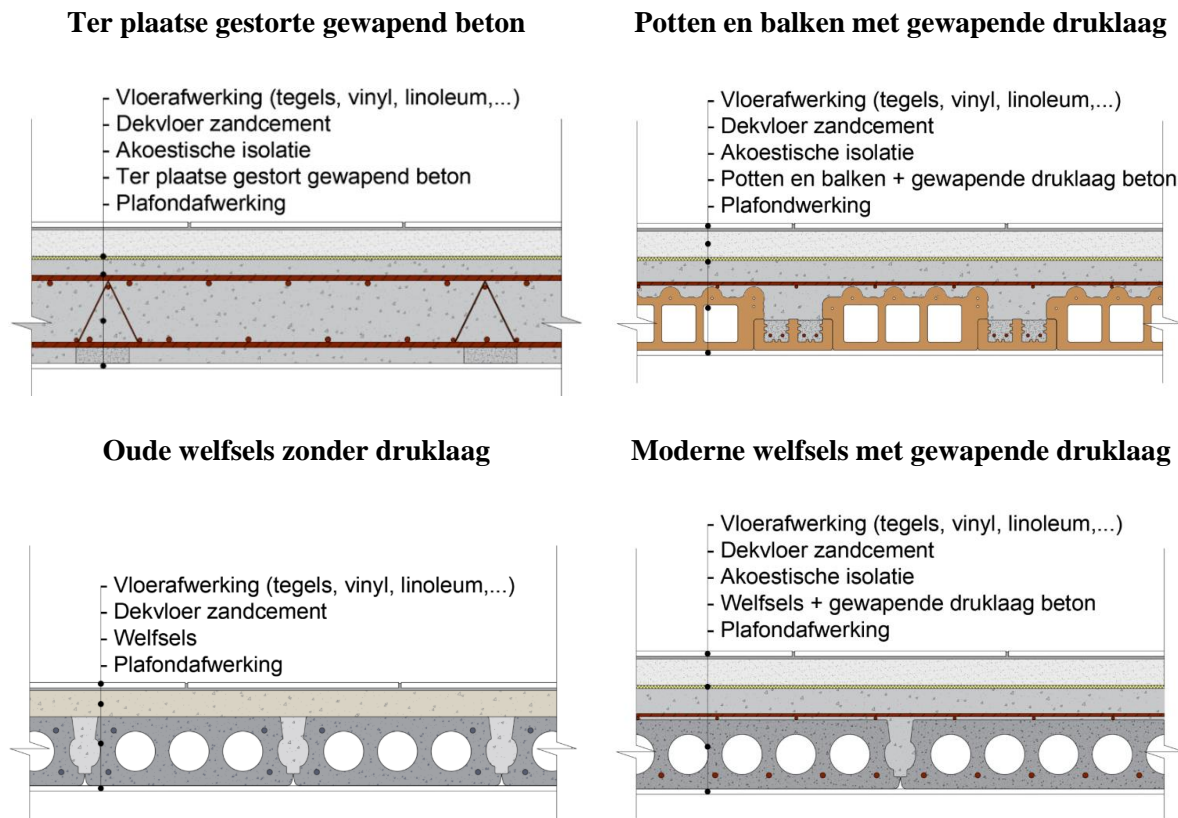
Grafiek 26: Evolutie vloerafwerking tussenvloer droge ruimtes

Gedurende alle tijdsperiodes is gebruikt gemaakt van welfsels. Er is geen eenduidig verband op te stellen tussen de gebruikte overspanningstechniek en de bouwperiode, wel kan er geconstateerd worden dat welfsels het meest zijn toegepast.

Drie van de vier oudste cases zijn reeds recentelijk volledig gestript en gerenoveerd. Hierbij is gekozen om de woningen in elke ruimte te voorzien van dezelfde keramische tegel. Deze keuze strookt met de ideologie om zo onderhoudsvriendelijk en hygiënisch mogelijk te ontwerpen. De cases vanaf de jaren 70 zijn meestal nog niet onderworpen aan een ingrijpende renovatie. Dit valt onder meer af te leiden uit het feit dat de vloerbedekkingen nog de originele zijn.

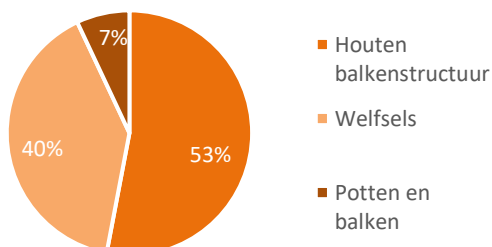
Vroeger werd, bij de cases die nog niet gerenoveerd werden, in de droge ruimtes geopteerd voor een soepele vloerbedekking (linoleum of vinyl). Vinyl is de meest toegepaste soepele vloerbedekking.

Figuur 51 geeft de verschillende mogelijkheden om de overspanning van de tussenvloer te realiseren. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een **ter plaatse gestorte betonnen plaat met wapening, potten en balken met een gewapende druklaag, oude welfsels zonder druklaag en moderne welfsels met een gewapende druklaag**. Vroeger werden welfsels niet voorzien van een druklaag en werden enkel de openingen tussen de welfsels dichtgemaakt. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 53. Moderne welfsels worden voorzien van een gewapende druklaag voor een betere verspreiding van de inwerkende krachten. In een bepaalde periode werd gebruik gemaakt van welfsels uit beton met toegevoegde sintelslakken, dat verder wordt toegelicht in Tabel 21.



Figuur 51: Opbouwen tussenvloer

1.3.4 Zoldervloer



Grafiek 27: Overspanning zoldervloer

In 1.2.1 Daken hoofdgebouwen is te zien dat van de 20 onderzochte cases er 15 cases zijn met een hellend dak en dus ook een zoldervloer. De resultaten tonen aan dat 4 hellende daken geen isolatie bevatten. Voor deze 4 gevallen is de zoldervloer voorzien van isolatie, zodat in elke case tenminste het dak of de zoldervloer geïsoleerd is. Grafiek 27 geeft een procentuele weergave van de verschillende overspanningstechnieken van de zoldervloer. De vloerafwerking wordt hier buiten beschouwing gelaten, omdat het gaat om een zolder die enkel geschikt is voor stockage. De onderzijde van de draagstructuur grenst aan woon- en/of leefruimtes en is dus voorzien van een bepleistering.

2 Hergebruikpotentieel cases SHM's

De visie, resultaten en bedenkingen die in dit onderdeel worden beschreven, zijn tot stand gekomen door tal van gesprekken met actoren in de sector. De voornaamste inzichten komen uit de interviews met Sven Van De Vijver, David Desmeyer en het kabinet van Matthias Diependaele.

2.1 Voor- en nadelen van de bestudeerde materiaalgroepen

In de literatuurstudie zijn, naast de onderzochte hergebruikprocessen van afwerkingsmaterialen, verschillende hindernissen voor hergebruik van bouwmaterialen gedetecteerd. Uit de materiaalinventarisatie blijkt dat in het patrimonium van de sociale huisvestingsmaatschappijen relatief goedkope afwerkingsmaterialen worden gebruikt, waarbij de arbeidsintensieve hergebruikprocessen te duur zijn om te kunnen concurreren met de relatief lage prijs van nieuwe materialen. Echter heerst er een schaalvoordeel voor de SHM's door de omvang van hun patrimonium (± 160.000 wooneenheden). Hun gebouwen vertonen veel overeenkomsten qua geometrie, constructiewijze en materiaalgebruik. Deze factoren hebben betrekking tot de samenstelling van het patrimonium van de SHM's. Naast deze factoren, zijn er ook factoren die van toepassing zijn op de organisatie/werking van de SHM's. Er zijn maatschappijen die beschikken over een eigen technische dienst, knowhow, stockageplaatsen, schrijnwerkerijen, gereedschap, ... Al deze factoren tonen aan dat het interessant is om een deel van de materialen van hun patrimonium te hergebruiken.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee materiaalgroepen binnen hergebruik van bouwmaterialen. Enerzijds zijn er de structurele ruwbouwmaterialen en anderzijds de afwerkingsmaterialen.

2.1.1 Structurele ruwbouwmaterialen:

Deze materiaalgroep omvat het dragend metselwerk, elementen uit beton, dakstructuur/tussenvloeren in hout, structureel staal, ... Deze materialen zijn overwegend stevig bevestigd: in gebetonneerd, gelegd in een mortelbed, cement- en lijnverbindingen, ... Zulke verbindingen zijn in sommige gevallen quasi onomkeerbaar en vaak zeer moeilijke omkeerbaar. Indien de verbindingen toch omkeerbaar zijn, is het proces zeer arbeidsintensief. Hiernaast heeft het gros van deze materialen een lage financiële waarde per kubieke meter. Tot slot komen deze materialen enkel vrij bij een sloop. Deze materialen komen beperkt aan bod in de onderstaande determinatietabel.

2.1.2 Afwerkingsmaterialen:

De afwerkingsmaterialen zijn overwegend makkelijker bereikbaar, daar ze zichtbaar zijn. Een grote groep van de afwerkingsmaterialen is bevestigd op een omkeerbare wijze (schroefverbindingen, losliggend, nagelverbindingen, niet-verbindingen, ...). Deze materialen komen zowel bij sloop als bij renovatie vrij. De afwerkingsmaterialen hebben, ten opzichte van de structurele ruwbouwmaterialen, een hogere financiële waarde. In de gemiddelde sociale woning zijn de afwerkingsmaterialen relatief goedkoper ten opzichte van de afwerkingsmaterialen in de gemiddelde particuliere woning. De beste aanwending voor deze afwerkingsmaterialen is het hergebruiken binnen het eigen patrimonium. Deze groep bevat de grootste kansen voor hergebruik. Deze materialen komen veelvuldig voor in de onderstaande determinatietabel.

(Desmeyer, 28/04/2023; Diependaele, 25/05/2023; Vijver, 21/04/2023)

2.2 Determineren herbruikbare materialen

Tijdens gesprekken en correspondentie met actoren uit de sociale huisvestingssector en de renovatiesector, weergegeven in Tabel 22, werd door middel van Tabel 24 de best te hergebruiken materialen binnen het sociale huisvestingspatrimonium vastgelegd. Deze actoren werd gevraagd om voor elk materiaal van een vooraf geselecteerde groep aan te kruisen welke hergebruikhindernissen voor hen een probleem zou vormen om het materiaal te hergebruiken. Vaak werd hier een woordje uitleg of anekdote aan toegevoegd. Deze werden gebundeld bij de beargumentering. Een voorbeeld is weergegeven in Tabel 23. De scores weergegeven in de kolom hergebruikhindernissen van Tabel 24 geven aan hoeveel van de zes actoren hergebruik niet mogelijk achten omwille van die hindernis. Indien minder dan 2 actoren hierin een hindernis zien, kleurt de cel **groen**, bij 3 actoren **geel** en bij meer dan 3 actoren **rood**.






Tabel 22: Ondervraagde actoren

Naam	Functie	Bedrijf/instelling
David De Smeyter	Celverantwoordelijke renovatieprojecten	Volkshaard
Sven Van De Vijver	Innovatie, kwaliteit en duurzaamheid	Habitare+
Mathias Vanhee	Projectleider energetische renovatie	Renotec
Tjomme Therry	Projectleider	Habitare+
Sven De Keukelaere	Projectleider	Volkshaard
Jens Willemijns	Projectleider	Volkshaard






Tabel 23: Voorbeeld mening straatstenen David De Smeyter

Materiaal	Hergebruikhindernissen	Beargumentering
Straatstenen	Arbeid voor ontmanteling	Mortelresten aan de onderkant, cementsluis, mos, kleurverschillen, ... Deze verwijderen is arbeidsintensief hierdoor weegt prijs niet op tegen nieuwe.
	Schade bij ontmanteling	
	Stockage	
	Structurele onzekerheden	
	Levensduur materiaal	
	Esthetische imperfecties	

Tabel 24: Determinatietabel herbruikbare materialen

Materiaalgroep	Materiaal	Foto	Hergebruikhindernissen						Beargumentering van de actoren	
			Arbeid voor ontmanteling	Schade bij ontmanteling	Stockage	Structurele onzekerheden	Levensduur materiaal	Esthetische imperfecties	Tegen hergebruik	Voor hergebruik
Bestrating	Straatstenen		2	0	4	0	0	3	Mortelresten aan de onderkant, cementsluis, mos, kleurverschillen, ... Deze verwijderen is arbeidsintensief hierdoor weegt prijs niet op tegen nieuwe.	Indien de straatstenen op de locatie zelf (in situ) kunnen opgeslagen en hergebruikt worden en er geen extra processen nodig zijn.
	Dallen		2	0	4	0	0	3		
Ruwbouw	Structureel hout		4	2	4	3	1	0	De geïnterviewde actoren werken voornamelijk met renovatieprojecten waarbij de draagstructuur behouden blijft. Het houten dakgebinte is in quasi alle gevallen nog in goede staat waardoor vervanging niet nodig is. Bij de projecten waar sloop toch noodzakelijk is, hebben de actoren geen weet hoe ze het hout kunnen aanwenden in hun patrimonium.	Indien het hout reeds behandeld is, kan het direct opnieuw ingezet worden.
	Structureel staal		4	0	4	4	1	0	Enkel herbruikbaar bij volledige sloop, want ligger dient volledig vrij gemaakt te worden met behulp van een kraan. Bovendien weten de actoren niet hoe sterk de ontgonnen ligger precies is. Testen hiervoor drijven de prijs op.	De liggers zijn altijd goed beschermd waardoor ze weinig tekenen van corrosie vertonen. Een ligger in goede staat is altijd te hergebruiken.
Bouwschil	Gevelmetselwerk		6	3	6	0	0	0	Dure arbeid om alle stenen te ontdoen van mortelresten.	Bij afbraak wordt een bepaalde fractie steeds aan de kant gehouden om te gebruiken bij toekomstige herstellingen.

	Keramische dakpannen		2	4	3	0	2	1	Keramische dakpannen kunnen tussen de 50-100 jaar meegaan. De onzekerheid dat ze lang genoeg zullen meegaan op een nieuw dak afgewogen tegen de relatief goedkope nieuwe dakpan resulteert in het niet hergebruiken.	Indien er zekerheid is dat de dakpannen nog een cyclus kunnen meegaan, zijn de actoren bereid om ze opnieuw in te zetten.
	Betonnen dakpannen		2	4	3	0	6	1	De relatief lage levensduur van betonnen dakpannen (30 jaar) weerhoudt de actoren om deze dakpannen opnieuw in te zetten.	
	Plint blauwe hardsteen		5	4	3	0	0	0	De schade bij ontmanteling en arbeidskosten boezemen de actoren angst in.	Door de hoge nieuwprijs geloven de actoren dat dit kostbaar materiaal kan hergebruikt worden
	Dorpel/vensterbank blauwe hardsteen		3	4	1	0	0	2		
Schrijnwerk	Ramen/deuren		4	5	5	3	5	5	Door de strenge energetische normen zien de actoren hergebruik van eerste generaties dubbele beglazing (nu beschikbaar) niet mogelijk.	Hergebruik in gebouwen waar geen hoge energetische prestaties aan gesteld worden. Bv. Tuinberging, onverwarmde garage, ...
	Kantelpoort		2	2	3	3	3	4	Vaak niet geïsoleerd dus moeilijk herbruikbaar. Vaak beschadigd met corrosie als gevolg.	Een niet-geïsoleerde kantelpoort uit een geïsoleerde woning hergebruiken bij een niet-geïsoleerde buitenpandige garage.
	Binnendeuren		3	4	3	0	4	4	Hergebruik van kozijnen en scharnieren is tijdrovend en daarom niet mogelijk.	Er wordt steeds gepoogd hetzelfde binnenschrijnwerk te gebruiken, waardoor hergebruik van enkel het deurblad mogelijk is.
Binnenafwerking	Tegels		6	6	4	0	1	4	Tegels onbeschadigd los maken is in veel gevallen te arbeidsintensief. De tegels gebruikt in het patrimonium van de SHM's zijn relatief goedkoop.	Hergebruik van tegels is afhankelijk van vele factoren: afmetingen tegel, gebruikte mortelsoort, dikte van de voegen, ... In sommige gevallen komen tegels eenvoudig los en kan hergebruik mogelijk zijn.

	Natuursteen elementen: Vensterbanken, tablet boven radiator, schouwelementen, ...		3	4	1	0	0	0	De schade bij ontmanteling en arbeidskost boezemen de actoren angst in.	Door de hoge nieuwprijs geloven de actoren dat dit kostbaar materiaal kan hergebruikt worden
Uitrusting	Lavabo keramiek, WC-pot keramiek, gootsteen keramiek		3	2	2	3	2	3	Indien reiniging door middel van een organisch zuurbad (gedaan door bv Rotor) dient gedaan te worden verkiezen de actoren nieuw sanitair (vooral vanwege de kostprijs).	Wanneer het sanitair in zijn geheel na een standaard reiniging kan hergebruikt worden, zien de actoren hier mogelijkheden omdat ze steeds trachten gebruik te maken van hetzelfde sanitair en hun technisch team hiermee vertrouwd is.
	Kranen		2	2	0	3	3	3		
	Keukenmeubels		4	3	3	0	3	3	Meestal bestaan deze keukens en badkamers uit modules, waardoor deze niet in elke ruimte passen.	Wijken die gesloopt moeten worden waar recentelijk een nieuwe keuken of badkamer werd geplaatst beschikken over een keuken die nog niet zijn volledige levenscyclus heeft doorlopen.
	Badkamermeubels		4	3	3	0	3	3		

2.3 Laaghangend fruit

Om het patrimonium aan te wenden zijn er meerdere opties mogelijk, elke optie heeft zijn eigen beperkingen, hindernissen maar ook voordelen. De tabel geeft een indicatie van welke materialen dat zich beter lenen tot hergebruik. Het is niet mogelijk om voor het hele patrimonium eenduidig te beslissen welke materialen hergebruikt kunnen worden of niet, omdat dit afhankelijk is van heel wat factoren. Elke case, wijk moet apart bestudeerd worden om tot het meest ideaal scenario te komen. Hieronder worden enkele situaties beschreven:

- In vele gevallen vormt stockage een probleem om bepaalde materialen te hergebruiken. In sommige gevallen kunnen de ontgonnen materialen meteen ingezet worden op dezelfde of een andere locatie waardoor stockage toch geen probleem vormt.
- Één van de belangrijkste drijfveren om keramisch sanitair niet te hergebruiken zijn de esthetische imperfecties en de hygiëne. Deze imperfecties kunnen opgelost worden met behulp van een bepaald procedé maar dit is duur waardoor de prijs de grootste hindernis wordt. Echter werd tijdens de plaatsbezoeken vastgesteld dat naast sanitair met imperfecties ook veel sanitair zonder imperfecties aanwezig is. Hierdoor vormen esthetische imperfecties toch geen hindernis.
- ...

De projectleider zal zelf per case de hergebruikhindernissen uit de tabel moeten evalueren en op basis daarvan bepalen welke materialen er praktisch kunnen hergebruikt worden uit de materiaalgroep van theoretisch herbruikbare materialen.

Het grootste deel van de structurele ruwbouwmaterialen is niet opgenomen in de tabel omdat deze verbindingen omvatten die quasi onomkeerbaar zijn. Tijdens gesprekken met projectleiders en andere actoren actief in de sector werd verkozen deze materialen niet te hergebruiken op materiaalniveau. De beste aanwending van deze materiaalgroep bestaat eruit de structuur als geheel te bewaren. Hiervoor wordt in onderdeel 3 een kader opgesteld die helpt in het beslissingsproces tussen renovatie of sloop en heropbouw. Indien behoud van de structuur geen mogelijkheid is, wordt er best gekeken om deze materialen via een recyclageproces opnieuw in te zetten.

3 Bepalende factoren renovatie/sloop en heropbouw

De visie, resultaten en bedenkingen die in dit onderdeel worden beschreven vloeien voort uit de interviews met David Desmeyter, Sven Van De Vijver en het kabinet van Matthias Diependaele.

Zoals vermeld in onderdeel 2 kunnen niet alle materialen hergebruikt worden. De ruwbouwmaterialen die zeer stevig geconnecteerd zijn lenen zich niet goed tot hergebruik op materiaalniveau. Om deze reden wordt hergebruik op gebouwniveau voor deze materialen bekeken. In dit onderdeel is een beslissingsboom ontwikkeld die helpt bij het beslissingsproces tussen een renovatie of een sloop en heropbouw. In wat volgt zijn alle factoren die een rol spelen in het beslissingsproces toegelicht. Niet alle factoren zijn opgenomen in de beslissingsboom. De niet opgenomen factoren vormen een addendum bij de beslissingsboom.

3.1 Beleenbaarheid

Een sociale woning wordt gefinancierd volgens een FS3-financieringssysteem. De FS3-leningen, met een looptijd van 33 jaar, worden aangeboden tegen een rentepercentage van -1%. Deze leningen zijn marktconform en kennen een tussenkomst van de Vlaamse overheid. Bij de jaarlijkse aflossingsdatum wordt een rentevoordeel van -1% genoten. Een FS3-tabel is een simulatietabel waar sociale huisvestingsmaatschappijen voor elk project een maximumkostprijs kunnen bepalen op basis van het type, de woningoppervlaktes en de indeling van de woning. Er wordt een extra prijscoëfficiënt voorzien naargelang er moet gebouwd worden in de stad, een kelder moet worden voorzien, uitvoeren van een invulbouw en andere relevante aanwezige elementen. Deze maximumkostprijs is het maximale bedrag dat gesubsidieerd kan worden voor de bouw of renovatie van sociale huur woonprojecten. (VMSW, 2021)

Deze prijzen worden geïndexeerd met de inflatie. De prijzen in de tabellen zijn gebaseerd op hoe woningen geconcipieerd werden in het verleden en houden te weinig rekening met de extra materialen en nieuwe technieken (warmtepompen, ventilatiesystemen, ...) die worden geïmplementeerd in nieuwe projecten. Hierdoor en door de grote prijsstijgingen van de bouwmaterialen het afgelopen jaar zijn de nieuwe prijzen eenmalig verhoogd met 15% omdat de sociale huisvestingsmaatschappijen anders niet volledig gedekt zijn in hun kosten.

Bij nieuwbouwprojecten wordt getracht steeds te werken aan 95% van het te belenen bedrag om onverwachte kosten te dekken.

Bij een totaalrenovatie wordt geopteerd niet meer uit de geven dan 60% van het te belenen bedrag voor een nieuwbouwproject. In specifieke gevallen kan hiervan afgeweken worden. De beleenbaarheid van een project is één van de belangrijkste beslissingscriteria. (Desmeyer, 28/04/2023)

3.2 Staat van de woning

In een woning moeten er een aantal voorzieningen minimaal aanwezig zijn. Zo dient een woning te beschikken over een keuken, toilet, bad of douche en gootsteen. Ook moet een woning beschikken over drinkbaar water. De structurele stabiliteit van het gebouw moet gewaarborgd zijn en de veiligheidsvoorschriften met betrekking tot de trappen en aanwezige technische installaties (gas, elektriciteit en verwarming) moeten nageleefd zijn. Een huis mag geen vocht en/of schimmelproblemen hebben. Er moet een mogelijkheid zijn tot verluchting alsook natuurlijke verlichting. (Vlaanderen, 2021) Alvorens een renovatie kan aangevat worden, moet de staat van de woning bepaald worden. Hiervoor ontwikkelde Buildwise een renovatie app (RenoCheck). Met behulp van deze app kan er snel een volledige diagnose van het te renoveren gebouw verkregen worden. (Buildwise, 2023)

3.3 Leeftijd van de woning

Het patrimonium van Volkshaard wordt ontworpen met een levensduur van minimaal 80 jaar. Ze trachten in deze periode van 80 jaar slechts eenmaal de woning te renoveren waarbij de bewoners de woning moeten verlaten. De andere renovaties worden uitgevoerd met blijvende bewoning. (Desmeyer, 28/04/2023)

3.4 Bewoonbare oppervlakte

De VMSW legt normen op om kwalitatieve sociale woningen te realiseren. Hierin worden de minimale oppervlaktes per ruimte vastgelegd. De oppervlaktes zijn afhankelijk van het aantal bewoners en de bemeubelbaarheid. Indien een woning te kleine ruimtes heeft om dienst te doen voor bewoning is dit een belangrijke reden om over te gaan tot vervangingsbouw. (VMSW, 2021) (Diependaele, 25/05/2023)

3.5 Structurele aanpassingen beheersbaar

Renoveren is slechts te rechtvaardigen indien de benodigde structurele aanpassingen beperkt blijven. De twee belangrijkste elementen zijn de fundering en de dragende verdiepingvloer. Beide worden getest met behulp van een kernboring. Uit deze kernboring wordt de samenstelling en kwaliteit van het beton bepaald.

Wanneer de fundering of de dragende verdiepingvloer niet voldoende draagkrachtig zijn, lopen de kosten te hoog op voor renovatie en is vervangingsbouw aangewezen.

- De fundering

De fundering van een bestaande woning kan aanzien worden als voldoende draagkrachtig indien in de loop van de jaren geen scheurvorming is opgetreden.

- De dragende verdiepingvloer

Indien de dragende verdiepingvloer vervangen dient te worden, moeten hierbij alle muren steunend op deze verdiepingvloer mee verwijderd worden. Bovendien kan door de beperkte ruimte enkel gebruik gemaakt worden van potten en balken. Dit systeem is arbeidsintensief en daardoor duur.

Indien verdiepingvloeren bestaan uit welfsels van beton met toegevoegde sintelslakken, zullen deze verwijderd worden. Dit materiaal is poreus waardoor het te sterk wordt beschadigd bij het wegschieten van het pleister en de chape. Een voorbeeld van een welfsel uit 1967 met sintelslakken is weergegeven in Figuur 52. Een voorbeeld van een welfsel uit 1955 dat kan behouden blijven bij renovatiewerken is weergegeven in Figuur 53. Er is een verschil te zien in wapening. De wapening uit 1955 is glad en niet onderhevig aan corrosieverschijnselen, terwijl de wapening uit 1967 gekarteld is en is door de geringe dekking gecorrodeerd. (Desmeyer, 28/04/2023)



Figuur 52: Kernboring welfsels beton met assen te Viermeersen (Desmeyer, 28/04/2023)



Figuur 53: Doorsnede welfsels beton Malem 1955 (Desmeyer, 28/04/2023)

3.6 Herhuisvesting

Voor een totaalrenovatie (renovatie zonder bewoning) is het noodzakelijk dat bewoners een andere woning toegewezen krijgen. Hierbij moet rekening gehouden worden dat de woning aangepast moet zijn aan de gezinsgrootte en in de buurt is van de vorige woning.

Idealiter wordt de totaalrenovatie (renovatie zonder bewoning) in 2 à 3 of maximaal 4 fasen uitgevoerd, afhankelijk van de grootte van de wijk. In een eerste fase worden de leegstaande woningen gerenoveerd. In de tweede fase worden bewoners in de te gerenoveerde woningen verhuisd naar de gerenoveerde woningen, zodat hun woning onder handen kan worden genomen. (Desmeyer, 28/04/2023)

3.7 Compactheid

Bij lang uitgerekte bungalowwoningen is er onnodig ruimteverlies, daarnaast hebben deze woningen grote transmissieverliezen. Om deze redenen is vervangingsbouw de meest gerechtvaardigde keuze. Te compact wonen brengt negatieve sociale gevolgen met zich mee, waardoor enkel focussen op de compactheid van het patrimonium niet de beste keuze is. Indien er gebouwd zou worden naar de demografische noden van vandaag, zouden er op dit moment enkel zeer compacte appartementen gebouwd worden. Om demografische veranderingen op te vangen, is het nodig om een divers patrimonium te hebben waar verschillende woningtypes voorkomen. (Diependaele, 25/05/2023)

3.8 Milieu-impact

Ook de milieu-impact speelt een rol in het beslissingsproces. Als alle woningen die niet voldoen aan de energetische eisen van vandaag moeten gesloopt en heropgebouwd worden, zou dit een grote extra materiaalimpact met zich meebrengen. Het is essentieel om in te zetten op het verlagen van de operationele energie van een gebouw, maar het verlagen van deze operationele energie moet gepaard gaan met een zo min mogelijke toevoeging van materiaalimpact (uitgesmeerd over de langere termijn).

De materiaalimpact van een renovatieproject is kleiner dan de materiaalimpact van een vergelijkbaar nieuwbouwproject. Bij het renovatieproject blijft de ruwbouw staan en zoveel mogelijk afwerkingsmaterialen behouden. De operationele energie-impact van een renovatieproject is mogelijk iets groter maar zeker gelijkaardig aan de operationele energie-impact van een gelijkaardige nieuwbouwwoning. Dit is zeker het geval voor een verdicht project. De sommatie van de operationele energie-impact en de materiaalimpact vormt de milieu-impact. Er kan vanuit gegaan worden dat deze resultante kleiner is voor een goed renovatieproject ten opzichte van een gelijkaardig nieuwbouwproject.

In Vlaanderen wordt op dit moment sterk ingezet op het naar beneden halen van de operationele energie-impact door middel van het EPC-certificaat. Er zijn op dit moment nog geen dergelijke maatregelen om de materiaalimpact van woningen te verlagen. (Diependaele, 25/05/2023)

3.9 Renovatieplanning

Er wordt getracht nooit gedeeltelijke renovaties uit te voeren als deze teniet moeten worden gedaan bij een totaalrenovatie. Een renovatie moet altijd onderdeel uitmaken van een langetermijntraject.

(Desmeyer, 28/04/2023)

3.10 Versnippering van de wijk

De versnippering is het gevolg van vroegere maatregelen die sociale verhuurders verplichtte woningen te verkopen aan sociale huurders indien zij een lening konden verkrijgen. Hierdoor zijn er vaak wijken waar een deel van de woningen in handen is van particulieren en delen in handen zijn van de SHM's. Hierdoor hebben de SHM's minder mogelijkheden voor renovaties en zeker voor sloop en heropbouw.

(Desmeyer, 28/04/2023; Vijver, 21/04/2023)

3.11 Terugverdiëntijd

Zoals eerder aangehaald is het financieel aspect een terugkomende en bepalende factor. De terugverdiëntijd zorgt er vaak voor dat een renovatie verkozen wordt boven een nieuwbouwproject. Een renovatie met blijvende bewoning geniet vaak de voorkeur omdat de huur blijft doorlopen en er voor de bewoner geen verandering is.

Daarnaast kunnen sociale huisvestingsmaatschappijen VKF-premies krijgen van het Vlaams Klimaatfonds als er een verbetering van de thermische prestaties van de gebouwschil en de verwarmingsinstallaties wordt uitgevoerd. Waardoor deze installaties makkelijker te financieren zijn.

(Desmeyer, 28/04/2023)

3.12 Krakkers

Renovatie met blijvende bewoning zorgt ervoor dat krakers geen kans krijgen om zich in een woning te settelen. Krakkers kunnen de duurtijd van een project drastisch verlangen en de staat van de woningen verslechteren. (Desmeyer, 28/04/2023)

3.13 Input van de gemeente

Door de verandering in de wetgeving waarbij er slechts één sociale huisvestingsmaatschappij actief mag zijn per gemeente, komt er meer beslissingsrecht bij de gemeente. Dit kan ervoor zorgen dat invloedrijke personen in een gemeente druk kunnen uitoefenen op de gemeente om beslissingen over het sociale huisvestingspatrimonium te beïnvloeden. (Desmeyer, 28/04/2023)

3.14 EPC pre-calculatie

EPC is sinds enkele jaren een woonkwaliteitsnorm. Dit wil zeggen dat een woning afgekeurd kan worden indien de vooropgestelde EPC-waarde niet wordt gehaald. (Diependaele, 25/05/2023)

Er wordt een voorafgaande EPC-calculatie uitgevoerd om te zien of er met kleine aanpassingen een hoger label behaald kan worden. (Desmeyer, 28/04/2023)

3.15 2 tools vanuit de VMSW

- **Renovatietoets:**

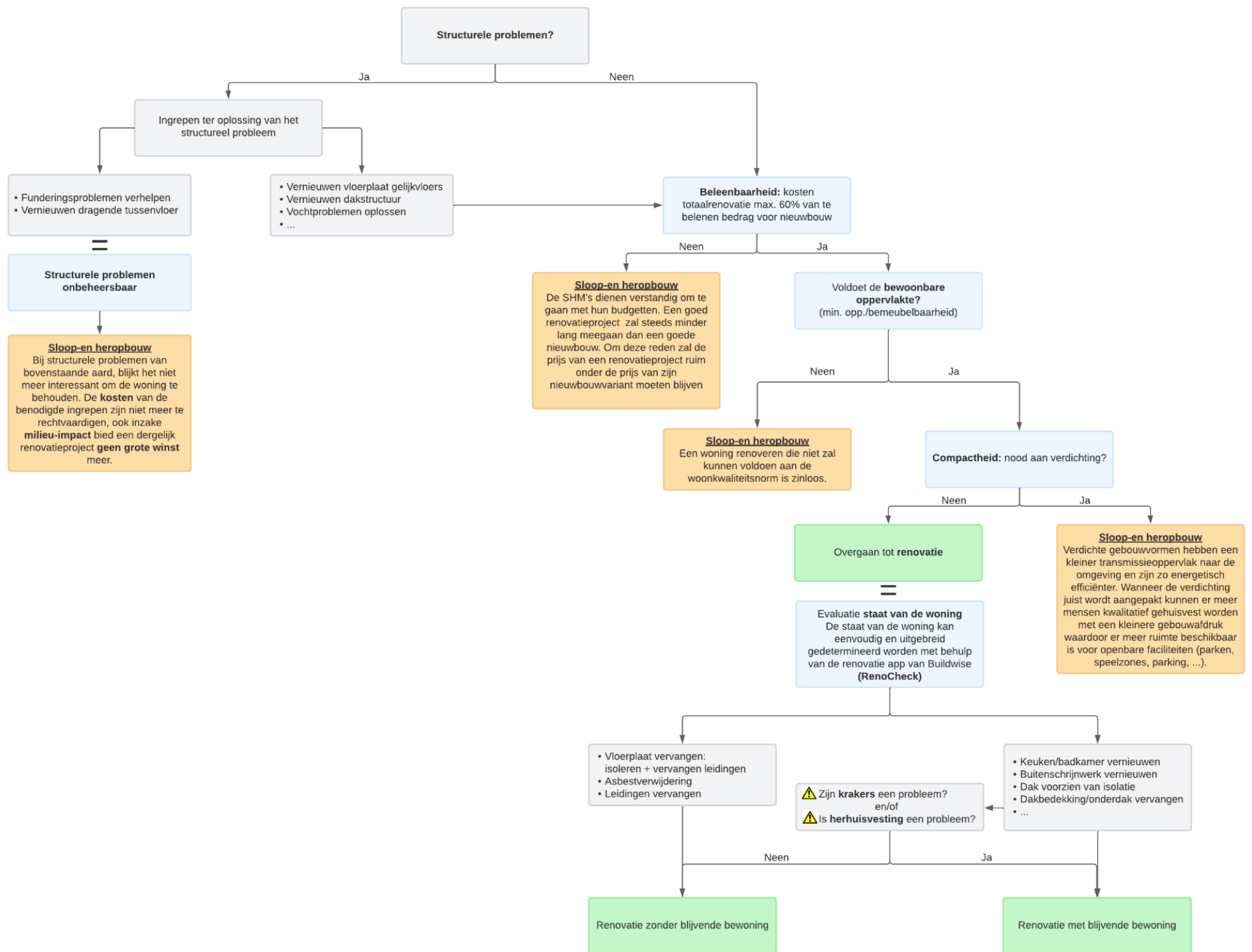
Deze tool is in het leven geroepen door het VMSW omdat sommige sociale huisvestingsmaatschappijen geen lang termijnplan voor renovatie hadden, waardoor onoordeelkundig gerenoveerd werd. Bv: buitenschrijnwerk, keuken, badkamer, ... vervangen in een woning die op korte termijn zal afgebroken worden.

In de renovatietoets wordt ingevoerd welke renovaties reeds zijn uitgevoerd en welke renovaties er in de toekomst gepland zijn. Indien deze toekomstige renovaties onoordeelkundig zijn, zal de renovatietoets dit detecteren.

- **Renovatieplanner:**

Elke SHM is verplicht om een planning op te stellen om hun volledige patrimonium te voorzien van een A-label. (VMSW, 2022)

(Desmeyer, 28/04/2023; Diependaele, 25/05/2023; Vijver, 21/04/2023)



Sloop-en heropbouw
Bij structurele problemen van bovenstaande aard, blijkt het niet meer interessant om de woning te behouden. De kosten van de benodigde ingrepen zijn niet meer te rechtvaardigen, ook inzake milieu-impact bied een dergelijk renovatieproject geen grote winst meer.

Sloop-en heropbouw
De SHM's dienen verstandig om te gaan met hun budgetten. Een goed renovatieproject zal steeds minder lang meegaan dan een goede nieuwbouw. Om deze reden zal de prijs van een renovatieproject ruim onder de prijs van zijn nieuwbouwvariant moeten blijven

Sloop-en heropbouw
Een woning renoveren die niet zal kunnen voldoen aan de woonkwaliteitsnorm is zinloos.

Sloop-en heropbouw
Verdichte gebouwvormen hebben een kleiner transmissieoppervlak naar de omgeving en zijn zo energetisch efficiënter. Wanneer de verdichting juist wordt aangepakt kunnen er meer mensen kwalitatief gehuisvest worden met een kleinere gebouwfdrak waardoor er meer ruimte beschikbaar is voor openbare faciliteiten (parken, speelzones, parking, ...).

Renovatie zonder blijvende bewoning

Renovatie met blijvende bewoning

Conclusie

Materiaalgebruik cases

In de geanalyseerde cases is er door de SHM's steeds gekozen voor conservatieve bouwmethodes waarvan de kwaliteit gekend was. Het gebruik van gedetailleerde en weinig veranderende bestekteksten blijkt een deel van de verklaring. Daarnaast wordt graag gewerkt met dezelfde materialen en methodes omdat dit een eenvoud biedt naar herstellingen/onderhoud van het bestaande woningenbestand maar ook bij de opvolging van de nieuwe projecten.

De buitenmuur bestaat altijd uit een massief binnenspouwblad, een spouw en een gevelsteen. Bij zowel het binnenspouwblad als de gevelsteen is er geen gebruik gemaakt van kalkmortel, wat in lijn is met de verwachtingen gezien het geleidelijke vervangen van kalkmortel door cementmortel sinds het begin van de 20e eeuw. De samenstellingen van de gebruikte cementmortels variëren. Ter vereenvoudiging van het onderzoek zijn de precieze mortelsamenstellingen niet ontleed. De materialen voor het binnenspouwblad verschillen doorheen de tijd, weergegeven in Grafiek 9. De cases omvatten verschillende soorten gevelstenen. Voor de vergelijkbaarheid wordt alleen gekeken naar het productieproces van de gevelstenen (machinale handvormsteen, vormbaksteen en strengperssteen). Er is geen eenduidig verband waargenomen tussen het gebruik van deze gevelstenen en de tijdsperiode.

De dakopbouw van het hoofdgebouw is bij 75% van de cases een houten hellende dakconstructie, waarvan 2/3 spantendaken en 1/3 gordingendaken zijn. De dakopbouw van de bijgebouwen is in 5/7 cases een plat dak, waarvan de overspanning bij 40% vervaardigd is uit beton en bij 60% uit hout. Hellende daken zijn meer toegepast dan platte daken, omdat lekken overwegend sneller optreden bij platte daken waar waterstagnatie kan optreden. Vanaf de jaren 70 werd gebruik gemaakt van asbesthoudende Menuiserite platen als onderdak. Vanaf de jaren 90 kwam er meer bewustwording voor de schadelijke effecten van asbest waardoor er werd overgeschakeld naar asbestvrije Menuiserite NT platen als onderdak. De hellende daken zijn overwegend voorzien van keramische dakpannen omwille van hun langere levensduur. Slechts in enkele gevallen zijn betonnen dakpannen toegepast. Bij de dakbedekking van de platte daken wordt roofing, EPDM en PVC aangetroffen.

De vloeropbouw wordt bij een totaalrenovatie steeds vernieuwd en geïsoleerd, ongeacht of het een zavelbed of een betonplaat betreft. Het bestaande vloerpakket biedt niet de ruimte om naast alle leidingen en chape ook nog voldoende isolatie te voorzien.

De vloeropbouw van de tussenvloer bestaat, uitgezonderd van 1 case, altijd uit een massieve betonconstructie. Deze massieve betonconstructie kan bestaan uit welfsels met of zonder druklaag, potten en balken (keramisch of beton) met een druklaag en ter plaatse gestort. Welfsels met toegevoegde sintelslakken kunnen niet hergebruikt worden na het ontdoen van het pleister en de chape.

De vloerafwerkingen van bijna alle natte ruimtes (keuken, badkamer en wc) zijn voorzien van tegels, in tegenstelling tot de droge ruimtes (slaapkamers, living, ...) die uitgerust zijn met soepele bekledingen (vinyl en linoleum). Vroeger werden er meer cementtegels gebruikt, terwijl nu bij renovatie en nieuwbouw enkel nog keramische tegels worden gebruikt.

De thermische schil van de sociale woningen verbetert doorheen de tijd ten gevolge van de verscherpende richtlijnen. De oudste cases (1945-1960) zijn vaak al volledig onderworpen aan een totaalrenovatie en bezitten daardoor een goede energetische performantie, waarbij voor gesloten bebouwingen en appartementen eenvoudig een label A of B kan bereikt worden en bij de halfopen bebouwingen een label B. De cases tussen 1961-1991 zijn vaak nog niet onderworpen aan een IER, wel aan een gedeeltelijke renovatie waardoor deze cases een lager EPC-label hebben. De nieuwste cases

(1991-2005) hebben vaak een redelijk label B of C, maar ook deze woningen zullen op termijn moeten aangepakt worden.

Zoals eerder beschreven bij de dakopbouwen zijn daken en/of zoldervloeren voorzien van isolatie. Het grootste deel van het buitenschrijnwerk bestaat uit verbeterde dubbele beglazing en alle verwarmingssystemen zijn in de loop der tijd geüpdatet. Deze maatregelen zijn bij alle cases uitgevoerd omdat ze in het verleden verplicht geweest zijn door de overheid.

De vloer op volle grond wordt vanaf de jaren 80 geïsoleerd bij nieuwbouw. Het wordt pas courant toegepast tussen 1991-2005. Vanaf de jaren 80 werden de eerste muuropbouwen geïsoleerd met een minerale wol isolatieplaat. Deze isolatie werd geplaatst in combinatie met elektrische verwarming. Vanaf de jaren 90, begin 2000 werd de eerste generatie PUR platen (4cm dikte) toegepast in de spouwmuur. Na-isolatie wordt veelvuldig toegepast maar de buitenmuur is 1 van de laatste elementen van de thermische schil dat wordt aangepakt.

Hergebruikpotentieel via determinatietabel en beslissingsboom

De determinatietabel biedt een indicatie van materialen die zich het best lenen voor hergebruik. Het is echter belangrijk op te merken dat het niet mogelijk is om op een eenduidige manier te bepalen welke materialen al dan niet hergebruikt kunnen worden voor het gehele patrimonium, omdat dit afhankelijk is van verschillende factoren. Er wordt onderscheid gemaakt tussen patrimoniumafhankelijke factoren en organisatieafhankelijke factoren. Het is noodzakelijk dat de projectleider voor elke individuele situatie en wijk de hergebruikhindernissen uit de tabel evalueert en op basis daarvan beslist welke materialen praktisch gezien hergebruikt kunnen worden binnen de groep van theoretisch herbruikbare materialen.

Het is belangrijk te bemerken dat het grootste deel van de structurele ruwbouwmaterialen niet is opgenomen in de tabel, omdat deze materialen verbindingen bevatten die vrijwel onomkeerbaar zijn en een lage waarde per kubieke meter bevatten. Tijdens gesprekken met projectleiders en andere betrokkenen in de sector is besloten dat er naast het hergebruik op materiaalniveau gekeken moet worden naar hergebruik op element- en gebouwniveau omdat de structurele kwaliteit van de onderzochte woningen dermate goed is. Om wille van deze reden en op basis van de keuzeboom is renoveren in veel gevallen de geprefereerde optie ten opzichte van een sloop en heropbouw.

Een totaalrenovatie waarbij de gestripte materialen zoveel mogelijk hergebruikt worden is de meest aangewezen optie om de operationele energie van ons gebouwenpark te reduceren zonder een te grote extra materiaalimpact te creëren.

Bronnen

- Aerts, K. (2021). Bouwen met baksteen.
- Agboton, G.-C. (2023). *A Bruxelles: Gaston, un glacier haut en couleurs*. <https://ideat.fr/a-bruxelles-gaston-un-glacier-haut-en-couleurs/>
- Agwa. (2020). *reconversion of a warehouse in single family housing and artistic workshop*. http://www.agwa.be/en/projects/1718_verbiest/201/
- Arora, M., Raspall, F., Fearnley, L., & Silva, A. (2021). Urban mining in buildings for a circular economy: Planning, process and feasibility prospects.
- Baksteenfederatie, B. (2006). *BAKSTEEN EN METSELWERK: TECHNISCHE EIGENSCHAPPEN*.
- Belis, J. (2019a). Baksteen metselwerk. In *Constructie van gebouwen II*.
- Belis, J. (2019b). Houtconstructies. In *Constructie van gebouwen II*.
- Bosmans, W. (2023). Bouwtechnische bestekken woningbouw. In.
- Boydens, K. (03/01/2020). *SOP Open Veld*.
- Buildwise. (2023). *RenoCheck: een snelle en volledige diagnose van te renoveren gebouwen*. Retrieved from <https://www.buildwise.be/nl/publicaties/buildwise-artikels/2023-02.09/>
- Circulair, V. (2022). *Wat is circulaire economie?* <https://vlaanderen-circulair.be/nl/kennis/wat-is-het>
- Debacker, W., Vrijders, J., Voorter, J., Vergauwen, A., Bergmans, J., & Stouthuysen, P. (26/05/2021). *URBAN MINING IN VLAANDEREN*.
- Desmeyer, D. (28/04/2023). *Interview Celverantwoordelijke renovatie Volkshaard* [Interview].
- Diependaele, K. M. (25/05/2023). *Interview sociaal huisvesting patrimonium* [Interview].
- Ecoengineers. (2022). Circulair ontwerpen. In.
- Embuild, V., Bouwen, G. D. C., Vlaanderen, E., & OVAM. (2023). *GREEN DEAL CIRCULAIR BOUWEN*. Retrieved from <https://bouwen.vlaanderen-circulair.be/src/Frontend/Files/userfiles/files/Eindrapport%20GDCB.pdf>
- Eternit. (2020). *Asbestverleden*. <https://www.eternit.be/nl-be/asbestverleden/>
- FCRBE. (2020). *Een gids ter bevordering van de integratie van gerecupereerde bouwmaterialen in grootschalige projecten en overheidsopdrachten*.
- FCRBE. (2021a). *Betonklinkers en -tegels*. Opalis Retrieved from <https://opalis.eu/nl/documentation>

- FCRBE. (2021b). *Inleiding tot het hergebruik van elementen van cementbeton*. Retrieved from https://www.nweurope.eu/media/16630/011-nl-inleiding-tot-het-hergebruik-van-elementen-van-cementbeton_v01.pdf
- FCRBE. (2021c). *Kleidakpannen*. Retrieved from <https://opalis.eu/nl/materialen/dakpannen-leistenen-en-muurdeksels>
- FCRBE. (2021d). *Massief constructiehout met rechthoekige dwarsdoorsnede*. Retrieved from <https://opalis.eu/nl/materialen/structureel-hout>
- FCRBE. (2021e). *Natuurstenen dorpels*. Retrieved from <https://opalis.eu/nl/materialen/natuurstenen-elementen>
- FCRBE. (2021f). *Natuurstenen tabletten*. Retrieved from <https://opalis.eu/nl/materialen/natuurstenen-elementen>
- FCRBE. (2021g). *Stalen liggers*. Retrieved from <https://opalis.eu/nl/materialen/structureel-staal>
- FCRBE. (2021h). *Volle keramische baksteen*. Retrieved from <https://opalis.eu/nl/materialen/baksteen>
- FCRBE-partnerschap. (2021a). Keramisch sanitair. In.
- FCRBE-partnerschap. (2021b). *Keramische wandtegels - faïence*.
- FCRBE-partnerschap. (2021c). Ongeglazuurde keramische tegels - gres porcellanato. In: Rotor vzw/asbl.
- FCRBE-partnerschap. (2021d). Ongeglazuurde terracotta tegels. In: Rotor vzw/asbl.
- FCRBE-partnerschap. (2021e). *Tegels op basis van cement*.
- FEBE. (2021). *Outstanding Precast*. <https://febeawards.be/nl/editie-2023/categorieen/outstanding-precast/>
- Febelcem. (2016). Betonmetselstenen. In.
- Gebouwen, G. D. (2023). *Hergebruik in al zijn gedaanten*. <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/hergebruik-hertoepassing-bouwmetaal/hergebruik-zijn-gedaanten>
- Geers, K., & Severen, D. V. (2020). *OFFICES KORTRIJK*. <http://officekgdvs.com/projects/#office-164>
- GOB. (2020). *Projectoproep BeCircular*. <https://economie-werk.brussels/projectoproep-be-circular-2023>
- Heraklith. (2023). Heraklith houtwolcementplaten. In.
- ISOVER. (2018). *Glaswol, rotswol, cellenglas, ... Wat zijn de verschillen?* <https://www.isover.be/nl/nieuws/glaswol-rotswol-cellenglas-wat-zijn-de-verschillen#:~:text=Isoleren%20met%20rotswol&text=Een%20verschil%20tussen%20glaswo1%20en,dat%20een%20goede%20geluidsisolatie%20biedt.>

- ISSA. (2006). *Asbestos: towards a worldwide ban*.
- KNB. (2018). Infoblad 51 In.
- Martin Sobota, I. D., Margot Holländer. (2022). *Carbon-Based-Design*. <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf>
- Nedam, B. (2023). *Parkeergarage dierenpark Amersfoort*. <https://www.bnparking.nl/recreatie/parkeergarage-dierenpark-amersfoort/>
- Opalis. (2016). *Reuse of materials in Café Le Grand Central*.
- Opalis. (2019). *Toiletten voor de Chiro van Itterbeek*. https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/itterbeek_explanatory_poster.pdf
- Opalis. (2023a). *Baksteen*. <https://opalis.eu/nl/materialen/baksteen>
- Opalis. (2023b). *DNA-woning*. <https://opalis.eu/nl/projecten/dna-woning?fbclid=IwAR1qrszE6iNirgEY8Jra6pNdREpfJfdWnJ1ZMAAXFXZ6MamYoDgqJW8fQ-U>
- Opalis. (2023c). *Hergebruik hout: Omega Center for Sustainable Living*.
- Opalis. (2023d). *Materialen*. <https://opalis.eu/nl/materialen>
- Opalis. (2023e). *Structureel hout*. <https://opalis.eu/nl/materialen/structureel-hout>
- Opalis. (2023f). *Structureel staal*. <https://opalis.eu/nl/materialen/structureel-staal>
- Opalis. (2023g). *Vliegtuighangar wordt busterminal*. <https://opalis.eu/nl/projecten/vliegtuighangar-wordt-busterminal?fbclid=IwAR0lWix9k01xQOBKbt8oHFNiaCkcxpA2dT0L6BdMmfrW7hYESGhDEn5aZA>
- Opdenakker, R. (2022). Developing a Framework to Integrate Circularity into Construction Projects. In.
- OVAM. (2012). *Achtergronddocument opmaak van sloopinventarissen*.
- OVAM. (2019). *Wat is circulair bouwen?* <https://bouwen.vlaanderen-circulair.be/nl/wat-is-het#:~:text=In%202019%20was%20de%20bouwsector,en%2050%25%20van%20de%20materialestromen>.
- OVAM. (2021). *Urban Mining van gebouwen*.
- OVAM. (2022). *Asbestveilig Vlaanderen in 2040*. [https://overheid.vlaanderen.be/asbestveilig-vlaanderen-in-2040#:~:text=Situation%20in%20Vlaanderen&text=OVAM%20\(Openbare%20Vlaamse%20Afvastoffenmaatschappij\)%20schat,met%20het%20blote%20oog%20zichtbaar](https://overheid.vlaanderen.be/asbestveilig-vlaanderen-in-2040#:~:text=Situation%20in%20Vlaanderen&text=OVAM%20(Openbare%20Vlaamse%20Afvastoffenmaatschappij)%20schat,met%20het%20blote%20oog%20zichtbaar).
- Paduart, A., 4, J.-F. G. e. F. G. A., 5), Nicolas, C. S. e., Brussel), S. L., Formation), L. B. B., . . . Sophie Seys, M. G. e. L. B. R. (6/05/2015). *Strategie hergebruik van bouwmaterialen*.

Pede, K. (23/06/2022). *SOP Canteclaer*.

Ploegsteert. (2023). *Staltonvloer*. <https://www.ploegsteert.com/producten/gewelven/staltonvloer/>

Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *CIRCULAR ECONOMY: MEASURING INNOVATION IN THE*

PRODUCT CHAIN. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency Retrieved from <https://www.pbl.nl/en/publications/circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains>

Recticel. (2022). Dé isolatiegids voor muren. In.

Rekenhof. (2021). *Energie-efficiëntie van sociale woningen – de energetische renovatie van het Vlaams*

sociaal huurpatrimonium. Retrieved from <https://www.ccrek.be/NL/Publicaties/VlaamseGemeenschap.html?verkortelijst=N#tabs-3>

RENOLIT. (2012). RENOLIT ALKORPLAN. In.

Rescoop-mecise. (2016). *ISOLATIEMATERIALEN NATUURLIJKE ISOLATIEMATERIALEN*.

Rossi, E., Arcadis Belgium: Mike Van Acoleyen, L. R., Ilse Laureysens, Charlotte Van De, Water, & VITO: Reinhilde Weltens, L. G. (2015). <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/9051>. OVAM.

SERV. (2018). Overzicht barrières bij de transitie naar een circulaire economie. In (pp. 21).

Silveira, P. (2016). *LINOLEUM AS FLOOR COVERING: CHARACTERISTICS, APPLICATION AND MAINTENANCE*. https://www.researchgate.net/publication/316361200_LINOLEUM_AS_FLOOR_COVERING_CHARACTERISTICS_APPLICATION_AND_MAINTENANCE/references

Statbel. (2022). *Kadastrale statistiek van het gebouwenpark, België en gewesten, gebouwen en woonegelegenheden* STATBEL.

Statistiek-Vlaanderen. (8/06/2022). *Woningen sociale sector*. <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/bouwen-en-wonen/woningen-sociale-sector> Retrieved from <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/bouwen-en-wonen/woningen-sociale-sector>

Steeman, M. (2019). Hygrothermisch gedrag bouwconstructies: platte daken. In *Bouwfysica*.

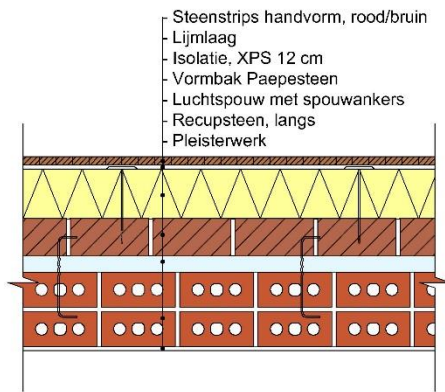
SUPERLOCAL. (2020). *Circulaire woningen*. <https://www.superlocal.eu/circulaire-woningen/>

TopArgex. (2018). CLIMASONO BOUWSTENEN. In: Argex.

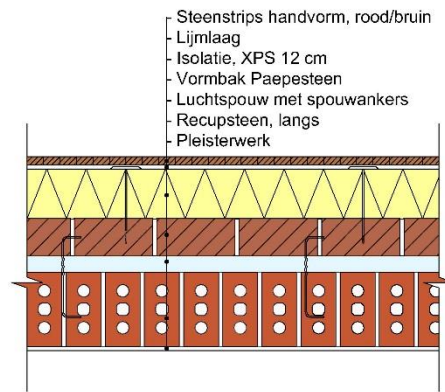
- Tracimat. (2021). *3-delige code asbest*. <https://www.tracimat.be/kenniscentrum/nieuws/3-delige-code-asbest-%E2%80%93-toelichting-eerste-cijfer-147/>
- Tracker, C. A. (2021). *Warming Projections Global Update*. https://climateactiontracker.org/documents/853/CAT_2021-05-04_Briefing_Global-Update_Climate-Summit-Momentum.pdf
- URSA. (2020). XPS-isolatie. In.
- V., P., & P., S. (2011). *Plaatsing van elastische vloerbekledingen*. Retrieved from <https://www.buildwise.be/nl/publicaties/technische-voorlichtingen/241/>
- VEKA. (01/01/2023). Renovatieverplichting voor residentiële gebouwen vanaf 2023. In: VEKA Vlaams Energie- en Klimaatagentschap.
- Vijver, S. V. D. (21/04/2023). *Interview verantwoordelijke duurzaamheid Volkshaard/Habitare+* [Interview].
- Vlaanderen, W. i. (2021). *Vlaamse codex wonen*. <https://www.vlaanderen.be/lokaal-woonbeleid/vlaamse-codex-wonen>
- VMSW. (09/08/2021). *EnergieRenovatieProgramma 2020 (ERP 2020)*. Retrieved from https://www.vmsw.be/Portals/0/Uploads/objects/Footer/Statistieken/2020_Wngn/Rapport_ERP_2020_VL-GW.pdf?ver=2021-08-09-163526-587
- VMSW. (2021). *Bepaling maximaal subsidiabel bedrag bouw- en investeringsverrichting*. Retrieved from <https://www.vlaanderen.be/sociaal-woonbeleid/sociale-woningen/realiseren-van-sociale-woonprojecten/woningbouw-en-infrastructuur/normen-en-richtlijnen>
- VMSW. (2022). *Woonwoord magazine over sociaal wonen*.
- Wienerberger. (2018). *De kracht van Rood*.
- Witters, H. (2017). Platte daken: afdichtingsmaterialen. In *Constructie van gebouwen I*.
- Witters, H. (2018). Isolatiematerialen. In *Constructie van gebouwen I*.
- WTCB. (2020). *Naar een circulaire economie in de bouw*. Retrieved from https://www.buildwise.be/media/d5dblxy0/contact_nl_01_2020.pdf

Bijlagen

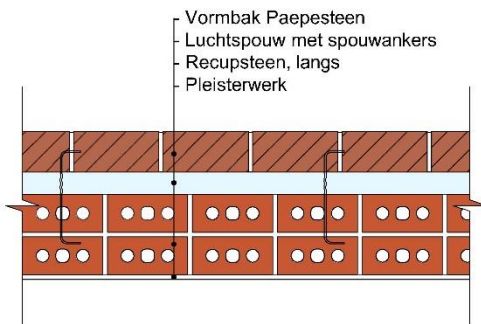
Evere 1945



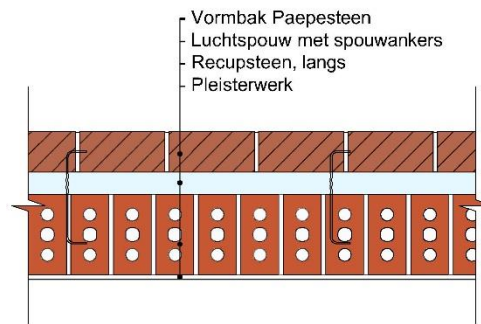
Evere 1945



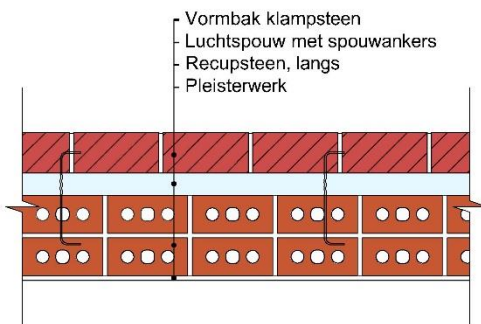
Bos 1949



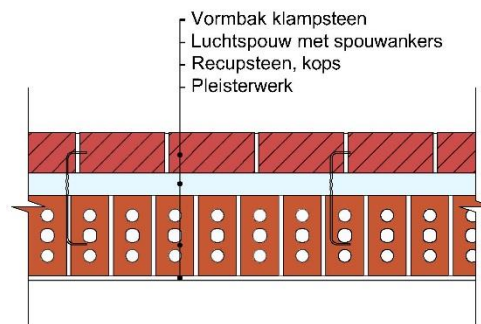
Bos 1949



Westveld 1954

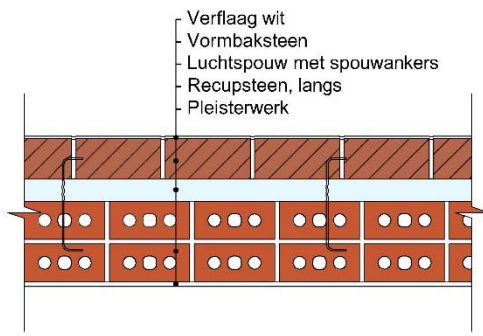


Westveld 1954

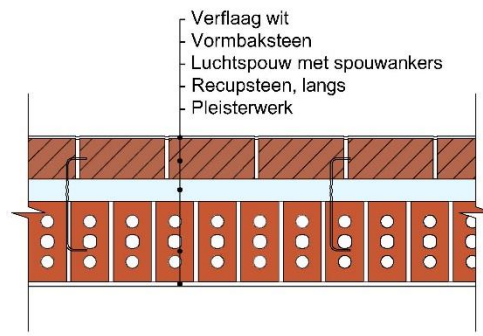


De Vennen 1968

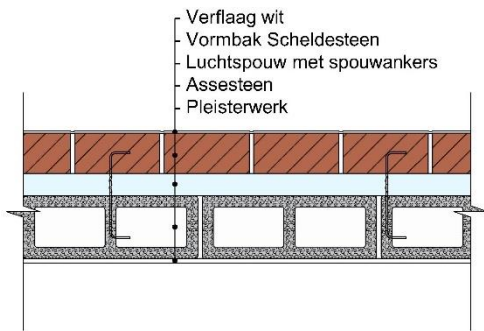
De Vennen 1968



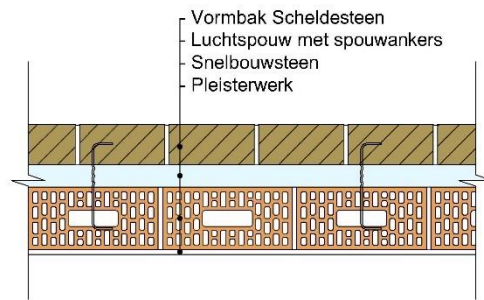
Hertoiebos 1961



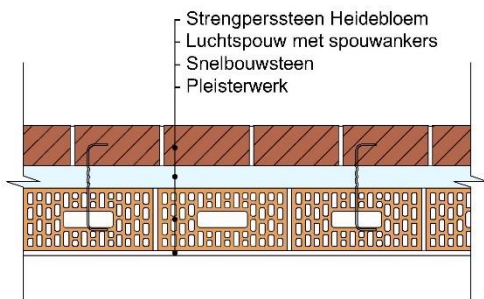
Nieuw Gent 1972



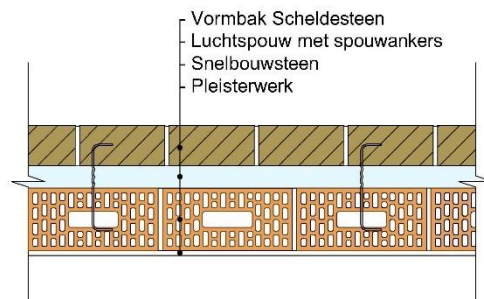
Canteclær 2, Hermeleinstraat 6 1975



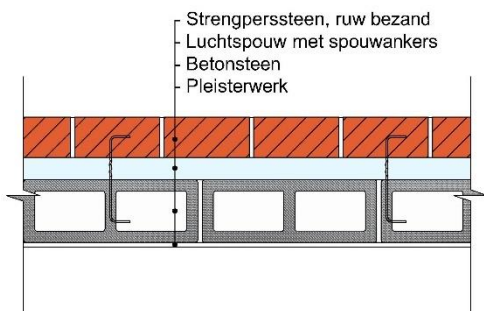
Nieuw Gent 1974



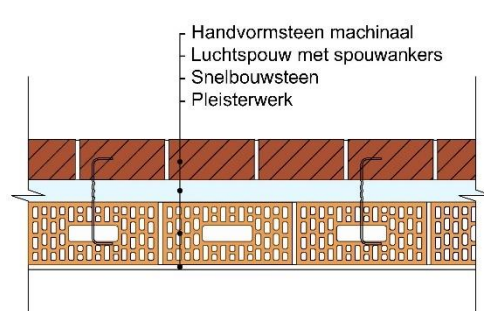
Canteclær 3, Tijbaartstraat 6 1979



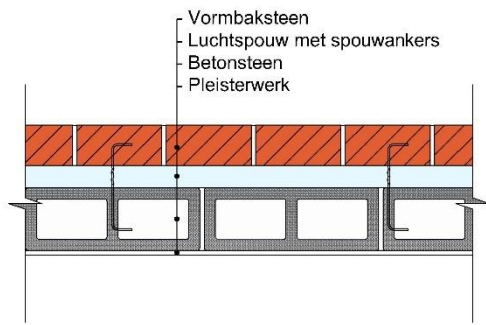
Canteclær 4, Cobbestraat 12 1982



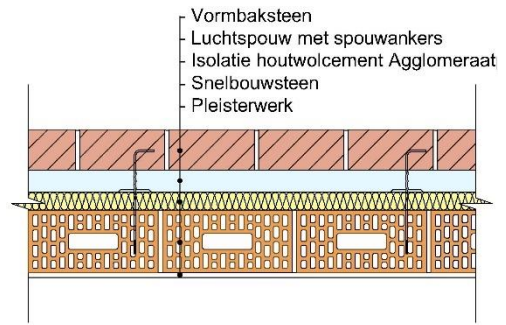
Canteclær 5, Hermeleinstraat 34 1980



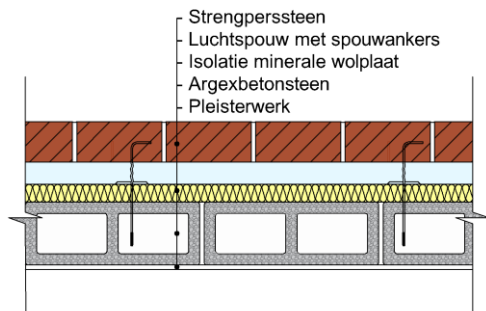
Geuzenberg 1984



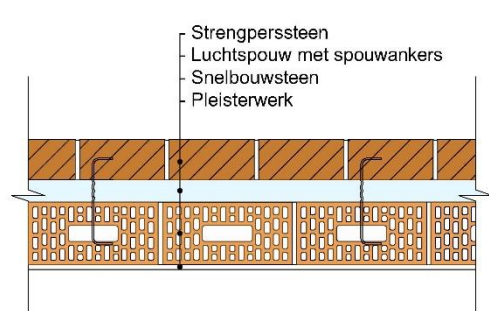
Open Veld 1979



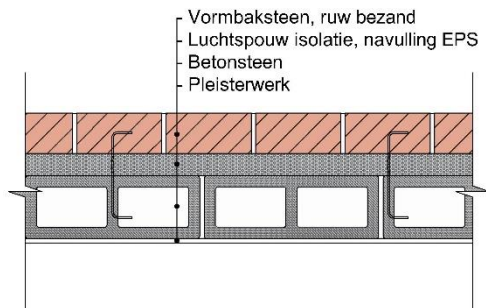
Vinkt 1979



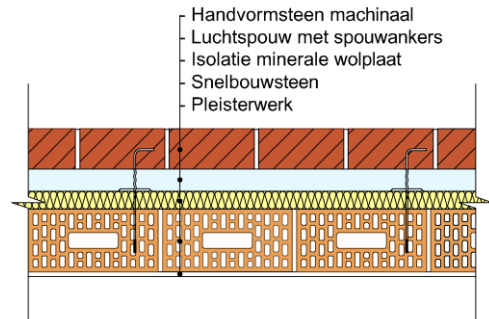
Hekers 1983



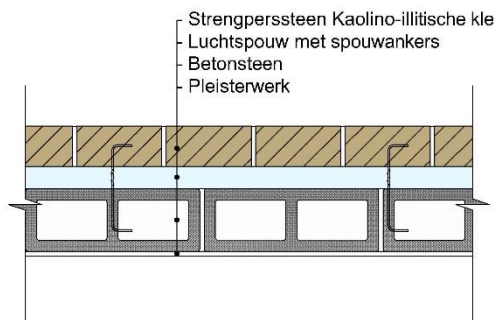
Astene-Krommestraat 1985



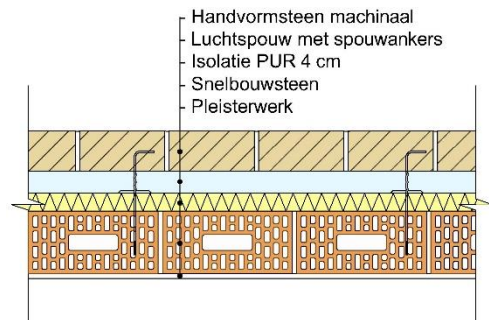
Vlasstraat 1998



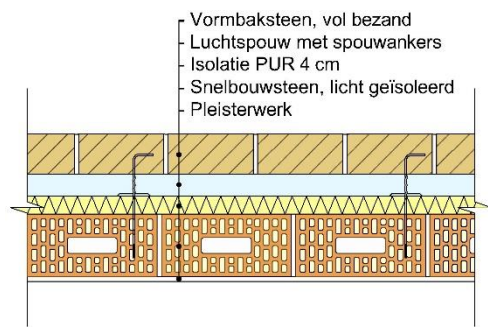
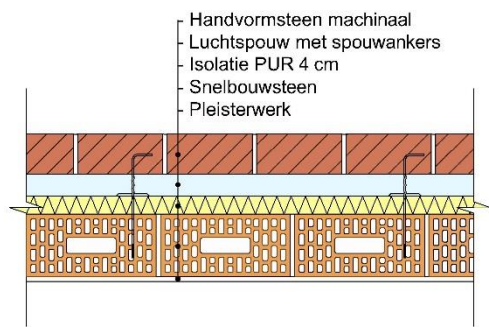
Hekelaarsstraat 2001



Dijsegem 2003



De Vennen 2003



Muuropbouwen cases 1-20

Gordingendak zonder kepers



Gordingendak met kepers
Dakisolatie enkele laag



Gordingendak met kepers
Dakisolatie dubbele laag



Spantendak zonder isolatie



Foto's horend bij de dakopbouwen